

Til
Sikkerhedsstyrelsen

Dokumenttype
Rapport

Date
December 2010

RISIKOANALYSE **FYRVÆRKERIDISTRIBU-** **TION I DETAILEDDET**



RAMBOLL

RISIKOANALYSE FYRVÆRKERIDISTRIBUTION I DETAILEDDET

Revision **2**
Dato **2010-12-02**
Udarbejdet af **Toke Koldborg Jensen/Jesper Pedersen**
Kontrolleret af **Jesper Pedersen/Toke Koldborg Jensen/Pernille Thorup Adeler**
Godkendt af **Søren Randrup-Thomsen**
Beskrivelse **Nærværende dokument behandler udarbejdelsen af en model til opstilling og estimering af risikoen ved distribution af fyrværkeri i detaileddet i Danmark.**

Ref. 10681019

INDHOLD

1.	Introduktion	1
1.1	Afgrænsning	1
1.2	Metodeoverblik	2
1.3	Risikomål	3
2.	Konklusion	5
3.	Hazardidentifikation	7
4.	Dataindsamling	11
4.1	Generel baggrundsinformation om fyrværkeri samt referencer	11
4.2	Generel baggrundsinformation om fyrværkerisalg og distribution	12
4.2.1	Efterspørgsel og total årlig mængde	12
4.2.2	Opbevaring og salgssteder	12
4.2.3	Mængder og typer	13
4.2.4	Kunder og ekspeditioner	13
4.2.5	Transport af fyrværkeri	14
5.	Model	15
5.1	Grundlæggende model	16
5.1.1	Ulykkesfrekvenser	19
5.1.2	Konsekvenser	20
5.2	Modellens muligheder og begrænsninger	21
6.	Resultater	23
6.1	Resultater – nuværende fordeling på fyrværkerityper	23
6.2	Resultater – ved forbud af 1.3G	26
6.3	Sammenligning af scenarier	27
6.4	Følsomhedsanalyse	28
6.5	Konklusion	29
7.	Referencer	31
Appendikser		33
A.	Principskitser af salgssteder og transportscenarier	33
A.1	Transportsituationer	33
A.1.1	I tættere bebygget område	34
A.1.2	Udenfor tættere bebygget område	35
A.1.3	Ved omlæsning	36
A.2	Marksalg	36
A.3	Teltsalg	38
A.4	Butikssalg	41
B.	Detaljerede beregninger – frekvensmodellering	45
B.1	Fugt giver antændelse	45
B.2	Fyrværkeri stødes og giver antændelse	47
B.2.1	Model for støden energi medfører antændelse	47
B.2.2	Sandsynlighed for stød af fyrværkeri under transporten	48
B.2.3	Sandsynlighed for stød af fyrværkeri under håndtering	49
B.3	Åben ild giver antændelse (hændeligt uheld / rygning)	49
B.4	Ekstern brand	50
B.5	Trafikuheld fører til antændelse af fyrværkeri	50
B.6	Samlet oversigt over de estimerede frekvenser	52
C.	Detaljerede beregninger - konsekvensmodellering	55
C.1	Fyrværkerimængder	55
C.2	Brand	55

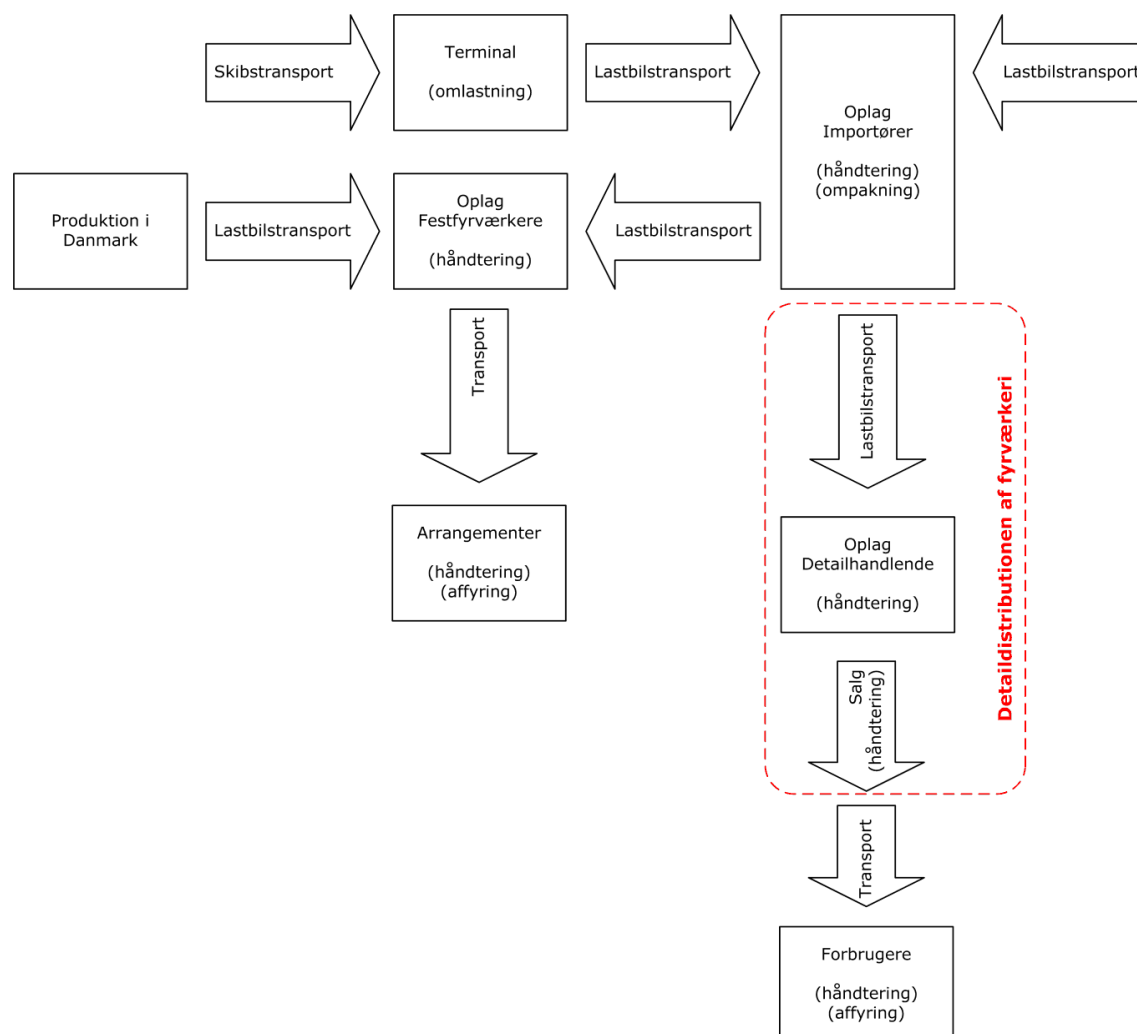
C.2.1	Konsekvenser ved brand	56
C.2.2	Varmestråling	56
C.2.3	Ildkugle-effekt	58
C.2.4	Fragmenter af fyrværkeri	60
C.2.5	Personskade som følge af brand	61
C.2.6	Materielskade som følge af brand	61
C.3	Ekspllosion	62
C.3.1	Konsekvenser ved eksplosion	62
C.3.2	Trykpåvirkning	62
C.3.3	Fragmentudkast	66
C.3.4	Personskade som følge af eksplosion	67
C.3.5	Materielskade som følge af eksplosion	67
D.	Detaljerede beregninger – modelgrundlag	69
D.1	Transport	69
D.1.1	Transportmønstre og fyrværkerilast	69
D.2	Salgssteder	70
D.2.1	Fyrværkerimængder	70
D.2.2	Personfordelinger	71
E.	Beregnete scenarier – analyse og konklusioner	73
E.1	Konklusioner – opsummering af resultater	73
E.2	Basisscenariet	73
E.3	Beregnete scenarier - resultater	75
E.4	Detaljeret analyse	77
E.4.1	Ændring af tilladt salgsperiode	78

1. INTRODUKTION

Sikkerheden omkring fyrværkeri har de senere år fået meget opmærksomhed, bl.a. pga. ulykken i Seest. Der er derfor i de senere år introduceret en del regelændringer i forhold til, hvordan fyrværkeri oplagres, håndteres og transporteres. Sikkerhedsstyrelsen har derfor behov for at kunne etablere en model til beskrivelse af risikoen relateret til detaildistributionen og oplaget af fyrværkeriet. Modellen kan anvendes af Sikkerhedsstyrelsen, når der fremadrettet skal træffes rationelle beslutninger omkring etablering eller ændring af forskellige sikkerhedsmæssige tiltag inden for området. Specielt vil modelleringen i dette arbejde fokusere på ændring af længden af salgsperioden samt ændring af hvilke typer af fyrværkeri, der er lovlige.

1.1 Afgrænsning

Generelt er fyrværkeri igennem mange omlastninger og håndteringer inden det bliver affyret. I nærværende projekt er opstillet en model til beregning af risikoen ved distribution, håndtering og oplagring af fyrværkeri fra det forlader centrallageret og til det sælges til slutkunder ved et salgssted. I Figur 1-1 er skitseret det overordnede flow fra fyrværkeriet ankommer til importøren (typisk med skib fra Kina) og til det ender hos forbrugeren. Den relevante del af distributionsprocessen er desuden markeret.



Figur 1-1 Transportflow af fyrværkeri i Danmark med angivelse af detaildistributionen og -oplag af fyrværkeri.

Den opstillede model kan anvendes til at foretage beregninger på en række forskellige scenarier for distributionen for at belyse, hvilken effekt disse har på risikoen, specielt:

- Ændring (begrænsning) af perioden med detailhandel af fyrværkeri til mellem jul og nytår (fra det nuværende at være hele december måned)
- Ændring af de typer af fyrværkeri der tillades solgt i detailhandlen, ved at begrænse hvilke typer af fyrværkeri der er tilladt i Danmark (forbud af type 1.4G).
- En kombination af ovenstående

Risikovurderingen er således en analyse, der sammenligner de ovennævnte scenarier. Risikovurderingen og modelleringen kan ligeledes identificere de processer, hvor risikobidraget er størst.

1.2 Metodeoverblik

Helt grundlæggende for modelleringen og risikoanalysen er udarbejdelsen af en *hasard-identifikation*, der identificerer kritiske hændelser indenfor dette projekts afgrænsningsområde, dvs. under transport, oplagring og salg i detailkæden.

Kritiske hændelser er i denne sammenhæng hændelser, der kan medføre fare for personskaade samt skade på materiel og bygninger. I forbindelse med fyrværkeri er alle de identificerede hændelser forbundet med antændelse af fyrværkeri, der kan lede til brand og/eller eksplosion. Således er formålet med hasard-identifikationen at identificere alle de hændelser, der kan medføre uønsket antændelse af fyrværkeri.

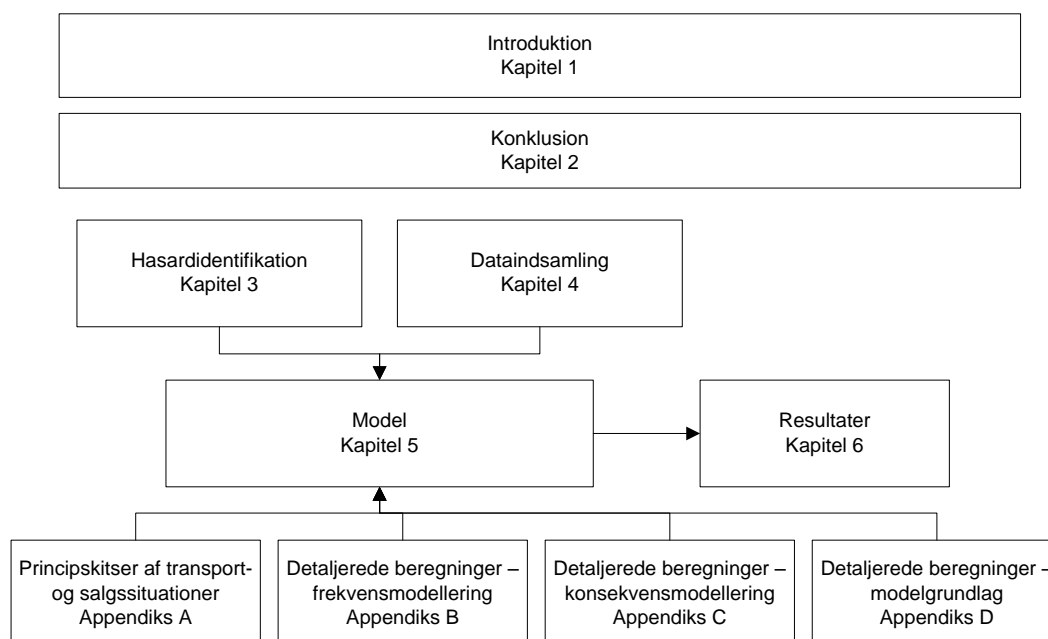
For hver identificeret hasard estimeres sandsynligheden for at hændelsen kan ske, og i givet fald hvad konsekvenserne er. En del af hændelserne afhænger af menneskelige fejl og af de betingelser, der er på et givet tidspunkt. Således er det grundlæggende at definere en række scenarier, der beskriver:

- Hvor ulykken sker
- Hvor mange personer der er til stede i forskellige afstande til ulykken
- Hvilke bygninger og materiel der er i nærheden, der kan blive skadet

I forhold til konsekvenserne ved en given ulykke er det desuden væsentligt at estimere:

- Hvor meget og hvilke typer af fyrværkeri, der er til stede, når ulykken indtræffer.
- Hvordan ulykken udvikler sig.
- Hvilken ødelæggelse denne mængde fyrværkeri vil give anledning til.

Rapporten er struktureret svarende til modeludviklingen, og et overblik er vist i Figur 1-2.



Figur 1-2. Rapportoverblik.

Figuren viser hvorledes de første kapitler introducerer arbejdet, samt opsummerer konklusionen. Fra kapitel 3 er rapporten bygget op således, at grundlaget for modeludviklingen er beskrevet under hasardidentifikation og dataindsamling, hvorefter hovedmodellen er beskrevet i kapitel 5. De mere detaljerede beregninger, som ligger til grund for modellen, er beskrevet i Appendiks. Resultater og følsomhedsanalyse er præsenteret i kapitel 6.

1.3 Risikomål

I forbindelse med udarbejdelse af risikoanalyser og modeller der estimerer risikoen, er det normalt at opstille risikomål.

I nærværende projekt er risikomålene:

- skade på mennesker [målt i antal døde], samt
- omkostninger ved skade på bygninger og materiel [DDK].

Således vil resultatet af modellen være et estimeret antal døde og et estimat af de samlede omkostninger pga. fyrværkeriulykker i detailledet. Disse resultater præsenteres særskilt; dog vil der for at gøre en direkte sammenligning muligt imellem de forskellige scenarier blive beregnet en samlet risiko, der er kapitaliseret, det vil sige opgjort i DKK. Dette kræver, at der sættes pengebeløb på, hvad et menneskeliv er værd. Mange bud på netop dette er givet i litteraturen; ifølge de seneste anbefalinger fra Finansministeriet, ref. [3], er den statistiske værdi af et menneskeliv (VSL) lig med 16 mio. DKK, svarende til omtrent 18 mio. DKK i 2010 priser. Dette vil blive anvendt i dette projekt.

2. KONKLUSION

I nærværende rapport præsenteres en model til beregning af risikoen ved fyrværkeridistribution i detailledet i Danmark. Modellen er baseret på fyrværkeriets vej fra centrallager til overdragelse til slutkunder ved et salgssted. I denne proces håndteres fyrværkeriet flere gange, det transporteres på lastbiler og det opbevares ved salgsstederne. På hele fyrværkeriets vej kan forskellige typer af hasarder medføre, at fyrværkeriet antændes og medfører en ulykke.

Som grundlag for modellen er det identificeret, at ulykker grundlæggende kan indtræffe:

- Under transport.
- Ved et salgssted.

Derudover er der identificeret tre grundlæggende forskellige typer af salgssteder, hhv.:

- Butikssalg (mindre udsalgssteder).
- Teltsalg (større salgssteder i forbindelse med etableret butik).
- Marksalg (salgssteder i det fri).

Den opstillede model er opdelt i fire undermodeller, som beregner risikoen under transporten og risikoen ved hver type salgssted. Hver undermodel beskriver hhv. sandsynligheden for, at en ulykke indtræffer (frekvensen) og konsekvenserne såfremt den indtræffer. Ved at gange frekvens og konsekvens opnås risikoen, målt i antallet af døde samt materielskade (i DKK).

Modellen er benyttet til at beregne risikoen i den nuværende situation samt i et antal situationer hvor salgsperiode og fyrværkerityper er ændret. De primære resultater vedrører:

- Salgsperiode:
 - 31 dage (nuværende), eller
 - 7 dage
- Fordeling af fyrværkerityper:
 - 80% 1.3G / 20% (nuværende), eller
 - 0% 1.3G / 100% 1.4G

Disse resultater ses opsummeret i Tabel 2-1, hvor risikoen er præsenteret som de samlede årlige omkostninger, der kan forventes i forbindelse med fyrværkeridistributionen i detailledet.

Længde af salgsperiode		Samlede omkostninger [DKK]	
		31 dage	7 dage
Fyrværkerityper (1.3G / 1.4G)	80% / 20 %	62.785 (nuværende)	73.054
	0% / 100%	16.983	18.143

Tabel 2-1. Risikoen opgjort som samlede årlige omkostninger ved fyrværkeridistribution i detailledet. Den nuværende situation er indikeret.

Tabel 2-1 dækker over antal forventede dødsfald pr. år samt den forventede materielskade. I de samlede omkostninger er værdien af et menneskeliv opgjort til 18 mio. kr., hvilket svarer til de seneste anbefalinger fra Finansministeriet, ref. [3].

Den relative ændring i risikoen i forhold til den nuværende situation er angivet i Tabel 2-2.

Længde af salgsperiode		Relativ ændring i risiko	
		31 dage	7 dage
Fyrværkerityper (1.3G / 1.4G)	80% / 20 %	-	16%
	0% / 100%	-73%	-71%

Tabel 2-2. Relativ ændring i risiko som følge af ændret fordeling af fyrværkerityper og ændret længde af salgsperioden.

Her ses, at den samlede risiko kan forventes at stige med 16% ved en ændring af den tilladte salgsperiode til 7 dage fra de nuværende 31 dage. Ved et forbud af alle fyrværkeriartikler af typen 1.3G ses tilsvarende, at der forventes et fald i risikoen på 73% i forhold til den nuværende situation.

En del af den samlede risiko (for både personskade og materielskade) udgøres, som nævnt ovenfor, af sandsynligheden for dødsfald – omtrent halvdelen. I den forbindelse angives i Tabel 2-3 returperioder for dødsfald. Dvs. det antal år, som i gennemsnit forventes mellem to dødsfald.

Længde af salgsperiode		Returperiode [år mellem forventede dødsfald]	
		31 dage	7 dage
Fyrværkerityper (1.3G / 1.4G)	80% / 20 %	606 (nuværende)	512
	0% / 100%	1.993	1.856

Tabel 2-3. Returperioder for dødsfald ved forskellige fordelinger af fyrværkerityper og forskellige længder af salgsperioden.

Det ses, at den nuværende situation medfører et forventet dødsfald som følge af en fyrværkeriulykke i detailledet hvert 606. år. Ved en tilladt salgsperiode på 7 dage vil der i gennemsnit forventes 512 år mellem hvert dødsfald. Det bemærkes igen, at risikoen falder ved et forbud af 1.3G, da returperioderne her er hhv. 1993 og 1856 år for de to angivne salgsperioder.

Udover de grundlæggende resultater er der foretaget en følsomhedsanalyse, for at analysere hvilke typer af ulykker, som er mest dominerende. En nærmere beskrivelse af resultater og følsomhedsanalyse ses i Kapitel 6. Konklusionerne på resultater og følsomhedsanalyse er dog væsentlige og derfor opsummeret her:

- Sandsynlighederne for uheld med fyrværkeri i forbindelse med trafikulykker dominerer i alle tilfælde risikobilledet.
- Det er primært risikoen for håndteringsfejl, som påvirker forskellen i risiko mellem forskellige længder af den tilladte salgsperiode.
- Risikoen ved salgsstederne stiger forholdsvis mere ved en forkortelse af den tilladte salgsperiode end risikoen ved transporten. Dog er sandsynligheden for antændelse i forbindelse med trafikulykker stadig langt større end antændelse andre steder i distributionen.
- En del af stigningen i risikoen ved salgsstederne ved en forkortelse af salgsperioden skyldes, at der i tilfælde af uheld er større sandsynlighed for, at mange personer befinder sig ved salgssteder.
- En del af risikoreduktionen ved forbud af 1.3G skyldes, at det samlede antal kørte kilometer reduceres, hvis der kun distribueres 1.4G-artikler. Dette skyldes, at den samlede NEM-mængde antages at være mindre, hvilket resulterer i, at der ved salgsstederne kan opmagasineres en større bruttomængde fyrværkeri.

Samlet set konkluderes det, at de præsenterede resultater giver et godt billede af risikoen ved distributionen af fyrværkeri i detailledet i Danmark.

3. HAZARDIDENTIFIKATION

I det følgende afsnit udføres en detaljeret hasardidentifikation, for at sikre at analysen udarbejdes på baggrund af et så dækkende sæt af uønskede hændelser som muligt. Hasardidentifikationen er inspireret af ref. [4], og det er sikret at alle hasarder identificeret i [4] ligeledes er identificeret og vurderet i nærværende arbejde.

Som udgangspunkt er alle uønskede hasarder i nærværende projekt forbundet med en uønsket antændelse af fyrværkeri. Antændelse af fyrværkeri kræver tilførsel af energi, hvilket kan ske på en række måder:

- Åben ild, eksempelvis fra:
 - Lighter
 - Rygning
- Ekstern brand.
- Stød.
- Kemiske reaktioner (selvantændelse – herunder fugt i fugtfølsomt fyrværkeri).
- Statisk elektricitet.
- Friktion på spildt fyrværkeripulver.
- Elektriske installationer.
- Varme overflader.
- Mekaniske gnister.
- Chok.

Nedenstående analyse tager udgangspunkt i flowet af fyrværkeri (se Figur 1-1) og de mulige hasarder der kan forekomme i de forskellige situationer. Som udgangspunkt anses antændelse som følge af statisk elektricitet og friktion på spildt fyrværkeripulver kun at kunne forekomme ved fremstilling af fyrværkeriet, dvs. hvor fyrværkeripulveret anses for at være frit tilgængeligt. Der er således set bort fra disse antændelseskilder i nærværende analyse, da den ikke dækker fremstillingsprocessen.

Nedenstående Tabel 3-1 angiver de identificerede hasarder under transport, ved aflæsningssted, ved lager og ved salgsdisk.

Lokation	Hændelse
Under transport	Kasse med fyrværkeri vælter i lastbil (eksempelvis på grund af for dårlig fastspænding) og udsættes for støden energi/chok, der medfører antændelse.
	Lastbiltransporten er involveret i et trafikuheld, hvorved fyrværkeriet kan udsættes for tryk, mekaniske gnister, varme flader eller åben ild.
	Fyrværkeri selvantænder, eksempelvis pga. fugt, som kan skyldes: <ul style="list-style-type: none"> - fugt fra tidligere i processen (eksempelvis fremstilling) - via indtrængning af vand i vognen eksempelvis pga. dårligt vejr.
	Chaufføren begår fejl, eksempelvis ikke lukker døren til lastbilen korrekt, hvorved fyrværkeri kan falde ud.
	Tab af kasse, f.eks. under omlastning fra en lastbil til en anden.
Ved aflæsningssted ved salgssted	Tab af kasse giver antændelse af fyrværkeri
	Aflevering af fyrværkeri på sted, hvor det ikke er sikkert at aflevere. (F.eks. hvis der ikke er nogen modtager til stede pga. travlhed, aflevering finder alligevel sted pga. chaufførens travlhed) Da afleveringsstedet ikke er designet til opbevaring af fyrværkeri, kan der forekomme tændkilder – f.eks. elektriske installationer, varme overflader eller åben ild.
	Fyrværkeri selvantænder, eksempelvis pga. fugt, som kan skyldes: <ul style="list-style-type: none"> - fugt fra tidligere i processen (eksempelvis fremstilling) - via indtrængning af vand på lageret eksempelvis pga. dårligt vejr.
	Åben ild, eksempelvis <ul style="list-style-type: none"> - personer involveret i fyrværkerihandel/-transport ryger. - Kunder ryger - Ekstern brand
Ved lager	Tab af kasse med fyrværkeri, herunder tab fra e.g. truck
	Fyrværkeri selvantænder, eksempelvis pga. fugt, som kan skyldes: <ul style="list-style-type: none"> - fugt fra tidligere i processen (eksempelvis fremstilling) - via indtrængning af vand på lageret eksempelvis pga. dårligt vejr
	Åben ild, eksempelvis <ul style="list-style-type: none"> - personer involveret i fyrværkerihandel/-transport ryger. - Kunder ryger - Ekstern brand
	Dårlig opbevaring medfører at palle med fyrværkeri vælter og får stød og antænder.

Ved butikslager	Tab af kasse med fyrværkeri
	Fyrværkeri selvantænder, eksempelvis pga. fugt, som kan skyldes: - fugt fra tidligere i processen (eksempelvis fremstilling) - via indtrængning af vand på lageret eksempelvis pga. dårligt vejr
	Åben ild, eksempelvis - personer involveret i fyrværkerihandel/-transport ryger. - Kunder ryger - Ekstern brand
	Dårlig opbevaring medfører at palle med fyrværkeri vælter og får stød og antænder.
Ved salgsdisk	Tab af kasse med fyrværkeri
	Fyrværkeri selvantænder, eksempelvis pga. fugt, som kan skyldes: - fugt fra tidligere i processen (eksempelvis fremstilling) - via indtrængning af vand på lageret eksempelvis pga. dårligt vejr
	Åben ild, eksempelvis - personer involveret i fyrværkerihandel/-transport ryger. - Kunder ryger - Ekstern brand

Tabel 3-1 Hasardidentifikation

De fleste identificerede hasarder vil indirekte blive påvirket af en afkortet salgsperiode, da hasarder primært vedrører menneskelige fejl, for hvilke sandsynligheden øges når hastigheden på processerne sættes op. Alle delprocesser i salgsprocessen skal udføres det samme antal gange (fordi salgsmængden antages uforandret) i en mindsket tidsperiode. Dette medfører en større stressfaktor, som vil medføre en større sandsynlighed for at menneskelige fejl begås. De menneskelige fejl, som er medtaget, er de, der begås af transportpersonale (typisk chauffører), lagerarbejdere samt butikspersonale.

Åben ild er vurderet kun at kunne forekomme, hvis kunderne bringer denne til salgsstedet. Både chauffører og andet personale er uddannet og trænet og forventes ikke at kunne begå sådanne fejl.

Enkelte hasarder er uafhængig af salgsperioden, nemlig selvantændelse og ekstern brand. Disse er ikke baseret på selve håndteringen og håndteringshastigheden, men på udefra kommende faktorer såsom fejlproduktion, brand i nabobygning, osv.

Hasarderne er derudover også påvirket af fordelingen af fyrværkerityper, da der skal ske antændelse af eksplosivstoffet for at en ulykke indtræffer. Da andelen af eksplosivstof er forskellige i forskellige typer fyrværkeri vil også sandsynligheden for, at hasarderne indtræffer, være forskellige.

I det følgende kapitel beskrives de data, der er samlet ind for at kunne udarbejde modellen. Disse data og ovenstående hasardidentifikation danner grundlaget for modellen.

4. DATAINDSAMLING

For at kunne opstille en dækkende model er indsamling af en lang række data nødvendig. I de følgende afsnit beskrives først grundlæggende baggrundsinformation om fyrværkeri, og efterfølgende baggrundsinformation om fyrværkeridistributionen i Danmark.

4.1 Generel baggrundsinformation om fyrværkeri samt referencer

En tidligere Rambøll-rapport vedrører risikovurdering af fyrværkeri, ref. [4]. Rapporten analyserer den grundlæggende komposition af fyrværkeri, samt de faktorer, som vil kunne resultere i ulykker under produktion, transport og opbevaring. De fleste former for fyrværkeri indeholder en eller flere af følgende effekter:

- Et drivmiddel, der giver fremdrift.
- Et eksplosivstof, der anvendes til at give lyd eller til at sprænge og sprede stjerner.
- Fløjttende kompositioner (f.eks. i heksehyl).
- Lysende brandkompositioner.
- Glitter eller gnistdannende kompositioner.

Som drivmiddel anvendes oftest sort krudt. Ligeledes kan eksplosivstoffet til lydgivning være indesluttet sort krudt eller flashpulver, som bl.a. indeholder letmetalpulver. En mængde forskellige kemikalier anvendes til at opnå forskellige farver. Fyrværkeri er altså generelt at betegne som eksplosive artikler – dog med det formål at underholde og ikke at ødelægge. Ved uheld med uhensigtsmæssig antændelse af fyrværkeri kan konsekvenserne være ganske voldsomme.

Fyrværkeri håndteres som farligt gods og klassificeres i forhold til Europæisk konvention om international transport af farligt gods ad vej, (ADR), ref. [1]. Fyrværkeri klassificeres i klasserne 1.1 til 1.4 med forenelighedsgruppe G eller S i forhold til komposition, pakning, mv. Som konsumfyrværkeri tillades udelukkende fyrværkeri, som kan placeres i fareklasse 1.3G, 1.4G eller 1.4S. Bekendtgørelse nr. 1424 af 16/12/2009, ref. [5], angiver regler for indførsel, fremstilling, opbevaring, overdragelse, erhvervelse og anvendelse af fyrværkeri og andre pyrotekniske artikler. I denne bekendtgørelse fremgår gældende mængdegrænser og sikkerhedsafstande i forbindelse med opbevaring, samt regler for indretning af salgssteder i detailledet.

Historisk set er der sket ganske få ulykker med fyrværkeri, hvor personer er omkommet. De fleste af disse ulykker er tilmed forekommet under produktionen og ikke ved distribution og salg. Selv internationalt har der kun været få ulykker med færdigpakket konsumfyrværkeri, ref. [2]. Der har dog været tilfælde af større ulykker de senere år, f.eks. Uffculme i England, Culemborg og Enschede i Holland, Carmel i Australien og Seest i Kolding. I Enschede blev over 900 personer kvæstet og 22 døde. I Seest opbevaredes en stor mængde konsumfyrværkeri, som var klassificeret som 1.3G, 1.4G og 1.4S. Alligevel udvikledes i brandforløbet eksplosioner, som havde karakter af 1.1G. Selvom årsagen til ulykken er usikker, så illustrerer dette, at fejlklassifikation er en mulighed – og at konsekvenserne ved en eventuel ulykke kan være store. I alle nævnte tilfælde skete der desuden stor materiel skade.

Der er generelt kun et sparsomt datamateriale vedrørende farligheden af fyrværkeri, og viden om hvordan en fyrværkeriulykke udvikler sig er spinkel. I mange tilfælde refererer beregninger af sikkerhedsafstande ved opbevaring af eksplosiver til NATOs forskrifter, ref. [10]. Disse er grundlæggende baseret på militære eksplosiver og militære erfaringer. Det bevirker dog, at hovedvægten er lagt på eksplosiver i fareklasse 1.1G og 1.2G, da militære eksplosiver i fareklasse 1.3G ofte opbevares sammen med farligere eksplosiver, hvorfor sikkerhedsafstande mv. beregnes ud fra det farligere oplag. Sikkerhedsafstande for oplag af 1.3G er derfor baseret på ældre og mere usikre erfaringer. Den anderledes konstruktion ift. militært sprængstof af fyrværkeri bevirker derfor, at forløbet af en ulykke givet vil være anderledes. Dette kan også udledes af ulykken i Seest, som havde en lang indledende fase med brand inden de første eksplosioner indtraf. Formlerne, der anvendes til beregning af sikkerhedsafstande for fyrværkerioplæg, er grundlæggende baseret på de militære retningslinjer.

I et projekt under EUs 5. rammeprogram (FP5), CHAF, ref. [7], blev der foretaget en lang række forsøg med antændelse af konsumfyrværkeri under oplagring. CHAF-forsøgene viste, at selv korrekt klassificerede 1.3G-fyrværkeriartikler vil kunne udvikle masseeksplosion, hvis de fordæmmes (altså indelukkes med mulighed for trykophugning). Mængde, pakning og opbevaringsforhold har indflydelse på ulykkesomfanget. Baseret på de militære erfaringer, sikkerhedsafstande, samt erfaringer fra forsøg som CHAF-forsøgene, er det ikke muligt entydigt at bestemme konsekvenserne ved en given fyrværkeriulykke. Det kan derfor ikke udelukkes, at en ulykke i detailledet under uheldige omstændigheder vil kunne udvikle både voldsom brand og eksplosion. Det er denne risiko, som er estimeret ved modelopstilling i nærværende rapport.

4.2 Generel baggrundsinformation om fyrværkerisalg og distribution

For at kunne opstille en model, der kan estimere risikoen i forbindelse med fyrværkeridistribution, er det helt grundlæggende at kende typer og mængder af fyrværkeri i hele distributionsprocessen fra fyrværkeriet forlader centrallageret til den ender hos slutbrugeren.

Flowet af fyrværkeri danner basis for, hvor ofte uheld/ulykker sker og ikke mindst, hvad konsekvenserne er, givet en ulykke indtræffer. Vedrørende mængder og typer kendes kun ganske få overordnede tal, hvorfor der i modelleringen er foretaget en række antagelser om, hvorledes mængderne og typerne fordeler sig.

4.2.1 Efterspørgsel og total årlig mængde

Efterspørgslen er helt grundlæggende for risikoen. Hvis efterspørgslen (og dermed salget) forsvinder, så vil risikoen blive elimineret. Tilsvarende vil en stor efterspørgsel (og dermed et større salg) medføre en øget risiko. Fyrværkeribrancheforeningen vurderer, at efterspørgslen ikke vil falde ved en afkortning af den tilladte salgsperiode. Det kan dog ikke afvises, at en del af efterspørgslen forsvinder – svarende til en del af fyrværkeriet, som købes og antændes inden jul.

Fyrværkeribrancheforeningen estimerer det nuværende totale salg til den samlede import + lagerbeholdningen, hvilket udgør 6.300.000 kg fyrværkeri (brutto). Alt dette leveres til butikkerne i forbindelse med salgsperioden, men en del ikke-solgte artikler returneres efterfølgende til lageret. Disse kan derefter leveres og sælges den efterfølgende sæson. Sikkerhedsstyrelsen vurderer, at dette tal sandsynligvis er for højt, da virksomhederne ikke får solgt alt det importerede + lagerbeholdningen. Sikkerhedsstyrelsen vurderer, at det totale årlige salg ligger på 5.000.000 kg fyrværkeri brutto. Det antages i nærværende arbejde, at den totale håndterede mængde gennem hele distributionskæden udgør 5.500.000 kg fyrværkeri. Ved at sætte den håndterede mængde højere end det vurderede årlige salg tages der konservativt højde for, at en del af fyrværkeriet returneres og dermed i praksis håndteres flere gange.

En ændret efterspørgsel pga. nedsat salgsperiode kan (og vil givetvis) have en indflydelse på mængden af illegalt fyrværkeri. Alt vedrørende illegalt fyrværkeri medtages ikke i nærværende analyse.

4.2.2 Opbevaring og salgssteder

Salg og håndtering ved salgsstederne er væsentlig for risikovurderingen. I den forbindelse er en del information og vurderinger vedr. salgssteder og salgsmængder indhentet fra Fyrværkeribrancheforeningen og Sikkerhedsstyrelsen. Det er vurderet, at der i alt findes 2.200 salgssteder, fordelt som angivet i Tabel 4-1.

	Butikssalg (små salgssteder)	Teltsalg (store salgssteder)	Marksalg (salgssteder i det fri)	Total
Fordeling	60%	20%	20%	100%
Antal	1320	440	440	2200

Tabel 4-1 Antal salgssteder fordelt på typer.

De små salgssteder dækker over små butikker med et salgsområde med maks. 12,5 kg NEM samt et tilstødende lokale til opbevaring af maks. 25 kg NEM, jfr. Fyrværkeribekendtgørelsen [5]. De større salgssteder inkluderer f.eks. salg fra telt eller container på parkeringspladser i forbindelse med større varehuse og sidste kategori (marksalg) omfatter salg fra fritliggende salgsste-

der (cirkuspladser, marker, etc.). En del af sidste kategori udgøres dog af afhentning af fyrværkeri købt ved attrapsalg i en butik. I sådanne tilfælde finder selve salget sted i butikken, men udleveringen foregår som ved et marksalg.

Opbevaring (udover 25 kg NEM i tilstødende lokale ved butikssalg) foregår i containere. Det enkelte oplag må ikke overstige 500 kg NEM. Den størst tilladte 20-fods container må dog højst indeholde op til 250 kg NEM fyrværkeri klassificeret som 1.3G eller 1.4G. Da selv små salgspakninger ofte indeholder f.eks. en raket, som er klassificeret som 1.3G, så udføres transport og oplagring næsten altid efter 1.3G-forskrifter – selvom en del af artiklerne er klassificeret som 1.4G eller 1.4S. Mindre 10-fods containere må lagre op til 120 kg NEM 1.3G eller 1.4G.

I forbindelse med de forskellige salgstyper kan containere opstilles til opbevaring af konsumfyrværkeri. Det ses som regel ikke i forbindelse med almindeligt butikssalg (da der ikke er plads til det), men optræder både i forbindelse med teltsalg og marksalg. Hvis pladsen og forholdene er til det, så kan der opstilles flere opbevaringscontainere, således at den totale mængde opbevarede fyrværkeri stiger.

4.2.3 Mængder og typer

I Danmark distribueres og sælges tre typer af fyrværkeri, nemlig 1.3G, 1.4G og 1.4S. Sikkerhedsstyrelsen vurderer, at andelen af 1.4S er forsvindende lille. Samtidig angives, at forholdet mellem godkendte artikler af de forskellige typer udgør ca. 90% 1.3G og 10% 1.4G. Det væsentlige i forhold til risikovurderingen er dog forholdet mellem fyrværkerityperne i salgsleddet og ikke i den godkendte mængde. Her vurderer Fyrværkeribrancheforeningen, at forholdet er som vist i Tabel 4-2.

Fyrværkeritype	Andel af salg
1.3G	80%
1.4G	20%
1.4S	0%

Tabel 4-2. Andel af salg fordelt på fyrværkerityper (baseret på mængde).

Dette er væsentligt i forhold til at vurdere omfanget af en ulykke, i fald den indtræffer. Fyrværkeribrancheforeningen oplyser, at det gennemsnitlige NEM-indhold i det aktuelle sortiment udgør ca. 18%. Dette dækker over forskelligt gennemsnitligt NEM-indhold i hhv. 1.3G og 1.4G-artikler. Det antages, at det relative NEM-indhold i forhold til den totale bruttomængde af de forskellige fyrværkerityper er som angivet i Tabel 4-3.

Fyrværkeritype	NEM-indhold (gennemsnit)
1.3G	20%
1.4G	10%
1.4S	5%

Tabel 4-3. Antaget gennemsnitligt NEM-indhold i forskellige fyrværkerityper.

Sammenholdt med fordelingen af 1.3G og 1.4G-artikler udgør den samlede relative NEM-mængde derved netop 18%.

4.2.4 Kunder og ekspeditioner

Der er indsamlet forskellige data vedrørende antallet af kunder og antallet af ekspeditioner. Fyrværkeribrancheforeningen vurderer, at 25% af salget foregår fra butikker og de resterende 75% fra større salgssteder og salgssteder i det fri. Den sidste andel antages ligeligt fordelt mellem teltsalg og marksalg. Det er ligeledes Fyrværkeribranchens vurdering, at 70% af salget foregår mellem jul og nytår, samt at der i perioden op til jul primært sælges "junior"-fyrværkeri, primært af typen 1.4G/1.4S. Dog indeholder salgspakninger med "junior"-fyrværkeri også artikler klassificeret som 1.3G. Fyrværkeribranchen vurderer derudover, at en gennemsnitlig kunde køber 2 kg NEM, samt at der foretages i alt 567.000 ekspeditioner. Fra Sikkerhedsstyrelsen er det dog oplyst, at ca. 25% af den danske befolkning køber fyrværkeri. Desuden kan det ikke afvises, at samme person indkøber fyrværkeri af flere omgange. Dette svarer til, at der er ca. 2.7 mio.

handler om året (svarende til at en fjerdedel af Danmarks befolkning køber fyrværkeri 2 gange). Den gennemsnitlige NEM-mængde pr. handel afhænger naturligvis af forholdet mellem solgte artikler. Som en konsekvens medfører dette, at en kunde med den aktuelle fordeling mellem 1.3G og 1.4G køber i gennemsnit omtrent 0.7 kg NEM.

4.2.5 Transport af fyrværkeri

Transporten er underlagt reglerne for transport af farligt gods. I modelleringen medtages udelukkende konsumfyrværkeri, der er klassificeret i faregrupperne 1.3G, 1.4G og 1.4S. Fyrværkeriforeningen har oplyst følgende i forbindelse med transport og transportmønstre:

- Hver leverance er i gennemsnit på 40 kg NEM.
 - Dette dækker over leverancer på f.eks. 20 kg NEM til mindre butikker og leverancer på 200-300 kg NEM til salgssteder i det fri og teltsalg.
- Der foretages ca. 28.000 leverancer årligt.
- Pga. restriktioner af lagerstørrelsen kan små salgssteder med stor omsætning godt få 4-5 leverancer om dagen. Større salgssteder får måske 2-3 leverancer om dagen.
- En fuldt lastet lastbil kan rumme 5.000 kg brutto. Yderligere information vedr. lastbilstyper og mængder kendes umiddelbart ikke. Dog er det opgivet, at lastbiler som oftest forlader centrallageret fuldt lastet.
- Den gennemsnitlige afstand (fra centrallager til detaillagrene) er 100 km. Dette skøn er baseret på, at der på landsplan primært benyttes to centrallagre placeret i hhv. Tirstrup ved Århus og Vandel ved Billund samt at en gennemsnitsafstand herfra til alle salgssteder i hele landet skønsmæssigt må være ca. 100 km.
- Der finder omlæsning sted tre steder på landsplan. Samtlige steder er godkendt af det lokale beredskab og i overensstemmelse med reglerne i ADR-konventionen.
- I gennemsnit returneres 30 kg NEM pr. salgssted, dvs. 30 kg NEM x 2.500 salgssteder, hvilket giver 75.000 kg NEM. Den gennemsnitlige afstand er igen antaget at være 100 km.

Dette datagrundlag er spinkelt til vurdering af risikoen ved transport af fyrværkeri, men da der ikke foreligger mere datamateriale vil dette blive benyttet. Under transporten er sandsynligheden for uheld (frekvensen) og omfanget af et uheld (konsekvenserne), hvis det indtræffer, grundlæggende baseret på

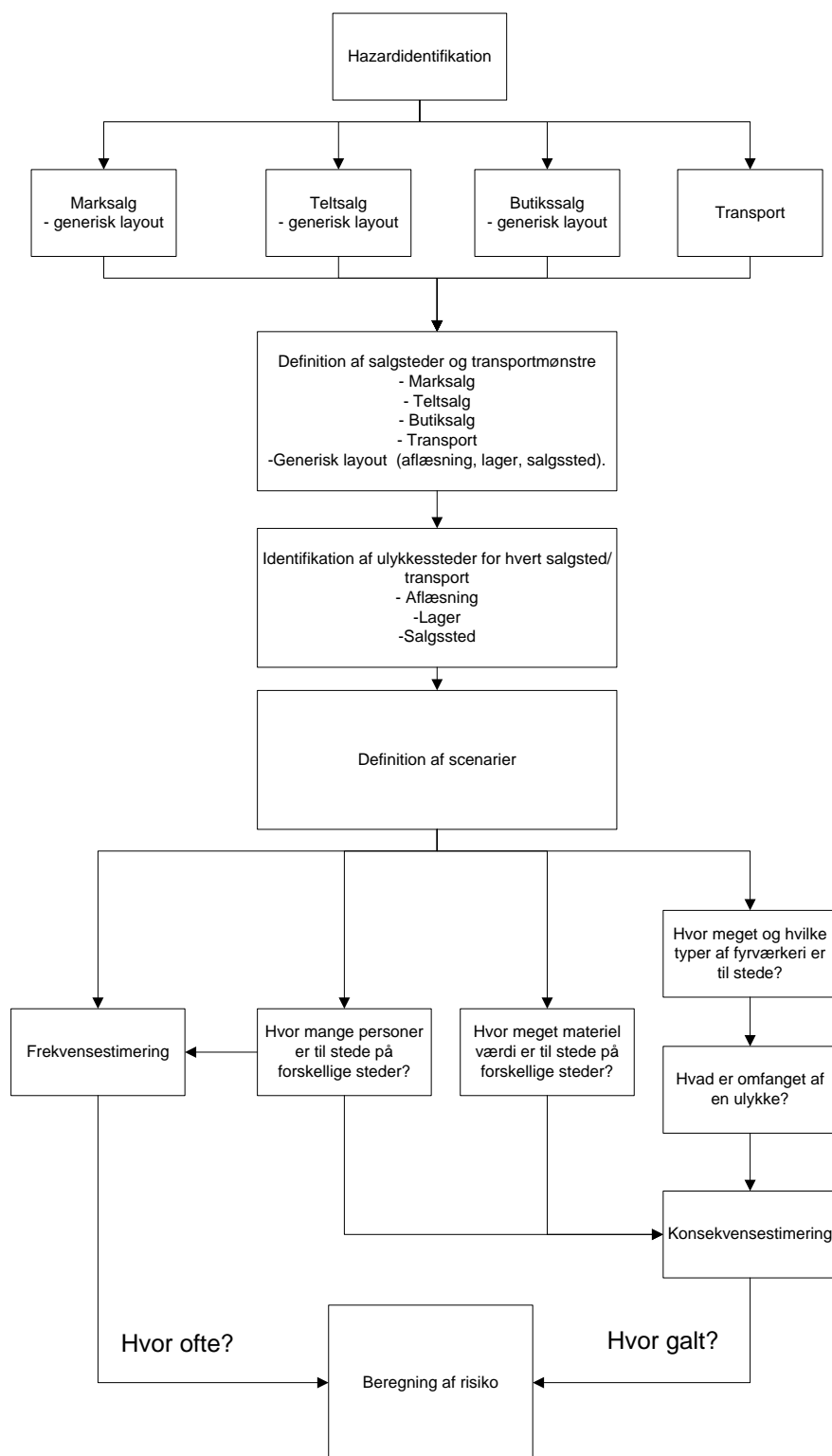
- Antal kørte kilometer
- Fordeling af sandsynligheder for at der køres med forskellige mængder af fyrværkeri.

Risikoen kan f.eks. forventes at stige, hvis der køres længere afstande, eller mængden af fyrværkeri per lastbil stiger. Hvordan transportmønsteret hænger sammen med en eventuel forkortelse af den tilladte salgsperiode kan ikke udledes af ovenstående gennemsnitsbetragtninger. Det må altså baseres på et skøn, at f.eks. antallet af fejlhåndteringer stiger, når flere leverancer skal foretages på kortere tid. Ved en ændring af salgsperioden til perioden mellem jul og nytår er det muligt, at trafikmængden og trafiksammensætningen er anderledes end i resten af december måned, hvilket kan have indflydelse både på den estimerede frekvens for ulykker under transporten samt de efterfølgende konsekvenser. I modelleringen antages dog, at trafiksammensætningen er den samme igennem hele december måned. Desuden antages det, at der er tilstrækkeligt med lastbiler og uddannede chauffører – også ved en eventuel stigning i frekvensen af transporter ved en forkortelse af den tilladte salgsperiode. Det antages, at alle chauffører er korrekt uddannede til at køre med fyrværkeri.

Det skal pointeres, at ovenstående oplysninger fra Fyrværkeribrancheforeningen er anvendt ved udarbejdelse af modellen, men at flere parametre implicit beregnes internt i modellen. F.eks. vil den totale mængde håndterede fyrværkeri, størrelsen af lastbilerne, fordeling af salget mellem salgssteder osv., give anledning til et forskelligt antal leverancer til de forskellige salgssteder, hvilket beregnes i modellen.

5. MODEL

Den centrale del af projektet omfatter selve risikomodellen. Denne beskrives overordnet i dette kapitel. En gennemgang af generiske ulykkessituationer same detaljerede beregninger er henvist til Appendiks A, B, C og D. Den overordnede modelstruktur er vist i Figur 5-1.



Figur 5-1 Overordnet modelstruktur

Figuren illustrerer, hvordan modeludviklingen omfatter flere forskellige led. Først og fremmest identificeres de potentielle ulykkessteder. Disse omfatter salgsstederne og stederne for ulykker

under transporten. For hvert salgssted er der desuden identificeret tre steder, hvor ulykkerne kan ske; hhv. ved aflæsning fra lastbilen, ved lager eller container, samt ved selve salgsområdet. Principskitser for de forskellige ulykkessituationer samt definition af afstande, objekter til stede, m.v. kan ses i Appendiks A.

Denne identifikation af ulykkessteder hænger sammen med den tidligere præsenterede hasard-identifikation – og dermed identifikationen af, hvad der kan forårsage kritiske ulykker. Hasard-identifikationen kræver efterfølgende estimering af frekvenser for, at ulykker indtræffer – dvs. hvor ofte forventes det, at hver relevant hasard vil føre til en ulykke. Derudover skal det estimeres, hvad omfanget af en brand eller eksplosion af en given mængde fyrværkeri er. Frekvens-estimering og konsekvensmodellering er beskrevet i flere detaljer i hhv. Appendiks B og Appendiks C. Det er dog vigtigt at bemærke, at nogle parametre både influerer på frekvenserne og konsekvenserne. F.eks. vil antallet af personer, der er til stede ved et salgssted, både påvirke sandsynligheden for, at en ulykke indtræffer, og konsekvenserne hvis den indtræffer. Dette skyldes, at sandsynligheden for, at en ulykke indtræffer, stiger, når antallet af håndteringer stiger, og at der samtidig er flere personer til stede, når konsekvenserne skal beregnes. Således illustrerer dette, at der er et ganske komplekst forhold mellem sandsynlighederne for, at en ulykke indtræffer, og konsekvenserne.

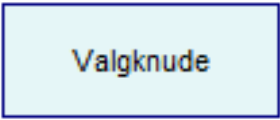
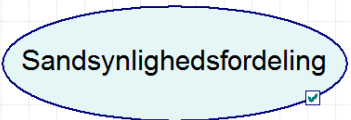
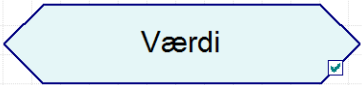
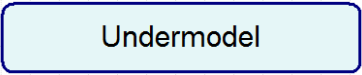
I forhold til at kunne estimere risikoen, er det væsentligt at få klarlagt, hvor ulykkerne kan ske, og når de sker, hvad er så omstændighederne, dvs.

- Mængderne og typerne af fyrværkeri
- Hvor mange personer der er til stede i forskellige afstande til ulykken.
- Hvilke bygninger og materiel der er i nærheden.

Således er det nødvendigt at kende flowet af fyrværkeri (mængder og typer) på et vilkårligt sted i distributionsprocessen. Dette kræver bl.a. en modellering af transporten af fyrværkeri, samt en estimering af hvor mange kunder, der kan forventes ved hvert salgssted. Disse aspekter er beskrevet yderligere i Appendiks D.

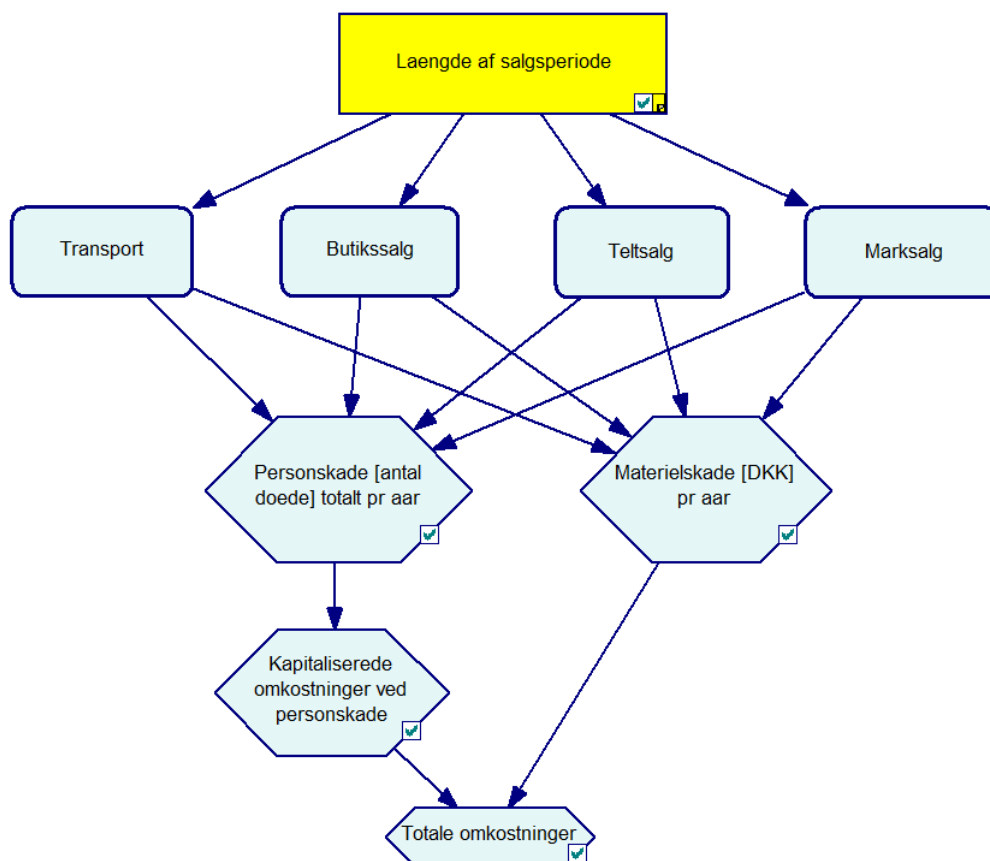
5.1 Grundlæggende model

Den samlede model til beregning af risikoen ved detailldistributionen af fyrværkeri er konstrueret delvist i Excel og delvist i GeNIe. GeNIe er et værktøj, der kan håndtere store og komplekse sandsynlighedssammenhænge baseret på influensdiagrammer/Bayesianske netværk. Grundlæggende er modellen opbygget grafisk, som et netværk af knuder af forskellig form. Knuderne har forskellig funktionalitet, som angivet i Tabel 5-1.

Knudetype	Beskrivelse
	Angiver en knude med forskellige valg. Eksempelvis længden på salgsperioden – 7, 14 hhv. 31 dage.
	Angiver sandsynlighedsfordelinger, f.eks. sandsynligheden for at finde forskellige antal personer ved salgsområdet.
	Angiver værdi-knuder, f.eks. sammentælling af det estimerede antal døde baseret på en sandsynlighedsfordeling.
	Angiver undermodeller, som igen indeholder et netværk af knuder.

Tabel 5-1. Grundlæggende beskrivelse af anvendte knudetyper i GeNIe.

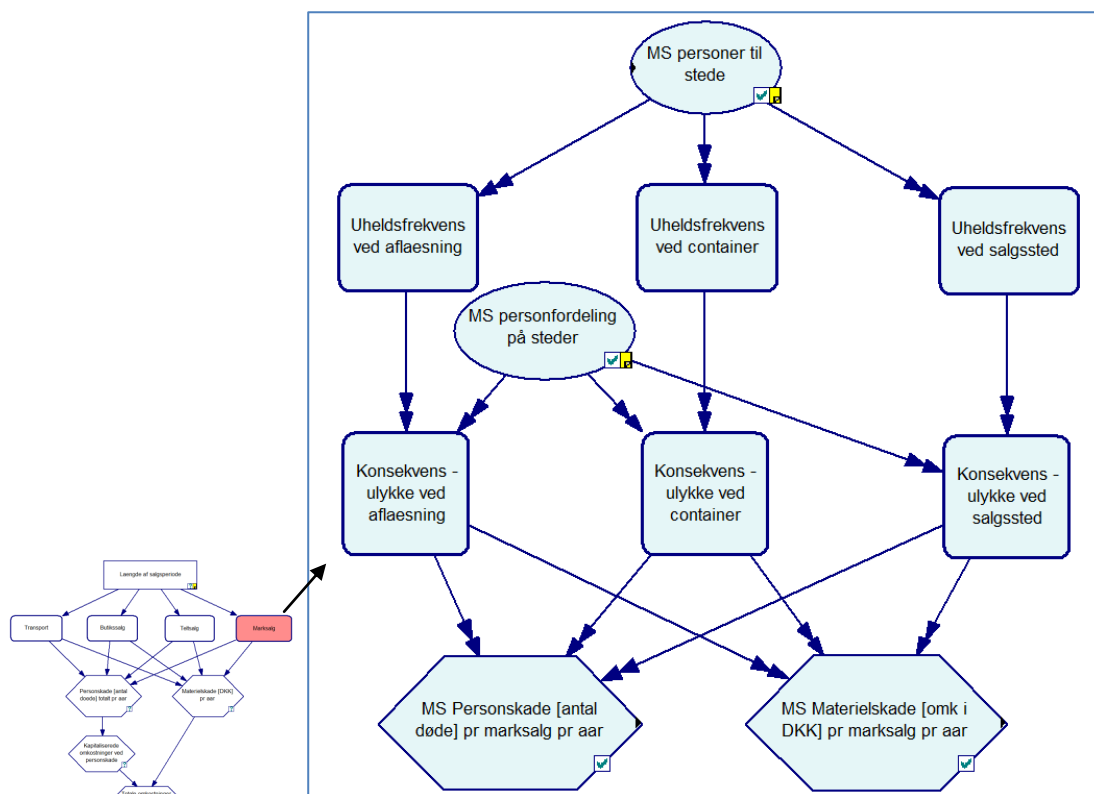
Udover knuderne benyttes pile til at angive sammenhænge og afhængigheder. GeNIe-modellen er opdelt i logiske undermodeller, som hver især modellerer risici i forskellige dele af distributionsprocessen. Den overordnede model ses i Figur 5-2.



Figur 5-2. Overordnet risikomodell med opdeling i undermodeller.

Her ses, at undermodellerne for transport, butikssalg, teltsalg og marksalg alle afhænger af valgknuden for salgsperioden. Værdiknuderne for personskade og materielskade afhænger ligeledes af modellerne for transport, butikssalg, teltsalg og marksalg. Modellen er altså repræsenteret ved et antal undermodeller, som tilsammen resulterer i det forventede antal døde hhv. graden af forventelig materielskade. Værdiknuder benyttes til numerisk sammentælling af døde og værdien af materielskade.

GeNIe-modellen binder alle beregningerne sammen og sammenholder frekvenser og konsekvenser for ulykker. Derudover kan netværket benyttes til efterfølgende at analysere, hvor ulykkerne sker, samt hvad omfanget af disse er. I det følgende beskrives i detaljer, hvordan modellen for marksalget er konstrueret. De øvrige modeller følger i høj grad den samme skabelon og principper, og vil derfor ikke blive gennemgået i detaljer. Netværket i undermodellen "marksalg" er vist i Figur 5-3.



Figur 5-3. Model til risikomodellering af et marksalg.

Det er illustreret, hvorledes markmodellen ligger som undermodel i den overordnede model, som ses i lille format yderst til venstre. Markmodellen består af en overordnet knude, som angiver en estimeret fordeling af antal personer, som på et vilkårligt tidspunkt er til stede på pladsen. Bemærk at MS i knuden står for "marksalg". Undermodeller for teltsalg, butikssalg og transport indeholder tilsvarende knuder, som er specifikke for de forskellige steder. Konkret angiver knuden et sæt sandsynligheder for, at forskellige antal personer vil være til stede afhængig af den tilladte salgsperiode. Et sådan sæt sandsynlighedsfordelinger ses i Tabel 5-2.

Antal personer til stede	Tilladt salgsperiode		
	31 dage	14 dage	7 dage
0	69.0%	67.5%	68.4%
1	6.9%	1.3%	0.1%
3	6.5%	3.6%	0.7%
10	11.7%	12.1%	6.3%
30	5.7%	13.5%	17.8%
100	0.2%	2.1%	6.8%
300	0.0%	0.0%	0.0%

Tabel 5-2. Sandsynlighed for at finde et bestemt antal personer ved marksalget.

Her ses hvordan en forkortelse af salgsperioden betyder, at der oftere vil være 30 og 100 personer til stede ved marksalget ved en tilladt salgsperiode på 7 dage, end ved en tilladt salgsperiode på 31 dage. Således afspejler personfordelingerne den forventede højere koncentration af kunder i salgsperioden ved en afkortning af den tilladte salgsperiode. Fordelingerne er beregnet i Excel ud fra et beregnet estimat af det gennemsnitlige antal af handler pr salgssted, et antaget tidsforbrug pr handel, osv.

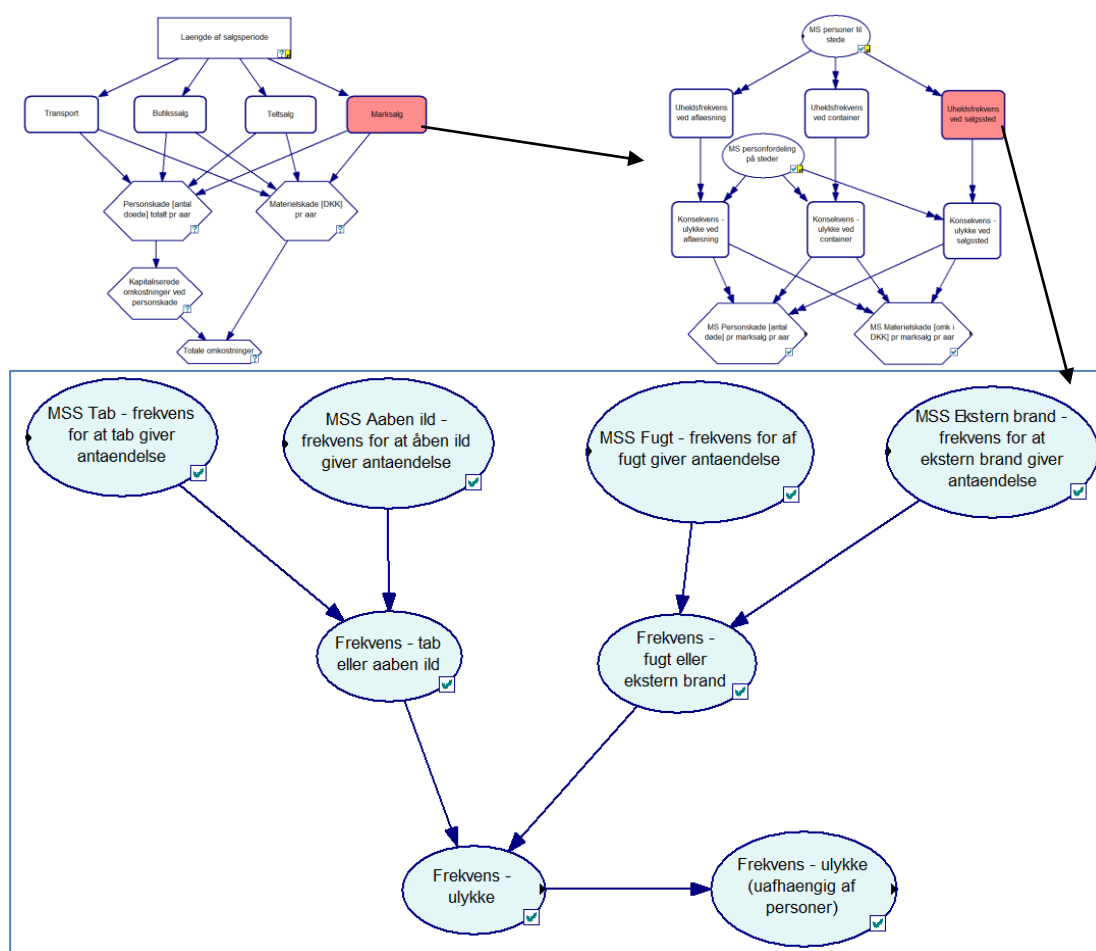
Derudover består modellen af tre ulykkes-scenarier; hhv. en ulykke, der indtræffer

- ved aflæsningsstedet,
- ved en af lagercontainerne og
- ved salgsstedet.

De to lagercontainere modelleres med samme delmodel, da de antages at være placeres identisk i forhold til hinanden og andre objekter på pladsen. En ulykke ved den ene af containerne vil derfor have samme konsekvenser som en ulykke ved den anden container. For hvert ulykkessted består et ulykkes-scenarie af en uheldsfrekvens samt en beregning af konsekvenserne hvis ulykken sker. Her har fordelingen af personer på pladsen indflydelse på konsekvenserne ved en ulykke. Nederst i modellen samles det estimerede antal døde samt den estimerede materielsskade ved ulykkerne, der indtræffer på de forskellige ulykkessteder. Disse tal samles i den overordnede model (se Figur 5-2) til et totalt antal estimeret døde samt en total estimeret materielsskade. I opsummeringen multipliceres med antallet af marksalg på landsplan, således at tallene er skaleret op til at omfatte den totale fyrværkeridistribution på et år i Danmark.

5.1.1 Ulykkesfrekvenser

Ved at dykke ned i en af delmodellerne for ulykkesfrekvenser ses en model som vist i Figur 5-4.



Figur 5-4. Model for ulykkesfrekvenser ved salgsområdet for et marksalg.

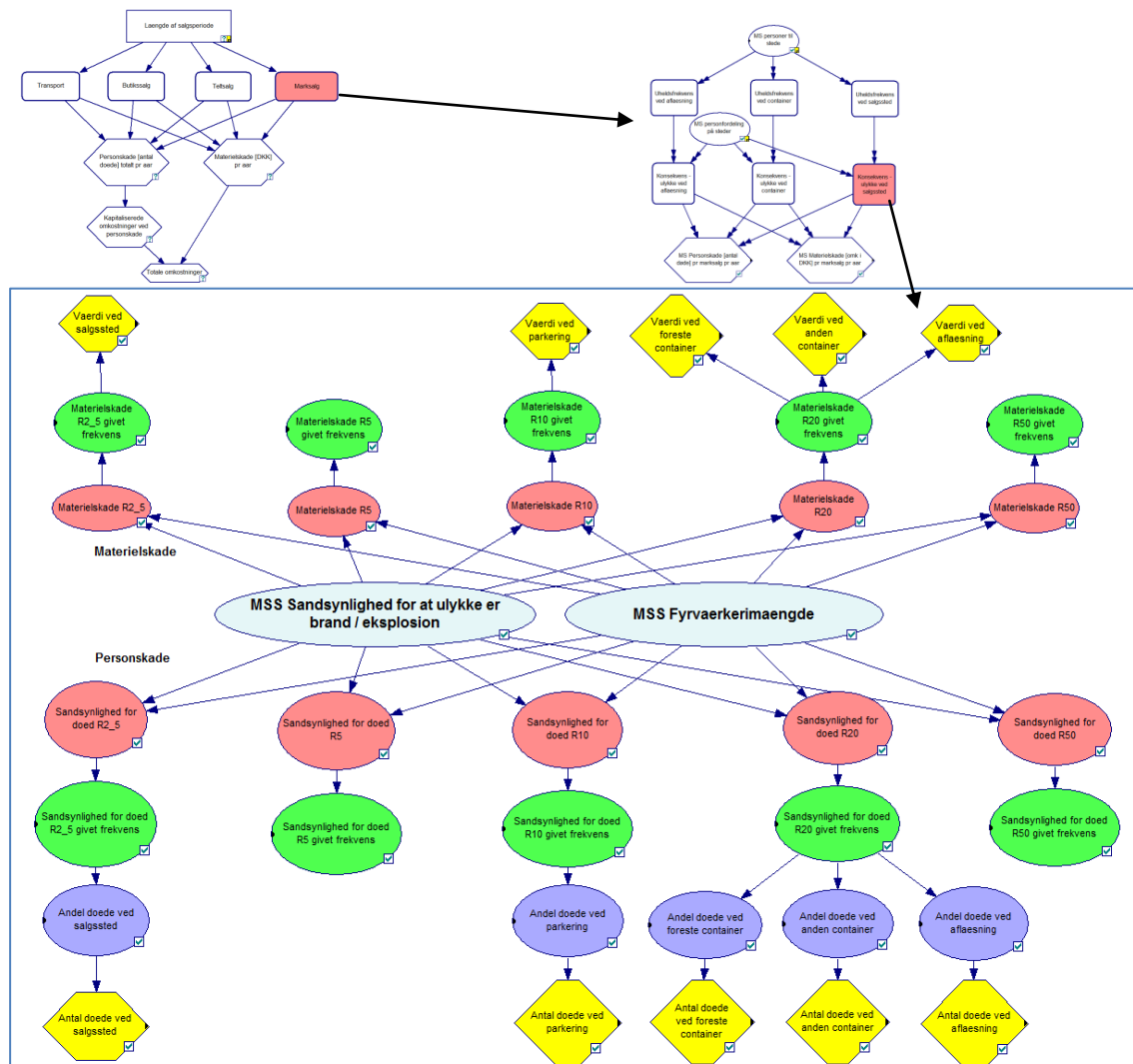
I de øverste knuder er forskellige ulykkesfrekvenser angivet (dvs. sandsynligheden for at ulykkerne indtræffer i løbet af et år). Disse er estimeret vha. beregninger i Excel; bl.a. via fejltræer, der eksempelvis beskriver, hvor ofte fugt kan antages at være årsag til antændelse af fyrværkeri. Det overordnede antal personer til stede indgår som input til knuderne, således at ulykkesfrekvenserne opsplittes i forhold til hvor mange personer, der antages at være til stede på pladsen,

når ulykken indtræffer. Dette benyttes ydermere i forbindelse med frekvensen for tab af fyrværkeri, hvor ulykkesfrekvensen direkte afhænger af antallet af personer, der er til stede. Dette modellerer, at jo mere travlt der er, jo større er sandsynligheden for, at fyrværkeri bliver tabt. På samme måde er risikoen for antændelse som følge af åben ild / gnistdannelse (f.eks. ved rygning) større, når der er mange kunder til stede.

I modellen samles de forskellige ulykkesfrekvenser i to omgange til en samlet frekvens for, at en ulykke indtræffer. Knuden "Frekvens – ulykke" angiver dermed den samlede ulykkesfrekvens opdelt efter hvor mange personer, der er til stede, når ulykken indtræffer. I den sidste knude "Frekvens – ulykke (uafhængig af personer)" beregnes en samlet ulykkesfrekvens, som er uafhængig af hvor mange personer, der er til stede. Denne frekvens er simplere at benytte ved konsekvensmodelleringen i tilfælde, hvor personfordelingen ikke er relevant; eksempelvis i forbindelse med de fleste beregninger af materielskade.

5.1.2 Konsekvenser

Konsekvenserne modelleres i næste række af undermodeller. Her dykkes ned i delmodellen for konsekvenser ved en ulykke, der indtræffer ved salgsområdet. Dette er ved navngivningen indikeret med "MSS" (marksalg – salgsområde). Denne delmodel ses i Figur 5-5.



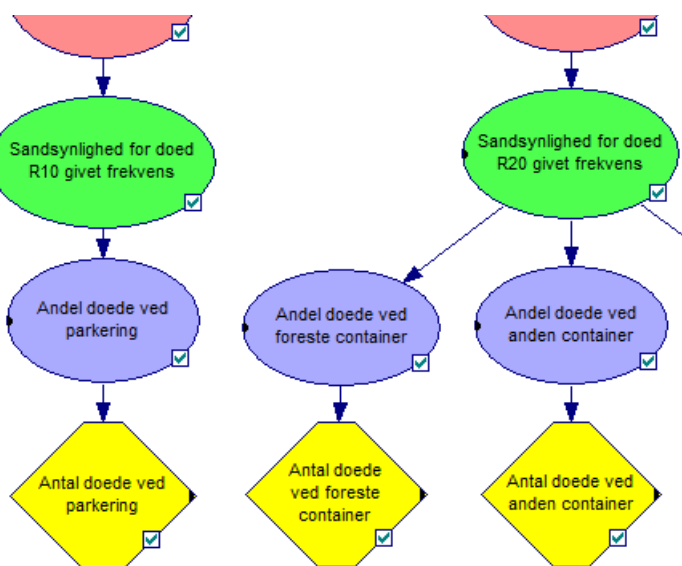
Figur 5-5. Konsekvensmodellering for en ulykke, der indtræffer ved salgsområdet ved et marksalg.

Modellen er kompleks, men struktureret opbygget således at materielskade beskrives i øverste halvdel af modellen og personskade i nederste halvdel. I midten optræder to knuder, som beskriver omstændighederne for ulykken; hhv. den estimerede mængde fyrværkeri, der er til stede

ved salgsområdet på et vilkårligt tidspunkt, samt sandsynligheden for, at en ulykke vil udvikle hhv. brand eller eksplosion.

De røde knuder beskriver fra venstre mod højre sandsynlighed for død, hhv. materielsskade i afstande af 2,5 m, 5 m, 10 m, 20 m og 50 m fra ulykkesstedet. Indholdet i disse knuder er beregnet i Excel via detaljerede beregninger af hhv. brand- og eksplosionsscenarioer med forskellige mængder fyrværkeri. Således skalerer GeNIe-modellen disse konsekvenser i forholdt til aktuelle fyrværkerimængder og fordelingen mellem brand- og eksplosionsulykker.

De grønne knuder i de næste rækker får input fra ulykkesfrekvenserne. Det er her ulykkesomfanget skaleres i forhold til, hvor ofte en ulykke forventes at indtræffe. Således beskriver output fra de grønne knuder hhv. sandsynlighed for død og materielsskade i forskellige afstande fra ulykker, der indtræffer ved salgsområdet ved et enkelt marksalg. Yderst i netværket angiver de gule knuder selve værdien af materielsskade (øverst) og forventet antal døde (nederst). De blå knuder på personsiden af netværket fordeler det samlede antal personer til specifikke steder ved marksalget i forhold til den angivne personfordeling. F.eks. antages det, at 2% af personerne opholder sig ved hver af lagercontainerne. Den geografiske placering af objekter og personer fremgår direkte af netværket, hvor disse kobles på den grønne knude, som svarer til den estimerede afstand. En lille del af netværket ses opskaleret i Figur 5-6.



Figur 5-6. Del af konsekvensnetværk for salgsområdet ved et marksalg.

De to grønne knuder angiver her sandsynligheden for død i afstande af hhv. 10 meter og 20 meter givet ulykkesfrekvensen. Det ses, at de blå og gule knuder angiver andel døde ved parkering, første container og anden container. I forhold til principskitzen for et marksalg og tabellen over afstande ved et marksalg (se Tabel A-6 i Appendiks A) ses parkeringspladsen netop at være placeret 10 meter fra salgsstedet og de to containere 20 meter fra salgsstedet.

Output fra hver af de gule knuder samles i modellen for marksalget, se Figur 5-3. Disse samles så igen i den overordnede model, hvorved den samlede risiko beregnes.

5.2 Modellens muligheder og begrænsninger

Som udgangspunkt er modellen udviklet til at kunne beregne risikoen ved ændring af to specifikke parametre, nemlig:

- fordelingen af fyrværkeri på typer samt
- længden af salgsperioden.

Førstnævnte er udført således, at der kan vælges en procentdel af fyrværkeriet, der er kategoriseret som 1.3G og en tilsvarende procentdel kategoriseret som 1.4G. Dette valg foretages i forbindelse med beregninger i Excel, hvilket resulterer i opdatering af frekvenser og konsekvenser i GeNIe-netværket. I modellen er der mulighed for at angive andelen af 1.4S; denne har dog i beregningen af scenarierne været sat til nul på baggrund af de opgivne oplysninger, men muligheden for at sætte den til en reel værdi foreligger.

Den anden parameter er modelleret således, at alle beregninger udføres parallelt for tre forskellige længder af salgsperioden; de to påkrævede af Sikkerhedsstyrelsen (nemlig 7 og 31 dage) og en mellemliggende længde på 14 dage.

Udover ovenstående findes der en lang række parametre, der indgår i modellen, og som det er muligt at ændre på, for at estimere, hvorledes risikoen påvirkes af ændringen. Det drejer sig om følgende muligheder:

- Den totale mængde fyrværkeri der sælges i Danmark på et år.
- Mængden af fyrværkeri, der maksimalt kan lastes på en lastbil.
- Størrelsen af den mængde fyrværkeri der må oplagres i de tre slagsmodeller dels på lagrene og dels ved salgsstedet.

Tilsvarende er der en lang række antagelser, der relativt nemt kan ændres. Det drejer sig om følgende:

- Den relative mængde af NEM der forefindes i 1.3G, 1.4G hhv. 1.4S.
- Andelen af befolkningen der køber fyrværkeri, og hvor mange gange hver kunde handler.
- Det totale antal af salgssteder og fordelingen på telt-, butik- og marksalg.
- Fordelingen af hvor meget af den totale fyrværkerimængde, der antages at blive solgt ved de forskellige salgssteder.
- De antagne længder på de gennemsnitlige åbningstider per dag for hvert salgssted.
- Fordelingen af salget i december måned (fordeling ved 7, 14 og 31 dage).
- Antal personer til stede ved salgsstederne, der ikke er relateret til fyrværkerisalg (behandles som en faktor på antallet af fyrværkerikunder).
- Antallet af godkendte lastbiler (store og små), der transporterer fyrværkeri.
- Antagelser vedr. konsekvenser, f.eks. andelen af fyrværkeriartikler, som forventes at være fejlproducerede.
- Antagelser vedr. transportmønstret, f.eks. antal kilometer mellem salgssteder.
- Antagelser vedr. ulykkesfrekvenser, f.eks. andelen af fyrværkeriartiklerne, som forventes at være fejlproduceret.

I modellen findes der ligeledes en del forhold, som det pga. modelstrukturen er mere vanskeligt at ændre på. Det drejer bl.a. om følgende:

- Placeringen og afstandene imellem objekter (personer, biler, butikker mv.) i de forskellige ulykkesituationer. Disse er baseret på de udarbejdede principskitser, og modellen er opbygget med dette som fundament. Afstandene er bl.a. baseret på gældende regler for oplag, hvorfor en ændring af sikkerhedsafstandene ikke er en simpel modelændring.
- Implementering af nye ulykkessteder, f.eks. hvis der indføres nye typer af salgssteder.
- Nye strukturelle antagelser, f.eks. implementering af forbud mod lastbilkørsel i tættere bebygget område.

6. RESULTATER

I dette kapitel præsenteres resultater af beregninger udført med modellen. Resultaterne er opdelt i to hovedafsnit, som hver beskæftiger sig med tre tilladte længder af salgsperioden:

- Nuværende fordeling af fyrværkerityper (80% 1.3G / 20% 1.4G)
 - Tilladt salgsperiode på 31 dage
 - Tilladt salgsperiode på 14 dage
 - Tilladt salgsperiode på 7 dage
- Antaget ændret fordeling af fyrværkerityper (0% 1.3G / 100% 1.4G)
 - Tilladt salgsperiode på 31 dage
 - Tilladt salgsperiode på 14 dage
 - Tilladt salgsperiode på 7 dage

Resultaterne præsenteres dels i tabeller, som angiver antallet af forventede døde, den forventede grad af materielskade, samt et samlet tal, som udtrykker de kapitaliserede omkostninger. I denne forbindelse er et menneskeliv sat til 18 mio. kr.

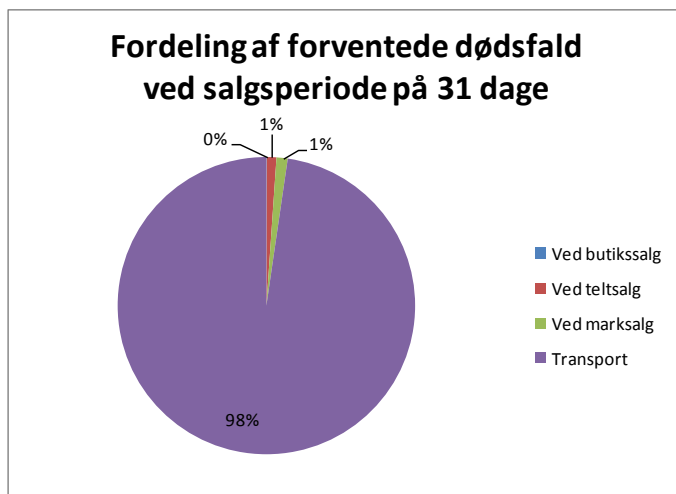
6.1 Resultater – nuværende fordeling på fyrværkerityper

Modellen er benyttet til at regne på risikoen ved den aktuelle fordeling af fyrværkerityper i detailledet. Dvs. under antagelse af, at 80% af de solgte artikler er af typen 1.3G og de resterende 20% er af typen 1.4G. Tabel 6-1 viser det antal personer, som estimeres at dø som følge af fyrværkerisalg hvert år.

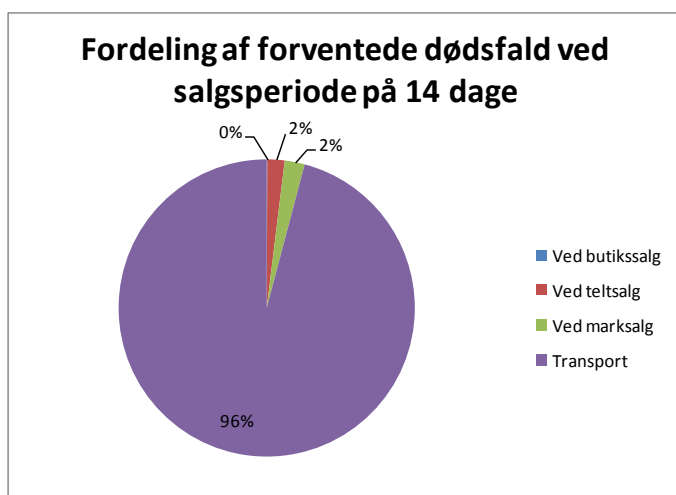
Estimeret personskade [antal døde pr år]	Tilladt længde af salgsperioden	31 dage	14 dage	7 dage
	Salgssteder			
	Ved butikssalg	$7.10 \cdot 10^{-7}$	$1.18 \cdot 10^{-6}$	$1.71 \cdot 10^{-6}$
	Ved teltsalg	$1.82 \cdot 10^{-5}$	$3.40 \cdot 10^{-5}$	$5.02 \cdot 10^{-5}$
	Ved marksalg	$2.11 \cdot 10^{-5}$	$3.95 \cdot 10^{-5}$	$5.91 \cdot 10^{-5}$
	Transport			
	Under transport fra centrallager til salgssteder	$1.70 \cdot 10^{-3}$	$1.74 \cdot 10^{-3}$	$1.95 \cdot 10^{-3}$
	Total	$1.74 \cdot 10^{-3}$	$1.82 \cdot 10^{-3}$	$2.06 \cdot 10^{-3}$
	Returperiode [gennemsnitligt antal år mellem forventede dødsfald]	574	550	485
Kapitaliserede omkostninger ved tab af menneskeliv (18 mio / liv) pr. år [DKK]		31.359	32.708	37.082

Tabel 6-1. Risikoresultater som følge af fyrværkeriulykker i detailledet med nuværende fordeling af fyrværkerityper. Tabellen viser forventet antal døde pr. år, returperioden (antal år, der i gennemsnit forventes mellem dødsfald), samt kapitaliserede omkostninger ved død.

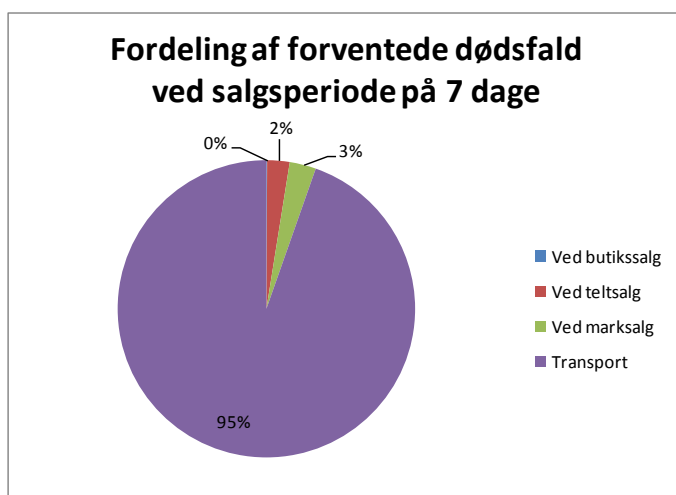
Det bemærkes, at der forventes at dø langt flere personer under transporten af fyrværkeriet, end ved salgsstederne. Specielt er antallet af forventede dødsfald ved butikssalg meget lavt. Dette skyldes, at de håndterede mængder er små, samt at antallet af kunder er mindre end for hhv. teltsalg og marksalg. Fordelingen af dødsfald på hver salgstype samt på transport er illustreret i Figur 6-1, Figur 6-2 og Figur 6-3.



Figur 6-1. Fordeling af dødsfald på hhv. butikssalg, teltsalg, marksalg og under transport ved en tilladt salgsperiode på 31 dage.



Figur 6-2. Fordeling af dødsfald på hhv. butikssalg, teltsalg, marksalg og under transport ved en tilladt salgsperiode på 14 dage.



Figur 6-3. Fordeling af dødsfald på hhv. butikssalg, teltsalg, marksalg og under transport ved en tilladt salgsperiode på 7 dage.

Det bemærkes igen, at transporten udgør langt den største risiko. Samtidig bemærkes det dog, at risikoen forholdsmæssigt estimeres at stige for hhv. teltsalg og marksalg. Således forventes en lidt større andel af dødsfaldene at forekomme ved salgsstederne ved en forkortet salgsperiode.

Årsagerne til dette billede af risikoen er:

- Sandsynlighederne for antændelse som følge af stød, fugt og anvendelse af åben ild er meget små. Disse overskygges langt af sandsynligheden for trafikuheld og dermed ulykker med fyrværkeriet på vej. (Se Appendiks B).
- Ved en kortere salgsperiode forventes flere personer i gennemsnit at befinde sig ved salgsstederne på et vilkårligt tidspunkt. Dette medfører større konsekvenser i fald en ulykke indtræffer ved et salgssted. Derimod antages antallet af personer involveret i en trafikulykke at være uafhængig af salgsperiodens længde. Sandsynligheden for uheld øges både i salgssituationerne og ved transporten som følge af den øgede håndteringshastighed.

Resultaterne for materielskade viser samme tendens. Dog estimeres transporten her at udgøre en endnu større andel. De forventede årlige omkostninger ses i Tabel 6-2.

Tilladt længde af salgsperioden	Estimeret materielskade [DKK pr år]		
	31 dage	14 dage	7 dage
Salgssteder			
Ved butikssalg	14	17	20
Ved teltsalg	43	67	96
Ved marksalg	18	30	43
Transport			
Under transport fra centrallager til salgssteder	34.152	34.963	39.147
Total	34.227	35.077	39.306

Tabel 6-2. Forventede årlige omkostninger som følge af materielskade med nuværende fordeling på fyrværkerityper.

Her bemærkes det umiddelbart, at de forventede årlige omkostninger i forbindelse med materiel-skade forventes at være ganske små for salgsstederne. Materielskade under transport estimeres derimod til at være betydelig større. Dette skyldes grundlæggende to ting:

- Effekten af den øgede persontæthed ved en kortere salgsperiode ses ikke her, da opbygningen af salgsstederne grundlæggende er uafhængig af salgsperioden. Den eneste ændring i materiel værdi er et let øget antal biler på parkeringspladserne, som følge af den større persontæthed.
- Salgsstederne i modellen er opbygget efter de sikkerhedsmæssige forskrifter. Dvs., at afstanden til andre bygninger, biler osv. på salgsstederne generelt anses for at være for-svarlige. Anderledes forholder det sig i transportsituationen, hvor en ulykke i trafikken vil kunne medføre relativt mere materielskade.

De samlede kapitaliserede omkostninger ved fyrværkeridistribution og -salg i Danmark er vist i Tabel 6-3.

Tilladt længde af salgsperioden	Samlede årlige omkostninger [DKK]		
	31 dage	14 dage	7 dage
Samlede årlige omkostninger [DKK]	65.586	67.785	76.387
Ændring i fht. i dag (31 dage) [%]	-	3.4%	16.5%

Tabel 6-3 Samlede forventede omkostninger pr. år forbundet med risikoen ved fyrværkeridistribution og -salg i Danmark. Den procentvise afvigelse fra den nuværende salgsperiode på 31 dage er ligeledes angivet.

Det ses af tabellen, at de samlede omkostninger forbundet med risikoen ved fyrværkeridistribution og -salg i Danmark forventes at stige med ca. 3% ved en forkortelse af den tilladte salgsperiode til 14 dage og med ca. 16% ved en forkortelse af den tilladte salgsperiode til 7 dage. Dette billede afhænger naturligvis af, hvordan salget antages at fordele sig, når salgsperioden ændres. Disse antagelser fremgår af Appendiks D.

6.2 Resultater – ved forbud af 1.3G

Helt identisk med beregningerne for den aktuelle fordeling på fyrværkerityper er der også foretaget en estimering af risikoen såfremt alle 1.3G-artikler tages af markedet. I dette scenarie antages det, at den totale bruttomængde fyrværkeri fastholdes og nu udelukkende udgøres af fyrværkeriartikler af typen 1.4G. I forbindelse med risikoberegningerne medfører dette to ting:

- NEM-indholdet i 1.4G-artikler antages at være lavere end i 1.3G-artikler (hhv. 20% for 1.3G-artikler og 10% for 1.4G-artikler). Da bruttomængden fastholdes, vil den totale mængde NEM derfor være mindre i dette scenarie.
- Konsekvenserne ved en ulykke med en given mængde NEM i form af 1.4G-artikler forventes at være mindre end ved en ulykke med en tilsvarende mængde NEM i 1.3G-artikler. (Se Appendiks B).

Begge ovenstående punkter er medvirkende til, at risikoen må forventes at falde betydeligt. Antallet af forventede døde pr. år, samt returperioden for dødsfald og de kapitaliserede omkostninger ses i Tabel 6-4.

Estimeret personska- de [antal døde pr. år]	Tilladt længde af salgsperioden	31 dage	14 dage	7 dage
	Salgssteder			
	Ved butikssalg	$2.1 \cdot 10^{-7}$	$3.5 \cdot 10^{-7}$	$5.0 \cdot 10^{-7}$
	Ved teltsalg	$1.6 \cdot 10^{-6}$	$3.2 \cdot 10^{-6}$	$5.2 \cdot 10^{-6}$
	Ved marksalg	$1.8 \cdot 10^{-6}$	$3.4 \cdot 10^{-6}$	$5.3 \cdot 10^{-6}$
	Transport			
	Under transport fra centrallager til salgssteder	$5.0 \cdot 10^{-4}$	$5.1 \cdot 10^{-4}$	$5.3 \cdot 10^{-4}$
	Total	$5.1 \cdot 10^{-4}$	$5.1 \cdot 10^{-4}$	$5.5 \cdot 10^{-4}$
Returperiode [gennemsnitligt antal år mellem forventede dødsfald]		1968	1946	1832
Kapitaliserede omkostninger ved tab af menneskeliv (18 mio / liv) pr. år [DKK]		9.146	9.247	9.827

Tabel 6-4. Risikoresultater som følge af fyrværkeriulykker i detailledet uden 1.3G-artikler på markedet. Tabellen viser forventet antal døde pr. år, returperioden (antal år, der i gennemsnit forventes mellem dødsfald), samt kapitaliserede omkostninger ved død.

Det bemærkes, at forskellen i den tilladte salgsperiode stadig har samme effekt på risikoen; risikoen vil være størst for en tilladt salgsperiode på 7 dage. Ved sammenligning med Tabel 6-1 ses dog, at risikoen forbundet med dødsfald som følge af en fyrværkeriulykke i distributions- eller salgslæddet er reduceret med mere end en faktor 3 for alle tilladte salgsperioder. Omkostningerne forbundet med materielskade ses i Tabel 6-5.

Tilladt længde af salgsperioden	Estimeret materielskade [DKK pr. år]		
	31 dage	14 dage	7 dage
Salgssteder			
Ved butikssalg	4	5	6
Ved teltsalg	8	14	21
Ved marksalg	4	7	11
Transport			
Under transport fra centrallager til salgssteder	7.996	8.031	8.478
Total	8.013	8.057	8.515

Tabel 6-5. Forventede årlige omkostninger som følge af materielskade med forbud af 1.3G-artikler.

I forhold til situationen med den nuværende fordeling på fyrværkerityper i Tabel 6-2 ses også her, at den estimerede materielskade er væsentligt lavere, hvis alle 1.3G-artikler fjernes fra markedet.

Til sidst vises i Tabel 6-6 de samlede forventede omkostninger pr. år såfremt hele den håndterede mængde fyrværkeri består af 1.4G-artikler.

Tilladt længde af salgsperioden	Samlede årlige omkostninger [DKK]		
	31 dage	14 dage	7 dage
Samlede årlige omkostninger [DKK]	17.159	17.305	18.342
Ændring i fht. 31 dage [%]	-	0,9%	6,9%

Tabel 6-6. Samlede forventede omkostninger pr. år hvis alle fyrværkeriartikler er af typen 1.4G. Desuden vises den relative ændring i omkostninger ved en reduktion af den tilladte salgsperiode.

Ved sammenligning med Tabel 6-3 ses, at de samlede omkostninger forventes at falde med omkring 75% hvis hele den håndterede mængde fyrværkeri består af 1.4G-artikler.

6.3 Sammenligning af scenarier

Resultaterne beskrevet ovenfor illustrerer, at risikoen generelt stiger ved en reduktion af den tilladte salgsperiode og falder ved en ændring af fyrværkerityper på markedet til kun at omfatte 1.4G-artikler. Dette er i tråd med forventningerne.

Det bemærkes generelt, at langt den største risiko forventes ved transporten af fyrværkeriet. Dette skyldes langt overvejende risikoen for trafikuheld, hvor fyrværkeriet i lasten antændes og medfører brand eller eksplosion. Denne sandsynlighed er for begge kombinationer af tilladte fyrværkerityper og alle tilladte salgsperioder vurderet at være størrelsesorden større end sandsynlighederne for andre identificerede hasarder; hhv. antændelse som følge af håndtering, selvantændelse som følge af fugt samt antændelse som følge af uforsigtig anvendelse af åben ild. Dette ses af tabellerne sidst i Appendiks B for den nuværende fordeling af fyrværkerityper.

Det følger umiddelbart af modellen, at konsekvenserne ved en ulykke med en given mængde NEM vil blive mindre, hvis der kun håndteres fyrværkeri af typen 1.4G. Beregningerne viser dog også, at den primære sandsynlighed for uheld reduceres i dette scenarie. Dette er illustreret i Tabel 6-7.

År mellem trafikuheld, der medfører antændelse af fyrværkeri	Udenfor tættere bebygget område	I tættere bebygget område
Trafikuheld (1.3G + 1.4G)	17	228
Trafikuheld (kun 1.4G)	25	403

Tabel 6-7. Estimeret antal år mellem trafikuheld ved fyrværkeridistribution; hhv. nuværende situation med både 1.3G og 1.4G og for situationen udelukkende med 1.4G-artikler.

Her ses, at der ved distribution udelukkende af 1.4G forventes 25 år mellem hver ulykke udenfor tættere bebygget område, hvorimod for den nuværende situation forventes en trafikulykke med antændelse af fyrværkeri hvert 17. år. Dette skyldes, at den samlede trafikmængde forventes at falde. På grund af det lavere NEM-indhold pr. fyrværkeriartikel vil lagrene ved salgsstederne kunne indeholde en større bruttomængde fyrværkeri, hvilket medfører, at de behøver relativt færre leverancer i løbet af salgsperioden. Det bemærkes, at en tilsvarende reduktion i den påkrævede transportmængde vil følge af større lagre ved salgsstederne.

6.4 Følsomhedsanalyse

Alle udførte beregninger er behæftet med en del usikkerhed. Dette skyldes ikke mindst, at data vedr. fyrværkeriulykker er begrænsede, og at en del sandsynligheder for, at ulykker kan indtræffe, ikke kendes og dermed må estimeres efter bedste skøn. Derudover er modellen baseret på en generel beskrivelse af distributionsprocessen og fyrværkerisalg og ikke en konkret modellering af hvert enkelt salgssted og transporten i detaljer. I dette afsnit illustreres derfor en følsomhedsanalyse hvor sandsynligheden for, at forskellige ulykker indtræffer varierer. Tabel 6-8 definerer fem forskellige analyser, hvor sandsynlighederne for at de forskellige typer af ulykker indtræffer varierer med en faktor 10 både op og ned.

Skalering af sandsynlighed for hasard	Hasard						
	Salgssteder				Transport		
	Tab af fyrværkeri	Åben ild	Fugt	Ekstern brand	Trafikulykke	Stød (dårlig fastgørelse)	Fugt
Analyse 1	10	10	10	10	1	10	10
Analyse 2	0,1	0,1	0,1	0,1	1	0,1	0,1
Analyse 3	1	1	1	1	0,1	1	1
Analyse 4	10	10	10	10	0,1	10	10
Analyse 5	10	10	10	10	10	10	10

Tabel 6-8. Definition af fem analyser af følsomheden ved ændring af sandsynlighederne for at give ulykker indtræffer. Et 1-tal betyder, at sandsynligheden er som anvendt i basissituationen.

Det er valgt i analyse 1 og 2 at fastholde sandsynligheden for trafikulykke, mens alle mindre betydende sandsynligheder er varieret hhv. en faktor 10 op og en faktor 10 ned. Dette er gjort for at analysere, hvordan risikoen varierer, hvis alle disse umiddelbart mindre betydende faktorer er vurderet hhv. en faktor 10 for lavt eller for højt.

I analyse 3 er sandsynligheden for trafikulykke skaleret ned med en faktor 10 for at analysere hvilken effekt en ændring af sandsynligheden for trafikulykker har på risikoen.

Tilsvarende viser analyse 4, hvordan risikoen ændrer sig, hvis sandsynligheden for trafikulykke er overvurderet samtidig med at alle andre sandsynligheder er undervurderet.

Til sidst er det valgt i analyse 5 at øge alle sandsynligheder med en faktor 10. Dette må antages at være yderst konservativt.

For alle analyser er den nuværende fordeling af fyrværkeri på 1.3G og 1.4G anvendt. Resultaterne af følsomhedsanalyserne er vist i Tabel 6-9 som antal år mellem forventede dødsfald. Materielskade og samlede omkostninger er ikke vist, men hænger sammen med de forventede dødsfald ligesom for resultaterne angivet i tidligere afsnit.

	Returperiode [gennemsnitligt antal år mellem forventede dødsfald]		
	31 dage	14 dage	7 dage
Tilladt længde af salgsperioden			
Udgangspunkt (fra afsnit 6.1)	574	550	485
Analyse 1	475	401	325
Analyse 2	586	572	511
Analyse 3	4.750	4.011	3.245
Analyse 4	1.743	1.081	752
Analyse 5	57	55	49

Tabel 6-9. Returperioder for dødsfald ved varierende skalering af sandsynlighed for, at ulykker indtræffer.

Ved sammenligning med Tabel 6-1 ses, at en 10-dobling af alle de usikre og mindre betydende sandsynligheder samlet set har en betydelig effekt på det forventede antal år mellem dødsfald. Således vil der for en tilladt salgsperiode på 7 dage kunne forventes 325 år mellem hvert dødsfald mod 485 år for de oprindelige sandsynligheder. Omvendt ses, at det har meget ringe indflydelse på returperioderne, hvis de mindre betydende sandsynligheder nedskaleres. Dette illustrerer, at den største risiko optræder ved trafikuheldene, men at de resterende hasarder trods alt har en indflydelse på den samlede risiko.

Sandsynligheden for trafikuheld hænger nøje sammen med det estimerede antal kørte kilometer. Således vil andre vurderinger vedr. transportmønstret kunne ændre på denne sandsynlighed. Det er derfor relevant at undersøge hvordan de umiddelbart mindre betydende hasarder påvirker risikoen såfremt den dominerende sandsynlighed for trafikuheld er overvurderet. I analyse 3 er sandsynligheden for trafikuheld derfor nedskaleret samtidig med at de resterende sandsynligheder er uændrede. Resultatet viser, at risikoen i dette tilfælde reduceres betragteligt, da der nu er mellem 3.245 og 4.750 år mellem dødsfald afhængig af den tilladte salgsperiode. Hvis alle mindre betydende sandsynligheder øges fra situationen i analyse 3 ses af analyse 4, at risikoen her stiger betragteligt. Således illustrerer det igen, at en øget sandsynlighed for de mindre betydende hasarder har en betydelig indflydelse på risikoen. Det ses også, at forskellen på forskellige tilladte salgsperioder her er stor, hvilket skyldes, at alle sandsynligheder for antændelse som følge af håndteringsfejl er øget. Dog ses, at risikoen i dette tilfælde er lavere end situationen i udgangspunktet fra Tabel 6-1 – dvs. det forventede antal år mellem dødsfald er større for analyse 4.

Sidst, men ikke mindst, undersøges den ekstreme situation, hvor alle hasarder er undervurderet – også sandsynligheden for trafikuheld. Analyse 5 viser, at risikoen i dette tilfælde naturligvis stiger, og at det forventede antal år mellem dødsfald her ligger mellem 49 og 57 år. Det skal dog nævnes, at det anvendte transportmønster forventes at være konservativt, da alle transporter forventes at udgå fra et centrallager og dermed antages at køre langt. Det vil sige, at sandsynligheden for trafikuheld i udgangspunktet antages at være konservativ. Da alle sandsynligheder i analyse 5 er øget med en faktor 10 viser det altså et scenarie, som samlet set forventes at være yderst konservativt.

6.5 Konklusion

Følsomhedsanalysen viser, at variationer i de anvendte antagelser vil kunne påvirke risikovurderingen betragteligt. Det anses dog fornuftigt samlet at konkludere at:

- Resultaterne præsenteret i afsnit 6.1 giver et godt billede af risikoen.
- Sandsynlighederne for uheld med fyrværker i forbindelse med trafikulykker dominerer risikobilledet.
- Det er primært risikoen for håndteringsfejl, som påvirker forskellen i risiko mellem forskellige længder af den tilladte salgsperiode.

Desuden viser resultatafsnittene 6.1, 6.2 og 6.3, at:

- Risikoen ved salgsstederne stiger forholdsvis mere ved en forkortelse af den tilladte salgsperiode end risikoen ved transporten.
- Hvis alle 1.3G-artikler fjernes fra markedet, så vil risikoen mindskes betydeligt.

- En del af risikoreduktionen skyldes, at det samlede antal kørte kilometer reduceres, hvis der kun distribueres 1.4G-artikler. Dette skyldes, at den samlede NEM-mængde antages at være mindre, hvilket resulterer i, at der ved salgsstederne kan opmagasineres en større bruttomængde fyrværkeri.

7. REFERENCER

- [1] Europæisk konvention om international transport af farligt gods ad vej (ADR), 2009, ADR
- [2] Fyrværkeribranchens fællesprojekt, erfaringer fra ulykker og forsøg med fyrværkeri
- [3] Høringsversion af vejledning til samfundsøkonomisk analyse, Finansministeriet, 2007
- [4] Risikovurdering af fyrværkeri, udarbejdet af Rambøll for Sikkerhedsstyrelsen, 2007.
- [5] Bekendtgørelse om indførsel, fremstilling, opbevaring, overdragelse, erhvervelse og anvendelse af fyrværkeri og andre pyrotekniske artikler, BEK nr 1424 af 16/12/2009, Økonomi og Erhvervsministeriet
- [6] Vejledning til tekniske forskrifter for salg, håndtering og opbevaring af fyrværkeri og andre pyrotekniske artikler, Sikkerhedsstyrelsen, 5. Nov. 2008
- [7] Quantification and Control of Hazards associated with the Transport and Storage of Fireworks (CHAF), FP5 PROject, HSE-UK
- [8] van Rooijen, M.P., Webb, R., Colpa, W., de Jong, E.G. og de Ruiter, J, "Literature review of the functioning mechanisms of and between fireworks articles", Deliverable 4-2 (CHAF), 2003. Tilgængelig online:
<http://www.pyrobin.com/files/european%20firework%20testing%20reports,%20bam%20etc.pdf>
- [9] Hjemmeside om Seest-ulykken,
<http://www.kolding.dk/brand/0032151.asp?sid=32151>
- [10] NATO. Manual of NATO Safety Principles for the Storage of Military Ammunition and Explosives. s.l. : NATO, 2005. AASTP-1
- [11] Räddningsverket. Förvaring av explosive varor. Handbok. November, 2008.
- [12] Kirwan, B., (1994), "A Guide to Practical Human Reliability Assessment", Taylor and Francis, London.
- [13] Saraf, D., (2009), " How to Estimate Injury or Potential Fatality from Thermal Radiation Exposure?", tilgængelig online: <http://risk-safety.com/how-to-estimate-injury-or-potential-fatality-from-thermal-radiation-exposure/>
- [14] Zipf, R.K. og Cashdollar, K.L., Explosions and refuge chambers, tilgængelig online:
<http://www.cdc.gov/niosh/docket/pdfs/NIOSH-125/125-Explosions%20and%20Refuge%20Chambers.pdf>
- [15] Vejdirektoratet. VIS-databasen (Vejsektorens Information System), www.vd.dk

APPENDIKSER

A. PRINCIPSKITSER AF SALGSSTEDER OG TRANSPORT-SCENARIER

Der genereres principskitser for hvert sted en større ulykke forventes at kunne indtræffe. På hvert sted defineres desuden et antal områder, som påvirkes i fald en ulykke indtræffer; f.eks. området omkring salgsdisken, parkeringspladsen og nærliggende huse. På disse steder vil der kunne ske materielskade og personskade. Den materielle værdi estimeres for de forskellige steder, ligesom der for nogle af de påvirkede steder angives et antal personer, som forventes at være til stede. Andre steder vil antallet af personer afhænge af intensiteten af fyrværkerisalget og vil derfor blive beregnet som et resultat af modellen. Her angives i stedet en relativ fordeling af de tilstedeværende personer.

Principskitserne ligger til grund for udarbejdelsen af hver undermodel. Det antages, at skitserne repræsenterer et gennemsnit af almindeligt forekommende salgssteder samt gennemsnitssituationer under transporten. Ulykkessteder og steder, der vil påvirkes af en ulykke, defineres på baggrund af principskitserne. Desuden defineres afstande mellem de forskellige steder. Således kan konsekvenserne ved en ulykke beregnes ved at beregne skadesgrader i forskellige afstande fra en given ulykke og efterfølgende estimere hvor mange personer og hvor meget materiel, der befinder sig inden for denne afstand af ulykken. Det antages, at eventuelle fyrværkeriulykker, der indtræffer andre steder end de her definerede, vil omfatte så små mængder fyrværkeri, at de ikke giver anledning til større skade – heller ikke som følge af en evt. dominoeffekt. Det kunne f.eks. være utilsigtet antændelse af en enkelt fyrværkeriartikel på parkeringspladsen foran et marksalg.

Hvis et objekt (materiel eller person) er placeret samme sted, som ulykken sker, så er der i skitserne antaget og angivet en afstand på < 2.5 m.

A.1 Transportsituationer

Transporten af fyrværkeri er underlagt ADR-konventionen, der stiller en række krav til uddannelse af personale, der transporterer fyrværkeri, samt til godkendelse af lastbilerne der benyttes under transporten. Kravene for personalets (chaufførernes) uddannelse er beskrevet i ADR-konventionen, ref. [1]. I korte træk sammenfattes dette i indledningen (del 1, afsnit 1.3 i ref. [1] lettere redigeret):

"Personer hvis opgaver vedrører transport af farligt gods ad vej, skal i et omfang, der svarer til deres ansvarsområder og opgaver, uddannes i de krav, der stilles til transport af sådant gods. Der skal endvidere tages højde for uddannelseskravene til sikring af farligt gods."

Der findes ligeledes en række krav til motorkøretøjerne, der benyttes til transporten, beskrevet i del 8 af ref. [1].:

"Hver transporterende enhed med farligt gods skal være forsynet med udstyr til generel og personlig beskyttelse"

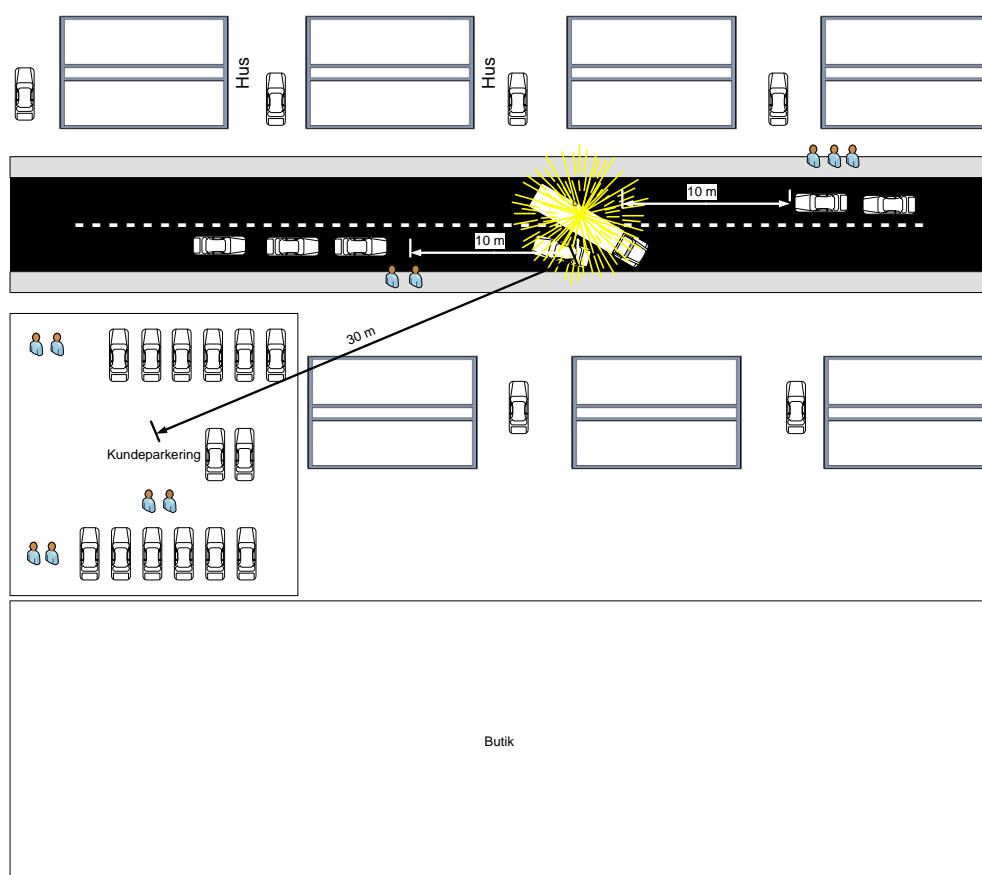
Som udgangspunkt kan en trafikulykke ske som et solouheld eller i sammenstød med et eller flere andre køretøjer. Det er dog konservativt vurderet, at der er størst sandsynlighed for, at der er et andet køretøj involveret. Således antages det i modelleringen, at der i kort afstand fra ulykken befinder sig et andet køretøj med en eller flere personer i.

Såfremt der ikke sker en antændelse af fyrværkeriet i lastbilens lastrum, karakteriseres ulykken som en "ordinær" trafikulykke. I modellen vurderes hvor ofte en ulykke, der involverer en lastbil med fyrværkeri er en ordinær trafikulykke, og hvor ofte der sker en antændelse af lasten, og ikke mindst hvor ofte dette medfører skade på personer og materiel. Det understreges, at "ordinære" trafikulykker og deres konsekvenser ikke er modelleret, da dette ligger udenfor modellens område.

I modsætning til situationen for salgsstederne, så kan ulykken her kun forekomme et sted – nemlig i lastbilen. Til konsekvensberegningerne er det altså tilstrækkeligt at definere afstandene fra lastbilen og til de steder, som antages at blive påvirket af ulykken.

A.1.1 I tættere bebygget område

Når leveringen af fyrværkeri sker til salgsstederne modelleret som teltsalg og butikssalg foregår den sidste transport i tættere bebygget område. Dette er transport i typisk byzone med byggeri, som er beboelse samt forretninger. Trafiksituationen er skitseret på Figur A-1, og Tabel A-1 definerer afstande til ulykken samt antal personer til stede.



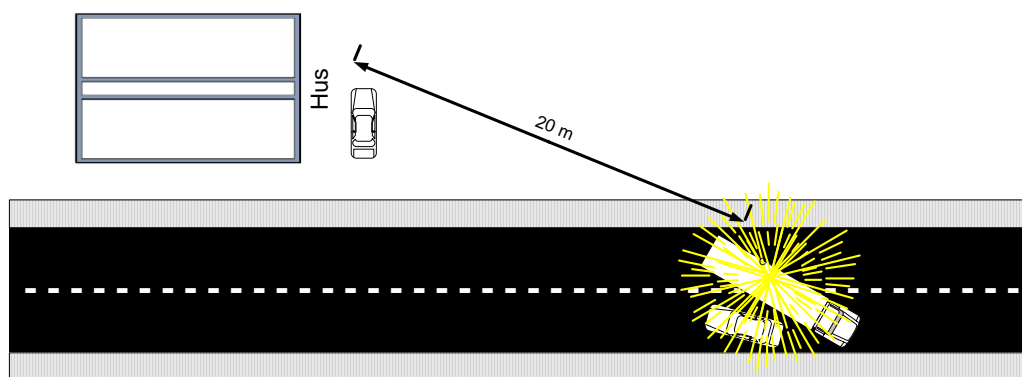
Figur A-1. Principskitse af en ulykke, der sker i tættere bebygget område.

Antal	Objekt	Afstand til ulykke	Antal personer	Materiel værdi [1.000 DKK]	Yderligere beskrivelse
1	Lastbil, der transporterer fyrværkeriet	<2,5 m	1	1.000	
1	Mindre butik	20 m	-	5.000	Det antages at personerne inde i butikken ikke udsættes for fare ved ulykken.
1	Parkeringsplads hørende til den mindre butik	20 m	6	50	Det antages, at der er 6 personer på pladsen, der er på vej til/fra butikken.
14	Parkerede biler på parkeringspladsen	20 m	-	1.400	Det antages, at der ikke er nogen personer i de parkerede biler.
5	Fodgængere på for-tov i nærheden af ulykke	10 m	5	-	
5	Biler på vejbanen	10 m	10	500	Det antages, at der i gennemsnit er 2 personer pr. bil.
1	Bil helt tæt på ulykken (eksempelvis involveret i ulykken)	<2,5 m	2	100	
7	Hus + parkeret bil	20 m	-	7.000 + 700	Det antages at de 7 huse og parkerede biler i gennemsnit er placeret i en afstand 20 m fra ulykken.

Tabel A-1. Objekter og personer placeret i nærheden af ulykke i "tættere bebygget område".

A.1.2 Udenfor tættere bebygget område

Udenfor tættere bebygget område er sandsynligheden for at der findes bygninger eller butikker i nærheden af ulykken meget lille. Figur A-2 illustrerer situationen, og modelantagelser er angivet i Tabel A-2.



Figur A-2. Principskitse af en ulykke, der sker udenfor tættere bebygget område.

Antal	Objekt	Afstand	Antal personer	Materiel værdi [1.000 DKK]	Yderligere Beskrivelse
1	Lastbil, der transporterer fyrværkeriet	<2,5 m	1	1.000	
1	Bil helt tæt på ulykken (eksempelvis involveret i ulykken)	<2,5 m	2	100	Det antages, at der i snit er 2 personer per bil.
1	Hus + parkeret bil	20 m	-	1.000 + 100	Benyttes kun ifm. materielskade.

Tabel A-2. Objekter og personer placeret i nærheden af ulykke udenfor "tættere bebygget område".

A.1.3 Ved omlæsning

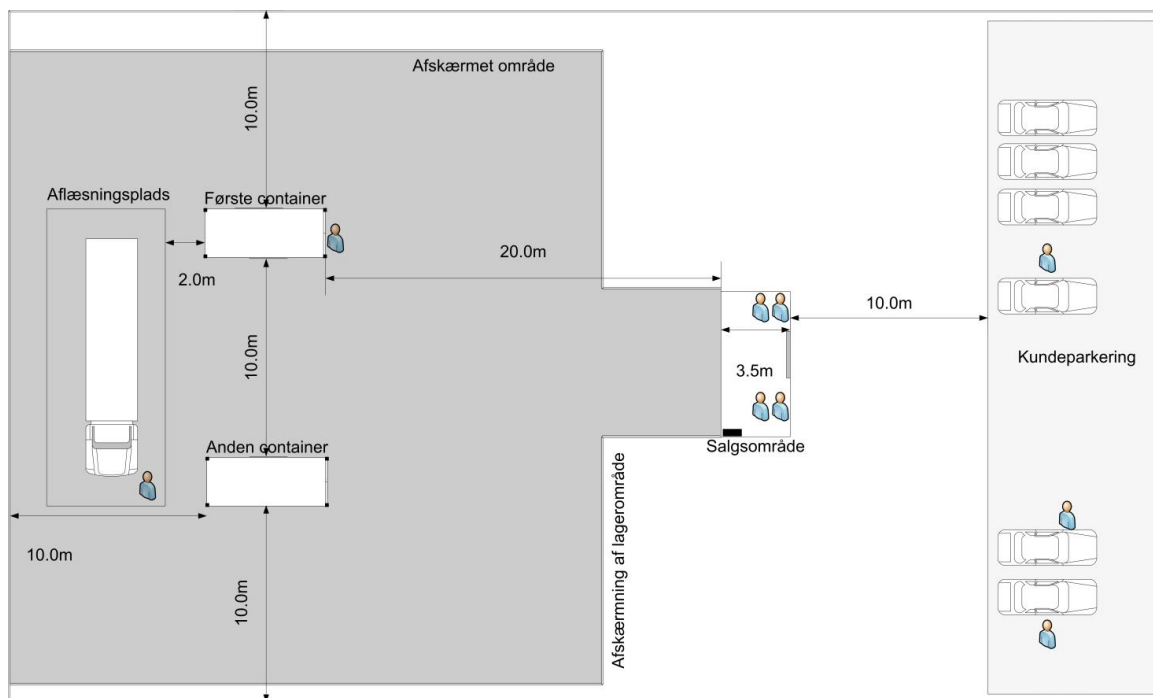
Omlæsning foregår iflg. Fyrværkeribrancheforeningen tre steder i Danmark. Disse steder er godkendt af Beredskabsstyrelsen. Det antages, at omlæsningsstedet er placeret i sikker afstand til anden bebyggelse samt i sikker afstand fra personer uden relation til fyrværkeridistributionen. Omlæsningen vedrører desuden to lastbiler. Tabel A-3 angiver antagelser vedr. materiel og personer i nærheden af en omlæsning.

Antal	Objekt	Afstand	Antal personer	Materiel værdi [1.000 DKK]	Yderligere beskrivelse
2	Lastbil	<2,5 m	2	2.000	Det antages, at 2 personer er direkte involveret i omlæsningen.
	På omlæsningspladsen	10 m	2	-	Det antages, at yderligere to personer befinder sig i nærheden af lastbilerne.

Tabel A-3. Lastbiler og personer i nærheden af en omlæsning.

A.2 Marksalg

En skitse af et marksalg er angivet i vejledningen til de tekniske forskrifter til fyrværkeribekendtgørelsen (illustration 10), ref. [6]. Skitsen illustrerer, hvordan de forskellige områder på pladsen er adskilt fra hinanden med givne sikkerhedsafstande, samt hvordan et hegn eller lignende forhindrer kunderne i adgang til lagerområdet. Udformningen af pladsen har indflydelse på risikoen ved en eventuel ulykke. Ud fra de tekniske forskrifter er der udarbejdet en principskitse til brug ved udarbejdelse af modellen. Principskitsen er vist i Figur A-3 og indeholder et salgsområde i det fri, to opbevaringscontainere (hver med op til 250 kg NEM), aflæsningsplads for lastbiler, samt kundeparkering. Marksalget er placeret udenfor tættere bebygget område, og det antages, at der ikke ligger bygninger m.m. inden for en afstand af marksalget, som vil kunne påvirkes af en eventuel ulykke.



Figur A-3. Principskitse af et marksalg.

Ud fra principskitsen af et marksalg definerer Tabel A-4 steder, hvor en ulykke kan indtræffe, samt steder, som kan påvirkes i fald en ulykke indtræffer. Det ses eksempelvis, at kundedeparkeringspladsen kan påvirkes af en ulykke, men at en ulykke i modellen ikke kan forekomme her.

Steder, hvor ulykker kan indtræffe	Steder, der kan påvirkes ved ulykke
<ul style="list-style-type: none"> - Aflæsningsplads - Første container - Anden container - Salgsområde 	<ul style="list-style-type: none"> - Aflæsningsplads - Første container - Anden container - Salgsområde - Kundedeparkeringsplads

Tabel A-4. Definition af steder ved marksalg hvor ulykker kan ske, samt af steder som påvirkes af ulykkerne.

I Tabel A-5 beskrives forskellige objekter og steder ved marksalget samt fordelingen af personer. Derudover definerer Tabel A-6 afstande mellem ulykkessteder og steder, der påvirkes af ulykkerne.

Antallet af personer på pladsen afhænger af salgsperiodens længde, den totale solgte mængde fyrværker, gennemsnitlig mængde fyrværker købt pr. kunde osv., og er derfor beregnet i modellen. Antallet af personer er derfor angivet relativt. Hvis der f.eks. i en given situation er 100 personer til stede på salgsstedet, så vil den relative fordeling af personer betyde, at 45 personer antages at opholde sig på parkeringspladsen, 50 personer ved salgsstedet, 4 personer ved lagercontainerne og 1 person ved aflæsning af lastbil.

Antal	Objekt	Antal personer	Materiel værdi [1.000 DKK]	Yderligere beskrivelse
2	Lagercontainere	4%	2 x 30	Det antages, at 4% af personerne på pladsen opholder sig i lagerområdet. Disse personer er ligeledes fordelt mellem de to lagercontainere.
1	Aflæsningsplads	1%	1.000	Det antages, at 1% af personerne på pladsen opholder sig ved en lastbil under aflæsning.
1	Salgssted	50%	30 (container)	Det antages at 50% af personerne på pladsen opholder sig ved salgsområdet.
1	Parkeringsplads	45%	50	Det antages at 45% af personerne på pladsen opholder sig på parkeringspladsen.
-	Biler på parkeringspladsen	-	Værdien afh. af antallet af personer, max. 150 biler, svarende til 15.000.	Det antages, at antallet af biler på parkeringspladsen udgør 50% af personerne, der er til stede ved marksalget. Benyttes i forbindelse med materielskade.

Tabel A-5. Beskrivelse af objekter ved marksalget.

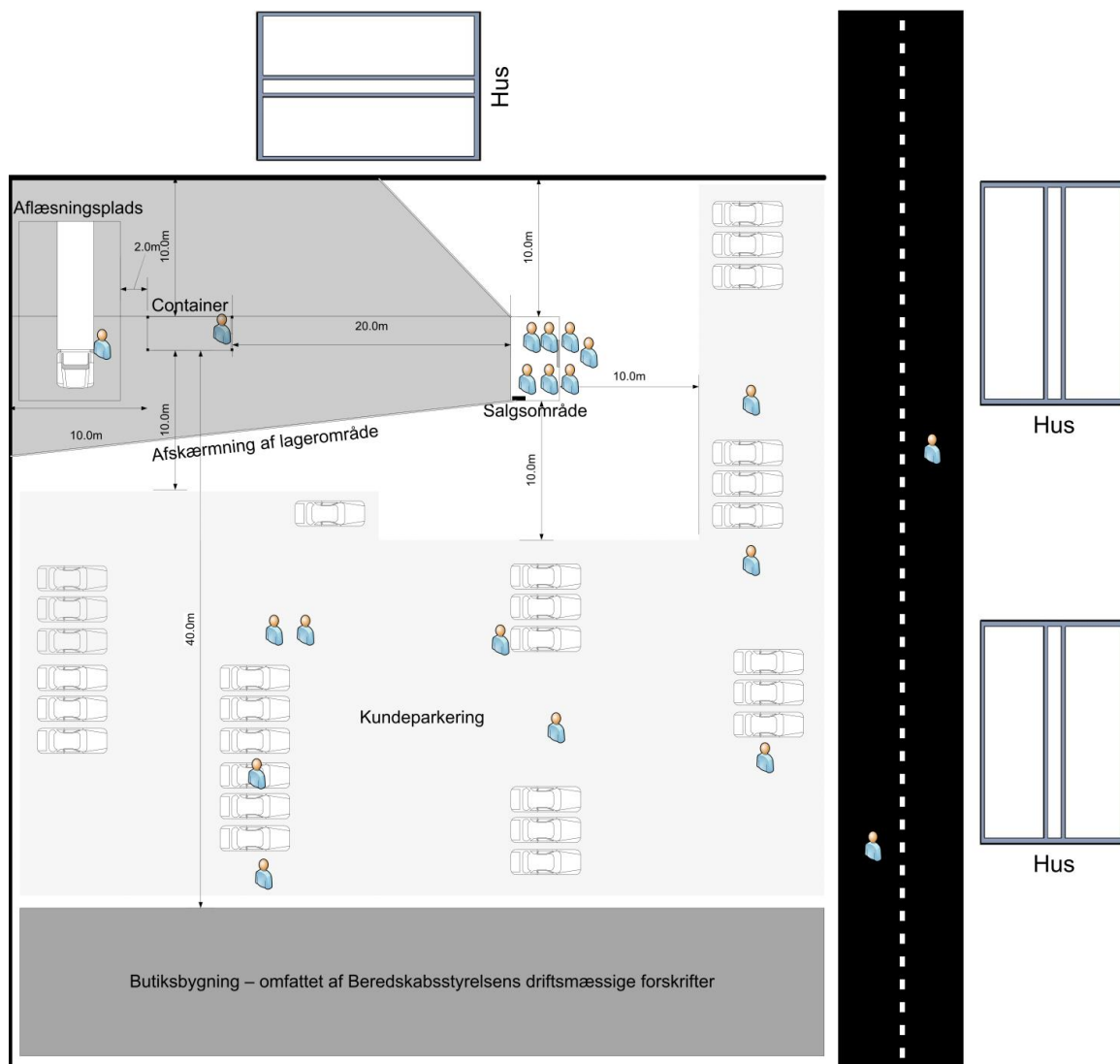
		Ulykkessted			
		Aflæsning	1. container	2. container	Salgsområde
Afstand til...	Aflæsning	<2,5 m	5 m	5 m	20 m
	1. container	5 m	<2,5 m	10 m	20 m
	2. container	5 m	10 m	<2,5 m	20 m
	Salgsområde	20 m	20 m	20 m	<2,5 m
	Parkeringsplads	50 m	20 m	20 m	10 m

Tabel A-6. Definition af afstande fra mulige ulykkessteder til steder med personer eller materiel. Afstandene er udtryk for gennemsnitsvurderinger baseret på principskitserne.

Det ses f.eks. af ovenstående tabel, at afstanden mellem aflæsningsstedet og hver af lagercontainere antages at være 5 meter. Med to lagercontainere på pladsen er der en sandsynlighed for, at en ulykke med antændelse af fyrværkeri sker i begge containere. Sandsynligheden for at dette sker – og at det sker på samme tid – er dog lille (Fyrværkeribekendtgørelsen foreskriver, at containere ikke må være åbne samtidig; ref [5]). I modellen vil ulykker på de forskellige steder blive behandlet separat således at ulykker antages at indtræffe uafhængig af hinanden.

A.3 Teltsalg

Et teltsalg er placeret i tilknytning til en eksisterende butik, f.eks. på parkeringspladsen ved et større varehus. Der er udarbejdet en principskitse over et teltsalg med et salgssted i det fri og en lagercontainer, se Figur A-4. Principskitserne er baseret på illustration 3 fra vejledningen til de tekniske forskrifter til Fyrværkeribekendtgørelsen, ref. [6]. Teltsalget antages at foregå i lidt tættere bebygget område end marksalget. Derfor vil der være en sandsynlighed for, at nærliggende huse kan blive beskadiget ved en større ulykke. Der er desuden flere personer til stede end ved marksalget, da der er kunder til varehuset, som ikke nødvendigvis er fyrværkerikunder. Andelen af personer til stede, som befinder sig på parkeringspladsen, er derfor større end for marksalg.



Figur A-4. Principskitse af et teltsalg, der foregår på parkeringspladsen foran en større butik.

Ud fra principskitsen af et teltsalg defineres følgende steder, hvor en ulykke kan indtræffe, samt steder, som kan påvirkes i fald en ulykke indtræffer.

Steder, hvor ulykker kan indtræffe

- Aflæsningsplads
- Container
- Salgsområde

Steder, der kan påvirkes ved ulykke

- Aflæsningsplads
- Container
- Salgsområde
- Kudeparkering
- Butikbygning
- Vej foran teltsalget
- Nærliggende huse

Tabel A-7. Definition af steder ved teltsalg hvor ulykker kan ske, samt af steder som påvirkes af ulykken.

I Tabel A-8 er angivet en beskrivelse af de forskellige steder og elementer. Desuden er den relative personfordeling angivet. Tabel A-9 definerer estimerede gennemsnitsafstande mellem mulige ulykkessteder og steder, der vil påvirkes af en ulykke.

Antal	Objekt	Antal personer	Materiel værdi [1000 DKK]	Yderligere beskrivelse
1	Lagercontainere	2 %	30	Det antages, at 2% af personerne på pladsen opholder sig ved lagercontaineren.
1	Aflæsningsplads	1 %	1.000	Det antages, at 1% af personerne på pladsen opholder sig ved en lastbil under aflæsning.
1	Salgssted	30 %	50	Det antages at 30% af personerne på pladsen opholder sig ved salgsområdet.
1	Parkeringsplads	67 %	50	Det antages at 65% af personerne på pladsen opholder sig på parkeringspladsen. En del af disse personer er andre kunder uden relation til fyrværkerisalg.
-	Biler på parkeringspladsen	-	Værdien afh. af antallet af personer, max. 210 biler, svarende til 21.000.	Det antages, at antallet af biler på parkeringspladsen udgør 70% af antallet af personer, der er til stede på pladsen. Hvis der f.eks. er 100 personer på pladsen, så vil der være 70 parkerede biler. Benyttes i forbindelse med materielskade.
1	Større butiksbygning omfattet af Beredskabsstyrelsens driftsmæssige forskrifter	-	10.000	Det antages, at personer inde i bygningen ikke udsættes for fare. Materielskade kan forekomme i forbindelse med skader på bygningen.
3	Nærliggende huse	-	3.000	Det antages, at personer inde i nærliggende huse ikke udsættes for fare. Materielskade kan forekomme.
-	Fodgængere på vejen	2	-	Det antages, at der i gennemsnit opholder sig 2 personer på vejen umiddelbart uden for pladsen. Antallet af personer er angivet absolut og afhænger ikke af aktiviteterne på salgsstedet.

Tabel A-8. Beskrivelse af objekter ved et teltsalg.

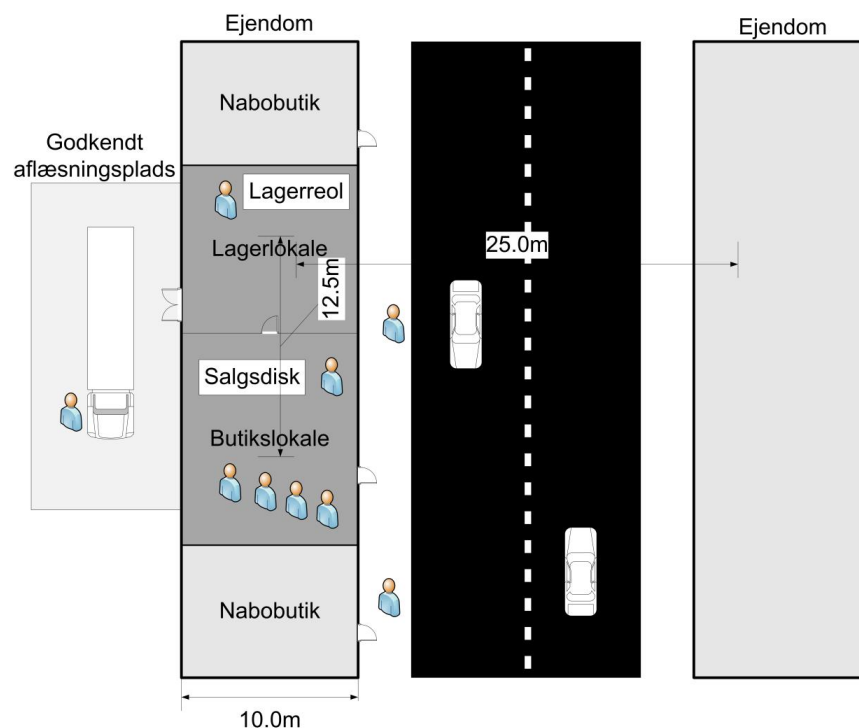
		Ulykkessted		
		Aflæsning	Container	Salgsområde
Afstand til...	Aflæsning	<2,5 m	5 m	20 m
	Container	5 m	<2,5 m	20 m
	Salgsområde	20 m	20 m	<2,5 m
	Parkering	20 m	20 m	20 m
	Butiksbygning	50 m	50 m	20 m
	Vej	50 m	50 m	20 m
	Naboejendom	50 m	50 m	20 m

Tabel A-9. Definition af afstande fra mulige ulykkessteder til steder med personer og materiel. Afstandene er udtryk for gennemsnitsvurderinger baseret på principskitzen.

Det ses, at salgsområdet estimeres til at ligge 20 meter fra alt andet. Dette er naturligvis ikke korrekt, men dækker over en gennemsnitsbetragtning, således at en del af parkeringspladsen vil befinde sig nærmere end 20 meter, mens en anden del af parkeringspladsen vil befinde sig længere væk. Afstanden til lagercontaineren er på principskitzen netop de lovpligtige 20 meter. Det antages altså for denne, at den ligger præcis 20 meter væk.

A.4 Butikssalg

Et butikssalg er karakteriseret ved at råde over en meget lille mængde fyrværkeri. Denne mængde er dog opbevaret indendørs, dels ved salgsområdet og dels i et tilstødende lagerlokale. Reglerne foreskriver, at en butik med fyrværkerisalg ikke må have fælles flugtveje med andre butikker, dvs. at salg fra storcentre m.m. generelt ikke er muligt. En principskitse af et butikssalg er udarbejdet til brug for modelberegningerne, se Figur A-5. Det antages, at butikken råder over et salgslokale og et lagerlokale, der ligger ved siden af hinanden i en større ejendom. Bag butikken er der indrettet et godkendt område til aflæsning af fyrværkeri.



Figur A-5. Principskitse af en butik med fyrværkerisalg. Butikken er beliggende i en ejendom med nabobutikker.

Ud fra principskitzen af et butikssalg defineres følgende steder, hvor en ulykke kan indtræffe, samt steder, som kan påvirkes i fald en ulykke indtræffer.

Steder, hvor ulykker kan indtræffe	Steder, der kan påvirkes ved ulykke
<ul style="list-style-type: none"> - Aflæsningsplads - Lagerlokale - Salgslokale 	<ul style="list-style-type: none"> - Aflæsningsplads - Lagerlokale - Salgslokale - Nabobutikker - Vej foran butikken - Naboejendom

Tabel A-10. Definition af steder ved butikssalg hvor ulykker kan ske, samt af steder som påvirkes af ulykken.

I Tabel A-11 er angivet en beskrivelse af de forskellige steder og elementer samt den relative personfordeling. Tabel A-1A-2 definerer gennemsnitsafstande mellem mulige ulykkessteder og steder, der vil påvirkes af en ulykke.

Antal	Objekt	Antal personer	Materiel værdi [1000 DKK]	Yderligere beskrivelse
1	Salgslokale med salgsdisk	97%	1.000	Det antages, at 97% af de personer, som på et vilkårligt tidspunkt er involveret i fyrværkerihandlen (kunder og ansatte) opholder sig i salgslokalet.
1	Lagerlokale med fyrværkerilager	2%	1.000	Det antages, at 2% af personerne involveret i fyrværkerisalg opholder sig i lagerlokalet.
1	Aflæsningsplads	1%	1.000	Det antages, at 1% af personerne involveret i fyrværkerisalg opholder sig ved aflæsningspladsen.
2	Nabobutikker	-	2·5.000	Det antages, at personer, der opholder sig i nabobutikkerne ikke formodes at være udsat for fare. Materielskade kan forekomme.
1	Vej / fortov foran butikken	2	50	Det antages, at 2 personer på et vilkårligt tidspunkt opholder sig i umiddelbar nærhed af butikkens facade.
1	Bil på vej foran butikken	-	100	Det antages, at der på et vilkårligt tidspunkt befinder sig 1 bil på vejen foran butikken. Hvis der er personer i bilen, antages det, at bilen formodes at yde tilstrækkelig beskyttelse. Bilen kan være parkeret eller køre forbi.
1	Genboejendom	-	1.000	Det antages, at personer, der opholder sig i genboejendommen ikke er udsat for fare. Materielskade kan forekomme.

Tabel A-11. Beskrivelse af objekter ved et butikssalg.

		Ulykkessted		
		Aflæsning	Lagerlokale	Salgslokale
Afstand til...	Aflæsning	<2,5 m	10 m	10 m
	Lagerlokale	10 m	<2,5 m	10 m
	Salgslokale	10 m	10 m	<2,5 m
	Nabobutik	20 m	10 m	10 m
	Vej / fortov	20 m	5 m	5 m
	Genboejendom	50 m	20 m	20 m

Tabel A-1A-2. Definition af afstande fra mulige ulykkessteder til steder med personer og materiel. Afstandene er udtryk for gennemsnitsvurderinger baseret på principskitsen.

Det ses, at de estimerede afstande ved butikssalg generelt er lavere end for teltsalg og mark-salg. Dette illustrerer, at der for de tilladte mængder fyrværkeri ikke er angivet egentlige sikkerhedsafstande, og at de estimerede afstande baserer sig på det generiske layout af butikken og omgivelserne.

B. DETALJEREDE BEREKNINGER – FREKVENSMODELLERING

Modellen er baseret på estimater af frekvenser for initiering af ulykker/hændelser, samt estimater på konsekvenserne. I dette kapitel gennemgås, hvorledes frekvenserne er estimeret. Det drejer sig om følgende hændelser:

- Fugt giver antændelse
- Stød giver antændelse
- Åben ild
- Ekstern brand

Åben ild og ekstern brand behandles som to separate hændelser. Hændelser vedr. åben ild repræsenterer ulykker, hvor en person er årsag til antændelse (f.eks. som følge af cigaretrykning), hvorimod ekstern brand modelleres som en ekstern hændelse.

I modellen er frekvensen for fugtantændelse og ekstern brand den samme uafhængig af den tilladte salgsperiode. Derimod varierer frekvensen for både antændelse som følge af åben ild og tab af fyrværkeri med den tilladte salgsperiode. Dette skyldes, at flere handler på samme tid, en større kundetæthed samt generelt højere stressniveau øger sandsynligheden for, at der opstår uheldige hændelser.

Hændelserne behandles i separate afsnit i det følgende. De estimerede kvantificerede frekvenser for alle hændelser er præsenteret samlet i afsnit B.6.

B.1 Fugt giver antændelse

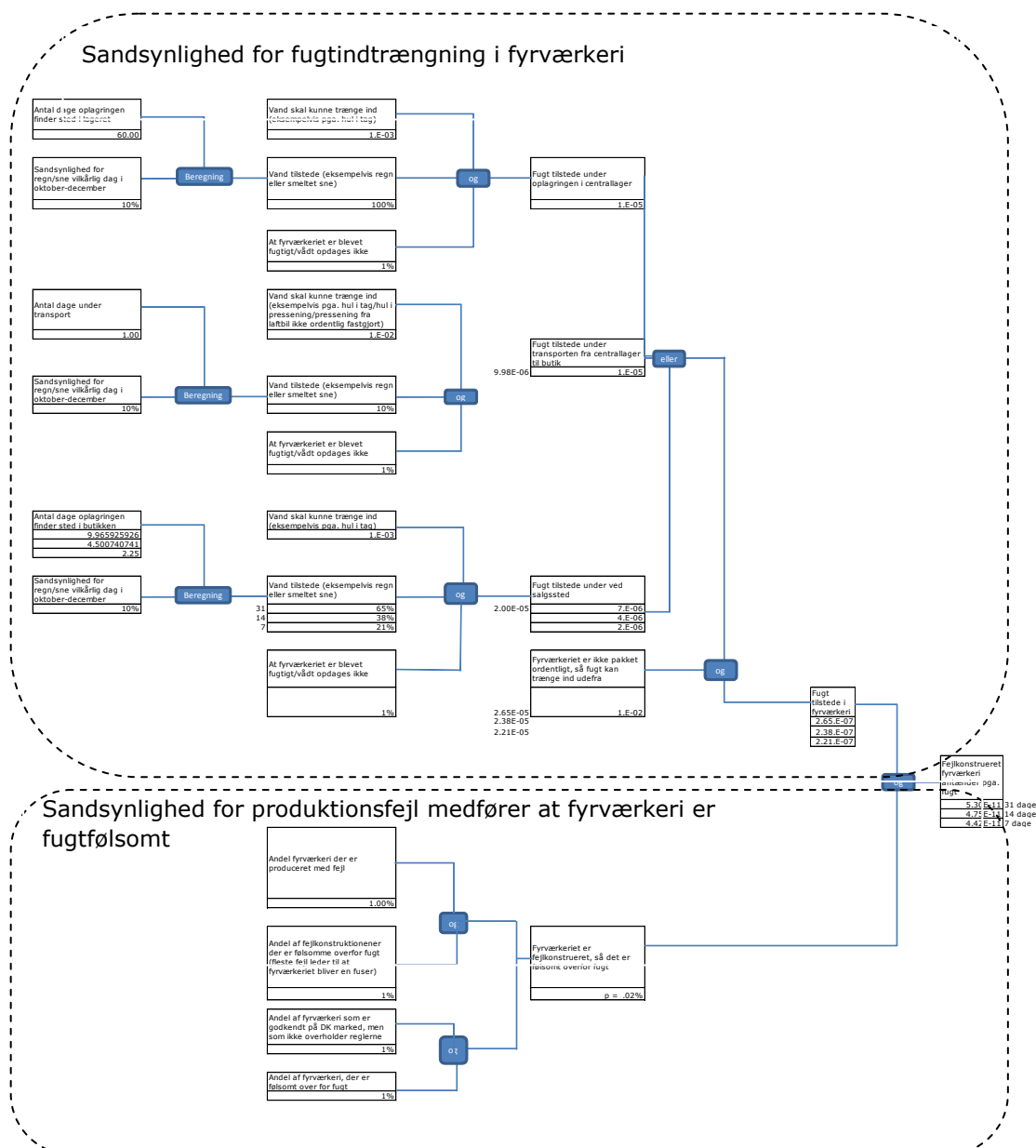
Aluminiumspulver og magnesium kan reagere med vand. Det aluminiums- og magnesiumpulver, der benyttes i konsumfyrværkeri, er stabiliseret for at undgå reaktioner med fugt. Derfor kræver det en produktionsfejl, hvis fugt skal kunne give anledning til antændelse.

I det følgende er udarbejdet en mindre model til beregning af sandsynligheden af, at fugt i fyrværkeri giver anledning til antændelse. Som udgangspunkt er det vurderet, at fugten kan komme fra opbevaringen i:

- Centrallageret
- Under transport
- Under opbevaring i butik/butikslager

I princippet kan fugt tilkomme under oplagringen og transporten til Danmark, men dette udelades fra modellen, da ulykken sandsynligvis da allerede vil være sket. Der kan forekomme mange årsager til at fyrværkeri blive fugtigt; eksempelvis hvis det regner og der er hul i taget på lageret, eller pga. kondens eller brud på rør. Kondens kan som udgangspunkt kun forekomme såfremt, der allerede findes fugt i fyrværkeriet, hvorfor denne negligeres.

Figur B-1 er illustreret et fejltræ, der beskriver sandsynligheden for, at der forekommer fugt i fugtfølsomt fyrværkeri, samt at dette fører til antændelse.



Figur B-1. Illustration af fejltræ til estimering af hvor ofte fugt giver anledning til antændelse af fyrværkeri.

En del af fejltræet modellerer sandsynligheden for at fyrværkeriet er fejlproduceret, og at det er fejlproduceret på en sådan måde, at det er følsomt overfor fugt. Endvidere modellerer fejltræet sandsynligheden for at fyrværkeri bliver vådt/fugtigt pga. indtrængning af vand udefra, eksempelvis fordi der er hul i tagkonstruktion eller vægge, og hvad sandsynligheden er for, at det fugtige krudt bliver opdaget - og fjernet fra lageret/salgsstedet, så det ikke bliver solgt. Vurderingerne i fejltræet er baseret på en enkelt fyrværkeriartikel.

Den estimerede sandsynlighed for antændelse som følge af fugt skales herefter ud på de forskellige dele af distributionsprocessen, baseret på tid og mængder. Til dette formål antages fyrværkeriet at opholde sig forskellige tidsrum i forskellige dele af processen. F.eks. antages fyrværkeriet at opholde sig en halv dag under transport, ca. en dag ved salgsdisken, osv. Tidsforbruget ved salgsstederne er estimeret på baggrund af antallet af handler og dermed den gennemsnitlige omsætningshastighed.

De estimerede frekvenser for alle hændelser er præsenteret samlet i afsnit B.6.

B.2 Fyrværkeri stødes og giver antændelse

På samme måde som, at fugtigt fyrværkeri ikke bør lede til antændelse, bør fyrværkeri der udsættes for stød ligeledes ikke kunne antændes. Virkeligheden er dog, at produktionsfejl kan forekomme og være skyld i netop dette.

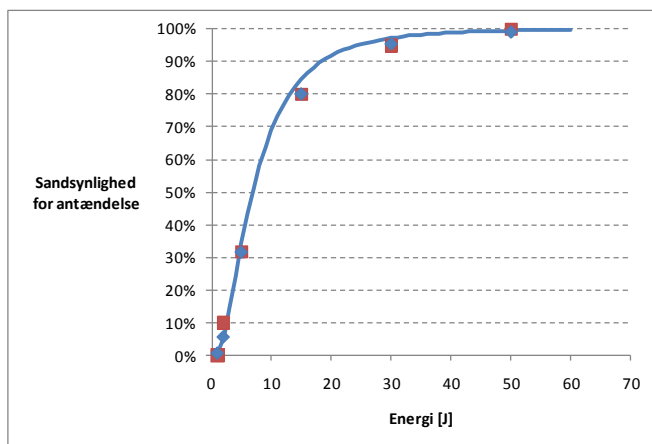
I modellen kan fyrværkeriet udsættes for stød:

- under transporten
- under omlastning
 - fra lastbil til lastbil
 - fra lastbil til lager
 - fra lager til salgsted

Under transporten vil stød eksempelvis kunne forekomme på grund af dårlig fastgøring eller under omlæsning. Omlæsning fra lastbil til lastbil og fra lastbil til lager antages at foregå med palleløfter; her vil den typiske mængde være omkring 125 kg fyrværkeri (brutto). Omlastning fra lager til salgsted er antaget at foregå manuelt (med håndkraft); her vil den typiske mængde være omkring 10 kg fyrværkeri brutto. De nævnte mængder er antaget at være uafhængigt af salgsted (mark, telt og butik).

B.2.1 Model for stødenergi medfører antændelse

For at kunne afgøre om et stykke fyrværkeri, der stødes, vil antænde, er der opstillet en model, der sammenkæder stødenergi med sandsynligheden for antændelse. I ref. [8] refereres til en række forsøg, hvor fyrværkeri er blevet udsat for stød, og data for stødenergien mv. er blevet logget. I alt blev udført 60 forsøg. Ud fra resultaterne af forsøgene er angivet en kumuleret sandsynlighedsfordeling (med bedste fit) i Figur B-2.



Figur B-2. Sammenhæng imellem stødenergi og sandsynlighed for antændelse.

Figuren viser f.eks., at hvis et stykke stødfølsomt fyrværkeri udsættes for en stødenergi på ca. 10 J er sandsynligheden for antændelse ca. 50%. De fleste stød være et resultat af et tab af en mængde fyrværkeri fra en givet højde. Således vil stødenergien (stort set) være lige den potentielle energi, der omdannes til varme. I Tabel B-1 er angivet den potentielle energi for forskellige mængder fyrværkeri og faldhøjder.

Potentiel energi [J]	Faldhøjde [m]								
Brutto masse [kg]	0.1	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
1	0.98	2.94	5.88	8.82	11.76	14.7	17.64	20.58	23.52
5	4.9	14.7	29.4	44.1	58.8	73.5	88.2	102.9	117.6
10	9.8	29.4	58.8	88.2	117.6	147	176.4	205.8	235.2
50	49	147	294	441	588	735	882	1029	1176
125	122.5	367.5	735	1102.5	1470	1837.5	2205	2572.5	2940
250	245	735	1470	2205	2940	3675	4410	5145	5880

Tabel B-1. Potentiel energi for forskellige mængder fyrværkeri og faldhøjder.

Det kan ikke forventes, at selve fyrværkeriet udsættes for hele stødenergien, da en del f.eks. vil afsættes i emballage. Antages det, at 50% af energien overføres til fyrværkeriet, og at stødener-

gien fordeles over et givet antal stykker fyrværkeri, der afhænger af bruttomængden, kan stød-energien, der optages i et stykke fyrværkeri, estimeres. Resultatet kan ses i Tabel B-2.

Brutto masse [kg]	Antal stykker fyrværkeri	Faldhøjde [m]								
		0.1	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
1	2	0.1	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
5	5	0.2	0.6	1.2	1.8	2.4	2.9	3.5	4.1	4.7
10	10	0.2	0.6	1.2	1.8	2.4	2.9	3.5	4.1	4.7
50	15	0.7	2.0	3.9	5.9	7.8	9.8	11.8	13.7	15.7
125	20	1.2	3.7	7.4	11.0	14.7	18.4	22.1	25.7	29.4
250	40	1.2	3.7	7.4	11.0	14.7	18.4	22.1	25.7	29.4

Tabel B-2. Stødenergi der absorberes i de enkelte stykker fyrværkeri.

Sammenholdes den absorberede mængde stødenergi med sammenhængen i Figur B-2 kan sandsynligheden for antændelse for en givet mængde fyrværkeri og faldhøjde angives.

Sandsynlighed Brutto masse [kg]	Faldhøjde [m]								
	0.1	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
1	0%	0%	0%	1%	1%	3%	4%	6%	8%
5	0%	0%	1%	4%	8%	13%	19%	24%	29%
10	0%	0%	1%	4%	8%	13%	19%	24%	29%
50	0%	5%	22%	39%	53%	63%	71%	77%	81%
125	2%	20%	49%	68%	79%	86%	90%	93%	95%
250	2%	20%	49%	68%	79%	86%	90%	93%	95%

Tabel B-3. Estimeret sandsynlighed for antændelse givet mængde fyrværkeri og faldhøjde.

I Tabel B-4 er vurderet sandsynlig faldhøjde for gods der vælter i lastbil, fyrværkeri der falder af palleløfter og fyrværkeri der tabes fra hånd.

Faldhøjde [m]	Indeni i lastbil	Fra palleløfter	Fra hånd
0.1	1%	10%	20%
0.3	2%	10%	20%
0.6	10%	10%	20%
0.9	20%	15%	20%
1.2	20%	15%	10%
1.5	20%	15%	10%
1.8	20%	15%	0%
2.1	5%	10%	0%
2.4	2%	0%	0%
Sum	100%	100%	100%

Tabel B-4. Vurderet sandsynlig faldhøjde for gods der vælter i lastbil, fyrværkeri der falder af palleløfter og fyrværkeri der tabes fra hånd.

Når sandsynlighederne for forskellige faldhøjder kendes og sammenholdes med de respektive sandsynligheder for antændelse, kan sandsynligheden for, at en given mængde fyrværkeri antændes, estimeres. Resultatet kan ses i Tabel B-5.

Sandsynlighed for antændelse, hvis 250 kg fyrværkeri vælter indeni lastbil:	83%
Sandsynlighed for antændelse, hvis 125 kg fyrværkeri vælter fra palleløfter:	60%
Sandsynlighed for antændelse, hvis 10 kg fyrværkeri tabes fra hånd:	7%

Tabel B-5. Sandsynlighed for antændelse af fyrværkeri der vælter i lastbil, falder af palleløfter eller tabes fra hånd.

B.2.2 Sandsynlighed for stød af fyrværkeri under transporten

For at fyrværkeriet stødes under selve transporten må det være dårligt fastspændt, således at det vælter eller på anden måde bliver udsat for stød. Sandsynligheden for, at fyrværkeriet vil være dårligt fastspændt, er baseret sandsynligheden for, at der optræder menneskelige fejl. Antallet af menneskelige fejl stiger med stressniveauet, og dette modelleres på baggrund af det antagne daglige tidsforbrug til transport. Således beregnes i modellen det totale antal kilometer, der skal køres for at distribuere al fyrværkeriet. Dette transportarbejde fordeles på alle lastbiler og placeres forholdsmæssigt i forskellige dele af den tilladte salgsperiode. For hver periode beregnes derefter et gennemsnitligt dagligt tidsforbrug pr. lastbil. Det antages herefter, at intet

stress svarer til en daglig påkrævet gennemsnitlig transporttid for én lastbil svarende til ca. 1 time, hvorimod højt stressniveau svarer til en gennemsnitlig daglig transporttid på 9 til 10 timer. Således vil sandsynligheden for dårlig fastspænding være højere, hvis det daglige tidsforbrug er højt. Grundlæggende antages sandsynligheden for, at en lastbil er dårligt læsset at være som angivet i Tabel B-6.

Sandsynlighed for dårlig læsning af lastbil	Beskrivelse	Sandsynlighed for menneskelig fejl
Uden stress	Grænse for menneskelig formåen: enkelt operatør	0,0001
Med højt stressniveau	Generel sandsynlighed for fejl ved udeladelse	0,01

Tabel B-6. Estimeret sandsynlighed for at fyrværkeriet i en lastbil er dårligt fastspændt. Beskrivelser og sandsynligheder er fra ref. [12].

Sammenholdes sandsynligheden for, at fyrværkeriet vil vælte under transporten, og at stødet vil føre til antændelse (at stødenergien er stor nok, og at fyrværkeriet er stødfølsomt), så fås sandsynligheden for antændelse af fyrværkeri pga. stød.

B.2.3 Sandsynlighed for stød af fyrværkeri under håndtering

Fyrværkeri kan også stødes under håndtering. Håndteringerne i Tabel B-7 kan i modellen føre til stød og antændelse.

Sted	Håndteret mængde
Ved omlæsning af lastbil	En pallesfuld
Ved aflæsning af lastbil ved salgssted	En pallesfuld
Ved placering af fyrværkeri på lager / i container	En pallesfuld
Ved udtagning af fyrværkeri fra lager / container	Mængde båret i hænderne
Ved placering ved salgsområde	Mængde båret i hænderne

Tabel B-7. Håndterede mængder, som kan give anledning til stød og antændelse.

Det antages, at stød af en enkelt salgspakning ved udlevering til kunden ikke kan give anledning til antændelse og større ulykke; dels på grund af lav faldhøjde, dels på grund af lille mængde fyrværkeri.

Den totale mængde fyrværkeri fordeles på salgssteder, og det antages, at 50% af den samlede mængde på et tidspunkt i distributionsprocessen skal omlæsses. Antallet af løft med hhv. pallesløfter og i hånden beregnes for hvert sted. Samtidig beregnes sandsynligheden for, at hver af disse operationer fører til en ulykke. Denne sandsynlighed er baseret på stressniveauet. Under omlæsning antages stressniveauet igen at være baseret på det gennemsnitlige tidsforbrug pr. lastbil under transporten, da den samlede transporttid påvirkes af omlæsningen. Denne bliver dermed mere stresset, hvis tiden er knap. For hvert salgssted modelleres stressniveauet tilsvarende, men baseret på antallet af personer, som på et givet tidspunkt er til stede. På denne måde vil sandsynligheden for håndteringsfejl ved aflæsning, lager og salgsområde være højere, hvis der er mange personer til stede end hvis der er få personer til stede.

B.3 Åben ild giver antændelse (hændeligt uheld / rygning)

Der må ikke være tændkilder i nærheden af fyrværkerisalget – og rygning er forbudt både på lagre og ved salgsområder. Det kan dog ikke afvises, at en kunde kommer til salgsstedet med en tændt cigaret, eller at en anden hændelse med åben ild forekommer. Det antages, at det mest sandsynlige scenarie er åben ild ved rygning og frekvensen for denne hændelse er estimeret. Et hændelsestræ for dette kan ses i Figur B-3.

Person kommer ind ved salgssted med åben ild (cigaret/lighter)		Person slukker ikke cigaret/lighter efter påbud fra personale		Antændelse af fyrværkeri		Kritisk spredning af fyrværkeri		Kritisk ulykke
p = .1%		p = .1%		p = 1.0%		p = 10.0%		1.00E-09

Figur B-3. Hændelsestræ for at åben ild leder til kritisk antændelse af fyrværkeri.

Her ses, hvordan selv forholdsvis konservativt vurderede sandsynligheder for forskellige hændelser (0,1% for at en person kommer ind med åben ild, 0,1% for at personen ikke retter sig efter personalets anvisninger, osv.) resulterer i en relativ lav sandsynlighed for en kritisk ulykke. Det antages desuden, at åben ild som følge af rygning mm. ikke forekommer ved lagre og aflæsningsområder, da personale og chauffører overholder sikkerhedsreglerne.

Denne hændelse er ikke direkte relateret til den stressede situation ved salgsstedet, men afhænger naturligvis af hvor mange personer, der er til stede ved salgsstedet. Det er klart, at sandsynligheden for, at en tilfældig person anvender åben ild er større, når der er mange personer til stede. Dette modelleres ved at beregne det gennemsnitlige antal handler pr. salgssted og skalere disse ud efter hvor mange personer, der er til stede på et vilkårligt tidspunkt. Således vil der blive foretaget relativt flere handler, når der er mange personer til stede, end når der er få personer til stede. Ved at beregne sandsynligheden for antændelse ved åben ild for hver handel fås en sammenhæng mellem sandsynligheden for antændelse og det antal personer, som på et givet tidspunkt er til stede. Dette giver samlet anledning til frekvenserne angivet i afsnit B.6, for at en kritisk ulykke med åben ild forekommer ved salgsområdet ved et butikssalg, teltsalg eller marksalg.

B.4 Ekstern brand

For ekstern brand baseres beregningerne på antallet af årlige dødsbrande i Danmark, samt estimerede sandsynligheder for, at branden vil udvikle sig til fyrværkeriet. Der gøres følgende antagelser:

- Det antages, at der ikke vil være nogen lastbil til stede i tilfælde af ekstern brand.
- Det antages, at et marksalg ligger så isoleret, at det ikke vil udsættes for ekstern brand.
- Det antages, at sandsynligheden for ekstern brand er den samme for teltsalg og butikssalg.

Baseret på antallet af dødsbrande i Danmark i 2000 (83) og antallet af boliger i Danmark (2.63 mio), kan antallet af større brande estimeres per bolig i Danmark per år. Der er mange flere brande end 83 i Danmark per år, men dødsbrande antages her at repræsentere større brande. Dette giver en årlig frekvens for dødsbrande per bolig per år på $3,2 \cdot 10^{-5}$. En andel af disse brande vil være placeret tæt nok på fyrværkerilagret/salgsstedet og samtidig ikke blive slukket inden de når fyrværkeriet. De endelige sandsynligheder for antændelse af fyrværkeri som følge af ekstern brand er angivet i afsnit B.6.

B.5 Trafikuheld fører til antændelse af fyrværkeri

Under transporten af fyrværkeri kan lastbilen, der fragter fyrværkeriet være impliceret i trafikuheld. I mange tilfælde vil trafikuheldet ikke føre til antændelse af lasten, men i få tilfælde vil lasten kunne antændes og udvikle sig til en brand og/eller eksplosion.

Der er en række antagelser, der er væsentlige i forbindelse med transportmodelleringen, som er nævnt i det følgende:

- Den bruttomængde fyrværkeri lastbiler antages at kunne laste.
- Det transportmønster, som resulterer af transportmodelleringen.
- Hvor lastbilen befinder sig når ulykken indtræffer.
- Hvor meget fyrværkeri og hvilke typer der er i lasten.

Vejdirektoratet har samlet information om trafikulykker i en lang årrække. Tabel B-8 viser en oversigt over antal trafikulykker og personskader ved samme i Danmark i perioden 1998 til 2009.

De registrerede ulykker er alle de ulykker, hvor politiet har været tilkaldt. Danmarks Statistik har ved sammenligning med opgørelser fra forsikringsselskaber estimeret at mørketallet (dvs. antallet af ikke-registrerede ulykker) ligger i nærheden af 80% for almindelige biler. Der er ikke opgivet et estimat for lastbiler, men fordi ulykker med lastbiler formodes at være større og dermed i højere grad vil give anledning til at politiet bliver tilkaldt, er det konservativt antaget, at mørketallet her er 50%. Det svarer til, at hver anden ulykke, hvor lastbiler har været involveret ikke er registreret.

År	Uheld			Personskader			
	Personskade	Materielskade	I alt	Dræbt	Alvorlig	Lettere	I alt
1998	7556	9084	16640	499	4071	5104	9674
1999	7605	9301	16906	514	4217	5176	9907
2000	7346	9745	17091	498	4260	4832	9590
2001	6861	9534	16395	431	3946	4519	8896
2002	7126	9383	16509	463	4088	4703	9254
2003	6749	9386	16135	432	3868	4544	8844
2004	6209	9450	15659	369	3561	3985	7915
2005	5412	8811	14223	331	3072	3516	6919
2006	5403	9177	14580	306	2911	3604	6821
2007	5549	9484	15033	406	3138	3519	7063
2008	5020	8757	13777	406	2831	3092	6329
2009	4174	8111	12285	303	2498	2449	5250

Tabel B-8. Oversigt over antal trafikulykker og personskader ved samme i Danmark i perioden 1998 til 2009.

Det ses, at antallet af ulykker fra 1998 til 2009 har en faldende tendens – fra omkring 16.600 i 1998 til 12.300 i 2009. Årsagen hertil skyldes sandsynligvis bedre og sikrere biler, hvor der er installeret ABS-bremser, ESP-systemer mm. I fremtiden forventes tallene at falde yderligere; i nærværende arbejde er tallene fra 2009 brugt som et konservativt estimat for antallet af ulykker.

Totalt antal ulykker i 2009 (også gældende for 2010) er således estimeret til 12.285/0,8 ~ 61.400 ulykker.

For at kunne estimere antallet af ulykker, hvor lastbiler med fyrværkeri i lasten er involveret, er det først nødvendigt at estimere antallet af trafikulykker for alle lastbiler i Danmark per år. Dette kræver at man kender trafikarbejdet for forskellige typer af motorkøretøjer.

I Tabel B-9 er vist trafikarbejdet i Danmark for biler generelt og for lastbiler specifikt i perioden 2001 til 2004. Foretages en lineær regression og ekstrapoleres fra denne opnås det estimerede antal trafikarbejde som vist i sidste søjle.

[mio. km]	2001	2002	2003	2004	2010 (Estimeret)
Motorkøretøjer i alt	43.806	44.164	44.869	46.243	50.783
Lastbiler i alt	1.611	1.551	1.507	1.496	1.250

Tabel B-9. Trafikarbejde i Danmark for biler generelt og for lastbiler specifikt i perioden 2001 til 2004.

Det samlede antal trafikuheld i Danmark med lastbiler kan estimeres ud fra andelen af trafikarbejdet som udgøres af lastbiler (af det samlede trafikarbejde) multipliceret med det samlede antal uheld (korrigeret efter mørketal). Dette giver at der sker 755 lastbiluheld i Danmark om året, eller svarende til omtrent 2 om dagen.

Baseret på antagelserne omkring de forskellige transportmønstre, er det samlede trafikarbejde for lastbiler der transporterer fyrværkeri estimeret til ca. 1.044.000 km. Således udgør fyrværkeritransporten omtrent 0,08% af den samlede varetransport med lastbiler i Danmark.

Antages det, at lastbiler med fyrværkeri er involveret i trafikuheld i samme omfang som lastbiler med alt mulig andet i lasten, vil der være omtrent 0,6 ulykker om året, der involverer lastbiler med fyrværkeri. Antages det konservativt, at ca. hver 10 af disse ulykker er store nok til at med-

føre antændelse af fyrværkeriet, fås en samlet frekvens for store trafikulykker med fyrværkeri-transporter per år på 0,063, svarende til 1 ulykke hvert 17. år.

Det er sandsynligt, at antallet af trafikulykker hænger sammen med hvor stresset transportsituationen er. Således kan det forventes, at der sker flere trafikuheld, når den samme transportmængde skal udføres på kortere tid.

Der foreligger dog ikke data på dette. Derimod er der en tendens til at uopmærksomhed, alkoholindtag og andre faktorer spiller ind på sandsynligheden for trafikuheld. F.eks. viser data Vejdirektoratets VISdatabase, ref. [15], at alkohol var involveret i ca. 40% af alle uheld med lastbiler i perioden 2000 – 2008. Alkoholindtag er her defineret som en promille højere end nul, selv om kørsel med promille mellem 0 og 0,5 anses for at være lovligt. Antages det, at 50% af disse ulykker kunne være undgået, hvis ikke der havde været alkoholindtag, så giver alkohol en stigning i sandsynligheden for uheld på ca. 25%. Under antagelse af, at et højt stressniveau vil have samme effekt som alkoholindtag fås, i sammenhæng med det daglige estimerede tidsforbrug pr. lastbil, en sandsynlighed for voldsomt trafikuheld for hver tilladt længde af salgsperioden.

Disse sandsynligheder deles derudover ud på, hvor ofte lastbilerne iflg. det beregnede transportmønster befinder sig indenfor hhv. udenfor tættere bebygget område.

B.6 Samlet oversigt over de estimerede frekvenser

I Tabel B-10 og Tabel B-11 er præsenteret alle returperioder for de forskellige hændelser baseret på den gældende 31 dages salgsperiode. Dvs. det antal år, der forventes mellem ulykker. Det understreges, at alle frekvenserne er estimater, og belagt med usikkerhed fordi der ikke er data til rådighed og generelt ikke findes særlig stor viden om hvor ofte eksempelvis stød og fugt har givet anledning til uforsætlig antændelse af fyrværkeri.

Hasard	Sted	Returperioder, antal år mellem store ulykker [år]		
		Butik	Telt	Mark
Fugt	Ved aflæsning	30.725.978	20.483.985	20.483.985
	Ved lager / container	276.977	83.093	41.547
	Ved salgsområde	553.954	415.465	415.465
Åben ild	Ved salgs-område	1.443	962	962
Stød	Ved aflæsning	248.956	13.575	22.125
	Ved lager / container	103.991	5.670	9.242
	Ved salgsområde	178.590	9.738	15.872
Ekstern brand	Ved lager / container	1.715	5.144	-
	Ved salgsområde	1.715	5.144	

Tabel B-10. Samlet oversigt over alle estimerede returperioder for salgsstederne for, at givne hasarder leder til ulykker.

Det ses, at den estimerede tidsperiode mellem antændelse som følge af fugt eller stød er meget høj. Det betyder, at sandsynligheden for at en sådan hændelse indtræffer på et givent tidspunkt er meget lav. Specielt ses, at sandsynligheden for en selvantændelse som følge af fugt er meget lav ved aflæsningsområderne. Dette skyldes, at fyrværkeriet kun opholder sig meget kort tid ved aflæsningsområdet i forhold til på lager eller ved salgsområdet.

Hasard	Udenfor tættere bebygget område	I tættere bebygget område	Under omlæsning
Fugt	371.100	2.327.191	640.125
Stød	1.075.541	6.744.778	149.622
Trafikuheld	17	228	-

Tabel B-11. Samlet oversigt over estimerede returperioder under transport for at givne hasarder leder til ulykker.

Ligeledes ses, at sandsynligheden for fugt- og stødrelaterede antændelser under transporten vurderes at være meget lav. Derimod er sandsynligheden for trafikuheld, som fører til antændelse af fyrværkeriet markant. F.eks. forventes det, at der hvert 17. år sker et trafikuheld udenfor

tættere bebygget område, som medfører en eller anden antændelse af fyrværkeriet i lasten. Det skal bemærkes, at konsekvenserne ved ulykke afhænger af den fyrværkerimængde, som er i lasten. Den forholdsvis korte returperiode på 17 år indikerer altså ikke, at der kan forventes en ulykke med en fuld lastvogn hver 17. år.

Frekvenserne baserer sig på en række input. Hvis disse ændres, så vil frekvenserne ligeledes ændre sig. Det drejer sig bl.a. om følgende:

- Længden på salgsperioden.
- Den samlede mængde fyrværkeri der distribueres og sælges i Danmark på et år.
- Hvor meget en lastbil tænkes at kunne laste (brutto).
- Antal af salgssteder af hver type.
- Fordeling af fyrværkerimængder på de forskellige salgssteder.
- Fordeling imellem forskellige transportmønstre.

De angivne parametre varierer desuden med den tilladte længde af salgsperioden, således at stress, flere personer til stede, osv. influerer på frekvenserne.

C. DETALJEREDE BEREKNINGER - KONSEKVENSMODELLERING

En væsentlig del af modellen er at estimere konsekvenserne af en ulykke. En ulykke kan i nærværende model være:

- en brand eller
- en eksplosion.

Disse kan lede til skade på mennesker og materiel. For hver type ulykke estimeres derfor sandsynligheden for at en person i en given afstand fra ulykken vil dø af den givne påvirkning, samt den materielskade, der kan forventes. I det følgende benyttes skadesgraden som et udtryk for hvor meget værdien af en genstand sænkes under påvirkningen. Giver en brand eksempelvis anledning til en skadesgrad på 60% i en given afstand fra en bil, som har en værdi på 100.000 kr, vil den estimerede materielskade være 60.000 kr. Det understreges, at der i modellen ikke tages højde for, at samme påvirkning vil kunne medføre forskellig skadesgrad på forskellige objekter.

Alle konsekvenserne beregnes for en række af fyrværkerimængder (i kg NEM) samt i en række forskellige afstande fra ulykkesstedet. Fyrværkerimængder og afstande er identiske med de værdier, der er brugt som grundlag for modellen.

C.1 Fyrværkerimængder

Grundlaget for konsekvensberegningerne er eksplosivmængden målt i kg NEM. NEM-mængden benyttes ved beregning af sikkerhedsafstande ud fra reglerne i fyrværkeribekendtgørelsen, ref. [5]. Det er dog væsentligt at bemærke, at konstruktion, pakning, sammensætning af fyrværkeri, m.m. har indflydelse på konsekvenserne. Således forventes, at artikler klassificeret som 1.3G er farligere end artikler klassificeret som 1.4G eller 1.4S. Dette ses f.eks. i fyrværkeribekendtgørelsen, ved at sikkerhedsafstande for større oplag af 1.4-artikler skaleres med en faktor 0,25 i forhold til sikkerhedsafstandene for oplag af 1.3-artikler, se ref. [5] §3.6. Tilsvarende beregnes sikkerhedsafstande for blandede oplag af 1.3- og 1.4-artikler efter svenske regler ved at skalere mængderne og derefter benytte formlerne for 1.3G, ref. [11]. Baseret på dette opereres i modellen med to forskellige fyrværkerimængder:

- NEM
- pseudoNEM

Førstnævnte angiver den reelle mængde NEM for fyrværkeriet, mens den anden direkte afledes af den første. Princippet, hvorefter denne konvertering foregår, følger principperne fra de svenske regler, ref. [11], således at 1 kg NEM af typen 1.3G konverteres lige over til 1 kg pseudoNEM, mens 1 kg NEM hidrørende fra 1.4G konverteres til 0,25 kg pseudoNEM, samt eventuelle mængder af 1.4S konverteres fra 1 kg NEM til 0,1 kg pseudoNEM.

I modellens første dele, benyttes udelukkende de reelle mængder af NEM; dvs. under transport, oplagring og salg. Dette skyldes, at oplagsregler er baseret på den reelle klassificerede NEM-mængde. Derimod estimeres konsekvenserne på baggrund af mængden angivet i pseudoNEM. Konverteringen har til formål at modellere forskellen i ulykker, der involverer blandinger af forskellige typer af fyrværkeri. Således modelleres eksempelvis konsekvenserne af en blanding af 50 kg NEM 1.3G og 50 kg 1.4G som en ulykke hidrørende fra $50 + 50/4 = 62,5$ kg NEM i 1.3G-artikler. Alle konsekvenser er derfor estimeret i forhold til, at den involverede mængde fyrværkeri er af typen 1.3G.

C.2 Brand

I mange tilfælde vil en konsekvens være en brand, der udvikles relativt langsomt. Erfaring fra tidligere ulykker viser, at det er muligt at bringe sig selv i sikkerhed (evakuering) ved en ulykke; selv ansatte i containere eller værksteder har formået at slippe væk i et inferno af brændende/eksploderende fyrværkeri.

Selv ved den store ulykke i Seest omkom ingen beboere i området - en brandmand døde under brandbekæmpelsen. I de nye regler for brandbekæmpelse er der taget bedre højde for indsats-

personalets sikkerhed end i de gamle regler, hvorfor brandmanden givetvis ved overholdelse af de nye regler ville have overlevet.

Netop fordi en fyrværkeribrand ofte vil udvikle sig relativt langsomt, og fordi brændende fyrværkeri giver masser af lyd og lys fra sig, vil folk blive advaret og derfor kunne slippe væk. Således er det generelt modelleret, at ingen personer vil dø som følge af varmepåvirkningen ved en fyrværkeribrand. Der er dog risiko for dannelse af en voldsom ildkugle i forbindelse med antændelse af fyrværkeriartikler samtidig med, at fyrværkerifragmenter vil kunne ramme personer i nærheden af fyrværkeribranden. Omvendt har brand vist sig historisk set at kunne have enormt store økonomiske konsekvenser i form af ødelagte bygninger og materielskade. Ved ulykken i Seest blev et fabriksområde med 12 virksomheder totalt ødelagt ved eksplosionsbranden, jfr. ref. [9]. Ligeledes opstod skader på 355 huse. Af dem var 176 ødelagt i en grad, så borgerne ikke umiddelbart kunne flytte tilbage. Herudover kostede alene sluknings- og redningsindsatsen 50 mio. DKK. Således vurderes Seest ulykken at have haft en omkostning på mere end 1 mia. DKK.

C.2.1 Konsekvenser ved brand

I forhold til brand er der forskellige årsager til, at branden kan give skader på mennesker og bygninger:

- Varmestråling
- Ildkugle
- Fragmenter af fyrværkeri

Påvirkningen fra de tre forskellige dele angives i det følgende baseret på mængden af fyrværkeri (målt i kg NEM) og afstanden til ulykken. For hhv. varmemestråling og ildkugle er de benyttede formler baseret på NATOs forskrifter vedr. opbevaring af ammunition og eksplosiver, ref. [10].

C.2.2 Varmestråling

Varmestråling fra en brand kan potentielt set skade både materiel og personer i nærheden. Størrelsen af varmemestrålingen samt eksponeringstiden er væsentlige i forbindelse med vurdering af konsekvenserne. Jfr. ovenstående antages det dog, at flugt er mulig, således at personskade ikke forekommer udelukkende som følge af varmemestrålingen. Det antages konservativt, at materiel ikke kan flyttes, således at der vil opnås materielskade ved længere tids varmepåvirkning fra en fyrværkeribrand.

Varmestrålingen fra en brændende mængde fyrværkeri beregnes efter formel "eq [5-80]" i ref. [10]. Dette giver anledning til værdierne i Tabel C-1.

Varmestråling angivet i kW/m² fra brændende fyrværkeri					
NEM mængde [kg]	Afstand til brand [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	12.7	3.2	0.8	0.2	0.0
25	22.4	5.6	1.4	0.4	0.1
50	39.6	9.9	2.5	0.6	0.1
250	148.1	37.0	9.3	2.3	0.4
500	261.4	65.3	16.3	4.1	0.7
1000	461.4	115.4	28.8	7.2	1.2

Tabel C-1. Varmestråling angivet i kW/m² fra brændende fyrværkeri.

Der findes flere beskrivelser af hvad længere tids varmemestråling kan have af effekter. En række beskrivelser er samlet i Tabel C-2, hvor graden af materielskade ligeledes er vurderet. En eksponentialfunktion er estimeret ud fra disse antagelser, således at der opnås en sammenhæng mellem varmemestrålingen og skadesgraden.

Varmestråling (kW/m ²)	Beskrivelse	Vurderet grad af materielsskade
37.5	Skade på procesudstyr	90%
25	Minimum energi til at antænde træ ved uendelig kort eksponeringstid	40%
15	Spontan antændelse af materialer, f.eks. træ	10%
12.5	Mindste energi tilstrækkelig til antændelse af træ og smeltning af plastik.	5%
9.5	Tilstrækkelig til at skabe smerte på 8 sekunder og 2. grads forbrændinger på 20 sekunder.	2%
5	Ødelæggelse af vinduespaneler, fornemmelse af smerte pga. af strålingsvarme	1%

Tabel C-2. Konsekvenser ved længere tids udsættelse for varmemstråling samt vurdering af grad af materielsskade. Input stammer fra hhv. ref. [10] og ref. [13].

Ud fra disse beregninger angiver Tabel C-3 den materielle skadesgrad på baggrund af varmemstrålingen i forskellige afstande fra en given størrelse fyrværkeribrand.

Materiel skadesgrad i forskellige afstande til fyrværkeribrand (uden bekæmpelse)					
NEM mængde [kg]	Afstand til fyrværkeribrand [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	20.3%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%
25	78.9%	2.9%	0.1%	0.0%	0.0%
50	100.0%	11.2%	0.4%	0.0%	0.0%
250	100.0%	100.0%	9.5%	0.3%	0.0%
500	100.0%	100.0%	37.0%	1.3%	0.0%
1000	100.0%	100.0%	100.0%	5.2%	0.1%

Tabel C-3. Materiel skadesgrad i forskellige afstande til fyrværkeribrande omfattende forskellige mængder fyrværkeri – uden brandbekæmpelse.

Af Tabel C-3 kan aflæses, at ting/materialer der findes indenfor en afstand af 5 meter fra en fyrværkeribrand med 500 kg NEM ødelægges fuldstændigt, mens ting/materialer der er placeret mere end 10 m væk fra en brand hidrørende fra 12.5 kg NEM ikke bliver skadet som følge af varmemstråling.

Ved bekæmpelse af branden vil den materielle skade kunne reduceres. Det er en ofte anvendt tommelfingerregel, at brandbekæmpelse vil reducere brandstørrelsen og dermed varmemstrålingen med en faktor 5. Baseret på dette vil skadesgraden i tilfælde af brandbekæmpelse være som angivet i Tabel C-4.

Materiel skadesgrad i forskellige afstande til fyrværkeribrand (med bekæmpelse)					
NEM mængde [kg]	Afstand til fyrværkeribrand [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25	1.7%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
50	6.5%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
250	100.0%	5.6%	0.2%	0.0%	0.0%
500	100.0%	21.7%	0.8%	0.0%	0.0%
1000	100.0%	84.6%	3.1%	0.1%	0.0%

Tabel C-4. Materiel skadesgrad i forskellige afstande til fyrværkeribrande omfattende forskellige mængder fyrværkeri i tilfælde af, at branden bekæmpes.

Det er tydeligt, at de forventede materielle skader er estimeret til at være mindre, hvis branden bekæmpes.

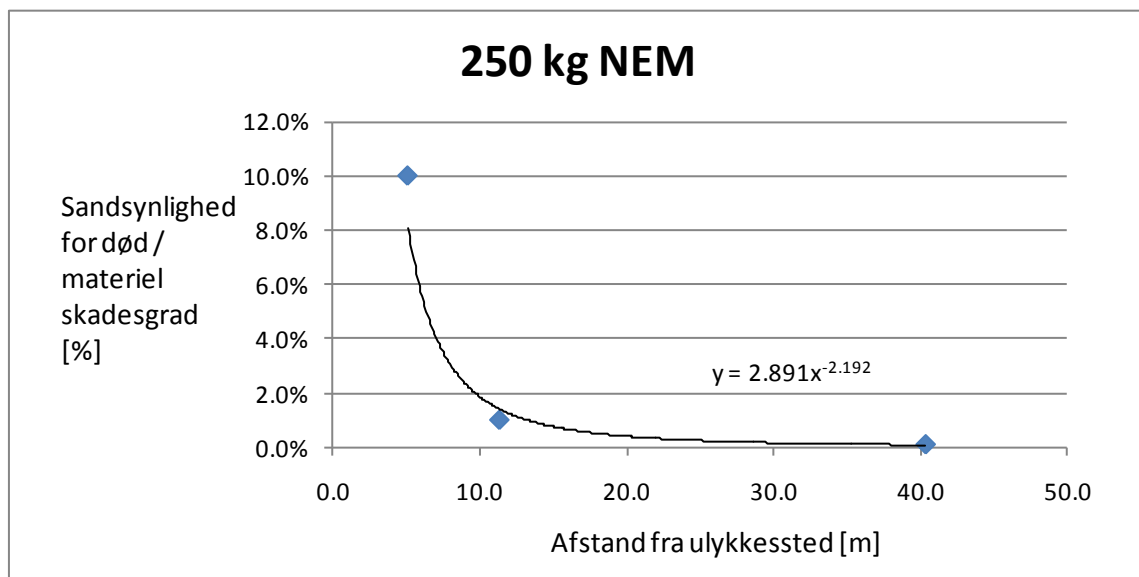
C.2.3 Ildkugle-effekt

Ved afbrænding af eksplosiver i fareklasse 1.3G kan der udvikles en voldsom ildkugle. Vurderinger i forhold til størrelse, varighed og dermed antal udsatte personer samt materielskade er meget vanskeligt af flere årsager bl.a. da vindforhold og andre lokale forhold spiller væsentligt ind. I ref. [10] angives formler til beregning af ildkuglens størrelse, varighed mm. Desuden findes i CHAF-forsøgene eksempler på, at fyrværkerimængder på mellem 3.800 kg NEM og 5.800 kg NEM kunne danne ildkugler på op til 100 meter i radius. I Tabel C-5 er vist forskellige beregnede afstande; hhv. et estimat på den maksimale størrelse af ildkuglen, radius til en fastsat energiflux på 167 kW/m², samt den beregnede ydre sikkerhedsafstand. Udsættelse for en energiflux på 167 kW/m² i ca. 5 sekunder svarer ca. til 3.-gradsforbrændinger. Den ydre sikkerhedsafstand er medtaget, da denne svarer nogenlunde til de ildkugler, der blev observeret under CHAF-forsøgene for de større fyrværkerimængder. Det kan ikke afvises, at ildkuglen i sig selv kan have en dødelig effekt. For de beregnede afstande estimeres derfor sandsynligheden for dødsfald, hhv. graden af materiel skade som angivet nederst i tabellen. Det antages, at sandsynligheden for død og den materielle skadesgrad er identisk.

NEM mængde [kg]	Maksimal radius af ildkugle i det fri ref. [10] formel 5-75 [m]	Radius til energiflux på 167 kW/m², ref. [10] formel 5-79 [m]	Sikkerhedsafstand iflg. formel i bekendtgørelsen, ref. [5], $(6.4Q^{1/3})$ [m]
12.5	1.4	3.0	14.9
25	1.9	4.1	18.7
50	2.5	5.6	23.6
250	5.1	11.4	40.3
500	6.9	15.4	50.8
1000	9.4	20.9	64.0
Vurderet sandsynlighed for død	10%	1%	0.1%
Vurderet materiel skadesgrad	10%	1%	0.1%

Tabel C-5. Forskellige beregninger af størrelsen af ildkuglen, den tilhørende sikkerhedsafstand og vurderede sandsynligheder for død hhv. materielskade.

For hver fyrværkerimængde bestemmes en eksponentialfunktion, som beskriver forholdet mellem afstanden og skadesgraden. Et eksempel på dette er for 250kg NEM - denne eksponentialfunktion ses i Figur C-1.



Figur C-1. Sandsynlighed for død og materiel skadesgrad som funktion af afstanden til en ildkugle skabt af 250 kg NEM.

Baseret på kurver for alle fyrværkerimængder opnås i Tabel C-6 sandsynlighed for død for kombinationer af fyrværkerimængder og afstande til ulykken.

Sandsynligheden for død som følge af en ildkugle					
	Afstand til ulykke [m]				
NEM mængde [kg]	2.5	5	10	20	50
12.5	2%	1%	0%	0%	0%
25	4%	1%	0%	0%	0%
50	8%	2%	0%	0%	0%
250	39%	8%	2%	0%	0%
500	86%	18%	4%	1%	0%
1000	100%	39%	7%	1%	0%

Tabel C-6. Sandsynligheden for død som følge af en ildkugle.

Således ses det, at hvis en ildkugle bliver dannet af 1000 kg NEM fyrværkeri, så vil sandsynligheden for død være 100% i en afstand af 2.5m. Derimod falder sandsynligheden for død betragteligt med afstanden. Samtidig vil sandsynligheden for død ved små fyrværkerimængder være meget lille. I Tabel C-7 ses den tilsvarende materielle skadesgrad som følge af en ildkugle.

Materiel skadesgrad som følge af ildkugle					
	Afstand til ulykke [m]				
NEM mængde [kg]	2.5	5	10	20	50
12.5	2%	1%	0%	0%	0%
25	4%	1%	0%	0%	0%
50	8%	2%	0%	0%	0%
250	39%	8%	2%	0%	0%
500	86%	18%	4%	1%	0%
1000	100%	39%	7%	1%	0%

Tabel C-7. Materiel skadesgrad som følge af ildkugle.

Det bemærkes, at skadesgraderne er identiske med sandsynligheden for død i Tabel C-6 hvilket skyldes, at vurderingen af sandsynlighed for død, hhv. materiel skadesgrad i Tabel C-5 er identiske.

C.2.4 Fragmenter af fyrværkeri

Selvom en fyrværkeriulykke udelukkende resulterer i en brand, så vil der være en lille sandsynlighed for at personer i nærheden vil blive ramt af vildfarende fyrværkerifragmenter. Geometriske overvejelser ligger til grund for estimerterne i dette afsnit.

Der er gjort følgende antagelser:

- Det antages, at der vil dannes 5 fyrværkerifragmenter pr. kg NEM.
- Det antages, at 95% af de potentielle fyrværkerifragmenter brænder op i branden og derfor ikke slynges ud.
- Det antages, at sandsynligheden for at overleve efter at blive ramt af et fyrværkerifragment er 95%.
- Det antages, at en person er 0.5 m bred.

I tabellen herunder angives sandsynligheden for at blive ramt af ét fyrværkerifragment, hvis man befinder sig i en given afstand fra ulykkesstedet. Denne sandsynlighed er beregnet ud fra geometriske betragtninger over hvor meget en person fylder i forhold til omkredsen af cirklen i den givne afstand fra ulykken.

Sandsynlighed for at blive ramt af ét fyrværkerifragment	Afstand fra ulykken [m]				
	2.5	5	10	20	50
	0,032	0,016	0,008	0,004	0,0015

Tabel C-8. Sandsynlighed for at blive ramt af ét fyrværkerifragment i en given afstand fra ulykken.

Baseret på ovenstående antagelser er sandsynligheden for død beregnet for forskellige kombinationer af fyrværkerimængder og afstande til ulykken. Disse sandsynligheder er angivet i Tabel C-9. Det ses, at den beregnede sandsynlighed for død som følge af at blive ramt af fyrværkerifragmenter generelt er meget lav.

Sandsynlighed for død som følge af fyrværkerifragmenter					
NEM mængde [kg]	Afstand til ulykke [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
250	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
500	1.7%	0.5%	0.1%	0.0%	0.0%
1000	6.1%	1.7%	0.5%	0.1%	0.0%

Tabel C-9. Sandsynlighed for død som følge af fyrværkerifragmenter i forbindelse med brand.

I forhold til materielskade udføres helt tilsvarende beregninger. Følgende antagelser gøres i denne forbindelse:

- Det antages, at et objekt er 4 m bredt.
- Det antages, at et fyrværkerifragment giver 5% materielskade.

Baseret på disse antagelser opnås de materielle skadesgrader angivet i Tabel C-10.

Materielskade hidrørende fra vildfarne fyrværkeriartikler					
NEM mængde [kg]	Afstand til ulykke [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
50	1.0%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%
250	18.7%	6.0%	1.7%	0.4%	0.1%
500	47.4%	18.9%	6.1%	1.7%	0.3%
1000	82.8%	47.3%	19.0%	6.1%	1.1%

Tabel C-10. Graden af materiel skade i forskellige afstande fra en fyrværkeribrand hidrørende fra vildfarne fyrværkeriartikler.

C.2.5 Personskade som følge af brand

Den samlede sandsynlighed for død i forbindelse med en brand er baseret på følgende antagelser:

- Det antages, at sandsynligheden for udvikling af ildkugle er 1%.
- Det antages, at flugt inden udsættelse for fyrværkerifragmenter er mulig i 99% af tilfældene.

Disse antagelser giver anledning til de samlede sandsynligheder for død i forbindelse med en fyrværkeribrand, som angivet i Tabel C-11.

Samlede sandsynligheder for død som følge af fyrværkeribrand					
NEM mængde [kg]	Afstand til ulykke [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
25	0.04%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
50	0.08%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%
250	0.39%	0.09%	0.02%	0.00%	0.00%
500	0.87%	0.18%	0.04%	0.01%	0.00%
1000	1.06%	0.40%	0.08%	0.02%	0.00%

Tabel C-11. Samlede sandsynligheder for død som følge af fyrværkeribrand.

Det ses, at den samlede sandsynlighed for død i forbindelse med en fyrværkeribrand generelt er meget lav.

C.2.6 Materielskade som følge af brand

Den samlede materielle skadesgrad i forbindelse med brand er baseret på følgende antagelser:

- Det antages, at sandsynligheden for udvikling af ildkugle er 1%.
- Det antages, at brandbekæmpelse er mulig i 90% af tilfældene.

Disse antagelser giver anledning til den samlede forventede skadesgrad som følge af en fyrværkeribrand, som angivet i Tabel C-12. Det ses, i lighed med erfaringen, at den materielle skade forventes at være væsentlig større for en fyrværkeribrand, end den tilsvarende sandsynlighed for død.

Samlet materiel skadesgrad som følge af fyrværkeribrand					
NEM mængde [kg]	Afstand til ulykken [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	2.17%	0.09%	0.01%	0.00%	0.00%
25	8.43%	0.37%	0.03%	0.00%	0.00%
50	12.06%	1.43%	0.11%	0.02%	0.00%
250	48.44%	16.34%	2.68%	0.49%	0.08%
500	100.00%	30.19%	9.71%	1.87%	0.30%
1000	100.00%	60.36%	27.54%	6.61%	1.14%

Tabel C-12. Samlet materiel skadesgrad som følge af fyrværkeribrand.

Det bemærkes, at den estimerede materielle skadesgrad generelt er meget højere, end sandsynligheden for død. Dette skyldes, at primært, at objekter antages ikke at flytte sig, hvorved de udsættes for langt mere varmepåvirkning end personer, som når at flygte.

C.3 Eksplosion

Eksploder klassificeret som 1.3G, 1.4G og 1.4S forventes som udgangspunkt ikke at kunne masseeksplodere; se ref. [1]. Det har dog vist sig, at fyrværkeri klassificeret som 1.3G kan forårsage masseekspllosion, hvis det er fordæmnet (dvs. lukket inde i eksempelvis en container med mulighed for at skabe et overtryk); se ref. [7]. Da fordæmning kræver lukkede containere kan eksplosion af 1.3G-artikler (i princippet) kun forekomme ganske få steder:

- Under transport i lukket lastbil
- Under opbevaring i container ved lager

Endvidere nævnes det i ref. [2], at fejlklassifikation historisk set har haft stor indflydelse på ulykkerne, der er sket. Eksempelvis ved ulykken ved Seest, hvor det viste sig at eksplosionerne der udvikledes lignede eksplosioner stammende fra fyrværkeri klassificeret som 1.1G. Da 1.1G fyrværkeri ikke er lovligt i Danmark kan dette kun forekomme, såfremt fyrværkeriet er fejlklassificeret. I princippet vil 1.1G-artikler kunne eksplodere overalt – uanset fordæmning.

Det understreges, at alt fyrværkeri, der importeres, distribueres og sælges er underlagt kontrol og godkendelse, hvorfor fyrværkeri klassificeret som 1.1G ikke burde forekomme. I virkeligheden vil fejlklassifikation dog forekomme i et vist omfang. Det kan altså ikke afvises, at fyrværkeri tilfaldt i detaileddet vil kunne udvikle reaktioner svarende til masseekspllosion.

C.3.1 Konsekvenser ved eksplosion

Der kan være en risiko for både personskade og materiel skade som følge af en eksplosion. Årsagen til, at eksplosioner kan medføre skade, er det overtryk, der skabes ved eksplosionen. Overtrykket og dets påvirkning betegnes som en *primær effekt*, dvs. en direkte effekt, mens genstande der flyver rundt i luften, eksempelvis fragmenter af glas, ligeledes kan medføre dødsfald, betegnes som en *sekundær effekt*. Disse to effekter behandles i det efterfølgende. Påvirkningerne ved de forskellige effekter beregnes analogt til beregningerne under brand, således at sandsynlighederne for død, hhv. den materielle skadesgrad, estimeres for forskellige mængder NEM i forskellige afstande fra ulykkesstedet.

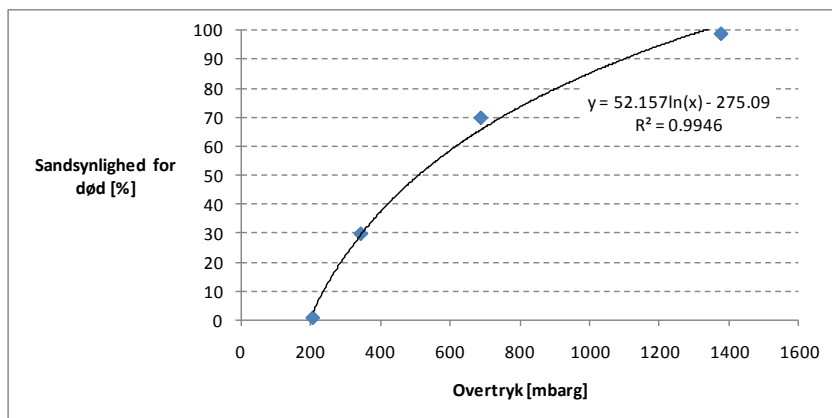
C.3.2 Trykpåvirkning

Tabel C-13 angiver sammenhængen mellem overtrykket fra en eksplosion og skadesvirkningen på bygninger og mennesker. Tabellen er fra ref. [14], på nær de sidste to søjler, der angiver en vurderet kvantificeret sandsynlighed for at dø baseret på beskrivelsen i tabellen, samt en tilsvarende vurderet materiel skadesgrad.

Maksimalt (peak) overtryk		Maksimal vindhastighed	Effekt på mennesker	Påvirkning af strukturer	Vurderet sandsynlig for at dø	Vurderet materiel skadesgrad
[psi]	[mbar]	[mph]			[%]	[%]
1	69	38	Glas i vinduer smadrer	Lette skader fra fragmenter forekommer. Beskadigelse af høreelse		5
2	138	70	Moderate skader på huse (vinduer og døre springs ud dog store skader på tag).	Tilskadekomne pga. af flyvende glas og fragmenter. Beskadigelse af menneskelige organer.		40
3	207	102	Almindelige huse kollapse.	Omfattende personskade er ofte forekommende, og dødsfald kan forekomme.	1	60
5	355	163	De fleste bygninger kollapse.	Tilskadekomne personer, adskillige døde	30	80
10	690	294	Armerede betonbygninger skades seriøst eller kollapse.	De fleste personer dør.	70	99
20	1378	502	Tungt byggede betonbygninger skades seriøst eller kollapse.	Dødsraten nærmer sig 100%.	99	

Tabel C-13. Sammenhæng imellem det maksimale overtryk ved en eksplosion og dets påvirkning af strukturer og personer, ref. [14].

I forhold til konsekvensvurderingerne, er det praktisk at kende sammenhængen mellem et givet overtryk og sandsynligheden for at dø. Ved at plote overtrykkene fra Tabel C-13 overfor sandsynlighederne for at dø og fitte en logaritmefunktion opnås resultatet, der kan ses i Figur C-2.



Figur C-2. Plot af sammenhæng imellem eksplosionsovertryk og sandsynligheden for at dø (kun primær effekt).

Værdier af logaritmfunktionen er præsenteret i Tabel C-14. Eksempelvis kan det ses, at hvis overtrykket er mindre end 200 mbar er sandsynligheden for at dø ganske lille (<1% af den primære effekt). Samtidigt ses det, at hvis overtrykket overstiger 1,3-1,4 bar (1300-1400 mbar) så er sandsynligheden for død meget høj (tæt på 100%).

Overtryk [mbarg]	Dødssandsynlighed (primær effekt) [%]
<100	0%
200	1%
250	13%
300	22%
350	30%
400	37%
500	49%
600	59%
700	67%
800	74%
900	80%
1000	85%
1100	90%
1200	95%
1300	99%
>1400	100%

Tabel C-14. Tabuleret sammenhæng imellem eksplosionsovertryk og sandsynlighed for at dø (kun primær effekt).

Helt tilsvarende fås for materielskade en sammenhæng mellem overtryk og skadesgrad. Skadesgrader for forskelligt overtryk ses i Tabel C-15.

Overtryk	Materiel skadesgrad
[mbarg]	[%]
10	0%
50	0%
60	4%
80	16%
100	25%
150	42%
250	63%
350	76%
450	87%
550	95%
>=650	100%

Tabel C-15. Tabuleret sammenhæng mellem eksplosionsovertryk og materiel skadesgrad.

I modellen kommer eksplosionsovertrykket fra eksplosion af en given mængde fyrværkeri (angivet ved mængden i kg NEM) og overtrykket aftager med afstanden til eksplosionen. Der er meget få erfaringer med eksplosion af fyrværkeri. Det mest omfattende studie udgøres af CHAF-forsøgene, ref. [7]. To af disse forsøg angiver eksplosioner af fordæmmede fyrværkeri – forsøg 4a og 5b. I de to forsøg er NEM mængden angivet (omkring 8.700 kg hhv. 3.800 kg) samt de målte eksplosionsovertryk i afstandene 50, 100, 200 og 400 m fra eksplosionen. I et tilsvarende forsøg (5a) kendes eksplosionsovertrykket i en enkelt afstand (400 m).

I den opstillede model ønskes eksplosionsovertrykkene kendt tættere på ulykken, samt for meget mindre mængder eksplosivstof – fra 12.5 kg til 1000 kg. Ift. at kunne estimere konsekvenserne (i form af overtryk) må der opstilles fittede funktioner og resultaterne ekstrapoleres. I denne modellering ligger implicit en række antagelser om, at eksplosioner i helt små mængder fyrværkeri kan forekomme, samt at overtrykkene målt i afstandene >50 m kan benyttes til at udtale sig om overtrykkene tæt på eksplosionen. Validiteten af disse antagelser er i princippet ukendt, men ovennævnte data er de eneste der er til rådighed, hvorfor denne fremgangsmåde er valgt. Ovenstående procedure svarer til at fitte en 3-dimensional potensfunktion til de i alt 9 opgivne datapunkter. Hhv. sandsynligheden for død og den materielle skadesgrad kan nu estimeres i forskellige afstande fra eksplosioner omfattende forskellige mængder fyrværkeri. Disse resultater er angivet i Tabel C-16 og Tabel C-17.

Sandsynlighed for død som følge af overtryk					
NEM mængde [kg]	Afstand til eksplosion [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50	38.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
250	100.0%	90.1%	44.8%	0.0%	0.0%
500	100.0%	100.0%	82.5%	35.1%	0.0%
1000	100.0%	100.0%	100.0%	70.6%	5.1%

Tabel C-16. Sandsynlighed for død som følge af overtryk.

Det ses, at sandsynlighederne for at dø som følge af overtrykket fra eksplosioner med små mængder fyrværkeri estimeres til at være meget lave, mens overtrykket fra en eksplosion af 1000 kg NEM vil kunne være dræbende i en afstand af 50 m.

Materiel skadesgrad som følge af overtryk					
NEM mængde [kg]	Afstand til eksplosion [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	16.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25	49.4%	19.4%	0.0%	0.0%	0.0%
50	82.3%	50.7%	19.0%	0.0%	0.0%
250	100.0%	100.0%	87.7%	52.1%	5.1%
500	100.0%	100.0%	100.0%	80.0%	30.8%
1000	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	56.5%

Tabel C-17. Materiel skadesgrad som følge af overtryk.

Det bemærkes, at selvom overtrykket ved små mængder fyrværkeri ikke nødvendigvis er dræbende, så forventes det, at materielskade kan forekomme. For små mængder fyrværkeri vil materielskade dog kun forekomme forholdsvis tæt ved ulykken.

C.3.3 Fragmentudkast

Ved eksplosioner er der ligeledes en sandsynlighed for at blive slået ihjel af sekundære effekter, såsom fragmenter af glas i luften. Sandsynligheden anses generelt for at være større for dette ved eksplosioner indendørs end udendørs, da der generelt er flere ting der kan flyve rundt i luften samt den næsten uundgåelige tilstedeværelse af glasfragmenter (som allerede forekommer ved overtryk omkring 70 mbar). Generelt afhænger sandsynligheden for at dø af sekundære effekter af afstanden til ulykken – og kan estimeres på basis af geometriske overvejelser. Beregningerne er helt analoge de tidligere beskrevne beregninger for fragmenter ved brand. For ikke at komplicere modellen unødigt, antages det at sandsynligheden for at blive slået ihjel af sekundære effekter er den samme indenfor som udenfor, og at bidraget (til den samlede dødelig hidrørende fra eksplosioner) fra sekundære effekter er relativt størst for små overtryk.

Det antages, at der er to typer af fragmenter; hhv. fragmenter fra selve fyrværkeriet og fragmenter af glas, containerdele, etc. Kun fyrværkerifragmenterne forekommer også ved brandulykker. I tilfælde af en eksplosion vil alle fyrværkeridele dog blive slynget ud og dermed ikke forgå roligt i branden. For fyrværkerifragmenter gøres følgende antagelser:

- Det antages, at der vil dannes 5 fyrværkerifragmenter pr. kg NEM.
- Det antages, at sandsynligheden for at overleve at blive ramt af et fyrværkerifragment er 95%.
- Det antages, at den materielle skadesgrad, hvis et objekt rammes af et stykke fyrværkeri, er 5%.
- Det antages, at en person er 0.5m bred.
- Det antages, at et objekt er 4m bredt.

For andre typer af fragmenter end hidrørende fra fyrværkeri antages det, at udslyngningshastigheden – og dermed sandsynligheden for død, hvis en person rammes – afhænger af fyrværkerimængden. På samme måde afhænger den materielle skadesgrad af fyrværkerimængden. I Tabel C-18 ses disse sandsynligheder / skadesgrader. Det bemærkes, at de i dette arbejde vurderes at være identiske.

NEM [kg]	Sandsynlighed for død	Materiel skadesgrad
12.5	5%	5%
25	20%	20%
50	50%	50%
250	80%	80%
500	95%	95%
1000	99%	99%

Tabel C-18. Sandsynlighed for død hhv. materiel skadesgrad som følge af den eksploderende fyrværkerimængde.

Sandsynlighederne for død, hhv. graden af materielskade ved udsættelse for de to typer af fragmenter er beregnet ud fra ovenstående antagelser. Resultatet ses i Tabel C-19 og Tabel C-20.

Sandsynlighed for død ved udsættelse for fragmenter fra en eksplosion					
NEM mængde [kg]	Afstand til eksplosion [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	0.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
25	2.8%	0.7%	0.2%	0.0%	0.0%
50	23.8%	7.7%	2.2%	0.6%	0.1%
250	99.5%	87.3%	52.0%	21.1%	4.5%
500	100.0%	99.8%	92.0%	60.3%	19.0%
1000	100.0%	100.0%	99.9%	92.9%	50.0%

Tabel C-19. Sandsynlighed for død ved udsættelse for fragmenter fra en eksplosion.

Modsat situationen for overtrykket alene, så ses det, at der er en om end lille sandsynlighed for at dø af fragmentudkast – selv ved små mængder fyrværkeri.

Materiel skadesgrad som følge af fragmenter ved en eksplosion					
NEM mængde [kg]	Afstand til eksplosion [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	19.5%	6.2%	1.8%	0.5%	0.1%
25	66.6%	29.7%	9.8%	2.8%	0.5%
50	99.8%	91.4%	57.5%	23.8%	5.1%
250	100.0%	100.0%	100.0%	99.5%	77.6%
500	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.1%
1000	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tabel C-20. Materiel skadesgrad som følge af fragmenter ved en eksplosion.

Ligeledes, så forventes små fragmentudkast også at kunne føre til materielskade. Det bemærkes, at små grader af materielskade vil kunne forekomme selv langt fra en ulykke med små mængder fyrværkeri. Dette kan f.eks. være bilruder, som rammes med mindre fragmenter eller nedfaldende fyrværkerifragmenter.

C.3.4 Personskade som følge af eksplosion

Død som følge af en eksplosion kan enten skyldes overtrykket fra eksplosionen (den primære effekt) eller udslyngning af fragmenter (den sekundære effekt). Den samlede sandsynlighed for død som følge af en eksplosion er angivet i Tabel C-21.

Samlet sandsynlighed for død som følge af en eksplosion					
NEM mængde[kg]	Afstand til eksplosion [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	0.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
25	2.8%	0.7%	0.2%	0.0%	0.0%
50	52.8%	7.7%	2.2%	0.6%	0.1%
250	100.0%	98.7%	73.5%	21.1%	4.5%
500	100.0%	100.0%	98.6%	74.2%	19.0%
1000	100.0%	100.0%	100.0%	97.9%	52.5%

Tabel C-21. Samlet sandsynlighed for død som følge af en eksplosion - både primær og sekundær effekt.

Det bemærkes, at sandsynligheden for død som følge af en ulykke med fyrværkerimængder svarende til et butikslager er meget små. Derimod vil en ulykke med en eksplosion med en fyldt lastbil kunne have en dødelig effekt selv på lang afstand.

C.3.5 Materielskade som følge af eksplosion

Den samlede materielle skadesgrad følger ligeledes af at kombinere den primære og sekundære effekt. Den samlede estimerede grad af materielskade som følge af en eksplosion ses i Tabel C-22.

Samlet materiel skadesgrad som følge af en eksplosion					
NEM mængde[kg]	Afstand til eksplosion [m]				
	2.5	5	10	20	50
12.5	33%	6%	2%	0%	0%
25	83%	43%	10%	3%	0%
50	100%	96%	66%	24%	5%
250	100%	100%	100%	100%	79%
500	100%	100%	100%	100%	99%
1000	100%	100%	100%	100%	100%

Tabel C-22. Materiel skadesgrad som følge af en eksplosion (både primær og sekundær effekt).

Modsat sandsynligheden for død bemærkes det, at selv små eksplosioner vil kunne medføre materiel skade tæt ved ulykken. F.eks. forventes det, at et lagerlokale i tilfælde af en eksplosion vil blive betragteligt ødelagt.

D. DETALJEREDE BEREKNINGER – MODELGRUNDLAG

Modellen er baseret på en lang række beregninger. Disse fører til estimering af hvor mange personer, der vil være til stede forskellige steder i de definerede scenarier, samt hvor store fyrværkerimængder, der kan forventes at være til stede når en ulykke indtræffer. Beregningerne er grundlæggende delt op, så transporten modelleres for sig, og de forskellige salgsscenarier modelleres samlet. Dette skyldes, at en del af modelleringen af salgsscenarierne er baseret på selve fordelingen af salget mellem de forskellige salgssteder, hvorimod transporten som helhed skal transportere hele fyrværkerimængden.

D.1 Transport

I forhold til transport er det væsentligt at vurdere hvor ofte transporten vil foregå hhv. i og udenfor tættere bebygget område, da konsekvenserne ved en eventuel ulykke vil være forskellige. Samtidig er det væsentligt at estimere hvilke mængder af fyrværkeri, der på et vilkårligt tidspunkt er til stede i lastrummet. På baggrund af det foreliggende datamateriale er det nødvendigt at foretage en del antagelser i forbindelse med estimering af transportmønstre:

- Der er 300 lastbiler, som kan laste op til 5.000 kg fyrværkeri (brutto).
- Der er 300 mindre lastbiler, som kan laste op til 1.000 kg fyrværkeri (brutto). Disse lastbiler kører udelukkende til butikssalg.
- Det antages, at transportmængden er fordelt ligeligt i forhold til lasteevnen. Således transporterer de 300 små lastbiler $(300 \cdot 1000 \text{ kg}) / (300 \cdot 5000 \text{ kg} + 300 \cdot 1000 \text{ kg}) = 1/6$ af den totale fyrværkerimængde.
- Det antages, at der i gennemsnit er 100 km fra centrallageret til kunderne. Derudover antages følgende afstande:
 - Mellem marksalg: 15 km
 - Mellem teltsalg: 5 km
 - Mellem butikssalg: 2 km
- Det antages, at alle marksalg ligger udenfor tættere bebygget område, mens butikker og teltsalgssteder ligger i tættere bebygget område.
- Det antages, at de første 95 km fra centrallageret til første butik på ruten køres udenfor tættere bebygget område, mens de sidste 5 km køres i tættere bebygget område. Al kørsel i forbindelse med marksalg køres udenfor tættere bebygget område.
- Det antages, at hastigheden udenfor tættere bebygget område er 65 km/t, mens hastigheden i tættere bebygget område er 30 km/t.

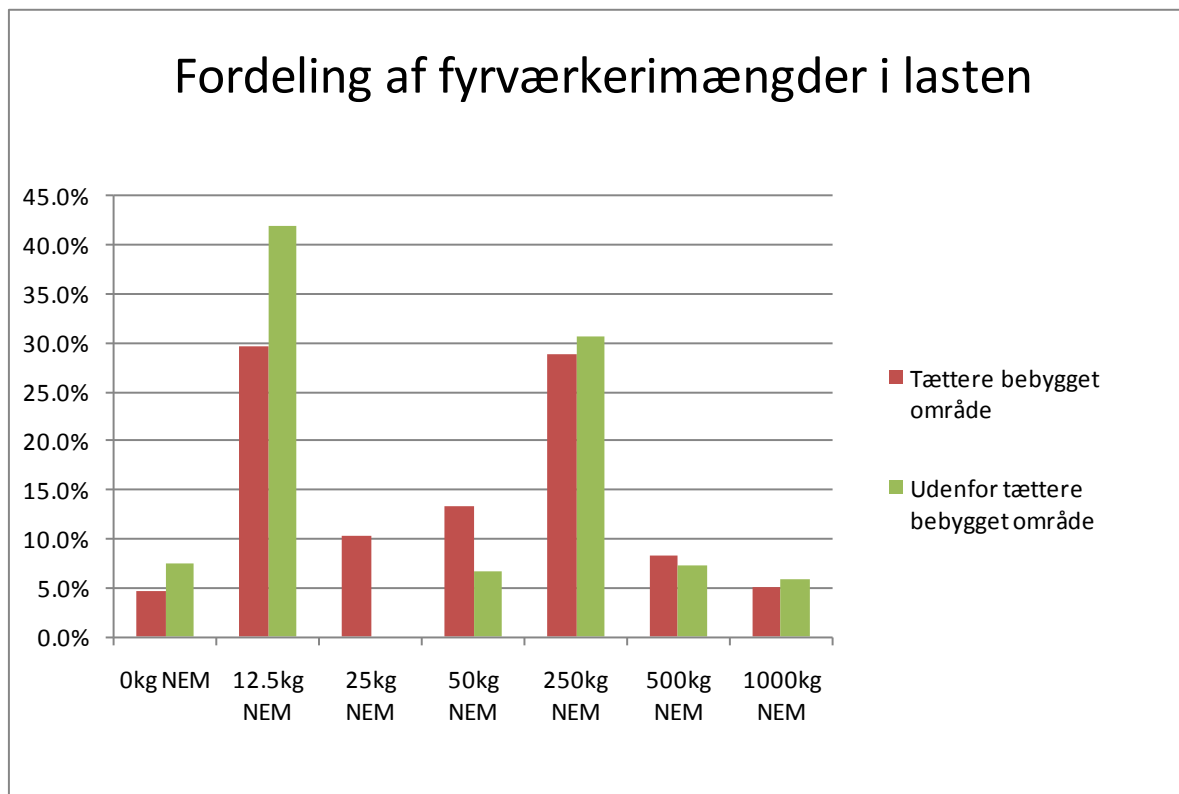
I praksis er det oplyst, at der på landsplan er tre omlæsningspladser, som er godkendt af Beredskabsstyrelsen. Pga. den sparsomme viden om transportmønstret generelt, så er modellen dog baseret på, at alle transporter udgår fra centrallageret. På denne måde opnås en konservativ beregning af det kørte antal kilometer (i modellen vil selv små lastbiler køre forholdsvis lange stræk fra centrallageret til butikkerne). I forhold til håndteringerne ved salgsstederne, samt det større antal personer, der vil være til stede her, så vurderes risikoen samlet set at være fornuftigt modelleret.

D.1.1 Transportmønstre og fyrværkerilast

Iflg. Fyrværkeribrancheforeningen betyder Beredskabsstyrelsens fortolkning af transportreglerne, at en lastbil skal aflæsse hele leverancen til et givet salgssted ved første besøg hos salgsstedet. Det er altså ikke lovligt at beholde en del af lasten ombord og senere på ruten vende tilbage til samme salgssted. Det vil sige, at en lastbil kun må laste lige netop det, der kan leveres til unikke butikker. I praksis lastes lastbilerne ofte fuldt, og kører i "ring" mellem et antal butikker. Dette bevirker, at selve transporttiden kan optimeres, men samtidig, at lastbilerne generelt kører med større mængder fyrværkeri. I modellen er tre forskellige transportmønstre modelleret:

1. Små lastbiler fyldes op, så de lovligt kan nå at levere til maksimalt 8 butikker.
2. Store lastbiler fyldes helt op og kører fulde rundt til de er tomme.
3. Store lastbiler fyldes op, så de kan levere til maksimalt 8 butikker, 8 teltsalg eller 4 marksalg.

Det antages, at de små lastbiler leverer til den del af butikkerne, som de har kapacitet til, mens transportmønsteret for den resterende levering fordeler sig med 50% på hhv. transportmønster 2 og 3. Transportmønster 2 er lovligt, i fald lastbilen kan nå rundt til tilstrækkeligt mange unikke salgssteder. Da lagerstørrelserne ved specielt butikssalg er begrænsede er det dog usandsynligt, at en lastbil vil kunne nå rundt til tilstrækkeligt mange butikker. En del af transportmønster 2 simulerer derfor, at lastbilerne kører rundt med mere fyrværkeri, end de lovligt kan levere. Konkrete leverancestørrelser estimeres i det følgende under salgssteder. Den samlede fordeling af fyrværkerimængder i lastrummet ses i Figur D-1. Fyrværkerimængderne er her fordelt efter om lastbilerne befinder sig hhv. i eller udenfor tættere bebygget område.



Figur D-1. Fordeling af fyrværkerimængder i lastrummet på lastbilerne.

Figuren illustrerer, at hvis man på et vilkårligt tidspunkt møder en fyrværkeritransport udenfor tættere bebygget område, så er sandsynligheden for, at der er mellem 500 og 1.000 kg NEM i lastrummet knap 15%. Samtidig vil der være mere end 40% sandsynlighed for, at en lastbil i tættere bebygget område vil laste mellem 50 og 250 kg NEM.

Lastmængderne afhænger naturligvis af fyrværkerisammensætningen. Figur D-1 illustrerer situationen for den nuværende fordeling af 1.3G og 1.4G. I modellen beregnes automatisk en anden fordeling, hvis fyrværkerimængderne og den relative fordeling ændrer sig.

D.2 Salgssteder

Det antages, at hele den samlede mængde fyrværkeri skal håndteres og sælges på salgsstederne. Ved at sætte den samlede mængde relativt højt, tages der højde for, at fyrværkeri, der ikke bliver solgt, returneres til centrallageret.

D.2.1 Fyrværkerimængder

Iflg. principskitserne antages det, at salgsstederne råder over følgende:

- Butik: Salgsområde (12.5 kg NEM) samt lager (25 kg NEM).
- Teltsalg: Salgsområde (50 kg NEM) samt en container (250 kg NEM).
- Marksalg: Salgsområde (50 kg NEM) samt to containere (å 250 kg NEM).

Det antages, at lagrene i gennemsnit er halvt fyldte. Således vil de nogle gange være helt fyldte og andre gange tæt ved tomme. Den forventede mængde fyrværkeri ses i Tabel D-1.

NEM [kg]	Salgsområde			Lager / container		
	Butik	Teltsalg	Marksalg	Butik	Teltsalg	Marksalg
0	50%	27%	27%	33%	40%	40%
12.5	50%	18%	18%	33%	3%	3%
25		18%	18%	33%	3%	3%
50		36%	36%		6%	6%
250					48%	48%

Tabel D-1. Forventet mængde fyrværkeri ved salgsområderne og i hhv. lagerlokale og containere.

Tabellen viser sandsynligheden for at finde en given mængde NEM på et vilkårligt tidspunkt. F.eks. er der 48% sandsynlighed for, at en lagercontainer vil være helt fuld.

En væsentlig parameter i forhold til sammenspillet mellem transporten og salgsstederne er de leverede mængder. Leverancestørrelserne er bestemmende for hvor mange leverancer hvert enkelt salgssted skal have i løbet af salgsperioden samt hvor mange leverancer hver enkelt lastbil kan køre med. I den forbindelse antages det, at den leverede mængde udgør halvdelen af den totale kapacitet ved salgsstedet. Dvs. at leveringsstørrelserne er:

- Butikssalg: $(12.5 \text{ kg NEM} + 25 \text{ kg NEM}) / 2 = 18.75 \text{ kg NEM}$
- Teltsalg: $(50 \text{ kg NEM} + 250 \text{ kg NEM}) / 2 = 150 \text{ kg NEM}$
- Marksalg: $(50 \text{ kg NEM} + 500 \text{ kg NEM}) / 2 = 275 \text{ kg NEM}$

Dette giver en gennemsnitlig leveringsstørrelse på ca. 58 kg NEM og et totalt antal leveringer på ca. 17.000 stk. Det totale antal leveringer er lavere end estimeret af Fyrværkeribrancheforeningen. Sikkerhedsstyrelsen har dog vurderet det oprindelige estimat til at være højt, hvorfor de her beregnede værdier findes fornuftige.

D.2.2 Personfordelinger

Det er væsentligt at estimere hvor mange personer, der kan antages at befinde sig ved salgsstederne på et vilkårligt tidspunkt. I fald en ulykke indtræffer, så vil de tilstedeværende personer være udsat for risiko. Da hver af de 2.200 salgssteder ikke modelleres enkeltvis, vil beregningerne være baseret på en del generelle antagelser. Disse er:

- En gennemsnitlig kunde opholder sig 15 minutter ved salgsstedet.
- En kunde udgør i praksis to personer. F.eks. en forælder med et barn.
- Andelen af ansatte, der er til stede ved et salgssted udgør 5% i forhold til unikke kunder. Der vil altså i gennemsnit være 1 ansat til stede, hvis der er 20 kunder.
- Der vil være personer til stede ved nogle af salgsstederne, som ikke har med fyrværkerisalg at gøre (f.eks. andre kunder på parkeringspladsen ved et supermarked). Disse personer udgør i forhold til andelen af unikke kunder:
 - Butikssalg: 30%
 - Teltsalg: 60%
 - Marksalg: 0%
- Den daglige åbningstid for de forskellige salgssteder antages at være:
 - Butikssalg: 9 timer (f.eks. 10 – 19)
 - Teltsalg: 11 timer (f.eks. 9 – 20)
 - Marksalg: 8 timer (f.eks. 12 – 20)
- Det antages generelt, at der ikke er nogen personer til stede på selve salgsstederne udenfor åbningstiden. Personer, som fremgår specifikt af principskitserne, antages at være til stede hele døgnet (f.eks. forbipasserende).

Ved at fordele det totale salg forholdsmæssigt ud på de forskellige salgssteder, kan det gennemsnitligt antal kunder ved hvert salgssted nu estimeres. En statistisk fordeling benyttes til at fordele sandsynligheden for at finde et givet antal personer ved salgsstedet på et vilkårligt tidspunkt. Da det samlede fyrværkerisalg antages at være uafhængigt af salgsperioden, så vil per-

sonfordelingerne naturligvis afhænge kraftigt af denne, da det samme antal kunder nu skal forbi salgsstederne på kortere tid. Ved udarbejdelse af personfordelingerne er der taget højde for, at salget ikke fordeler sig jævnt over salgsperioder på mere end 7 dage. Således antages det, at salget fordeler sig som vist i Tabel D-2.

Tilladt salgsperiode	Dag 1-17	Dag 18-24	Dag 25-31
31 dage	15%	15%	70%
14 dage	-	30%	70%
7 dage	-	-	100%

Tabel D-2. Fordeling af salget på forskellige tidsperioder inden for de tilladte salgsperioder.

Tabellen viser hvordan 70% af salget ligger i sidste uge ved den aktuelle tilladte salgsperiode på 31 dage. De resterende 30% er fordelt med 15% de første 17 dage og 15% de næste 7 dage. Det ses også, at hele salget forventes at falde i sidste uge hvis den tilladte salgsperiode forkortes til netop en uge. De estimerede personfordelinger ses i Tabel D-3.

Personer	Periode 31 dage			Periode 14 dage			Periode 7 dage		
	Butik	Telt	Mark	Butik	Telt	Mark	Butik	Telt	Mark
0	71.3%	56.6%	69.0%	64.5%	55.8%	67.5%	63.3%	56.9%	68.4%
1	15.8%	8.0%	6.9%	11.5%	0.9%	1.3%	5.2%	0.0%	0.1%
3	7.9%	7.6%	6.5%	11.0%	3.3%	3.6%	9.7%	0.3%	0.7%
10	4.7%	16.0%	11.7%	11.1%	13.6%	12.1%	16.5%	4.9%	6.3%
30	0.3%	11.1%	5.7%	1.9%	21.0%	13.5%	5.3%	22.5%	17.8%
100	0.0%	0.7%	0.2%	0.0%	5.4%	2.1%	0.1%	15.2%	6.8%
300	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%

Tabel D-3. Fordeling af personer ved salgsstederne.

Det fremgår f.eks. af tabellen, at der ved teltsalg og en tilladt salgsperiode på 7 dage vil være ca. 15% sandsynlighed for at 100 personer befinder sig i nærheden af salgsområdet. Det skal bemærkes, at dette udtrykker sandsynligheden set over et helt døgn, hvoraf der i lidt over halvdel af tiden ikke forventes nogen personer på salgsstedet overhovedet. Det er tydeligt, at der vil være flest personer til stede ved et teltsalg, hvilket skyldes, at en stor del andre kunder også vil være i nærheden. På den anden side er der færrest mennesker til stede ved butikssalgene, hvilket naturligvis skyldes den lavere omsætning pga. af den mindre størrelse af disse salgssteder.

E. BEREGNEDNE SCENARIER – ANALYSE OG KONKLUSIONER

Sikkerhedsstyrelsen har opstillet en række scenarier på baggrund af risikomodellen og beregningerne i denne rapport. Disse scenarier omfatter ændringer i de opbevarede mængder ved hhv. butikssalg, teltsalg og marksalg. I dette appendiks beskrives disse scenarier, og der konkluderes på de samlede resultater.

E.1 Konklusioner – opsummering af resultater

Risikoen ved fyrværkeridistribution i detaileddet er beregnet for en række scenarier. På den baggrund konkluderes det at:

- Risikoen kan reduceres ved at tillade større mængder fyrværkeri ved salgsstederne, da øgede fyrværkerimængder ved salgsstederne medfører mindre risiko i forbindelse med transporten
- Øgede fyrværkerimængder i lagerlokaler og i containere i distributionsleddet medfører mindre risikostigning end øgede fyrværkerimængder ved salgsdiskene
- En reduktion af den tilladte salgsperiode giver en øget risiko; uafhængig af scenarie

Årsagen til, at risikoen kan reduceres ved at tillade større mængder fyrværkeri ved salgsstederne er:

- Der kan leveres mere fyrværkeri af gangen til salgsstederne, da der må opbevares mere. Lastbilerne kan derved læsses bedre og køre færre kilometer. Den dominerende risiko for utilsigtet antændelse af fyrværkeri i forbindelse med trafikuheld kan dermed reduceres.

Den samlede risiko er resultatet af en balance mellem risikoen ved salgsstederne (som stiger ved øgede mængder) og risikoen under transport (som falder på grund af mindre sandsynlighed for trafikuheld). Som følge af konklusionerne ovenfor anbefales det at øge de tilladte mængder ved salgsstederne; f.eks. til:

- Butikssalg: 25 kg NEM ved salgsdisk / 75 kg NEM i lagerlokale
- Teltsalg: 75 kg NEM ved salgsområdet / 400 kg NEM i container
- Marksalg: 75 kg NEM ved salgsområdet / 400 kg NEM i hver container

Ønskes at fastholde en så lav risiko som muligt for kunderne ved salgsstederne, samtidig med, at en del af den overordnede risikoreduktion opnås, kan fyrværkerimængderne i salgslokalet og ved salgsdiskene fastholdes på det nuværende niveau, samtidige med at mængderne i lagerlokale og i containere øges.

En reduktion af den tilladte salgsperiode vil uanset omstændighederne bevirke, at risikoen stiger. Dette skyldes bl.a. større sandsynlighed for uheld som følge af fejl ved håndtering, at der er flere personer ved salgsstederne, osv. En uændret, tilladt salgsperiode på 31 dage giver derfor den laveste risiko. Der kan dog være grunde til at ønske en reduceret salgsperiode – f.eks., at mindske ulovlig anvendelse af fyrværkeri i første halvdel af december, politiske ønsker, osv. Resultaterne viser, at en reduktion af salgsperioden til 14 dage kun medfører en begrænset stigning i risikoen. Hæves samtidig de tilladte mængder, som foreslået ovenfor, vil den samlede risiko kunne begrænses; se Tabel E-9. Ved en reduktion af den tilladte salgsperiode til 7 dage må den samlede risiko dog forventes at stige – særligt i forbindelse med teltsalg og marksalg. Desuden risikerer transporten af fyrværkeriet at blive unødigt tidspresset.

E.2 Basisscenariet

De beregnede scenarier tager udgangspunkt i basisscenariet beskrevet i kapitel 6.1. Det er relevant at præcisere, at tilladte fyrværkerimængder ved salgsstederne i basisscenariet. Disse er givet i Tabel E-1.

	Ved salgsdisk [kg NEM]	I lagerlokale / i container [kg NEM]
Butikssalg	12,5	25
Teltsalg	50	250
Marksalg	50	250 (x 2)

Tabel E-1. Tilladte fyrværkerimængder ved salgsstederne i basisscenariet.

Det bemærkes, at et marksalg i modellen råder over 2 containere; hver med maksimalt 250 kg NEM. Desuden antages i modellen, at den opbevarede mængde fyrværkeri i gennemsnit svarer til halvdelen af den tilladte mængde. Således vil der nogle gange opbevares meget fyrværkeri, og andre gange mindre mængder. For basisscenariet antages desuden følgende forventede fordeling af fyrværkerityper:

- Fyrværkeri af typen 1.3G udgør 80% af salget
- Fyrværkeri af typen 1.4G udgør 20% af salget

Mængden af 1.4S antages at være forsvindende lille, og den totale mængde fyrværkeri i Danmark per år er sat til 5.500.000 kg brutto. De samlede resultater for basisscenariet er gentaget fra kapitel 6.1 i Tabel E-2, Tabel E-3 og Tabel E-4.

Estimeret personska- de [antal døde pr. år]	Tilladt længde af salgsperioden	31 dage	14 dage	7 dage
	Salgssteder			
	Ved butikssalg	$7.10 \cdot 10^{-7}$	$1.18 \cdot 10^{-6}$	$1.71 \cdot 10^{-6}$
	Ved teltsalg	$1.82 \cdot 10^{-5}$	$3.40 \cdot 10^{-5}$	$5.02 \cdot 10^{-5}$
	Ved marksalg	$2.11 \cdot 10^{-5}$	$3.95 \cdot 10^{-5}$	$5.91 \cdot 10^{-5}$
	Transport			
	Under transport fra centrallager til salgssteder	$1.70 \cdot 10^{-3}$	$1.74 \cdot 10^{-3}$	$1.95 \cdot 10^{-3}$
	Total	$1.74 \cdot 10^{-3}$	$1.82 \cdot 10^{-3}$	$2.06 \cdot 10^{-3}$
Returperiode [gennemsnitligt antal år mellem forventede dødsfald]		574	550	485
Kapitaliserede omkostninger ved tab af menneskeliv (18 mio / liv) pr. år [DKK]		31.359	32.708	37.082

Tabel E-2. Personska- de i basisscenariet.

Det ses, at det forventede antal år mellem dødsfald i den nuværende situation med en tilladt salgsperiode på 31 dage forventes at være 574 år. Ved en reduktion af den tilladte salgsperiode til hhv. 14 dage eller 7 dage falder det forventede antal år mellem dødsfald. Således stiger risikoen som følge af, at transporten og handlen skal foretages på kortere tid. Det bemærkes også, at det største bidrag til risikoen stammer fra transporten, samt at risikoen ved salgsstederne – og i særdeleshed ved butikssalgene – må vurderes at være lille.

Estimeret materiel- ska- de [DKK pr. år]	Tilladt længde af salgsperioden	31 dage	14 dage	7 dage
	Salgssteder			
	Ved butikssalg	14	17	20
	Ved teltsalg	43	67	96
	Ved marksalg	18	30	43
	Transport			
	Under transport fra centrallager til salgssteder	34.152	34.963	39.147
	Total	34.227	35.077	39.306

Tabel E-3. Materiel- ska- de i basisscenariet.

For den materielle skade er billedet det samme som for personskaade; langt den største risiko forventes i forbindelse med transporten, hvor en lastbil med fyrværkeri forulykker på vejen i offentlig trafik.

Tilladt længde af salgsperioden	31 dage	14 dage	7 dage
Samlede omkostninger	65.586	67.785	76.387
Ændring i fht. i dag (31 dage)	-	3,32%	16,36%

Tabel E-4. Den samlede risiko for basisscenariet opgjort som samlede estimerede omkostninger.

Til sidst ses i Tabel E-4 den samlede risiko opgjort som samlede omkostninger. Desuden vises ændringen i risiko ved at gå fra en tilladt salgsperiode på 31 dage til en tilladt salgsperiode på hhv. 14 og 7 dage. F.eks. bemærkes, at den samlede risiko forventes at stige med ca. 16,4%, hvis den tilladte salgsperiode forkortes fra 31 til 7 dage.

E.3 Beregnede scenarier - resultater

Sikkerhedsstyrelsen har foreslået 19 ekstra scenarier til yderligere beregninger. For hvert scenarie ændres den tilladte mængde ved enten salgsdisk, lager/container eller begge steder. Scenarierne er beskrevet i Tabel E-5, og ændringer i forhold til basisscenariet er markeret med fed skrift.

Tilladte mængder [kg NEM]	Butikssalg		Teltsalg		Marksalg	
	Salgsdisk	Lager	Salgsdisk	Container	Salgsdisk	Container
Scenarie 1	25	25	50	250	50	250
Scenarie 2	12,5	50	50	250	50	250
Scenarie 3	25	50	50	250	50	250
Scenarie 4	12,5	25	75	250	50	250
Scenarie 5	12,5	25	50	500	50	250
Scenarie 6	12,5	25	75	500	50	250
Scenarie 7	12,5	25	50	250	75	250
Scenarie 8	12,5	25	50	250	50	500
Scenarie 9	12,5	25	50	250	75	500
Scenarie 10	50	25	50	250	50	250
Scenarie 11	12,5	75	50	250	50	250
Scenarie 12	25	75	50	250	50	250
Scenarie 13	12,5	200	50	250	50	250
Scenarie 14	12,5	25	100	250	50	250
Scenarie 15	12,5	25	50	400	50	250
Scenarie 16	12,5	25	100	400	50	250
Scenarie 17	12,5	25	50	250	100	250
Scenarie 18	12,5	25	50	250	50	400
Scenarie 19	12,5	25	50	250	100	400

Tabel E-5. Beskrivelse af nye scenarier. Forskelle til basisscenariet er markeret med fed skrift.

For hvert scenarie er modellen anvendt til at beregne returperioden for dødsfald ved hver type salgssted og under transport. Samtidig er de materielle omkostninger og de samlede omkostninger estimeret. Ligesom i hovedrapporten er alle beregninger foretaget for tilladte salgsperioder på 31 dage, 14 dage og 7 dage. Dette giver resultaterne i Tabel E-6 og Tabel E-7.

Tilladt salgsperiode		Returperiode			Forskel til basissituation [%]		
		31 dage	14 dage	7 dage	31 dage	14 dage	7 dage
Returperiode [antal år mellem dødsfald]	Basis	574	550	485			
	Scenarie 1	673	649	583	17%	18%	20%
	Scenarie 2	730	707	645	27%	28%	33%
	Scenarie 3	792	767	708	38%	39%	46%
	Scenarie 4	579	555	489	1%	1%	1%
	Scenarie 5	615	590	523	7%	7%	8%
	Scenarie 6	618	592	524	8%	8%	8%
	Scenarie 7	576	551	485	0%	0%	0%
	Scenarie 8	569	546	482	-1%	-1%	-1%
	Scenarie 9	569	545	480	-1%	-1%	-1%
	Scenarie 10	787	759	698	37%	38%	44%
	Scenarie 11	844	818	762	47%	49%	57%
	Scenarie 12	888	860	805	55%	56%	66%
	Scenarie 13	842	817	769	47%	48%	58%
	Scenarie 14	586	560	493	2%	2%	2%
	Scenarie 15	615	590	522	7%	7%	8%
	Scenarie 16	661	631	557	15%	15%	15%
	Scenarie 17	577	550	484	0%	0%	0%
	Scenarie 18	596	572	505	4%	4%	4%
	Scenarie 19	595	568	500	4%	3%	3%

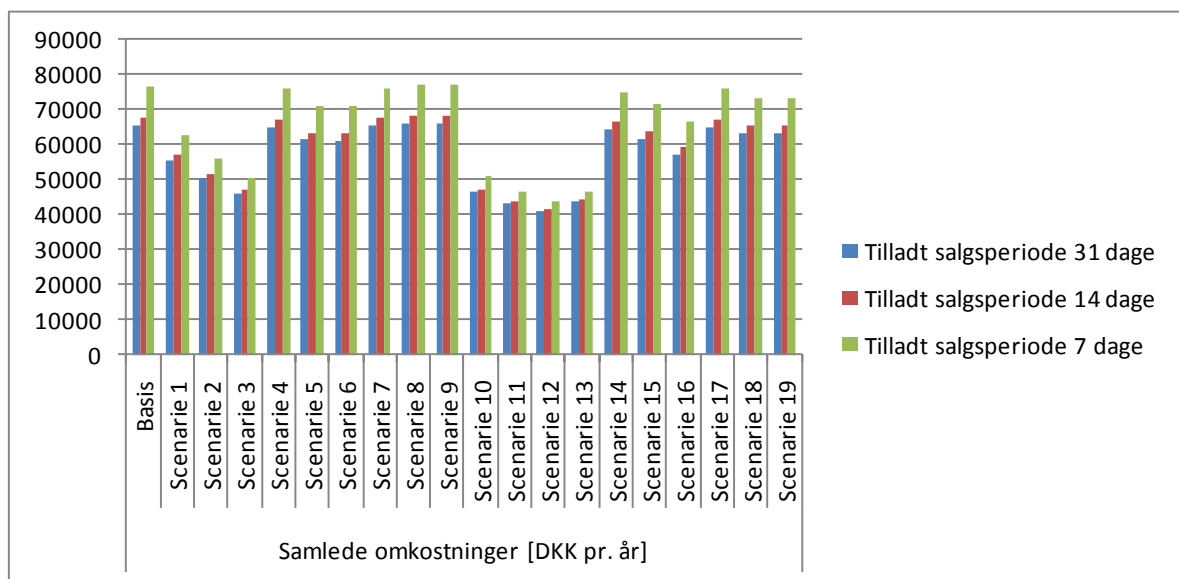
Tabel E-6. Returperiode for forventede dødsfald som følge af fyrværkeridistribution og salg. For returperioderne indikerer grøn baggrundsfarve mindre risiko end basisscenariet og rød baggrundsfarve indikeret højere risiko end basisscenariet. I de tre højre kolonner indikerer blå, at returperioden er uændret, rød indikerer maksimal negativ ændring af returperioden og grøn indikerer maksimal positiv ændring af returperioden.

Tilladt salgsperiode		Samlede omkostninger			Forskel til basissituation [%]		
		31 dage	14 dage	7 dage	31 dage	14 dage	7 dage
Samlede omkostninger [DKK pr. år]	Basis	65.586	67.785	76.387			
	Scenarie 1	55.432	56.854	62.775	-15%	-16%	-18%
	Scenarie 2	50.255	51.327	55.694	-23%	-24%	-27%
	Scenarie 3	46.063	46.963	50.337	-30%	-31%	-34%
	Scenarie 4	65.029	67.256	75.799	-1%	-1%	-1%
	Scenarie 5	61.472	63.383	71.083	-6%	-6%	-7%
	Scenarie 6	61.139	63.100	70.787	-7%	-7%	-7%
	Scenarie 7	65.289	67.551	76.170	0%	0%	0%
	Scenarie 8	66.082	68.290	76.946	1%	1%	1%
	Scenarie 9	65.961	68.244	76.951	1%	1%	1%
	Scenarie 10	46.278	47.283	50.773	-29%	-30%	-34%
	Scenarie 11	43.021	43.812	46.529	-34%	-35%	-39%
	Scenarie 12	40.769	41.517	43.795	-38%	-39%	-43%
	Scenarie 13	43.588	44.312	46.514	-34%	-35%	-39%
	Scenarie 14	64.266	66.515	74.956	-2%	-2%	-2%
	Scenarie 15	61.740	63.699	71.533	-6%	-6%	-6%
	Scenarie 16	57.256	59.192	66.444	-13%	-13%	-13%
	Scenarie 17	65.034	67.369	76.018	-1%	-1%	0%
	Scenarie 18	63.159	65.208	73.338	-4%	-4%	-4%
	Scenarie 19	63.000	65.211	73.462	-4%	-4%	-4%

Tabel E-7. Samlede estimerede, årlige omkostninger for de forskellige scenarier. For samlede omkostninger indikerer grøn baggrundsfarve mindre risiko end basisscenariet og rød baggrundsfarve indikeret højere risiko end basisscenariet. I de tre højre kolonner indikerer blå, at omkostningerne er uændrede, rød indikerer maksimal negativ ændring og grøn indikerer maksimal positiv ændring.

Tabellerne viser hhv. returperioder for dødsfald og samlede omkostninger for alle 19 scenarier. De første 3 kolonner viser hhv. returperiode og samlede omkostninger i absolutte værdier, og farverne indikerer, om risikoniveauet er lavere end for basisscenariet (grønt) eller højere end for basisscenariet (rødt). De sidste tre kolonner viser procentvise afvigelser fra basisscenariet. Her er de maksimale afvigelser farvet hhv. grønne og røde, hvorimod blå indikerer, at der ikke er nogen

ændring i forholdt til basisscenariet. En grafisk oversigt over scenarierne ses i Figur E-1, som viser de samlede omkostninger for basisscenariet og de 19 scenarier.



Figur E-1. Grafisk oversigt over samlede omkostninger ved basisscenariet og de 19 scenarier.

Det bemærkes, at langt de fleste scenarier medfører en mindsning af risikoen; dvs., en forøgelse af returperioden mellem dødsfald, hhv. en reduktion af de forventede årlige omkostninger. Scenarie 8 og 9 er de eneste, som medfører en øget risiko. Dette skyldes dog, at modelleringen af transportmønstret er baseret på bestemte størrelser af lastbiler. Med de øgede tilladte mængder ved marksalgene i scenarie 8 og 9 vil de store lastbiler i modellen kun kunne indeholde en enkelt leverance til et marksalg – uden dog at være fyldt op. Det bevirker, at lastbilerne i modellen skal køre længere, hvilket fører til en overestimering af sandsynligheden for trafikuheld.

Det ses af både Tabel E-7 og Figur E-1, at scenarie 12 (hvor fyrværkerimængderne ved butiksalg er øget til 25 kg NEM ved disken og 75 kg NEM i lagerlokalet) fører til de laveste samlede omkostninger.

En mere detaljeret analyse af resultaterne følger i næste afsnit.

E.4 Detaljeret analyse

I Tabel E-8 er vist ændringer i de estimerede, samlede omkostninger for de forskellige scenarier. Tabellen er et udtryk for risikoen, da en reduktion af risikoen vil bevirke, at de samlede omkostninger mindskes, og en øgning af risikoen vil medføre, at de samlede omkostninger stiger. Tabellen viser situationen for en tilladt salgsperiode på 31 dage og sammenholder ændringer ved de forskellige salgssteder og for transport. Blå nuancer indikerer uændrede omkostninger, grønne nuancer indikerer reducerede omkostninger, og røde nuancer indikerer øgede omkostninger.

Tilladt salgsperiode: 31 dage		Butikssalg	Teltsalg	Marksalg	Transport	Samlet
Samlede omkostninger - forskel til basisscenarie [Kr pr. år]	Scenarie 1	39	1	0	-10.194	-10.154
	Scenarie 2	1	3	0	-15.336	-15.331
	Scenarie 3	40	3	0	-19.567	-19.523
	Scenarie 4	0	102	0	-660	-558
	Scenarie 5	0	12	0	-4.127	-4.114
	Scenarie 6	0	115	0	-4.562	-4.448
	Scenarie 7	0	0	106	-404	-297
	Scenarie 8	0	0	5	490	495
	Scenarie 9	0	0	112	263	374
	Scenarie 10	254	3	0	-19.567	-19.309
	Scenarie 11	2	4	0	-22.572	-22.566
	Scenarie 12	41	4	0	-24.862	-24.817
	Scenarie 13	5	4	0	-22.008	-21.999
	Scenarie 14	0	211	0	-1.531	-1.320
	Scenarie 15	0	7	0	-3.853	-3.846
	Scenarie 16	0	218	0	-8.547	-8.330
	Scenarie 17	0	0	221	-773	-552
	Scenarie 18	0	0	3	-2.430	-2.427
	Scenarie 19	0	0	224	-2.811	-2.587

Tabel E-8. Estimeret ændring i samlede omkostninger som følge af ændringer af tilladte fyrværkerimængder. De samlede omkostninger inkluderer kapitaliserede omkostninger ved død, samt materielskade.

Det bemærkes, at de omkostninger ved salgsstederne stiger, når de tilladte fyrværkerimængder øges. Således stiger f.eks. omkostningerne ved butikssalg i scenarie 1, 2, 3, 10, 11, 12 og 13. Det fremgår også, at risikoen ikke blot ændrer sig ved den type salgssted, som de enkelte scenarier ændrer på. F.eks. ses risikoen at stige svagt ved teltsalg, når der ændres på de tilladte mængder ved butikssalg. Dette skyldes, at modellen beregner fyrværkerimængderne på lastbilerne – og at lastbilerne ved aflæsning kører til både butikssalg, teltsalg og marksalg. Dermed vil omfanget af en eventuel ulykke under aflæsning afhænge af, hvor meget fyrværkeri modellen estimerer, at der vil være på lastbilen. Marksalgene er mere uafhængige af de andre typer af salgssteder, hvilket skyldes, at små lastbiler i modellen ikke kører til marksalg.

Omkostningerne ved transport falder generelt betragteligt, når de tilladte fyrværkerimængder øges, og reduktionen for transporten er større end stigningen ved salgsstederne. Det bevirker, at de samlede omkostninger i sidste kolonne generelt falder, når fyrværkerimængderne ved salgsstederne øges. For scenarie 8 og 9 ses, at risikoen øges såvel ved marksalget, som ved transporten. Den øgede risiko ved transporten skyldes, som beskrevet tidligere, at modellen i dette tilfælde har tendens til at overestimere transportmængden.

De største stigninger i omkostningerne forekommer, når de tilladte mængder ved salgsdisken øges (scenarie 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 17 og 19). Det skyldes, at der her er mange personer til stede, når uheldet sker, samtidig med, at sandsynligheden for uheld er større, end på lager og i container. F.eks. er der sandsynlighed for brug af åben ild ved salgsstedet; om end den må vurderes at være lille. Generelt må det altså konkluderes, at øgede lagerbeholdninger udgør en væsentlig mindre stigning i risikoen end øgede fyrværkerimængder ved salgsdisken. Det må også konkluderes, at specielt større tilladte mængder ved butikssalgene medfører en samlet reduktion af omkostningerne – og dermed en reduktion i det samlede risikobillede (scenarie 1-3 og 10-13). En øgning af de tilladte mængder ved teltsalg og marksalg medfører en større stigning i de samlede omkostninger og en mindre reduktion af omkostningerne ved transport. Dermed kan den største samlede sikkerhedsmæssige gevinst opnås ved ændring af de tilladte mængder ved butikssalg.

E.4.1 Ændring af tilladt salgsperiode

En forkortelse af den tilladte salgsperiode giver i alle tilfælde en stigning i risikoen. Det er dog interessant at undersøge sammenhængen mellem stigningen i risiko ved at afkorte den tilladte salgsperiode og reduktionen i risiko ved at ændre på de tilladte fyrværkerimængder. I Tabel E-9 er vist ændringen i de samlede omkostninger for basisscenariet og alle 19 scenarier for en tilladt salgsperiode på 14 dage i forhold til basisscenariet med en tilladt salgsperiode på 31 dage.

Tilladt salgsperiode: 14 dage		Butikssalg	Teltsalg	Marksalg	Transport	Samlet
Samlede omkostninger - forskel til basisscenarie (31 dage) [Kr pr. år]	Basis	11	308	342	1.537	2.198
	Scenarie 1	61	310	342	-9.446	-8.733
	Scenarie 2	14	314	342	-14.930	-14.260
	Scenarie 3	64	315	343	-19.345	-18.623
	Scenarie 4	11	485	342	832	1.670
	Scenarie 5	11	336	342	-2.892	-2.203
	Scenarie 6	11	512	342	-3.351	-2.486
	Scenarie 7	11	308	537	1.108	1.965
	Scenarie 8	11	308	354	2.030	2.703
	Scenarie 9	11	308	549	1.789	2.658
	Scenarie 10	384	315	343	-19.345	-18.303
	Scenarie 11	15	316	343	-22.448	-21.774
	Scenarie 12	65	316	343	-24.794	-24.069
	Scenarie 13	22	316	343	-21.955	-21.274
	Scenarie 14	11	674	342	-99	928
	Scenarie 15	11	324	342	-2.564	-1.888
	Scenarie 16	11	689	341	-7.436	-6.395
	Scenarie 17	11	308	748	715	1.783
	Scenarie 18	11	308	349	-1.047	-379
	Scenarie 19	11	308	755	-1.450	-375

Tabel E-9. Forskel på samlede omkostninger for basisscenariet og de 19 nye scenarier ved tilladt salgsperiode på 14 dage i forhold til basisscenariet med en tilladt salgsperiode på 31 dage.

For basisscenariet i øverste række ses, at omkostningerne stiger ved både butikssalg, teltsalg, marksalg og under transport, når den tilladte salgsperiode forkortes fra 31 dage til 14 dage (den samlede stigning på omtrent 2.200 kr. kan genfindes i Tabel E-4). Det er dog interessant, at flere af scenarierne viser en reduktion af de samlede omkostninger ved en samtidig ændring af den tilladte salgsperiode og de tilladte fyrværkerimængder. F.eks. ses af scenarie 14, at de samlede årlige omkostninger forventes af falde med ca. 24.000 kr. hvis den tilladte salgsperiode forkortes til 14 dage samtidig med, at der tillades 25 kg NEM ved salgsdisken ved butikssalg og 75 kg NEM i lagerlokalet.

For fuldstændighedens skyld er ændringen i samlede omkostninger ved en reduktion af den tilladte salgsperiode fra 31 dage til 7 dage vist i Tabel E-10.

Tilladt salgsperiode: 7 dage		Butikssalg	Teltsalg	Marksalg	Transport	Samlet
Samlede omkostninger - forskel til basisscenarie [Kr pr. år]	Basis	24	628	709	9.440	10.801
	Scenarie 1	86	630	709	-4.236	-2.812
	Scenarie 2	28	638	709	-11.268	-9.893
	Scenarie 3	89	639	710	-16.687	-15.249
	Scenarie 4	24	876	709	8.604	10.213
	Scenarie 5	24	678	709	4.087	5.497
	Scenarie 6	24	926	709	3.542	5.201
	Scenarie 7	24	628	998	8.934	10.584
	Scenarie 8	24	628	730	9.977	11.359
	Scenarie 9	24	628	1019	9.694	11.365
	Scenarie 10	525	639	710	-16.687	-14.813
	Scenarie 11	30	640	710	-20.437	-19.057
	Scenarie 12	92	641	710	-23.234	-21.792
	Scenarie 13	40	641	710	-20.463	-19.072
	Scenarie 14	24	1144	709	7.493	9.369
	Scenarie 15	23	656	709	4.558	5.946
	Scenarie 16	23	1172	708	-1.045	857
	Scenarie 17	24	628	1310	8.470	10.432
	Scenarie 18	24	628	721	6.378	7.752
	Scenarie 19	24	628	1322	5.901	7.876

Tabel E-10. Forskel på samlede omkostninger for basisscenariet og de 19 nye scenarier ved tilladt salgsperiode på 7 dage i forhold til basisscenariet med en tilladt salgsperiode på 31 dage.

Det ses her, at det positive bidrag ved at øge fyrværkerimængderne ved butikssalgene stadig opvejer den stigning i risiko, som påføres ved at reducere den tilladte salgsperiode. Det ses dog også, at risikoen isoleret set for teltsalg og marksalg stiger betragteligt, og at øgede mængder ved disse salgssteder samlet set medfører en øget omkostning og dermed en øget risiko.