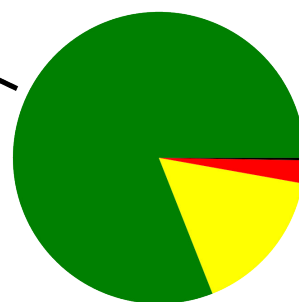
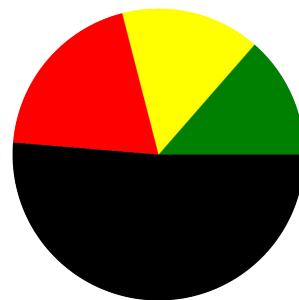
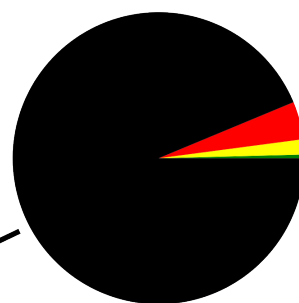
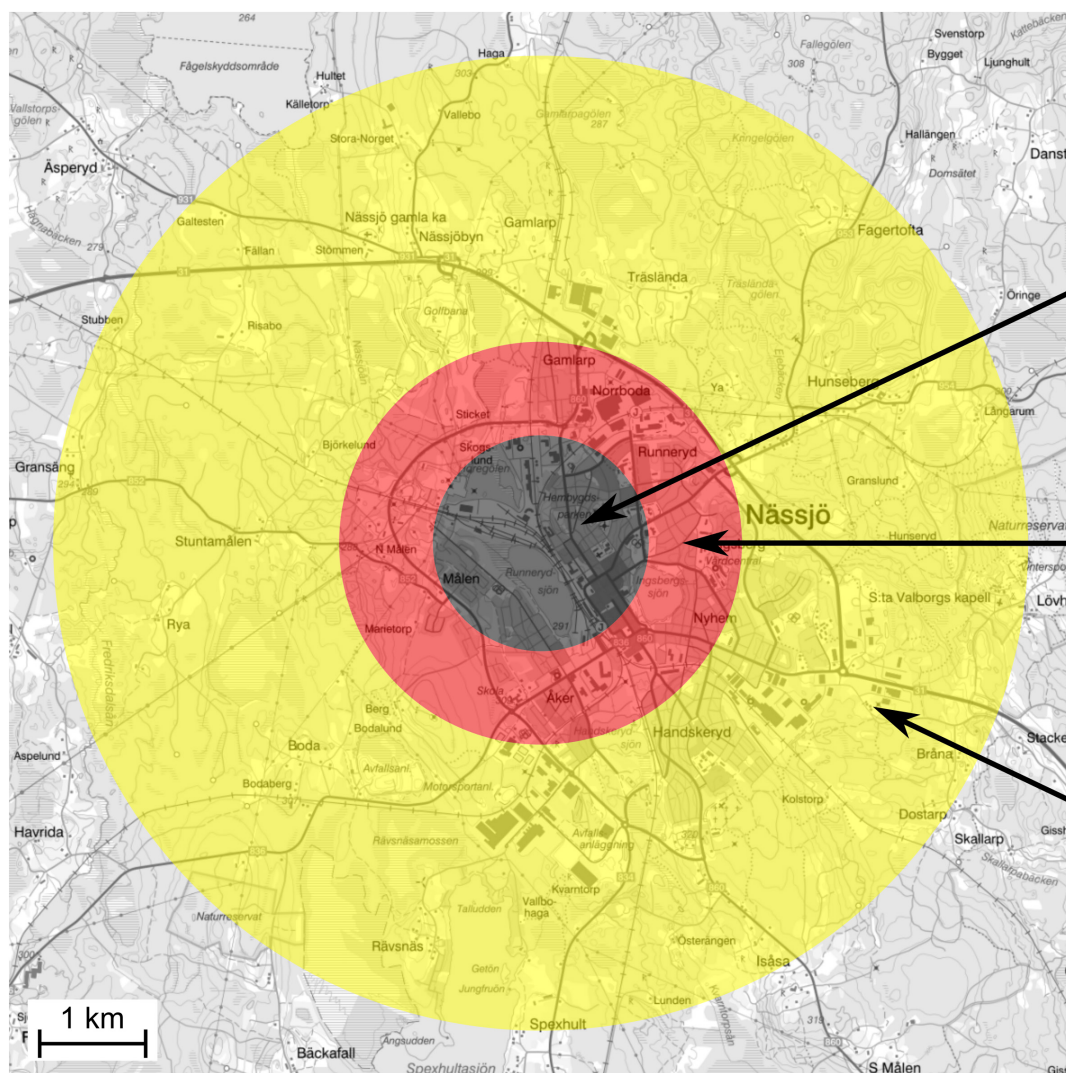


Masskador vid kärnvapenangrepp mot stad

THOMAS FRANSSON, MARTIN GOLIATH, SOFIA SIVERTSSON



Thomas Fransson, Martin Goliath, Sofia Sivertsson

Masskador vid kärnvapenangrepp mot stad

Titel	Masskador vid kärnvapenangrepp mot stad
Title	Mass Casualties from Nuclear Attacks against Cities
Rapportnr/Report no	FOI-R--5884--SE
Månad/Month	februari
Utgivningsår/Year	2026
Antal sidor/Pages	54
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare/Client	Socialstyrelsen och Försvarsdepartementet
Forskningsområde	Vapen, skydd och anläggningar; CBRN
FoT-område	–
Projektnr/Project no	E21640 och A400526
Godkänd av/Approved by	Pernilla Magnusson
Ansvarig avdelning	Vapen, skydd och säkerhet
Exportkontroll	Innehållet är granskat och omfattar ingen information som är underställd exportkontrollagstiftningen.
Bild/Cover	FOI, se figur 2.3 för närmare information.

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22§ i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

Denna rapport är tänkt att utgöra ett kunskapsunderlag kring effekterna av kärnvapen, med särskilt fokus på vårdbehovet till följd av kärnvapenangrepp i anslutning till städer. Illustrerat genom ett exempel uppskattas *skadentfallet* — antalet skadade och döda, och *skadepanoramat* — vilka typer av skador som förekommer. Avsikten är att ge en översiktlig bild av den belastning som sjukvården kan komma att utsättas för vid ett kärnvapenangrepp. Rapporten innehåller också en sammanfattning av åtgärder som kan vidtas av räddningspersonal och enskilda vid ett kärnvapenangrepp.

Nyckelord: Kärnvapenverkan, masskadehändelser, civilt försvar

Summary

This report is intended to give an overview of nuclear weapons effects, with an emphasis on the medical care requirements resulting from nuclear attacks in the vicinity of cities. By using an example, the estimated casualties as well as the types of injuries sustained are illustrated. The intention is to give an overarching picture of the medical care burden resulting from a nuclear attack. The report also summarises possible mitigating actions of responders and population during and after a nuclear attack.

Keywords: Nuclear Weapons Effects, Mass Casualty Situations, Civil Defence

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Scenario	8
1.3	Rapportens disposition	10
2	Händelseförlopp	11
2.1	Brännskador	12
2.2	Skador orsakade av stötvågen	13
2.3	Akuta strålskador	13
2.4	Kombinationsskador	14
2.5	Skadeutfall och skadepanorama	14
3	Markexplosion	19
3.1	Direkta skador vid markexplosion	19
3.2	Nedfall	21
4	Åtgärder vid kärnvapenangrepp	25
4.1	Råd till överlevande	26
4.2	Åtgärder vid räddningsinsats	28
4.3	Diagnosticering, triage och vård	31
5	Sammanfattande slutsatser	35
6	Bilagor	41
6.1	Vapeneffekter för olika laddningsstyrkor	41
6.1.1	Skadepanorama i måttligt byggnadsskadad zon	41
6.2	Olika variationer av angreppsfallet	44
6.2.1	Förvarning	44
6.2.2	Olika befolkningsfördelningar	45
6.3	Bränder	45
6.4	Metodik	46
6.4.1	Befolknings- och skyddsfördelning	46
6.4.2	Modellering av skadeutfall	46
	Referenser	51

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Socialstyrelsen fick 2022 i uppdrag av regeringen att ta fram nyckeltalsberäkningar för dimensionerande målbilder som kan ligga till grund för hälso- och sjukvårdens planering för civilt försvar [1]. Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) bistår Socialstyrelsen i detta uppdrag, vilket bland annat har resulterat i underlag till bedömning av massskadeutfall på civilbefolkning till följd av konventionell långräckviddig bekämpning [2, 3], och nyckeltal vid anfall med massförstörelsevapen [4]. Föreliggande rapport undersöker hur skadeutfall och skadepanorama kan se ut vid kärnvapenangrepp mot en mindre stad.

Förutsättningarna för att Sverige skulle utsättas för ett militärt angrepp är svåra att bedöma. För att vägleda kring totalförsvarets inriktning, har därför Försvarmakten och Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) ¹ gemensamt tagit fram ett dokument som utgör grunden för Sveriges planering och utveckling av totalförsvaret [5]. Där formuleras sju typsituationer som totalförsvaret ska kunna hantera parallellt:

1. Hybrida hot.
2. Världsstöd.
3. Begränsat anfall mot norra Sverige.
4. Anfall mot Gotland.
5. Fjärrangrepp.
6. Förstärkning av alliansens norra flank.
7. Förstärkning av alliansen i Baltikumområdet.

Typsituationerna tar fasta på att Sverige är medlem i försvarsalliansen Nato, och som sådan utgör del av det bakre området vid en större konflikt med Ryssland.

Huruvida dessa typsituationer skulle kunna innefatta angrepp med kärnvapen är svårt att säga med bestämdhet, och är ytterst en fråga om motståndarens val av medel för att uppnå ett för dem önskvärt mål. Vi kan dock konstatera att Ryssland har ett anseeligt antal kärnvapen till sitt förfogande, samt besitter en stor variation av vapensystem med olika räckvidder, som kan förmodas vara kärnvapenkapabla [6, 7]. Detta i sig innebär att Sveriges planering av totalförsvaret även måste innefatta hantering av kärnvapenangrepp.

¹Den 1:a januari 2026 bytte MSB namn till Myndigheten för Civilt Försvar.

1.2 Scenario

Hur ett kärnvapenangrepp genomförs, till exempel avseende antal vapen och med vilka laddningsstyrkor och explosionshöjder, är också svårt att veta med bestämdhet eftersom det ytterst är ett beslut av angriparen. FOI har tidigare tagit fram ett antal kärnvapenfall som kan användas för totalförsvarsplanering [8, 9].

I ett tidigare uppdrag för MSB har FOI skapat ett scenario avsett för planering inom räddningstjänst, där ett kärnvapenangrepp sker mot en hamn i en mindre stad — Nynäshamn [10]. Scenariot gick inte närmare in på varför angreppet sker och varför motståndaren väljer att använda kärnvapen. En förklaring skulle kunna vara att det är hamnen eller militär förmåga i anslutning till denna som utgör målet för angreppet, och att motståndaren bedömt att sannolikheten för framgång inte är tillräckligt hög vid ett angrepp med konventionella medel. Oaktat detta blev konsekvenserna för civilbefolkningen i den närliggande staden katastrofala, med tiotusen omedelbart döda, och tusentals svårt skadade.

Scenariot i denna rapport har valts utifrån ett antal utgångspunkter:

- Scenariot ska kännas någorlunda trovärdigt och relevant för aktörer främst inom vård, oavsett region i Sverige.
- Civilbefolkningen är inte huvudsakligt mål, men civilas närhet till målet medför svåra konsekvenser.
- Scenariot ska inte återupprepa tidigare scenarier med kärnvapen, till exempel det redan omnämnda "Nynäshamnsfallet". Därigenom ger olika scenarier sammantaget en bred bild av händelseförlopp och konsekvenser vid kärnvapenangrepp.

Avseende motståndarens val av mål har vi alltså valt att utgå från att det inte är fråga om terrorangrepp mot civilbefolkningen, men att målet befinner sig i anslutning till en stad. Vad som kan vara relevanta mål som dessutom kan föranleda angrepp med kärnvapen är som sagt svårt att bedöma. För att vägleda i den regionala planeringen, exemplifierar vi här mål inom några tänkbara kategorier:

- **Militära mål:** marinbas, flygbas, koncentration av materiel och personal.
- **Civil och militär ledning:** hårdgjord ledningsplats.
- **Infrastruktur:** hamn, flygplats, energiproduktion, knutpunkt för järnväg, bro.
- **Större industri.**

I denna rapport väljer vi att exemplifiera med ett kärnvapenangrepp mot en knutpunkt för järnväg, belägen i anslutning till en mindre stad — Nässjö (figur 1.1). Det är viktigt att poängtera att detta val inte bygger på något särskilt identifierat hot mot just Nässjö, utan är tänkt att kunna vara ett exempel som är en relevant utgångspunkt oavsett region i landet.

Några ytterligare antaganden för detta scenario är:

- Kärnvapenangreppet sker utan förvarning i form av en luftexplosion på 320 m höjd med laddningsstyrka 10 kiloton.



Figur 1.1: Karta över Nässjö (10 × 10 km). Nollpunkten (punkten på jordytan rakt under explosionen) är markerad med en röd stjärna. Karta från Lantmäteriet.

- Angreppet sker under dagtid, med cirka halva befolkningen i eller nära sin bostad, medan övriga befinner sig på sitt jobb, i skolor eller i centrum.
- Väderförhållandena är klart väder och god sikt. Det råder stabil västlig vind med vindhastighet 24 km/h (6,7 m/s).

Genom att välja en luftexplosion kommer skadeverkningarna från den stötvåg som explosionen genererar att maximeras, samtidigt som det radioaktiva nedfallet blir försumbart. För scenariots del innebär det att vi kan fokusera på masskadeutfallet från de direkta effekternas skadeverkningar, som sker omedelbart i anslutning till explosionen. Det innebär även att scenariot skiljer sig från det redan nämnda "Nynäshamnsfallet", som var en markexplosion.

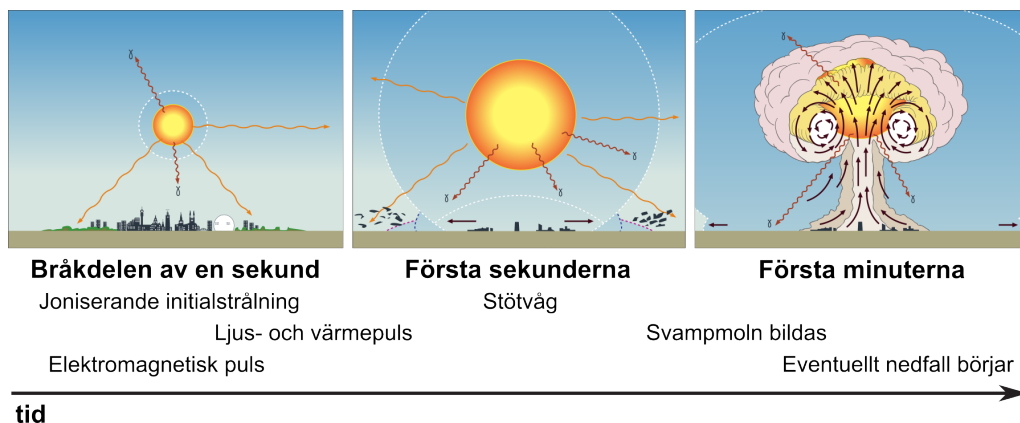
För en allmän orientering kring kärnvapen, se [11]. En standardreferens för kärnvapenverkan är [12]. Denna referens, tillsammans med [13, 14] är de underlag som främst har använts i vår modellering. En mer uttömmande beskrivning av metoden kommer att ges i en separat rapport [15].

1.3 Rapportens disposition

Denna inledning (avsnitt 1) ger bakgrunden till uppdraget, samt motiven bakom valet av scenario. I avsnitt 2, *Händelseförlopp*, beskrivs händelseförloppet vid en kärnvapenexplosion, de olika verkansformerna och dessas effekter. Skadeutfall och skadepanorama för det beskrivna scenariot redovisas också. I *Markexplosion* (avsnitt 3) beskrivs hur förutsättningarna förändras om scenariot varieras till att vara en markexplosion med kärnvapen. Några tankar angående åtgärder och agerande vid en kärnvapenexplosion har sammanställts i avsnitt 4, *Åtgärder vid kärnvapenangrepp*. Sammanfattande slutsatser med de viktigaste resultaten ges i avsnitt 5. Bakgrundsmaterial har samlats i ett antal bilagor i avsnitt 6.

2 Händelseförlopp

En kärnvapenexplosion frigör en mycket stor mängd energi inom en förhållandevis liten volym. I detta scenario är kärnladdningen på 10 *kiloton* (kt) vilket innebär att energin som frigörs i explosionen motsvarar energin när 10 000 ton konventionellt sprängämne av typen TNT exploderar. Som jämförelse är detta ungefär samma storlek som de kärnvapen som fälldes över Hiroshima och Nagasaki. Explosionen hettar upp den omgivande luften kraftigt, vilket ger upphov till ett mycket hett eldklot. Temperaturen vid eldklotets yta liknar temperaturen på solens yta, vilket gör att eldklotet liksom solen lyser starkt, både som synligt ljus och som värmestrålning. Det starka ljuset kan ge övergående bländning som typiskt bara varar några minuter, samt eventuellt ögonskador för den som tittar direkt på kärnladdningen när den exploderar. Tillfällig blindhet till följd av bländning förekommer dock även långt ut från nollpunkten, vilket exempelvis kan ge trafikolyckor även i områden där de direkta skadeverkningarna av explosionen förväntas vara små [16, 17]. Värmestrålningen från eldklotet kan ge svåra brännskador och då den i vårt scenario bara varar i en dryg sekund är det också svårt att skydda sig mot den om man inte blir förvarnad. Värmestrålningen från eldklotet kan även tända eld på tunna material såsom kläder och torrt gräs, samt även föremål inomhus via fönster, såsom papper och gardiner.



Figur 2.1: Tidsförlopp vid kärnvapenexplosion. De olika verkansformernas uppkomst är angivna.

Kärnreaktionerna i kärnvapenexplosionen ger även upphov till joniserande strålning, dels genom joniserande strålning som strålar ut från explosionspunkten och dels genom bildandet av radioaktiva dotteratomer. I det primära scenariot vi studerar här sker explosionen tillräckligt högt upp för att det radioaktiva material som bildas inte ska blandas med markmaterial. Det gör att de radioaktiva partiklarna blir mycket små, och därmed sprids ut över en så stor yta att de inte någonstans ger upphov till farliga strålnivåer.²

I detta scenario är därmed den direkta joniserande strålningen som strålar ut från explosionspunkten den enda signifikanta källan till strålskador. Detta sker huvudsakligen genom de skador som uppstår när den joniserande strålningen från explosionspunkten strålar genom människokroppen, vilket inträffar i princip samtidigt med explosionen.

²Nederbörd kan dock "tvätta ur" radioaktivitet ur explosionsmolnet, och därmed orsaka lokalt nedfall även vid en luftexplosion.

Denna joniserande strålning innehåller även neutroner vilka kan interagera med atomkärnor i marken och göra dessa radioaktiva; detta brukar kallas för neutroninducerad aktivitet. Hur mycket radioaktivitet denna effekt ger upphov till beror starkt på vilka ämnen som finns vid markytan. För svensk normaljord är dock den neutroninducerade aktiviteten bara viktig i området som är såpass nära explosionspunkten att vi där endast kan förvänta oss överlevande om de befinner sig i bra skydd, såsom skyddsrum, vilka även ger ett bra skydd mot neutroninducerad aktivitet. Den neutroninducerade aktiviteten klingar också av snabbt, inom 1-2 dygn, och man kan fråga sig om räddningstjänsten har anledning och/eller möjlighet att närma sig den mest utsatta zonen tidigare än så (se vidare avsnitt 4).

Den tredje stora verkansformen är den stötvåg som explosionen ger upphov till. Precis som för konventionella sprängämnen ger kärnvapen upphov till en stötvåg, med den skillnaden att stötvågen från ett kärnvapen är kraftigare och mer utdragen. Stötvågen rör sig betydligt långsammare än ljusets hastighet och kommer till exempel anlända några sekunder senare till ett område en kilometer bort än exempelvis ljusblixten och värmestrålningen. Människor är ganska tåliga mot övertryck så den främsta skademekanismen för människor av stötvågen är husras, samt kringflygande föremål och splitter, särskilt glassplitter.

Förloppet för en kärnvapenexplosion illustreras i figur 2.1, som visar tidsförloppet där den joniserande initialstrålningen samt ljus- och värmestrålningen når de drabbade i princip omedelbart. Värmestrålningen pågår någon sekund och följs sedan av stötvågen några sekunder senare. Även den elektromagnetiska pulsen når det drabbade området i princip omedelbart, men dess skadeverkningar drabbar elektronik, inte människor.

2.1 Brännskador

Brännskador uppstår dels genom att människor träffas direkt av värmestrålningen och dels av de bränder som värmestrålningen startar. Även stötvågen kan ge upphov till sekundära bränder till följd av husras, men troligen är detta en mindre viktig effekt.

Värmestrålningen kan ge svåra brännskador hos de som träffas direkt av den, även genom fönster. Brännskador kan även uppstå genom att värmestrålningen tänder eld på kläderna, eller genom att kläder av syntetmaterial smälter fast på huden. Hur många som träffas av värmestrålningen på detta sätt beror starkt på hur terrängen ser ut samt var människor befinner sig vid explosionsögonblicket. Till exempel är en person inomhus betydligt mer skyddad mot värmestrålningen än någon som befinner sig utomhus.

Många små bränder startas av värmestrålningen då den antänder tunna material såsom kläder, gardiner, papper och möbeltyg men typiskt inte tjockare material såsom husväggar. I hur stor utsträckning dessa små bränder utvecklas till stora bränder är svårt att förutse, se bilaga 6.3. Särskilt bränder utomhus, såsom i skog och gräs, är helt avhängiga väderlek och årstid. Möjligheten att starta en skogsbrand en varm sommardag eller en regnig dag i november skiljer sig åtskilligt.

Viss insikt om brännskador kan fås från kärnvapenangreppen mot Hiroshima och Nagasaki i Japan i slutet av andra världskriget, vilka hade liknande laddningsstyrkor och explosionshöjder som i det scenario som presenteras här. Efter kärnvapenexplosionerna över dessa städer var en stor andel av skadorna hos de överlevande brännskador, men det

bedömdes att bara en liten andel av dessa var från bränder [16]. Anledningen till detta tros vara att det tog ett tag för de små bränderna att bli stora vilket gjorde att de som inte var svårt skadade typiskt hann undan, medan de som var för svårt skadade för att fly dog av bränderna. Bränder ökade därmed antalet döda snarare än antalet skadade, vilket antagligen förstärktes av att det inte förekom någon egentlig räddningsverksamhet.

2.2 Skador orsakade av stötvågen

I likhet med en explosion orsakad av konventionellt sprängämne, kommer en kärnvapenexplosion att ge upphov till en tryckvåg som breder ut sig — stötvågen. Eftersom den frigjorda mängden energi är många storleksordningar större, blir stötvågen betydligt kraftigare än vid en typisk explosion. Övertryckets varaktighet kommer också att vara längre, vilket betyder att impulsen (tryckbelastningen över tid) blir större för ett givet maximalt övertryck. Det innebär att stötvågsverkan från en kärnvapenexplosion delvis skiljer sig från effekterna från konventionella explosioner.

Stötvågen orsakar främst skador på människa genom husras och kringflygande föremål. Denna del av skadepanoramat är den del som mest påminner om skadorna från konventionella vapen. Av skador från kringflygande föremål har glassplitter en särställning då detta kan orsaka skada även förhållandevis långt från explosionspunkten. I jämförelse med dessa stötvågseffekter är människor förhållandevis tåliga mot övertryck, vilket gör att de som skadas direkt av övertrycket typiskt är så nära explosionen att de avlider av andra skäl. Andra skademekanismer är tumling och kast mot exempelvis väggar. Ett sätt att delvis skydda sig mot detta är att lägga sig ner innan stötvågen kommer för att minska förflyttning och sannolikheten för att träffas av flygande föremål.

2.3 Akuta strålskador

Då vi i detta fall studerar en luftexplosion orsakas de akuta strålskadorna huvudsakligen av den joniserande strålning som strålar ut direkt från explosionspunkten. Dessa strålskador sker direkt i samband med explosionsögonblicket, vilket innebär att enda sättet att skydda sig mot strålningen är att söka skydd innan explosionen sker. Det innebär också att den strålskadade personen själv inte är radioaktiv och inga sanerings- eller andra försiktighetsåtgärder behöver därför vidtas. För att symtom på akut strålskada (ofta även benämnd akut strålsjuka eller *acute radiation syndrome*, ARS) ska uppstå krävs att individen erhållit en helkroppsdos³ överstigande ca 1 Gy. Är dosen högre än ca 4–8 Gy är den oftast dödlig, men adekvat medicinsk specialistbehandling kan markant förbättra prognosen.

Om personen erhållit en extremt hög stråldos (tiotals Gy) kommer det omgående ge symtom från centrala nervsystemet såsom påtaglig trötthet och medvetandesänkning, koordinationssvårigheter, hudrodnad, andningssvårigheter, skakningar och kramper, utöver kraftigare varianter av de symtom som förekommer även vid lägre stråldoser. Detta följs av fortsatta tydliga symtom på strålskador tills döden inträder inom timmar

³I denna rapport anges stråldos i gray (Gy), snarare än dosekvivalent i sievert (Sv). Detta eftersom vi betraktar deterministiska, akuta strålskador, och inte stokastiska skador på sikt. För detta ändamål är värden i Gy och Sv att betrakta som likvärdiga.

till dagar [12, 18–22]. Av de som är svårt, eller t.o.m. dödligt, strålskadade är det dock troligtvis betydligt fler vars stråldos är sådan att de initiala symtomen är förhållandevis milda såsom illamående, kräkning och diarré. I denna grupp följer sedan typiskt en latensfas då personen, trots strålskadan, mår förhållandevis bra i dagar till veckor för att sedan åter insjukna med exempelvis feber, diarré och senare inre blödningar. I allmänhet ger en allvarligare strålskada tydligare symtom och kortare latensfas [12, 18, 19], se även figur 4.3. Att de mer allvarliga symtomen ofta är fördröjda gör det svårt att initialt överblicka omfattningen av akuta strålskador, även om de subkliniska förändringarna i blodet under latensfasen är mätbara [18, 19]. Akuta strålskador diskuteras även i avsnitt 4.3.

2.4 Kombinationsskador

Många av de skadade från en kärnvapenexplosion drabbas av mer än en typ av skada. Samma individ kan ha fått både brännskador, akuta strålskador samt skador orsakade av husras och splitter, vilket komplicerar omhändertagandet. Även en strålskada som i sig inte är tillräcklig för att ge symtom på akut strålskada kan ändå påverka immunförsvaret negativt. Detta kan ha stor betydelse om personen löper hög risk att drabbas av infektioner, till exempel om de även ådragit sig en svår brännskada [19, 22].

Tabell 2.2 nedan visar skadepanoramats för rapportens scenario. Att det är förhållandevis få måttligt skadade med multipla skadetyper kommer av de med flera skadetyper sannolikt har någon typ av svår skada, vilket gör att de istället klassas som svårt skadade överlag. En person som har ådragit sig minst två svåra skador klassas som kritiskt skadad eller död, vilket gör att många av de med multipla skador hamnar i den kategorin, se avsnitt 6.4.2.

2.5 Skadeutfall och skadepanorama

Efter ett kärnvapenangrepp liknande det som presenteras här är förödelsen nära explosionen mycket stor och överlevande nära nollpunkten kan bara förväntas om de befinner sig i mycket bra skydd. Eftersom vi tänker oss att explosionen sker utan förvarning, är det i detta fall inte meningsfullt att dirigera räddningsinsatser mot området närmast nollpunkten. Effekterna av kärnvapenexplosionen avtar dock snabbt med avstånd och längre ut finns ett förhållandevis stort ringformat område där vi främst förväntar oss att personerna antingen är oskadda eller lindrigt till måttligt skadade, se gult område i figur 2.2. Området där räddningsinsatser kan göra störst skillnad är i det ringformade området mellan dessa två regioner, då det är där det kommer att finnas flest måttligt och svårt skadade, se rött område i figur 2.2.⁴

Hur stora dessa områden kommer att bli är främst beroende av laddningsstyrka, men påverkas även av explosionshöjd och topografi. Kärnvapnets laddningsstyrka kan inte förväntas vara känd i ett initialskede, vilket gör att rekommendationerna till räddningstjänsten behöver baseras på något annat. I stadsmiljö kan graden av byggnadsskador ge

⁴Kategoriseringen i måttliga och svåra skador baserar sig i huvudsak på indelningen i tjänstbarheter i [13], och kommer att diskuteras närmare i en kommande rapport [15].

en god indikation och vi väljer därför, som i [17, 23, 24], att dela in området i följande tre zoner baserat på stötvågens skadeverkningar:

- Svårt byggnadsskadad zon: Området längst in där nästan alla byggnader har rasat.⁵
- Måttligt byggnadsskadad zon: Område utanför svårt byggnadsskadad zon där bebyggelsen är delvis raserad.⁶
- Lindrigt byggnadsskadad zon: område utanför måttligt byggnadsskadad zon med mycket utspritt material samt skador på byggnader, men där de flesta byggnader till största del ändå står kvar.⁷

Zonindelning, med tillhörande förklaringar, för vårt scenario visas i figur 2.2. Där visas även några exempelradier för neutroninducerad aktivitet och brand. Brand utomhus beror starkt av väder och luftfuktighet och därmed av årstid. Inomhus är temperatur och luftfuktighet mer konstant, men däremot skiljer det kraftigt mellan olika föremål och material hur lättantändliga de är. Tunna föremål såsom pappersark och tunna gardiner är betydligt mer lättantändliga än tjockare föremål, men de brinner också kortare tid vilket minskar sannolikheten att branden sprider sig. Mörka föremål antänds lättare då de absorberar mer av värmestrålningen och moderna syntetmaterial är typiskt mer lättantändliga än naturmaterial. Denna variation i brandbildning gör att vi förväntar oss enstaka bränder även förhållandevis långt ut från explosionen, men att bränder blir betydligt vanligare närmare explosionspunkten.

Skadeutfallet för vårt scenario med 10 kt luftexplosion dagtid och utan förvarning i närheten av centrala Nässjö visas i tabell 2.1 samt illustreras i figur 2.3. Som synes förväntas de flesta i den svårt byggnadsskadade zonen vara kritiskt skadade eller döda. Utöver det som listas i tabell 2.1 kommer nästan samtliga i den svårt byggnadsskadade zonen vara kritiskt strålscadade, utom en mindre andel svårt strålscadade som befann sig i betonghus eller källare i zonens utkanter. Den joniserande initialstrålningen avtar dock snabbt med avstånd och i den yttre delen av den måttligt byggnadsskadade zonen förväntar vi oss i det här scenariot inga svåra strålscador. Uppskattningar av skadepanoramat hos initialt överlevande visas i tabell 2.2.⁸ Det kan vara värt att notera att modellering av brännskador är behäftad med stora osäkerheter, till stor del för att det är svårt att förutse hur många som skuggas och därmed inte träffas direkt av värmestrålningen. Till exempel var andelen brännskadade bland de initialt överlevande efter Hiroshima och Nagasaki [16, 25] betydligt större än i vårt scenario, vilket delvis kan förklaras med att dessa anfall skedde över städer med låg bebyggelse på varma sommardagar då många var utomhus [12].

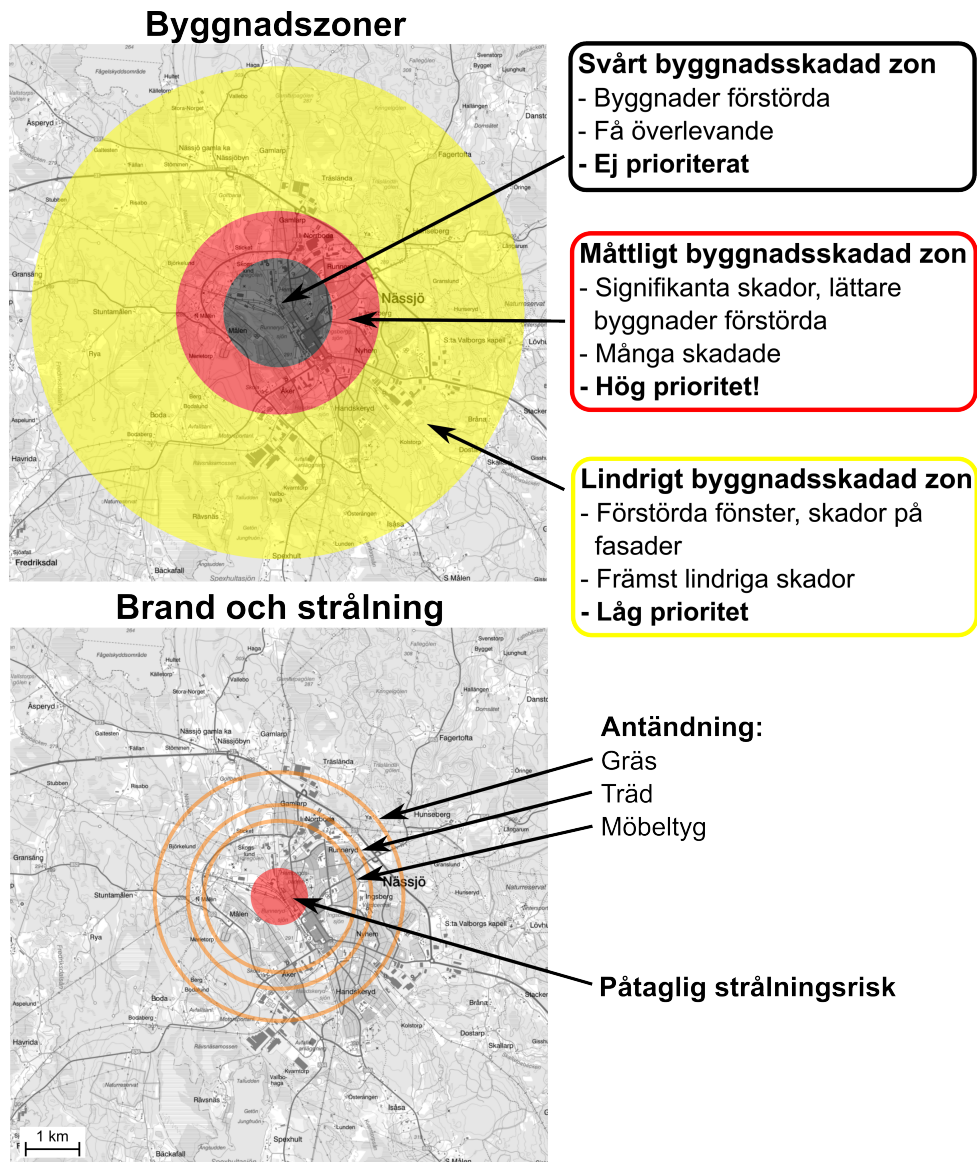
Stötvågen kan även radera broar och välta träd. Det förväntade utfallet för skog liknar det för byggnader då vi väntar oss att de flesta träd har vält i den inre delen av den måttligt byggnadsskadade zonen, medan de flesta träden förväntas stå kvar i den yttre delen. Raserade broar förväntas framför allt i den svårt byggnadsskadade zonen, medan skadade broar sträcker sig lite längre ut, med viss variation beroende på brokonstruktion. Rasmassor, omkullvälda träd och lämnade fordon kommer att försvåra framkomligheten. Även bränder förväntas förekomma i den måttligt byggnadsskadade zonen.

⁵Definierad som ett maximalt övertryck av minst 50 kPa.

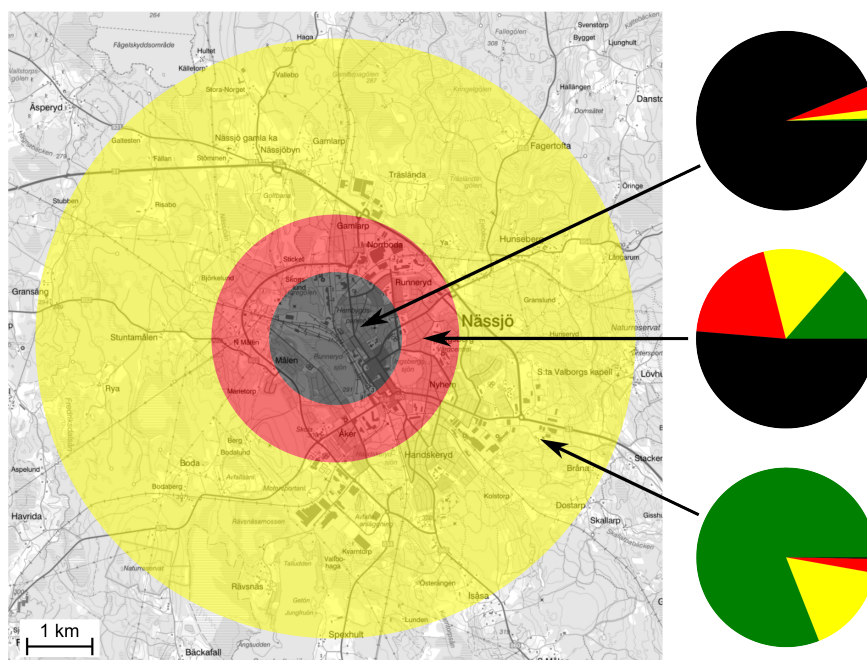
⁶Definierad som ett maximalt övertryck av mellan 20 och 50 kPa.

⁷Definierad som ett maximalt övertryck av mellan 5 och 20 kPa.

⁸Hur detta varierar för olika laddningsstyrkor illustreras i en av bilagorna, se figur 6.2.



Figur 2.2: Skadezoner baserade på byggnadsskador (övre figuren), samt områden där radiologiska risker och branduppkomst förekommer (nedre figuren). Genom att koppla zonerna till byggnadsskador, kan omgivningen ge räddningspersonal en visuell uppfattning om i vilken zon man befinner sig. Avstånden för möjlig branduppkomst är under antagande om torrt väder, och ger därmed en uppfattning om maximala avstånd för antändning. Det bör också påpekas att bränder inte uppkommer i de angivna materialen över hela den angivna ytan. Området för strålningsrisk avser neutroninducerad radioaktivitet i mark och byggnadsmaterial, där doshastigheten en timme efter explosionen är minst 0,1 Gy/h. Eftersom det i scenariot är fråga om en luftexplosion, är radioaktivt nedfall försumbart. Karta från Lantmäteriet.



Figur 2.3: Skadezoner vid luftexplosion. Cirkeldiagrammen indikerar relativa skadeutfallet inom respektive zon. Grönt: oskadade/lindrigt skadade (O/LS), gult: måttligt skadade (MS), rött: svårt skadade (SS), samt svart: kritiskt skadade/döda (KS/D). Karta från Lantmäteriet.

Tabell 2.1: Skadeutfall vid luftexplosion. Antalet skadade och döda redovisas för de olika skadezonerna; även illustrerat i figur 2.3. De skador som medtagits är rasskador, skador från glassplitter, samt brännskador från värmestrålningen. Ett mindre antal (50) personer med omedelbart dödliga stråldoser ingår bland de döda, men övriga, ej omedelbart dödande, akuta strålskador ingår inte; dessa redovisas istället i skadepanoramats, se tabell 2.2. Den totala befolkningen är 18 700 personer. Förkortningarna är O/LS: oskadade/lindrigt skadade, MS: måttligt skadade, SS: svårt skadade, samt KS/D: kritiskt skadade/döda.

Område	O/LS	MS	SS	KS/D	Totalt
Svårt byggnadsskadad zon	30	125	310	6 950	7 415
Måttligt byggnadsskadad zon	1 025	1 165	1 485	3 875	7 550
Lindrigt byggnadsskadad zon	3 025	605	95	10	3 735
Totalt	4 080	1 895	1 890	10 835	18 700

Tabell 2.2: Skadepanorama vid luftexplosion. Antalet personer med viss typ av skador redovisas för de olika skadekategorierna. Procentvärdena är relativt de totala antalen i tabell 2.1. Svår strålskada avser här en stråldos om 2-6 Gy, och motsvarande för kritisk strålskada är 6-50 Gy (stråldoser däröver betraktas som omedelbart dödande). Förkortningarna för skadekategorierna är O/LS: oskadda/lindrigt skadade, MS: måttligt skadade, samt SS: svårt skadade. Notera att skadekategorierna bestäms av rasskador, skador från glassplitter och brännskador, samt att en person med flera skadetyper räknas i flera kategorier (och summan av procentsatserna därmed blir över 100 %), se avsnitt 6.4.2. För mer än en svår skada klassas personen som kritiskt skadad/död, och ingår därmed inte i kategorin multipla skador. Personer med akuta strålskador av olika grad förekommer i alla skadekategorierna.

	O/LS	MS	SS
Rasskador	-	1 070 (57 %)	1 535 (81 %)
Glassplitter	-	725 (38 %)	495 (26 %)
Brännskador	-	270 (14 %)	380 (20 %)
Multipla skadetyper	-	175 (9 %)	515 (27 %)
Svår strålskada	75 (2 %)	150 (8 %)	290 (15 %)
Kritisk strålskada	35 (1 %)	145 (8 %)	350 (19 %)

3 Markexplosion

Det scenario som har använts i denna rapport är baserat på en luftexplosion, vilket medför att nedfallet och den därmed förknippade kvarvarande strålningen i huvudsak är försumbar. Ett skäl för detta val är att ge ett representativt exempel på möjlig kärnvapen användning. Dessutom är det önskvärt att visa på variationen jämfört med det tidigare framtagna "Nynäshamnshellet" [10], samt att belysa att kärnvapen användning inte behöver innebära nämnvärd nedfallsproblematik. Det ger också tydlighet till det katastrofala direkta skadeutfallet som kan resultera från ett kärnvapenangrepp vid en stad.

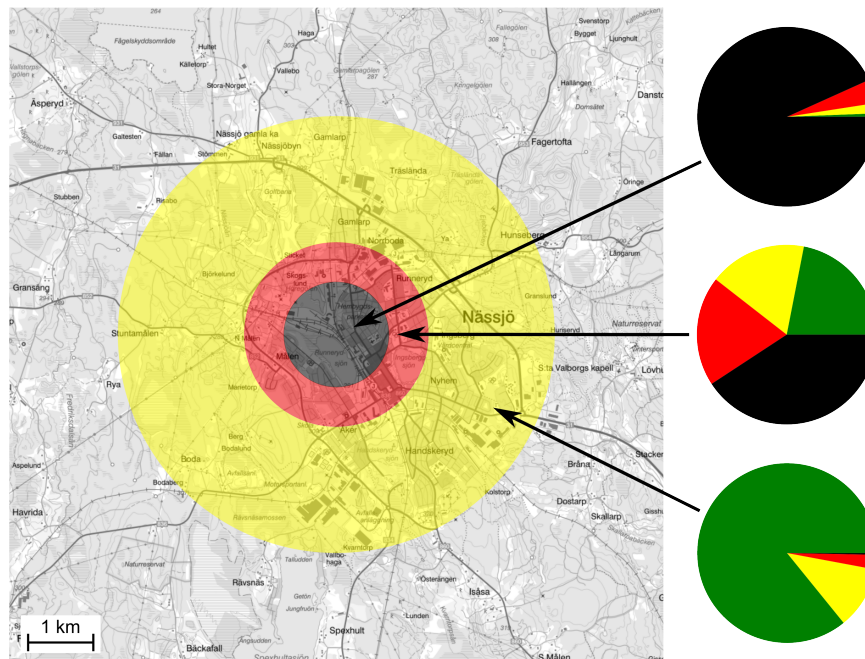
I detta avsnitt berör vi kortfattat hur konsekvenserna skulle kunna bli om scenariot varierar till att vara en markexplosion istället för en luftexplosion; laddningsstyrkan är oförändrat 10 kiloton, och nollpunkten, se figur 1.1, är densamma. Faror från nedfallet diskuteras på sida 23 till 24.

3.1 Direkta skador vid markexplosion

Som beskrivits i avsnitt 2, innefattar de direkta effekterna från en kärnvapenexplosion flera olika verkansformer. Stötvågen raserar byggnader och kastar omkring föremål, vilket även orsakar omfattande skador på människor. Värmepulsens kan ge brännskador samt starta bränder. Strålningen direkt från kärnreaktionerna (joniserande initialstrålning) kan ge upphov till strålskador. Gemensamt för stötvåg och värmepuls är att dessa verkansformer kommer att ha kortare räckvidd vid en markexplosion, jämfört med en luftexplosion av samma styrka: stötvågen eftersom den inte längre får samverkan med den del av stötvågen som reflekteras mot marken, och värmepulsens eftersom siktlinjen blir mer skyddad vid markexplosion [26]. För initialstrålningen får man en viss dämpning av strålningen till följd av byggnader och andra hinder, men eftersom dämpningen redan i luft är påtaglig motverkas denna effekt av att geometriska avståndet till en given punkt på markytan minskar.

Konsekvensen av ovanstående är att stötvågens verkansavstånd minskar till ungefär 75 % av motsvarande avstånd för luftfallet, vilket innebär att den påverkade ytan på marken minskar till att vara 60 % av ytan för luftfallet. Skadezonerna för markexplosion blir därför mindre än för motsvarande luftexplosion (jämför figur 2.3 och 3.1). För värme-strålningen är minskningen ännu påtagligare: verkansavståndet är bara drygt 70 % och ytan drygt 50 % av motsvarande för luftfallet (notera att detta dessutom inte inkluderar effekterna av skuggning [26]). Verkan av initialstrålningen är ungefär densamma.

Sammantaget medför detta att det direkta skadeutfallet för markexplosion kommer att vara lägre (jämför tabell 2.1 och 3.1). Avseende skadepanoramat kommer det att innehålla fler skadade med strålskador från den joniserande initialstrålningen (i fallet med luftexplosion skulle många av dessa dödas direkt, främst av stötvågen), och enbart ett fåtal av de överlevande kommer att ha drabbats av brännskador (jämför tabell 2.2 och 3.2).



Figur 3.1: Skadezoner vid markexplosion. Cirkeldiagrammen indikerar relativa skadeutfallet inom respektive zon på samma sätt som för luftfallet, jämför figur 2.3. Karta från Lantmäteriet.

Tabell 3.1: Skadeutfall vid markexplosion. Antalet skadade och döda redovisas för de olika skadezonerna på samma sätt som för luftfallet, jämför tabell 2.1. Skadeutfallet är även illustrerat i figur 3.1. Ett mindre antal (190) personer med omedelbart dödliga stråldoser ingår bland de döda. Notera att färre befinner sig i markexplosionens skadezoner (eftersom zonerna är mindre än för fallet luftexplosion) och antalet personer summerar därmed inte upp till 18 700.

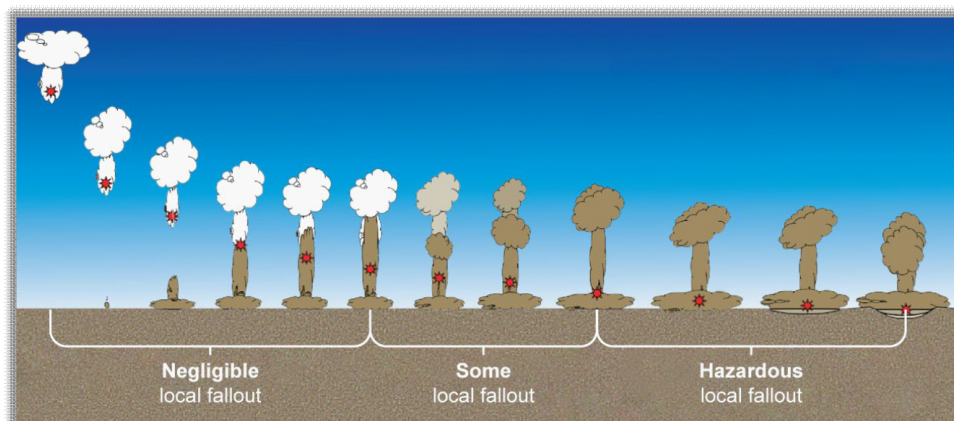
Område	O/LS	MS	SS	KS/D	Totalt
Svårt byggnadsskadad zon	30	90	210	4 570	4 900
Måttligt byggnadsskadad zon	1 525	1 220	1 375	2 835	6 955
Lindrigt byggnadsskadad zon	5 700	745	175	20	6 640
Totalt	7 255	2 055	1 760	7 425	18 495

Tabell 3.2: Skadepanorama vid markexplosion. Antalet personer med viss typ av skador redovisas för de olika skadekategorierna på samma sätt som för luftfallet, jämför tabell 2.2.

	O/LS	MS	SS
Rasskador	-	1 240 (60 %)	1 500 (85 %)
Glassplitter	-	925 (45 %)	530 (30 %)
Brännskador	-	0 (0 %)	5 (0.3 %)
Multipla skadetyper	-	105 (5 %)	275 (16 %)
Svår strålskada	365 (5 %)	415 (20 %)	450 (26 %)
Kritisk strålskada	180 (2 %)	395 (20 %)	645 (37 %)

3.2 Nedfall

En avgörande skillnad mellan mark- och luftexplosion är att markfallet kommer att medföra avsevärt radioaktivt nedfall i direkt anslutning till explosionen, samt i vindriktningen. Figur 3.2 illustrerar nedfallets beroende av explosionshöjden, samt hur svampmolnets utseende kan ge en indikation på typ av explosion.



Figur 3.2: Explosionshöjdens inverkan på uppkomsten av lokalt radioaktivt nedfall. De röda symbolerna anger var explosionen sker i respektive fall. Höga explosionshöjder medför att de radioaktiva vapenresterna (vitt moln) lyfts högt upp i luften, där de kondenserar till mycket små partiklar och inte blandar sig med material från marken. Bombningarna av Hiroshima och Nagasaki hör till denna kategori. För låga explosioner blandas vapenresterna istället med material från omgivningen, vilket ger ett brunt moln, och leder till större partiklar. Dessa faller ner nära explosionen samt sprids i vindriktningen, vilket ger upphov till en allvarlig radiologisk fara. Illustration från Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) [27], via Federal Emergency Management Agency (FEMA) [17], publicerat i enlighet med USA:s regler för bilder skapade inom statlig verksamhet.

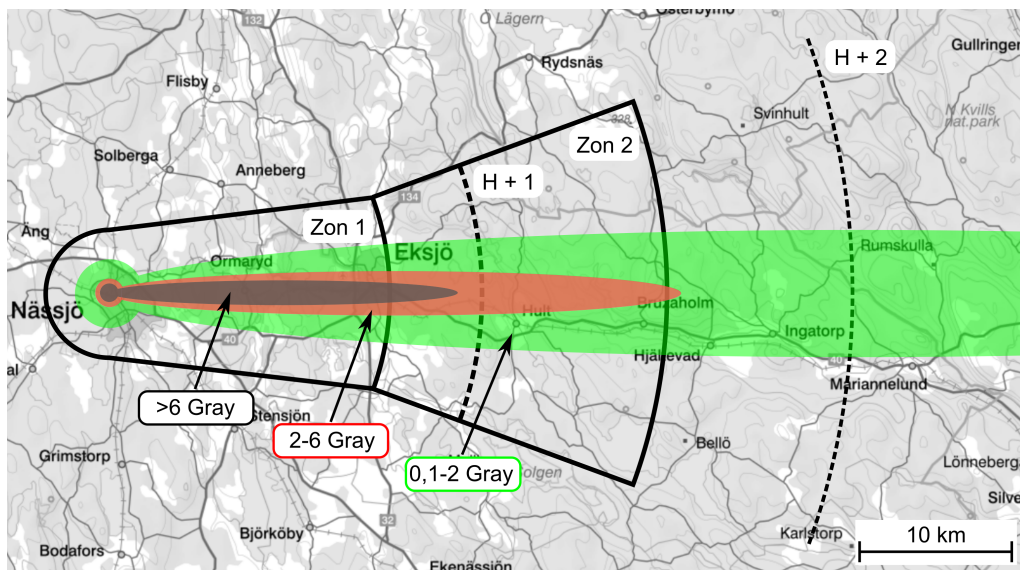
Med ingående kännedom om relevanta data⁹ är det i princip möjligt att prognostisera nedfallets aktivitet och utbredning. Det skulle dock i praktiken råda stora osäkerheter vad gäller dessa detaljer, särskilt i det inledande skedet efter en kärnvapenexplosion.¹⁰ Det medför att noggrann kännedom kring nedfallet inte kan förväntas förrän omfattande mätningar hunnit genomföras. Istället får enkla mallar för riskområde användas för att göra grova uppskattningar av nedfallet, för att sedan successivt kompletteras med spridningsberäkningar och faktiska mätningar vartefter sådana görs. Här väljer vi därför att exemplifiera nedfallet med hjälp av ett idealiserat nedfallsområde, där vinden antas vara konstant både i tid och höjdled. I figur 3.3 visas ett sådant idealiserat nedfall, tillsammans med ett riskområde.

I exemplet kommer nedfallet att beröra den närliggande tätorten Eksjö, vilket bidrar till ett betydligt högre antal drabbade av akuta strålskador jämfört med fallet luftexplosion, se tabell 3.3. För att ge en uppfattning om värdet av skydd, redovisas några olika skyddsfall för markexplosion, se tabell 3.4. Tabellen indikerar att antalet strålskadade

⁹Det är flera olika faktorer som spelar in: angreppsfallet (laddningsstyrka, laddningstyp och explosionshöjd), omgivningen (väder, mark- och byggnadsmaterialens sammansättning, etc) samt radioaktivitetens sammansättning (aktivitetsfördelning, partikelstorlekar och dessas höjdfördelning).

¹⁰Detta understryker värdet av snabb information om till exempel laddningsstyrka och explosionshöjd vid kärnvapenexplosioner [28, 29].

till följd av nedfall de första två dygnen minskar med mer än en tredjedel vid inomhusvistelse jämfört med oskyddad vistelse. Dessa resultat är i linje med tidigare studier [24].



Figur 3.3: Totala stråldosen för de första 48 timmarna, representerat av ett idealiserat nedfall vid stabil västlig vind om 6,7 m/s, samt riskområde enligt Försvarsmaktens mall baserad på [30]. Riskområdet är avsett att ge en första uppskattning av var militära operationer främst kan begränsas av nedfall (zon 1 och 2), och är här inkluderat som en illustration. Det idealiserade nedfallet är smalare än riskområdet, vilket antyder att aktiviteten inte behöver vara hög inom hela riskområdet. Nedfallets uppskattade ankomsttid i timmar ges av H+1, etc. Det idealiserade nedfallet som visas här kan jämföras med det fiktiva nedfallet i figur 4.2. Karta från Lantmäteriet.

Tabell 3.3: Antal initialt överlevande med akuta strålskador (totaldos under 48 timmar) för luft- och markexplosion. Alla personer har antagits vistats 48 timmar i nedfallet, utan förflyttning eller uppsökande av något skydd, vilket är orealistiskt men ger en övre gräns på antalet med akuta strålskador. Svår strålskada avser här en stråldos om 2-6 Gy, och motsvarande för kritisk strålskada är 6-50 Gy, medan stråldoser däröver betraktas som omedelbart dödande.

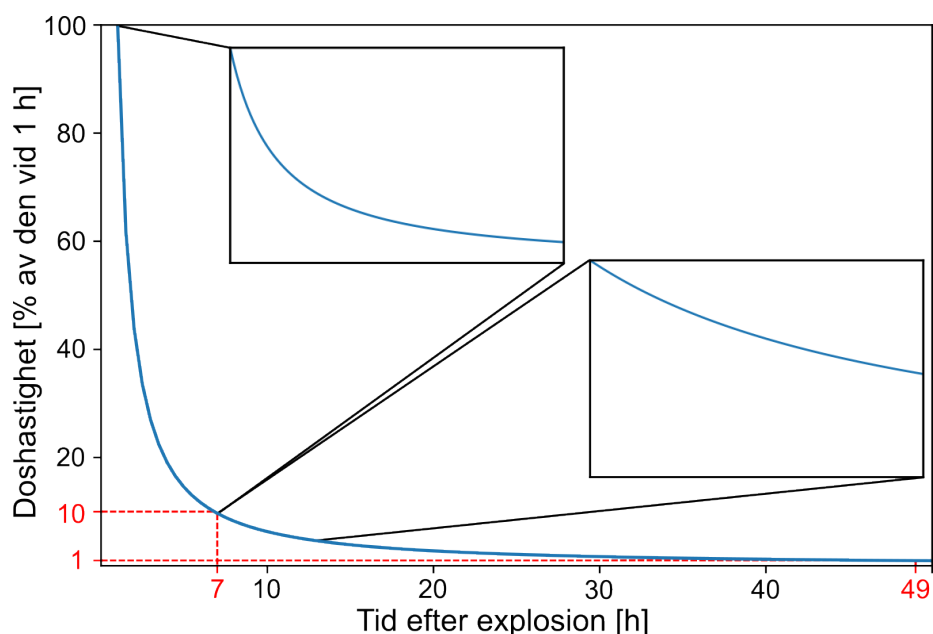
Dos	Luftexplosion	Markexplosion
Svår strålskada	515	4 650
Kritisk strålskada	530	7 620
Totalt	1 045	12 270

Tabell 3.4: Antalet akut strålskadade vid markexplosion och olika uppsökt skydd omedelbart efter explosionen. Angreppet sker fortfarande utan förvarning, så exponering för den joniserande initialstrålningen har då redan skett. Uppsökande av skydd minskar däremot konsekvenserna av det radioaktiva nedfallet i olika grad. Exempelvis innebär skyddsnivå 10 (skyddsfaktor 0,1) att den joniserande strålningen dämpats till en tiondel av nivån utanför skyddet.

Skydd	Oskyddad	I småhus (ej källare)	Källare i fler- familjehus	Skyddsrum (SR 15)
Skyddsnivå	1	2,5	10	40
Skyddsfaktor	1	0,4	0,1	0,025
Akut strålskadade	12 270	8 650	2 870	2 830
Minskning	-	29 %	77 %	77 %
—”—, enbart nedfall	-	37 %	96 %	98 %

Faror från nedfall

Eftersom radioaktivt nedfall är en hälsofaror som gemene man lyckligtvis inte behöver vara så bekanta med i vardagen, inkluderas en faktaruta på sida 24. Bland de viktigaste punkterna är att notera att radioaktivt nedfall har en aktivitet som snabbt klingar av och att det består av partiklar som förväntas vara förhållandevis stora (se figur 3.4 och 3.5). Den radiologiska faran är därmed som störst under de första timmarna efter explosionen. En snabb dekontaminering i form av avborstning och att ytterplagg tas av kan då direkt ta bort kring 90 % av nedfallet. Sådan rengöring är ofta fullgod, och är att föredra över att tid och resurser tas för en mer grundlig dekontaminering [17, 23, 31, 32].



Figur 3.4: Ungefärlig doshastighet från nedfallspartiklar upp till 50 timmar efter explosion. Röda linjer indikerar tidpunkterna där doshastigheten når 10 respektive 1 % av den en timme efter explosionen (vilket sker kring 7 och 49 timmar efter explosionen). Paneler visar ändringen i doshastighet mellan timme 1 och 7, samt 7 och 13.

Faktaruta: nedfall och strålskador

- Nedfallspartiklar är ofta relativt stora (figur 3.5), och molnet med det kommande nedfallet syns troligen. Att borsta av sig, så kallad torr dekontaminering, räcker ofta [17, 24, 31–33]. För räddningsinsatsens räkning bör dock vikten av kartläggning av nedfall genom mätningar betonas.
- Aktiviteten klingar snabbt av^a (figur 3.4), så skydd är som viktigast under de första timmarna [17, 23, 24, 34, 35].
- Joniserande strålning kan detekteras ner till väldigt låga nivåer och finns naturligt i vår omgivning — låga doshastigheter är inte farliga [23]. Exempelvis är bakgrundsstrålningen i Sverige kring 0,1–0,2 $\mu\text{Sv/h}$ [36], och den under en transatlantisk flygning kring 3 $\mu\text{Sv/h}$ [37].
- Den primära faran är nedfall som ligger på marken. De doser som erhålls genom att andas in partiklar är låga, enstaka procent av totala dosen [34, 38], och mindre vid inomhusvistelse och lugn andning [17, 32, 33]. Andningsskydd är därmed fördelaktigt, men inte väsentligt.
- Mat, dryck (initialt inklusive vatten i kran), och mediciner som inte varit i direktkontakt med nedfall kan användas [32].
- Jodtabletter fyller ingen praktisk funktion vid nedfall från kärnvapen [19, 32, 34, 35].
- Symtom på strålskador kan komma senare (dygn till veckor), eller återkomma efter en period där den drabbade varit symptomfri. Detta gäller dock inte för högre stråldoser [17, 19, 39].
- Skydd är generellt att föredra över evakuering, särskilt innan eventuella nedfallsområden har identifierats [17, 19, 23, 24, 34, 40].
- Dekontaminering av drabbade har en lägre prioritet än livräddande vård eller insatser [23, 24, 33].

^aMycket snabbare än vid en kärnteknisk olycka.



Figur 3.5: Nedfallspartiklar efter kärnvapenprovsprängning nära mark. Foto från Federal Emergency Management Agency (FEMA) [17], publicerat i enlighet med USA:s regler för bilder skapade inom statlig verksamhet.

4 Åtgärder vid kärnvapenangrepp

Detta avsnitt är huvudsakligen en litteraturstudie kring åtgärder och råd vid kärnvapenangrepp. Vi vill tydliggöra att detta inte utgör officiella svenska instruktioner kring agerande vid kärnvapenangrepp. Däremot kan dessa råd utgöra en utgångspunkt vid framtagande av sådana instruktioner för svenska förhållanden.

Lämpliga åtgärder efter ett kärnvapenangrepp är här uppdelat i tre områden: *råd till överlevande*, *åtgärder vid räddningsinsats*, samt *diagnostisering, triage och vård*. Vård- och räddningspersonal som befinner sig i det drabbade området och närområdet bör till en början följa de råd som ges till samtliga överlevande, och först när tillräcklig information finns att tillgå (speciellt kring fördelning av eventuellt nedfall) kan räddningsarbetet börja. Fokus för denna sammanställning ligger på direkta effekter det närmsta dygnet efter ett angrepp, och med fokus på allvarligare skador. Ett nedfalls påverkan över tid för bland annat jordbruk tas inte upp, och generellt är diskussionerna kring nedfall och radiologiska skador fokuserade på höga stråldoser och hur *akuta* strålskador kan undvikas.

Mycket material kring räddningsaktioner efter ett kärnvapenangrepp har i USA tagits fram under ledning av *Federal Emergency Management Agency* (FEMA), och en samling av detta material går att hitta på <https://responder.llnl.gov>. I nedanstående sammanställning har vi främst utgått från detta arbete, och då framför allt *Nuclear detonation response guidance: Planning for the first 72 hours* [23] och *Planning guidance for response to a nuclear detonation* [17]. I underlaget för åtgärder under de första 72 timmarna har räddningsplanering delats in i fem strategiska uppdrag, bestående av totalt tio operationella taktiker, vilka beskrivs för räddningspersonal, räddningsplanerare, och andra organisationer [23]. De fem uppdragen och underställda operationella taktiker inkluderar

- **Skydda räddningstjänst och allmänhet:** varning och sökande av skydd för samtliga inom 80 km från angreppet.
- **Samla information:** skapa en gemensam lägesbild, med kritisk information, till exempel nedfallssituation, byggnadsskador, bränder, antal drabbade och deras position, situationen för kritisk infrastruktur.
- **Organisera räddningsaktion:** initiera zonbaserad insats (zoner skapade utifrån byggnadsskador och för eventuellt nedfall), etablera ledning, upprätthåll kritisk infrastruktur (kommunikation, evakueringskorridorer, ...).
- **Vård av överlevande:** evakuering, dekontaminering, triagering, stabilisering och transport.
- **Förbered för mer långsiktiga åtgärder.**

Dessa råd kopplar till ett större planeringsunderlag [17], och det är viktigt att notera att arbetet inte sker kronologiskt utan snarare ska inledas så tidigt som möjligt och sedan ske parallellt.

4.1 Råd till överlevande

Om ett kärnvapenangrepp sker — kännetecknat av ett mycket starkt ljussken och potentiellt en intensiv värmevåg [13] — ska de drabbade omedelbart ta skydd och blunda. Finns inget att huka sig bakom eller gömma sig under i den omedelbara närheten bör man lägga sig platt på marken, och sedan ligga kvar fram till dess ljus- och värmevågen har klingat av, och stötvågen har passerat eller en minut har gått. Detta kan hjälpa de drabbade att minska skadorna från stötvågen och kringflygande föremål, samt eventuellt skydda mot delar av värmestrålningen.

Efter stötvågen har passerat är de omedelbara effekterna från explosionen över, och de drabbade bör följa råden [17, 19, 23, 24, 32]:

- Sök skydd!
- Håll dig i skydd!
- Håll dig informerad!

Syftet med detta är att skydda de drabbade mot eventuellt nedfall om explosionen skedde nära marken. I det inledande skedet kommer explosionshöjden vara högst oklar, så samtliga drabbade bör söka skydd till dess mer information finns tillgänglig. Om de drabbade befinner sig i fordon bör de snarast söka bättre lokalt skydd, eftersom fordon inte ger bra skydd mot nedfall [24]. Mer information kring nedfall och dess konsekvenser redovisas på sida 23 till 24.

Nedfall kan börja anlända kring 15 minuter efter explosionen [40, 41], så detta är den tillgängliga tiden att söka ett adekvat skydd. Ett bra skydd mot nedfall innebär att personen är

- Långt från ytor som nedfall landar på (mark och tak).
- Skärmd från nedfallet med tjocka material (exempelvis betong och jord).

Några exempel på bra skydd är djupt inne i en större byggnad eller nere i en källare, se figur 4.1 [17, 24]. Om ett bra skydd inte kan nås ger mindre hus det bästa skyddet i mitten på byggnaden. Medan nedfallsmolnet passerar kan det vara bra att skydda munnen och stänga av ventilation, om detta är möjligt. När molnet väl passerats bör ventilation åter sättas igång, eftersom god lufttillförsel är viktigt för att kunna stanna i skyddet under en längre tid [42]. Vid förvarning bör befolkningen kunna nå fullgott skydd inför angreppet, vilket kan minska antalet direkta dödsfall med kring 80 %, se bilaga 6.2.1 samt [43]. Bra skydd mot de direkta effekterna från kärnvapen är ofta dessutom det samma som bra skydd mot nedfall. Förvarning kommer dock medföra att fler överlever nära explosionspunkten, där de befinner sig i större fara för bränder [43].

Drabbade bör inte försöka ta sig till närstående annat än de i deras omedelbara närhet, eller försöka ta sig iväg från platsen [34]. De riskerar annars att utsättas för nedfall helt utan skydd, vilket snabbt kan ge en direkt hälsoskadlig stråldos. Tiden de drabbade bör stanna i skydd anges ofta till 2-3 dagar [41, 42, 44], och målet bör vara att hålla ut denna tid om inte annan information ges. Rekommendationerna från MSB är att befolkningen ska ha nog med egna resurser i hemmet för att klara sig i skydd upp till en



Figur 4.1: Illustration av lämpliga skydd efter ett kärnvapenangrepp — långt från plana ytor, bakom mycket material. Illustration från Federal Emergency Management Agency (FEMA), publicerat i enlighet med USA:s regler för bilder skapade inom statlig verksamhet.

vecka [45]. Det går dock inte att förutsätta att alla har förberett sig, och dessutom kommer många tvingas ta skydd på andra platser än sina hem. Om det inte går att stanna så länge i skydd som rekommenderat, är det viktigaste att stanna så länge som det är rimligt. Nedfallets aktivitet avklingar snabbt och minskar till en tiondel från den första till sjunde timmen, och till en tiondel av det till det andra dygnets slut (dvs. till en hundra del av det initiala värdet), se figur 3.4. Om de drabbade kan hålla sig i skydd i åtminstone 12-24 timmar [40, 46] undviker de en stor del av potentiell totaldos. Om någon annan fara hotar, exempelvis brand eller att byggnaden riskerar att kollapsa, bör de dock snarast ta sig vidare och då helst söka ett närliggande skydd. Däremot bör ett fullgott skydd inte lämnas enbart för att uppsöka ett än bättre skydd [17, 24]. Om skyddet behöver lämnas är det lämpligt att täcka hud och hår så långt det är möjligt (för att förenkla dekontaminering), täcka över eventuella sår, och ta på någon form av andningsskydd [18, 32].

Den närmaste tiden efter ett kärnvapenangrepp kommer räddningsmöjligheter att vara högst begränsade, så mycket av den hjälp som finns att tillgå kommer från de drabbade själva [47]. Dessa bör uppmanas att hjälpa i den mån de är kapabla och att inte tveka att släppa in andra i skyddet de eventuellt befinner sig i. Det eventuella nedfall de tillkomna kan ha på sig kan enkelt tas bort via avborstning, tvagning av exponerad hud och eventuellt ett klädbyte [17, 23, 32, 33]. Att släppa in andra överlevande kan alltså rädda deras liv, utan att utsätta de i skyddet för en nämnvärd fara. Inne i skyddet är det bra att skapa någon form av rutin, att ta hand om sig själv och andra överlevande [32].

Kommunikationsmöjligheterna kommer till en början vara begränsade och det är bättre att skicka SMS än att ringa om mobilnätet är tillgängligt. SMS fyller inte upp telefonlinjerna för de som kan ha mer akuta behov av att hitta hjälp, och har större sannolikhet att komma fram [31, 32]. Skador från kärnvapengenererad elektromagnetisk puls förväntas vid luftexplosion på förhållandevis låg höjd eller markexplosion främst drabba utrustning i nära anslutning till explosionen, samt vissa effekter i längre ledningar [17]. Mindre och portabel elektronik såsom telefoner, radio, och även fordon, kommer troligen klara sig förhållandevis väl. Om de uppvisar problem kan det räcka

med att stänga av och sedan starta utrustningen [17, 24, 48]. Utrustning kopplade till elnätet kan vara mer skadade och elnätet kan inte förväntas fungera normalt.

Om inte omedelbar evakuering är uppenbart nödvändigt p.g.a. akut fara, bör evakuering endast ske enligt instruktioner från räddningspersonal. Egeninitierad evakuering rekommenderas inte, eftersom detta kan medföra att personer hamnar i farozoner. Det kan också leda till långa köer som hindrar eller försenar evakuering från områden som är i större behov av att utrymmas [32].

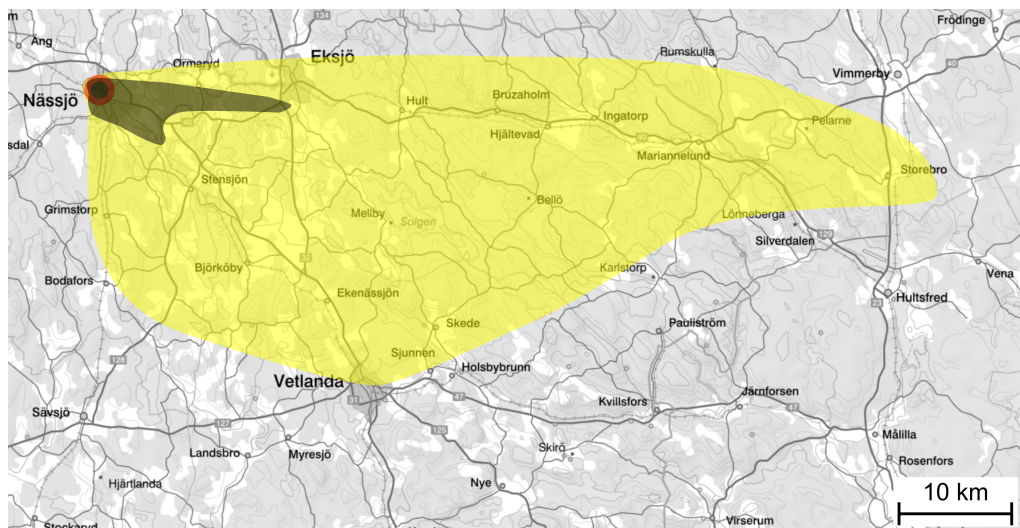
4.2 Åtgärder vid räddningsinsats

En balansgång för en räddningsinsats är att *rädda så många drabbade som möjligt* samtidigt som *räddningspersonalen inte utsätts för oacceptabla risker*. Som syns i figur 2.3 och 3.1 finns de flesta drabbade som är i behov av hjälp i den måttligt byggnadsskadade zonen, vilket är det område som räddningsinsatsen initialt bör fokuseras på. För en luftexplosion kommer detta område inte ha några signifikanta radiologiska risker. För en markexplosion kompliceras dock räddningsinsatsen av att det tillkommer strålningszoner som måste beaktas [17, 23, 49]. Insikt i huruvida det var en mark- eller luftexplosion kan fås via mätningar av radioaktivitet i närområdet, utseendet på svampmolnet (se figur 3.2, detta kommer givetvis vara svårt att avgöra i kaoset efter ett angrepp) [17], och via potentiella detektionsnätverk som kontinuerligt kan övervaka om en kärnvapenexplosion sker i Sverige eller dess närområde [28, 29].

Vilken byggnadsskadezon som räddningspersonalen befinner sig i kan avgöras från den lokala miljön [17]: är mer eller mindre alla byggnader raserade är detta troligen för långt in (i svårt byggnadsskadade zonen), och om i huvudsak endast fasader är skadade och förstörelsen allmänt är låg är detta troligen för långt ut (lindrigt byggnadsskadade zonen). Transporten in i området där potentialen att rädda liv är som högst kommer att kunna vara mycket utmanande, dels för att vägarna är svårframkomliga (pga. direktskador av stötvåg och trafikolyckor orsakade av det bländande ljuset), dels eftersom drabbade med lindrigare skador sannolikt uppsöker räddningspersonal.

Oavsett om angreppet har skett via en luft- eller markexplosion är det viktigt att ha uppsikt över den radiologiska risken som räddningspersonal eventuellt utsätts för, främst via direkta mätningar (i första hand med intensimetrar¹¹, både handburna och via drönare [17, 50]) och till viss del simuleringar [10, 17]. Denna kartläggning kräver ett tämligen stort antal intensimetrar (och av en typ som klarar höga stråldoshastigheter), sannolikt fler än vad en enskild region har till sitt förfogande. Om inte tillräcklig information för ett område finns tillgänglig är personalens skydd prioritet, och sådana områden bör därmed undvikas. Om det finns starka skäl att tro att området är ofarligt, exempelvis om det är känt att explosionen skedde i luften och området inte är i direkt anslutning till nollpunkten, eller om det är klart att nedfallet har färdats en annan väg, kan insats ske utan detaljerade mätningar. Dosimetrar och liknande kan delas av arbetsgrupper som arbetar i samma områden, och strålningsmiljö och stråldos bör utvärderas

¹¹ En dosimeter ger total absorberad dos över tid (exempelvis mSv), medan en intensimeter ger doshastighet för ett tidsintervall, oftast valt till per timme (exempelvis mSv/h). Intensimeter är då mest lämpligt för kartläggning, medan dosimeter uppskattar personalens totala stråldos.



Figur 4.2: Byggnadsskadezoner och fiktiv utsträckning av radiologiska farozoner några timmar efter angrepp. Cirkulära byggnadsskadezoner (svårt byggnadsskadad zon: svart och måttligt byggnadsskadad zon: rött, samma som i figur 3.1) och oregelbundet formade strålningszoner. Farlig strålningszon (>100 mGy/h): svart och het zon (0,1-100 mGy/h): gult. Karta från Lantmäteriet.

minst var 30:e minut [23, 24]. Personalen bör söka sig ut ur området då halva den fastställda referensnivån för stråldos uppnått [35], eller om detta är svårt kan temporärt skydd intas.

Exempel på riskområden vid nedfall ges i figur 4.2, taget från FEMA:s rekommendationer [17, 23]:

- *Dangerous radiation zone* (farlig strålningszon), där doshastigheten är högre än 100 mGy/h.¹²
- *Hot zone* (het strålningszon), där doshastigheten är 0,1-100 mGy/h.¹³

Den farliga strålningszonen är ett område som ska undvikas och inga räddningsaktioner bör ske annat än tidsbegränsade insatser med tydliga livräddande eller katastrofhindrande mål [17, 23]. Samtliga som vistas i detta område ska omedelbart söka skydd. Denna zon väntas växa under de första få timmarna, för att sedan krympa i och med nedfallens snabba avklingning [17]. För luftexplosioner som är tillräckligt nära markytan att neutronstrålningen når marken kommer det finnas ett område med neutroninducerad aktivitet. Detta är lokalt och ger endast farliga stråldosnivåer en bit in i svårt byggnadsskadade zonen (se figur 2.2).

I den heta zonen kan räddningsaktioner och andra operationer ske, men strålmiljön ska kontinuerligt följas upp. Denna zon kan växa första dygnet för att sedan krympa [17]. Rekommenderad utrustning inkluderar någon form av indikeringsinstrument,

¹²Notera att de flesta dosimetrar och intensimetrar uttrycker dos i sievert, eller ekvivalent dos, men eftersom den primära faran från nedfall är gammastrålning ger detta samma värden som absorberad dos (gray). Värden i Gy kan alltså direkt översättas till Sv.

¹³Utanför den heta zonen finns ett område som för reguljära förhållanden räknas som varma zonen (>0,3 μ Gy) [39]. Vid en så stor katastrofsituation som ett kärnvapenangrepp får detta dock räknas som ofarligt och utan behov av särskilda åtgärder, och aktiviteten kommer där till stor del avklinga under de närmaste dygna.

samt personlig skyddsutrustning betingat av andra faror (bränder, farliga gaser och ämnen, vassa föremål, etc. [17]). Skyddsutrustning med anledning av nedfallet rekommenderas inte, med hänvisning till att den primära faran från nedfallet, direktexponering från material deponerat på marken, inte nämnvärt kan undvikas genom att använda andningsapparater eller tunga skyddsdräkter. Sådan skyddsutrustning riskerar istället att invägga personalen i en falsk känsla av trygghet, samt att medföra att de arbetar mindre effektivt och därmed spenderar längre tid i strålningsfältet. Minimering av exponeringstid är istället prioriterat [24].

Ett kärnvapenangrepp är att betrakta som en radiologisk nödsituation, och enligt Strålskyddsförordningen [51] (3 kap. 9 §) kan den som leder räddningsarbetet då fastställa referensnivåer för personalen. Förordningens nivåer är 20 mSv, 100 mSv, eller maximalt 500 mSv vid livräddande och katastrofförebyggande åtgärder (motsvarande stråldoserna 20 mGy, 100 mGy och 500 mGy). Dessa stråldoser innebär att akuta strålskador normalt kan undvikas. Vi går inte närmare in på långsiktiga konsekvenser, såsom slumpmässig uppkomst av cancer, men en av de grundläggande principerna för strålskydd är att stråldos ska hållas så låg som det är rimligt och möjligt [34].¹⁴

För att ge en uppfattning om hur länge räddningspersonal kan vara verksam i den heta zonen, ger vi två exempel. **Exempel 1:** Antag att tidpunkten är en timme efter explosionen och att doshastigheten vid denna tidpunkt uppmäts till 100 mGy/h på en plats. Då kommer stråldosen 100 mGy uppnås efter 2,5 timmar, medan stråldosen 500 mGy inte uppnås på den platsen eftersom aktiviteten hinner avklinga. **Exempel 2:** Antag istället att tidpunkten är sju timmar efter explosionen och att doshastigheten vid denna tidpunkt uppmäts till 100 mGy/h (på en annan plats än i exempel 1). I detta fall kommer stråldosen 100 mGy uppnås strax efter en timme, medan 500 mGy uppnås efter 8 timmar. Skillnaden mellan exemplen är en konsekvens av att aktiviteten avklingar mycket snabbare en timme efter explosionen, än sju timmar efter — se de två panelerna i figur 3.4.

Själva räddningsaktionerna behöver till en början främst vara inriktade på att etablera och underhålla transport- och evakueringsvägar, identifiera faror och var befolkningen befinner sig, samt hitta och transportera ut skadade som inte klarar sig utan skyndsamt (enkla) vård [17, 35]. Förekommer större bränder är det inte troligt att dessa kommer kunna bekämpas, utan mer defensiva åtgärder som syftar till att hindra spridning och hålla evakueringsvägar säkra så länge som möjligt blir istället prioritet [17]. Lägesbilden som successivt byggs upp bör fokuseras på nedfall, byggnadsskador, bränder, de drabbade, samt kritisk infrastruktur [17]. Frivilliga kan anlitas för att hjälpa till med att underhålla och förbättra evakueringsvägar, bära skadade, och liknande [24].

När strålningsrisker är kända och olika skadezoner är identifierade blir det lämpligt att initiera evakueringar [43]. Dessa bör ske med prioritering efter faror i de olika områdena och de överlevandes hälsotillstånd. Uppmaningar och hänvisningar kan då ges via radio, megafoner, utplacerade skyltar och liknande [17]. Oskadade och lindrigt skadade kan behöva förflytta sig vid brandfaror eller om byggnaden de befinner sig i är instabil. Personer som på eget bevåg väljer att evakuera bör rekommenderas emot detta, men ska inte stoppas. Istället bör det ha upprättats hänvisningar i form av exempelvis improviserade skyltar för att se till att de förflyttar sig så säkert som möjligt [17].

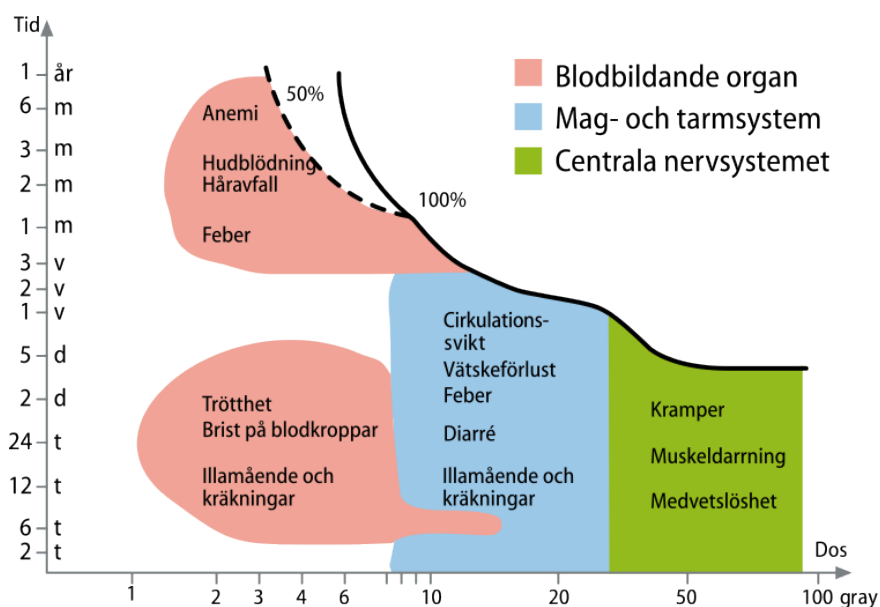
¹⁴ Ett exempel på långsiktiga konsekvenser relaterat till kärnvapen är att överlevande från Hiroshima och Nagasaki som fick stråldoser uppskattade till runt 1 Gy har haft en medellivslängd minskad med 1,3 år [52, 53].

4.3 Diagnosticering, triage och vård

Ett kärnvapenangrepp likt scenariot i denna rapport medför ett enormt masskadeutfall. Triage blir ytterst viktigt för att tillgodose att de begränsade sjukvårdsresurserna kan hjälpa så många drabbade som möjligt [54]. Mekaniska trauma från ras och splitter är till sin karaktär lik de som sjukvården är van att behandla, så dess diagnosticering är etablerad. Notera dock att en skadetyper given i exempelvis tabell 2.2 kan komma att inkludera flera individuella skador. Kombinationer av skador uppkommer alltså både från flera skador av en typ och från flera skadetyper.

Brännskador som orsakats av den direkta värmestrålningen kommer att dominera, även om skador från sekundära bränder tillkommer [17]. De direkta brännskadorna saknar några skademekanismer som brännskadade ofta kan ha, exempelvis saknas skador från inandning av giftig eller het rök. Dock kan stora hudområden vara drabbade, både av den direkta strålningen i sig och av att kläder antänds eller smälter.

Akuta strålkskador från både initialstrålningen och eventuellt nedfall tillhör en kategori skador som sjukvården inte är van att bemöta. Dessa uppstår när en kropp exponeras för en tillräckligt hög dos joniserande strålning under en så kort tid att direkta strålkskador uppstår som följd. En motsvarande stråldos ackumulerad under en längre tid leder inte till sådana direkta skador men ökar risken för cancer på sikt [18, 19]. De akuta strålkskadorna påverkar olika organ vid olika stråldosnivåer [19, 39] och leder därmed till symtom som varierar med stråldosen (se figur 4.3)¹⁵. Symtom som kan användas för att bedöma vilken dos en person blivit utsatt för inkluderar bland annat illamående, kräkningar, diarré, feber, hudrodnad, buksmärta, och huvudvärk. Om för många finns så kan räkning av antalet blodkroppar och dess förändring över tid ge en mer precis uppskattning [17, 19, 21, 23].



Figur 4.3: Symtom av olika nivåer av helkroppsdos över tid (timmar, dygn, veckor, och månader). Kurvorna visar 50 respektive 100 % dödlighet. Adapterad från [39].

¹⁵Blodbildande organ börjar ge symtom kring 2 Gy, mag-tarmsystemet kring 5-6 Gy, huden över 6 Gy, och centrala nervsystemet över 10 Gy [17].

Viktigt att notera är att måttliga strålskador kan medföra illamående och andra symptom under en kort tid efter exponeringen, varpå den drabbade mår förhållandevis bra innan symptom återkommer [19, 24]. Detta beror på att benmärgen är ett av de första organen att skadas av joniserande strålning, vilket leder till att nya blodkroppar inte kommer kunna skapas under en tid efter händelsen. De drabbades symtombild och utveckling över tid bör då journalföras till största möjliga grad, tillsammans med information kring var de befann sig vid angreppets tidpunkt, samt var de vistats sedan dess. Detta kan underlätta rekonstruktion av deras uppskattade stråldosnivåer, identifiera grupper av strålskadade, samt förutsäga det kliniska förloppet och behov av medicinska åtgärder.

Det är värt att understryka två saker kring drabbade med strålskador och eventuell kontamination av radioaktiva partiklar:

- Strålskador smittar inte.
- Dekontaminering ska inte prioriteras över livräddande insatser.

Kontaminationsnivåerna hos de skadade kommer med största sannolikhet inte vara så höga att de kan utgöra ett direkt hot för personalen, och att bara ta av kläder kommer minska detta ytterligare.

Förslag på triage har tagits fram av bland annat FEMA och inkluderar olika protokoll för olika resurssituationer avseende personal, lokaler, utrustning och mediciner [17, 19, 23, 54–56]. Omedelbart efter ett kärnvapenangrepp i en tätort kommer resurssituationen vara katastrofal och triageringen måste anpassas efter detta. När mer resurser anländer till området och drabbade transporteras till vårdinrättningar kommer prioriteringarna ändras, vilket medför omtriagering. En möjlig metod är att mekaniska skador och brännskador ger en dimension av den initiala triageringen¹⁶, där strålskador i sin tur kan påverka och ändra prioriteringen enligt:

- Måttlig till ingen strålskada (<2 Gy): dessa antas kunna klara sig utan särskild vård och prioritering ändras inte.
- Svår strålskada (2-6 Gy): dessa hjälps mest av insatser mot strålskador och har ökad prioritet. Ett undantag är om patienten redan är svårt skadad och har låg chans att överleva.
- Kritisk till direkt dödlig strålskada (>6 Gy): dessa kräver väldigt specialiserad och resurskrävande vård för att strålskadorna inte ska vara dödliga, och fokus bör riktas mot palliativ vård.

I denna rapport används dessa gränser, med tillägget att stråldoser över 50 Gy räknas som omedelbart dödliga, och personer med detta kategoriseras direkt som KS/D.

¹⁶Triage av mekaniska trauma och brännskador har inte vidare definierats i FEMA:s texter, men många olika protokoll såsom SALT och START finns, även om rutiner för kombinationsskador ofta bygger på enklare uppskattningar och är under utveckling [25, 43, 57, 58]. En ny traumaaigoritm för svensk sjukvård är under utveckling av Katastrofmedicinskt Centrum, KMC, och kommer att publiceras i närtid.

Den höga graden kombinationsskador, både flera skador av samma typ och flera typer av skador, blir särskilt svår att behandla. Vissa av dessa kombinationsskador förstärker varandra och skapar särskilt svåra förhållanden; exempelvis ger brännskador infektionsrisker och strålskador sänker immunförsvaret. Dessa skador kan därmed eventuellt få en särskilt ökad eller minskad prioritering, beroende på resurssituationen.

Vårdbehov för rapportens scenario

I vårt scenario med luftexplosion (avsnitt 2) är utfallet 515 personer med svår strålskada och 530 med kritisk strålskada (tabell 2.2). Av dessa kommer troligen den senare gruppen inte kunna få den specialiserade vård som de behöver, och majoriteten kommer sannolikt avlida inom en period på dagar till månader. Drabbade med svår strålskada har större sannolikhet att överleva, speciellt de med lägre stråldosnivåer och inga övriga svåra skador. De 290 individerna som har strålskador samt andra svåra skador har dock dåliga utsikter, och kommer troligen inte vara en prioriterad grupp. Palliativ vård bör då alltid ges i den mån detta är möjligt [23, 59]. Det är då troligt att en majoritet av de 1 045 drabbade med svåra eller kritiska strålskador kommer att avlida, men något hundratal kan troligen räddas med den vård som kan tänkas vara tillgänglig. Vård som kan ges inkluderar bland annat cytokiner, vilka kan hjälpa immunsystemet att återhämta sig snabbare och är speciellt hjälpsamt för drabbade med mindre än 5-6 Gy [17, 60]. Andra allmänna åtgärder inkluderar att minska och förebygga infektioner, bibehålla vätska, samt behandla sår och brännskador [32].

Om angreppet är en markexplosion (avsnitt 3) och nedfall därmed är ett problem tillkommer uppgiften att skydda vårdinrättningar från påverkan av nedfall. Exempelvis ligger sjukhuset i Eksjö (Högländssjukhuset) i scenariot som beskrivs i avsnitt 3 i en zon som drabbas av tillräckligt höga stråldoser att det skulle leda till akuta strålskador och potentiell död för de som inte söker skydd. Redan inlagda patienter och vårdpersonal bör därmed flyttas in i så bra skydd som går att uppbåda, samtidigt som sjukhuset behöver förberedas för inkommande överlevande från Nässjö. Exempelvis kan patienterna flyttas till de inre delarna av sjukhuset och iväg från ytterväggar, till dess att nedfallets aktivitet har avklingat.

5 Sammanfattande slutsatser

Syftet med denna rapport är att ge en översiktlig bild av vilka effekter ett kärnvapenangrepp mot en stad skulle kunna ge. Genom ett exempel, där en luftexplosion med styrkan 10 kiloton sker nära centrum i en mindre stad, illustreras hur stort skadeutfallet från ett kärnvapenangrepp kan vara, samt vilka typer av skador som människor som vistas i staden utsätts för. En litteraturstudie över åtgärder i samband med kärnvapenangrepp har också sammanställts.

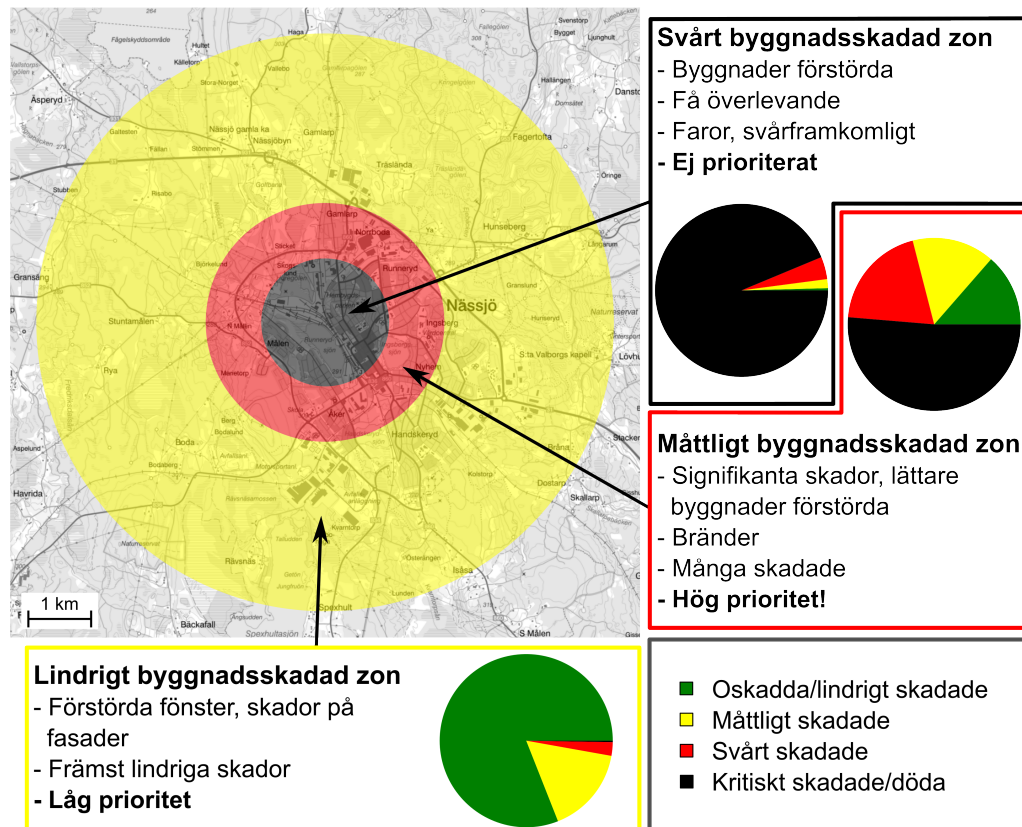
Skadepanorama

En kärnvapenexplosion kan orsaka flera olika typer av skador på människor. Stötvågen från explosionen kan ge övertrycksskador, samt skador relaterade till byggnadsras och splitter — i stadsmiljö främst glassplitter. Värmepulsen kan orsaka direkta brännskador på huden, samt starta bränder i lättantändliga material. Den strålning som avges direkt från kärnreaktionerna (den joniserande initialstrålningen) kan ge akuta strålskador på människor. Beroende på hur stor stråldosen är, kommer effekterna av akut strålskada att ge sig tillkänna mer eller mindre fort. En i övrigt oskadd person kan uppvisa svåra symtom av akut strålskada först flera dygn efter explosionen. Många skadade kommer också att ha drabbats av mer än en typ av skador, vilket kan försämra prognosen för tillfrisknande.

Skadepanoramat varierar med angrepp. Luftexplosioner med höga laddningsstyrkor (i storleksordningen 100 kt) ger exempelvis nära på inga strålskador bland de överlevande, men orsakar många bränder och brännskador. Luftexplosion med låg laddningsstyrka (exempelvis 1 kt) kan däremot ge många initialt överlevande med akuta strålskador till följd av den joniserande initialstrålningen, samtidigt som radioaktivt nedfall är försumbart. Vid en markexplosion uppstår däremot omfattande kvarvarande strålning till följd av radioaktivt nedfall.

Följdverkningarna i det exempel vi valt (se figur 5.1) blir mycket omfattande: av en befolkning på ca 18 700 personer kommer runt 10 800 dödas omedelbart eller åsamkas direkt dödliga skador, medan ca 1 900 personer blir svårt skadade. Utöver detta kommer lika många, runt 1 900 personer, att ha ådragit sig måttliga skador, medan ca 4 100 är oskadda eller har lindriga skador (se tabell 2.1). Bland de med svåra, måttliga eller lindriga skador har dessutom drygt 1 000 personer även exponerats för stråldoser som medför akut strålskada, vars effekter visar sig över tid.

För att illustrera skadepanoramat (se tabell 2.2) betraktar vi först de ca 1 900 personer som har svåra skador till följd av ras, splitter och/eller värmestrålning. Av dessa kommer närmare fyra femtedelar (1 500 personer) att ha rasrelaterade skador, en fjärdedel (500 personer) skador av glassplitter och liknande sårskador, samt en femtedel (400 personer) brännskador. Av alla dessa skadade är det runt 500 personer som har multipla skador i olika kombinationer, såsom både rasskador och splitterskador. Vidare kommer en andel av de med enbart ras- eller splitterskador att ha flera skador av samma typ. Dessutom har runt 650 av dessa svårt skadade ådragit sig akuta strålskador.



Figur 5.1: Sammanfattning av rapportens exempel på kärnvapenangrepp. Karta från Lantmäteriet.

Bland de ca 1 900 måttligt skadade personerna dominerar fortfarande rasskadorna med runt 60 % (1 100 skadade), och andelen splitterskadade är också hög, nästan 40 % (700 personer). En mindre andel, ungefär 250 personer, har brännskador i denna skadegrupp. Antalet med multipla skadetyper i dessa kategorier är knappt 200 personer, och runt 300 av de i övrigt måttligt skadade har även akuta strålskador.

Slutligen är det värt att poängtera att gruppen med i övrigt lindrigt skadade eller oskadade dock innefattar drygt 100 personer som har ådragit sig akuta strålskador.

Åtgärder vid kärnvapenangrepp

Åtgärderna i detta avsnitt är en sammanställning av råd hämtade främst från den amerikanska myndigheten *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) [17, 23], och vi vill tydliggöra att detta inte utgör officiella svenska riktlinjer kring agerande vid kärnvapenangrepp. Däremot kan dessa råd utgöra en utgångspunkt vid framtagande av sådana riktlinjer för svenska förhållanden.

Råd till överlevande

Ett kärnvapenangrepp mot, eller i anslutning till, en tätort skulle medföra ett svåröverskådligt masskadescenario. Dock skulle många drabbade kunna hjälpas med förhållandevis enkla medel, genom ett korrekt agerande i det tidiga skedet efter explosionen.

Om explosionen orsakat radioaktivt nedfall är skydd under de första dyggen avgörande. Detta eftersom aktiviteten initialt är hög, men sedan avklingar snabbt. För överlevande är därför det viktigaste att snabbt uppsöka skydd och stanna där. Nära explosionen kan nedfallet anlända redan inom 15 minuter, så det är bättre att snabbt nå någon form av skydd, till exempel en källare eller inre delarna av större byggnader, än att förflytta sig långt för att nå skyddsrum. Oorganiserad spontan evakuering är direkt kontraproduktiv, eftersom man riskerar att vara helt oskyddad när ett eventuellt nedfall är som aktivast.

Eftersom förekomsten av nedfall samt dess utbredning kommer att vara svår att fastställa initialt, är rekommendationen att *alla* inom ett visst avstånd från explosionen söker skydd; FEMA har till exempel valt avståndet 80 km cirkulärt från explosionen i sina planeringsunderlag. Om befolkningen kan sätta sig i skydd, kommer de akuta strålskadorna minska betydligt vid en markexplosion, och därmed blir belastningen på världen mindre. För att kunna stanna i skydd är förnödenheter för några dygn önskvärt, och det är också viktigt med tillgång till radio, mobiltelefon eller annan kommunikation för att hålla sig informerad om situationen. Mobiltelefoninätet kan dock förväntas ha svåra störningar eller vara utslaget närmaste tiden efter explosionen.

Nedfallet i anslutning till en markexplosion kommer troligen att bestå av relativt stora partiklar, likt fin sand. Om man exponeras för detta räcker det långt med torr dekontaminering (avborstning, byte av kläder). Det är viktigare att det sker snabbt än noggrant.

Kort sammanfattat är råden till överlevande följande:

- Sök skydd!
- Håll dig i skydd!
- Håll dig informerad!

Genomförande av räddningsinsats

Räddningsinsatsen bör initialt fokusera på den måttligt byggnadsskadade zonen (se figur 5.1), vilken karakteriseras av stor förstörelse, men där de flesta byggnader står fortfarande upp. Det förväntas finnas många överlevande med skador i denna zon, samtidigt som räddningspersonalen kan agera där utan att utsättas för oacceptabla risker. Därför är denna zon den där räddningsinsatserna kan rädda flest liv.

I området närmast nollpunkten förmodas de flesta vara döda eller dödligt skadade, och denna zon är också förknippad med betydligt större risker och svårare framkomlighet för räddningspersonal. Omvänt, i området utanför den måttligt byggnadsskadade zonen kommer skadepanoramat generellt endast innehålla ett mycket litet antal livshotande skador, och de flesta skadade kan hänvisas till självhjälp genom enskilt omhändertagande.

Den måttligt byggnadsskadade zonen sträcker sig från ungefär 1,0 km ut till 1,9 km från nollpunkten för rapportens exempel, alltså luftexplosion med styrkan 10 kt. Vid luftexplosion med den betydligt större laddningsstyrkan 1 000 kt, är zonens utbredning

från ca 4,7 km ut till 8,8 km. Angrepp med markexplosion leder till mindre direkta skador, och skadezonerna krymper med kring 25 % i radie.

Angreppets karaktär (luft eller mark) kan möjligen identifieras utifrån svampmolnets utseende (se figur 3.2). Detta skulle underlättas genom ett automatiserat mätsystem för upptäckt av kärnvapenexplosioner; en uppskattning av laddningsstyrka och explosionshöjd är då viktigast.

Nedfall kan vara ett stort problem vid en räddningsinsats, framför allt vid markexplosioner. Partiklarna kan transporteras långt från explosionen, och det är avgörande för räddningsinsatsers genomförande att kunna mäta för att följa nedfallet och ha uppsikt över de stråldoser som räddningspersonal utsätts för. Vissa områden bör helt undvikas. Inandning utgör typiskt en liten del av den totala dosen; istället är det den externa exponeringen som utgör det största stråldosbidraget. Mot detta skyddar inte skyddskläder nämnvärt, utan det bästa skyddet är att undvika områden med hög aktivitet.

Ett annat problem för räddningsinsatserna kommer att vara uppkomsten av mer eller mindre omfattande bränder. Beroende på hur stor omfattningen av bränder är i den måttligt byggnadsskadade zonen, kan insatserna behöva anpassas efter detta.

Avvägningar för sjukvården

Sjukvården kommer att vara mycket belastad till följd av ett kärnvapenangrepp mot en stad. För att bäst nyttja begränsade resurser, kommer triage av skadade att vara väsentligt. Skadepanoramats från kärnvapenangrepp kommer att innebära vårdbehov som sjukvården vanligtvis inte hanterar, har svårt att initialt få god överblick över och sannolikt är gravt underdimensionerad för. Detta kan innefatta såväl många skadade med brännskador, som personer med akuta strålskador som visar sig först över tid och kan vara svåra att diagnostisera. Vad gäller sannolikt strålexponerade personer krävs, efter initiala åtgärder på olycksplatsen, tidig triagering med avseende på risk för akut strålskada. Detta kan göra i tre huvudgrupper: de med sannolikt relativt låg stråldos och därmed utan behov av sjukhusvård, de med mycket höga doser med osannolik överlevnadschans till palliativ vård, och mellangruppen som kan behöva högspecialiserad sjukhusvård. Livräddande insats bör inte försenas till förmån för noggrann dekontaminering. Slutligen är det värt att betona att en patient med strålskador i sig inte avger strålning.

Tankar kring fortsatt arbete rörande sjukvård vid kärnvapenangrepp

Föreliggande arbete har gett en översiktlig bild av skadepanoramats vid ett kärnvapenangrepp mot en stad. En tänkbar fortsättning är att integrera kärnvapen i verktyget MASK [2, 3], som är ett verktyg för planering kring masskadehändelser. Genom att använda befintliga modeller för kärnvapenverkan och tillämpa dessa på civilbefolkning i stadsmiljö med olika grad av skydd, kan skadeutfall och skadepanorama till följd av

kärnvapenangrepp mot städer uppskattas. Olika förhållanden såsom tid på dygnet, väderförhållanden, etc., bör också beaktas. Målet skulle vara att implementera ett representativt scenario för kärnvapenverkan i MASK som kan ligga till grund för fler scenarier och förbättrade modeller för olika verkansformer och skademekanismer.

En annan fortsättning av befintligt arbete vore att fördjupa sammanställningen av viktiga åtgärder som kan vidtas av räddningspersonal och civilbefolkning vid angrepp med kärnvapen. Utgångspunkten är lämpligen de refererade underlagen från FEMA, tillsammans med andra källor. Avsikten skulle vara att gå igenom dessa underlag, djupare förstå bevekelsegrunderna för de rekommendationer som ges, samt sammanställa dessa. Detta kan sedan ligga till grund för de rekommendationer som berörda svenska myndigheter formulerar kring åtgärder vid kärnvapenangrepp.

6 Bilagor

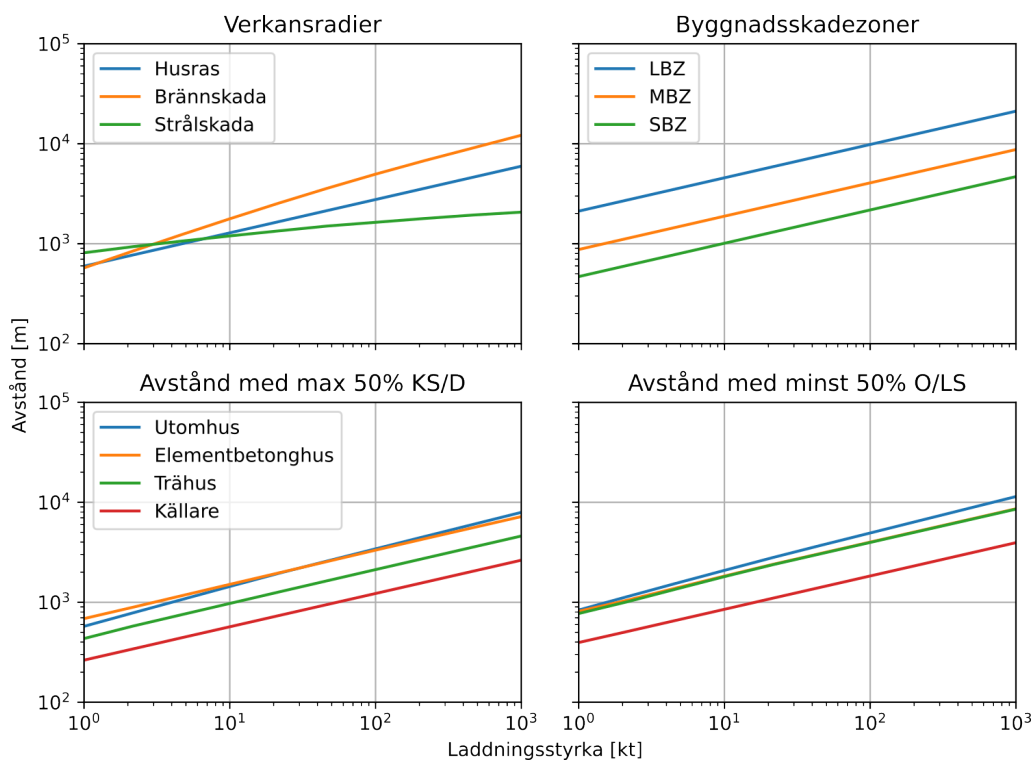
Nedanstående bilagor samlar mer ingående information relaterat till kärnvapenangrepp mot stad. I avsnitt 6.1 illustreras hur verkansradier och zongränser varierar med laddningsstyrkan, samt vilka skadepanoraman som väntas i den måttligt byggnadsskadade zonen för olika laddningsstyrkor. Avsnitt 6.2 ger olika variationer av angreppsfall, såsom grad av förvarning och antaganden om befolkningens geografiska och skyddsmässiga fördelning. Avsnitt 6.3 behandlar kort effekter av bränder. I avsnitt 6.4 beskrivs slutligen metodiken som har använts i våra beräkningar, vilken vidare kommer att behandlas i en separat rapport [15].

6.1 Vapeneffekter för olika laddningsstyrkor

Figur 6.1 ger verkansradier för olika skadeformer vid olika laddningsstyrkor. Figuren innehåller också gränser för byggnadsskadezoner, samt avstånd där 50 % är kritiskt skadade/döda (KS/D) eller oskadade/lindrigt skadade (O/LS) vid olika skydd. Tabell 6.1 ger resultaten vid laddningsstyrka 1, 10, 100, och 1 000 kt för både luft- och markexplosion. För 1 och 10 kt har här antagits att energin huvudsakligen kommer från fission, medan de högre laddningsstyrkorna antas vara fusionsvapen med 50 % fission och 50 % fusion. Skadeformernas verkansradie ges här för ett övertryck på ca 34 kPa (5 psi), fullhudsbrännskada, samt en stråldos på 4,5 Gy. Notera att exempelvis bestrålningskriterier som krävs för fullhudsbrännskada varierar med laddningsstyrka, på grund av värmeklotets tidsförlopp — högre laddningsstyrkor ger en mer långvarig värmestrålningspuls, vilket medför att maximala intensiteten är lägre och mer värme hinner föras undan innan den gör skada [13]. Den bestrålning (kJ/cm^2) som krävs för en viss skada ökar därmed med laddningsstyrka. Brännskador varierar även med hudtyp, där de med mörkare hud är mer känsliga [13].

6.1.1 Skadepanorama i måttligt byggnadsskadad zon

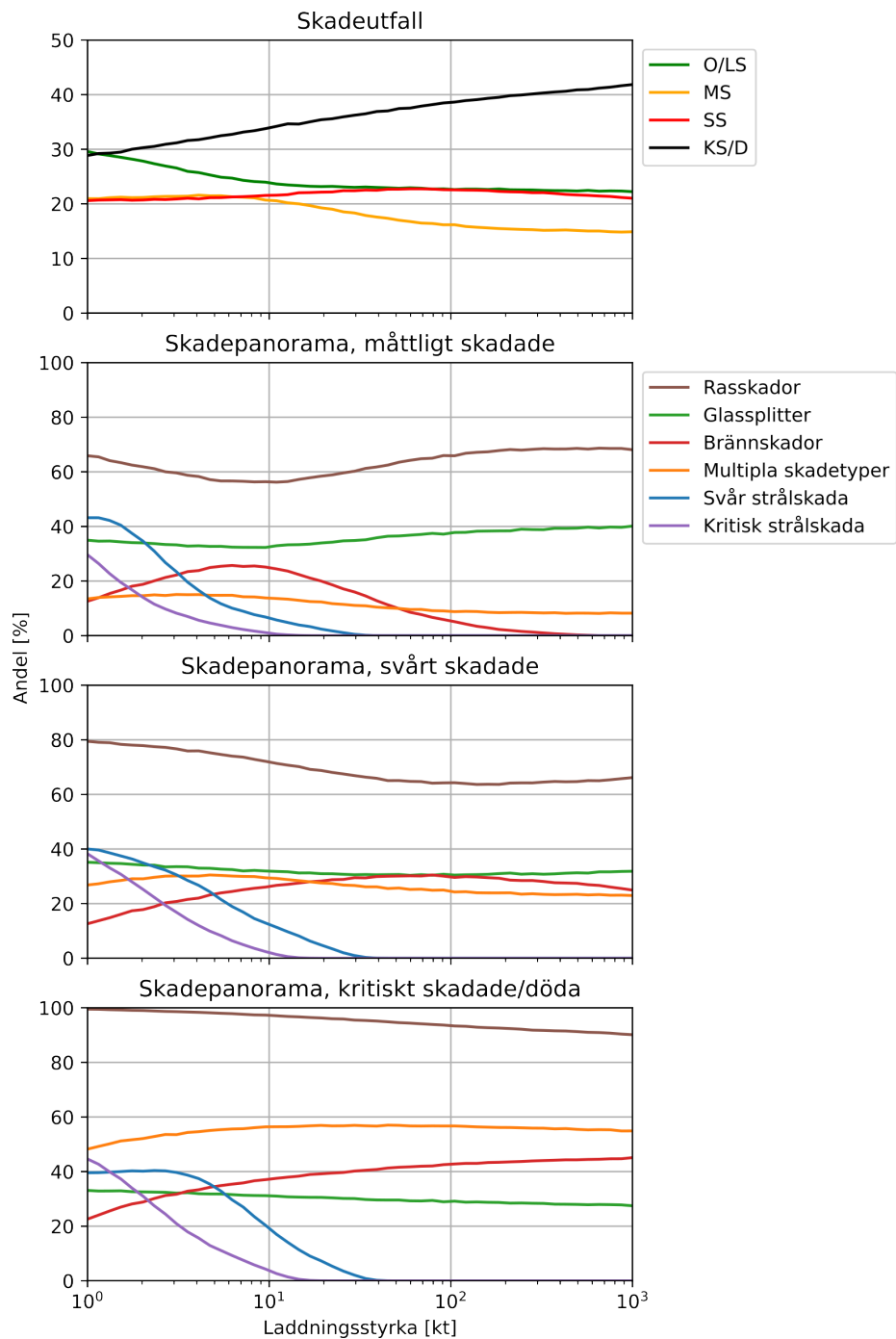
Figur 6.2 ger skadepanorama i den måttligt byggnadsskadade zonen för luftexplosion med olika laddningsstyrkor. Andelen KS/D ökar med ungefär 10 procentenheter för laddningsstyrkor från 1 till 1 000 kt, vilket kommer sig av den ökade andelen döda från brännskador. Detta beror på att verkan från värmestrålningen ökar mer med ökande laddningsstyrka än stötvågseffekterna. Initialstrålningen ökar däremot långsammare med laddningsstyrka än både stötvåg och värmestrålning (se figur 6.2), vilket innebär att färre överlevande kommer att ha strålskador vid högre laddningsstyrkor. I den måttligt byggnadsskadade zonen ser vi att det knappt kommer att finnas några strålskador för laddningsstyrkor över 30 kt.



Figur 6.1: Verkansradier, zongränser, samt avstånd för 50 % kritiskt skadade/döda (KS/D) respektive oskadade/lindrigt skadade (O/LS) vid olika skydd, för luftexplosion med olika laddningsstyrkor.

Tabell 6.1: Skaderadier för luft- och markexplosioner, givna i km. Radier för statiskt övertryck på 34 kPa (5 psi), fullhudsbrännskada för oskyddad hud, och LD₅₀ för strålskada för oskyddade personer. Radier för lindrigt, måttligt, samt svårt byggnadsskadad zon. Avstånd där 50 % är kritiskt skadade/döda, eller 50 % är oskadade/lindrigt skadade vid olika skydd.

	Luft				Mark			
	1 kt	10 kt	100 kt	1 000 kt	1 kt	10 kt	100 kt	1 000 kt
34 kPa övertryck	0,6	1,3	2,8	6,0	0,5	1,0	2,1	4,6
Fullhudsbrännskada	0,6	1,8	5,0	12,2	0,4	1,3	3,7	9,1
4,5 Gy strålskada	0,8	1,2	1,6	2,1	0,8	1,2	1,8	2,7
Lindrig byggnadsskada	2,1	4,6	9,8	21,2	1,5	3,3	7,2	15,4
Måttlig byggnadsskada	0,9	1,9	4,1	8,7	0,7	1,4	3,0	6,5
Svår byggnadsskada	0,5	1,0	2,2	4,7	0,4	0,8	1,7	3,7
$r_{50 \text{ KS/D, utomhus}}$	0,6	1,4	3,4	7,9	0,4	1,0	2,4	6,0
$r_{50 \text{ KS/D, betonghus}}$	0,7	1,5	3,3	7,2	0,5	1,1	2,5	5,5
$r_{50 \text{ KS/D, trähus}}$	0,4	1,0	2,1	4,6	0,3	0,7	1,5	3,5
$r_{50 \text{ KS/D, källare}}$	0,3	0,6	1,2	2,6	0,2	0,5	1,0	2,2
$r_{50 \text{ O/LS, utomhus}}$	0,8	2,1	4,9	11,4	0,6	1,5	3,4	8,3
$r_{50 \text{ O/LS, betonghus}}$	0,8	1,8	4,0	8,6	0,6	1,3	2,9	6,4
$r_{50 \text{ O/LS, trähus}}$	0,8	1,8	4,0	8,6	0,6	1,2	2,8	6,3
$r_{50 \text{ O/LS, källare}}$	0,4	0,9	1,8	4,0	0,3	0,7	1,4	3,1



Figur 6.2: Skadepanorama i måttligt byggnadsskadad zon för olika laddningsstyrkor. Här används en konstant befolkningstäthet där personer befinner sig utomhus (15 %), i trähus (30 %), i elementbetonghus (45 %), samt i gjutet betonghus (10 %) (fall D i avsnitt 6.2.2).

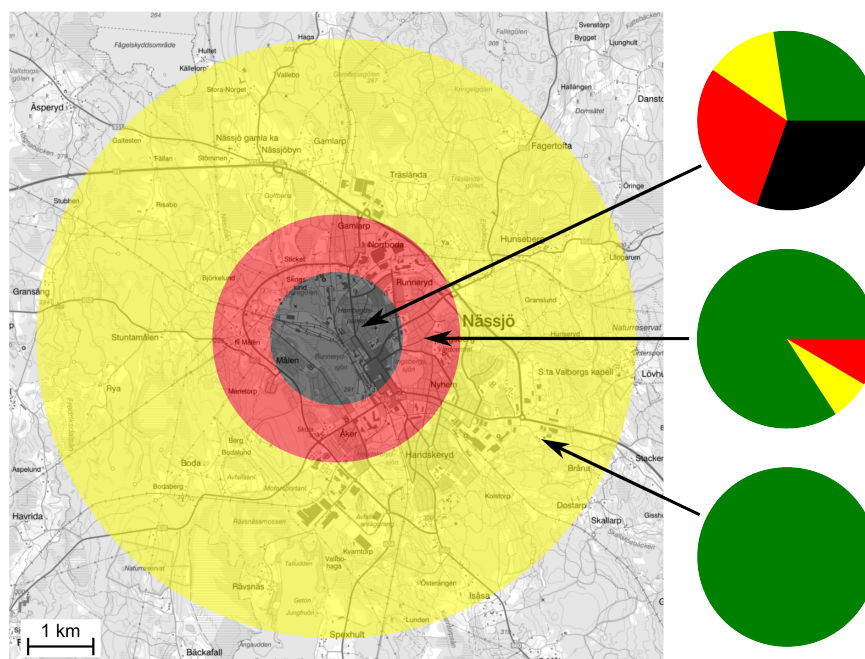
6.2 Olika variationer av angreppsfallet

Som beskrivs i avsnitt 1 är scenariot i denna rapport att ett kärnvapenangrepp sker med 10 kt luftexplosion utan förvarning. I avsnitt 3 beskrivs också variationen att det istället är fråga om en markexplosion, allt annat lika. I denna bilaga berör vi kortfattat några andra variationer av scenariot.

6.2.1 Förvarning

Figur 6.3 och tabell 6.2 ger uppskattat skadeutfall vid förvarning, vilket här innebär att befolkningen har sökt skydd där de befinner sig, motsvarande källare i flerbostadshus. Som synes minskar antalet döda och kritiskt skadade signifikant, kring 80 % minskning av direkta dödsfall, vilket är i linje med tidigare uppskattningar [43, 47], medan antalet svårt skadade ökar något. Antalet strålskadade ökar märkbart, eftersom många av de som tidigare var tillräckligt nära explosionen för att få en strålskada dog av andra effekter, medan de nu överlever men får skadliga stråldoser.

Förvarning och skydd ger alltså en stor minskning av antalet skadade. Situationen försvåras dock vid vitt spridda bränder, eftersom många av de överlevande kommer befinna sig förhållandevis nära nollpunkten och kan befinna sig i skydd som har blockerats av rasmassor. Detta är speciellt problematiskt vid markangrepp, där nedfall medför att det kan bli svårt att komma in i området i tid för att kunna evakuera innan de överlevande utsätts för bränder.



Figur 6.3: Skadefördelning vid förvarning, se texten till tabell 6.2. Cirklar i karta indikerar de olika byggnadsskadade zonerna. Svårt: svart, måttligt: rött, samt lindrigt: grönt. Cirkeldiagrammen indikerar relativa skadeutfallet inom respektive zon. Grönt: oskadda/lindrigt skadade (O/LS), gult: måttligt skadade (MS), rött: svårt skadade (SS), samt svart: kritiskt skadade/döda (KS/D). Karta från Lantmäteriet.

Tabell 6.2: Skadeutfall utan och med förvarning. Här antas att befolkningen tar skydd i källare som ger visst skydd, men inte hinner ta sig till skyddsrum. Antalet dödade av direkta orsaker såsom ras minskar drastiskt, från knappt 11 000 döda till drygt 2 000. Många av de som nu överlever kommer dock sakna tillräckligt skydd mot den joniserande initialstrålningen, därav ökningen av strålskador från drygt 1 000 till knappt 4 000 personer.

Område	O/LS	MS	SS	KS/D	2-6 Gy	6-50 Gy
Ingen varning	4 080	1 895	1 890	10 835	515	530
Med varning	12 125	1 520	2 795	2 260	2 570	1 225

6.2.2 Olika befolkningsfördelningar

Tabell 6.3 visar skadeutfall vid fyra olika befolkningstätheter och skyddsfördelningar.

- A: Befolknings- och skyddsfördelning som använts i huvuddelen av denna rapport, beskriven i tabell 6.3.
- B: Uppskattad fördelning nattetid, där samtliga antas vara i bostäder. Fler personer befinner sig då i utkanterna av staden, och ingen är utomhus.
- C: Som (A), men med samma befolkningstäthet i varje zon.
- D: En konstant befolkningstäthet ut till 3 km från nollpunkten, vilka befinner sig utomhus (15 %), i trähus (30 %), i elementbetonghus (45 %), samt i gjutet betonghus (10 %).

Antalet dödsfall varierar mellan 20 och 58 %, medan antalet MS och SS förblir tämligen likt. Detta illustrerar hur lokala många effekter från kärnvapenangrepp är — en utspridd befolkning minskar skadeutfallet markant.¹⁷

Tabell 6.3: Skadeutfall vid olika befolkningsfördelningar.

	O/LS	MS	SS	KS/D
A	4 080 (22 %)	1 895 (10 %)	1 890 (10 %)	10 835 (58 %)
B	5 790 (31 %)	2 565 (14 %)	2 095 (11 %)	8 250 (44 %)
C	9 045 (48 %)	2 955 (16 %)	2 005 (11 %)	4 695 (25 %)
D	10 585 (57 %)	2 905 (16 %)	1 510 (8 %)	3 700 (20 %)

6.3 Bränder

Denna rapport inkluderar inte uppskattningar av skadeutfall från bränder som kan initieras av ett kärnvapen. Detta beror på att dessa storskaliga bränder är ytterst komplexa att modellera. Effekterna kommer också att variera stort med angreppstyp samt exakta förhållandena som råder på platsen och tidpunkten för angreppet [12, 13, 17, 23, 24, 26, 43, 62, 63]. Generellt gäller dock:

¹⁷Det är värt att notera att Nukemap [61], ett användbart webbaserat verktyg som ger uppskattade skaderadier och uppskattat antal skadade vid kärnvapenangrepp, använder ett befolkningsunderlag med en tämligen låg upplösning. Detta ger en befolkningsfördelning som är mer utspridd än vad som kan vara fallet (speciellt centralt i mindre orter), och tenderar därmed till att ge låga skadeutfall vid framför allt låga laddningsstyrkor.

- Bränder kan komma att vara vitt spridda, men moderna städer tros inte medföra så hög sannolikhet för att dessa utvecklas till brandstormar.
- Bränder kommer initialt främst att förekomma i den måttligt byggnadsskadade zonen, eftersom den inre zonen är så raserad att det delvis motverkar stora bränder, och yttre zonen utsätts inte för tillräckligt höga strålningsintensiteter för att leda till många antändningar (sekundära bränder från förstörd infrastruktur är dock möjligt).

Grova uppskattningar indikerar att en inkludering av bränder i huvudscenariot minskar antalet oskadade med ~10 %, minskar antalet måttligt och svårt skadade med 15-20 %, samt ökar antalet döda med ~10 %. Andelen överlevande med brännskador från bränder uppskattas till kring 8 %. Deras symtom kommer skilja sig från de med direkta brännskador, bland annat då skador från inandning av heta och giftiga gaser kan uppkomma. Dessa förändringar i skadeutfall kommer sig av att bränder främst drabbar personer i de svårt och måttligt byggnadsskadade zonerna, och det kommer särskilt drabba de redan skadade som har mindre möjligheter till att sätta sig i säkerhet. Vi vill dock poängtera att dessa uppskattningar är högst approximativa, och mer arbete krävs för att ta fram brandmodeller och analysera hur dessa påverkas av stadstyp, väder, med mera.

6.4 Metodik

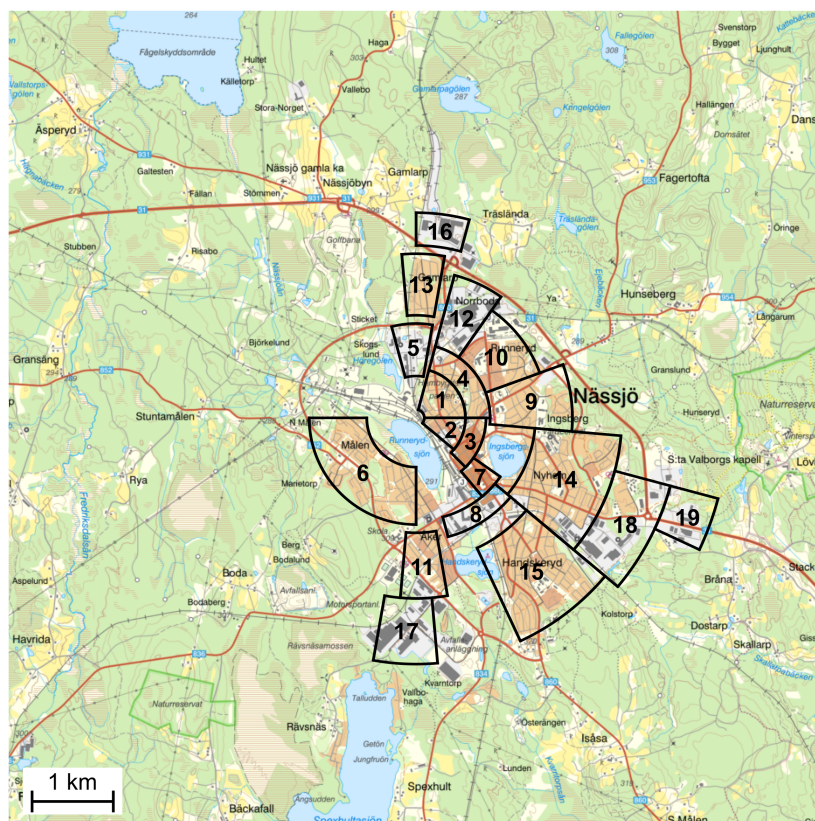
Här redovisas vissa detaljer kring den modellering av skadeutfall och skadepanorama som har använts i denna rapport. En utförligare beskrivning kommer att sammanställas i en separat rapport [15].

6.4.1 Befolknings- och skyddsfördelning

Befolkningens vistelseplats och skyddssituation uppskattades genom att först dela upp Nässjö i 19 zoner, uppsatta i polära koordinater och illustrerade i figur 6.4. De polära koordinaterna (inre och yttre radie, samt vinkelomfång) ges i tabell 6.4. Antal personer i varje zon, samt andel i olika skydd (här givna som utomhus, i trähus, samt i elementbetonghus) uppskattades manuellt via Google Maps och Google Maps Street View. Detta gjordes genom att uppskatta antalet bostäder i varje zon och placera 1,75 personer i varje hushåll. Resterande befolkning placerades sedan ut på ett sätt som framstod som lämpligt, med fler i tätort, skolor och andra samlingsplatser. Det ska poängteras att både utplaceringen av befolkning och uppsättningen skydd är en grov uppskattning, och kommer i verkligheten kunna variera stort mot vad som använts här, se tabell 6.3 för exempel. Övergripande trender och huvudsakliga slutsatser ändras dock inte av detta.

6.4.2 Modellering av skadeutfall

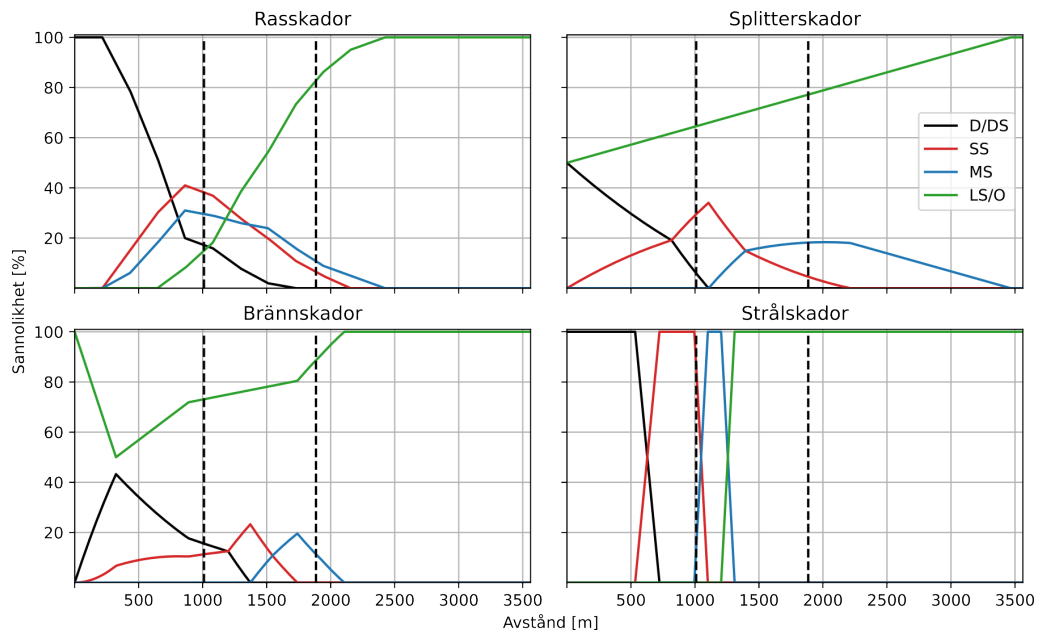
Skadeutfall och skadepanorama modellerades genom att slumpmässigt placera ut individer på olika avstånd och i olika skydd, i enlighet med fördelningen i tabell 6.4. För varje individ ges sedan en skada genom att sampla sannolikhetsfördelningar, vilka uppskattas för ett specifikt angrepp (laddningsstyrka och explosionshöjd), samt skydd.



Figur 6.4: Zonuppdelning för Nässjö stad, med 19 använda zoner centrerade kring explosionens nollpunkt. Karta från Lantmäteriet.

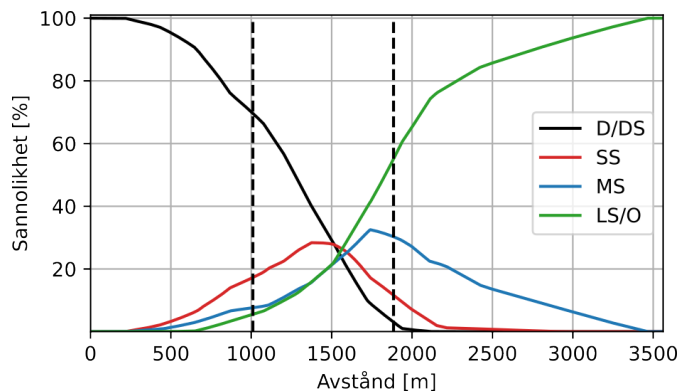
Tabell 6.4: Detaljer kring använda zoner, vilka illustreras i figur 6.4. Antal uppskattade personer i zonerna, inre och yttre radie, vinkelomfång, samt uppskattad fördelning i olika skydd.

Zon	Antal personer	r1	r2	vinkel	% ute	% trähus	% betonghus
1	370	100	600	75	15	70	15
2	1 450	100	600	40	20	10	70
3	3 400	600	850	50	20	10	70
4	400	600	900	75	15	70	15
5	250	510	1 150	25	20	0	80
6	800	600	1 300	90	15	85	0
7	2 750	850	1 250	15	20	10	70
8	1 750	1 250	1 500	35	20	10	70
9	600	900	1 900	25	15	70	15
10	1 150	900	1 600	35	15	25	60
11	750	1 400	2 200	15	15	35	50
12	600	900	1 800	20	10	10	80
13	550	1 250	2 000	15	15	85	0
14	1 375	1 450	2 500	35	15	70	15
15	1 275	1 750	3 000	25	15	75	10
16	140	2 100	2 500	15	10	0	90
17	250	2 200	3 000	20	10	0	90
18	590	2 500	3 200	25	15	50	35
19	250	3 200	3 800	10	10	0	90



Figur 6.5: Sannolikhetsfördelning för individuella skadetyper för personer i trähus, vid 10 kt kärnvapenangrepp som exploderar på 320 m höjd. För strålskador ges sannolikheter för totaldos på >50 Gy (svart linje), 6-50 Gy (röd linje), 2-6 Gy (blå linje), samt <2 Gy (grön linje). Vertikala streckade linjer ger utsträckning av svårt och måttligt byggnadsskaded zon. Brännskador avser här de från den direkta värmestrålningen, vilket innebär att personer inomhus är skyddade om de befinner sig rakt under explosionen.

Fyra skadetyper behandlas: rasskador, splitterskador från glas, brännskador från värmestrålning (bränder inkluderas inte), samt strålskador från initialstrålning. Dessa uppskattningar kommer från en kombination av skademodeller från [12–14] och nyare underlag, vilka kommer diskuteras mer i en kommande rapport [15]. Här ges de enbart med en uppskattning av sannolikheten för en viss grad av skada för olika avstånd, utan att i detalj diskutera de mekanismer som leder till en viss skadenivå. Exempel på skadefördelning för de fyra skadekategorierna illustreras i figur 6.5, vilken behandlar fallet vistelse i trähus för ett angrepp med en laddning på 10 kt som exploderar på 320 meters höjd. Observera att ingen generell ”optimal” explosionshöjd finns [64] — detta är ett val där till exempel största möjliga utsträckning för ett specifikt statistiskt övertryck kan vara kriteriet. För angreppen i Japan valdes 5 psi (ca 34 kPa) som ett önskvärt övertryck att maximera utbredningen av, vilket för en laddning på 10 kt motsvarar en explosionshöjd på 670 meter. Detta antogs vara passande för att raseras de förhållandevis svaga japanska byggnaderna [65]. Här används primärt explosionshöjder optimerade på ett övertryck av 30 psi (drygt 200 kPa) [13], vilket raserar även tämligen stabila byggnader. Det bör noteras att många skadeuppskattningar kommer från tidiga amerikanska provsprängningar, d.v.s. är framtagna i annan terräng och annat klimat än Sverige, samt med byggnader som använde både andra standarder och material än vad som är vanligt i Sverige.



Figur 6.6: Sannolikhetsfördelning för kombinerade skador från figur 6.5.

Rasskador, splitterskador och brännskador kombinerades enligt en metod där individuella skador av en viss nivå ger skadepoäng enligt:

Skada	O/LS	MS	SS	KS/D
Skadepoäng	0	1	3	5

Dessa summeras sedan, och sammanvägd skadenivå ges efter totala skadepoäng:

Totala skadepoäng	0	1-2	3-4	5+
Skadenivå	O/LS	MS	SS	KS/D

Detta medför att, exempelvis, två måttliga skador tillsammans ger en måttlig skada, men tre måttliga skador ger en svår skada. Kombinerad skadefördelning illustreras i figur 6.6, vilket ger kombinationsskador från fördelningar i figur 6.5. Strålskador behandlas sedan separat, där vi exempelvis kan beräkna antalet individer med måttliga skador och en stråldos på 2-6 Gy. Denna metod är relativt grov, och missar detaljer såsom att vissa skadetyper kan stärka varandra särskilt mycket och ge en än allvarligare skada. Exempelvis ger brännskador stor infektionsrisk och strålskador sänker immunsystemets förmåga, så att de tillsammans skapar en särskilt allvarlig skada.

Referenser

- [1] Regeringen. *Uppdrag att ta fram nyckeltalsberäkningar och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvården*, Regeringsuppdrag S2022/04257 (2022).
- [2] D. Andersson, J. Ericson, H. Persson och N. Petersson. *Dimensionerande masskadeutfall på den svenska civilbefolkningen*, FOI-R--5538--SE (2023).
- [3] D. Andersson, J. Danielsson, J. Ericson och N. Petersson. *Metodstödet FOI Masskadeutfall (MASK) — Version 1.0*, FOI-R--5656--SE (2024).
- [4] O. Björnham et al. *Beskrivning av metoder och antaganden som har använts till rapporten Skadepanoraman och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvården vid anfall med massförstörelsevapen*, FOI-R--5653--SE (2024).
- [5] Försvarsmakten och Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap. *Utgångspunkter för totalförsvaret 2025–2030*, FM2025-19772:2, MSB 2025-08877 (2025).
- [6] SIPRI. *SIPRI Yearbook 2025 – Armaments, Disarmament and International Security* (2025).
- [7] F. Westerlund och S. Oxenstierna (red.). *Russian military capability in a ten-year perspective – 2019*, FOI-R--4758--SE (2019).
- [8] M. Goliath. *Kärnvapenfall för totalförvarsplanering*, FOI Memo 6724 (2019).
- [9] M. Goliath och D. Sunhede. *Kärnvapenfall för övning och utbildning inom Försvarsmakten*, FOI Memo 7852 (2021).
- [10] M. Goliath, K. Lidström, T. Nylén och S. Sivertsson. *Kärnvapenscenario för räddningstjänst*, FOI-R--5131--SE (2021).
- [11] B. Rybeck et al. *FOA orienterar om kärnvapen*, ISBN 91-7056-07 6-5 (1990).
- [12] S. Glasstone och P. J. Dolan (red.). *The effects of nuclear weapons* (1977). URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/GOVPUB-D-PURL-gpo106759/pdf/GOVPUB-D-PURL-gpo106759.pdf> (hämtad 2025-07-04).
- [13] L. Wigg. *Handbok för kärnvapenverkan*, FOA-R--96-00378-4.1-SE (1996).
- [14] L. Björklund and M. Goliath. *Kärnladdningars skadeverkan — beräkningsprogram med instruktioner*, FOI-R--2741--SE (2009).
- [15] T. Fransson, M. Goliath och S. Sivertsson. Kommande rapport: *Metodik för uppskattning av masskadeutfall vid kärnvapenangrepp*.
- [16] C.-J. Clemenson och A. Nelson. *Atomvapenskador* (1956).
- [17] FEMA. *Planning guidance for response to a nuclear detonation* (2022). URL: https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_nuc-detonation-planning-guide.pdf (hämtad 2025-08-13).
- [18] Socialstyrelsen. *Omhändertagande av skadade vid radiakolyckor och kärnvapenexplosioner* (1991). URL: <https://rib.msb.se/bib/Search/Document?id=3778> (hämtad 2025-08-13).
- [19] HHS/ASPR. *A decision makers guide: medical planning and response for a nuclear detonation* (2017). URL: <https://remm.hhs.gov/decisionmakersguide.htm> (hämtad 2025-08-13).

- [20] N. Dainiak och J. Albanese. *Medical management of acute radiation syndrome*, J. Radiol. Prot. **43**, (2022). DOI: 10.1088/1361-6498/ac7d18.
- [21] EBMT. *EBMT Pocket Guide* (2017). URL: <https://www.ebmt.org/sites/default/files/2018-03/EBMT%20Nuclear%20Accident%20Committee%20Pocket%20Guide%202017.pdf> (hämtad 2025-11-21).
- [22] Kunskapscentrum för strålningsmedicin vid katastrofer (KcRN). *Faktablad – Medicinska konsekvenser av akuta strålningshändelser*, Socialstyrelsen 2022-11-8218 (2022).
- [23] FEMA. *Nuclear detonation response guidance: Planning for the first 72 hours*, (2023). URL: https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_oet-72-hour-nuclear-detonation-response-guidance.pdf (hämtad 2025-08-12).
- [24] LLNL. *Key response planning factors: Response to an IND in the NCR* (2011). URL: <https://irp.fas.org/agency/dhs/fema/ncr.pdf> (hämtad 2025-08-13).
- [25] R. A. Zirkle och J. C. Marroquin Pineda. *Combined nuclear effects feasibility study* (2022). URL: <https://www.ida.org/-/media/feature/publications/c/co/combined-nuclear-effects-feasibility-study/p-33233.ashx> (hämtad 2025-08-12).
- [26] R. E. Marrs, W. C. Moss och B. Whitlock. *Thermal radiation from nuclear detonations in urban environments* (2007). URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/912675> (hämtad 2025-08-13).
- [27] G. D. Spriggs, S. Neuscamman, J. S. Nasstrom och K. B. Knight. *Fallout cloud regimes*, Countering WMD Journal **21**, 103-113 (2020). URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1771428> (hämtad 2025-11-21).
- [28] A. Ringbom, M. Goliath och T. Nylén. *Ett nationellt system för att upptäcka, varna och informera om kärnexplosioner och andra nukleära händelser*, FOI-R-5465-SE (2023).
- [29] P. Jansson et al. *Modelling the response of systems for detection of nuclear explosions and other nuclear events*, FOI-R-5626-SE (2024).
- [30] Nato. *Warning and Reporting and Hazard prediction of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Incidents (Operators Manual)*, NATO Standard ATP-45, Edition E, Version 1 (2014).
- [31] FEMA. *Improvised nuclear device response and recovery* (2013). URL: https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_improvised-nuclear-device-communicating-aftermath_june-2013.pdf (hämtad 2025-08-13).
- [32] FEMA. *Nuclear detonation preparedness: Communicating in the immediate aftermath* (2024). URL: https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_oet_nuclear-detonation-preparedness-communicating-aftermath_052024.pdf (hämtad 2025-08-13).
- [33] B. R. Buddemeier. *Nuclear detonation fallout: Key considerations for internal exposure and population monitoring* (2018). URL: <https://www.osti.gov/biblio/1460062> (hämtad 2025-08-13).

- [34] A. Axelsson *et al.* *Strålskyddskonsekvenser av radioaktivt nedfall från kärnvapenexplosioner*, 2023:05 (2023). URL: <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/rapporter/stralskydd/2023/202305/> (hämtad 2025-08-13).
- [35] MSB. *Kärnvapen – verkanseffekter ur ett räddningstjänstperspektiv* (2024). URL: <https://www.msb.se/sv/publikationer/karnvapen--verkanseffekter-ur-ett-raddningstjanstperspektiv/> (hämtad 2025-08-12).
- [36] SSM. *Om joniserande strålning*. URL: <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/om-stralning/om-joniserande-stralning/> (hämtad 2025-11-18).
- [37] UNSCEAR. *Answers to frequently asked questions about radiation*. URL: <https://www.unscear.org/unscear/en/areas-of-work/radiation-faq.html> (hämtad 2025-11-18).
- [38] K. Lidström, A. Tovedal och T. Nylén. *Ekvivalent och effektiv stråldos via inandning*, FOI-R-4969-SE (2020).
- [39] H. Källström och T.-L. Runesson. *Räddningstjänst vid olyckor med radioaktiva ämnen* (2012). URL: <https://rib.msb.se/filer/pdf/26423.pdf> (hämtad 2025-08-23).
- [40] ICRP. *Advice for the public on protection in case of a nuclear detonation*. URL: <https://www.icrp.org/page.asp?id=611> (hämtad 2025-09-01).
- [41] S. Xu och A. Dodt. *Nuclear bomb and public health*, J. Publ. Health Pol. **14**, 348-359 (2023). DOI: 10.1057/s41271-023-00420-x.
- [42] C. H. Kearny. *Nuclear War Survival Guide*, ISBN 978-1-63450-297-9 (2015).
- [43] L. Wigg, G. Danielson, T. Ulvsand och K. Rosander. *CISK 2 Vapenverkan: konsekvenser för civilbefolkningen vid olika skyddsalternativ. Delrapport 2: Kärnvapen — insats i landet*, FOA C 20709-2.6 (1988).
- [44] R. Wolfson och F. Dalnoki-Veress. *The devastating effects of nuclear weapons* (2022). URL: <https://thereader.mitpress.mit.edu/devastating-effects-of-nuclear-weapons-war/> (hämtad 2025-09-01).
- [45] MSB. *Om krisen eller kriget kommer* (2024). URL: <https://msb.se/sv/publikationer/om-krisen-eller-kriget-kommer/> (hämtad 2025-10-23).
- [46] L. M. Wein, Y. Choi och S. Denuit. *Analyzing evacuation versus shelter-in-place strategies after a terrorist nuclear detonation*, Risk Anal. **30**, 1315-1327 (2010). DOI: 10.1111/j.1539-6924.2010.01430.x.
- [47] S. Lindqvist och B. Oscarsson. *Underlagsstudier för civilförsvarets preliminära grundsyn ABC. Del III: Konsekvenser av kärnvapeninsatser mot befolkningsmål*, FOA C 20541-A3 (1984).
- [48] H. M. Pennington *et al.* *Source region electromagnetic pulse planning considerations* (2021). URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1813668/> (hämtad 2025-08-13).
- [49] DHS. *Quick reference guide: radiation risk information for responders following a nuclear detonation* (2016). URL: <https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/Quick%20Reference%20Guide%20Final.pdf> (hämtad 2025-08-13).

- [50] H. Wingfors, A. Forsberg och L. Landström. *Drönare med CBRNE-sensorer för räddningstjänst*, FOI-R--5640--SE (2024).
- [51] Regeringen. *Strålskyddsförordning*, 2018:506 (2018).
- [52] J. B. Cologne och D. L. Preston. *Longevity of atomic-bomb survivors*, *Lancet* **356**, 303-307 (2000). DOI: 10.1016/S0140-6736(00)02506-X.
- [53] B. R. Jordan. *The Hiroshima/Nagasaki survivor studies: Discrepancies between results and general perception*, *Genetics* **203**, 1505-1512 (2016). DOI: 10.1534/genetics.116.191759.
- [54] J. J. Caro et al. *Resource allocation after a nuclear detonation incident: Unaltered standards of ethical decision making*, *Dis. Med. Publ. Health Prep.* **5**, S46-53 (2011). DOI: 10.1001/dmp.2011.14.
- [55] C. N. Coleman et al. *Scarce resources for nuclear detonation: Project overview and challenges*, *Dis. Med. Pub. Health Prep.* **5**, S13-9 (2011). DOI: 10.1001/dmp.2011.15.
- [56] R. Casagrande et al. *Using the Model of Resource and Time-Based Triage (MORTT) to guide scarce resource allocation in the aftermath of a nuclear detonation*, *Dis. Med. Pub. Health Prep.* **5**, S98-110 (2011). DOI: 10.1001/dmp.2011.16.
- [57] L. Thors, A. Bucht, U. Arborelius och M. Günther. *Kombinationsskador av trauma och kemiska exponeringar*, FOI-R--5728--SE (2025).
- [58] J. Danielsson, N. Petersson och D. Andersson. *Sammanläggning av multipla skador på människa*, FOI-R--5711--SE (2024).
- [59] Regionala Cancercentrum i Samverkan. *Palliativ vård – Nationellt vårdprogram*. version 3.4 (2023). URL: <https://kunskapsbanken.cancercentrum.se/globalassets/vara-uppdrag/rehabilitering-palliativ-var/vardprogram/nationellt-varprogram-palliativ-var.pdf> (hämtad 2025-11-21).
- [60] N. Dainiak. *Medical management of acute radiation syndrome and associated infections in a high-casualty incident*, *J. Rad. Res.* **59**, ii54-ii64 (2018). DOI: 10.1093/jrr/rry004.
- [61] Alex Wellerstein. *NUKEMAP*. URL: <https://nuclearsecrecy.com/nukemap/> (hämtad 2025-11-17).
- [62] A. Longinow, T. E. Waterman och A. N. Takata. *Assessment of combined effects of blast and fire on personnel survivability* (1982). URL: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA117958.pdf> (hämtad 2025-08-12).
- [63] H. L. Brode och R. D. Small. *Physics of large urban fires* (1980). URL: <https://rib.msb.se/bib/Search/Document?id=3750&h=4&q=&search=1> (hämtad 2025-08-13).
- [64] A. Wellerstein. *The height of the bomb* (2012). URL: <https://blog.nuclearsecrecy.com/2012/08/08/the-height-of-the-bomb/> (hämtad 2025-08-12).
- [65] A. Wellerstein. *The trouble with airbursts* (2013). URL: <https://blog.nuclearsecrecy.com/2013/12/06/trouble-airbursts/> (hämtad 2025-08-12).

