

B01-101	Samlingsdokument
	Introduktion

Ansvarig utgivare: Björn Ekengren

1	Bakgrund	1
1.1	Kunskapsområdet fysiskt skydd	1
1.2	Orientering om impulsbelastade konstruktioner	3
2	Syfte	5
3	Koncept	5
4	Beteckningar	6
4.1	Romerska versaler	6
4.2	Romerska gemener	7
4.3	Grekiska tecken	9
4.4	Index	10
4.5	Förkortningar och uttryck	11
5	Referenser	12

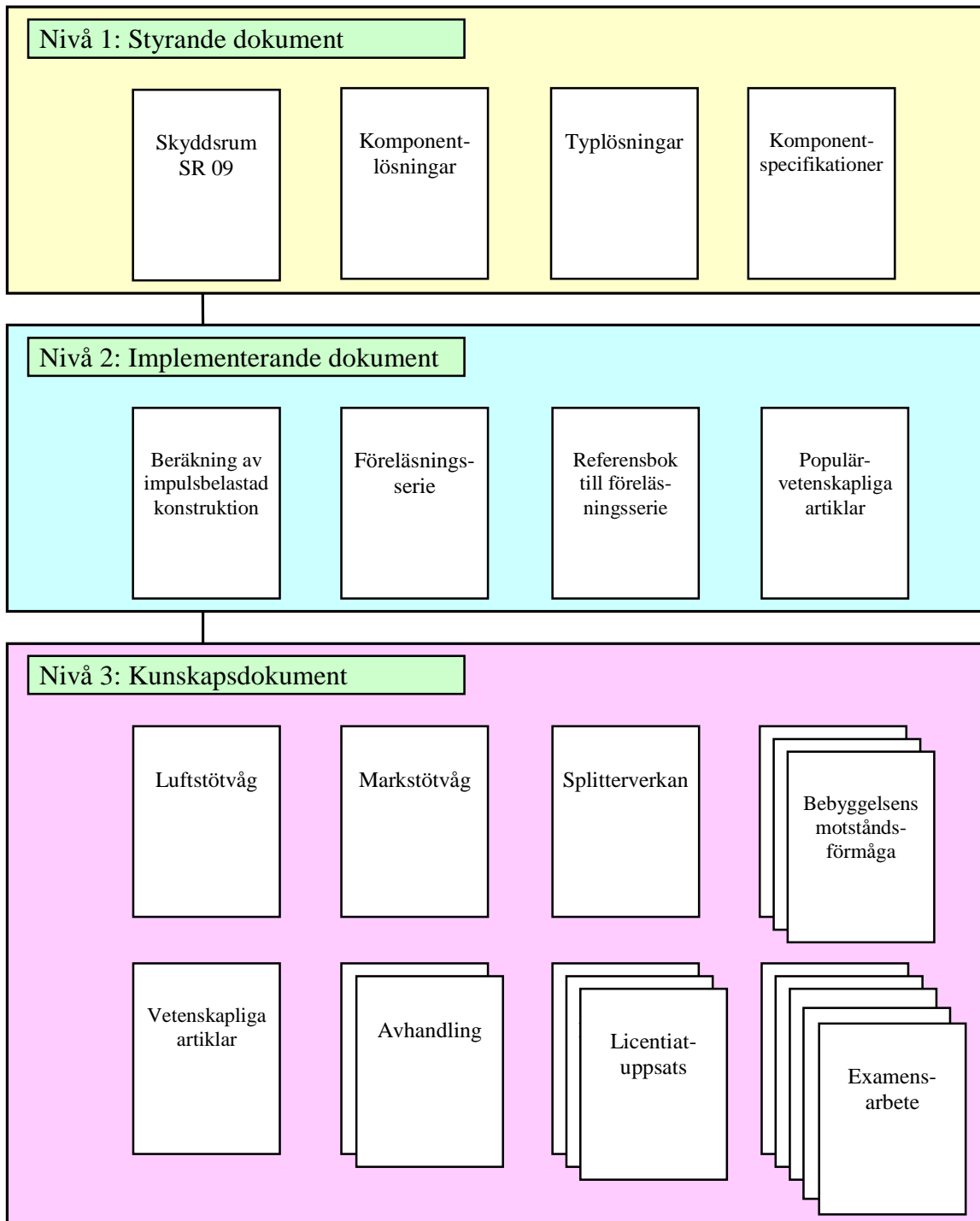
1 Bakgrund

1.1 Kunskapsområdet fysiskt skydd

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ansvarar bland mycket annat för området fysiskt skydd för befolkningen. Detta ställer höga krav på kunskap om och förståelse för effekterna av extraordinära belastningar såsom impulslaster från explosioner. En konstruktions beteende blir fysikaliskt annorlunda vid denna typ av belastning jämfört med normala, statiska belastningar och detta måste beaktas genom att krav och lösningar i normgivningen baseras på adekvat kunskap.

För MSB är det väsentligt att ha ett stort teoretiskt djup inom kunskapsområdet fysiskt skydd för att därigenom kunna vara säker på att de konstruktioner som man ansvarar för håller den kvalitet som lagstiftaren förväntat sig. Inom kunskapsområdet fysiskt skydd har därför utarbetats en dokumentstruktur på olika nivåer enligt Figur 1.1. Nyttan av den uppbyggda kunskapsbanken är dock betydligt större än att enbart tillgodose MSB:s behov. Det har därför, som ett vidgat tillskott till samhällsnyttan, ansetts viktigt att även föra ut information till andra intressenter om hur kunskapen om dynamiska förlopp har sin giltighet i hantering av bebyggelsen.

Beräkning av impulsbelastad konstruktion

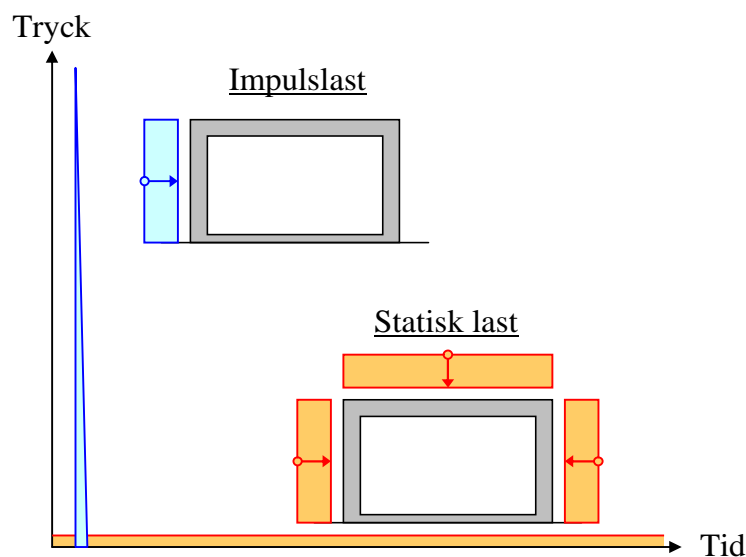


Figur 1.1 MSB:s dokumentstruktur inom kunskapsområdet fysiskt skydd.

1.2 Orientering om impulsbelastade konstruktioner

Den grundläggande skillnaden mellan statiskt belastade och impulsbelastade konstruktioner kan förenklat sammanfattas i tre delar: lastens magnitud och varaktighet, strukturrepons samt materialrespons.

- **Magnitud och varaktighet:** En impulsbelastning kan innebära mycket höga lastnivåer som verkar under en försvinnande kort tid. Som jämförelse gäller att en statisk last uppvisar betydligt lägre lastnivåer men att dess varaktighet i regel är så lång att den normalt inte betraktas som en lastparameter i sig, se Figur 1.2.

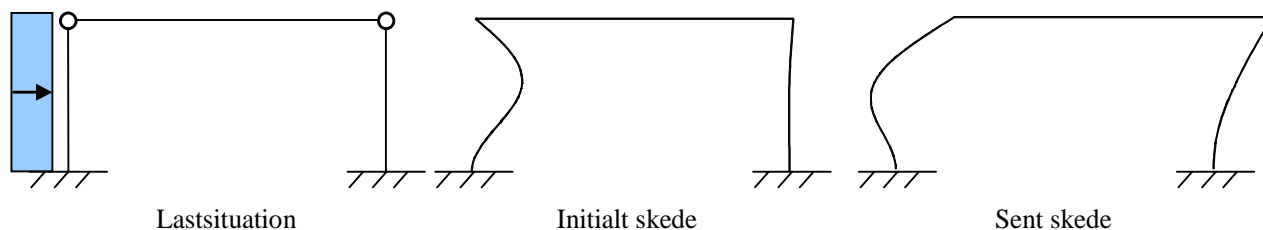


Figur 1.2 Principiell skillnad i magnitud och varaktighet hos last mot skyddsrum när denna betraktas som en impulslast respektive ekvivalent statisk last.

- **Strukturrepons:** Det tar tid för information att färdas genom en belastad struktur. För en statiskt belastad struktur saknar detta praktisk betydelse eftersom den pålagda lasten har en sådan lång varaktighet. För en impulsbelastning är det dock inte ovanligt att trögheten med informationsspridningen i strukturen får en betydande inverkan på dess resulterande respons. Detta kan ta sig i uttryck som att en del av strukturen inte ens "vet om" att den är belastat innan lasten har upphört att verka eller att en, till lasten mer närliggande del, redan hunnit gå sönder. Detta medför också att det i strukturen uppstår något som kan liknas vid tidsberoende randvillkor, vilket gör att dess respons kan skilja sig betänkligt jämfört med vad som fås vid en belastning av en statisk last med motsvarande geometriska utbredning, se Figur 1.3.

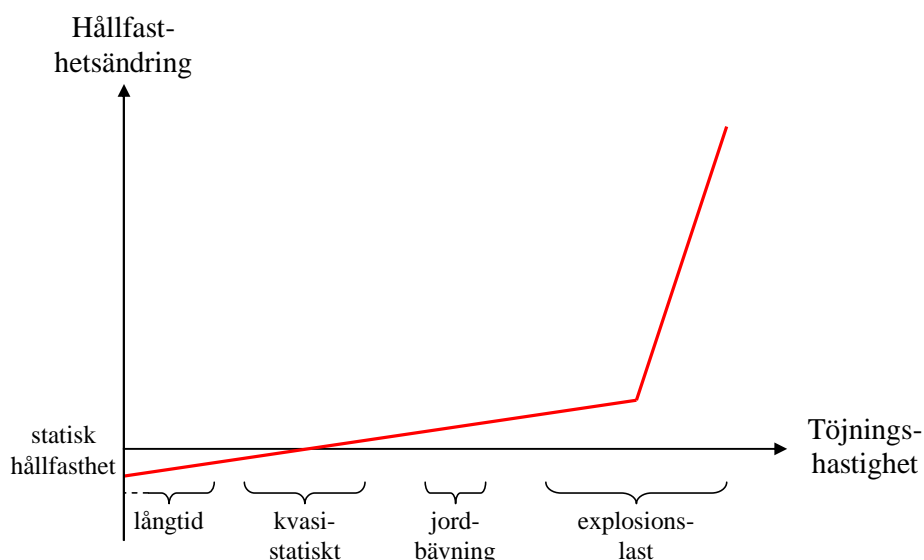
En annan viktig skillnad kopplad till strukturrensen är att en dynamiskt belastad struktur kommer att svänga fram och tillbaka. Detta medför att det kan uppstå deformationer, och därmed påkänningar, med motsatt tecken jämfört med vad impulslastens ursprungliga riktning skulle ha indikerat om det var en statisk last.

Beräkning av impulsbelastad konstruktion



Figur 1.3 Respons hos impulsbelastad ramstruktur vid impulslast från vänster. Initialt påverkas enbart det vänstra rambenet medan resten av ramen är i princip opåverkad. I ett senare tidsskede rör sig hela ramen åt höger samtidigt som det vänstra rambenet lokalt svänger åt vänster.

- **Materialrespons:** Höga belastningshastigheter, så som är fallet vid en explosionslast, kan förändra det belastade materialets mekaniska egenskaper. Detta uttrycker sig exempelvis i ökad hållfasthet och elasticitetsmodul men minskad seghet. Dessa fenomen samlas under begreppet töjningshastighetseffekter och kan ge betydlig påverkan på den slutliga responsen hos strukturen på både lokal och global nivå. För en statiskt belastad struktur kan besläktade fenomen uppstå. Dessa fenomen hör dock istället samman med en mycket långvarig belastning och benämns då som långtidseffekter, till exempel krypning i betong eller relaxation i stål. I Figur 1.4 ges en principiell illustration av hur betongens hållfasthet kan förändras med ökad töjningshastighet. För olika material och olika egenskaper ser dessa samband olika ut – allmänt gäller dock att en ökad töjningshastighet ger en ökad hållfasthet samt en ökad styvhet.

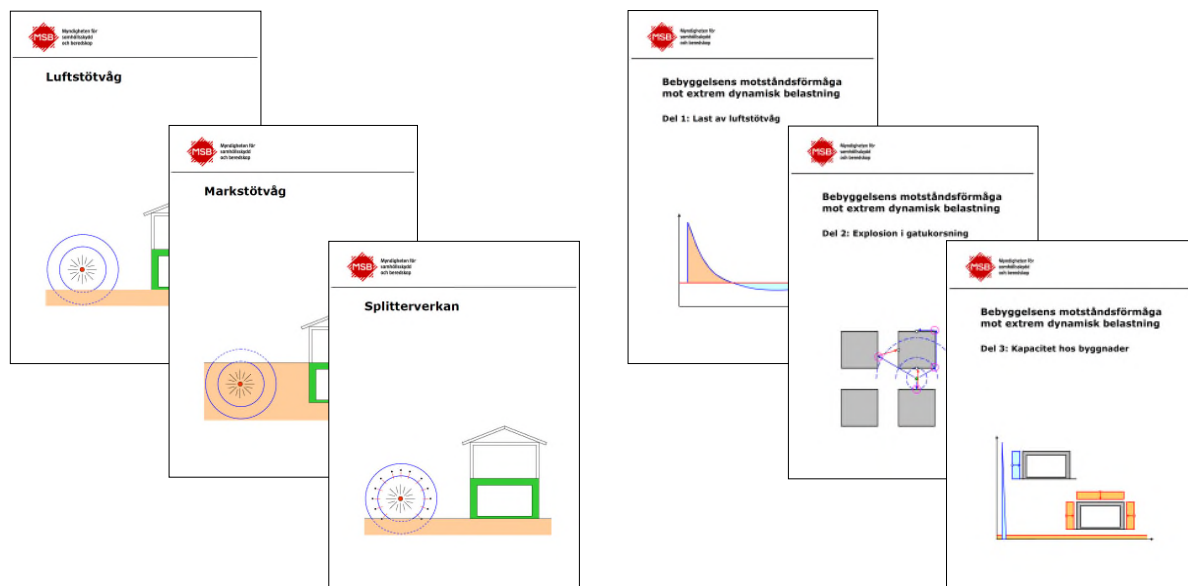


Figur 1.4 Principiell inverkan på hållfastheten hos betong vid olika töjningshastigheter.

2 Syfte

För MSB är det viktigt att den genomförda kunskapsupbyggnaden inom Fysiskt skydd bevaras över tiden och får en tillräcklig stabilitet så att den inte riskerar att hamna i ett alltför sårbart personberoende. Bedömningen är att kunskapen bäst odlas och vidmakthålls om den får en bred och gränsöverskridande tillämpning och förståelse.

Ett mål i MSB:s arbete är därför att sprida kunskap och förmåga att hantera den typ av belastning som kan uppstå i samband med en explosion. De av MSB framtagna kunskapsdokumenten, med fokus på de dokument som illustreras i Figur 2.1, är en viktig förutsättning för detta. Det bedöms dock inte vara tillräckligt med dessa dokument för att den verksamme konstruktören i önskad grad ska ta till sig kunskapen. Som komplement till dessa kunskapsdokument ger MSB därför även ut serien Beräkning av impulsbelastad konstruktion. Denna serie innehåller fristående dokument med en mer tillämpad inriktning med fokus på beräkningsexempel där syftet är att på ett tydligt och pedagogiskt sätt belysa hur innehållet i övriga kunskapsdokument kan användas för olika tillämpningar. Förhoppningen är att dessa dokument tillsammans ska bidra till ökad kompetens om hur explosionsbelastade konstruktioner kan hanteras.



Figur 2.1 Centrala dokument inom kunskapsområdet fysiskt skydd.

3 Koncept

De dokument som tas fram inom serien Beräkning av impulsbelastad konstruktion kommer att fungera som levande dokument som läggs upp på MSB:s hemsida varifrån den intresserade enkelt kan ladda ner dem. Avsikten är att hemsidan regelbundet ska uppdateras med nya dokument allteftersom dessa tas fram.

För en förteckning av utgivna dokument i serien hänvisas till dokument B01-102.

4 Beteckningar

4.1 Romerska versaler

A	area
A_s	armeringsmängd dragarmering
B	Motts konstant
E	elasticitetsmodul
E_b	energimängd bomb
E_c	elasticitetsmodul betong
E_{gas}	energi i exploderande gasvolym
E'_{gas}	förbränningsenergi (energiintensitet) i exploderande gas
E_s	elasticitetsmodul armering, energimängd stötvåg
E_k	kinetisk energi
$E_{k,splitter}$	kinetisk energi splitter
F	kraft, last
F_I	maxlast
F_b	last balk
F_k	karaktäristisk trycklast
I	impuls, tröghetsmoment
I_I	impuls vid last $F_I(t)$
I_k	karaktäristisk impuls
I_s	impuls stötvåg
L	längd
M_A	splitterfördelningsparameter
M_f	fältmoment
M_h	höljets massa
M_{rd}	momentkapacitet
M_s	stödmoment
M_{sd}	dimensionerande moment
P	tryck
P^+	övertryck positiv fas
P^-	undertryck negativ fas
P_0	tryck hos ostörd luft (101,3 kPa vid +15 °C)
P_r, P_r^+	reflekterat övertryck positiv fas

P_s, P_s^+	oreflekterat övertryck positiv fas
P_s'	kvot för oreflekterat övertryck
Q	ekvivalent statisk last
R	inre kraft, kapacitet
R_b	kapacitet balk
S_i	stötstångsparameter i punkt i
T	temperatur, periodtid
V	volym, tvärkraft
V_{rd}	tvärkraftskapacitet
V_{sd}	dimensionerande tvärkraft
W	arbete, laddningsvikt
W_{ekv}	ekvivalent laddningsvikt
W_i	inre arbete
W_{mod}	laddningsvikt beaktat spegling
W_y	inre arbete
Z	skalat avstånd

4.2 Romerska gemener

b	bredd
b_u	upplagsbredd
c	dämpning, avstånd till armeringens tyngdpunkt
c_0	ljudhastighet hos ostörd luft (340,2 m/s vid +15 °C)
c_b	dämpning balk
d	diameter, inre hävarm
d_i	höljets ekvivalenta innerdiameter
d_b	höljets ekvivalenta ytterdiameter
f	frekvens
f_c	betongens tryckhållfasthet
f_{cd}	dimensionerande tryckhållfasthet hos betong
f_{yd}	dimensionerande flytspänning hos armering
h	höjd
i	impulstäthet
i^+, i_s^+	impulstäthet positiv fas
i^-	impulstäthet negativ fas

Beräkning av impulsbelastad konstruktion

i_r^+	reflekterad impulstäthet positiv fas
i_{tot}	total impulstäthet
$i_{stövåg}$	impulstäthet stövåg
$i_{splitter}$	impulstäthet splitter
k	styvhet
k_b	styvhet balk
k_λ	faktor för rotationskapacitet
l	längd, sträcka
l_0	längd mellan flytled och momentnollpunkt
m	massa
m_b	massa balk
m_s	massa splitter
n	totalt antal, nummer
n_s	antal splitter
n_{ms}	antalet splitter med massan större än splittermassa m_s
p	utbredd last
q	utbredd last, ekvivalent statisk last
r	detonationsavstånd, avstånd
r'	energiskalat avstånd
r_0	radie hos ekvivalent hemisfärisk gasvolym
s	centrumavstånd, styrkefaktor, sträcka
t	tid
t'	energiskalad varaktighet
t^+	varaktighet positiv fas
t^-	varaktighet negativ fas
t_I	varaktighet för lasten $F_I(t)$
t_a	ankomsttid
t_h	höljets ekvivalenta tjocklek
t_p	minsta tjocklek för att undvika perforation
t_r	stigtid
t_u	minsta tjocklek för att undvika utstötning
t_Δ^+	varaktighet triangellast
u	förskjutning
u_{el}	elastisk förskjutning

$u_{el,1}$	elastisk förskjutning vid elastoplastisk respons
u_{pl}	plastisk förskjutning
$u_{pl,1}$	plastisk förskjutning vid elastoplastisk respons
u_s	förskjutning systempunkt
u_{tot}	total förskjutning
\dot{u}	hastighet
\ddot{u}	acceleration
v_0	splittrrens utgångshastighet
v_r	splitterhastighet vid sträckan r
v_s	splitterhastighet
v_{sm}	medelhastighet hos splitterhastighet i luften
v_{smp}	medelhastighet hos splitterhastighet under penetrationsförloppet
x	längdkoordinat, tryckzonshöjd, inträngningsdjup
z	inre hävarm

4.3 Grekiska tecken

α	avklingningsfaktor, kvot mellan armeringens och betongens elasticitetsmodul
β	lastfaktor
γ_F	trycklastfaktor
γ_I	impulslastfaktor
γ_A	reflexionskvot
Δ	inkrementellt
δ_{el}	fel vid elastisk respons
δ_{pl}	fel vid plastisk respons
ε	töjning
ε_{cu}	brottöjning betong
ε_{sy}	flyttöjning armering
η_M	förstoringsfaktor för moment
θ	rotationsvinkel, rotationskapacitet
θ_{pl}	plastisk rotation
θ_{rd}	rotationskapacitet
κ_c	transformationsfaktor för dämpning
κ_F	transformationsfaktor för last
κ_k	transformationsfaktor för styvhet

κ_m	transformationsfaktor för massa
κ_{mF}	transformationsfaktor för massa och last
Λ	reflexionskoefficient
Λ_i	reflexionsfaktor för impulstäthet
Λ_P	reflexionsfaktor för tryck
λ	skjuvslankhet
ρ	densitet
ρ_s	splittertäthet
σ	spänning
ϕ	stångdiameter, vinkel hos skjuvspricka
φ	vinkel
ω	vinkelfrekvens

4.4 Index

+	indikerar positiv fas
-	indikerar negativ fas
0	initialt läge
1, 2, 3	numrering
I, II, III	indikerar stadium I (osprucket), II (sprucket) och III (plastiskt)
A, B, C	indikerar last A, B och C
<i>b</i>	balk
<i>el</i>	elastisk
<i>ep</i>	elastoplastisk
<i>gas</i>	gas
<i>f</i>	indikerar fält
<i>i</i>	inre, nummer
<i>k</i>	karaktäristisk
<i>max</i>	maximalt värde
<i>min</i>	minimalt värde
<i>pl</i>	plastisk
<i>r</i>	indikerar reflekterad stötvåg
<i>rd</i>	indikerar kapacitet
<i>s</i>	indikerar oreflekterad stötvåg, indikerar stöd, systempunkt, splitter
<i>sd</i>	indikerar dimensionerande last eller snittkraft

tot total
y yttre

4.5 Förkortningar och uttryck

Arkivbomb	Fiktiv bomb för framtagning av splitterdata, se dokument B06-101
SDOF	Single Degree of Freedom, enfrihetsgradssystem
TNT	Trinitrotoluen, ibland stavat trinitrotoulen, är det kemiska namnet på sprängämnet Trotyl

5 Referenser

Johansson M. (2012): Luftstötståg. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Publ.nr MSB448, Karlstad.

Johansson M. och Laine L. (2012a): Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, Del 1: Last av luftstötståg. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Publ.nr MSB449, Karlstad.

Johansson M. och Laine L. (2012b): Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, Del 2: Explosion i gatukorsning. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Publ.nr MSB450, Karlstad.

Johansson M. och Laine L. (2012c): Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, Del 3: Kapacitet hos byggnader. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Publ.nr MSB 0142-10, Karlstad.

Laine L. (2012): Markstötståg. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Publ.nr MSB344, Karlstad.

Leppänen J. (2012): Splitterverkan. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Publ.nr MSB345, Karlstad.

Samtliga referenser finns att ladda ner gratis på MSB:s hemsida: www.msb.se/skyddsrum.