

Sprængtekniske formler og tabeller

Forord

Denne anvisning er udarbejdet af Dansk Sprængteknisk Forening (DSF), og den anvendes af DSF medlemmer som praktisk rettesnor for beregning af ladningsmængder ved sprængningsarbejde.

Anvisningen er 5 reviderede udgave.

Angivne anvisninger og retningslinjer er alene vejledende og fritager ikke den enkelte bruger for ansvar i forbindelse med konkret udført arbejde.

Dansk Sprængteknisk Forening påtager sig intet ansvar for følgerne af konkrete sprængningsarbejde.

Anvisningen er godkendt af bestyrelsen december 2024.

Jakob Schneider

Kim Thomas Poulsen

Mikkel Lerdrup

Poul-Rikard Ebbesen

Jørgen Schneider
Formand

Johan Finsteen Gjødvad

Sprængtekniske formler og tabeller

Indhold	Side
1. Anvisningens formål, omfang og grundlag	3
2. Referencer	3
3. Simple betonsprængninger	4
4. Miniblasting af betonpæle	5
5. Sprængning af stål	6
6. Sprængning i jord	10
7. Sprængning i frossen jord	11
8. Sprængning i is	12
9. Sprængning af træ	12
10. Sprængning af bambus	16
11. Sprængning af træstubbe	16
12. Sprængning af sten	17
13. Sprængning af klippe	18
14. Bæksprængning	20
15. Plansprængning	22
16. Almindelig rørgravssprængning	22
17. Skånsom rørgravssprængning	24
18. Kontursprængning	25
19. Undervandssprængning	26
20. Kobling af elektriske detonatorer	31

Tillæg I

Oversigt over gældende bekendtgørelser, anvisninger og referencer.

Sprængtekniske formler og tabeller

1. Anvisningens formål, omfang og grundlag

Det er anvisningens formål at give en summarisk oversigt over simple ldningsformler og ldnningstabeller, så kalkulationsarbejdet lettes i dagligdagen.

Det fulde udbytte af anvisningen kan kun opnås, hvis man har deltaget i et grundkursus i sprængteknik anerkendt af Dansk Sprængteknisk Forening.

Formler og tabeller er efter tilladelse fra Ingeniørregimentet og Dexploc A/S og erfaringer indhentet gennem årene anvendt som grundlag for udarbejdelse af anvisningen.

Der henvises i øvrigt til anvisninger udarbejdet af Dansk Sprængteknisk Forening, Arbejdstilsynets regler, gældende regler og anvisninger for sprængningsarbejde, justitsministeriets regler for eksplosivstoffer, regler for transport af farligt gods m.v.

2. Referencer

- 2.1 Der henvises generelt til lovgivning og myndigheders regulering af forhold vedr. håndtering, transport og anvendelse af sprængstoffer m.v. samt forhold vedr. sikkerhed, se i øvrigt tillæg 1.
- 2.2 Plan for sikkerhed og sundhed jf. Dansk Sprængteknisk Forenings Anvisning nr. 6

Sprængtekniske formler og tabeller

3. Simple betonsprængninger.

Al sprængning i beton udføres med indborede ladninger.

Objekt	Specifik ladning L_{Spec} kg/m ³	Modstandslinje/hulafstand, M og S, i meter ved huldiameter Ø 27-34 mm
Beton og murværk, ringe kvalitet	0,15 - 0,40	0,70 – 0,80
Beton og murværk, god kvalitet	0,30 - 0,40	0,60 – 0,70
Normalt armeret beton	0,40 - 0,60	0,40 – 0,50
Stærkt armeret beton	0,60 - 1,50	0,30 – 0,50
Stærkt armeret beton med høj styrke	1,50 - 2,00	0,25 – 0,50

Ladningstabellen er baseret på NG- og emulsionssprængstof. Anvendes NSP711 kan man i visse tilfælde reducere ladningsmængden med op til 20 %.

Fremgangsmåden for ladningsberegning er følgende:

1. Bestem den specifikke ladning.
2. Beregn volumen af materiale som skal udsprænges i m³.
3. Beregn den samlede ladning, specifik ladning × volumen.
4. Fastlæg borehulsdybden, typisk tykkelse × 0,67 eller 0,75. Jordbundne fundamenter ned til 20-30 cm fra underside af fundamentet.
5. Fastlæg modstandslinje M jf. tabel. Ved tynde objekter bør M ikke væsentlig overstige huldybde og ved smalle objekter ikke overstige tykkelsen. Ved større huldiameter kan der komme mere sprængstof i hullet, og M kan øges i forhold til tal angivet i tabellen.
6. Beregn antal modstandslinjer, længde: M (afrundes til helt tal).
7. Beregn aktuel modstandslinje, længde: antal modstandslinjer.
8. Fastlæg hulafstand S på tilsvarende vis jf. pkt. 5-7.
9. Beregn antal huller i alt, antal modstandslinjer × antal huller.
10. Beregn ladning pr. hul, samlet ladning: antal huller.

Korriger ladningen pr. hul til det/de eksplosivstoffer man disponerer over. Foretag prøvesprængning hvis muligt. Korriger ladningen om nødvendigt.

Sprængtekniske formler og tabeller

4. Miniblasting af betonpæle.

Størrelse på piloteringspæl	Borehulsdybde	Afstand fra kappehøjde, ikke forridset	Afstand fra kappehøjde, forridset	Bundladning	Pibeladning	Total Ladning
20 x 20 cm	13 cm	350 mm	250 mm	10-15 g	-	10-15 g
25 x 25 cm	15 cm	400 mm	300 mm	13-18 g	-	13-18 g
30 x 30 cm	18 cm	450 mm	350 mm	15-20 g	-	15-20 g
35 x 35 cm	25 cm	450 mm	350 mm	18-25 g	-	18-25 g
40 x 40 cm	30 cm	450 mm	450 mm	10 +10 g	10 g	30 g

Boring med Ø 16-20 mm bor. Sprængstof NSP711.

Sprængtekniske formler og tabeller

5. Sprængning af stål.

Der anvendes højbrisant sprængstof f.eks. NSP711, med **detonationshastighed på over 7.000 m/s**.

Ved sprængning af **stålplader** anvendes strimmelladninger.

Ladningens tykkelse = pladetykkelsen, dog mindst 2 cm,

Ladningsbredden skal være 2 gange ladningstykkelsen.

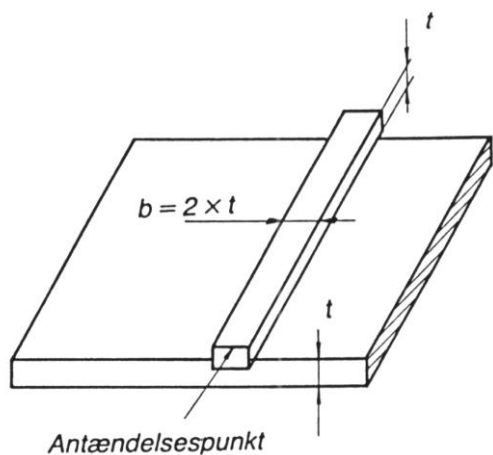
Ladningen skal nå 1-2 cm ud over pladens kanter

Antændes kun i den ene ende.

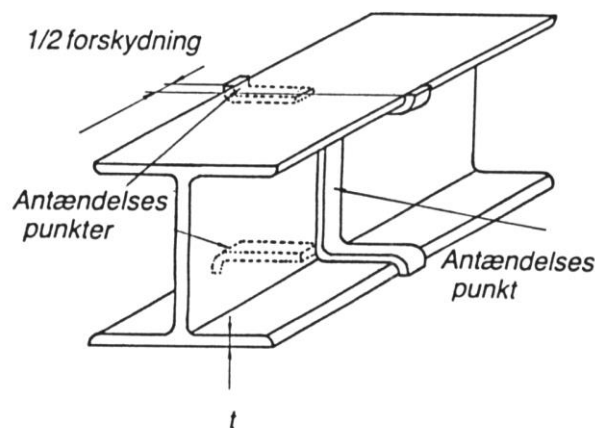
Ladningens størrelse beregnes på følgende måde:

$$L = t \cdot b \cdot l \cdot \sigma$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
- t = Tykkelsen af ladningen (cm)
- b = Bredden af ladningen (cm)
- l = Ønsket snitlængde + 1-2 cm i hver ende (cm)
- σ = Massefylden af sprængstoffet (g/cm³)



Strimmelladning på stålplade



Strimmelladning på INP-profil

Sprængning af **profilstål og sammensatte profiler** udføres med strimmelladninger beregnet og placeret på de enkelte profildele i henhold til overstående regler for strimmelladninger.

Sprængtekniske formler og tabeller

Wirer og stålaksler sprænges med en **firkantladning**. Ladningstykkelsen minimum 2,5 cm, (hårde og seje aksler samt hule aksler min. 3 cm.)

Ladningsstørrelsen beregnes på følgende måde:

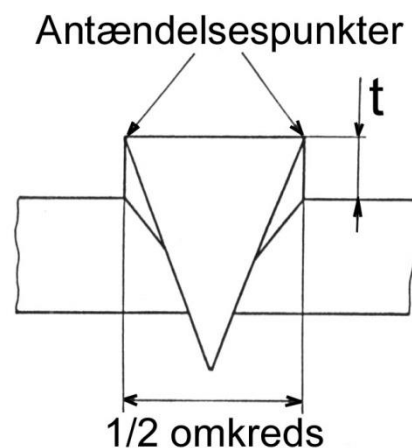
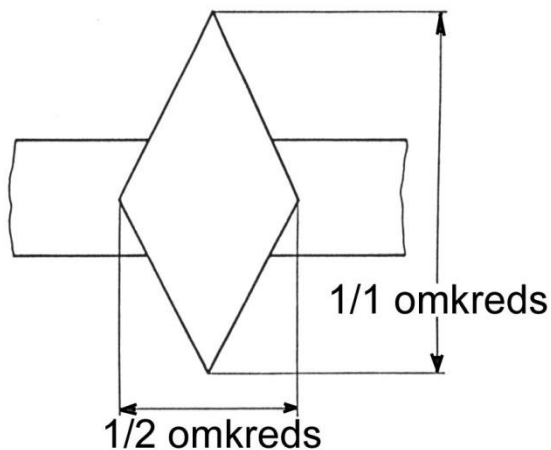
$$L = 2,5 \cdot t \cdot (D + t)^2 \cdot \sigma$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
- D = Diameter af objektet (cm)
- t = Tykkelsen af ladningen (cm)
- σ = Massefylden af sprængstoffet (g/cm³)

Omkredsen af ladningen beregnes på følgende måde:

$$O = \pi \cdot (D + t)$$

- O = Omkredsen (cm)
- π = 3,14
- D = Diameter af objektet (cm)
- t = Tykkelsen af ladningen (cm)



Firkantladning på wire og stålaksel.

Sprængtekniske formler og tabeller

I stedet for beregning af ladningsstørrelsen kan nedenstående tabel anvendes.

Diameter på objektet	Ladningsstørrelse ved 2,5 cm tykkelse	Ladningsstørrelse ved 3,0 cm tykkelse
cm	g	g
3,0	270	385
4,0	375	520
5,0	500	680
6,0	650	860
7,0	800	1080
8,0	980	1300
9,0	1200	1550
10,0	1400	1800

Ladningstabel for aksler, wire og rundstål. Massefylden på sprængstof, 1,45 g/cm³.

Kæder sprænges ved at udfylde et kædeled med sprængstof. Antændelse skal udføres i ladningens tykkeste del.

Retningsbestemte skæreladninger.

Sprængning af stålkonstruktioner, f.eks. kraner og kedler, kræver en omhyggelig planlægning, svækkelse af konstruktionen forud for sprængningen, dobbelt antændelsessikkerhed, afdækning og speciel beskyttelse og afdækning af tændmidler. Sagkundskab/rådgivning bør indhentes forud for udførelsen.

Fleksible lineære skæreladninger

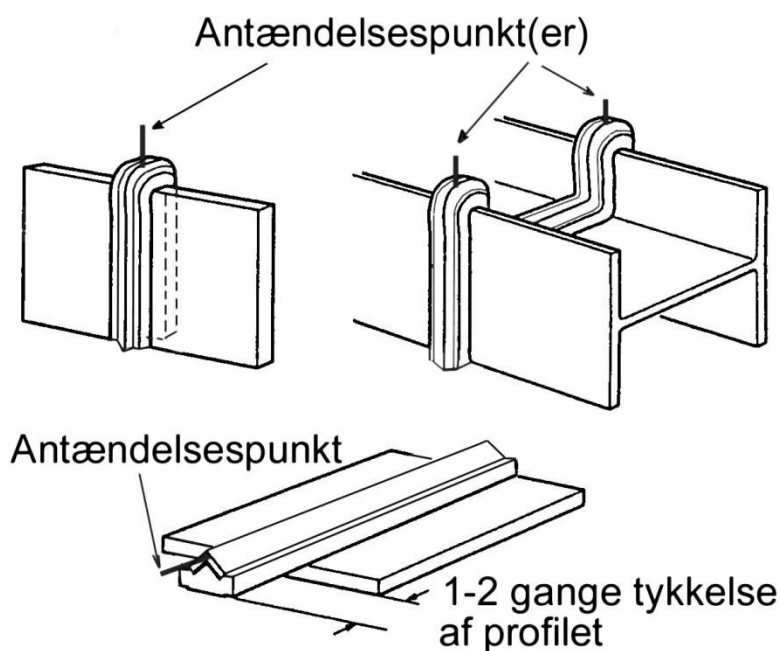
Parameter	Enhed	RAZOR 6	RAZOR 10	RAZOR 15	RAZOR 20	RAZOR 25	RAZOR 30	RAZOR 40
Samlet vægt	g/m	140	390	860	1.500	2.400	3.500	6.000
Vægt eksplosivstof	g/m	50	140	310	550	860	1.250	2.200
Indtrængning i stålplade	mm	min. 6	min. 10	min. 15	min. 20	min. 25	min. 30	min. 40
Bredde	mm	18	28	42	56	68	80	100
Højde	mm	12	19,5	28,5	38,5	48,5	58,5	77
Bøjningsradius (plade)	mm	90	150	220	300	375	450	600

Sprængtekniske formler og tabeller

Lineære skæreladninger

Produkt DIOPLEX	Eksplсивstofvægt NSP711 [g/m]	Bredde x højde [mm]	Maksimal gennemskæring i ST-37 [mm]
DX300	~300	16 x 26	12
DX450	~ 400		20
DX900	~ 900	30 x 45	30
DX1200	~1.200	40 x 55	40
DX3000	~3.000		60
DX5000	~ 5.000	80 x 100	80

Antændelsen af skæreladninger skal overvejes nøje. Det er vigtigt at ladningen ikke ødelægger sig selv og at ladningen udnyttes optimalt.



Antændelse af ladning placeret på begge sider af et stål, på en I-profil samt på plader generelt. Ved flere antændelsespunkter skal antændelsen ske samtidig i alle punkterne.

Anvendes der retningsbestemte skæreladninger med en skæredybde, som er mindre end den tykkelse, der skal skæres i, vil man få afrivninger af stålfragmenter, (medmindre tykkelsen af objektet er noget større end skæredybden (mere end 50 %)). Vil man begrænse afrivning af stålfragmenter, skal skæredybden være større end eller lig med tykkelsen af det, der skæres i, eller man skal placere to skæreladninger nøjagtig over for hinanden på begge sider af objektet. Antændelsen af skæreladninger over for hinanden skal udføres således, at antændelsen bliver nøjagtig ens.

Sprængtekniske formler og tabeller

6. Sprængning i jord

Ved sprængning i jord anvendes følgende formel:

$$L=M^3 \cdot c \cdot d \cdot s$$

- L = Ladningsstørrelsen (kg)
- M = Modstandslinje (m)
- c = Modstandsfaktor
- d = Fordæmningsfaktor
- s = Faktor for styrke af sprængstof

Materiale	Modstandsfaktor, c:		
	M < 2 m	2 m ≤ M ≤ 5 m	M > 5 m
Almindelig jord	0,8	0,7	0,6
Groft sand, stærkt stenblandet jord, rent ler	1,0	0,9	0,8
Stenblandet ler	1,6	1,4	1,2
Meget svær lerjord	3,0	2,5	2,0

Modstandsfaktor, c, for sprængning i jord.

Lodrette huller	Vandrette huller i skrænt
d = 1	d = 1,5

Fordæmningsfaktor, d, for jordsprængning.

Sprængstof	Ladning ufordæmnet	Ladning fordæmnet
ANFO	2,4	1,2
Eurodyn 2000 og 3000 Senatel Powerfrag	1,0	1,0
NSP711	0,8	0,8

Faktor for styrke af sprængstof, s.

Sprængtekniske formler og tabeller

7. Sprængning i frossen jord

Frostlagets tykkelse m	Huldybde M	Rækkeafstand/hulafstand m	Ladning kg/hul
0,3	0,5	0,6	0,2
0,5	0,7	1,0	0,5
0,8	1,0	1,6	0,8
1,0	1,2	2,0	1,2

Ladningstabel for sprængning under frostlaget.

Frostlagets tykkelse m	Huldybde m	Rækkeafstand/hulafstand m	Ladning kg/hul
0,6	0,4	0,4	0,05
0,8	0,6	0,5	0,10
1,0	0,8	0,7	0,20
1,2	1,0	0,9	0,40
1,5	1,3	1,1	0,80
2,0	1,8	1,2	1,20

Ladningstabel for sprængning i bymæssige områder.

Frostlagets tykkelse m	Huldybde m	Rækkeafstand/hulafstand m	Ladning kg/hul
0,8	0,6	0,5	0,20
1,0	0,8	0,7	0,30
1,2	1,0	0,9	0,60
1,5	1,3	1,2	1,00
1,8	1,6	1,4	1,70
2,0	1,8	1,6	2,40

Ladningstabel når der tolereres et stort udkast, bores med borevogn med hul diameter mellem 51 og 64 mm.

Sprængtekniske formler og tabeller

8. Sprængning i is.

Ladningerne ophænges i en dybde af ca. 1,25 m under isen. Ved vanddybder under 2,5 m placeres ladningerne midt mellem bunden og isens underside.

Istykkelse cm	Ønsket størrelse på vågen m	Ladning kg	Ladningsafstand m
0 - 39	5	1	4
40	6	2	5
40	8	3	8
40 - 60	8	4	8
60 - 100	8 - 10	5	8

Ladningstabel for vanddybder større end 2,5 m.

Vanddybde m	Ladningsafstand i m ved ladningsmængderne		
	3 kg	4 kg	5 kg
2,0	5	7	8
1,5	4	6	8
1,0	4	5	6
0,5	3	4	5

Ladningstabel for vanddybder mindre end 2,5 m.

9. Sprængning af træ.

Udvendigt anbragte ladninger kan beregnes på to måder:

A. I almindelighed beregnes ladningen efter følgende formel:

$$L=0,44 \cdot D^2 \cdot d \cdot s$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
D = Diameter ved rundtømmer og træ på rod, eller største bredde ved firkantet tømmer (cm)
d = Fordæmningsfaktor jf. afsnit 9
s = Faktor for styrke af sprængstof jf. afsnit 6

Fordæmning	d
Mindst 1 m jord eller vand, god kontakt mellem sprængstof og objekt	1,0
Mindst 1 m jord eller vand, dårlig kontakt mellem sprængstof og objekt	1,5 - 2,0
Mindre end 1 m jord eller vand, god kontakt mellem sprængstof og objekt	2,0
Ufordæmmede ladning i god kontakt med objekt	4,5

Fordæmningsfaktor d.

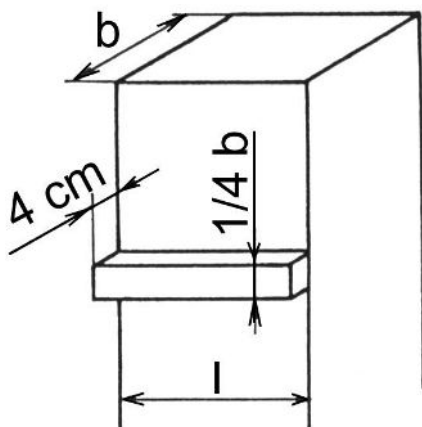
- B.** NSP711 anvendes efter følgende regler:
Strimmelladning med en tykkelse på 4 cm.
Ladningslængde lig med største sidebredde (1/3 omkreds),
Ladningsbredden 1/4 af mindste sidebredde (1/10 omkreds).

Ladningsstørrelsen for firkantet tømmer:

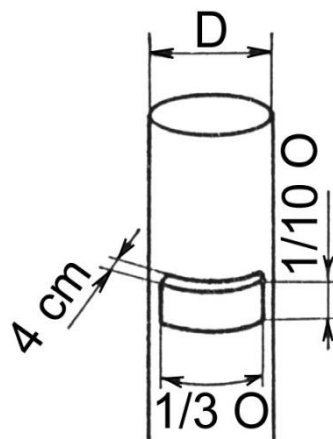
$$L=b \cdot l \cdot \sigma$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
b,l = Dimension på tømmer (cm)
 σ = Massefylden for sprængstoffet (g/cm³)

Sprængtekniske formler og tabeller



Strimmelladning på firkantet tømmer



Strimmelladning på rundtømmer.

Ladningsstørrelse for rundtømmer:

$$L=1,3 \cdot D^2 \cdot \sigma$$

eller

$$L=0,13 \cdot O^2 \cdot \sigma$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
- D = Diameter af rundtømmer (cm)
- O = Omkredsen (cm)
- σ = Massefylden for sprængstoffet (g/cm³)

Omkredsen for rundtømmer beregnes efter nedenstående formel:

$$O = \pi \cdot D = 3,14 \cdot D$$

- O = Omkredsen (cm)
- D = Diameter af rundtømmer (cm)

Indborede ladninger.

$$L=0,2 \cdot D^2 \cdot s$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
- D = Diameter ved rundtømmer og træ på rod, eller største bredde ved firkantet tømmer (cm)
- s = Faktor for styrke af sprængstof jf. afsnit 6

Sprængtekniske formler og tabeller

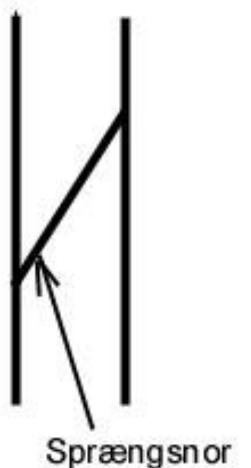
Udvendige ladninger med sprængsnor.

Oversprængning af træ med sprængsnor 80 g/m						
Diameter på træ i cm	Ø 10	Ø 15	Ø 20	Ø 30	Ø 40	Ø 45
Omkreds i cm	31	47	63	94	125	141
<u>Nål:</u> Antal rundslag		2		4		6
<u>Løv:</u> Antal rundslag	2		4	6	8	

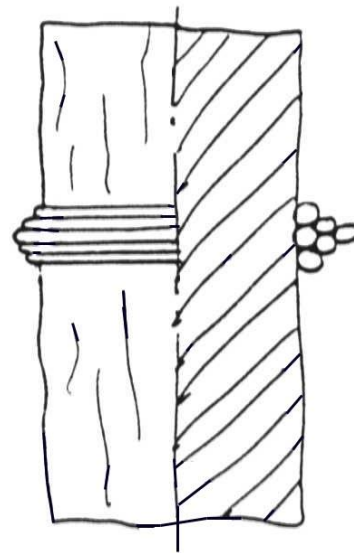
Tabellen kan anvendes til andre typer sprængsnor end 80 g/m. En omregning må da finde sted.

Opretstående træer med tyngdepunktet ca. i træets centrum kan væltes med sprængsnor 80 g/m. Det nødvendige antal rundslag placeres om stammen med en hældning på ca. 45 °.

Væltningens retning



Væltning af træ med sprængsnor



Oversprængning. Sprængsnor vikles stramt om træet i "pyramideform".

10. Sprængning af bambus.

Sprængning af bambus udføres med indborede ladninger eller nedgravede ladninger. Overslagsmæssigt anvendes ca. 75-100 g sprængstof pr. m² bambus, når jorden er relativt blød. Ved hård jord skal man regne med en halvering af ladningsmængden. Ladningen skal være placeret under midten af bambussen.

Følgende er procedure for sprængning af bambus:

1. Jordbunden undersøges, afstand til gasledninger og andre nedgravede installationer undersøges.
2. Hul(ler) bores og ladning(er) placeres. Momentantændelse.
3. Langs yderkanten af rodnettet stikkes der et spor med en spade.
4. Bambussen snøres sammen på midten med et reb.
5. Bambussen dækkes med en let sprængmåtte, som må række min 1 m ud til siden.
6. Bambussen sprænges.

11. Sprængning af træstubbe.

Sprængning af træstubbe udføres med indborede ladninger eller ladninger nedgravet i en dybde på 1-1,5 x stubbens diameter. Overslagsmæssigt anvendes ca. 20 g sprængstof pr. cm af stubbens diameter ved blødt træ og 30 g pr. cm ved hårdt træ. Ved ovenstående metode kan udkastet vanskeligt kontrolleres. Jorden, der sprænges i, skal være blød, og træet skal være relativt friskt. Ved hård jord skal man regne med en halvering af ladningsmængden. Hvis ovenstående skulle mislykkes, det vil sige, at man får bortsprængt jorden omkring rødderne, kan rødderne sprænges over med en ladning på ca. 30 - 50 g.

En mere forsigtig metode er en flækning af roden med indborede ladninger. Hullet bores med et træ bor og oplades med ca. 2 - 3 g/cm af stubbens diameter. Ladningsmængden forudsætter anvendelse af Eurodyn 2000. Er stubben grov, kan de største af rødderne sprænges af. Rødderne sprænges især, når man ønsker at standse udkastet. Afdækning kan ved ovennævnte metode anvendes med fordel.

12. Sprængning af sten.

Indborede ladninger.

$$L = L_{Spec} \cdot V \cdot s$$

- L = Ladningen i g
L_{Spec} = Specifik ladning i g/m³
V = Rumfang af sten i m³
s = Faktor for styrke af sprængstof jf. afsnit 6

Stentype	Graden af fragmentering	L _{Spec}
Brudsten	God fragmentering, stort udkast	70 g/m ³
	Middelgod fragmentering	40 g/m ³
	Lille fragmentering, lille udkast	25 g/m ³
Natursten	God fragmentering, stort udkast, fritliggende	100 g/m ³
	God fragmentering, stort udkast, jordbunden	150 - 200 g/m ³
	Middelgod fragmentering	70 g/m ³
	Lille fragmentering, lille udkast	50 g/m ³

Ladninger frit anbragt.

Ved frit placeret ladning beregnes ladningen som:

$$L = 0,22 \cdot V \cdot d \cdot s$$

- L = Ladningsstørrelsen (kg)
V = Rumfang af sten i m³
d = Fordæmningsfaktor jf. afsnit 9
s = Faktor for styrke af sprængstof jf. afsnit 6

Sprængtekniske formler og tabeller

13. Sprængning af klippe.

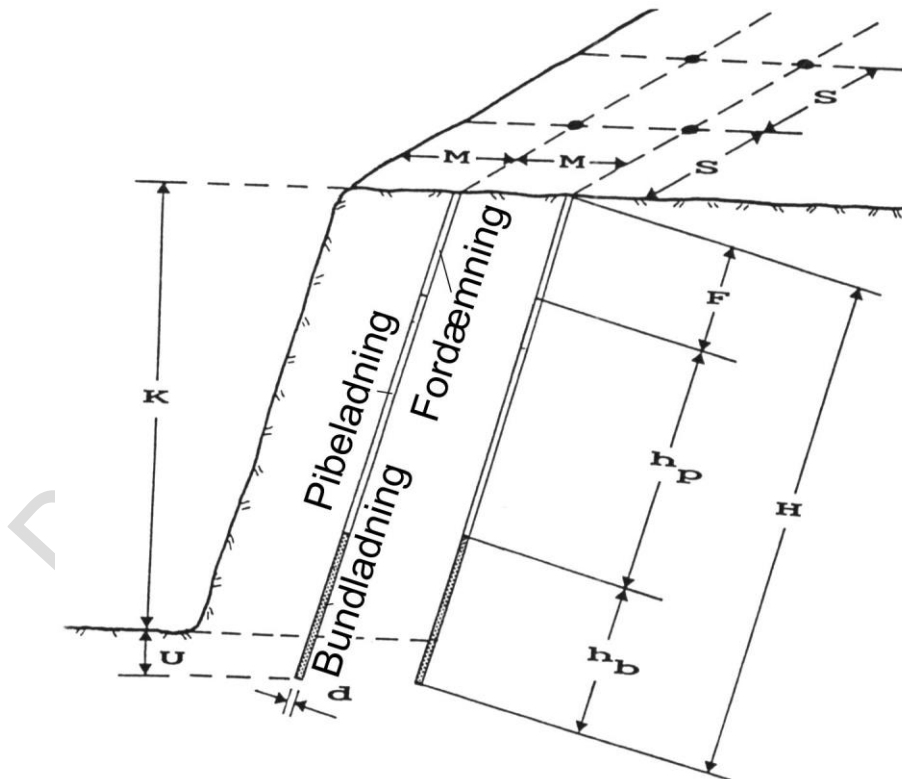
Huldiameter	Hældning i grader	Hældning
< 51 mm	17°	3 : 1
> 51 mm	6°-11°	10 : 1 - 5 : 1

Underboring, U : $U = 0,3 \cdot M$

Fordæmningshøjde, F : $F = M$

Følgende nomenklatur anvendes:

- K = Bænk højde (m)
- H = Huldybde (m)
- M = Praktisk rækkeafstand (m)
- S = Hulafstand (m)
- L_b = Bundladning (kg)
- L_p = Pibeladning (kg)
- L_{tot} = Total ladning (kg/hul)
- L_{Spec} = Specifik ladning (kg/m³)
- F = Fordæmningshøjde (m)



Sprængtekniske formler og tabeller

hulafstand, S : $S = 1,25 \cdot M$

eller $\frac{S}{M} = 1,25$

$\frac{S}{M} > 1,25 \Rightarrow$ en finere fragmentering

$\frac{S}{M} < 1,25 \Rightarrow$ en grovere fragmentering

Sprængtekniske formler og tabeller

14. Bæksprængning.

Bore- og ladetabel for boreserie 11, hul diameter fra $\text{Ø } 34 - 27 \text{ mm}$

Hældning på boring 17° eller **3:1**

Sprængstof: **NG-sprængstof**

				Bundladning	Pibeladning	
K	H	M	S	L_b	L_p	L_{Spec}
m	m	m	M	kg	kg	kg/m ³
1	1,4	0,9	1,1	0,5	-	0,50
2	2,5	1,15	1,45	1,25	-	0,37
3	3,6	1,1	1,4	1,45	0,35	0,39
4	4,6	1,05	1,35	1,3	0,9	0,39
5	5,7	0,95	1,2	1,05	1,6	0,46

Bundladningen består af patroner $\text{Ø } 30 \text{ mm}$ stablet, eller $\text{Ø } 25 \text{ mm}$ godt pakket. Pibeladningen består af patroner $\text{Ø } 22 \text{ mm}$, stablet.

Bore- og ladetabel for hul diameter $\text{Ø } 38 \text{ mm}$

Hældning på boring 17° eller **3:1**

Sprængstof: **NG-sprængstof**

				Bundladning	Pibeladning	
K	H	M	S	L_b	L_p	L_{Spec}
m	m	m	M	Kg	kg	kg/m ³
2	2,6	1,3	1,6	1,3	0,2	0,36
3	3,7	1,4	1,75	2,6	0,2	0,38
4	4,8	1,35	1,7	2,6	0,95	0,39
5	5,8	1,3	1,6	2,6	1,6	0,40
6	6,9	1,3	1,6	2,6	2,3	0,39

Bundladningen består af patroner $\text{Ø } 30 \text{ mm}$ godt pakket.

Pibeladningen består af patroner $\text{Ø } 25 \text{ mm}$, stablet.

Bore- og ladetabel for hul diameter $\text{Ø } 45 \text{ mm}$

Hældning på boring 17° eller **3:1**

Sprængstof: **NG-sprængstof**

				Bundladning	Pibeladning	
K	H	M	S	L_b	L_p	L_{Spec}
m	m	m	M	kg	kg	kg/m ³
3	3,8	1,7	2,1	3,8	-	0,35
4	4,9	1,7	2,1	4,5	0,7	0,36
5	5,9	1,7	2,1	4,5	1,7	0,35
6	7,0	1,6	2,0	4,5	2,9	0,39
7	8,0	1,6	2,0	4,5	3,9	0,38

Bundladningen består af patroner $\text{Ø } 40 \text{ mm}$ godt pakket.

Pibeladningen består af patroner $\text{Ø } 30 \text{ mm}$, stablet.

Sprængtekniske formler og tabeller

Bore- og ladetabel for hul diameter $\varnothing 51$ mm

Hældning på boring 17° eller **3:1**

Sprængstof: **NG-sprængstof**

				Bundladning $\varnothing 45$	Pibeladning $\varnothing 32$ $\varnothing 29$		
K	H	M	S	L_b	L_p	L_p	L_{Spec}
m	m	m	m	Kg	kg	Kg	kg/m ³
4	4,7	2	2,5	6,2	-	-	0,31
6	6,8	1,9	2,4	6,2	2,1	-	0,30
6	6,8	1,9	2,4	6,2	-	1,8	0,29
8	8,8	1,8	2,3	6,2	4,3	-	0,32
8	8,8	1,8	2,3	6,2	-	3,5	0,29
10	10,6	1,75	2,2	6,2	6,2	-	0,32
10	10,6	1,75	2,2	6,2	-	5,1	0,29
12	12,9	1,7	2,1	6,2	8,2	-	0,34
12	12,9	1,7	2,1	6,2	-	6,8	0,30

Bundladningen er forudsat komprimeret ca. 5 %. Pibeladningen består af rørladninger, stablet.

Bore- og ladetabel for hul diameter $\varnothing 64$ mm

Hældning på boring 11° eller **5:1**

Sprængstof: **NG-sprængstof i bundladning og NG-sprængstof eller emulsions-sprængstof i pibeladning**

				Bundladning patroner $\varnothing 55$ mm	Pibeladning patroner $\varnothing 45$ mm $\varnothing 53$ mm		
K	H	M	S	L_b	L_p	L_p	L_{Spec}
m	m	m	m	kg	kg	kg	kg/m ³
6	7,0	2,4	3,0	11,5	2,4	-	0,32
6	7,0	2,4	3,0	11,5	-	2,8	0,33
9	10	2,3	2,9	11,5	9,8	-	0,35
9	10	2,3	2,9	11,5	-	11,5	0,38
12	13,1	2,2	2,75	11,5	17,5	-	0,40
12	13,1	2,2	2,75	11,5	-	20,4	0,44
15	16,1	2,1	2,65	11,5	25,0	-	0,44
15	16,1	2,1	2,65	11,5	-	29,1	0,49
18	19,2	2,0	2,5	11,5	32,6	-	0,49
18	19,2	2,0	2,5	11,5	-	38,1	0,55

Bundladningen er forudsat komprimeret ca. 5 %.

Pibeladningen består af plastslangeladninger patroner $\varnothing 45$ stablet eller patroner $\varnothing 53$ mm komprimeret ca. 5 %.

Sprængtekniske formler og tabeller

15. Plansprængning.

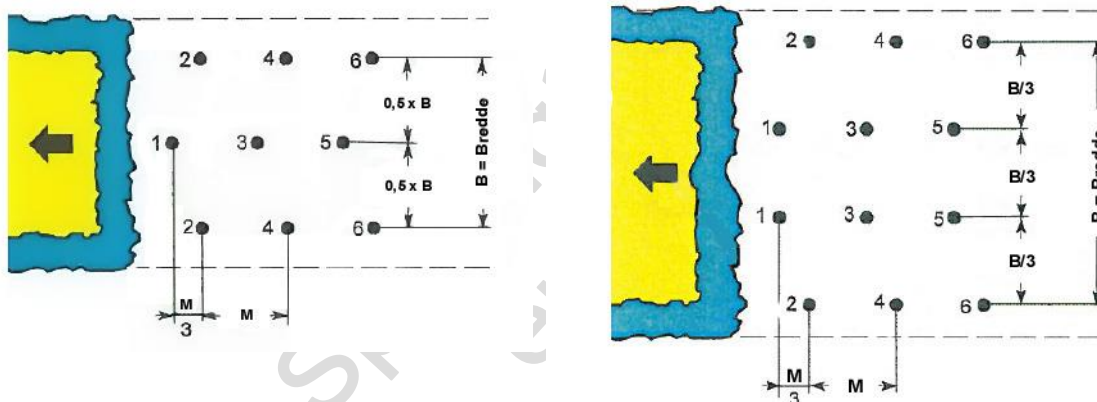
Bore- og ladetabel for boreserie 11, hul diameter fra $\text{Ø } 34 - 32 \text{ mm}$

Hældning på boring 17° eller **3:1**

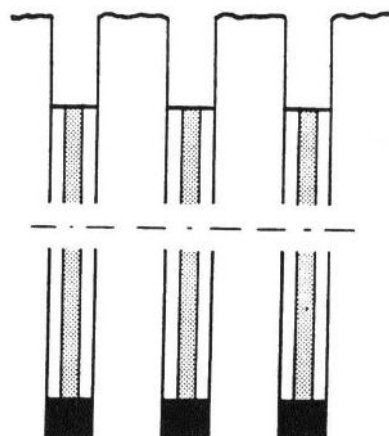
Sprængstof: **NG-sprængstof $\text{Ø } 25$ eller 22 mm**

K	H	D	M	S	L_b	F
m	m	Mm	m	m	kg	m
0,2	0,6	34	0,4	0,5	0,05	0,5
0,3	0,6	34	0,4	0,5	0,05	0,5
0,4	0,6	34	0,4	0,5	0,05	0,5
0,5	0,8	34	0,5	0,65	0,1	0,7
0,6	0,9	33	0,5	0,65	0,1	0,8
0,8	1,1	33	0,6	0,75	0,2	0,9
1,0	1,4	33	0,8	1,0	0,4	1,0

16. Almindelig rørgravssprængning.



Boremønster ved almindelig rørgravssprængning.



Fordæmning (F)

Koncentration, pibeladning = 25 % af l_b

Bundladning, L_b

Ladningernes fordeling i borehul.

Sprængtekniske formler og tabeller

Bore- og ladetabel for boreserie 11, hul diameter fra Ø 34 - 27 mm

Hældning på boring 17° eller 3:1

Rørgravens bredde 1 - 1,5 m

Antal huller i bredden, 3 stk.

Sprængstof: **NG-sprængstof**

			Bundladning	Pibeladning		
K	H	M	L _b	L _p	L _{Tot}	F
m	m	m	kg	kg	kg	m
1,0	1,6	0,8	0,4	0,1	0,5	0,9
1,5	2,1	0,8	0,45	0,2	0,65	0,9
2,0	2,6	0,8	0,55	0,3	0,85	0,8
2,5	3,1	0,8	0,65	0,4	1,05	0,8
3,0	3,7	0,75	0,7	0,5	1,2	0,8
3,5	4,2	0,7	0,65	0,7	1,35	0,8
4,0	4,7	0,6	0,65	0,8	1,45	0,8

Bundladningen består af patroner Ø 30 mm stablet, eller Ø 25 mm godt pakket. Pibeladningen består enten af delladninger af patroner Ø 22 mm eller Centric Magnasplit 1 Ø 17 mm.

Bore- og ladetabel for boreserie 11, hul diameter fra Ø 34 - 27 mm

Hældning på boring 17° eller 3:1

Rørgravens bredde 1,5 - 2 m

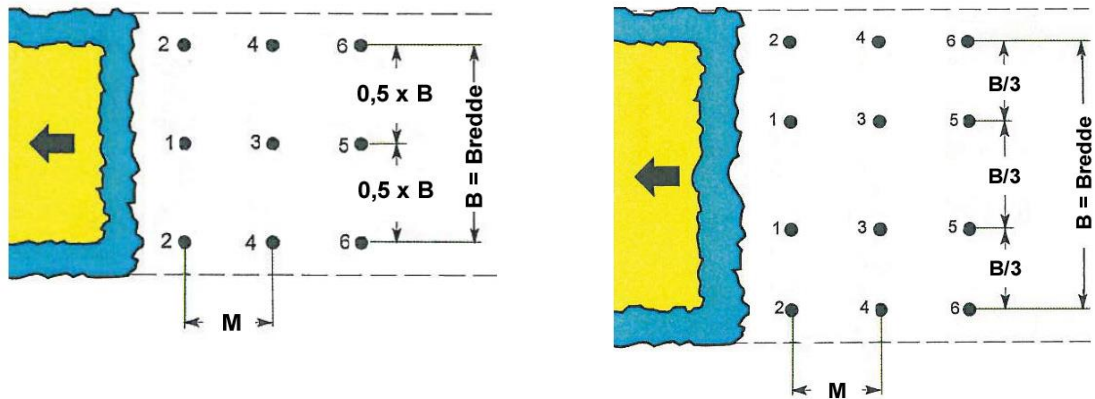
Antal huller i bredden, 4 stk.

Sprængstof: **NG-Sprængstof**

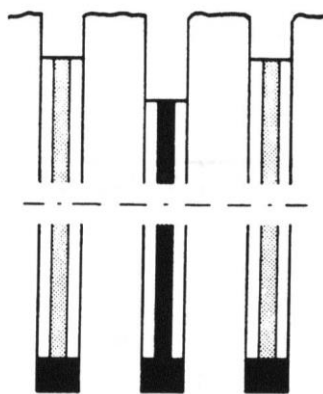
			Bundladning	Pibeladning		
K	H	M	L _b	L _p	L _{Tot}	F
m	m	m	kg	kg	kg	m
1,0	1,6	0,9	0,3	0,05	0,35	0,9
1,5	2,1	1,0	0,45	0,15	0,6	0,9
2,0	2,6	1,0	0,5	0,3	0,8	0,8
2,5	3,1	0,95	0,55	0,4	0,95	0,8
3,0	3,7	0,85	0,65	0,5	1,15	0,8
3,5	4,2	0,85	0,7	0,6	1,3	0,8
4,0	4,7	0,75	0,6	0,75	1,35	0,8

Bundladningen består af patroner Ø 30 mm stablet, eller Ø 25 mm godt pakket. Pibeladningen består enten af delladninger af patroner Ø 22 mm eller Centric Magnasplit 1 rørladninger Ø 17 mm.

17. Skånsom rørgravssprængning.



Boremønster ved skånsom rørgravssprængning.



Fordæmning (F)

i midterhul = $M = 0,8 - 0,9$ m
i konturhul = $0,2 - 0,3$ m.

Pibeladningskoncentration I_p

i midterhul = 40 % af I_b
i konturhul = 20 % af I_b

Bundladning

Ladningernes fordeling i borehul.

Sprængtekniske formler og tabeller

Bore- og ladetabel for boreserie 11, hul diameter fra \varnothing 34 - 27 mm. Hældning på boring 17° eller 3:1

Rørgravens bredde 1 - 1,5 m

Antal huller i bredden, 3 stk.

Sprængstof: **NG-sprængstof**

			Bundladning		Pibeladning		Total ladning		Fordæmning	
K	H	M	L _b	L _b	L _p	L _p	L _{Tot}	L _{Tot}	F	F
			Midten	Kontur	Midten	Kontur	Midten	Kontur	Midten	Kontur
m	m	m	kg	kg	kg	kg	kg	kg	m	m
1,0	1,6	0,7	0,35	0,25	0,2	0,15	0,55	0,4	0,7	0,3
1,5	2,1	0,7	0,4	0,3	0,35	0,25	0,75	0,55	0,7	0,3
2,0	2,6	0,7	0,45	0,35	0,5	0,3	0,95	0,65	0,7	0,3
2,5	3,1	0,65	0,5	0,4	0,7	0,4	1,2	0,8	0,7	0,3
3,0	3,7	0,65	0,6	0,5	0,9	0,45	1,5	0,95	0,7	0,3
3,5	4,2	0,6	0,7	0,6	1,0	0,55	1,7	1,15	0,6	0,3

Bundladningen består af patroner \varnothing 30 mm stablet, eller \varnothing 25 mm godt pakket.

Pibeladningen i midterhul: 0,4 kg sprængstof pr. m, eller alternativt 0,5 kg sprængstof pr. m. med patroner \varnothing 22 mm.

Konturhuller: Centric Magnasplit 1 rørladninger \varnothing 17 mm, alternativt 0,16 kg sprængstof pr. m eller alternativt sprængsnor 40-80 g/m.

18. Kontursprængning.

Nedenstående ladningstabel anbefales for kontursprængninger.

Borehuls-diameter d mm	Ladnings-koncentration l _p kg/m	Sprængstofftype	Praktisk række-afstand M m	Hul-afstand S m
25 - 45	0,08	Sprængsnor 80 g/m	0,4 - 0,7	0,4 - 0,6
45 - 64	0,16	Sprængsnor 2x80 g/m	0,7 - 1,0	0,6 - 0,9
25 - 51	0,23	Centric Magnasplit 1 rørladninger, 17 mm	0,6 - 0,7	0,5 - 0,6
51 - 64	0,38	Centric Magnasplit 1 rørladninger, 22 mm	0,9 - 1,0	0,7 - 0,9

Ladningstabel for kontursprængning.

Som bundladning på konturhullerne anvendes normalt NG sprængstof.

Borehulsdiameter d mm	Bundladning L _b kg
25 - 45	0,20
45 - 64	0,50

Sprængtekniske formler og tabeller

19. Undervandssprængning (UV)

19.a. Indborede ladninger UV

Borehuller med hældning:

$$L_{Spec} = L_{Spec,tabel} (1,00 + 0,01 \cdot K_w + 0,02 \cdot K_{OB} + 0,03 \cdot K_{klippe})$$

Borehuller uden hældning (lodrette huller):

$$L_{Spec} = L_{Spec,tabel} (1,10 + 0,01 \cdot K_w + 0,02 \cdot K_{OB} + 0,03 \cdot K_{klippe})$$

L_{Spec} = Specifik ladning i g/m³

K_w = Vanddybde i m

K_{OB} = Overjord i m

K_{klippe} = Bænk højde i m

Der skelnes normalt ikke mellem bund og pibeladninger.

Sprængning i beton UV

Objekt	Specifik ladning $L_{Spec, tabel}$ kg/m ³
Beton og murværk, ringe kvalitet	0,3 - 0,8
Beton og murværk, god kvalitet	0,6 - 0,8
Normalt armeret beton	0,8 - 1,2
Stærkt armeret beton	1,2 - 3,0
Stærkt armeret beton med høj styrke	3,0 - 4,0

Sprængning af sten UV

Objekt	Specifik ladning $L_{Spec, tabel}$ kg/m ³
God fragmentering, fritliggende sten	0,2
God fragmentering, jordbunden	0,3 - 0,4

Sprængtekniske formler og tabeller

Sprængning i klippe UV

Objekt	Specifik ladning $L_{Spec, tabel}$ kg/m ³
Normal bænksprængning	1,0
Plansprængning	1,0
Rørgravssprængning	1,4-4,0

Ladningstabellerne er baseret på NG- og emulsionssprængstoffer. Anvendes NSP711, kan man i visse tilfælde reducere ladningsmængden med op til 20 %. Hulafstand og rækkeafstand sættes lig hinanden. Underboring i klippe svarende til hulafstanden, dog min. 0,8 m.

For klippesprængning foretages beregning af boremønster således:

1. Huldiameter vælges.
2. Sprængstoffdimension vælges og ladningskoncentration, l_b , bestemmes.
3. Specifik ladning vælges og kompensation for vanddybde, ovenjord og bænkhøjde foretages i henhold til formel.

Arealet som kan frisprænges med den givne ladningskoncentration og specifikke ladning beregnes herefter som

$$A_{real} = l_b / L_{Spec}$$

Eftersom boremønstret skal være kvadratisk, bliver hulafstand, S , og rækkeafstand (modstandslinje), M , ens og beregnes som

$$S = M = \sqrt{l_b / L_{Spec}}$$

Sprængning i træ UV

$$L = 0,2 \cdot D^2 \cdot s \cdot (1,00 + 0,01 \cdot K_w)$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
 D = Diameter ved rundtømmer eller største bredde ved firkant-tømmer (cm)
 s = Faktor for styrke af sprængstof jf. afsnit 6.

19.b. Udvendigt anbragte ladninger UV

Sprængning af beton UV

$$L = 2 \cdot M^3 \cdot c \cdot d \cdot s \cdot (1,00 + 0,01 \cdot K_w)$$

- L = Ladningsstørrelsen (kg)
M = Modstandslinje, tykkelse af objekt (m)
d = Fordæmningsfaktor jf. afsnit 9
s = Faktor for styrke af sprængstof jf. afsnit 6
K_w = Vanddybde i m

Sprængning af stål UV

For sprængning af plader og profiler

$$L = t \cdot b \cdot l \cdot \sigma \cdot (1,00 + 0,01 \cdot K_w)$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
t = Tykkelsen af ladningen, min. 2,8 cm (cm)
b = Bredden af ladningen = 2 × t (cm)
l = Ønsket snitlængde + 1-2 cm i hver ende (cm)
σ = Massefylden af sprængstoffet (g/cm³)
K_w = Vanddybde i m

For sprængning af wire og stålaksler

$$L = 2,5 \cdot t \cdot (D + t)^2 \cdot \sigma \cdot (1,00 + 0,01 \cdot K_w)$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
t = Tykkelse af ladningen:
4 cm for wire og stålaksler og rundstål med diameter D < 15 cm.
5 cm for særdeles hårde og seje aksler samt rundstål med diameter D > 15 cm.
D = Diameter i cm
σ = Massefylden for sprængstoffet (g/cm³)
K_w = Vanddybde i m

Sprængtekniske formler og tabeller

Sprængning af træ UV

For sprængning med NG-sprængstoffer

$$L = 0,88 \cdot D^2 \cdot d \cdot s \cdot (1,00 + 0,01 \cdot K_w)$$

- L = Ladningsstørrelsen (g)
D = Diameter ved rundtømmer eller største bredde ved firkanttømmer (cm)
d = Fordæmningsfaktor jf. afsnit 9.
s = Faktor for styrke af sprængstof jf. afsnit 6

For sprængning med NSP711 på firkanttømmer

$$L = 2 \cdot b \cdot l \cdot \sigma \cdot (1,00 + 0,01 \cdot K_w)$$

- Tykkelse af ladning er 5,6 cm
b = Bredde af ladning er $0,35 \times b$, hvor b er bredden af tømmer i cm
l = Snitlængde i cm
 σ = Massefylden for sprængstoffet (g/cm^3)
 K_w = Vanddybde i m

For sprængning med NSP711 på rundtømmer

$$L = 2,6 \cdot D^2 \cdot \sigma \cdot (1,00 + 0,01 \cdot K_w)$$

- Tykkelse af ladning er 5,6 cm
Bredde af ladning er $0,14 \times O$, hvor O er omkredsen af tømmeret i cm
D = Diameter i cm
 σ = Massefylden for sprængstoffet (g/cm^3)
 K_w = Vanddybde i m

Sprængning af sten UV

$$L = 0,44 \cdot V \cdot d \cdot s \cdot (1,00 + 0,01 \cdot K_w)$$

L	=	Ladningsstørrelsen (kg)
V	=	Rumfang af sten i m ³
d	=	Fordæmningsfaktor jf. afsnit 9
s	=	Faktor for styrke af sprængstof, jf. afsnit 6
K _w	=	Vanddybde i m

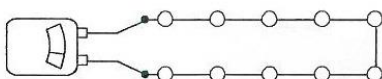
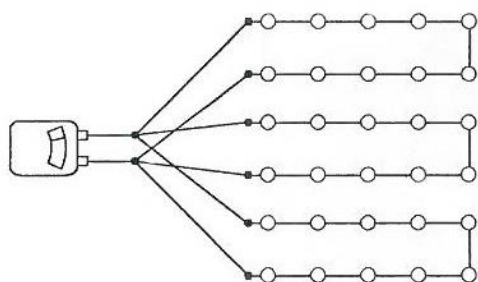
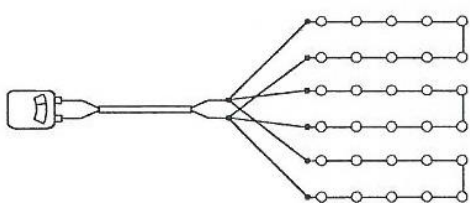
Foranstaltninger til begrænsning af chok og impuls.

Chok kan reduceres med et bobletæppe. Følgende bør følges ved sprængninger hvor der er risiko for skader på bygninger og installationer:

1. Ved indborede ladninger skal fordæmningshøjden være minimum 15 × huldiаметer.
2. Fordæmningsmaterialer som sand eller skærver bør anvendes.
3. Ladningen bør fordeles i et størst muligt antal mindre ladninger.
4. Man skal sikre sig, at afstanden mellem ladningerne er så stor, at der ikke er risiko for detonationsoverføring.
5. Hensigtsmæssig antændelsesrækkefølge skal anvendes.

Sprængtekniske formler og tabeller

20. Kobling af elektriske detonatorer

Modstand i en serie = antal detonatorer x modstand per detonator	
$R = n \cdot R_1$ <p>hvor n = antal af detonatorer. R = modstanden i Ohm i tændkredsen. R_1 = modstanden i Ohm i en detonator.</p>	 <p>Eksempel: n = 10 stk. R_1 = 3,5 ohm/detonator R = $10 \cdot 3,5 = 35$ Ohm</p>
Modstand ved parallelkobling = <u>Seriemodstand</u> / <u>Antal serier</u>	
$\frac{1}{R} = n \cdot \frac{1}{R_1} \quad \text{eller} \quad R = \frac{R_1}{n}$ <p>hvor n = antal af serier. R = modstanden i Ohm i parallelkoblede serier. R_1 = modstanden i Ohm i en serie.</p>	 <p>Eksempel: n = 3 serier á 10 detonatorer R_1 = 35 ohm/serie R = $35/3 = 11,7$ Ohm</p>
Totalmodstand = parallelkoblings modstand + modstand i tændkabel	
$R_{Total} = R_{Tændkabel} + R_{Seriel\ parallel}$	 <p>Eksempel: $R_{Total} = 5 + 11,7 = 16,7$ Ohm</p>

Tillæg I

Oversigt over gældende bekendtgørelser, anvisninger og referencer.

Bekendtgørelser:

- Bekendtgørelse af lov om våben og eksplosivstoffer
- Bekendtgørelse om eksplosivstoffer
- Bekendtgørelse om dykkerarbejdets sikre udførelse
- Bekendtgørelse om lov om arbejdsmiljø
- Bekendtgørelse om lov om arbejdsmiljø i Grønland
- Bekendtgørelse om bygge- og anlægsarbejde
- Bekendtgørelse om vejtransport af farligt gods
- Naalakkersuisut bekendtgørelse om eksplosive stoffer

Der henvises til internettet for download af seneste udgaver.

www.at.dk

www.retsinfo.dk

www.lovgivning.gl

Anvisninger:

- Vejledninger og forskrifter fra leverandører af spræng- og tændmidler.
- DSF-anvisning nr. 1: Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde.
- DSF-anvisning nr. 2: Forsigtig Sprængning.
- DSF-anvisning nr. 3: Sikkerhedsanvisninger ved Sprængningsarbejder.
- DSF-anvisning nr. 4: Sprængningscertifikat.
- DSF-anvisning nr. 5: Sprængtekniske formler og tabeller.
- DSF-anvisning nr. 6: Sikkerhedsstyring ved sprængningsarbejder
- Branchevejledning om forebyggelse af ulykker efter sprængningsarbejde



DANSK SPRÆNGTEKNISK FORENING

c/o SMVdanmark

Islands Brygge 26

DK-2300 København S

Tlf: +45 33 93 20 00

E-mail: DSF@explosives.dk

Web: www.explosives.dk

Medlem af European Federation
of Explosives Engineers

