



Vibrationspåvirkninger af bygninger,
anlæg og installationer
som følge af sprængningsarbejder

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

FORORD

Denne anvisning er udarbejdet af Dansk Sprængteknisk Forening (DSF), og den anvendes af foreningens medlemmer som rettesnor for vurdering, kontrol og imødegåelse af skader på bygninger, anlæg og installationer m.v. som følge af vibrationer fra sprængningsarbejde.

Anvisningen er harmoniseret med gældende regler i nabolandene, og følger traditionelle udenlandske anvisninger vedrørende sprængningsarbejde.

Anvisningen knytter sig til DSF anvisning nr. 2 om forsigtig sprængning.

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 sprængningsopgaver.

Anvisningen er 6. udgave og der er henvisning til DIN 4150-3 og SS 4604866:2011

Anvisningen er godkendt af bestyrelsen december 2024.

Jakob Schneider	Kim Thomas Poulsen	Mikkel Lerdrup
Poul-Rikard Ebbesen	Jørgen Schneider <i>Formand</i>	Johan Finsteen Gjødvad

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Indhold

1.	Anvisningens formål, omfang og grundlag	3
2.	Referencer.....	3
3.	Vibrationsniveau	3
4.	Vibrationer i forbindelse med sædvanligt forekommende sprængningsarbejder .	4
5.	Forundersøgelser	4
6.	Vibrationsmålinger.....	5
7.	Besigtigelse	5

Tillæg I Uddrag af DIN 4150:2022-12, Teil 1, 2 sider

Tillæg II Uddrag af DIN 4150:2022-12, Teil 3, 4 sider

Tillæg III Uddrag af SS 460 48 66:2011, 3 sider

Tillæg IV Oversigt over DSF-anvisninger, 1 side.

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

1. Anvisningens formal, omfang og grundlag

1.1 Det er anvisningens formål at skabe grundlag for at imødegå vibrations-skader som følge af sprængningsarbejde, specielt vedr. forsigtig sprængning jf. DSF-anvisning nr. 2.

1.2 Anvisningen sigter på almindelige og hyppigt forekommende vibrationsproblemer, der måtte opstå under og efter sprængningsarbejde i forbindelse med bygge- og anlægsvirksomhed i Danmark, på Færøerne og i Grønland.

1.3 Anvisningen omfatter vibrationspåvirkning af bygninger, anlæg og installationer.

1.4 Anvisningen omfatter ikke

- vibrationspåvirkning af mennesker
- vibrationspåvirkning af bygningselementer, der er sammenbygget med sprængningsobjekter
- vibrationspåvirkning af følsomt udstyr (så som maskiner, laboratorie- og edb-udstyr)

2. Referencer

2.1 Anvisningen henviser til

- Tysk norm, DIN 4150-1:2022-12, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
- Svensk standard, SS 460 48 66 Vibration och stöt - Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader, 2011.

3. Vibrationsniveau

3.1 Vibrationspåvirkning af bygninger, anlæg og installationer måles som svingningshastighed v i mm/s.

3.2 Der skelnes mellem

- **vejledende vibrationsniveau**, dvs. den vibrationspåvirkning hvorunder risikoen for skader på bygninger, anlæg og installationer sædvanligvis regnes ubetydelig.
- **tilladeligt vibrationsniveau**, dvs. den største vibrationspåvirkning, der kan accepteres med hensyn til risiko for skader i et konkret projekt.

3.3 **Vejledende vibrationsniveau** for sprængningsarbejde af kortere varighed og af midlertidig karakter fastsættes i henhold til svensk standard eller tysk norm

- For Danmark, undtagen Bornholm gælder tysk norm DIN 4150 Teil 3
- For Grønland, Færøerne og Bornholm gælder svensk standard SS 4604866

3.4 **Tilladeligt vibrationsniveau** fastsættes konkret for hvert projekt på grundlag af de aktuelle omstændigheder. Det tilladelige vibrationsniveau angiver projektets øvre

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

grænse for acceptabel risiko med hensyn til skader på omgivende bygninger, anlæg og installationer.

4. Vibrationer i forbindelse med sædvanligt forekommende sprængningsarbejde

4.1 Vibrationspåvirkninger fra sprængningsarbejde og risiko for skader på bygninger, anlæg og installationer afhænger af sprængningsarbejdets karakter, herunder især ladningsstørrelse, afstand fra sprængningssted til udsatte bygninger, anlæg og installationer samt jordens og undergrundens geologi.

Vejledning

Eksempler på sprængningsarbejde, hvor der kan være risiko for vibrationsskader:

- Væltning af konstruktioner (faldende masser)
- Sprængninger i jord/klippe.

Eksempler på sprængningsarbejde, hvor der normalt ikke er risiko for vibrationsskader:

- Mini-blasting, dvs. indborede ladninger op til 50 gram, f.eks. pælesprængning
- Sprængning af marksten, træer o. lign.
- Partiel sprængning af søjler og bjælker
- Sprængning af fundamenter som er gravet fri og som ikke er sammenbygget med andre konstruktioner.

5. Forundersøgelser

5.1 Sprængningslederen har ansvaret for, at der træffes de nødvendige forholdsregler for at undgå skader.

5.2 Ved sprængningsarbejde med risiko for skader skal projekteringen indeholde en risikoanalyse. Risikoanalysen skal bl.a. afdække behovet for prøvesprængninger, vibrationsmålinger og besigtigelser.

Vejledning:

Risikoanalysen kan f.eks. udføres som anført i SS 460 48 66, pkt. 2.

Prognoser for vibrationspåvirkninger kan gennemføres ved:

- sammenlignende vurdering af måledata og erfaringer fra andet sprængningsarbejde
- beregning eller
- prøvesprængning

Prognoser kræver et specifikt lokalkendskab og er bl.a. afhængigt af:

- geologiske forhold, herunder vandspejl, sammensætning (lag) og struktur (sprækker)
- afstanden (mellem påvirkningen og det punkt, hvor vibrationsniveauet ønskes undersøgt)
- den tilførte energi i form af ladningens størrelse ved sprængninger i jord eller masse, stivhed og faldhøjde for faldende masser

Vejledning:

Prognoser kan f.eks. gennemføres som beskrevet i DIN 4150 Teil 1.

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

6. Vibrationsmålinger

- 6.1 Vibrationsmåling skal udføres i overensstemmelse med de respektive referencenormer, dvs. DIN 4150 Teil 3 og SS 460 48 66, jf. afsnit 3.
- 6.2 Der skelnes mellem
- **orienterende vibrationsmåling**, der udføres som stikprøvemåling med henblik på grov vurdering af risici for vibrationsskader
 - **vibrationsovervågning** i en længere periode for konstant overvågning af påvirkninger fra sprængningsarbejde og
 - **udvidede målinger**, som ofte udføres med et omfattende måleprogram og analyser, f.eks. i forbindelse med prøvesprængninger, i tilfælde af stor risiko for vibrationsskader eller ved andre kritiske forhold. Se eventuelt også DSF anvisning nr. 2 om forsigtig sprængning i klippe.
- 6.3 Vibrationsmålinger skal udføres med udstyr, der overholder specifikationerne i de respektive referencenormer.
- 6.4 Vibrationsmålinger skal udføres med udstyr, der er kalibreret i overensstemmelse med kravene i de respektive referencenormer.
- 6.5 Vibrationsmålinger skal dokumenteres i overensstemmelse med kravene i de respektive referencenormer.

7. Besigtigelse

- 7.1 Ved risiko for vibrationsskade eller ved mistanke om omstændigheder, der kan føre til tvister om bygningsskader, skal bygninger og anlæg besigtiges.
- 7.2 Resultatet af besigtigelse skal dokumenteres, f.eks. ved fotoregistrering suppleret med video.

Blank

Dansk Sprængteknisk For-
ening

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Tillæg I Uddrag af DIN 4150, Teil 1, 2 sider

Dansk Sprængteknisk Forening

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Nærværende tillæg er en tolkning af normen. I tvivlstilfælde henvises til originalteksten.

Gyldighed

Nærværende tillæg omfatter alene prognoser af vibrationsniveau som følge af sprængning og nedfaldne objekter. Ved andre påvirkninger henvises til originalteksten.

Normen giver alene en grundlæggende beskrivelse af metoder, som kan benyttes i forbindelse med prognostisering af vibrationer transmitteret gennem jorden.

Jf. problemstillingens kompleksitet, kræves der normalt et betydeligt kendskab og erfaring hos den person, der udfører prognosen.

Generelt

Prognoserne omfatter kun enkelt hændelser. Forstået at der er tid imellem flere på hinanden følgende påvirkninger.

Prognoser for vibrationspåvirkninger kan gennemføres ved at sammenligne og vurdere måledata og erfaringer fra andet sprængningsarbejde, beregning eller prøvesprængning.

Prognoser kræver et specifikt lokalkendskab til geotekniske forhold ved en tilsvarende påvirkning. Data fra et givet sted er svært genanvendelig på andre lokaliteter end der hvor de er registreret. Ved manglende lokalkendskab kan dette opnås ved målinger af prøvesprængninger eller testopstillinger.

Til vurdering af de lokale forhold skal der tages højde for geologi, sammensætning (lag) og struktur (sprækker). Ud over de geologiske faktorer har afstanden (mellem påvirkningen og det punkt der ønskes undersøgt) og den tilførte energi i form af ladningens størrelse eller faldhøjde stor indflydelse på vibrationsniveauet.

Sprængningsinducerede vibrationer

For prognose af vibrationer forårsaget af sprængninger i jord, angiver normen følgende empiriske relation:

$$v_{\max} = k \cdot \left(\frac{L}{L_0} \right)^b \cdot \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-m}$$

hvor

v_{\max}	=	maksimal svingningshastighed i mm/s
L	=	maksimal samvirkende ladning i kg
L_0	=	1 kg
R	=	afstand fra sprængkilde i m
R_0	=	1 m
k	=	empirisk værdi i mm/s
b, m	=	empiriske konstanter

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Konstanterne k , b og m afhænger af de geologiske forhold, sprængningsmetoden og de aktuelle afstandsforhold. Konstanterne bestemmes på grundlag af prøvesprængninger på den aktuelle lokalitet eller eventuelt kan erfaringsværdier fra lignende tilfælde genanvendes.

Note: For konstanten b er det kutyme at benytte 1/2 eller 1/3, benævnt kvadratrods- hhv. kubikrodsskalering. Der findes i litteraturen adskillige estimater for k og m .

Vibrationer fra nedfaldende objekter

For prognose af jordtransmitterede vibrationer forårsaget af faldende masser, som eks. i forbindelse med væltning af konstruktioner, angiver normen følgende empiriske relation:

$$v_{\max} = k \cdot \left(\frac{E}{E_0} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-m}$$

hvor

v_{\max}	=	maksimal svingningshastighed i mm/s
E	=	fald energien ($E=m \cdot g \cdot h$) i kJ
E_0	=	1 kJ
R	=	afstand fra nedslagssted i m
R_0	=	1 m
k	=	empirisk værdi i mm/s
m	=	empirisk konstant

k og m afhænger af de geologiske forhold, den faldende masses karakter og de aktuelle afstandsforhold. k og m bestemmes typisk på grundlag af skalaforsøg på den aktuelle lokalitet eller der benyttes erfaringsværdier fra lignende tilfælde.

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Tillæg II Uddrag af DIN 4150, Teil 3, 4 sider

Dansk Sprængteknisk Forening

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Nærværende tillæg er en tolkning af normen. I tvivlstilfælde henvises til originalteksten.

Gyldighed

Nærværende tillæg omfatter alene korttidspåvirkning (transient påvirkning) af konstruktioner. Ved langtidspåvirkninger (kontinuert påvirkning), må der tages hensyn til udmattelses-effekter, jf. DIN 4150 pkt. 6.

Generelt

DIN 4150-3 norm benytter svingningshastigheden som normfaktor, og angiver en vejledende grænseværdi for svingningshastigheden, v_i .

For bygninger og anlæg er v_i det højeste af niveauerne målt hhv. i lodret retning, i vandret retning vinkelret på fundamentet og i vandret retning parallelt med fundamentet.

På fundamentet måles nærmest stedet for indkommende vibrationer. Målepunktet må maksimalt være 0,5 m over terræn. Er der kælder vil denne ofte være det nærmeste sted for indkommende vibrationer.

På øverste etage måles på ydervæg, eller alternativt på gulvet tæt på ydervæggen, nærmest stedet for indkommende vibrationer. Der måles kun i de to vandrette retninger.

For jordlagte rørledninger er v_i det højeste af niveauerne målt hhv. i lodret retning, i vandret retning vinkelret på røret og vandret retning parallelt med røret.

For bygninger med store grundfalder anbefales flere målepunkter.

Der skal som minimum måles i frekvensområdet 1-80 Hz eller 1-315 Hz.

Note: Normens vejledende grænser er niveauer, hvorunder det ikke anses for sandsynligt, at der sker skade på bygninger som følge af vibrationer. Det anses ej heller for sandsynligt at eksisterende revner forværres.

Det fremgår således af normen, at hvis vibrationsniveauet er lavere end de vejledende grænseværdier, kan man gå ud fra, at evt. skader ikke er forårsaget af vibrationer.

I normen pointeres desuden, at en evt. overskridelse af de vejledende grænseværdier ikke er ensbetydende med at der vil ske skade.

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Bygninger

DIN 4150-3 klassificerer bygninger i tre kategorier og fastlægger det vejledende niveau for hver klasse, fordelt på fire frekvensområder, jf. tabel 1 og figur 1.

Grænseværdier for svingningshastigheden v_i til vurdering af virkningen af kortvarige vibrationer.

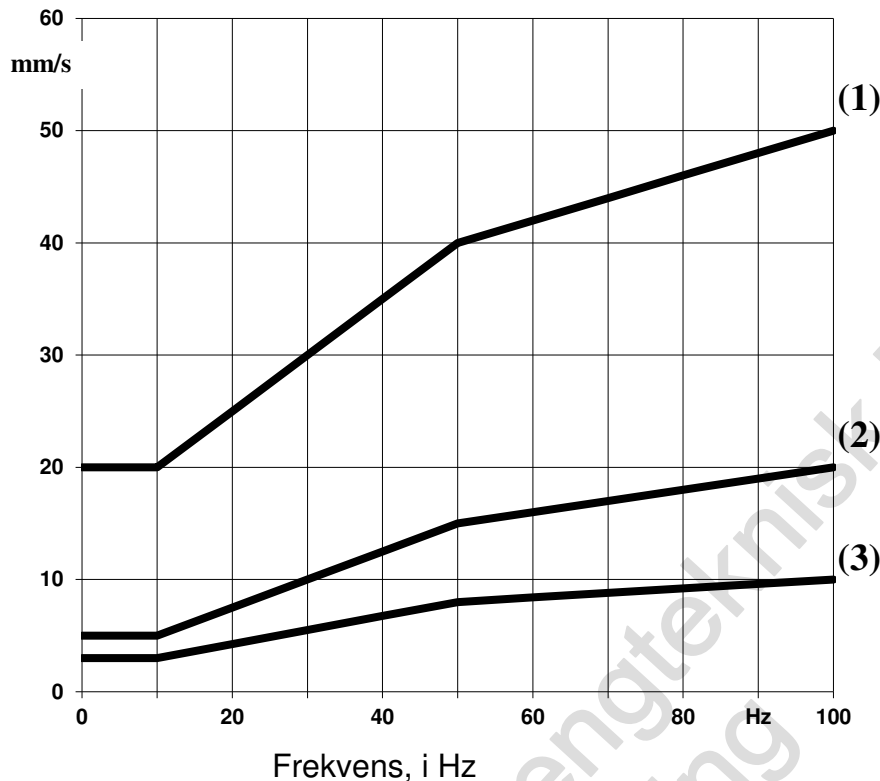
Kategori	Bebyggelsens art	Grænseværdier for svingningshastighed v_i i mm/s			
		Fundament			Øverste Etagedæk
		Frekvens < 10 Hz	Frekvens 10 til 50 Hz	Frekvens 50 til 100*) Hz	Alle Frekvenser
(1)	Bygninger anvendt til erhverv- og industri samt bygninger konstrueret tilsvarende	20	20 til 40	40 til 50	40
(2)	Boliger samt bygninger benyttet eller/og konstrueret tilsvarende	5	5 til 15	15 til 20	15
(3)	Bygninger, der er bevaringsværdige (f.eks. fredede bygninger), som pga. særlig vibrationsfølsomhed ikke hører under bygningskategori (1) og (2).	3	3 til 8	8 til 10	8

*) For frekvenser over 100 Hz, kan de vejledende grænseværdier ved 100 Hz anvendes som minimumsværdier.

Tabel 1. Uddrag af DIN 4150-3, vejledende vibrationsniveau.

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Svingningshastighed, v_i



Figur 1. Grafisk afbildning af vejledende vibrationsniveau, jf. DIN 4150-3.

DIN 4150-3 anfører desuden, at vibrationsniveauet på gulve ikke bør overstige $v = 20$ mm/s målt i vertikal retning på det sted, hvor vibrationerne er størst (normalt på midten af gulvet).

Anlæg

DIN 4150-3 anfører, at for ingeniørbygværker så som brovederlag og blokfundamenter udført i armeret beton kan anvendes en vejledende grænseværdi på 80 mm/s.

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Installationer

DIN 4150-3 anfører, at for nedgravede rør (rør fremstillet og nedlagt i henhold til nutidige anerkendte standarder og vejledninger, og som forventes i god stand) fastlægges det vejledende niveau for forskellige typer af rør jf. tabel 2.

Grænseværdier for svingningshastigheden v_i til vurdering af virkningen af kortvarige vibrationer, alle frekvenser.

Kategori	Type af ledning/rør	Grænseværdier for svingningshastighed målt på røret, v_i i mm/s
(1)	Stålrør inklusiv svejste stålrør	100
(2)	Ler, beton, armeret beton, forspændt beton, metal (med og uden flanger)	80
(3)	Mursten, plast og drænrør	50

Tabel 2. Uddrag af DIN 4150-3, vejledende vibrationsniveau for nedgravede ledninger og rør.

Indtil 2 m fra en rørlednings tilslutning til en bygning, er den vejledende grænseværdi for bygningens fundament også gældende for rørledningen.

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Tillæg III Uddrag af SS 460 48 66, 3 sider

Dansk Sprængteknisk Forening

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Nærværende tillæg er en tolkning af normen. I tvivlstilfælde henvises til originalteksten.

Gyldighed

SS 460 48 66 omfatter alene sprængningsinducerede vibrationer.

Generelt

Svensk Standard benytter svingningshastigheden som normfaktor, og angiver en vejledende grænseværdi for svingningshastigheden, v , målt i lodret retning.

Der måles på bærende del af grundkonstruktionen nærmest stedet for indkommende vibrationer.

I henhold til SS 460 48 66 skal der som minimum måles i frekvensområdet fra 5-300 Hz.

Bygninger og anlæg

Ifølge SS 460 48 66 beregnes grænseværdien for svingningshastigheden i afhængighed af bl.a. geologi, bygningskonstruktion og afstand.

Proceduren er følgende:

$$v = v_0 \cdot F_b \cdot F_m \cdot F_d \cdot F_t$$

hvor

v = Vejledende grænseværdi for svingningshastighed i mm/s

v_0 = ukorrigeret svingningshastighed i mm/s jf. tabel 3

F_b = bygningsfaktor, jf. tabel 4.

F_m = materialefaktor, jf. tabel 5.

F_d = afstandsfaktor jf. figur 2

F_t = virksomhedsfaktor som tager hensyn til om sprængningsarbejdet er kort- eller langvarigt jf. tabel 6

Undergrund	Lodret svingningshastighed v_0 i mm/s
Løst moræneler, sand, grus, ler	18
Fast moræneler, skiffer, blød kalksten	35
Granit, gnejs, hård kalksten, kvartsits sandsten, diabas	70

Tabel 3. Uddrag af SS 460 48 66, ukorrigeret svingningshastighed, v_0

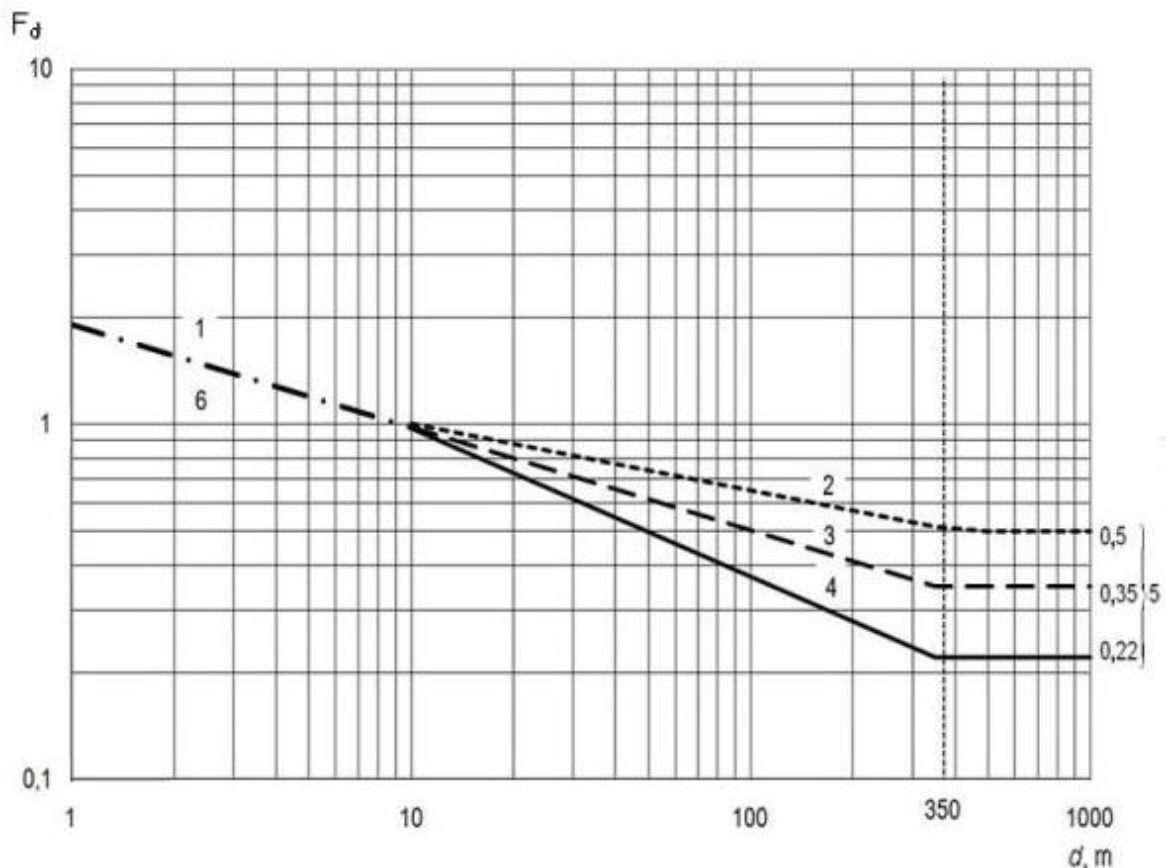
Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Klasse		Bygningsfaktor F_b
1	Tunge konstruktioner f.eks. broer, kajer, forsvarsanlæg m.v.	1,70
2	Industri- og kontorbygninger.	1,20
3	Normale beboelser	1,00
4	Særligt følsomme bygninger, bygninger med højt til loftet, konstruktioner med stor spændvidde	0,65
5	Særligt følsomme historiske bygninger og omgivelser der er identificeret ved risikoanalyse	$F_b \leq 0,5$

Tabel 4. Uddrag af SS 460 48 66, bygningsfaktor, F_b inddelt i 5 klasser.

Klasse		Materialefaktor F_m
1	Armeret beton, stål, træ	1,20
2	Uarmeret beton, tegl, mursten, betonhuselementer, letbeton	1,00
3	Trykhærdet letbeton, beklædning, puds og gips	0,75
4	Kalksandsten	0,65

Tabel 5. Uddrag af SS 460 48 66, materialefaktor, F_m og er gældende for svageste materiale i bygningen.



Figur 2. Uddrag af SS 460 48 66, afstandsfaktor, F_d . For afstand 1-10 m, kurve 1, er faktoren gældende for alle materialetyper. Over 10 m gælder kurve 2 for ler, kurve 3 for moræne og kurve 4 for klippe. Fra 350 m og op, kurve 5, er faktoren 0,5, 0,35 og 0,22 for hhv. ler, moræne og klippe.

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Kurven i figur 2 beskrives ved følgende formler:

1. $F_d = 1,91 \cdot d^{-0,28}$
2. $F_d = 1,56 \cdot d^{-0,19}$
3. $F_d = 1,91 \cdot d^{-0,29}$
4. $F_d = 2,57 \cdot d^{-0,42}$

Ved sprængning under 10 meter fra bygninger, kan der forekomme uforudsete problemer. Derfor skal der i disse afstande sprænges med større forsigtighed og der skal lægges vægt på dokumentation af det udførte arbejde.

Klasse	Virksomhedsfaktor F_t
Tunneller, bjergrum, vejskæringer, byggemodning og lignende anlægsarbejder	1,0
Faste anlæg som stenbrud og minedrift	1,0 – 0,75

Tabel 6. Uddrag af SS 460 48 66, virksomhedsfaktor F_t

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

Tillæg IV Oversigt over DSF-anvisninger, 1 side.

Dansk Sprængteknisk For-
ening

Vibrationspåvirkninger af bygninger, anlæg og installationer som følge af sprængningsarbejde

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



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

