



# EBR Konstruktioner

# **Luftledningshandboken**

---

Utgiven av Energiföretagen Sverige AB. Publikationen är endast för eget bruk och får inte mångfaldigas, spridas eller säljas varken i sin helhet, eller som delar, utan Energiföretagens skriftliga medgivande. Mottagaren får inte heller använda de varumärken som ingår i tjänsterna utan Energiföretagens medgivande.



# Förord

En stor del av elnätet i Sverige är utfört som luftledningsnät. De senaste åren har många företag haft ett stort fokus på att kablifiera sitt elnät i syfte att skapa ett mer störningssäkert nät. En stor del är dock, och kommer sannolikt att fortsatt vara luftledningsnät. Det är därför viktigt att branschen via EBR (Elnätsbranschens riktlinjer) har ett sätt att dimensionera och konstruera luftledningar på ett tekniskt och ekonomiskt optimalt sätt.

K1 Luftledningshandboken är en del i en serie med handböcker som beskriver branschpraxis för Sverige när det gäller elnätsbyggnation. EBR (Elnätsbranschens riktlinjer).

Den branschpraxis som EBRs konstruktioner bildar skapar förutsättningar att utbilda personal, hålla materiel i materielsatser och dessutom hjälpas åt att återuppbygga ledningar vid störningar och resursbrister.

Den nya handlingen K1 Luftledningshandboken är en sammanslagning av K31 Luftledningspraxis och K32 Mekanisk dimensionering-beräkningsgrunder. Sammanslagning av de båda dokumenten är gjord för att man ska få en bättre helhetsuppfattning om hur luftledningar konstrueras och vad som påverkar dem. Dokumentet ingår som en del i en serie av EBRs dokument för luftledningar.

Den nya publikationen är avsedd att vara mer materialneutral gällande stolpledningar och kan användas för andra stolpmaterial i tillämpliga delar.

I handboken hänvisas också till "Beräkningsgrunder" som är ett utdrag SS-EN 50341 Elektriska friledningar över 1 kV (AC). Beräkningsgrunder ingår i EBR utbildningen Mekanisk dimensionering.

K1 Luftledningshandboken är en sammanställning av den samlade kunskapen som elnätsbranschen har i form av EBR publikationer. Handboken harmoniseras strukturellt och innehållsmässigt med gällande standard.

I denna handbok har branschens kunskaper och relevanta delar av gällande standarder sammanställts.

För en fullständig bild av förutsättningarna att genomföra konstruktion av luftledningar ur ett mekaniskt hållfasthets hänseende så finns även en utbildning EBR Mekanisk dimensionering att tillgå.

# Innehåll

<b>0. Allmänt</b>	<b>8</b>	<b>3. Laster</b>	<b>35</b>
0.1 God elsäkerhetsteknisk praxis.....	8	3.1 Allmänt.....	35
0.2 Starkströmsanläggning utförd enligt tidigare gällande föreskrifter ....	9	3.2 Permanent last.....	35
<b>1. Definitioner</b>	<b>10</b>	3.3 Islast .....	35
<b>2. Beräkningsgrunder</b>	<b>17</b>	3.3.1 Allmänt .....	35
2.1 Allmänt.....	17	3.3.2 Jämnt fördelad islasc vid vind...36	36
2.2 Ledningsklasser .....	17	3.3.3 Islasc vid vindstilla .....	37
2.2.1 Klass a.....	17	3.3.4 Lokal islasc.....	38
2.2.2 Klass b.....	17	3.4 Vindlast (qw).....	39
2.3 Brotsäker ledning och ledning i förstärkt utförande.....	17	3.4.1 Vindtryck ( $q_p$ ).....	39
2.3.1 Brotsäker ledning .....	17	3.4.2 Normalvind .....	39
2.3.2 Ledning i förstärkt utförande..	18	3.4.3 Hög vind .....	40
2.4 Last- och materialfaktorer .....	19	3.4.4 Storleksfaktorn (g).....	40
2.5 Lastkombinationer och belastningsfall .....	20	3.4.5 Formfaktorer (c).....	40
2.5.1 Lastkombinationer.....	20	3.5 Bygg- och underhållslaster .....	41
2.5.2 Belastningsfall.....	20	3.5.1 Last från montör .....	41
2.5.3 Olika belastningsfall .....	21	3.6 Temperatur .....	41
2.5.4 Höjd över mark vid mallning....	22	3.6.1 Minimitemperatur på ledare ....	41
2.6 Normalspänvidd $a_n$ .....	23	3.6.2 Maximitemperatur på ledare...	41
2.7 Dimensionerande påkänning.....	24	3.6.3 Temperatur vid islasc.....	42
2.8 Regleringstabeller .....	25	3.6.4 Temperatur hos ledare vid kortslutning.....	42
2.9 Mallar .....	26	3.7 Belastningsfall .....	43
2.10 Kortslutningsmall.....	27	3.7.1 Allmänt.....	43
2.11 Kortslutningsmall vid mintemp.	28	3.8 Raklinje- och vinkelstolpe.....	43
2.12 Mall för lokal islasc .....	28	3.8.1 Belastningsfall 1a. Vind utan islasc .....	44
2.13 Kortslutningsdimensionering....	29	3.8.2 Belastningsfall 2a. Islasc utan vind.....	44
2.14 Beräkning av horisontalt belastad lin längd $a_h$ .....	29	3.8.3 Belastningsfall 3. Islasc och samtidig vind.....	44
2.15 Beräkning av vertikalt belastad lin längd $a_v$ .....	30	3.8.4 Belastningsfall 4. Minimi- temperatur .....	44
2.16 Beräkning av lyftkraft vid negativt $a_v$ .....	31	3.8.5 Belastningsfall 5a. Ensidigt bortfall av dragkraft i linjerikningen.....	44
2.17 Hängkedjor min $a_v / a_h$ .....	32	3.8.6 Belastningsfall 6a. Bygg- och underhållslast.....	45
2.18 Hängkedjor min brytningsvinkel.....	33	3.8.7 Belastningsfall 6b. Last från montör .....	45
2.19 Hängkedjor stakningslinjens läge .....	34		

3.9 Avgränsningsstolpe.....	45
3.9.1 Belastningsfall 2a. Islast utan vind.....	46
3.9.2 Belastningsfall 3. Islast och samtidig vind.....	46
3.9.3 Belastningsfall 5b. Ensidigt bortfall av dragkraft i linjerikningen .....	46
3.9.4 Belastningsfall 6a. Bygg- och underhållslast.....	46
3.9.5 Belastningsfall 6b. Last från montör.....	46
3.10 Ändstolpe.....	47
3.10.1 Belastningsfall 1a. Vind utan islast .....	47
3.10.2 Belastningsfall 2a. Islast utan vind.....	47
3.10.3 Belastningsfall 3. Islast och samtidig vind.....	48
3.10.4 Belastningsfall 5a. Islast utan vind och bortfall av dragkraft i linjerikningen.....	48
3.10.5 Belastningsfall 6a bygg- och underhållslast.....	48
3.10.6 Belastningsfall 6b last från montör.....	48
3.11 Hängkabelledningar .....	48
3.11.1 Belastningsfall 3. Islast och samtidig vind.....	48
3.11.2 Belastningsfall 4 minimitemperatur.....	48
3.11.3 Belastningsfall 6a. Bygg- och underhållslast.....	49
3.11.4 Belastningsfall 6b. Last från montör.....	49
3.12 Lastfaktorer.....	49
<b>4. Elektriska krav</b>	<b>51</b>
4.1 Omfattning .....	51
4.2 Grunder .....	51
4.3 Isolationsnivåer.....	52
4.4 Luftavstånd i stolpe.....	53
4.5 Fasisisolators krypsträcka.....	57
4.6 Isolator mellan faser, skruvning..	59
4.7 Överspänningar .....	59
4.8 Ledningsisolators isolationshållfasthet .....	60
4.9 Stolpars isolationshållfasthet.....	61
4.9.1 Stolpar av trämaterial.....	61
4.9.2 Alternativa stolpmaterial.....	61
4.10 Luftsträckas isolationshållfasthet.....	61
4.11 Isolationshållfasthet hos kombinerad isolering vid kort stöt ...	62
4.12 Tillämpning på olika ledningstyper.....	64
4.12.1 Standard för stödisolatorer ....	64
4.13 Stolpe med jordade isolatorfästen .....	64
4.14 Trästolpe med ojordad metallregel .....	65
4.15 Trästolpe med träisolering mellan isolatorfästen.....	66
4.16 Ledares höjd över mark, trafikleder, vattendrag mm.....	67
4.16.1 Ledares höjd över mark i allmänhet och över vatten som ej är område för sjötrafik.....	67
4.16.2 Ledares höjd över detaljplane-lagd område och över allmän väg.....	68
4.16.3 Ledares höjd över annan väg .....	69
4.16.4 Ledares höjd över järnväg .....	69
4.16.5 Ledares höjd över område för sjötrafik.....	70
4.16.6 Ledare i förhållande till byggnad .....	71
4.17 Ledares vertikala avstånd till korsande ledningar .....	71
4.17.1 Vertikala avstånd vid korsning mellan brottsäker ledning och annan ledning då skiljekonstruktion inte används.....	72

4.17.2 Vertikala avstånd vid korsning mellan brottsäker ledning och annan ledning då skiljekonstruktion används.....	72
4.17.3 Belastningsfall för vertikala avstånd mellan brottsäker ledning och annan ledning.....	74
4.17.4 Korsning med svagströms-ledning, mekanisk ledning mm.....	74
4.18 Avstånd till annan ledare.....	75
4.18.1 Ledares avstånd till annan ledare i ledningsspann.....	75
4.18.2 Lika ledare infästa i samma horisontalplan.....	76
4.18.3 Ledare av olika material, area eller med olika nedhängning infästa i samma horisontalplan .....	77
4.18.4 Ledare infästa i samma vertikalplan.....	79
4.18.5 Lika ledare i skilda horisontal- och vertikalplan (blandad upp-läggning).....	79
4.18.6 Avstånd mellan belagda ledare .....	80
4.19 Ledares avstånd till stolpe med mera i den egna ledningen.....	81
4.19.1 Allmänt.....	81
4.19.2 Luftavstånd till icke-jordat stag i direkt jordat system .....	81
4.19.3 Luftavstånd till jordat stag i direkt jordat system.....	82
4.19.4 Luftavstånd till stag i icke-direkt jordat system.....	82
4.19.5 Ledares avstånd till stolpe med mera i annan ledning.....	82
4.20 Ledares avstånd till belysningsstolpar, flaggstänger eller staket.....	83
4.21 Avstånd till träd.....	84
4.21.1 Allmänt .....	84
4.21.2 Belagda ledare.....	84
4.21.3 Blank ledare.....	84
4.21.4 Hängkabel och hängspiral-kabel.....	84
4.22 Speciella stolpkonstruktioner.....	85
4.23 Placering av transformator .....	85
4.24 Starkströms- och svagströms-ledningar på gemensamma stolpar .....	86
4.25 Luftledning i förhållande till vissa platser .....	86
4.26 Luftledning i förhållande till parkeringsplatser .....	86
4.27 Luftledning i förhållande till skjutbanor .....	86
4.28 Luftledning i förhållande till upplag med brännbart material och områden med explosionsrisk .....	87
4.29 Stolpar, stag och strävor: avstånd vid allmänt trafikerad väg....	87
4.30 Friledning längs allmänt trafikerad väg.....	88
<b>5. Jordningssystem</b>	<b>89</b>
5.1 Genomgående jordlineskydd .....	89
5.2 Inledningsskydd.....	89
5.3 Utförande av stolpjordning .....	90
5.4 Ledares minimiarea .....	90
5.5 Stolpe med två eller flera ledningar .....	91
5.6 Jordning av parallelgående ledningar .....	91
<b>6. Stolpar: material, utförande och beräkning</b>	<b>92</b>
6.1 Stål .....	92
6.1.1 Fackverksstolpar .....	92
6.1.2 Stålörssstolpar .....	92
6.2 Trä .....	92
6.2.1 Limträstolpar .....	92
6.2.2 Naturvuxna trästolpar .....	92
6.2.3 Rötskadade naturvuxna trästolpar .....	94
6.3 Betongstolpar .....	96
6.4 Stagade stolpar .....	96
6.5 Aluminiumstolpar .....	96
6.6 Fiberarmerade polymerstolpar .....	96
6.7 Korrosionsskydd och ytbehandling .....	96

6.7.1 Förzinkning .....	97
6.8 Kombinerade material .....	97
<b>7. Fundament och grundläggning 98</b>	
7.1 Eurokoder.....	98
7.2 Betong.....	98
7.3 Stål .....	98
7.4 Trä .....	99
7.5 Fundamenttyper och beräkning av fundament .....	99
7.5.1 Egentyngd hos betong och jord .....	99
7.5.2 Plattfundamet utsatt för i huvudsak vertikala lyftkrafter.....	99
7.5.3 Plattfundamet utsatt för i huvudsak stjälpande moment.....	100
7.5.4 Grundläggning av stolpar.....	100
7.5.5 Stagförankring, bergöglor .....	102
7.6 Frostfritt djup.....	102
7.7 Schaktning .....	103
<b>8. Ledare 104</b>	
8.1 Friledning: material, utförande och minimiarea .....	104
8.2 Skarvar, linhållare med mera ...	105
8.2.1 Friledning: skarvar, spännslinhållare och avgreningar (mekaniska krav) .....	105
8.2.2 Friledning: skarvar, spännslinhållare och avgreningar (elektriska krav) .....	105
8.2.3 Övriga linhållare, najning med mera.....	105
8.3 Friledning: infästning av ledare till isolator.....	105
8.4 Uträknade belastningsvärden..	106
<b>9. Isolatorer med tillbehör 112</b>	
9.1 Utförande av ljusbågsskydd .....	112
9.1.1 Ljusbågsskydd i friledningar med plastbelagda ledare.....	112
9.1.2 Kombinerat skydd, ljusbågsskydd, åskskydd, gnistgap, ventilavledare .....	112
9.2 Utförande och provning av isolatorer.....	114
9.3 Belastningsfall och dimensionering för isolatorer .....	114
9.4 Mekanisk hållfasthet hos isolatortillbehör.....	115
9.5 Skyddsåtgärder mot överslag och felströmmar .....	115
9.6 Kortslutningssäkerhet hos isolatorer, isolatortillbehör och ledarinfästningar .....	116
9.7 Skyddsåtgärder för ledning av klass a .....	116
9.8 Hängkedjor .....	117
9.9 Spänn- och skruvningskedjor ...	117
9.10 Strömöverföringsförmåga för tillbehör .....	118
9.11 Stödisolatorer .....	119
9.12 Isolatorer i brottsäkra ledningar .....	119
<b>10. Stag / strävor 120</b>	
10.1 Stagningsriktning.....	120
10.2 Stagning .....	121
10.3 Stagning av friledning.....	122
10.4 Sträva.....	124
<b>11. Hängkabel och hängspiralkabel 125</b>	
11.1 Allmänt.....	125
11.2 Beräkningsgrunder .....	125
11.3 Laster .....	125
11.4 Elektriska krav.....	125
11.5 Jordningssystem .....	125
11.6 Stolpar, material, utförande och beräkning.....	126
11.7 Fundament och grundläggning	126
11.8 Ledare .....	126
11.9 Stag och strävor .....	127
<b>12 Märkning skyltning 129</b>	
<b>13. Luftledningsrelaterade ebr-publikationer 130</b>	
<b>14. Normativa referenser 131</b>	

# 0. Allmänt

Att konstruera en luftledning är ett komplext och svårt arbete. Luftledningar omfattas av ett stort regelverk och olika fysiska och mekaniska förutsättningar förutom de rent elektriska förutsättningarna. Luftledningshandboken sammanställer viktiga delar av regelverket samt beskriver sammanställda erfarenheter från byggande av luftledningar.

För att på ett bra sätt få förutsättningarna att genomföra konstruktion av luftledningar ur ett mekaniskt hållfasthets hänseende så finns även en utbildning EBR Mekanisk dimensionering att tillgå.

Formler och olika beräkningsexempel redovisas i utbildningen.

Kursen Mekanisk dimensionering ger en djupare vägledning och förståelse till att genomföra beräkningar för luftledningar. På kursen så ges en förståelse för olika förutsättningar och parametrar som påverkar konstruktionen.

Stöd om värden för reglering av linor och viss dimensionering av enstaka spann och stolpar kan erhållas ur dimensioneringsprogrammet **Fribe** som är ett web-baserat beräkningssystem som kan användas som stöd för en del beräkningar. Fribe ger stöd vid enklare beräkningar och dimensionering av enstaka stolpar och spann.



**Allt ingående materiel som en elanläggning uppförs med ska vara samprovat för avsedd funktion.  
Det är viktigt att följa tillverkarens anvisningar och EBRs övriga publikationer vid montage av materiel.**

## 0.1 God elsäkerhetsteknisk praxis

En starkströmsanläggning ska vara utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis så att den ger betryggande säkerhet mot person- eller sakskada på grund av el.

Med god elsäkerhetsteknisk praxis avses tillämpning av föreskrifterna

ELSÄK-FS 2008:1 samt av den praxis i övrigt som har etablerats på elsäkerhetsområdet genom kompletterande standarder eller andra bedömningsgrunder.

Om svensk standard tillämpas som komplement till föreskrifterna anses anläggningen utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis om inget annat visas. Om en anläggnings utförande helt eller delvis avviker från svensk standard ska de bedömningar som ligger till grund för utförandet dokumenteras.

Användning av EBRs anvisningar är att betrakta som branschpraxis.

Innan en ny, ändrad eller utvidgad starkströmsanläggning tas i bruk, ska den kontrolleras så att den uppfyller god elsäkerhetsteknisk praxis. En anläggning anses

som tagen i bruk när den är spänningssatt med sådan spänning, strömstyrka eller frekvens som kan vara farlig för person eller egendom. Detta gäller även om den har spänningssatts tillfälligt till exempel för provdrift.

## 0.2 Starkströmsanläggning utförd enligt tidigare gällande föreskrifter

Vid ombyggnad eller utvidgning av en anläggning ska, oavsett när anläggningen ursprungligen togs i bruk, de nya bestämmelserna tillämpas på ombyggnaden eller utvidgningen.

Undantag gäller dock från följande krav:

- ▶ Kravet i 5 kap 6 § i ELSÄK-FS 2008:1 avseende känslighet hos jordfelsskydd för högspänningssanläggningar utförda som luftledningar med oisolerade ledare för 25 kV nominell spänning. Sådana luftledningar får utvidgas eller byggas om med oisolerade ledare utan att kravet på jordfelsskyddets känslighet ändras.

# 1. Definitioner

## ► **Avgränsningsspann**

Spann som i stolpledning för högst 55 kV konstruktionsspänning avgränsar brottsäker ledningssträcka.

## ► **Avgränsningsstolpar**

I ledningsrikningen ostagade stolpar för högst 55 kV konstruktionsspänning som bär upp ett avgränsningsspann.

## ► **Avstämt, impedansjordat/spoljordat nät**

Nät i vilket nollpunkten är ansluten till jord via en reaktor vars reaktans är sådan att den driftfrekventa, induktiva strömkomponenten genom reaktorn under ett enfasigt jordfel väsentligen kompenseras den driftfrekventa, kapacitativa komponenten av jordslutningsströmmen.

*Anm: Nät vars nollpunkt är ansluten till jord via avstämd nollpunktsreaktor, s.k. Petersén-spole.*

## ► **Belagd ledare, BLL / BLX**

Ledare som belagts med ett skikt isolerande material. Ur personsäkerhetssynpunkt så betraktas en belagd ledare som en obelagd men linorna kan tillåtas att slå ihop varför fas-fasavståndet kan väljas kortare än för blanka ledare.

## ► **Blank ledare**

Ledare utan isolerande beläggning.

## ► **Brottsäker ledning**

Ledning så utförd att de kombinationer av krafter och åverkan, vilka enligt erfarenhet kan väntas uppkomma, inte åstadkommer skada som menligt inverkar på ledningens möjlighet att fylla sin uppgift eller medföra fara för person eller egendom.

Brottsäker ledning kan bestå antingen av en längre sammanhängande ledningssträcka eller, t ex vid korsningar, av något eller några enstaka spann (brottsäker korsning).

## ► **Direktjordat nät**

Ett fördelningssystem där neutralpunkten i systemet är direkt jordad vid strömkällan och där utsatta delar har direkt förbindelse med denna punkt. Nät i vilket systemnollpunkten är ansluten till jord som är tillräckligt låg för att dels reducera transienta svängningsförlopp dels underlätta selektiv jordfelsutlösning.

## ► **Distributionsnät**

Ledningsnät som omfattas av nätkoncession för område.

*Anm. Normalt 0,4 - 24kV.*

## ► **Elchock**

Skadlig verkan som följd av att elektrisk ström passerar genom en människo- eller djurkropp.

### ► **Fyledning**

Ledning bestående av på stolpar eller andra stöd fritt från varandra uppspända ledare jämte tillbehör såsom isolatorer, krokar och reglar.

### ► **Frånskiljare**

En frånskiljare är en mekanisk elkopplare som för säkerhetsändamål öppet läge för varje pol ger ett frånskiljningsavstånd som är betryggande för arbete på den frånskilda elinstallationen.

### ► **Genomgående jordlineskydd**

Jordlineskydd som sträcker sig längs hela ledningen.

### ► **Huvudspänning**

Den elektriska spänningen mellan två ledningsfaser i ett elektriskt trefasssystem.

### ► **Hängkabel**

Kabel avsedd att användas i luftledning och bestående av parter och bärlna i gemensamt hölje.

Exempel Excel, Axlight.

### ► **Hängkabelledning**

Luftledning utförd med hängkabel eller med mantlad kabel med bärlna på stolpar eller andra stöd jämte fästdetaljer. (AKKD, Axlight-H)

### ► **Hängspiralkabel**

Kabel avsedd att användas i luftledning och bestående av parter utan gemensamt hölje med eller utan bärlna. (ALUS, ALUS-D, ACCESS-H)

### ► **Hängspiralkabelledning**

Luftledning med hängspiralkabel på stolpar eller andra stöd jämte fästdetaljer.

### ► **Högspänningsanläggning**

Anläggning för nominell spänning över 1 000 V växelspänning eller över 1 500 V likspänning.

### ► **Högsta driftspänning**

Högsta huvudspänning (effektivvärde) som under normala driftförhållanden uppträder i någon punkt på ledningen. Hit räknas inte transienta överspänningar förorsakade exempelvis av kopplingar, inte heller temporära spänningssändringar beroende på onormala nätförhållanden (såsom feltillstånd eller plötslig bortkoppling av stora belastningar).

### ► **Inledningsskydd**

Jordlineskydd anordnat intill en elektrisk stationsanläggning eller kabelledning och med regel eller isolatorfästen anslutna till jordlineskyddet.

### ► **Isolationshållfasthet**

Förmåga att uthärda dielektrisk påkänning.

### ► **Isolationsnivå**

Märkhållspänningens värde vid korttids växelspänningsprovning, vid stötspänningsprovning med lång stöt eller vid stötspänningsprovning med kort stöt.

### ► **Isolationssammanbrott**

Förlust av den elektriska isolationshållfastheten under inverkan av en påtryckt spänning.

### ► **Isolators krypsträcka**

Den kortaste sträckan eller summan av de kortaste sträckorna längs ytterkonturen av isolatorns isolerande delar räknat mellan de metalldelar mellan vilka isolatorns hela driftspänning normalt finns.

Sträcka över cementerad isolatoryta anses dock inte utgöra del av isolators krypsträcka. Sträcka över isolators halvledande ytskikt betraktas som effektiv krypsträcka.

### ► **Jordelektrod**

Föremål för jordning, förlagda i marken (vattenrörnät, band, linor, rör, plåtar o.d.)

### ► **Jordtag**

Jordtag är en anordning i marken för att få elektrisk kontakt med jord och för att kunna skyddsjorda en anläggning. Jordtag består av jordledare med tillhörande jordelektrod (jordtag), ett nät av linor eller en kombination av linor och jordelektroder. För utförande av jordtag hänvisas till EBR- publikationen K25 "Jordningskonstruktioner ledningsnät och nätnstationer 0,4 – 24 kV".

### ► **Jordledare**

Ledare som ger en ledande väg, eller en del av den ledande vägen, mellan en given punkt i ett system eller i en anläggning eller i en utrustning och en jordelektrod.

### ► **Jordlineskydd**

Överspänningsskydd bestående av jordförbundna, parallellt med friledningens fasledare placerade ledare.

### ► **Kabel (isolerad)**

Isolerad kabel består av

- en eller flera parter (isolerade ledare),
- parternas individuella hölje, om sådant finns,
- utfyllnad, om sådan finns och
- hölje t.ex. fläta, skärm, armering och mantel, om sådant finns.

Ytterligare kan oisolerad ledare ingå i kabel.

### ► **Kombinationsskytt**

Tavla med ett märke som tillsammans med annat märke eller tilläggstext anger förbud eller varning.

### ► Konstruktionsspänning

Högsta huvudspänning (effektivvärde) för vilken anläggning och utrustning är konstruerad med hänsyn till såväl isolation som till andra egenskaper.

Konstruktionsspänning är därmed den högsta driftspänning vid vilken en anläggning, utrustning eller dylikt kan användas.

I denna anvisning betecknas konstruktionsspänning med  $U_m$ .

Anm. 1)  $U_m$  kan vara större än nätets högsta driftspänning eftersom den nominella spänningen här kan avvika upp till 20 % från  $U_m$  ( $U_m = 24 \text{ kV}$  gäller t ex som konstruktionsspänning för både 20 och 22 kV nominell spänning).

**Tabell 1**

Nominell spänning $U_n$ (kV)	Konstruktions-spänning $U_m$ (kV)
10	12
20	24
30	36
45	52
66	72,5

### ► Kortslutningsström

Överström som orsakas av ett fel med försumbar impedans mellan ledande delar, som i normal drift har olika potential.

### ► Ledare

Termen *ledare* används som sammanfattande benämning på spänningsförande och jordade ledare, skiljelinor och dylikt.

Ledare som består av två eller flera linor benämns multipelledare.

### ► Ledning i förstärkt utförande

Ledning för 1–25 kV konstruktionsspänning inom detaljpanelagt område, dimensionerad enligt klass A, försedd med effektivt jordfelsskydd samt utförd med ej trädsäker skogsgata. Skogsgatan ska dock vara fackmässigt utformad och underhållen.

### ► Ledningsgata

Område längs luftledning inom vilket vissa krav på t.ex. avstånd till träd och byggnader måste uppfyllas. I skogsmark utgörs ledningsgata av skogsgata och sidoområden.

### ► Luftledning

Ledare eller kabel ovan mark på stolpar eller andra stöd. Sammanfattande benämning för friledning, hängkabelledning och hängspiralkabelledning.

### ► **Ljusbågsskydd**

Anordning avsedd att förhindra skador från ljusbågar på isolatorer och ledare.

### ► **Lågspänningsanläggning**

Anläggning för nominell spänning upp till och med 1 000 V växelspänning eller upp till och med 1 500 V likspänning.

### ► **Maximitemperatur**

Den högsta temperatur som linan normalt får drivas med.

### ► **Maximal korttidstemperatur**

Temperatur som linan kan få temporärt (några timmar per år) på grund av onormala driftförhållanden.

### ► **Mekanisk ledning**

Avses linbana, skidlift och dylikt

### ► **Märkhållspänning**

Maximal spänning som ledningsisolation ska tåla under viss tid.

### ► **Märkhållspänning vid korttids växelspänningsprovning**

Angivet effektivvärde på hållspänning under provning och angiven tid, vanligen högst 1 min.

Betecknas i denna anvisning med  $U_v$ .

### ► **Nominell spänning**

Spänning efter vilken ett nät benämns eller en anläggning eller del av anläggning är bestämd och till vilken vissa driftstörheter relateras.

De nominella spänningarna finns angivna i Tabell 1.

### ► **Normalspänvidd, $a_n$**

Normalspänvidd är den spänvidd för vilken linberäkningarna genomförs och konstruktionerna dimensioneras för.

### ► **Raklinjestolpe**

Stolpe i rak ledningssträcka eller i ledningssträcka med obetydlig brytning; jfr *vinkelstolpe*.

### ► **Sidoområde**

Område längs luftledning vilket är beläget på ömse sidor om skogsgata och som sträcker sig så långt åt sidorna som träden kan vara farliga för ledningen.

### ► **Skiljekonstruktion**

En vid brottsäker korsning använd skiljelina, -arm, -balk e.d., som har till uppgift att utgöra en synlig gräns mellan en övre, brottsäker ledning och en undre ledning samt att vid arbete på den undre ledningen eller vid andra förhållanden hindra denna att komma i beröring med den övre

### ► **Skogsgata**

Skogsområde längs luftledning, vilket i stort sett kalhuggs.

### ► **Skyddsjord**

Ansluta utsatt del till jord för skydd mot elchock.

### ► **Skärm**

Del som ger skydd mot direkt beröring från varje vanlig tillträdesriktning.

### ► **Spänningstillägg, S**

Spänningsberoende tillägg till avstånd för friledning med högre konstruktionsspänning än 55 kV, innebärande att ledningens minimiavstånd till mark, annan ledning etcetera ökas med  $S$ ,

$S = 0,005 \cdot (U_m - 55)$  m vid direkt jordat system.

$S = 0,007 \cdot (U_m - 55)$  m vid icke direkt jordat system.  $U_m$  = ledningens konstruktionsspänning i kV.

### ► **Spannlängd**

Det horisontella avståndet mellan två närliggande stolpar i en ledning.

### ► **Starkströmsanläggning**

Anläggning för sådan spänning, strömstyrka eller frekvens som kan vara farlig för person, husdjur eller egendom.

### ► **Svagströmsledning**

Ledning för telekommunikation (telefon, telegraf eller radio) eller för signalering, manövrering, mätning eller annat dylikt ändamål, i vilken den elektriska strömmen inte har sådan spänning, strömstyrka eller frekvens som kan vara farlig för person, husdjur eller egendom.

### ► **Stöthållspänning**

Toppvärdet av den stötspänning som ledningsisoleringen ska uthärda utan isolationssammanbrott under för stötspänningsprovning angivna betingelser.

### ► **Systemspänning**

Spänningen mellan de ledare i en anläggning som har den högsta inbördes spänningen. I trefasssystem är systemspänningen lika med huvudspänningen.

### ► **Säkring**

Apparat innehållande smältledare som smälter då strömmen genom den under viss tid överskrider visst värde och som därigenom bryter strömmen och öppnar kretsen i vilken apparaten är insatt.

### ► **Trästräcka**

Avser en stolpes isolationshållfasthet kV/mm.

### ► **Utsatt del**

En för beröring åtkomlig del av elektrisk ledande materiel, som normalt inte är spänningssatt, men som på grund av felförhållanden kan bli spänningssatt.

### ► **Vinkelstolpe**

Stolpe i ledningssträcka med så stor vinkel att särskild konstruktion behövs för att ta upp där uppträdande brytkrafter, jämför raklinjestolpe.

### ► **Åskfelsfrekvens**

Antal åskfel per 100 km ledning och år.

### ► **Åsktäthet**

Antal blixtnedslag per  $\text{km}^2$  och år.

En åsktäthet av ett blixtnedslag per  $\text{km}^2$  och år benämns normal.

### ► **Ändstolpe/slutstolpe**

Stolpe i lednings ändpunkt eller i punkt som avslutar viss sektion av en ledning, till exempel en brotsäker ledningssträcka.

### ► **Överströmsskydd**

Sådana säkringar och elkopplare som påverkas av överström.

*Råd: Överströmsskydd kan tjänstgöra som kortslutningsskydd med huvuduppgift att relativt hastigt bryta strömmen vid kortslutning eller som överlastskydd med huvuduppgift att bryta en av överbelastning förorsakad överström inom en viss, vanligen av strömmens storlek eller temperaturstegetingen beroende tid, eller som både kortslutnings- och överlastskydd*

# 2. Beräkningsgrunder

## 2.1 Allmänt

Ledningar dimensioneras mekaniskt för belastning från egen tyngd samt tillsatslast bestående av islast och vindlast. Av ekonomiska skäl kan inte alla ledningar ges sådan hållfasthet att de klarar varje tänkbar belastning. En lednings styrka avvägs därför efter dess betydelse för kraftförsörjningen och efter den fara som skada på ledningen kan medföra. För att möjliggöra en sådan avvägning anger standarden två ledningsklasser.

Ledningsklass väljs som regel i överensstämmelse med den i avsnitt 2.2 angivna klassificeringen. I speciella fall kan avvikelse från denna klassificering vara befogad. Fordringarna enligt ledningsklass B gäller dock som minimifordringar för alla ledningar.

Klassificeringen enligt standarderna leder till konstruktioner som utan bestående formändring tål de belastningar som normalt förekommer. Beträffande ledning utförd enligt ledningsklass A kan man enligt erfarenhet också förvänta att ledningen förmår uppta sådana exceptionellt höga belastningar som kan uppstå endast någon eller några få gånger under ledningens användningstid.

## 2.2 Ledningsklasser

Ledningar indelas i två klasser, A och B.

### 2.2.1 Klass A

Ledningar dimensionerade för den högre islasten enligt avsnitt 3.3.

Exempel är brotsäkra ledningar, avgränsningsspann och andra ledningar avsedda att ingå i system som används för överföring och fördelning av kraft över hela landet eller som i annat fall är av väsentlig betydelse.

### 2.2.2 Klass B

Med icke brotsäker ledning avses en ledning som ska tåla normalt förekommande belastningar, men som inte dimensionerats för de exceptionella belastningar som kan tänkas inträffa endast någon eller några få gånger under ledningens användningstid.

Ledningar enligt klass B får användas i områden där det inte finns detaljplaneområde, vilket innebär att klass B-ledningar är de vanligaste i landsbygdsnäten.

Ledningar dimensionerade för den lägre islasten enligt avsnitt 3.3. Exempel är distributionsledningar.

## 2.3 Brotsäker ledning och ledning i förstärkt utförande

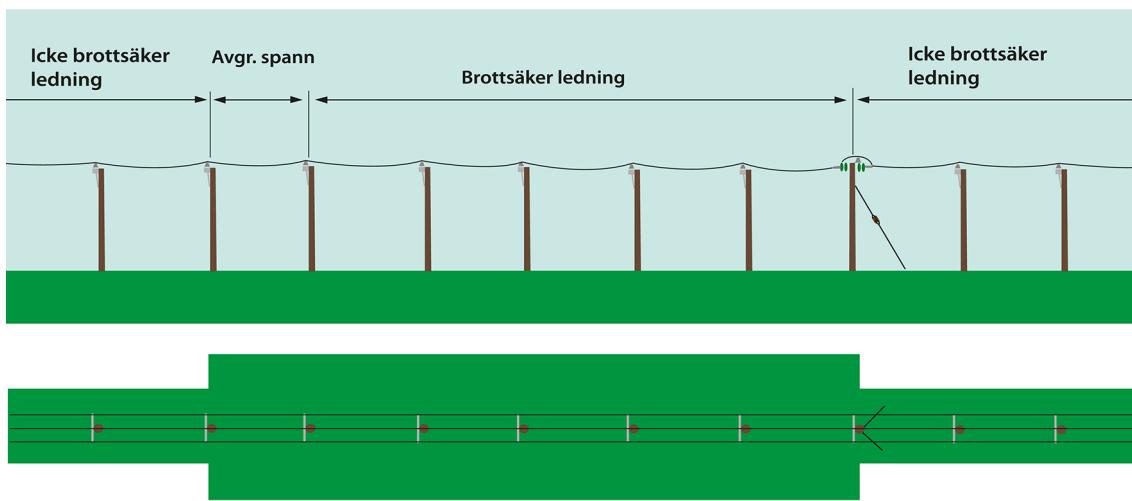
### 2.3.1 Brotsäker ledning

En brotsäker ledning ska vara utförd så att de kombinationer av krafter och åverkan, vilka enligt erfarenhet kan väntas uppkomma, inte åstadkommer skada som menligt inverkar på ledningens möjlighet att fylla sin uppgift eller medför fara för person eller egendom.

Brottsäker ledning kan bestå antingen av en längre sammanhängande ledningssträcka eller, till exempel vid korsningar, av något eller några enstaka spann (brottsäker korsning).

Brottsäker ledning avgränsas av ändstolpar. I trästolpledning med konstruktionsspänning högst 55 kV kan dock ändstolpe i brottsäker ledning ersättas av ett avgränsningsspann. Själva avgränsningsspannet betraktas dock inte som brottsäker ledning.

Brottsäker ledning och avgränsningsspann ska uppfylla fordringarna enligt klass A.



Figur 1 Avgränsningsspann

Brottsäker ledning och avgränsningsspann dras och utformas på sådant sätt att fara för åverkan i möjlig mån förebyggs. Brottsäker ledning och avgränsningsspann får inte dras över eller i farlig närhet av skjutfält, kemiska fabriker som avger för ledningsmaterial skadliga gaser, eller platser där brännbara föremål eller eldfarliga ämnen finns i sådan omfattning att en brand kan innehärra fara för ledningen eller spannet. Inte heller får brottsäker ledning eller avgränsningsspann dras i närheten av byggnad eller konstruktion som är så svag att den inte tål förekommende vindbelastning. Kullfallande träd ska inte kunna eller riskera kunna skada ledningen eller avgränsningsspannet.

Vissa krav ställs på isolatorer, ledare och på ledares infästning till isolator. Se EN50341-2-18.

### 2.3.2 Ledning i förstärkt utförande

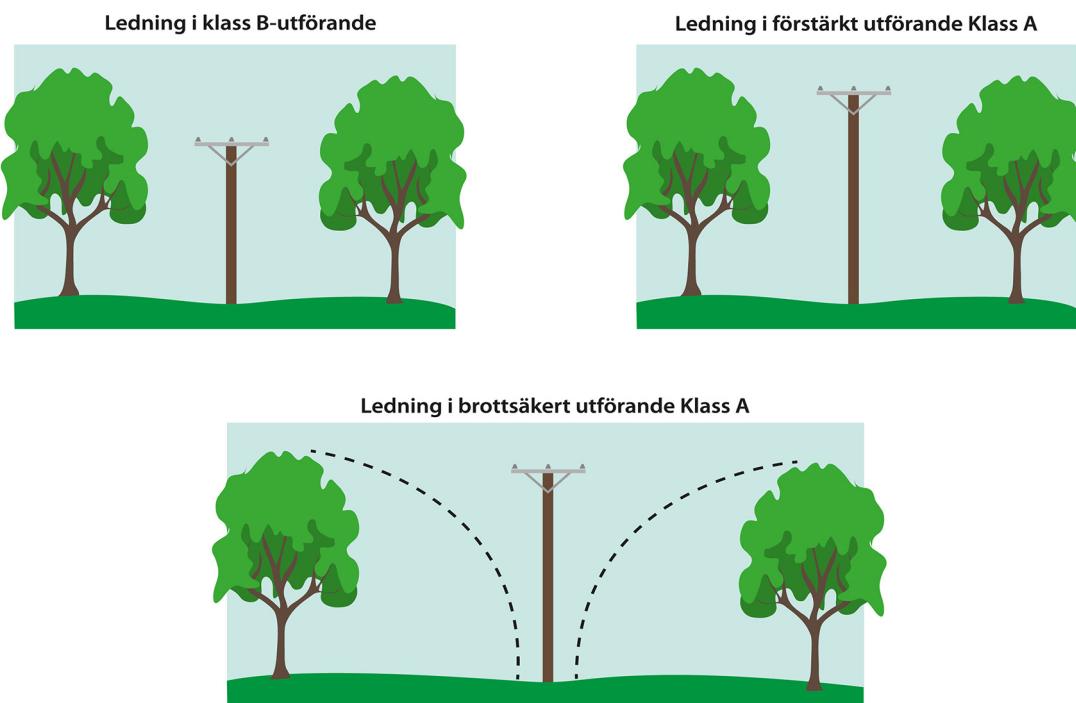
Ledning i förstärkt utförande ska uppfylla kraven för klass A.

Förstärkt utförande är avsett för ledningar med konstruktionsspänning 1–25 kV inom detaljplanelagt område. Till skillnad från brottsäker ledning krävs inte full trädsäkerhet.

Dock krävs att skogsgatan är fackmässigt utformad och underhållen samt att ledningen är försedd med effektivt jordfelsskydd. Avstånd mellan trädstam och ytterfas ska minst vara 3,5 m. Ledningsägaren kan efter särskild utredning medge att stabilt rotat friskt träd i undantagsfall får stå kvar inom skogsgatan om avståndet mellan ytterfas och trädstam är minst 2,0 m.

Kvarstående vegetation i skogsgatan och grenar på träd i skogsgatans kanter får under tiden fram till nästa röjning inte komma närmare fasledare än 1,0 m vid ogynnsammaste läge hos ledaren.

I skogsmark ska minst ett spann utanför gränsen för det detaljplanelagda området vara utfört i förstärkt utförande.



Figur 2 Ledningsklasser

För information om ledningsgatans bredd se avsnitt 4.21.1

## 2.4 Last- och materialfaktorer

Regelverket för mekanisk dimensionering av kraftledningar är idag anpassat efter det sameuropeiska regelverket för byggnadskonstruktioner eurokoderna, EN 1991 till EN 1999. Man har därför fört in lastfaktorer som belastningsvärdena ska multipliceras med och materialfaktorer som hållfasthetsvärdena ska divideras med. Detta för att kunna utnyttja eurokodernas beräkningsmetoder och materialvärden.

Någon fullständig anpassning till byggregelverket är det emellertid inte frågan om

eftersom lastfaktorerna är kalibrerade så att beräkningsresultatet ska bli nära nog detsamma som det äldre svenska standarderna för mekanisk dimensionering av kraftledningar gav.

De materialfaktorer för trästolpar som är angivna i kapitel 6 är också ursprungligen hämtade från de äldre svenska standarderna och också kalibrerade så att resultatet ska bli det samma som gällt i äldre svenska standarder.

Som utgångspunkt används karakteristiska värden på permanenta laster  $G_k$  och variabla laster  $Q_{nk}$ . Lasterna enligt denna anvisning är karakteristiska. Dimensionerande laster erhålls genom multiplikation med lastfaktorer  $\gamma_G$  eller  $\gamma_Q$  enligt avsnitt 3.12.

Den dimensionerande lasteffekten  $E_d$  är

$$E_d = \sum \gamma_G G_k + \sum \gamma_Q Q_{nk}$$

där:

- ▶  $\gamma_G$  lastfaktor för permanent last
- ▶  $G_k$  karakteristisk permanent last
- ▶  $\gamma_Q$  lastfaktor för variabel last
- ▶  $Q_{nk}$  karakteristisk variabel last

Dimensionerande hållfasthet  $R_d$  fås genom att karakteristiska hållfastheten  $R_k$  divideras med materialfaktorn  $\gamma_M$ .

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

där  $\gamma_M$  har olika värde för olika material.  $R_k$  kan vara den hållfasthetsnivå där materialet deformeras permanent eller den hållfasthetsnivå där brott sker.

Den dimensionerande bärformågan  $R_d$  ska vara större än eller lika med den dimensionerande lasteffekten  $E_d$ .

$$E_d \leq R_d$$

## 2.5 Lastkombinationer och belastningsfall

### 2.5.1 Lastkombinationer

Vid beräkning enligt avsnitt 4.16–4.20, 2.5.2 samt 2.7, gäller lastkombination 2, där inte annat anges. Vid beräkning enligt stycke 8.2.3 gäller lastkombination 1 om materialets hållfasthet är beräknat enligt avsnitt 6.

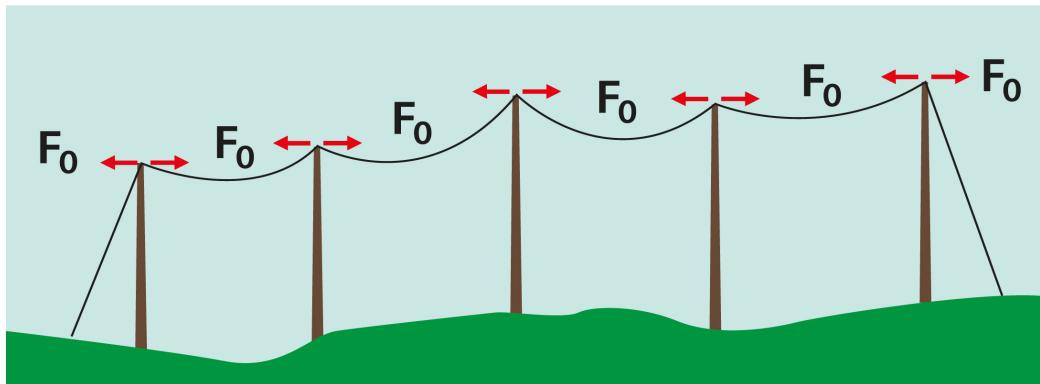
Lastfaktorer för lastkombination 1 och 2 redovisas i tabell 8 i avsnitt 3.12.

### 2.5.2 Belastningsfall

Ledare spänns upp så att dragkraften vid 0 °C ( $F_0$ ) och belastning av enbart egen tyngd blir lika i alla spann mellan två avspänningspunkter. Den mot denna kraft svarande

påkänningen, den så kallade jämviktspåkänningen  $\sigma_0$  avvägs så, att den för materialet dimensionerande hållfastheten (se stycke 3.3) inte överskrider vid ledarens belastning vid 0 °C av egen tyngd och islast vid vindstilla enligt avsnitt 3.3.3.

För hängkabel gäller också att nedhängningen vid jämviktspåkänningen inte ska vara mindre än 2 % av spannlängden.



Figur 3 Jämviktspåkänning

Vidare bör jämviktspåkänningens storlek begränsas med hänsyn till risken för utmattningsbrott i ledare på grund av linvibrationer. Eftersom risken för farliga vibrationer inte endast beror på påkänningens storlek utan även på andra förhållanden såsom terrängens beskaffenhet, ledarinfästningens utförande, spannlängder och förekomsten av vibrationsdämpande anordningar, kan några generella regler för jämviktspåkänningen inte anges.

### 2.5.3 Olika belastningsfall

En ledare kommer med tiden att påverkas av olika krafter såsom tyngdkraft, väder och is.

Efter permanent töjning och krypning vid islast och vindstilla har ledaren förlängt sig vilket innebär att nedhängningen ökat och dragkraften minskat. Man talar därför om belastningsfall före respektive efter töjning.

#### Tabell 2

##### Belastningsfall före töjning:

0° vindstilla	Nollgradsmall
-40° vindstilla	Köldmall (även -30° och -50° på ort)
-20° 1000 N/m <sup>2</sup> vind	Vindbelastningsfall (även -10° och -30°) <sup>1)</sup>
+15° 300 N/m <sup>2</sup> vind	Vindbelastningsfall <sup>1)</sup>
0° islast 1000 N/m <sup>2</sup> vind	Vindbelastningsfall <sup>1)</sup>
0° islast vindstilla	Normalt största dragkraft

<sup>1)</sup> Luftavstånd i stolpar

<sup>2)</sup> Luftavstånd till stolpe mm. i annan ledning samt till Belysningsanläggning

## **Belastningsfall efter töjning:**

0° vindstilla	
0° islast 1000 N/m <sup>2</sup> vind	Vindbelastningsfall <sup>1)</sup>
0° islast vindstilla	Islastmall
+50° vindstilla	Stakningsmall
+120° vindstilla	Kortslutningsmall
+200° vindstilla	Kortslutningsmall
+15° 1000 N/m <sup>2</sup> vind	Vindbelastningsfall <sup>1)</sup>
+15° 300 N/m <sup>2</sup> vind	Vindbelastningsfall <sup>1)</sup>
Lokal islast 10 N/m	Lokal islastmall
+50° 1000 N/m <sup>2</sup> vind	Vindbelastningsfall <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Luftavstånd i stolpar*

<sup>2)</sup> *Luftavstånd till stolpe mm. i annan ledning samt till Belysningsanläggning*

## **2.5.4 Höjd över mark vid mallning**

Minimikraven beträffande avstånd till mark, trafikleder, andra ledningar mm, härför sig alltid till något eller några av ovanstående belastningsfall. Avstånden regleras i ELSÄK FS-2008:1.

De viktigaste avstånden är:

### Avstånd till mark:

Stakningsmall. Även Islastmall och Kortslutningsmall kan bli avgörande, men vid dessa belastningsfall får erforderligt avstånd minskas med 2.0 m, dock gäller särskilda villkor för detaljplanerat område.

### Avstånd till trafikled eller korsande underliggande ledningar:

Stakningsmall, Islastmall eller Lokal Islastmall. Största mallnummer blir utslagsgivande. Även Kortslutningsmallen kan bli avgörande men tillåter att erforderliga avstånd minskas med 2.0 m.

Luftavstånd i stolpar: Vindbelastningsfallen. <sup>1)</sup> tabell 2

Luftavstånd till stolpe med mera i annan ledning samt till Belysningsanläggning:  
Vindbelastningsfall <sup>2)</sup> tabell 2

Avstånd till korsande, överliggande ledning:

Någon av följande kombinationer

Underliggande ledning	Överliggande ledning
Nollgradsmall	Islastmall
Nollgradsmall	Lokal islasmall
Köldmall	Köldmall
Stakningsmall	Stakningsmall
Stakningsmall	Kortslutningsmall
Köldmall	Kortslutningsmall för min temp.

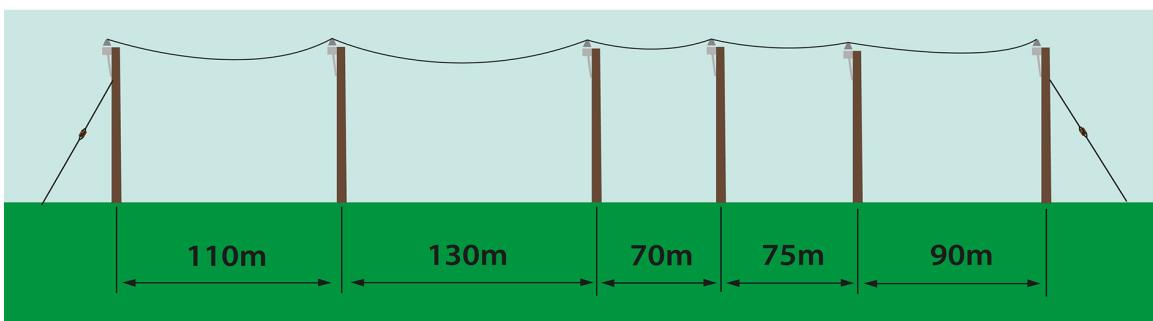
## 2.6 Normalspänvidd $a_n$

Normalspänvidden,  $a_n$ , är den spänvidd för vilken linberäkningarna genomförs och konstruktionerna är dimensionerade för. Varje lina beräknas för olika normalspänvidder inom vissa gränser som bestäms på samma grunder som jämviktspåkänningen. (se 2.5.2)

För en ledning med hängkedjor eller stödisolatorer på trästolpar beräknas ofta

$$a_n = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}} \quad a_n = \sqrt{\frac{a_1^3 + a_2^3 + a_3^3 + \text{osv}}{a_1 + a_2 + a_3 + \text{osv}}}$$

Formel bör även användas vid korta sträckor med stora variationer i spänvidderna.



$$a_n = \sqrt{\frac{110^3 + 130^3 + 70^3 + 75^3 + 90^3}{110 + 130 + 70 + 75 + 90}} \quad a_n = 102.8 \text{ m}$$

Vid dimensionering av EBRs luftledningskonstruktioner kan man för exemplet ovan välja 100 m som normalspannsvärde.

## 2.7 Dimensionerande påkänning

Dimensionerande hållfasthetspåkänning  $f_d$  i ledare för belastningsfall 2 enligt tabell 8 avsnitt 3.12.

- ▶ för ledare av koppar: 320 MPa
- ▶ för ledare av stålaluminium, aluminium, legerat aluminium eller stål: 55 % av beräknad brottgräns enligt gällande linstandard
- ▶ för hängkabel: 50 % av brottgränsen (RTS).

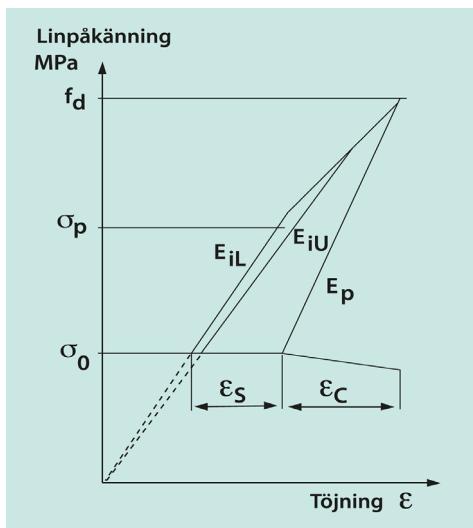
Vid beräkning av ledare av stålaluminium, aluminium, legerat aluminium, koppar eller stål används värden enligt tabell 3, såvida inte anledning till avvikelse kan motiveras genom utförda provningar.

**Tabell 3 (SS-EN50341-2-18 tabell 9.4/SE1)**

Elasticitetsmodul, förlängning på grund av krypning och längdutvidgningskoefficient för ledare

Ledare	Elasticitetsmodul		Högsta på-känning för vilken angivet värde på $E_{IL}$ gäller MPa	Faktor x	Permanent förlängning p.g.a. krypning		Längd-utvidgnings koefficient $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
	Före islast $E_{IL}$ MPa	Efter islast $E_p$			$\varepsilon_c$ 0/00	Motsv. temp. stegring °C	
<b>Aluminium</b>							
7 trådar	47000	61000	60	280	0,8	35	23
19 trådar	45000	60000	60	280	0,8	35	23
37 trådar	43000	58000	60	280	0,8	35	23
61 trådar	40000	56000	60	280	0,8	35	23
<b>Legerat Aluminium</b>							
7 trådar	65000	67000	100	140	0,4	17	23
19 trådar	61000	64000	100	140	0,4	17	23
37 trådar	57000	62000	100	140	0,4	17	23
61 trådar	53000	60000	100	140	0,4	17	23
<b>Stålaluminium</b>							
1 + 6 trådar	59000	80000	135	145	0,3	16	19
7 + 12 trådar	91000	105000	170	75	0,2	13	15
7 + 26 trådar	60000	76000	120	160	0,4	21	19
7 + 32 trådar	74000	83000	150	80	0,3	17	18
7 + 42 trådar	47000	60000	100	145	0,5	24	21
7 + 54 trådar	52000	72000	120	90	0,4	21	19
19 + 54 trådar	51000	71000	120	85	0,4	21	19
<b>Koppar</b>	100000	116000	200	166	0	0	17
<b>Stål</b>							
Fe 140-lina	180000	180000	770	-	0	0	11
Fe 60-lina	163000	180000	330	-	0	0	11

Tabellen gäller normal jämviktspåkänning  $\sigma_0$



Figur 4 Linpåkänning–töjning (SS-EN50341-2-18, fig 9)

Hos linor av stålaluminium, aluminium och legerat aluminium varierar elasticitetsmodulen vid pålastning ( $E_i$ ) inom hela töjningsområdet. Detta beror dels på en materialegenskap hos aluminium och dess legeringar, dels på att vid belastning av en ny lina de olika trådarna och trådtagren lägger sig tätare tillsammans varvid linan får en permanent förlängning.

Det senare förhållandet uppstår också hos linor av koppar och hos Fe 60-linor. Hänsyn till förlängningen har tagits vid bestämning av elasticitetsmodulen  $E_i$ .

Trots ovan nämnda variation i elasticitetsmodul kan linor beräknas med tillräcklig noggrannhet med konstant värde på  $E_{iL}$  upp till den påkänning som anges i tabellen. Vid större värde på påkänningen används det värde på  $E_i$ , kallat  $E_{iU}$ , som bestäms enligt nedanstående formel.

$$E_{iU} = E_{iL} - x(\sigma - \sigma_p) \quad (\text{SS-EN50341-2-18, tabell 9.4/SE1})$$

Efter isbelastning kan elasticitetsmodulen antas ha ett konstant värde  $E_p$ , som gäller både vid avlastning och vid förnyad pålastning.

## 2.8 Regleringstabeller

Jämviktspåkänningen som valts för en ledare anger hur hårt den ska spänna upp vid temperaturen 0°C men eftersom ledarens längd förändras med variationer i temperaturen, måste den spänna hårdare vid lägre temperaturer och lösare vid högre temperaturer än 0°C.

Hur hårt ledaren ska spänna vid olika temperaturer för att jämviktspåkänningen och därmed även beräknade nedhängningar och dragkrafter ska stämma, framgår av regleringstabellerna för den aktuella ledaren som återfinns i Fribe och i EBRs publikationer.

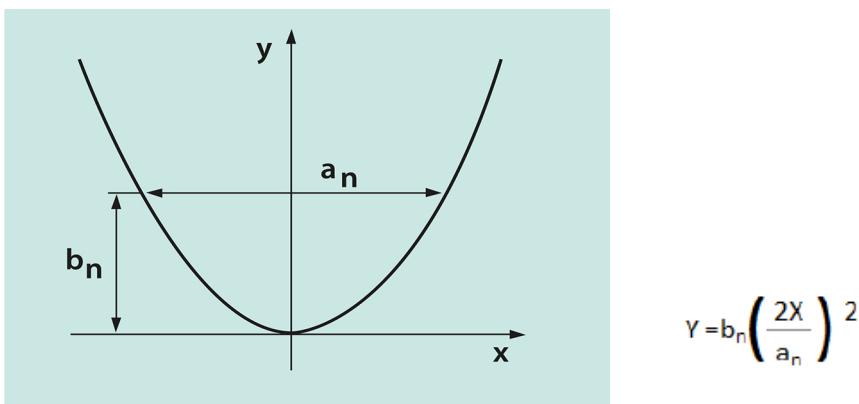
## 2.9 Mallar

För att kunna bedöma stolparnas längder och lämplig placering på linjeprofilen, "stolplacering", kan mallar som visar linbågens form vid olika belastningsfall användas.

Idag använd inte plastmallar särskild ofta. Det har medfört att tillgänglighet till dessa mallar är begränsad. Vid behov kan egna mallar skapas enligt nedan.

Det gäller vid manuell mallning av befintliga ledningsprofiler.

Med utgångspunkt från nedhängning i normalspannet får linbågen formen av en parabel enligt:



Figur 5.

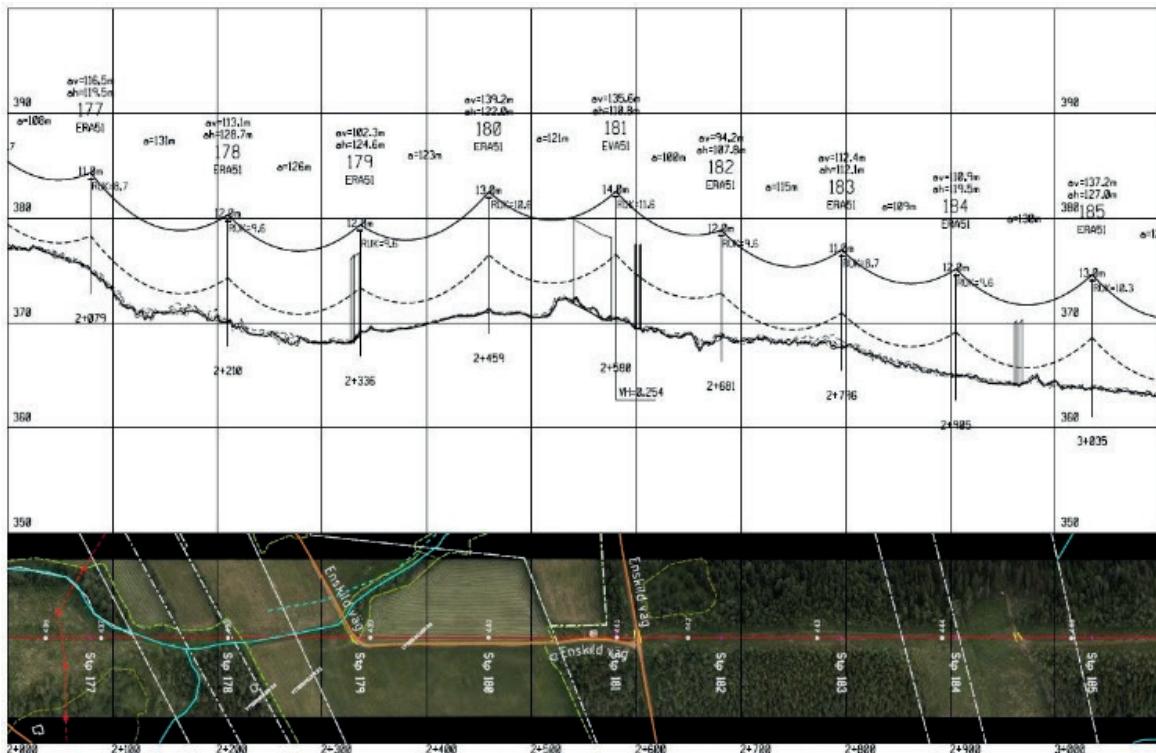
Genom att tillverka en serie mallar med utgångspunkt från nedhängningen i ett 2000 m långt referensspann, kan lämplig mall för i stort sett vilken ledare som helst väljas ur mallserien om nedhängningen i normalspannet är känd. Mallarna i serien numreras med ett mallnummer som motsvarar nedhängningen i 2000 m spannet och beräknas för en viss ledare enligt:

M = mallnummer

$M = b_n (2000 / a_n)^2$        $a_n$  = den aktuella normalspännvidden i meter.

$b_n$  = nedhängningen vid den aktuella normalspännvidden i meter.

Uppritning av linjeprofil, stolplacering och uppritning av linbågar på linjeprofil enligt figuren nedan utförs numera normalt med hjälp av datoriserade system.



Figur 6 Exempel på ledningsprofil

## 2.10 Kortslutningsmall

Kortslutningsströmmar kan ge upphov till högre temperatur och därmed större nedhängningar hos ledaren än normalt.

Vid kortslutning får temperaturen hos ledaren av aluminium 200°C och för ledare av stål 300°C.

I SS-EN60865-1 lämnas anvisningar för beräkning av temperaturstegringen vid olika kortslutningsströmmar och utlösningstider. Med hänsyn till att kortslutningsströmmens storlek avtar ganska snabbt ju längre ut i nätet man kommer, blir det inte ekonomiskt att räkna med högsta tillåtna temperatur överallt utan viss differentiering måste förekomma.

Givetvis ska man räkna med de verkliga värdena. Genom interpolering kan nedhängningen för den aktuella temperaturen beräknas.

## 2.11 Kortslutningsmall vid minimitemperatur

Med kortslutningsmall för mintemp avses minimitemperatur ökad med skillnaden mellan kortslutningstemperatur och maximitemperatur.

Vid kortslutningsfallen får avstånden minska med 2.0 m om korsning sker utan skiljekonstruktion.

För en klass B-ledning med måttliga spänvidder kan stakningsmallen användas även som islastmall eftersom skillnaderna är mycket små. Av samma skäl kan köldmallen användas som nollgradsmall.

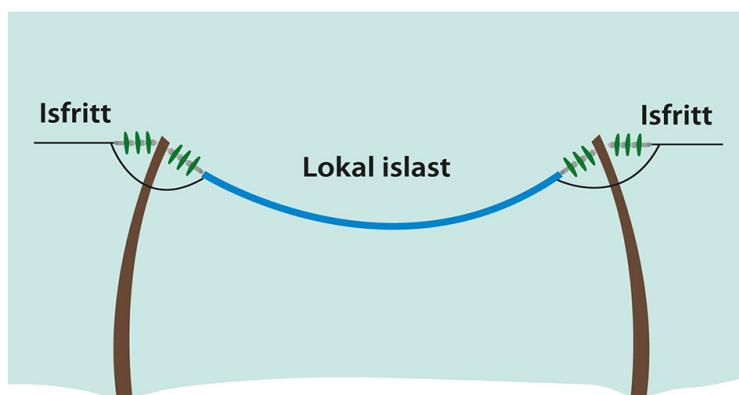
## 2.12 Mall för lokal islast

Med lokal islast menas att endast ett spann är isbelastat medan intilliggande spann är isfria. För landet i allmänhet räknas med en lokal islast av 10 N/m men inom vissa områden kan 20 N/m, 30 N/m eller ännu mer förekomma.

Det är viktigt att ta hänsyn till lokala förhållanden gällande förekommande islast.

Speciellt i stolpar med hängisolatorer innebär lokal islast att nedhängningen ökar avsevärt i det isbelagda spannet eftersom kedjorna svänger ut mot detta samtidigt som även stolparna får en viss utböjning.

Eftersom kedjelängden bidrar till utsvängningens storlek i ledningsriktningen inverkar lokal islast mest i ledningar med långa hängkedjor, det vill säga vid högre spänningar, men även vid 10-45 kV kan lokal islast bli dimensionerande i vissa fall (ogynnsamma spannlängder och långa veka stolpar).



Figur 7 Lokal islast

## 2.13 Kortslutningsdimensionering

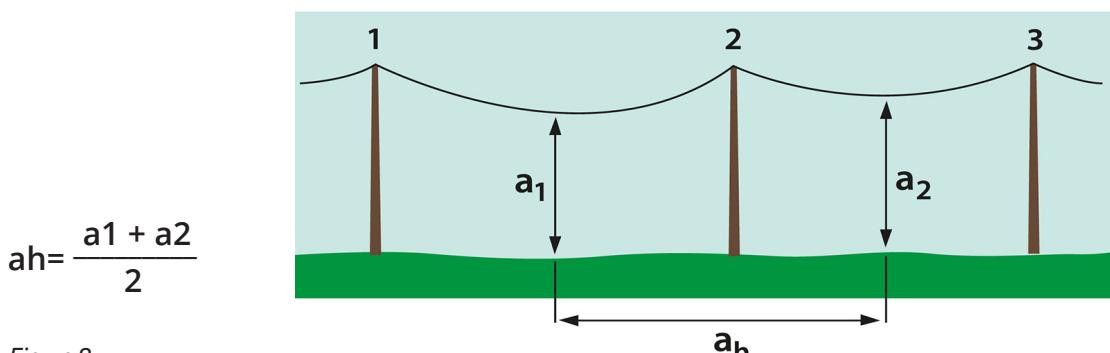
Då kortslutningseffekterna ökar i näten utsätts ledningar och stationer för ökade mekaniska och termiska påkänningar. Detta medför att kortslutningsströmmar i vissa fall kan bli dimensionerande för någon eller några ledningsdetaljer.

Kortslutningsströmmarnas storlek måste därför beaktas vid ny- och ombyggnad. Ökande kortslutningsströmmar kan också medföra ombyggnad av en i övrigt väldimensionerad ledning.

Förhållanden som måste kontrolleras för kortslutning är ledares sluttemperatur, faslinans nedhängning, massiva stödisolatorer vid kortslutningar och i brotsäkra konstruktioner med mera.

## 2.14 Beräkning av horisontalt belastad linlängd $a_h$

En av de faktorer som påverkar dimensionerna på en stolpe är vindlasten på ledarna vinkelrätt mot ledningen.



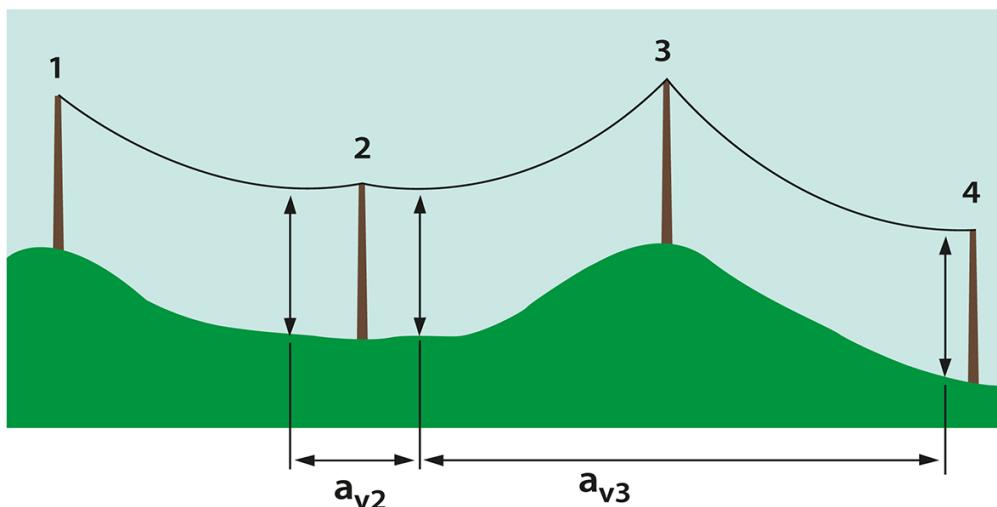
Figur 8

I figuren kommer vindlasten på spann  $a_1$  att belasta stolparna 1 och 2, och vindlasten på spann  $a_2$  att belasta stolparna 2 och 3. Den totala vindlasten på stolpe 2 blir då lika med halva belastningen på spannen  $a_1$  och  $a_2$ .

Eftersom vindlasten verkar horisontalt benämns linlängden  $a_h$ , horisontal belastande linlängd och är alltid lika med medelvärdet av de två angränsande spännvidderna.

## 2.15 Beräkning av vertikalt belastad linlängd $a_v$

En annan viktig faktor vid stolpdimensioneringen är islast på ledarna framförallt gäller detta för isolatorfästena.



Figur 9

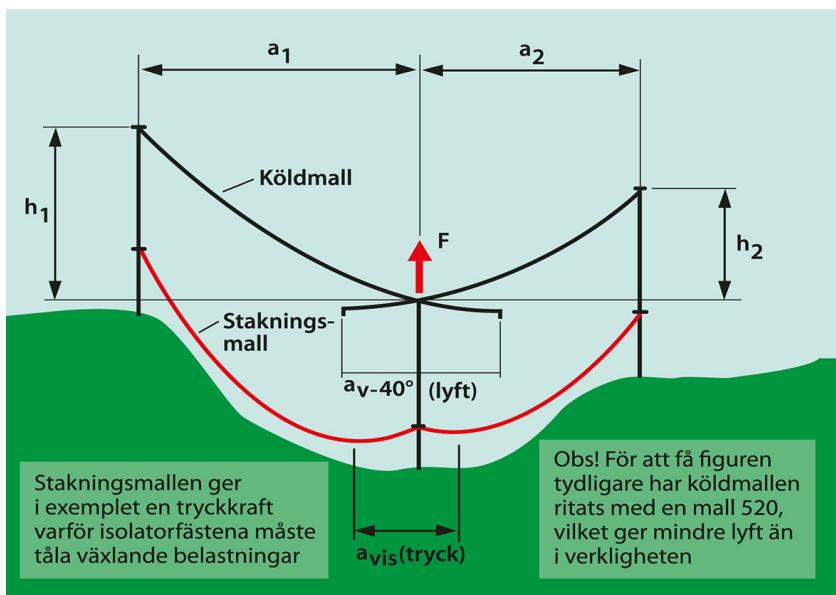
Som framgår av figuren kommer en högt placerad stolpe att belastas med en större tryckkraft än en lågt placerad. Hur hårt varje stolpe belastas blir beroende av avståndet mellan de lägst belägna punkterna (vertex) på linbågarna i de angränsande spannen.

Eftersom belastningen av ledarna med tillhörande tillsatslast verkar vertikalt benämns  $a_v$ , vertikalt belastande linlängd.

Det bör observeras att den vertikalt belastade linlängden varierar med ledarnas nedhängning och därmed är beroende av temperatur och tillsatslaster. Endast i fallet att ledarnas infästningspunkter ligger i samma horisontalplan kommer  $a_v$  att vara konstant oberoende nedhängningen hos ledarna.

I dimensioneringstabellerna för varje stolpkonstruktion måste maximalt tillåtet värde för  $a_v$  vid islast anges. Eftersom stakningsmallen vanligtvis kan ersätta islastmallen har det emellertid ansetts praktiskt att ange ett värde på  $a_v+50$ , dvs. det värde som avläses med hjälp av stakningsmallen.

## 2.16 Beräkning av lyftkraft vid negativt $a_v$



Figur 10

Lyft i en stolpe innebär att  $a_v$  är negativt vilket syns genom att linbågarna lämnar stolpen i riktning uppåt eller att linbågarnas längsta punkter "går förbi varandra" se Figur 10 ovan.

Det största lyftet uppkommer vid kyla och lyftkraften beräknas genom att multiplicera linans egenvikt  $q_e$  med det negativa  $a_v$  som uppmäts för köldmallen.

$$LF = q_e \times a_v - 40$$

I figur 10 ovan är  $a_v = -56$  m och om ledarna är 99 FeAl (i ovanstående figur utläses normalt värdet för  $a_v$ )

$q_e = 3.37$  N/m enligt tabellen nedan vilket ger en lyftkraft:

$$LF = 3.37 \times 56 = 188.72 \text{ N/ledare}$$

De tillåtna lyftkrafterna för EBR konstruktionerna i K30 och K22 är 2000 N/ledare för stödisolator med förformade näjningsspiraler typ L (lyftnaj) och S (vinkel) enligt SS 4241251 och 4000 N/ledare för spänkkedjor.

Om man antar en lyftkraft av 2000 N/ledare för  $62 \text{ mm}^2$  FeAl ledare blir det tillåtna negativa  $a_v = 2000 / 2.12 = 943.4$  m, se figur 10 ovan.

**Tabell 4**

FeAl						AlMgSi					
Ledare	31	62	99	157	234	31	62	99	157	241	
$q_e$ (N/m)	1.06	2.12	3.37	5.36	7.99	0.83	1.68	2.66	4.30	6.52	
<b>Al59</b>											
Ledare	62	99	157	241	329	454	593	774	910		
$q_e$ (N/m)	1.68	2.66	4.30	6.52	8.96	12.40	16.20	21.10	24.80		
<b>BLL FeAl 24kV</b>				<b>BLL AlMgSi 24kV</b>							
Ledare		62	99		99		157	241		329	
$q_e$ (N/m)		3.33	4.94		4.09		6.33	9.03		12.20	

Förekommande värden i ovanstående tabeller har grund ur SS-EN4240811, SS-EN4240812, SS-EN4240813, SS-EN4240814 samt allmänna fordringar ur SS-EN50182. Värden för BLL är hämtade ur tillverkarnas datablad. Viss bearbetning av värden är gjorda för att omvandla standardens värden i kg/km till tabellens N/m.

not. massa/km (kg/km x 9,81)/1000 för att erhålla N/m.

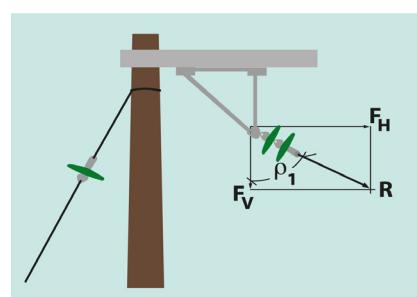
## 2.17 Hängkedjor, min $a_v / a_h$

Vid vindbelastning på ledaren svänger denna ut och hängkedjan får en viss utslagsvinkel som är beroende av förhållandet  $a_v/a_h$  för det aktuella belastningsfallet. Hur stor utslagsvinkel som kan tillåtas är beroende av de minimiavstånd i stolpen som tillåtes enligt gällande standard. För de konstruktioner och linor det här är fråga om blir vanligen belastningsfallets minimitemperatur vid vind avgörande, det vill säga -10°C, -20°C eller -30°C och full vind beroende på vilken ort som avses. Eftersom stakningsmallen, det vill säga (+50°C och egen tyngd), alltid finns tillhands på linjeprofilen, har det ansetts praktiskt att räkna om värdet på  $a_v/a_h$  från minimitemperaturen till +50°C varvid olika värden anges för temperatur-områden -30°C, -40°C eller -50°C, beroende på om -10°C, -20°C eller -30°C varit avgörande.

Hängkedjan i figuren påverkas av krafterna  $F_H$  och  $F_v$ :

- $F_H$  beroende av  $a_h$  och eventuellt brytningsvinkeln  $\beta$ .
- $F_v$  beroende av  $a_v$  och hängkedjans tyngd.

Ju större  $a_h$ , är i det aktuella fallet, desto större av, erfordras för att inte utslagsvinkeln ska bli för stor och därav kravet på ett minsta förhållande  $a_v/a_h$  enligt ovan.

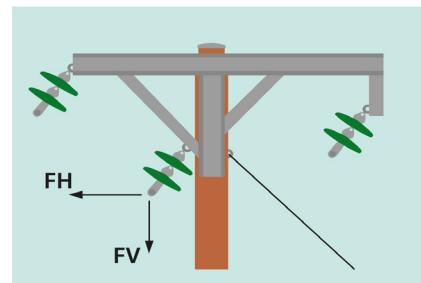
*Figur 11*

## 2.18 Hängkedjor, min brytningsvinkel

I vissa stolpkonstruktioner kan hängkedjan vid liten utslagsvinkel komma för nära stolpen eller annan konstruktionsdel.

Hängkedjan i figuren påverkas av krafterna  $F_H$  och  $F_V$ :

- $F_H$  beroende av brytningsvinkeln och vindkraften mot linlängden  $a_h$ . Om vindkraften är motriktad vinkelkraften kan det finnas risk för att hängkedjan pressas mot stolpen.
- $F_V$  beroende av vertikalt belastande linlängd  $a_v$  och hängkedjans tyngd.

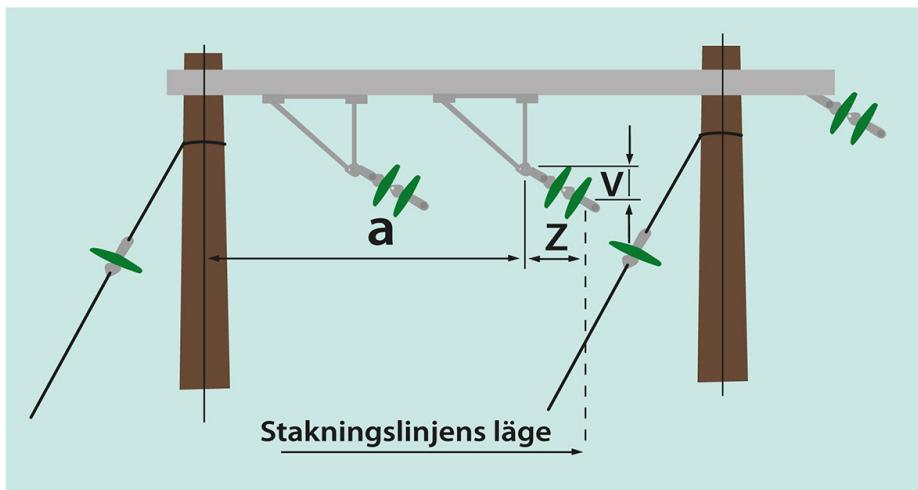


Figur 12

I detta fall kommer både  $a_v$  och  $a_h$  att pressa in kedjan mot stolpen och det krävs därför en minsta brytningsvinkel för att inte avståndet till stolpen ska bli för litet.

## 2.19 Hängkedjor, stakningslinjens läge

Vid vinkelstolpar med hängkedjor måste hänsyn tas till hängkedjornas längd och utsvängning när stolparna ska sättas ut i förhållande till stakningslinjen.



Figur 13

Avståndet  $a$  i figuren erhålls direkt på typladet för stolpen men avståndet  $z$  och  $v$  måste beräknas enligt följande:

$$\blacktriangleright F_H = 2 \cdot F \cdot \sin(\beta / 2)$$

$$\blacktriangleright F_v = a_v \cdot q_e + Q / 2$$

$$\blacktriangleright v = \arctg(F_H / F_v)$$

$$\blacktriangleright z = l \cdot \sin(v)$$

$\blacktriangleright F$  = dragkraften i ledaren vid  $0^\circ$  vindstilla efter töjning (N). "se K15 Linberäkningar".

$\blacktriangleright a_v$  = vertikalt belastande linlängd (m).

$\blacktriangleright \beta$  = brytningsvinkel (grader).

$\blacktriangleright q_e$  = ledaren egenvikt (N/m).

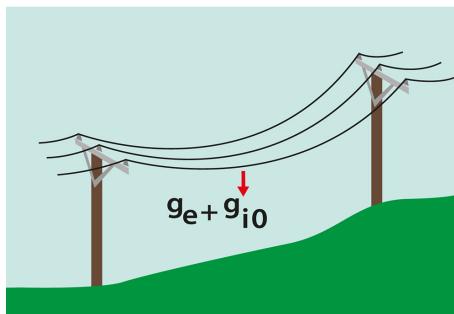
$\blacktriangleright Q$  = hängkedjans tyngd (N).

$\blacktriangleright l$  = hängkedjans längd (m).

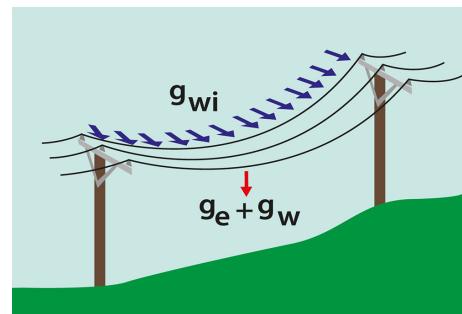
# 3. Laster

## 3.1 Allmänt

Vid beräkning av ledning tas hänsyn till egentyngd samt islast och vindlast. Beträffande temperatur se avsnitt 3.6.



Figur 14 Islast och vindstilla



Figur 15 Islast och vind

- ▶  $g_{i0}$  = Islast vid vindstilla N/m
- ▶  $g_e$  = Linans egentyngd per längdenhet N/m
- ▶  $g_{wi}$  = vindlast på isbelagd ledare N/m
- ▶  $g_w$  = Jämt fördelad islast vid vind N/m

## 3.2 Permanent last

Egentyngd för stolpar, isolatorer och annan fast utrustning samt egentyngden av linorna är permanent last.

## 3.3 Islast

Ilast antas kunna uppträda antingen jämnt fördelad över längre ledningssträckor eller lokalt i enstaka spann.

### 3.3.1 Allmänt

Ilast på ledningar förekommer vanligen i form av rimfrost, dimfrost, is eller snö.

- ▶ Rimfrost kan uppträda över hela landet, oberoende av ledningens geografiska läge och de topografiska förhållandena. Den har låg densitet och är så spröd att den lätt faller av vid vind.
- ▶ Dimfrost bildas av dimma eller moln, företrädesvis i höglänt terräng i Norrland samt vid myrar och öppet vatten. De största mängderna bildas vid en temperatur mellan 0 °C och -5 °C och kraftig vind. Dimfrost har högre densitet än rimfrost och fäster hårdare vid ledare än denna.
- ▶ Is bildas bland annat då underkyllt regn träffar ledare och andra föremål. Is kan uppträda i alla delar av landet, men förekommer på kraftledningar mera sällan än övriga slag av islast.

- Snöbeläggning uppkommer i större mängd huvudsakligen vid temperaturer i närheten av 0 °C.

De olika slagen av islasc kan uppträda antingen var för sig eller, vid snabba väderleksförändringar, i kombination med varandra.

Den största islascen brukar uppträda i hög och öppen terräng samt vid myrar och öppet vatten. Beläggning på ledare med dimfrost, is och snö förekommer ofta i samband med vind. Höjder, även mindre sådana, kan därför ge visst skydd om ledningen förläggs på den sida som är läsida vid den vintertid förhärskande riktningen hos de nederbördsförande vindarna. Skog på vindsidan kan också ge visst skydd mot sådan islasc. Risken för stor islasc minskas om ledningen går parallellt eller nära parallellt med den riktning som de vintertid förhärskande nederbördsförande vindarna har. I skogsområden kan toppbrott på träden ofta ge anvisning om var stor islasc, särskilt av dimfrost och snö, brukar uppträda.

Den på vintertid förhärskande riktningen hos de nederbördsförande vindarna ligger i Norrland inom sektorn nordost-sydost. I fjällområdena medför dock västliga eller nordvästliga vindar ofta avsevärd nederbördsmängd. Vid västkusten ligger riktningen av de nederbördsförande vindarna i regel inom sektorn väst - syd.

### 3.3.2 Jämnt fördelad islasc vid vind

Jämnt fördelad islasc antas kunna förekomma samtidigt på ledarna i samtliga spann såväl vid vind som vid vindstilla. Den antas vara något mindre vid vind än vid vindstilla.

Isbeläggning vid vind antas uppträda kring ledaren som ett cylindriskt hölje med en tjocklek enligt tabell 5. I trakter där enligt erfarenhet tjockare isbeläggning vid vind förekommer på ledningar än som anges i tabell 5, ska hänsyn härtill tas vid beräkning av isens tyngd.

**Tabell 5 (SS-EN50341-2-18, pkt4.6.4)**

#### Ishöljets tjocklek vid vind

Klass	Istjocklek (mm)
A	18
B	7
Hängkabel	10

Vid beräkning av isens tyngd sätts ishöljets yttre diameter lika med ledarens diameter ökad med två gånger ishöljets tjocklek. Den härur erhållna arean minskas med den kring ledaren omskrivna cirkelns area. Isens tyngd antas vara 9000 N/m<sup>3</sup>.

**Tabell 6 (SS-EN50341-2-18, pkt 4.5.2)****Islast vid vind**

Klass	Islast vid vind, $g_{iw}$ (N/m)
A	$\pi \cdot 2,916 + \pi \cdot 0,162 \cdot d$
B	$\pi \cdot 0,441 + \pi \cdot 0,063 \cdot d$
Hängkabel	20

d = ledarens diameter utan isbeläggning i mm

**3.3.3 Islast vid vindstilla**

Islasten vid vindstilla  $g_{io}$  är lika med resulterande tillsatslasten av vind och is enligt formeln nedan.

$$g_{io} = \sqrt{(g_{iw} + g_e)^2 + g_w^2} - g_e$$

Vid ledningsklass A är dock  $g_{io}$  minst lika med 20 N/m på ledare.

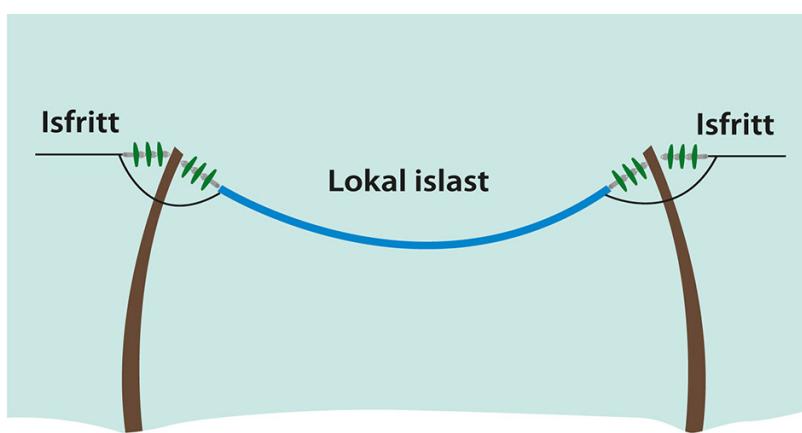
För ledning i trakter där det enligt erfarenhet förekommer tjockare isbeläggning vid vindstilla än vad som anges i tabell 5 ska hänsyn till detta tas vid beräkning av isens tyngd.

För islasc på stolpe tas i allmänhet ingen hänsyn.

### 3.3.4 Lokal islast

Lokal islast antas kunna förekomma i ett enstaka spann, vilket som helst medan omgivande spann är isfria. Det förutsätts att ingen vindlast samtidigt belastar ledningen.

För landet i allmänhet antas den lokala islasten uppgå till 10 N/m på ledare. För ledning inom område där enligt erfarenhet större lokal islast kan uppträda, ska hänsyn till det tas vid beräkningarna. Det har senare år erfarits att lokal islast förekommit i högre utsträckning än tidigare och det är viktigt att särskild hänsyn till detta tas.



Figur 16 Lokal islast

Större lokal islast än 10 N/m på ledare kan enligt hittillsvarande erfarenhet väntas uppträda inom följande områden:

- Mot havet, öppen terräng vid norrländskusten inom en några tiotal km bred zon. I dylig terräng beräknas ledningar av klass A samt korsningar i ledningar av klass B för lokal islast av minst 20 N per m ledare.
- I höglänt terräng i Norrlands inland (ca 400 m över havet eller högre). I sådan terräng beräknas ledningar av klass A samt korsningar i ledningar av klass B för en lokal islast av minst 30 N per m ledare.
- På kalfjället. Den lokala islasten kan här avsevärt överstiga den under a och b nämnda.

Tillräcklig erfarenhet saknas dock för generella anvisningar. Storleken av den lokala islasten får därför bedömas från fall till fall.

Lokala islastfallet används för kontroll av linans avstånd till mark enligt elektriska krav, se kapitel 4. Lokala islastfallet används inte vid dimensionering.

Speciellt i stolpar med hängisolatorer innebär lokal islast att nedhängningen ökar avsevärt i det isbelagda spannet eftersom kedjorna svänger ut mot detta samtidigt som

även stolparna får en viss utböjning.

Eftersom kedjelängden bidrar till utsvägningens storlek i ledningsriktningen inverkar lokal islast mest i ledningar med långa hängkedjor, dvs vid högre spänningar, men även vid 10-52 kV kan lokal islast bli dimensionerande i vissa fall (ogynnsamma spannlängder och långa veka stolpar).

Erfarenheter redovisar viss problematik med linepostisolatorer som tenderar att gå av vid förekomst av lokal islast då islast släpper från spannet. Detta är vanligast förekommande för mittfasen.

### 3.4 Vindlast (Q<sub>w</sub>)

Vindlasten på en yta Q<sub>w</sub> beräknas enligt

$$Q_w = q_p \cdot G \cdot C \cdot A$$

där:

- q<sub>p</sub> är vindtrycket
- G storleksfaktorn, se 3.4.4
- C formfaktorn, se 3,4,5
- A konstruktionsdelens yta vinkelrätt vindriktningen.

#### 3.4.1 Vindtryck (q<sub>p</sub>)

Värdet på vindtrycket q<sub>p</sub> är beroende av höjden h och vindhastigheten. Höjden h, är det vertikala avståndet i meter från marken eller vattenytan till tyngdpunkten hos den för vindtrycket utsatta ytan. För ledning som är dragen över ett brant höjdparti i en för övrigt flack terräng sätts h lika med ledningens största höjd över denna terräng.

Nedanstående värden gäller för landet i allmänhet. I fjällområdena samt på utsatta platser i havsbandet kan ännu större vindtryck uppträda, varför man i dessa fall måste räkna med större värden.

Det finns två värden på vindtrycket. Ett för normalvind och ett för hög vind.

#### 3.4.2 Normalvind

Normalvinden används för kontroll av luftavstånd vid både isfria och isbelagda linor.

Normalvinden används även vid dimensionering och i det fallet så räknas enbart med isbelagda linor.

Normalt vindtryck är

för h ≤ 25 m    q<sub>p</sub> = 500 N/m<sup>2</sup>

för h > 25 m    q<sub>p</sub> = 500 + 6 (h-25) N/m<sup>2</sup>.

Vindytan på stolpe med tillbehör antas i allmänhet inte förändras vid snö- eller isbeläggning.

Vindytan på isbelagd ledare är ledarens diameter ökad med två gånger ishöljets tjocklek enligt tabell 5.

### 3.4.3 Hög vind

Högvinden gäller för isfria linor och används enbart vid dimensionering.

Högt vindtryck är

$$\text{för } h \leq 10 \text{ m} \quad q_p = 800 \text{ N/m}^2$$

$$\text{för } h > 10 \text{ m} \quad q_p = 800 + 6(h-10) \text{ N/m}^2.$$

### 3.4.4 Storleksfaktorn (G)

För ledare i spann så gäller  $G = 0,5$  och för slackar gäller  $G = 1,0$  eftersom långa spann inte i sin helhet blir påverkade av en vindby. För stolpar så är  $G = 1,0$ .

### 3.4.5 Formfaktorer (C)

Tabell 7

Objekt	Form-faktor C
Isfri och isbelagd ledare	1,0
Generellt för kantiga konstruktioner	2,0
För stolpar med slät yta och	
kvadratiskt tvärsnitt	1,8
sexkantigt tvärsnitt	1,4
åtta eller tiosidigt tvärsnitt	1,2
tolvsidigt tvärsnitt	1,0
sextonsidigt eller cirkulärt tvärsnitt	0,7
Naturvuxen trästolpe	0,9

För isolatorkedjor är

$$G \cdot C \cdot A = 0,16 \cdot L (\text{m}^2)$$

där L är isolatorkedjans längd i meter.

## 3.5 Bygg- och underhållslaster

Samtliga stolpar ska ha sådan hållfasthet och monteras på sådant sätt att de inte permanent formändras när ledningen byggs.

### 3.5.1 Last från montör

Delar av stolpar som det är möjligt att kliva på ska ocksåstå en på ogynnsammaste sätt pålagd vertikal tillsatslast av 1 kN (motsvarande tyngden av en montör med verktyg).

## 3.6 Temperatur

### 3.6.1 Minimitemperatur på ledare

Minimitemperaturen ska anses vara:

- a) vid vindstilla lägst -50 °C och högst -25 °C beroende på ortens läge
- b) vid vind 20 °C högre än enligt a)
- c) för hängkabel antas minimitemperaturen vara -40 °C vid vindstilla.

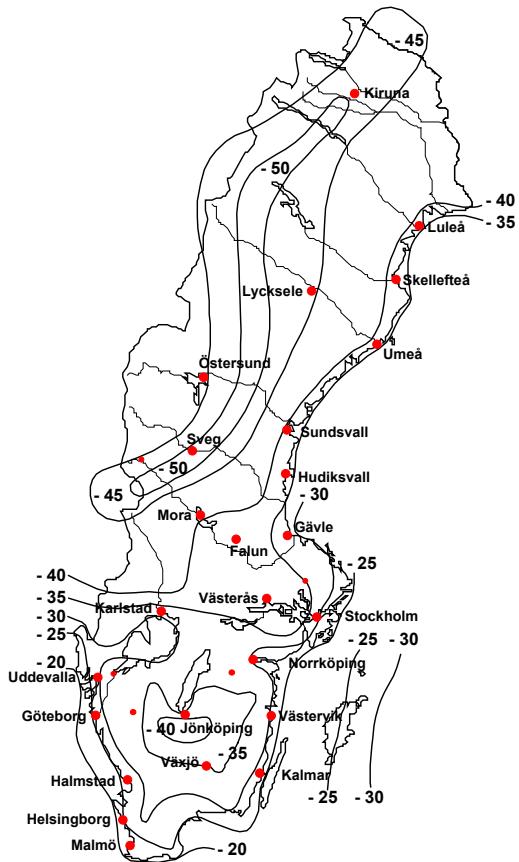
### 3.6.2 Maximitemperatur på ledare

Maximitemperatur på ledare, ska, oberoende av ortens läge, anses vara

- a) vid vindstilla minst +50 °C  
då har antagits att ledaren till följd av luftens värme och solstrålning uppvärms till högst +35 °C och att samtidigt temperaturstegringen genom den elektriska strömmens inverkan inte väsentligt överstiger 15 °C. Vintertid, då lufttemperaturen är låg och solstrålningen liten, kan ledningens elektriska belastning tillåtas vara större än på sommaren, dock inte större än att ledarens temperatur inte överstiger den för ledningen gällande maximitemperaturen.
- b) vid vind +15 °C  
för hängkabel antas maximitemperaturen vara +65 °C om inget annat anges av kabeltillverkaren.

### 3.6.3 Temperatur vid islast

Då islast förekommer anses temperaturen vara 0 °C.



Figur 17 Karta med isotermer för minimitemperatur i °C, (SS-EN50341-2-18)

### 3.6.4 Temperatur hos ledare vid kortslutning

Med temperatur hos ledare vid kortslutning avses den högsta temperatur som ledaren kortvarigt kan anta vid en kortslutning, om ledaren omedelbart före kortslutningen har maximitemperatur enligt stycke 3.6.2.

Temperaturen hos ledare vid kortslutning beror av ledarens material och area, feltiden och kortslutningsströmmens storlek, som i sin tur beror av felläget. Med feltid menas maximal effektiv feltid, som exempelvis för 70–400 kV ledningar är mellan 0,5 och 1 s beroende bland annat på reläskyddens utformning.

Beträffande högsta tillåtna temperatur hos olika typer av ledare vid kortslutning, se under avsnitt 8.1.

Beträffande ledares höjd över mark med mera och vertikalt avstånd i korsningar vid kortslutning, se avsnitt 4.16 och 4.17.

## 3.7 Belastningsfall

Stolpe och dess delar beräknas enligt nedan. Därvid kan islast på stolpe i allmänhet försummas. Stolpar som är avsedda för mer än en ledning ska beräknas med det antal ledningar upplagda som är ogynnsammast för varje enskild stolpdel.

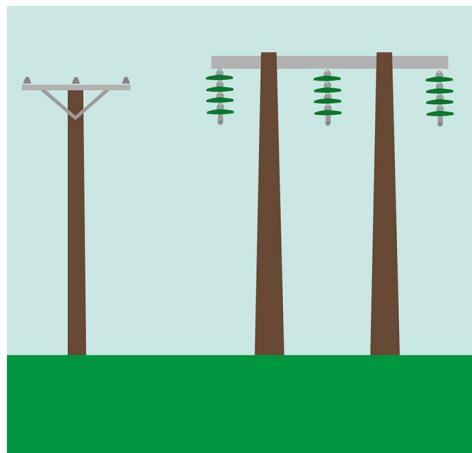
### 3.7.1 Allmänt

Lasterna som refereras i belastningsfallen är karakteristiska lastvärden och ska multipliceras med en lastfaktor  $y_g$  eller  $y_q$ . Varje belastningfall kan förekomma i två lastkombinationer enligt tabell 8 eller 9 i avsnitt 3.12.

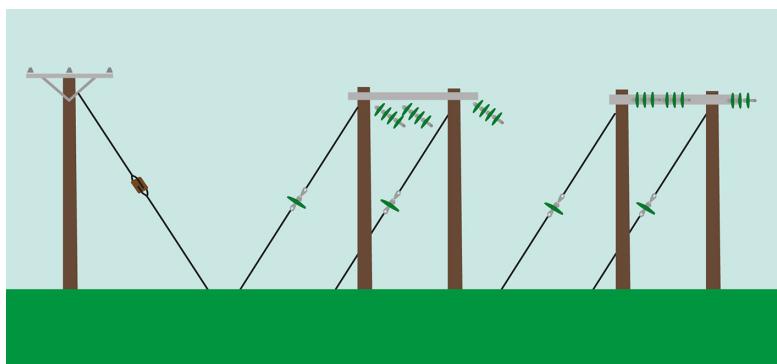
I lastkombination med flera variabla laster betraktas dessa som samverkande med oreducerat lastvärde och samma värde på lastfaktorn.

Numreringen av lastfallen kommer från europastandarden SS-EN 50341-1. Därför finns det glapp i numreringen för vissa stolptyper.

## 3.8 Raklinje- och vinkelstolpe



Figur 18 Raklinjestolpar



Figur 19 Vinkelstolpar

Påverkande krafter vid de olika belastningsfallen är följande:

### **3.8.1 Belastningsfall 1a. vind utan islast**

- ▶ Egen tyngd.
- ▶ Vindlast på ledarna och på stolpen med tillbehör enligt avsnitt 3.4.3 Förlidare 0 °C före krypning.
- ▶ Naturvuxna trästolpar behöver inte beräknas för detta belastningsfall.

### **3.8.2 Belastningsfall 2a. islast utan vind**

- ▶ Egen tyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vindstilla enligt avsnitt 3.3.3.
- ▶ En på ogynnsammaste sätt pålagd vertikal tillsatslast av 1 kN (motsvarande tyngden av en montör med verktyg). Isolatorkrokar behöver inte beräknas för denna tillsatslast, inte heller stolpdelar som ej kan belastas av en montör.

### **3.8.3 Belastningsfall 3. Islast och samtidig vind**

- ▶ Egen tyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vind enligt avsnitt 3.3.2.
- ▶ Vindlast på ledarna och på stolpen med tillbehör enligt avsnitt 3.4.2.

### **3.8.4 Belastningsfall 4 minimitemperatur**

Detta lastfall brukar inte beaktas för stolpar.

### **3.8.5 Belastningsfall 5a ensidigt bortfall av dragkraft i linjeriktningen**

Generellt gäller

- ▶ Egen tyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vindstilla enligt avsnitt 3.3.3.
- ▶ Ensidigt bortfall av viss del av dragkraften i en ledare enligt följande:

Vid fast avspänd ledare (t ex i spänkkedja, på stödisolator eller i jordlinjefäste) räknas med ensidigt bortfall av 60 % av dragkraften i en lina, och vid rörligt upplagd ledare (t ex i hängkedja) räknas med ensidigt bortfall av 30 % av dragkraften i en lina. I stolpe anses ensidigt bortfall av dragkraften i ledare inträffa endast i en lina, oberoende av antalet ledningar i stolpen och antalet linor per ledare. Bortfall av dragkraft i ledare antas inträffa i den för varje stolpdel ogynnsammaste ledaren. Stagande inverkan från övriga ledare medräknas inte.

Vid detta belastningsfall får reglar och isolatorfästen permanent formändras, dock inte mer än att avståndet från ledare till stolpe är tillräckligt för provisorisk drift.

## Alternativ

Stolpe får beräknas enligt följande alternativ:

- ▶ Egen tyngd.
- ▶ 100 % bortfall av dragkraft i ogynnsammaste ledare vid isfria linor, linteratur 0 °C, vindstilla och före islast och krypning. Vid beräkning av krafter i linjerikningen får, utom i korsningar, antas att omgivande spann är lika med ledningens normalspann. Hänsyn får härvid tas till konstruktionens utböjning, isolatorutvägning och övriga ledares stagande inverkan. Vid multipelkedare räknas med bortfall av samtliga linor i en fas. Beräkning av dragkraft görs utan några lastfaktorer. Den sluttgiltiga dragkraften ska multipliceras med lastfaktor enligt tabell 8 eller 9, avsnitt 3.12.

## Undantag

Naturvuxna trästolpar och deras delar samt stolpar i ledning klass B behöver inte beräknas för belastningsfall 5a. Inte heller hängisolatorkedjor och stödisolatorer behöver beräknas för detta belastningsfall.

### 3.8.6 Belastningsfall 6a. Bygg- och underhållslast

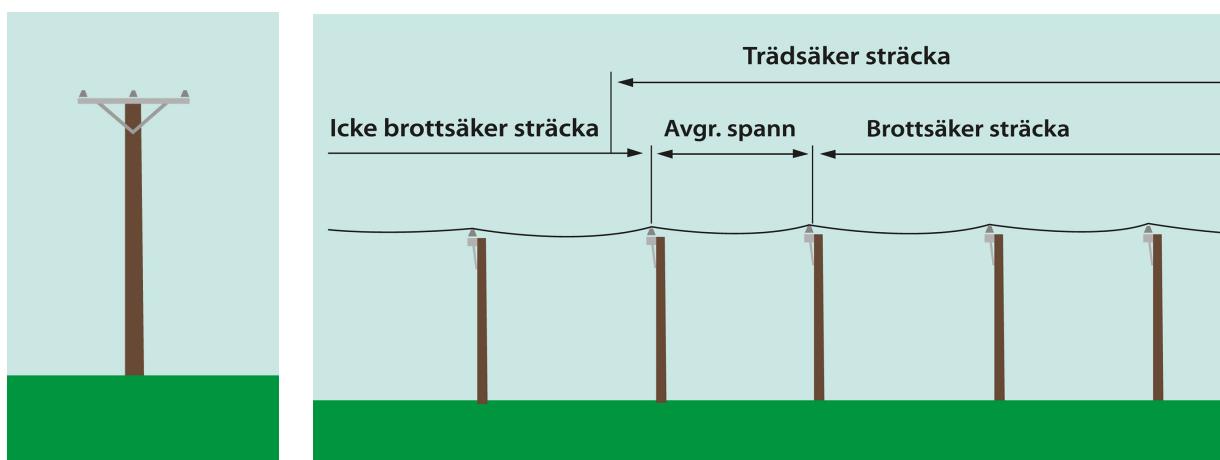
Enligt 3.5.

### 3.8.7 Belastningsfall 6b. Last från montör

Se 3.5.1.

## 3.9 Avgränsningsstolpe

I linjerikningen ostagade stolpar för högst 55 kV som bär upp ett avgränsningsspann.



Figur 20 Avgränsningsstolpe

Påverkande krafter vid de olika belastningsfallen är följande:

### **3.9.1 Belastningsfall 2a. Islast utan vind**

- ▶ Egentyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vindstilla enligt avsnitt 3.3.3.
- ▶ En på ogynnsammaste sätt pålagd vertikal tillsatslast av 1 kN (motsvarande tyngden av en montör med verktyg). Stolpdeler som inte kan belastas av en montör behöver ej beräknas för denna tillsatslast.

### **3.9.2 Belastningsfall 3. Islast och samtidig vind**

- ▶ Egentyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vind enligt avsnitt 3.3.2.
- ▶ Vindlast på ledarna och på stolpen med tillbehör enligt avsnitt 3.4.2.

### **3.9.3 Belastningsfall 5b. Ensidigt bortfall av dragkraft i linjeriktningen**

- ▶ Egentyngd.
- ▶ Stolpe beräknas för bortfall av 100 % dragkraft i samtliga ledare vid 0 °C och isfria linor före islasc och krypning. Hänsyn får då tas till konstruktionens utböjning. Vid detta belastningsfall tillåts större påkänningar än normalt enligt avsnitt 6.2.2. Ledarnas nedhängning tillåts vid detta belastningsfall vara enligt de regler som gäller vid kortslutning enligt kapitel 4.

Vid detta belastningsfall får reglar och isolatorfästen permanent formändras, dock inte mer än att avståndet från ledare till stolpe är tillräckligt för provisorisk drift.

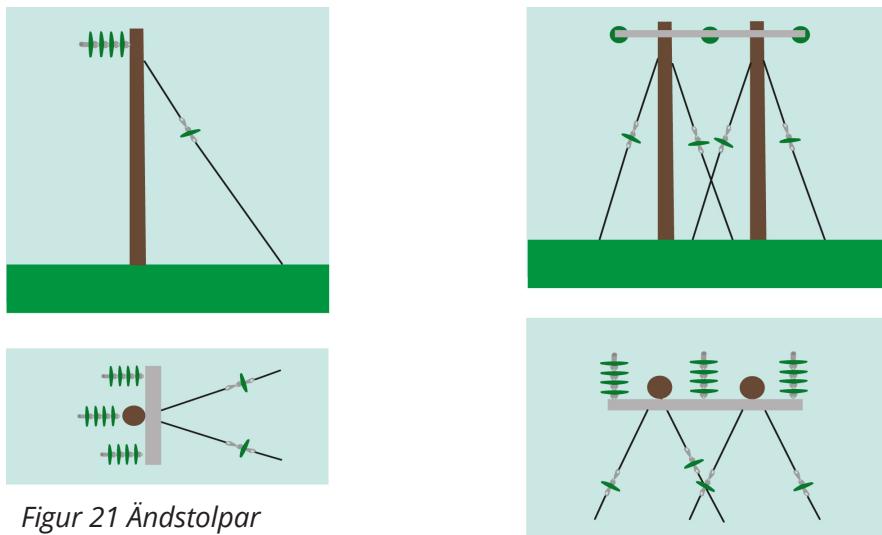
### **3.9.4 Belastningsfall 6a. Bygg- och underhållslast**

Enligt 3.5.

### **3.9.5 Belastningsfall 6b. Last från montör**

Se 3.5.1.

### 3.10 Ändstolpe



Påverkande krafter vid de olika belastningsfallen är följande:

#### 3.10.1 Belastningsfall 1a. vind utan islast

- ▶ Egentyngd.
- ▶ Vindlast på ledarna och på stolpen med tillbehör enligt avsnitt 3.4.3. För ledare  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  före krypning.
- ▶ Dragkraft från samtliga ledare eller dragkraft från samtliga ledare på en sida av stolpen, beroende på vilket alternativ som ger den största påkänningen.

Detta belastningsfall gäller inte för naturvuxna trästolpar.

#### 3.10.2 Belastningsfall 2a. Islast utan vind

- ▶ Egentyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vindstilla enligt avsnitt 3.3.3.
- ▶ Dragkraft från samtliga ledare på en sida av stolpen. Ändstolpe som avgränsar brottsäker ledning ska sålunda vid detta belastningsfall beräknas för ensidiga dragkrafter från samtliga ledare som ingår i den brottsäkra ledningen. Ändstolpe framför ställverk ska beräknas för ensidiga dragkrafter från samtliga ledare i den utgående ledningen, men det rekommenderas att även kontrollberäkna stolpen för ensidiga dragkrafter från samtliga ledare mellan ändstolpen och ställverket.
- ▶ En på ogynnsammaste sätt pålagd vertikal tillsatslast av  $1\text{ kN}$  (motsvarande tyngden av en montör med verktyg). Isolatorkrokor behöver inte beräknas för denna tillsatslast, inte heller stolpdelar som inte kan belastas av en montör.

### **3.10.3 Belastningsfall 3. Islast och samtidig vind**

- ▶ Egentyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vind enligt avsnitt 3.3.2.
- ▶ Vindlast på ledarna och på stolpen med tillbehör enligt avsnitt 3.4.2.
- ▶ Dragkraft från samtliga ledare eller dragkraft från samtliga ledare på en sida av stolpen, beroende på vilket alternativ som ger den största påkänningen.

### **3.10.4 Belastningsfall 5a. Islast utan vind och bortfall av dragkraft i linjeriktningen**

- ▶ Egentyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vindstilla enligt avsnitt 3.3.3.
- ▶ Dragkraft från samtliga ledare vid bortfall av 60 % av dragkraften i vissa ledare enligt följande:
  - ▶ Vid ledning klass B räknas med ensidigt bortfall av 60 % av dragkraften i en ledare i för varje stolpdel ogynnsammaste läge, och vid ledning klass A räknas med ensidigt bortfall av 60 % av dragkraften i det antal ledare och i de kombinationer som är ogynnsammast.

Vid detta belastningsfall får reglar och isolatorfästen permanent formändras, dock inte mer än att avståndet från ledare till stolpe är tillräckligt för provisorisk drift.

### **3.10.5 Belastningsfall 6a Bygg- och underhållslast**

Enligt avsnitt 3.5.

### **3.10.6 Belastningsfall 6b Last från montör**

Se avsnitt 3.5.1.

## **3.11 Hängkabelledningar**

### **3.11.1 Belastningsfall 3. Islast och samtidig vind**

- ▶ Egentyngd.
- ▶ Islast på ledarna vid vind enligt avsnitt 3.3.2.
- ▶ Vindlast på ledarna och på stolpen med tillbehör enligt avsnitt 3.4.2.

### **3.11.2 Belastningsfall 4 Minimitemperatur**

Detta lastfall brukar i allmänhet inte beaktas för stolpar utan bara för ledare.

- ▶ Egentyngd för ledarna.
- ▶ Minimitemperatur enligt 3.6.1.

### 3.11.3 Belastningsfall 6a. Bygg- och underhållslast

Enligt avsnitt 3.5.

### 3.11.4 Belastningsfall 6b. Last från montör

Enligt avsnitt 3.5.1.

## 3.12 Lastfaktorer

Lasterna i avsnitt 3.2 till 3.6 är karakteristiska värden som ska multipliceras med lastfaktorer. Värden för lastfaktorer framgår av nedanstående tabell.

**Tabell 8**

Lastfaktorer  $\gamma_G$  och  $\gamma_Q$  i lastkombination 1 och 2

Last	Symbol	Lastkombination	
		1	2
<b>Permanent last:</b>			
Egentyngd av isolatorer, stolpar, fundament, jord och grundvatten	$\gamma_G$	1,0	1,0
Egentyngd av ledare	$\gamma_G$	1,1	1,0
Linpåkänning vid noll grader, $\sigma_0$	$\gamma_G$	1,1	1,0
<b>Variabel last:</b>			
Vind-, is- och tillsatslast	$\gamma_Q$	1,43	1,0
Resterande dragkraft efter 100 % linbortfall enligt alternativ beräkning av ensidigt bortfall av dragkraft	$\gamma_Q$	1,43	1,0
Andel av linpåkänning över $\sigma_0'$ t ex $\sigma_{is} - \sigma_0$	$\gamma_Q$	1,43	1,0
Dynamiska bygg- och underhållslaster t.ex. lindragningslaster och dynamiska laster vid transport	$\gamma_G$	1,8	1,3

Lastkombination 1 används vid dimensionering av stolpar, stag och fundament.

Lastkombination 2 används vid dimensionering av ledare och isolatorer. Lastkombination 2 används också vid kontroll av avstånd, deformationer och sprickor i betong.

**Tabell 9****Lastfaktorer  $\gamma_G$  och  $\gamma_Q$  vid stagbrott**

Last	Symbol	Lastkombination 1
<b>Permanent last:</b>		
Egentyngd av isolatorer, stolpar, fundament, jord och grundvatten	$\gamma_G$	1,0
Egentyngd av ledare	$\gamma_G$	1,1
Linpåkänning vid +15 °C <sup>1)</sup>	$\gamma_G$	1,1
Variabel last: Vindlast	$\gamma_Q$	1,43
Skillnad i linpåkänning vid vindstilla och vid vindlast vid temperaturen +15 °C <sup>1)</sup>	$\gamma_Q$	1,43

1) *Vindstilla och isfritt efter islast och krypning*

# 4 Elektriska krav

## 4.1 Omfattning

Detta kapitel anger standardiserade isolationsnivåer för elektriska starkströmsfriledningar för växelström. Den innehåller även anvisningar för val av isolationsnivå vid given konstruktionsspänning samt praktisk tillämpning på olika typer av friledningar.

Anvisningen är avsedd att tillämpas på friledningar huvudsakligen i trakter med normal lufttrenhet. Isolation för friledningar i områden med hög halt av luftföroreringar berörs i avsnitt 4.5.

## 4.2 Grunder

Isolationsnivåerna har valts så att lämplig ekonomisk avvägning erhålls mellan friledningarnas driftsäkerhet och kostnaderna för isolationen.

Friledningarnas driftsäkerhet beror i hög grad av hållfastheten mot överspänningar. Av ekonomiska skäl kan isolationsnivåerna inte väljas så, att isolationssammanbrott förhindras vid alla överspänningar.

Isolationsnivåerna är även anpassade till sättet för ledningsnätens jordning av nollpunkterna. Ledningarna hänförs då till nät med isolerad eller spoljordad nollpunkt.

De angivna isolationsnivåerna ger lämplig säkerhet även om isolationshållfastheten nedsätts, t.ex. genom den nedsmutsning av isolator som förekommer under normala betingelser eller genom att enstaka isolatorelement i en isolatorkedja är genomslagna.

Luftavstånd mellan fasledare och jordad, elektriskt ledande del i stolpe har valts så, att god driftsäkerhet erhålls vid normala kombinationer av överspänning, vindstyrka och temperatur. Att räkna med att de högsta överspänningarna inträffar samtidigt som fasledarna intar det ogynnsammaste läget vid största vindstyrkan och ogynnsammaste temperaturförhållanden ger en oekonomisk konstruktion. Erfarenheten har visat att den högsta vindhastigheten vid åska sällan är mer än hälften av vad den kan vara under andra förhållanden.

Friledningarnas isolationsnivåer har fastlagts oberoende av isolationsnivåerna för anslutna stationsanläggningar.

Anvisningar lämnas dock beträffande utförande av inledningsskydd, även om dessa i första hand avses för skydd av stationsanläggningarna.

## 4.3 Isolationsnivåer

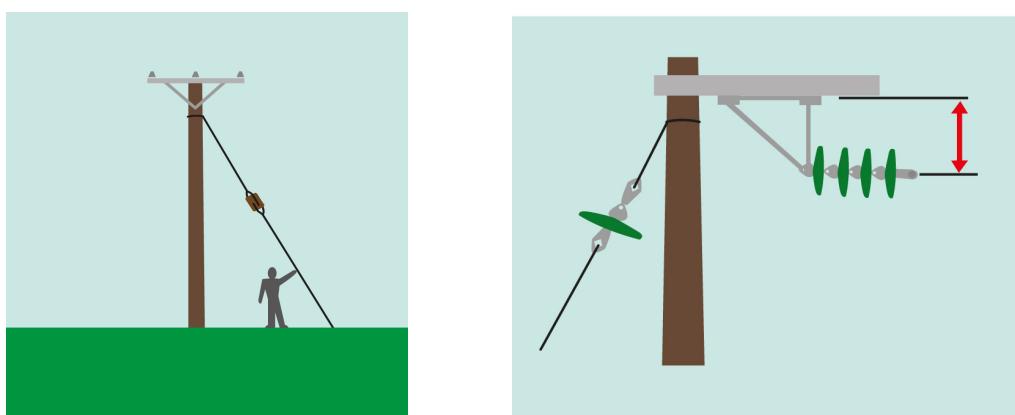
**Tabell 10**

Standardiserade isolationsnivåer för  $U_m \leq 52$  kV

Konstruktions-spänning $U_m$ (kV)	Märkhållspänning vid kort stöt $U_{SK}$ (kV <sub>toppvärde</sub> )	Märkhållspänning vid korttids växelspänningsprovning $U_v$ (kV <sub>effektivvärde</sub> )
12	75	28
24	125	50
36	170	70
52	250	95 <sup>1)</sup>

*Kan i vissa fall tillämpas även om den högsta driftspänningen uppgår till men inte överstiger 55 kV*

Tillräcklig isolationshållfasthet kan åstadkommas med isolatorer, trästräckor och luftsträckor. För ledningen tillräcklig märkhållspänning vid korttids växelspänningsprovning ska uppnås av fasisolatorerna enbart. För att uppnå tillräcklig märkhållspänning vid kort stöt får även annan isolering såsom stagisolatorer och trä i stolpar och reglar utnyttjas.



*Figur 22 Isolation*

Åskfelsfrekvensen för friledningar för 52 kV och lägre konstruktionsspänning är starkt beroende av isolationshållfastheten vid spänningssstöt. Det är därför möjligt att genom val av olika isolationshållfasthet erhålla ledningar med olika åskfelsfrekvens vid samma åsktäthet.

I tabell 10 angivna värden avser hållspänning fas-jord. Med hänsyn till den extra påkänning som isoleringen mellan faserna utsätts för om driftspänningen i en fas är i

motfas till överspänningen i en annan fas ska ledningens stöthållspänning mellan faserna var minst 15 % högre än ledningens nominella stöthållspänning fas-jord enligt tabell 10.

Anvisningar för beräkning av stöthållspänningen mellan faserna för given ledningskonstruktion lämnas i avsnitt 4.11, fjärde stycket.

För friledning vars stolpmaterial ger ett betydande tillskott till ledningens stöthållspänning fas-jord är vanligen stöthållspänningen mellan faserna mindre än 115 % av stöthållspänningen mellan fas-jord. I sådana fall anses stöthållspänningen mellan faserna bestämmende för ledningens isolationshållfasthet. Beträffande numerisk utvärdering se avsnitt 4.11, femte stycket.

### 4.4 Luftavstånd i stolpe

Standardiserade värden på minsta luftavstånd mellan fasledare och jordad del i stolpe framgår av tabell 11. Beträffande ökat avstånd fas-stag vid risk för avbränt stag och stolpras, se kapitel 4.

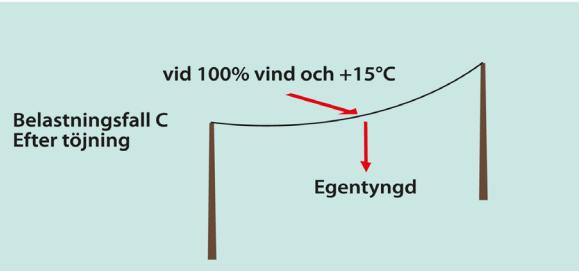
Kraven på luftavstånd ska vara uppfyllda vid följande kombinationer av vindlast, islast och temperatur. Wind- och islast samt minimitemperatur vid vind väljs enligt kapitel 3.

I standarden SS-EN 50341-2-18 finns belastningsfall A–F angivna. För ledningar med konstruktionsspänning 145 kV och lägre tillämpas dock endast belastningsfallen C, D, E och F.

## Belastningsfall C

Full vindlast på isfria ledare vid +15 °C. Efter islast och krypning.

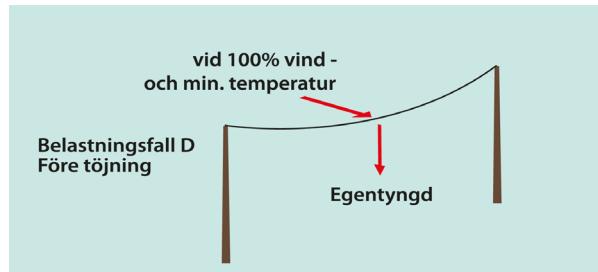
## Belastningsfall



Figur 23

## Belastningsfall D

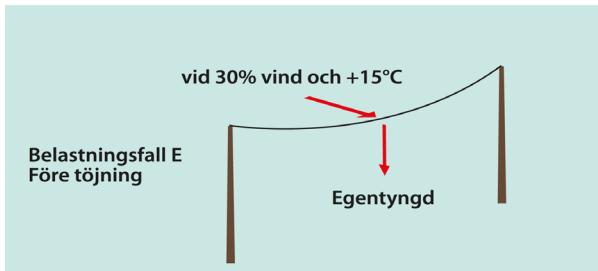
Full vindlast på isfria ledare vid minimitemperaturen vid vind.  
Före islast och krypning.



Figur 24

## Belastningsfall E

30 % av full vindlast på isfria ledare vid +15 °C. Före islast och krypning.

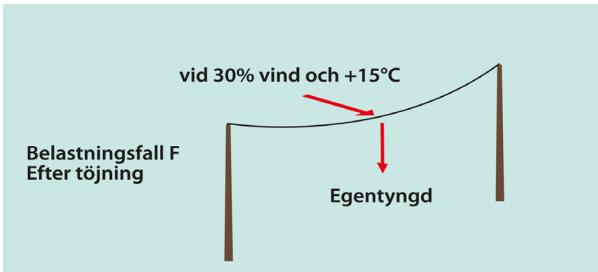


Figur 25a

## Belastningsfall F

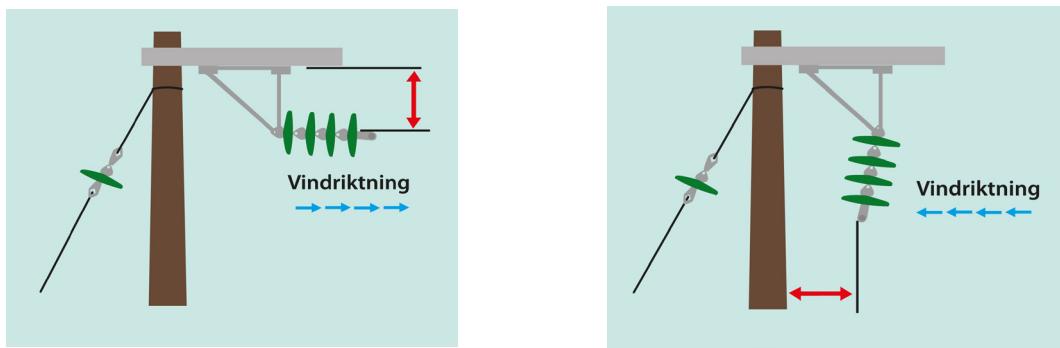
30 % av full vindlast på isfria ledare vid +15 °C. Efter islast och krypning.

Belastningsfall E och F avser förhållanden som kan uppträda i samband med åska.



Figur 25b

Kraven på luftavstånd ska vara uppfyllda oberoende av vindlastens riktning relativt fриledningen.



Figur 26 Luftavstånd vid olika vindrikningar

**Tabell 11**

### Luftavstånd i stolpe

Konstruktions-spänning $U_m$ (kV)	Minsta luftavstånd fas - jord	
	Belastningsfall C och D (mm)	Belastningsfall E och F (mm)
12	90	160
24	130	220
36	190	320
52	250 <sup>1)</sup>	480

1) Kan i vissa fall tillämpas om högsta driftspänningen uppgår till, men inte överstiger 55 kV

I belastningsfall E och F kan viss del av det standardiserade luftavståndet, dock högst 40 %, ersättas av en trästräcka fem gånger så lång som den felande luftsträckan eller av motsvarande kombinerade isolering enligt avsnitt 4.11.

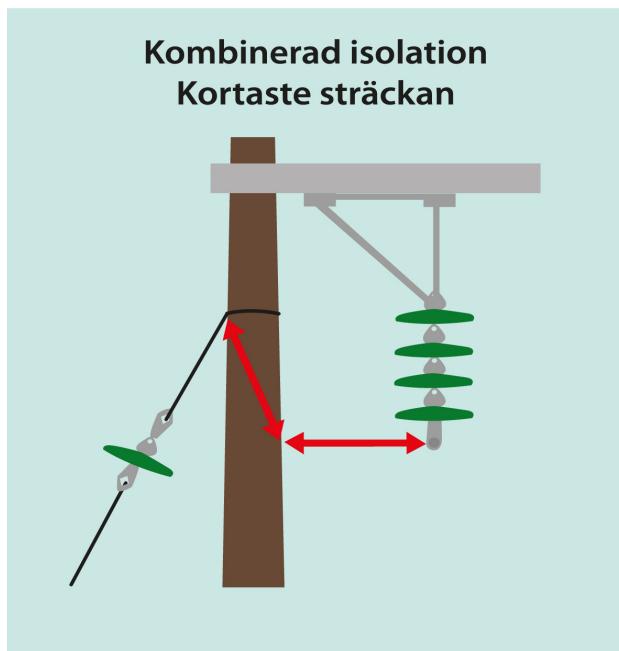
Minsta luftavstånd fas-jord

**Exempel:** 24 kV konstruktion spänning

Minsta kvarvarande luftavstånd efter reducering med 40 %

$$220 \cdot 0,6 = \mathbf{132 \text{ mm}}$$

Vid beräkning av kombinerade luftavstånd och trästräckor räknas som luftavstånd den kortaste sträckan från fasledare till träisolation och som trästräcka den kortaste sträckan från denna punkt på träisoleringen till närmaste jordad del mätt längs tråkonstruktionen.



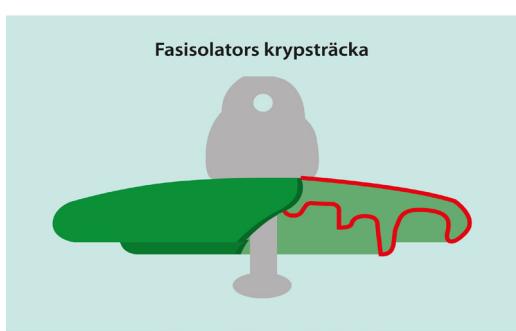
Figur 27 Kombinerad isolation, kortaste sträckan

Air gap between insulating parts (wires, support arms, lightning arrestors or similar) belonging to different phases shall be at least 115 % of those given in table 11 for load cases E and F. Regarding explanations, see section 4.3.

## 4.5 Fasisolators krypsträcka

Den omgivande luften innehåller föroreningar som kan belägga isolatorytorna. I kombination med fukt, som kondens, dimma, duggregn eller snöfall, finns risk för krypöverslag. För att minska risken för krypöverslag brukar man ge isolatorerna en tillräckligt lång krypsträcka. Denna är inte ensam avgörande faktor för att undvika överslag. Väsentliga storheter är också isolatorns form, diameter, typ med mera.

Minsta krypsträcka för vertikalt placerad fasisolator när risk för nedsmutsning föreligger framgår av tabell 12. När risk för nedsmutsning inte föreligger ger normala ledningsisolatorer tillräcklig driftsäkerhet.

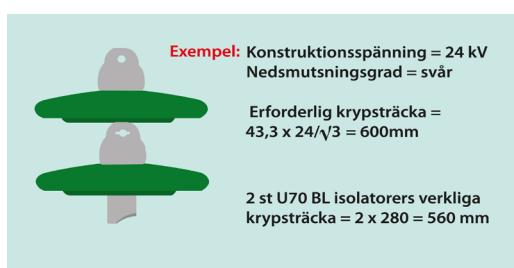


► Exempel:  
Konstruktionsspänning = 24 kV

► Nedsmutsningsgrad = svår

► Erforderlig krypsträcka =  
 $43,3 \cdot 24/\sqrt{3} = 600 \text{ mm}$

► 2 st. U70 BL-isolatorers verkliga  
krypsträcka =  $2 \cdot 280 = 560 \text{ mm}$



Figur 28 Fasisolators krypsträcka

Tabellens värden gäller oberoende av systemspänning och metod för systemjordning.

I tabell 12 angivna värden på fasisolatorns krypsträcka gäller främst för kåp-pinn isolatorer med relativt liten eller normal diameter och med krypsträcka av relativt enkel form. För ledningsisolatorer med större diameter eller med krypsträcka av mer komplicerad form är det lämpligt att välja något högre värden på krypsträckan än de minimivärden som anges i tabellen.

För kedjeisolator ingående i V-kedja kan värdena i tabell 12 minskas med 10–20 %. För horisontalt placerad fasisolator är tvättningen via regn av stor betydelse. Om god, naturlig tvätteffekt inte kan påräknas bör krypsträckans längd väljas enligt tabell 12.

Vid konsekvent, manuell eller automatisk tvättning eller infettning av fasisolator i svårt eller mycket svårt nedsmutsningsläge kan dess krypsträcka väljas mindre än vad som anges i tabell 12.

Då mycket lång krypsträcka fordras kan isolatorlängden i vissa fall bli så stor att isolatorns stöthållspänning på inledningssträcka måste minskas med hjälp av särskilda ljustbågshorn eller elektroder.

**Tabell 12**

**Minsta krypsträcka över fasisolator när risk för nedsmutsning föreligger**

Nedsmutsningsgrad	Exempel på ledningens miljösituation och betydelse	Krypsträcka mm/kV Konstruktions-spänning/ $\sqrt{3}$
Mycket lätt	Mer än 50 km från havet. Mer än 10 km från nedsmutsande industri.	22,0
Lätt	10-50 km från havet. 5-10 km från nedsmutsande industri.	27,8
Medium	Ledning inom 1 km avstånd från område med nedsmutsande industri. Ledning i skydd av skog inom området 10-20 km från västkusten (norska gränsen-Falsterbo). Ledning inom ca 10 km avstånd från sydkusten (Falsterbo-Ölands norra udde).	34,7
Svår	Ledning inom område med nedsmutsande industri. Ledning i åkerbruksområden med öppen jord, inom 40 km avstånd från västkusten. Ledning i annan terräng inom ca 10 km avstånd från västkusten.	43,3
Mycket svår	Ledning inom 0,5 km avstånd från område med mycket svårt nedsmutsande industri (cement, kemisk e d) och ledning inom område med sådan industri. Ledning av väsentlig betydelse inom några km avstånd från västkusten.	53,7

## 4.6 Isolator mellan faser, skruvning

För isolator mellan faser, till exempel skruvningskedja, gäller att stöthållspänningen ska vara minst 115 % av märkhållspänning vid kort stöt (fas-jord) enligt tabell 10 avsnitt 4.3.

Isolatorns kraftfrekventa hållspänning ska vara minst 175 % av märkhållspänning vid korttids växelspänningsprovning (fas-jord) enligt tabell 10 och dess krypsträcka minst 175 % av den krypsträcka som väljs för fasisolator i motsvarande läge enligt avsnitt 4.5.

Skruvning används vid långa parallellbyggda ledningar vilket kan ge höga kapacitiva strömmar som kan medföra snedbelastning med risk för att reläskydden felaktigt kan lösa ut. Skruvning används vid friledning för 24 kV och högre spänningar.

## 4.7 Överspänningar

Överspänningarna i en elektrisk anläggning är dels sådana som de elektriska systemen själva alstrar, dels sådana som har atmosfäriskt ursprung.

Av de överspänningar som alstras inom systemen är de som uppstår vid brytningsförlopp de mest betydelsefulla. Överspänningarna kan bli särskilt höga när spänningen före brytningen är högre än den normala, till exempel på de friska faserna vid jordfel i ett Petersén-spole jordat nät.

De överspänningar som systemen själva alstrar har i regel inte högre toppvärde mot jord än 2,5 gånger toppvärdet av systemets fasspänning.

De atmosfäriska överspänningarna i en friledning utgörs dels av inducerade överspänningar som uppstår vid åskurladdning i ledningens närhet, dels av nedslagsöverspänningar som uppstår vid blixtnedslag direkt i ledningens stolpar eller linor.

De inducerade överspänningarna i en ledning uppnår i regel inte högre värde än 300–400 kV. I närheten av en slutstation kan dock dubbelt så hög spänning uppkomma genom reflexion.

De inducerade överspänningarnas branhet överstiger i regel inte 50 kV/μs.

Nedslagsöverspänningarna är farligare än de inducerade överspänningarna men också mer sällsynta än dessa. Spänningsamplituden kan bli tusentals kV och fronttiderna mindre än 1 μs.

Standardspänningsstöten (1,2/50) vid stötspänningsprovning är någorlunda representativ för överspänningsvågens genomsnittliga form vid direkt nedslag.

Ett minimikrav på friledningsisoleringen är att den ska tåla de överspänningar som systemet normalt självt alstrar. Kravet på driftsäkerhet medför att friledning i viss utsträckning måste kunna tåla även atmosfäriska överspänningar.

Exempel på skydd mot överspänningar kan vara ljusbågshorn, kombinerat åskskydd eller ventilavledare, se även IN 045 och avsnitt 9.1.

## 4.8 Ledningsisolators isolationshållfasthet

Isolator som används i friledning ska vara utförd enligt svensk standard för isolatorer. Isolationshållfastheten för stöd-, stag- och rullisolatorer framgår av gällande standard för ifrågavarande isolatortyp. För stödisolator av massiv typ gäller SS 424 05 21, och för stödisolator av pinntyp gäller SS 424 05 01 och SS 424 05 02. För stagisolatorer gäller SS 424 05 31 och för rullisolatorer SS 424 05 51.

För stödisolator av komposit gäller SS-EN 61952 och för kedjeisolatorer av komposit gäller SS-EN 61466.

Minsta överslagsavstånd för isolatorkedja bestående av kedjeisolatorelement av gängse typ beräknas enligt nedanstående formler:

- ▶ Isolatorkedja utan ljusbåggsskydd  
 $L = (U_v/0,28) + 50 \quad (150 < L < 785)$   
 $L = (U_{SK}/0,52) - 40 \quad (150 < L < 2500)$
- ▶ Isolatorkedja med övre och nedre eller endast nedre ljusbåggsskydd  
 $L = U_v/0,31 \quad (150 < L < 625)$   
 $L = (U_{SK}/0,52) - 40 \quad (150 < L < 2500)$

I ovanstående formler betecknar  $U_v$  hållspänning i kV vid våt växelpånningsprovning med kraftfrekvens under en minut

- ▶  $U_{SK}$  hållspänning i kV vid torr stötspånningsprovning med standardspånningsstöt 1,2/50 µs
- ▶ L isolatorkedjans överslagsavstånd i mm

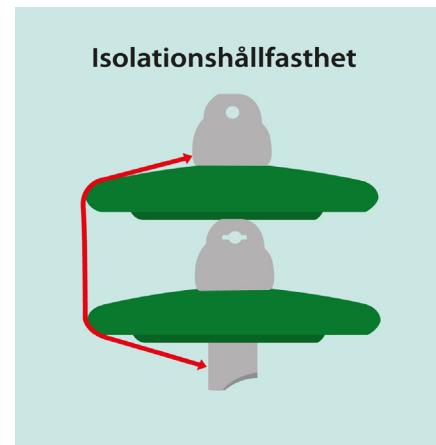


Bild 29 Isolationshållfasthet

Exempel: Isolationshållfasthet

Konstruktionsspänning = 24 kV

Beräkna erforderligt överslagsavstånd över isolatorkedja utan ljusbåggsskydd

- ▶  $L = (U_{SK}/0,52) - 40$
- ▶  $U_{SK} = 125 \text{ kV}$
- ▶  $L = (125/0,52) - 40 = 200 \text{ mm}$

- ▶  $L = (U_v/0,28) + 50$
- ▶  $U_v = 50 \text{ kV}$
- ▶  $L = (50/0,28) + 50 = 229 \text{ mm}$

2 st. U70 BL-isolatorer har överslagsavstånd på cirka 350 mm

## 4.9 Stolpars isolationshållfasthet

### 4.9.1 Stolpar av trämaterial.

Frilednings stolpben av trä får utgöra en del av ledningens isolering mot kort spänningssstöt. Trä förutsätts då ha en isolationshållfasthet av minst 0,1 kV/mm trästräcka, vilket anses gälla för såväl impregnerat som oimpregnerat trä. Isolationssträckas längd räknas i stolpens eller regelns längdriktnings.

### 4.9.2 Alternativa stolpmaterial

Det har sedan några år börjat förekomma stolpar av alternativa material. Det finns bristfälligt med uppgifter om den elektriska hållfastheten för dessa. Man kan sannolikt förmoda att den är minst lika god som hos trästolpar.

Stolpar av metall undantas från likställighet med trästolpar.

För mer information om isolationshållfasthet se respektive tillverkare.

## 4.10 Luftsträckas isolationshållfasthet

Isolationshållfastheten för luftsträcka i ledningsstolpe av normalt utförande beräknas enligt följande formler:

$$\blacktriangleright L = U_v/0,33 \quad (L > 100)$$

$$\blacktriangleright L = (U_{sk} - 20)/0,47 \quad (L > 100)$$

$\blacktriangleright$  I ovanstående formler betecknar:

$\blacktriangleright$   $U_v$  hållspänning i kV vid våt växelspänningsprovning med kraftfrekvens under en minut

$\blacktriangleright$   $U_{sk}$  hållspänning i kV vid torr stötspänningsprovning med standardspänningssstöt 1,2/50  $\mu$ s

$\blacktriangleright$   $L$ , luftsträckans överslagsavstånd i mm

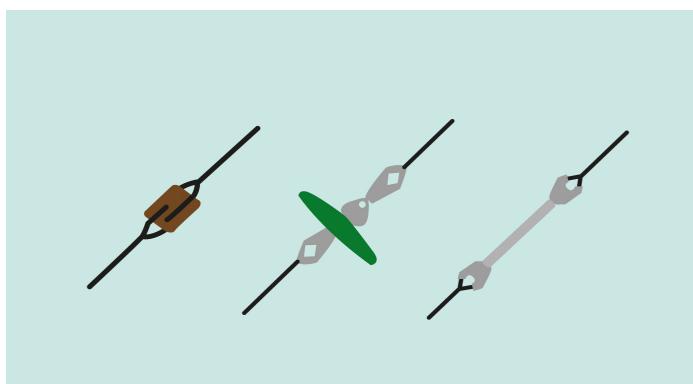
Formlerna gäller inte för överslagssträcka längs isolator eller vid på annat sätt styrd spänningsfördelning.

## 4.11 Isolationshållfasthet hos kombinerad isolering vid kort stöt

Stöthållspänningen för isolering sammansatt av flera isolationssträckor (isolator, trä, plastmaterial, luft) är lägre än summan av stöthållspänningarna för de ingående isolationssträckorna.

Om isoleringen mellan fas och jord utgörs av isolator och trästräcka/isolationssträcka räknar man med att isoleringen ger ett tillskott till isolatorns stöthållspänning av 0,1 kV/mm trästräcka eller det aktuella materialets isolationsvärde.

Om stagisolator bidrar till isolationen mellan fas och jord räknar man med att varje sådan isolator ger ett tillskott till stöthållspänningen av 24 kV om isolatorn är av stjärntyp enligt SS 424 05 31 och 40 kV om stagisolatorn är av kedjeisolatortyp. Är stagisolatorn en stavisolator av glasfiberarmerad plast blir tillskottet till stöthållspänningen 0,3 kV/mm stavisolator.



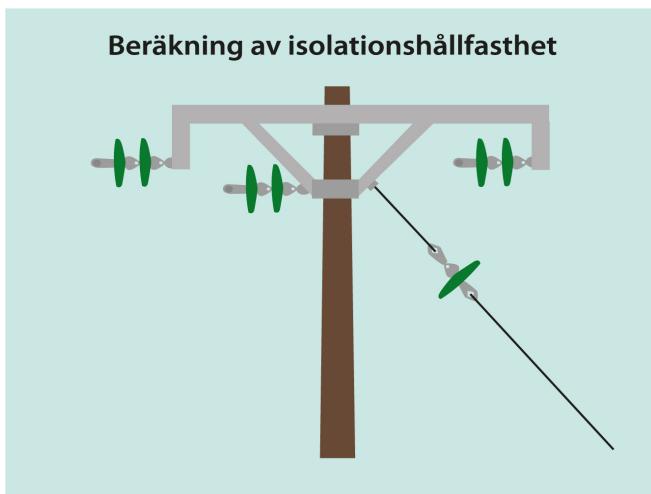
Figur 30 Stagisolatorer

Stöthållspänningen mellan faserna antas vid stödisolatorledningar vara 80 % av summan av de två fasisolatorernas stöthållspänningar och kedjeisolatorledningar 70 % av summan av de två isolatorkedjornas stöthållspänningar. Om träisolering förekommer mellan isolatorfästena antas denna ge ett tillskott av 0,1 kV per mm trästräcka. Alternativa stolpmaterial har andra isolationsvärden.

När stöthållspänningen mellan isolatorfäste och jord är onormalt hög blir stöthållspänningen över den kombinerade isoleringen mellan faserna bestämmande för ledningens isolationshållfasthet. En frilednings isolationsnivå anges emellertid normalt av dess hållspänningar fas-jord. I de fall då friledningens isolationshållfasthet bestäms av isoleringen mellan faserna erhålls den ekvivalenta stöthållspänningen fas-jord genom att dividera stöthållspänningen mellan faserna med faktorn 1,15. Se även avsnitt 4.3, sista stycket.

I avsnitt 4.12 anges sådana kombinationer av isolator- och isolering som ger isolationsnivåer enligt tabell 10 i avsnitt 4.3.

### Beräkning av isolationshållfasthet



Figur 31 EVA22, EVB22

*Exempel:*

Konstruktion EVA och EVB 22,  $U_s = 24 \text{ kV}$

$U_{SK} = 125 \text{ kV}$

Erforderligt luftavstånd fas-jord = 220 mm vid belastningsfall E och F och 130 mm vid belastningsfall C och D.

40 %-regeln innebär min.  $220 \cdot 0,6 = 132 \text{ mm}$  som minsta luftavstånd fas - jord vid belastningsfall E och F.

132 mm luftsträcka ger omräknat en isolationshållfasthet  $U_{SK} = 0,47 \cdot L + 20 = 82 \text{ kV}$

1 st. stagisolator av kedjetyp bidrar med 40 kV

Totalt = 122 kV

## 4.12 Tillämpning på olika ledningstyper

I tabellerna 14–16 i avsnitt 4.14 och 4.15 där angivna trästräckor är beräknade utan beaktande av att stagisolator kan förekomma. Om stagisolator förekommer tas hänsyn här till enligt avsnitt 4.11.

### 4.12.1 Standard för stödisolatorer

- ▶ S125 betecknar isolatorer S125L och S125K enligt SS 424 05 02.
- ▶ S170 betecknar isolatorer S170L och S170K enligt SS 424 05 02.
- ▶ LP75 betecknar isolatorer R8 ET 75L, R8 IT 75L, R12,5 EC 75L och R12,5 EH 75L enligt SS 424 05 21.
- ▶ LP95 betecknar isolatorer R8 ET 95L, R8 IT 95L, R12,5 ET 95L, R12,5 IT 95L, R12,5 EC 95L och R12,5 EH 95L enligt SS 424 05 21.
- ▶ LP125 betecknar isolatorer R8 ET 125L, R8 IT 125L, R12,5 ET 125N och L, R12,5 IT 125N och L, R12,5 EC 125N och L, R12,5 EH 125N och L enligt SS 424 05 21.
- ▶ LP170 betecknar isolatorer R8 ET 170L, R8 IT 170L, R12,5 ET 170N och L, R12,5 IT 170L, R12,5 EC 170N och L, R12,5 EH 170N och L enligt SS 424 05 21.
- ▶ LP250 betecknar isolatorer R12,5 ET 250N och L, R12,5 IT 250N och L, R12,5 EC 250N och L, R12,5 EH 250N och L enligt SS 424 05 21.
- ▶ LP325 betecknar isolatorer R12,5 ET 325N och L, R12,5 IT 325N och L, R12,5 EC 325N och L, R12,5 EH 325N och L enligt SS 424 05 21.

## 4.13 Stolpe med jordade isolatorfästen

I stolpe med jordade isolatorfästen utgörs ledningens isolation av fasisisolatorernas isolation enbart. Eftersom stöthållspänningen mellan faserna för denna stolptyp enligt avsnitt 4.11 är 1,4–1,6 gånger stöthållspänningen till jord är isolationen till jord avgörande för stolpkonstruktionens isolationsnivå.

Vid användning av stödisolatorer uppnås hållspänningar enligt tabell 10 avsnitt 4.3 om isolatorstorlek väljs enligt tabell 12.

Vid användning av isolatorkedjor uppnås hållspänningar enligt tabell 10 avsnitt 4.3 om kedjornas överslagsavstånd väljs enligt tabell 13.

**Tabell 12**

Stödisolatorer för friledning med jordade isolatorfästen

Konstruktionsspänning $U_m$ (kV)	Isolatorstorlek
12	S125, LP95
24	S125, LP125
36	S170, LP170
52	LP250

**Tabell 13**

Överslagsavstånd över isolatorkedjor för 12-52 kV friledningar med jordade isolatorfästen

Konstruktions-spänning $U_m$ (kV)	Överslagsavstånd över isolatorkedja utan ljusbågshorn (mm)	Överslagsavstånd över isolatorkedja med ljusbågshorn (mm)
12	150	150
24	230	200
36	300	290
52	440	440

## 4.14 Trästolpe med ojordad metallregel

Trästolpe med ojordad regel har i allmänhet på grund av träisoleringen hög isolationshållfasthet mellan fas och jord. Då metallregel förekommer är antingen fordrad korttids växelspänningsprovning eller fordrad stöthållspänning mellan faser bestämma vid val av isolator. Genom utnyttjning av isoleringen hos trästräckan mellan isolatorfäste och jord kan i regel isolatorer med lägre stöthållspänning än i stolpe med jordade isolatorfästen väljas.

Vid användning av stödisolatorer uppnås hållspänningar enligt tabell 10 avsnitt 4.3 om isolatorstorlek och trästräcka fas-jord väljs enligt tabell 14. Den minsta isolatorstorlek som kan användas för viss konstruktionsspänning anges överst i tabellen.

**Tabell 14**

Stödisolatorer och trästräckor för friledning med ojordad metallregel

Konstruktions-spänning $U_m$ (kV)	Isolatorstorlek	Minsta trästräcka fas-jord
12	LP75	200
12	S125, LP95	0
24	S125, LP125	0
36	S170, LP170	0
52	LP250	0

Vid användning av isolatorkedjor uppnås hållspänningar enligt tabell 10 avsnitt 4.3 om kedjornas överslagsavstånd och trästräcka fas-jord väljs enligt tabell 15. Det minsta överslagsavståndet över isolatorkedja som kan användas för viss systemspänning anges överst i tabellerna. Överslagsavståndet bestäms antingen av fordrad korttids växelspanningsprovning eller av fordrad stöthållspänning mellan faser.

**Tabell 15**

Överslagsavstånd över isolatorkedjor och trästräckor för 12-52 kV friledning med ejjordad metallregel

Konstruktions-spänning $U_m$ (kV)	Utan ljusbågshorn		Med ljusbågshorn	
	Överslags-avstånd isolatorkedja (mm)	Trästräcka fas-jord (mm)	Överslags-avstånd isolatorkedja (mm)	Trästräcka fas-jord (mm)
12	150	0	150	0
24	230	0	160	210
			200	0
36	300	0	230	300
			250	200
			290	0
52	390	270	360	420
	400	220	400	220
	440	0	440	0

## 4.15 Trästolpe med träisolering mellan isolatorfästen

I stolpe med träisolering mellan faser bestäms isolatorisolationen av fordrad korttids växelspanningsprovning. På grund av träisoleringens tillskott till stolpkonstruktionens stöthållspänning kan i vissa fall mindre isolatorer användas än i stolpe med metallregel.

Vid användning av isolatorkedjor uppnås hållspänningar enligt tabell 10 avsnitt 4.3 om kedjornas överslagsavstånd och trästräckor fas-jord och fas-fas väljs enligt tabell 16.

**Tabell 16**

Överslagsavstånd över isolatorkedjor och trästräckor för 12-52 kV friledning med träisolering mellan isolatorfästen

Konstruktions-spänning $U_m$ (kV)	Utan ljusbågshorn			Med ljusbågshorn		
	Överslags-avstånd isolatorkedja (mm)	Trästräcka		Överslags-avstånd isolatorkedja (mm)	Trästräcka	
		fas-jord (mm)	fas-fas (mm)		fas-jord (mm)	fas-fas (mm)
12	150	0	0	150	0	0
24	230	0	0	160	210	0
				200	0	0
36	300	0	0	230	300	0
				250	200	0
				290	0	0
52	390	270	0	310	680	330
	400	220	0	360	420	0
	440	0	0	400	220	0
				440	0	0

## 4.16 Ledares höjd över mark, trafikleder, vattendrag med mera

Syftet med externa luftavstånd är att undvika fara för personer som vistas eller arbetar i närheten av kraftledningen.

S = spänningstillägg enligt kapitel 1.

(ELSÄK FS 2008:1 kap6 §5 tabell 5)

### 4.16.1 Ledares höjd över mark i allmänhet och över vatten som ej är område för sjötrafik

Inom område för vilket det inte finns detaljplan samt över vatten, som inte är område för sjötrafik, får ledares höjd vid olika belastningsfall inte understiga vad som framgår av Tabell 17.

**Tabell 17**

Ledares höjd över icke detaljpanelagd mark och över vatten som inte är område för sjötrafik<sup>1</sup>

Lastfall	Typ av ledare		
	Hängkabel med skärm	Blank eller belagd ledare	Jordad ledare
Maximi-temperatur	4,5 m	6,0 m + S	-
Jämt fördelad islasc <sup>2)</sup>	-	4,5 m + S	4,5 m
Lokal islasc <sup>2)</sup>	-	4,5 m + S	4,5 m
Kortslutnings-temperatur	-	4,5 m + S	-
Maximal korttids-temperatur	-	4,5 m + S	-

1) Avser höjd över medelhögvattenytan.

2) På plats, där tjockare snötäcke än 1 m normalt förekommer, ska minsta höjd ökas med minst 0,5 m.

#### 4.16.2 Ledares höjd över detaljpanelagt område och över allmän väg

Inom detaljpanelagt område och över allmänt trafikerad väg, får ledares höjd vid olika belastningsfall inte understiga vad som framgår av Tabell 18.

**Tabell 18**

Ledares höjd över detaljpanelagt område och över allmän väg

Lastfall	Typ av ledare		
	Hängkabel med skärm	Blank eller belagd ledare	Jordad ledare
Maximi-temperatur	6,0 m	7,0 m + S	-
Jämt fördelad islasc	6,0 m	7,0 m + S	6,0 m
Lokal islasc	6,0 m	7,0 m + S	6,0 m
Kortslutnings-temperatur	6,0 m	6,0 m + S	-
Maximal korttids-temperatur	6,0 m	7,0 m + S	-

#### 4.16.3 Ledares höjd över annan väg

Över annan väg än allmänt trafikerad väg får ledares höjd vid olika belastningsfall inte understiga vad som framgår av Tabell 19.

**Tabell 19**

##### Ledares höjd över annan väg

Lastfall	Typ av ledare		
	Hängkabel med skärm	Blank eller belagd ledare	Jordad ledare
Maximi-temperatur	6,0 m	6,0 m + S	-
Jämt fördelad islasc	6,0 m	6,0 m + S	6,0 m
Lokal islasc	6,0 m	6,0 m + S	6,0 m
Kortslutnings-temperatur	6,0 m	6,0 m + S	-
Maximal korttids-temperatur	6,0 m	6,0 m + S	-

Där transporter kräver stor höjd, till exempel vid skogsbilvägar, tillämpas samma höjd som för allmän väg.

#### 4.16.4 Ledares höjd över järnväg

Över icke elektrifierad järnväg får ledares höjd vid olika belastningsfall inte understiga vad som framgår av Tabell 20.

**Tabell 20**

##### Ledares höjd över icke elektrifierad järnväg

Lastfall	Typ av ledare		
	Hängkabel med skärm	Blank eller belagd ledare	Jordad ledare
Maximi-temperatur	7,0 m	8,0 m + S	-
Jämt fördelad islasc	7,0 m	8,0 m + S	7,0 m
Lokal islasc	7,0 m	8,0 m + S	7,0 m
Kortslutnings-temperatur	7,0 m	6,0 m + S	-
Maximal korttids-temperatur	7,0 m	8,0 m + S	-

Över elektrifierad järnväg bestäms minsta höjd i varje enskilt fall av Elsäkerhetsverket, i samråd med järnvägens innehavare.

### 4.16.5 Ledares höjd över område för sjötrafik

Över område för sjötrafik, när ingen höjd har angetts av myndighet, får ledares höjd vid olika belastningsfall inte understiga vad som framgår av Tabell 21.

**Tabell 21**

Ledares höjd över område för sjötrafik när ingen höjd har angetts av myndighet

Lastfall	Typ av ledare	Hängkabel med skärm	Blank eller belagd ledare	Jordad ledare
Maximi-temperatur	7,0 m		7,0 m + S	7,0 m
Jämt fördelad islasc	-		6,0 m + S	6,0 m
Lokal islasc	-		6,0 m + S	7,0 m
Kortslutnings-temperatur	-		6,0 m + S	6,0 m
Maximal korttids-temperatur	-		6,0 m + S	6,0 m

När segelfri höjd har angetts av myndighet får ledares höjd vid olika belastningsfall inte understiga vad som framgår av Tabell 22.

**Tabell 22**

Ledares höjd över område för sjötrafik när segelfri höjd har angetts av myndighet

Konstruktionsspänning	Mått som den segelfria höjden vid medelhögvattenytan ökas med
$U_m \leq 170 \text{ kV}$	1,5 m

#### 4.16.6 Ledare i förhållande till byggnad

Vid införing av en luftledning för lågspänning till en byggnad får höjden över marken minskas till lägst 3,5 meter för friledningar och kablar.

För en luftledning för högspänning får höjden över marken minskas vid införing till en byggnad, om ledningen är utförd med metallmantlad eller skärmad kabel.

En luftledning för lågspänning får vara framdragen över eller invid en byggnad under förutsättning att den endast med särskilda hjälpmedel kan nås från fönster, balkonger eller tak.

En luftledning för högspänning får inte vara framdragen över en byggnad. Undantag gäller för metallmantlade eller skärmade kablar och för friledningar inom driftrum.

En luftledning för högspänning ska vara anordnad så, att det horisontella avståndet mellan ledarna och en byggnad eller någon byggnadsdel uppgår till minst de värden som anges i Elsäk FS2008:1 kap 6 §5 Tabell 4.

Undantag gäller för en ledning utförd med metallmantlad eller skärmad kabel.

Minsta horisontella avstånd i meter mellan fasledare och närmaste byggnadsdel.

**Tabell 23**

Område	Nominell spänning	Vid vindstilla	Vid största Förekommande utsvängning
Område med detaljplan	>1 och ≤ 55 kV	5	3
	>55 kV	10	3+S
Område utan detaljplan	>1 och ≤ 55 kV	5	3
	>55 kV	5+S	3+S

S=Spänningstillägg, se definitioner.

För beräkning av största utsvängning av ledare kan dimensioneringsprogrammet Fribe användas.

#### 4.17 Ledares vertikala avstånd till korsande ledningar

Icke brottsäker korsning med andra ledningar utförs enligt gällande svensk standard för korsningar, SS 436 02 61, SS 436 02 62, SS 436 02 63, SS 436 02 65, SS 436 02 66, SS 436 02 80 och SS 436 02 81. Vid beräkning av där angivna avstånd mellan de korsande ledningarna ska, om inte annat anges, det ogynnsammaste av belastningsfall I till VI under avsnitt 4.17.3 tillämpas.

#### **4.17.1 Vertikala avstånd vid korsning mellan brotsäker ledning och annan ledning då skiljekonstruktion inte används**

Vid brotsäker korsning med andra ledningar gäller de vertikala avstånden angivna i tabell 24. Dessa ska upprätthållas i det ogynnsammaste av belastningsfall I till VI under avsnitt 4.17.3.

**Tabell 24**

Minsta vertikala avstånd vid korsning mellan brotsäker ledning och annan ledning då skiljekonstruktion inte används

Underliggande ledning	Minsta vertikala avstånd vid brotsäker ledning	
	Konstruktionsspänning $U_m$	
	1–55 kV	>55 kV
Svagströms- eller starkströmsledning med konstruktionsspänning högst 1 kV	4,0 m <sup>1)</sup>	4,0 m + S
Starkströmsledning med konstruktionsspänning högre än 1 kV		
Spänningsförande ledare	4 m <sup>1)</sup>	2,5 m + S dock minst 4,0 m
Längsgående jordledare ovanför faserna	1,5 m	1,5 m + S

S = spänningstillägg, se definitioner.

1) Avståndet får minskas till 2,5 m om avståndet från ledningarnas korsningspunkt till närmaste stolpe i var och en av de båda ledningarna inte överstiger 15 m.

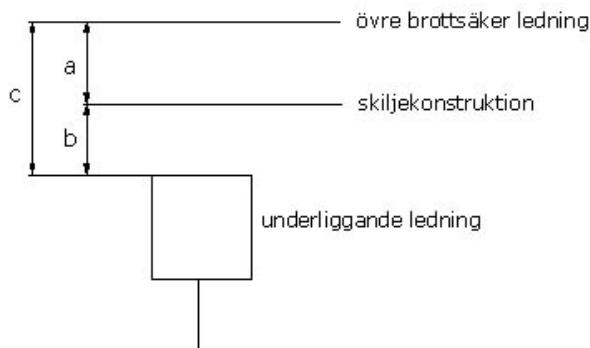
#### **4.17.2 Vertikala avstånd vid korsning mellan brotsäker ledning och annan ledning då skiljekonstruktion används**

Över starkströms- eller svagströmsledning som är framdragen under brotsäker ledning ska – utom i de fall för vilka undantag nedan medges – en eller vid behov flera skiljekonstruktioner sättas upp (skiljelina, skiljearm enligt SS 424 11 31, skiljebalk eller dylikt). Skiljekonstruktionen fästs vid den brotsäkra ledningens stolpar eller utförs fristående från båda ledningarna. Den behöver inte jordas, såvida den inte samtidigt tjänstgör för annat ändamål som nödvändiggör jordning.

Som skiljelina bör ställna med area enligt tabell 38 avsnitt 8.1 användas.

Skiljekonstruktion kan utelämnas om det vertikala avståndet mellan de korsande ledningarna i ogynnsammaste fall (se avsnitt 4.17.3) uppgår till i tabell 24 avsnitt 4.17.1 angivet värde. Skiljekonstruktion får dock inte utelämnas i sådana fall då ledare i den undre ledningen kan avsevärt höja sig i korsningsspannet om den lossnar i sin fästpunkt.

Om skiljekonstruktion erfordras vid korsning begränsad av avgränsningsspann måste skiljekonstruktionen utföras fristående.



Figur 32 Vertikala avstånd vid korsande ledningar (se tabell 25)

### Tabell 25

Minsta vertikala avstånd mellan brottsäker ledning med högst 170 kV konstruktions-spänning och annan ledning då skiljekonstruktion används

	Minsta avstånd mellan korsande ledningar
Avstånd a enligt figur 30	1,0 m + S
Avstånd b enligt figur 30	1,5 m + S <sup>1)</sup>
Avstånd c enligt figur 30 <sup>3)</sup>	2,5 m + S <sup>2)</sup>

S = spänningstillägg, se definitioner.

- 1) Om skiljekonstruktionen är fristående kan avståndet b minskas till 1 m om spänningen på underliggande ledning inte överstiger 55 kV. Om underliggande ledning är en starkströmsledning för högst 55 kV och försedd med längsgående jordledare över fasledarna, kan avståndet från skiljekonstruktionen till jordledare minskas till 0,5 m. Måttet c får dock inte minskas i något av de båda fallen.
- 2) Om korsningsspannet är beläget intill ett avgränsningsspann och om det horisontala avståndet mellan korsningspunkten och överliggande lednings närmaste stolpe är större än 1/4 av korsningsspannets längd, bör måttet c i stället vara 3 m.
- 3) Avståndet c är bestämt så, att det mellan underliggande ledning och skiljekonstruktion normalt ska finnas ett fritt utrymme minst lika med överslagssträckan över den undre ledningens isolatorer. Med hänsyn härtill blir i vissa fall avståndet mellan ledningarna större när skiljekonstruktion används.

### 4.17.3 Belastningsfall för vertikala avstånd mellan brottsäker ledning och annan ledning

Avstånden i tabell 24 avsnitt 4.17.1 och tabell 25 avsnitt 4.17.2 ska upprätthållas i det ogynnsammaste av följande belastningsfall.

- I) Ledare i överliggande ledning vid maximitemperatur och vid vindstilla (se avsnitt 3.6.2). Ledare i underliggande ledning belastad av enbart egen tyngd vid +35 °C
- II) Ledare i överliggande ledning vid 0 °C belastad med jämnt fördelad islast vid vindstilla (se avsnitt 3.3.3). Ledare i underliggande ledning belastad av enbart egen tyngd vid 0 °C
- III) Ledare i överliggande lednings korsningsspann vid 0 °C belastad med lokal islast vid vindstilla (se avsnitt 3.3.4). Ledare i underliggande ledning belastad av enbart egen tyngd vid 0 °C
- VI) Ledare i överliggande ledning vid 0 °C. Ledare i underliggande ledning belastad av enbart egen tyngd vid 0 °C
- V) Ledare i överliggande ledning vid kortslutningstemperatur (se avsnitt 3.6.4), varvid det antas att ledaren i den underliggande ledningen har maximitemperatur.
- VI) Ledare i överliggande ledning vid minimitemperatur ökad med temperaturstegring orsakad av kortslutning, varvid det antas att ledaren i den underliggande ledningen har minimitemperatur. Med temperaturstegring orsakad av kortslutning förstås skillnaden mellan temperaturen vid kortslutning (se avsnitt 3.6.4) och maximitemperaturen (se avsnitt 3.6.2).

I samtliga belastningsfall, I - VI, tillämpas för överliggande ledare nedhängning efter ledarens permanenta förlängning på grund av krypning och för underliggande ledare nedhängningen före krypning.

Vid korsning utan skiljekonstruktion får i tabell 24 angivet avstånd till spänningsförande ledare vid belastningsfall V och VI minskas med 2 m. Däremot får i tabellen angivet avstånd till längsgående jordledare ovanför faserna på den underliggande ledningen inte minskas. Vid korsning med skiljekonstruktion får avståndet a i tabell 25 inte minskas.

### 4.17.4 Korsning med svagströmsledning, mekanisk ledning mm.

Vid korsning med mekanisk ledning rekommenderas jordkabel i första hand.

Vid korsning mellan luftledning för starkström och svagströmsledning eller mekanisk ledning med stor utsträckning ska starkströmsledningen vara förlagd överst och på sådant sätt, att det vertikala avståndet mellan ledningarna normalt inte understiger 1,5m. Om högspänningssledningen utgörs av hängkabelledning får nämnda avstånd minskas. Avståndet ska dock vara minst 0,3 m enligt EN 50341-2-18 tabell 5.9.6/SE.3.

I stolpe för starkströmsledning får inte fästas stängseltråd eller annan mekanisk ledning, inte heller elstängseltråd, svagströmsledning som är ansluten till allmänt telenät eller ledare för radioantenn. Undantag från föreskriften gäller dock för luftkabel för svagström ingående i allmänt kommunikationsnät, vilken vid sambyggnad förläggs på gemensamma stolpar tillsammans med starkströmsledning av utförande enligt 4.24, för högst 25 kV systemspänning. Under samma förutsättningar, som anges i 4.24 får korsning mellan ifrågavarande ledningar ske i gemensam stolpe.

I korsningsstolpe bör om möjligt brytning i starkströmsledningen undvikas.

För att förebygga fara på grund av skada på ledare, isolatorer eller stolpar ska särskilda åtgärder vara vidtagna.

Friledning för starkström som är framdragen parallellt med luftledning för svagström eller med mekanisk ledning av stor utsträckning ska vara så förlagd och anordnad, att risk för att den ena ledningen vid stolpfall eller brusten eller lossnad ledare kan nå ledare i den andra ledningen är tillräcklig grad förebyggd. Där ledningarna är framdragna på mindre än en stolplängds avstånd från varandra ska särskilda åtgärder vara vidtagna för att förebygga kontakt mellan friledningens ledare och övriga ledare. Ledningarna ska dock alltid vara framdragna på minst 2 m avstånd från varandra.

Vid parallellföring av starkströmsledning och svagströmsledning, i andra fall än vad som avses i föregående stycke, ska ledningarna vara utförda och anordnade med nödvändig hänsyn till föreliggande risk för kontakt mellan dem. Ledningarna ska dock alltid vara framdragna på minst 2 m avstånd från varandra.

Då starkströmsledningar och svagströmsledningar är dragna parallellt bör hänsyn tas till risken för influens och induktionsverkan på svagströmsledningen.

## 4.18 Avstånd till annan ledare

### 4.18.1 Ledares avstånd till annan ledare i ledningsspann

Ledare fästs i stolpe på sådant avstånd från annan ledare att sammanslagning och överslag såvitt möjligt förebyggs. Luftavstånden fas-fas och fas-jord mellan ledare i en ledning liksom avståndet mellan de närmaste ledarna i parallellgående ledningar bör uppgå till minst de värden som anges i denna standard.

Nedan angivna värden gäller för normala fall. Särskild undersökning måste göras vid mycket låg uppspänning eller då risk för galopperande linor föreligger eller vid olika ledarplacering i de stolpar som avgränsar spannet.

Med lika ledare avses i det följande ledare med lika area, material och nedhängning (vid jämviktspåkänning), och infästa på samma sätt (till exempel med spänkkedjor, stödisolatorer, hängkedjor med lika längd) i de stolpar som avgränsar spannet.

Avståndet mellan ledarnas fästpunkter får dock icke understiga  $0,6 + 0,007 \times U$  (meter), där U är högsta konstruktionsspänningen i kV.

Med infästningspunkt för ledare menas

- ▶ vid stödisolator ledarens infästningspunkt i stödisolatorn,
- ▶ vid hängkedja, spänkkedja och länkkedjans eller länkens infästningspunkt i stolpen.
- ▶ vid V-kedja, lin-oks eller linhållares infästningspunkt i V-kedjans spets.

Beträffande ledare i fasta spann (infästa med spänkkedjor, stödisolatorer eller direkt i stolpe) gäller formlerna i 4.18.2, 4.18.3 och 4.18.4 oberoende av om spannet avgränsas av raklinje- eller vinkelstolpar. Beträffande ledare med hängkedjor gäller formlerna – med vissa angivna begränsningar – för spann i raklinjesträcka.

Vad beträffar ledare med hängkedjor i spann som avgränsas av vinkelstolpar kan det vara nödvändigt att beakta hängkedjornas utslagsvinkel som funktion av brytningsvinkel och förhållande  $a_h/a_v$  vid beräkning av minsta avstånd mellan ledare.

$a_h$  = horisontalt belastande linlängd,

$a_v$  = vertikalt belastande linlängd.

### 4.18.2 Lika ledare infästa i samma horisontalplan.

Det horisontella avståndet mellan lika ledare ska vara större än avståndet  $H$  beräknat med nedanstående formel. Vid olika horisontalavstånd i de båda stolpar som avgränsar spannet ska medelvärdet av fasavstånden  $H1$  och  $H2$  vara större än  $H$ .

$H$  beräknas ur formeln:

$$H = 0,45 \cdot \sqrt{b + l} + k \cdot U \text{ där}$$

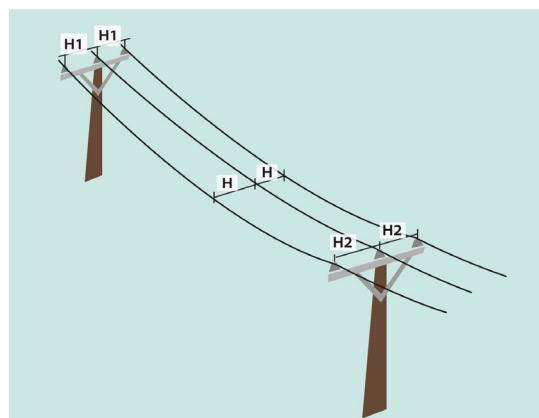
$H$  = minsta horisontalavstånd,

$b$  = ledarens nedhängning vid belastning av egen tyngd och jämnt fördelad islast vid vindstilla (efter ledarens krypning) i m,

$l$  = isolatorkedjas och länks pendellängd i m ( $l = 0$  för spänkkedja, V-kedja och stödisolator),

$k$  = koefficient som vid fas-fas sätts till 0,007 och vid fas-jord till 0,006,

$U$  = konstruktionsspänning i kV.



Figur 33 Horisontalavstånd

För ledare med hängkedjor gäller formeln

endast om förhållandet,  $a_h/a_v$  för båda ledarna är lika i var och en av de stolpar som avgränsar spannet.

### 4.18.3 Ledare av olika material, area eller med olika nedhängning infästa i samma horisontalplan

Det horisontella avståndet mellan lika ledare ska vara större än avståndet H beräknat med nedanstående formel. Vid olika horisontalavstånd i de båda stolpar som avgränsar spannet ska medelvärdet av fasavstånden H1 och H2 vara större än H.

H beräknas ur formeln:

$$H = (b_1 + l_1) \cdot \sin \alpha_1 - (b_2 + l_2) \cdot \sin \alpha_2 + k \cdot U$$

där

$\alpha$  = ledarens utsvängningsvinkel,

b = ledarens nedhängning vid belastning av egen tyngd och jämnt fördelad islast vid vindstilla (före eller efter ledarens krypning, vilket dera som är ogynnsammast) i m,

l = isolatorkedjas och länks pendellängd i m ( $l = 0$  för spännkedja, V-kedja och stödisolator),

k = koefficient som vid fas-fas sätts till 0,007 och vid fas-jord till 0,006,

U = konstruktionsspänning i kV.

Index 1 väljs för ledare 1 och index 2 för ledare 2.

Ledare 1 är den ledare som först träffas av vinden.

Vid beräkning av H antas full vindlast på ledare 1 och reducerad vindlast (70 %) på ledare 2.

Då blir  $\alpha_1$  och  $\alpha_2$

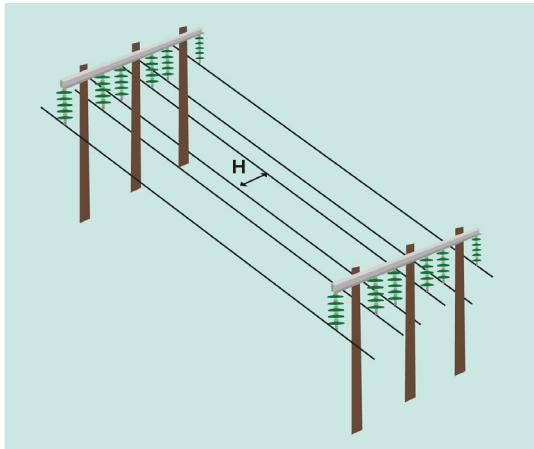
$$\alpha_1 = \arctan \frac{g_w}{g_e + g_w}$$

$$\alpha_2 = \arctan \frac{0,7 \cdot g_w}{g_e + g_w}$$

Den vindriktning som ger största värde på H ska väljas.

$g_e$ ,  $g_{wi}$  och  $g_{iw}$  framgår av kapitel 8.

Om endera eller båda ledarna har hängkedjor gäller formeln endast för spann i raklinjesträcka och under förutsättning att förhållandet  $a_h/a_v$  för båda ledarna är lika i var och en av de stolpar som avgränsar spannet.



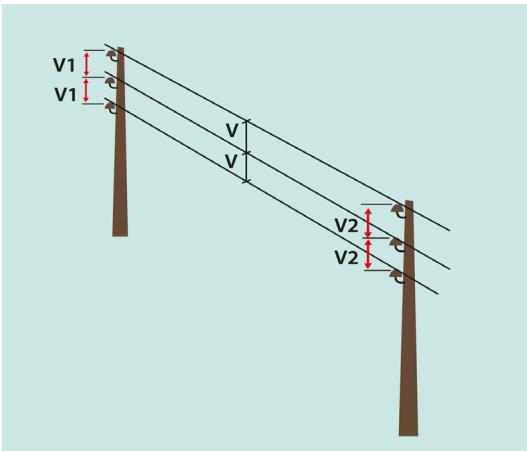
Figur 34 Horisontalavstånd mellan olika ledare

#### 4.18.4 Ledare infästa i samma vertikalplan

Det vertikala avståndet mellan lika ledare ska vara större än avståndet V beräknat med nedanstående formel. Vid olika vertikalavstånd i de båda stolpar som avgränsar spannet ska medelvärdet av fasavstånden V1 och V2 vara större än V.

V beräknas ur formeln:

$$V = k_V \cdot (b_1 - b_2) + l_1 - l_2 + k \cdot U$$



Figur 35 Vertikalavstånd

där

$b_1$  = övre ledarens nedhängning vid belastning av egen tyngd och jämnt fördelad islast vid vindstilla (före eller efter ledarens krypning, vilketdera som är ogynnsammast), m,

$b_2$  = den undre ledarens nedhängning vid  $0^{\circ}\text{C}$  och belastning av egen tyngd vid vindstilla (före eller efter ledarens krypning, vilketdera som är ogynnsammast), m. Vid

likasåledare i samma ledning tillämpas för båda ledarna nedhängning före krypning.

$L =$  isolatorkedjas och länks pendellängd, m ( $I = 0$  för spänkkedja, V-kedja och stödisolator),

$K =$  koefficient som vid fas-fas sätts till 0,007 och vid fas-jord till 0,006,

$U =$  konstruktionsspänning, kV,

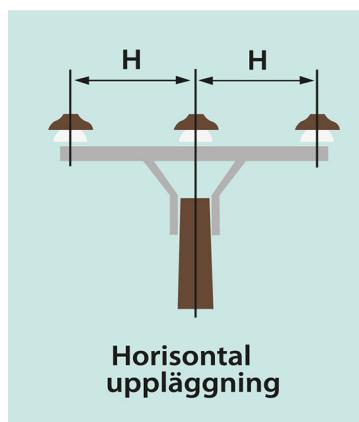
$k_v =$  koefficient som väljs ur Tabell 26; om ledarna är olika väljs det högre värdet.

## Tabell 26

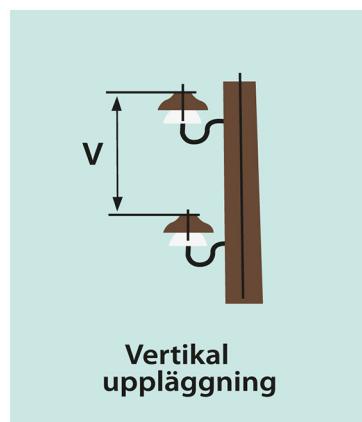
Koefficient för beräkning av minsta vertikalavstånd mellan ledare i samma vertikalplan

Koefficient $k_v$			
Ledare av stålaluminium, aluminium eller legerat aluminium		Ledare av koppar eller stål	
Spänkkedjor, stödisolatorer	Hängkedjor, V-kedjor	Spänkkedjor, stödisolatorer	Hängkedjor, V-kedjor
1,0	1,1	1,2	1,3

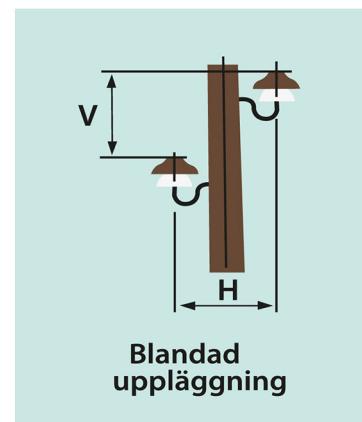
### 4.18.5 Likaledare i skilda horisontal- och vertikalplan (blandad uppläggning)



Figur 36 Horisontell  
Uppläggning



Figur 37 Vertikal  
Uppläggning



Figur 38 Blandad  
Uppläggning

Vid blandad uppläggning beräknas minsta horisontalavstånd  $h$  och minsta vertikalavstånd  $v$  ur formlerna

$$h = H \cdot \sqrt{1 - \frac{v}{V}}$$

och

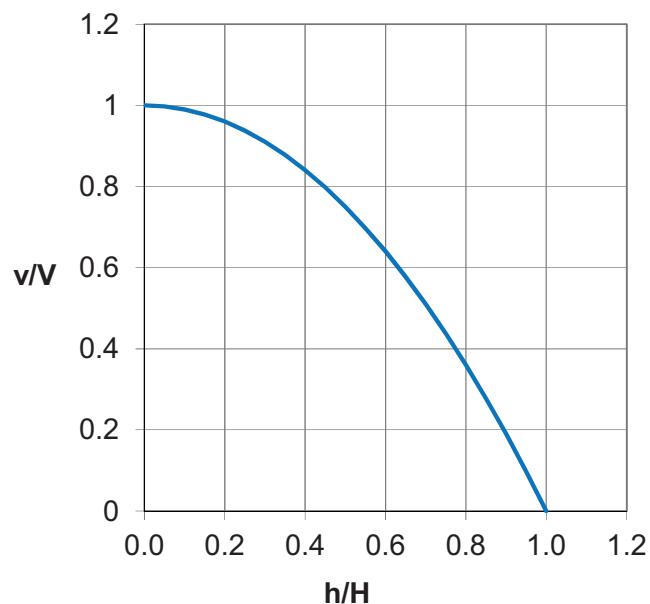
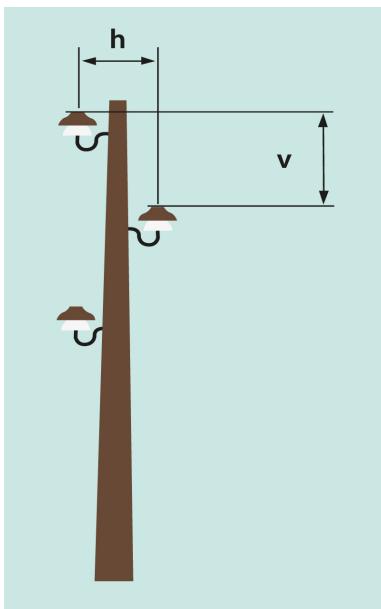
$$v = V \cdot \left(1 - \frac{h^2}{H^2}\right)$$

där

H är enligt 4.18.2 beräknat horisontalavstånd

V är enligt 4.18.4 beräknat vertikalavstånd.

De båda formlerna ovan är egentligen samma formel men där man löst ut h i den övre och v i den undre formeln. Den visas grafiskt i diagrammet nedan till höger. Relativa avstånden h/H och v/V ska ligga utanför den blå linjen i diagrammet.



Figur 39 Blandad uppläggning

#### 4.18.6 Avstånd mellan belagda ledare

Oberoende av ledningstyp (ledning i förstärkt utförande, brotsäker ledning med flera) ska belagd ledare fästas i stolpe på ett inbördes avstånd av minst 1/3 av det avståndet som framgår av avsnitt 4.18.2–4.18.5, dock minst 115 % av avståndet fas-jord vid belastningsfall E och F enligt avsnitt 4.4.

## 4.19 Ledares avstånd till stolpe med mera i den egna ledningen

### 4.19.1 Allmänt

I fråga om minsta tillåtna avstånd i luft från spänningssförande del (ledare, linhållare, ljustbågshorn o dylikt) till stolpe, jordad del mm samt minsta tillåtna luftavstånd mellan spänningssförande delar som tillhör skilda faser i stolpe gäller fordringarna i avsnitt 1. Beträffande luftavstånd mellan spänningssförande del och stag gäller dessutom de i avsnitten 4.19.2 – 4.19.4 angivna kraven.

### 4.19.2 Luftavstånd till icke-jordat stag i direkt jordat system

Luftavstånd mellan spänningssförande del och ojordat stag får inte understiga vad som framgår av Tabell 27.

**Tabell 27**

Luftavstånd till icke-jordat stag i direkt jordat system

Ledningsstolpe	Stag <sup>1)</sup>	Minsta luftavstånd mm	Belastningsfall enligt avsnitt 1
Ojordad metallregel	Av elektriskt ledande material, nedre ledande del på stagisolator	$1,8 \times L_1^{2)}$	E eller F
	Isolerande del på stagisolator	$1,1 \times L_1^{2)}$	E eller F
Jordad metallregel eller jordade isolatorfästen	Av elektriskt ledande material, nedre ledande del på stagisolator	$1,5 \times L_1^{2)}$	E eller F
	Isolerande del på stagisolator	$1,1 \times L_1^{2)}$	E eller F

1) Staget behöver vara dimensionerat för enbart mekanisk last

2)  $L_1$  är isolatorkedjans verkliga överslagsavstånd

### 4.19.3 Luftavstånd till jordat stag i direkt jordat system

Om luftavståndet mellan spänningssförande del och stag är mindre än som anges i stycke 4.19.2, ska staget vara jordat och dimensionerat för såväl mekanisk last som dimensionerande felström (kortslutnings- eller jordslutningsström) och bortkopplingstid. Tillåten strömtäthet för stag framgår av Tabell 28.

**Tabell 28**

Tillåten strömtäthet för stag

Detalj	Slut-temperatur vid kortslutning °C	Strömtäthet för dimensionerande kortslutningstid	
		1,0 s A/mm <sup>2</sup>	0,5 s A/mm <sup>2</sup>
Stag Fe-lina	300	58	82
Stag Fe Al-lina	300	123 <sup>1)</sup>	174 <sup>1)</sup>
Tillbehör av stål	400	70	99
Tillbehör av aducerjärn, segjärn eller gjutstål	400	40 <sup>2)</sup>	57 <sup>2)</sup>

*Endast aluminiumarean medräknas.**Högre värden får tillämpas om de verifieras genom provning.*

Dock får stag dimensioneras för enbart mekanisk last om stolpen är så dimensionerad att materialpåkänningar inte överskrids då ledningen efter stagbrott belastas av full vindlast på isfria ledare vid +15 °C efter islast och krypning. Denna kontroll utförs med partialkoefficienter enligt Tabell 6.

#### 4.19.4 Luftavstånd till stag i icke-direkt jordat system

Luftavstånd enligt kapitel 4 tillämpas. Om kortslutning mellan faser kan medföra avbränning av stag gäller de krav som anges i avsnitt 4.19.2 eller 4.19.3.

#### 4.19.5 Ledares avstånd till stolpe med mera i annan ledning

Beträffande ledares avstånd till belysningsanläggning se avsnitt 4.20. Beträffande ledares avstånd till ledare i annan ledning se avsnitt 4.18.

När starkströmsledningar eller starkströmsledning och svagströmsledning, som inte är upplagda i gemensamma stolpar, är dragna i närheten av varandra (till exempel parallellföring, korsning) ska, såvida inte vederbörande myndighet medger annorlunda, erforderligt avstånd för arbete i stolpe finnas mellan ledningarna. Med hänsyn härtill ska horisontala avståndet från stolpkonstruktion, med undantag av stag, till närmaste spänningsförande del i den andra ledningen, om denna är en starkströmsledning, vara minst 1,5 m om konstruktionsspänningen är högst 1 kV, minst 2 m om spänningen är högst 55 kV och minst (2,0 m + S) om spänningen är högre än 55 kV (S = spänningstillägg enligt kapitel 1). Dessa avstånd får inte underskridas i något av följande belastningsfall:

- fullt utslag hos ledarna till följd av vindtryck vinkelrätt mot ledningen (se avsnitt 3.4.2) vid maximitemperatur på ledare vid vind (se avsnitt 3.6.2b),

- 2) fullt utslag hos ledarna till följd av vindtryck vinkelrätt mot ledningen (se avsnitt 3.4.2) vid isbelastade linor (se avsnitt 3.3.2).

Luftavstånd mellan spänningssförande del i en ledning och stag i annan ledning ska vara minst 10 % större än de luftavstånd som anges i avsnitt 4.19.

Om kraven på horisontalavstånd inte kan uppfyllas och stolpe i underliggande ledning är placerad under den överliggande ledningens ledare, måste avståndet från denna senare lednings spänningssförande ledare till närmaste del på stolpen (stolptopp, isolatorregel eller dylikt) uppfylla avståndskraven i tabell 29. Stolpe i svagströmsledning med kopplingsställe får inte vara belägen under högspänningsledning för 100 kV eller däröver.

## 4.20 Ledares avstånd till belysningsstolpar, flaggstänger eller staket

Om belysningsstolpar, flaggstänger, staket eller liknande konstruktioner som det normalt sett inte klättras på är placerade i närheten av starkströmsledning, får avståndet från ledare till stolpe inte underskrida avstånden i nedanstående tabell.

**Tabell 29**

Ledares avstånd till belysningsstolpar, flaggstänger eller staket

Lastfall	Avstånd
Fullt utslag hos ledarna till följd av vindtryck vinkelrätt mot ledningen (se avsnitt 3.4.2) vid maximitemperatur (se avsnitt 3.6.2b)	4,0 m
Fullt utslag hos ledarna till följd av vindtryck vinkelrätt mot ledningen (se avsnitt 3.4.2) vid isbelastade linor (se avsnitt 3.3.2)	4,0 m
Ledarna vid maximitemperatur och vindstilla (se avsnitt 3.6.2a)	4,0 m
Ledarna belastade vid 0 °C med jämnt fördelad islast vid vindstilla (se avsnitt 3.3.3)	4,0 m
Ledarna i spannet belastade vid 0 °C med lokal islast vid vindstilla (se avsnitt 3.3.4)	4,0 m
Ledarna vid kortslutningstemperatur (se avsnitt 3.6.4)	2,0 m

Belysningsstolpe som kan bli påkörd får, om den faller, inte komma i farlig närhet av starkströmsledningens spänningssförande ledare. Detta villkor kan i allmänhet anses uppfyllt om avståndet från en fallande belysningsstolpe till vertikalt hängande fasledare inte understiger

(1,0 m + S), (S = spänningstillägg enligt kapitel 1).

Ledningen, som korsar ledning för belysningsanläggning, ska ligga överst. Beträffande

vertikalt avstånd i korsningen och korsningens utförande i övrigt gäller kraven på korsning mellan starkströmsledningar.

### 4.21 Avstånd till träd

#### 4.21.1 Allmänt

Frilednings skogsgata ska vara sådan att betryggande avstånd till träd finns. Avstånd till fas bör vara minst 2 m vid belagd lina och 3 m vid blank lina. Skogsgata för belagd lina och för blank lina bör vara 8 m. För brottsäker ledning erfordras trädsäker ledningsgata.

Se U 301 F "Ledningsgata".

En ledning får inte vara fäst i träd. Den får inte heller vara framdragen i farlig närhet av fruktträd eller så nära andra träd, att risk för kontakt mellan träd och ledningen föreligger. Sådana träd i en lednings skogsgata och sidoområden som kan utgöra en fara för ledningen ska avlägsnas.

SS-EN 50341-2-18 avsnitt 5.9.2.

#### 4.21.2 Belagda ledare

Ledning med belagda ledare i skogsgata får utföras med avståndet 1,5 m mellan belagd fasledare och trädstam. Avståndet till trädgrenar och andra föremål ska dock vara tillräckligt för att nätingsskador på den belagda fasledaren ska undvikas.

#### 4.21.3 Blank ledare

Ledning med blank ledare i skogsgata ska utföras med minst ett avstånd av 3,5 m mellan fasledare och trädstam.

#### 4.21.4 Hängkabel och hängspiralkabel

Se avsnitt 11.1

## 4.22 Speciella stolpkonstruktioner

I vissa speciella stolpkonstruktioner förekommer apparater, exempelvis frånskiljare, med jordade isolatorfästen. Dessa apparater bör ha samma isolationsnivå som ledningen i övrigt, såvitt de inte skyddas av överspänningsskydd. Om ledningen normalt utnyttjar träisoleringen mellan fas och jord medför detta i allmänhet att större isolatorer måste väljas för apparaterna än för ledningen i övrigt.

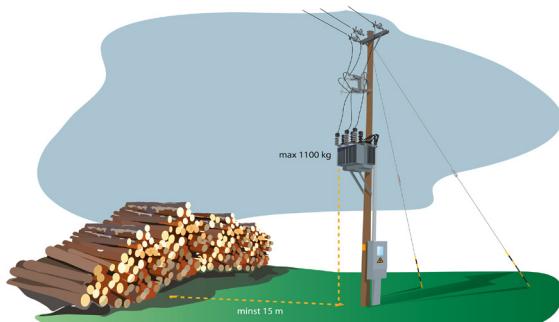
Som vägledning vid val av isolatorstorlek rekommenderas tabell 12 avsnitt 4.13.

## 4.23 Placering av transformator

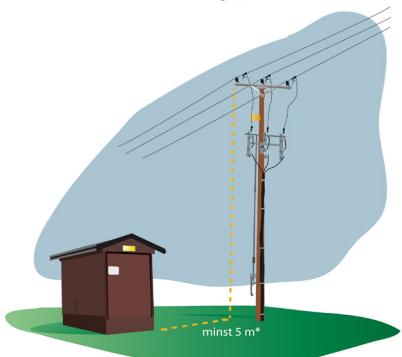
Med hänsyn till risk för skada av brand och personsäkerhet gäller följande beträffande transformators placering i eller vid ledning med högst 24 kV konstruktionsspänning.

T1 respektive T2 ska placeras minst 15 m, och markstation ska placeras minst 5 m från brännbar byggnad eller upplag.

Max 1100kg transformator får placeras i stolpe T1. Tyngre transformatorer max 315 KVA placeras i T2 eller markstation. Markstation placeras på minst 5 m avstånd från ledningens ytterfas vid vindstilla och minst 3 m från ytterfas vid största förekommande utsvängning. Transformatorns anslutning till ledningen förutsätts ske på sådant sätt och med sådan materiel att ledningen inte försvagas vare sig elektriskt eller mekaniskt varken vid monteringen eller vid framtida drift.

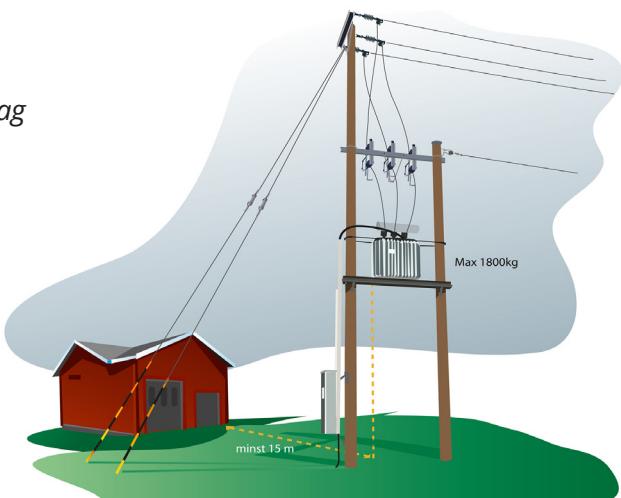


Figur 40 Stolptransformator vid brännbart upplag



\* minst 5 meter till ytterledare eller minst 3 meter vid full utsvängning på ledare

Figur 41 Transformatorstation



Figur 42 Stolptransformator T2

## 4.24 Starkströms- och svagströmsledningar på gemensamma stolpar

Luftledning för starkström med högst 25 kV systemspänning och parallell ledning för svagström får utan hinder av vad som står i stycke 4.17.4 förläggas på gemensamma stolpar under följande förutsättningar, för mer information om sambyggnad se publikation, Sambyggnad samförläggning tekniska krav.

## 4.25 Luftledning i förhållande till vissa platser

En luftledning för högspänning, som inte är en metallmantlad eller skärmad kabel, ska vara framdragen på betryggande avstånd från platser där många människor samlas, t.ex. skolgårdar, idrotts- och campingplatser och bad- och lekplatser.

En luftledning får vara framdragen över områden för fritidsaktiviteter som normalt inte har åskådarplatser, till exempel golfbanor, under förutsättning att skador på ledningen har förebyggts och ledningen är utförd som brottsäker ledning eller, vid högst 25 kV nominell spänning, som ledning i förstärkt utförande.

Råd: Med betryggande avstånd avses normalt att en spänningsförande ledares horisontella avstånd till platsen inte understiger 20 m.

Elsäk FS 2008:1 kap 6 §7.

## 4.26 Luftledning i förhållande till parkeringsplatser

En luftledning för högspänning, som inte är en metallmantlad eller skärmad kabel, ska vara framdragen på betryggande vertikalt och horisontellt avstånd från parkeringsplatser.

Vid bedömning av det avstånd som är nödvändigt för att ge betryggande säkerhet vid parkeringsplatser ska hänsyn tas till vilken typ av fordon parkeringsplatsen är avsedd för och om det är tillåtet att parkera fordon som är avsedda för transport av explosiva eller brandfarliga varor.

Tabell 2 och 4 i Elsäk FS 2008:1 kap 6 §8

## 4.27 Luftledning i förhållande till skjutbanor

En luftledning ska vara framdragen på betryggande avstånd från skjutbanor.

Vid bedömning av det avstånd som är nödvändigt för att ge betryggande säkerhet vid skjutbanor ska hänsyn tas till hur skjutbanan är utformad och hur den används. Avståndsbedömningen ska omfatta avståndet i sidled, det horisontella avståndet bakom skjutplatsen och bakom kulfånget samt hur väl synlig ledningen är från skjutplatsen.

Elsäk FS 2008:1 kap 6 §9

## 4.28 Luftledning i förhållande till upplag med brännbart material och områden med explosionsrisk

En friledning ska vara framdragen på betryggande avstånd från upplag med brännbart material och områden med explosionsrisk.

Råd. De mått som anges i utdrag ur tabell 30 kan ge vägledning vid bedömning av vad som kan anses vara betryggande avstånd till ett område med explosionsrisk.

Minsta horisontella avstånd i meter från spänningsförande ledare till ett område med explosionsrisk

**Tabell 30**

Konstruktionsspänning kV	Avstånd till ett riskområde med brandfarlig vara med hänsyn till risken för elektrostatisk uppladdning enhet (m)	Avstånd till ett förråd med explosiv vara enhet (m)
12,0 – 72,5	15	50

Med konstruktionsspänning avses högsta driftspänning för anläggning och utrustning.

Elsäk FS 2008:1 kap 6 §10

## 4.29 Stolpar, stag och strävor: Avstånd vid allmänt trafikerad väg

Stolpar, stag och strävor vid väg ska vara placerade på sådant sätt, att de inte medförs risk för trafiken eller försvårar vägens underhåll.

Stolpe, stag eller sträva får inte placeras på körbana, vägren, cykel- eller gångbana eller skiljeremsa och inte heller så, att avrinning i vägdike eller snöröjning försvåras. Inom annan del av vägområdet får inte heller stolpe, stag eller sträva placeras utan särskilt tillstånd av väghållaren.

Väghållaren medger tillstånd för placering av stolpe med tillbehör för placering inom vägområde.

Inom område för motorväg och motortrafikled får inga andra elektriska anordningar än sådana som erfordras för vägtrafiken förekomma.

Närmare uppgifter om avstånd från vägrenens (körbanans) ytterkant framgår av:

Trafikverkets samt kommunala och lokala normer och anvisningar.

Beträffande luftledning över väg se 4.16.2 och 4.16.3.

I övrigt hänvisas till 2 och 3 § samt 44 § väglagen (1971:948), vägförordning 6 kap 4 §2012:707 och 17§ starkströmsförordningen (2009:22).

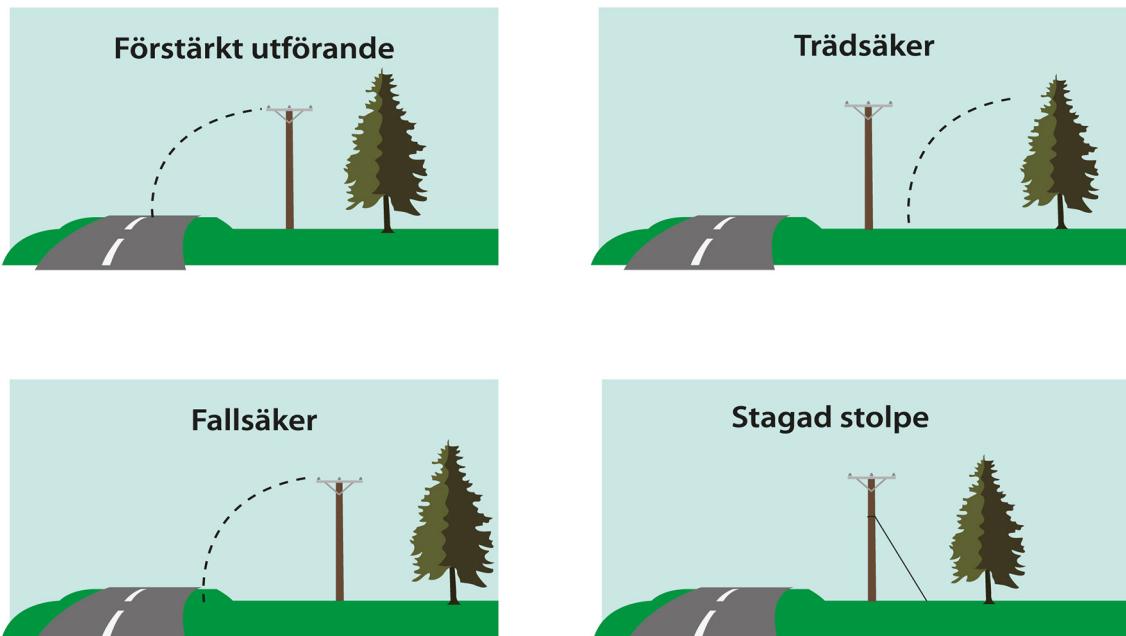
## 4.30 Friledning längs allmänt trafikerad väg

Friledningar längs allmän väg ska såvitt möjligt vara belägna så, att deras horisontala avstånd från närmaste vägrenskant är åtminstone lika stort som stolparnas höjd över marken.

År avståndet till vägrenskant mindre ska åtgärd vidtas som förebygger dels stolpfall mot vägen, dels att bristen ledare kommer in på körbanan och vägrenen.

Åtgärd som avses i andra stycket kan bland annat bestå i att en friledning utförs

- ▶ - brottsäker enligt gällande standard eller
- ▶ - i förstärkt utförande enligt gällande standard eller
- ▶ - i klass B enligt gällande standard med stålaluminiumledare med minst  $62 \text{ mm}^2$  area  
eller ledare av legerat aluminium med minst  $99 \text{ mm}^2$  area samt med sidostagade stolpar där friledningen inte är trädsäker.



Figur 43

# 5. Jordningssystem

## Allmänt

Det finns olika sorters jordningssystem. Skydds- och funktionsjordning.

Se mer i K25 Jordningskonstruktioner.

EBR- publikationen IN 066 "Åskskydd av distributionsanläggningar" gäller upp till 24kV.

För spänningar överstigande 24kV se VAST-handling. "Jordning av 11-400kV Luftledningar".

## 5.1 Genomgående jordlineskydd

Det genomgående jordledarskyddets uppgift är att öka friledningens driftsäkerhet mot atmosfäriska överspänningar och att reducera friledningens störningsverkan på närbelägna teleledningar. Skyddet minskar risken för direkt blixtnedslag i fasledare och medger dessutom parallellkoppling av jordtag, varigenom ledningens skyddsjordning förbättras.

Vid hög markresistivitet kan felfrekvensen sänkas genom att stolpjordtagen förbinds med genomgående jordledare i mark.

Ett på rätt sätt utfört genomgående jordledarskydd är ett effektivt medel att höja en frilednings driftsäkerhet, men användningen begränsas på grund av de förhållandevis höga kostnaderna till sådana ledningar för vilka kraven på driftsäkerhet är särskilt höga. Beträffande utförande av jordledarskydd se avsnitt 5.2.

## 5.2 Inledningsskydd

Inledningsskyddets uppgift är att reducera storleken av de överspänningar som via ledningen inkommer till stationsanläggningen. Genom reduktionen skyddas stationsanläggningens ventilavledare mot alltför höga överspänningar och skyddsnivån i anläggningen blir lägre.

Inledningsskydd kan bestå av ett jordledarskydd ett stycke ut från stationsanläggningen, eventuellt i kombination med jordning av isolatorfästen i trästolpar, eller av en förbättring närmast stationen av ett genomgående jordledarskydd, till exempel genom gynnsammare placering av faslinorna eller genom effektivare stolpjordning.

Friledning för 45 kV och högre spänning bör förses med inledningsskydd. Ivid stationsanläggning, på vilken särskilt höga driftsäkerhetskrav ställs, bör dock inledningsskydd anordnas även vid lägre spänning.

Med hänsyn till ventilavledarna i stationsanläggningen bör inledningsskyddets längd uttryckt i meter vara minst tre gånger friledningens konstruktionsspänning i kV. Längden bör dock vara minst 200 m.

Inledningssträckans isolationsnivå bör så nära som möjligt överensstämma med isolationsnivån för stationsanläggningen. Högre isolationsnivå för inledningssträckan än för stationen ger sämre skydd för stationen medan lägre isolationsnivå medför ökad

risk för överslag på inledningssträckan.

Inledningsskydd som är utfört som en förbättring närmast stationen av ett genomgående jordledarskydd bör ges samma längd som inledningsskydd utfört utan genomgående jordlinor. Angiven längd i stycket ovan kan således tillämpas.

Jordledarskydd används bland annat för att skydda faslinorna mot direkt blixtnedslag. Jordledarnas placering i förhållande till faslinorna anges genom skyddsvinkeln. Denna definieras som den spetsiga vinkelns mellan lodlinjen och sammanbindningslinjen mellan jordledare och fasledare. Då ledningstvärsnittets fasledare är belägna i ett horisontalplan är skyddsvinkeln för de yttersta faslinorna avgörande för ledningens säkerhet vid direkt blixtnedslag. Skyddsvinklar mindre än 25–30° anses normalt ge god säkerhet.

## 5.3 Utförande av stolpjordning

Utsatta delar samt främmande ledande delar som vid fel kan bli spänningssatta och medföra fara för personer, husdjur eller egendom, ska vara skyddsjordade på betryggande sätt.

Jordning av stolpe kan utföras med djupjordning, ytjordning eller med längsgående jordledare i mark.

Djupjordning med jordelektrod och tillhörande jordledare används då marken i närheten av stolpen har god ledningsförmåga. Jordledarnas antal och längd anpassas efter ledningsförmågan.

Regel av elektriskt ledande material ska alltid jordas vid längsgående jordledare.

## 5.4 Ledares minimiarea

En jordledare ska vara så dimensionerad, att den maximala jordslutningsströmmen inte kan framkalla någon för ledaren eller dess omgivning skadlig uppvärming.

**Tabell 31**

Följande areor får inte underskridas för blank jordledare:

	Koppar mm <sup>2</sup>	Stål mm <sup>2</sup>	Kopparbelagt stål mm <sup>2</sup>	Aluminium eller legerat aluminium mm <sup>2</sup>
Jordtagsledare	25	50	25	-
Annan jordledare ovan jord	10	25	25	30
I jord	25	50	25	-

## 5.5 Stolpe med två eller flera ledningar

Då två eller flera ledningar är upplagda på gemensamma stolpar är risken stor att överslag inträffar samtidigt i mer än en ledning vid blixtnedslag i en av ledningarna. Om dessa tillhör ett och samma nät är det ofta ett krav, främst vid nät för högre spänningar, att antalet samtidiga överslag i mer än en ledning nedbringas till låga värden. För att nå detta mål bör ledningarnas totala åskfelsfrekvens göras liten genom uppläggning av längsgående jordledare (se avsnitt 5.1 och 5.2) och genom att jordningarna för stolparna (se avsnitt 5.3) görs så effektiva (lägresistiva) som möjligt.

## 5.6 Jordning av parallellgående ledningar

Det är inte lämpligt att utan närmare studie av varje enskilt fall förbinda jordningssystem tillhörande olika ledningar. Visserligen minskas härigenom den totala åskfelsfrekvensen men samtidigt ökas risken för samtidiga ledningsfel.

Faktorer som härvid är av betydelse är stolpens höjd och typ, markens resistivitet, jordningssystemets utförande, systemspänning med mera.

# **6. Stolpar: Material, utförande och beräkning**

Sedan lång tid har man främst använt sig av kreosotimpregnerad fura som bärare av infrastrukturen luftledning. Skälet till detta kan beskrivas i en kostnadseffektiv produkt i kombination med råvarutilgång och långa traditioner av att använda skogen som råvarukälla. Av miljömässiga och arbetsmiljömässiga skäl har alternativ till kreosotimpregnerade stolpar introducerats på marknaden i allt större grad. Det introduceras en bred flora av olika material med sina specifika fördelar och nackdelar. I dagsläget så utgår dimensionering för loklnätet dock med trästolpen som utgångspunkt.

Vissa typer av stolpar som är sammansatta av olika material i kombinationer finns inte upptagna i standardens ramverk. Hur dessa ska beräknas ur ett mekaniskt hållfasthetshänseende och vilka faktorer som ska användas finns i dagsläget inget svar på. De förekommande tillverkarna som tillverkar stolpar i alternativa material har egna överersetningstabeller som fungerar med trästolpen som referens.

## **6.1 Stål**

Material till stålstolpar ska vara enligt SS-EN 1993-1-1 tillsammans med Boverkets konstruktionsregler, EKS.

Stålstolpar ska tillverkas enligt relevanta delar av SS-EN 1090-2.

### **6.1.1 Fackverksstolpar**

Fackverksstolpar dimensioneras enligt SS-EN 50341-1 och SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.3 och Annex J.

### **6.1.2 Stålörssstolpar**

Stålörssstolpar dimensioneras enligt SS-EN 50341-1 och SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.4 och Annex K.

## **6.2 Trä**

Till naturvuxna stolpar och sågat virke bör företrädesvis användas furu (*Pinus Sylvestris*).

### **6.2.1 Limträstolpar**

Material och dimensionering av limträstolpar ska vara i enlighet med SS-EN 1995-1-1 tillsammans med Boverkets konstruktionsregler, EKS samt SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.8/SE.1.1.

### **6.2.2 Naturvuxna trästolpar**

Trästolpar ska tillverkas i enlighet med SS-EN 14229. Trästolpars dimensioner kan klassificeras i enlighet med tabell 33.

Stagade och ostagade trästolpar grundlagda i jord eller på berg kan dimensioneras med

första ordningens teori. Initialkrokigheten behöver inte beaktas vid dimensioneringen om en rät linje mellan mittpunkterna av rot- och toppytorna inte i någon punkt faller utanför stolpen.

För rundvirke och slipers av furu ska dimensionerande hållfasthetsvärden vara i enlighet med tabell 32.

### **Tabell32**

**Dimensioneringsvärde på hållfasthet och elasticitetsmodul för furu i naturvuxna trästolpar, lastkombination 1**

	Dimensionerings-värde på hållfasthet (MPa)
Böjning $f_{md}$	30
Permanent böjbelastning $f_{md}$ i lastfall 2a	15,7
Skjuvning $f_{vd}$	2,6
Tryck vinkelrätt fibrerna $f_{c90d}$	4,0
Tryck parallellt fibrerna $f_{cd}$	14,5
Elasticitetsmodul $E_{Rd}$ för utböjnigsberäkning	10000
Elasticitetsmodul $E_{Rd}$ för knäckningsberäkning	5200

För avgränsningsstolpar så är dimensionerande böjspänningen  $f_{md} = 43 \text{ MPa}$  i lastfall 5b.

### **6.2.3 Rötskadade naturvuxna trästolpar**

Trästolpars hållfasthet försämras genom röta som vanligtvis uppstår vid jordbandet.

Röta kan vara av skilda slag och angriper stolpen olika beroende på stolpens impregnering, var stolparna är belägna i landet och i vilket markslag stolparna står.

I dimensioneringsvärdet för böjning enligt tabell 32 har viss hänsyn tagits till inspektionsintervall och hållfasthetsförändringar i trästolpar bland annat på grund av röta. Förändringarna får dock inte medföra att böjpåkänningar för kvarvarande, oskadat nettotvärssnitt överskrider  $f_{md} = 40 \text{ MPa}$ . För knäckning används  $E = 6900 \text{ MPa}$ . Dock får minsta kvarvarande friska diameter i jordbandet inte understiga stolpens toppdiameter.

För stolpe i korsning med väg eller järnväg eller underliggande ledning ska dimensioneringsvärdena vara i enlighet med tabell 32.

I korsningsstolpe av trä tillåts inte att den enligt standarden erforderliga hållfastheten försämras på grund av röta

Förstärkning ska utföras så att stolpens elastiska egenskaper och hållfasthet i stort sett återställs. Kvarvarande oskadat trä inom skadeområdet får inte medräknas vid dimensionering av förstärkning.

**Tabell 33**

Dimensioner för trästolpar

Klass	K	L	N	G	E	S	S+2
Toppdiameter min (mm)	130	140	150	170	190	210	230
Toppdiameter max (mm)	150	160	190	210	220	240	260
Längd (m)	Diameter 2 m från rot (mm)						
Tolerans -1 / +2 %	Tolerans -0 / +40 mm						
8	170	190	-	-	-	-	-
8,5	170	190	-	-	-	-	-
9	180	200	220	240	260	280	-
9,5	180	200	220	240	260	280	-
10	190	210	230	250	270	290	-
10,5	190	210	230	250	270	290	-
11	200	220	240	260	280	300	320
11,5	200	220	240	260	280	300	320
12	210	230	250	270	290	310	330
12,5	-	230	250	270	290	310	330
13	-	240	260	280	300	320	340
13,5	-	-	260	280	300	320	340
14	-	-	270	290	310	330	350
14,5	-	-	270	290	310	330	350
15	-	-	280	300	320	340	360
15,5	-	-	280	300	320	340	360
16	-	-	290	310	330	350	370
16,5	-	-	290	310	330	350	370
17	-	-	300	320	340	360	380
17,5	-	-	300	320	340	360	380
18	-	-	310	330	350	370	390
18,5	-	-	310	330	350	370	390
19	-	-	320	340	360	380	400
19,5	-	-	-	-	360	380	400
20	-	-	-	-	370	390	410
20,5	-	-	-	-	370	390	410
21	-	-	-	-	380	400	420
21,5	-	-	-	-	380	400	420
22	-	-	-	-	390	410	430
22,5	-	-	-	-	-	-	430
23	-	-	-	-	-	-	440

## **6.3 Betongstolpar**

För dimensionering och tillverkning av betongstolpar gäller SS-EN 50341-1 och SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.6.

## **6.4 Stagade stolpar**

För staglina gäller fordringar i SS 424 08 06. Staglina i stål ska ha en brottlast av minst 30 kN.

Dimensioneringsvärdet för ett stag är:

$$F_{d,g} = \frac{F_{ke,g}}{\gamma M2}$$

$$F_{ke,g} = K_e \cdot F_{k,g}$$

där

$F_{ke,g}$  reducerad kapacitet för stag

$\gamma M2$  partialkoefficient för stag:

1,4 för raklinjestolpar

1,55 för vinkel- och ändstolpar (permanent belastade stag).

$F_{k,g}$  brottlast för stag enligt SS 424 08 06

$K_e$  förlustfaktor som kan sättas till 0,9 för kilade stagskruvar som uppfyller kraven angivna i SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.7.4.1.

Elasticitetsmodulen för staglina i stål enligt SS 424 08 06 ska vara 180000 MPa.

## **6.5 Aluminiumstolpar**

För dimensionering och tillverkning av aluminiumstolpar gäller SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.8/SE.1.2.

## **6.6 Fiberarmerade polymerstolpar**

För dimensionering och tillverkning av fiberarmerade polymerstolpar (kompositstolpar) gäller SS-EN 50341-2-18, avsnitt 7.8/SE.1.3.

## **6.7 Korrosionsskydd och ytbehandling**

Eftersom i allmänhet målning är ett sämre korrosionsskydd än förzinkning, rekommenderas vid målning en ökning av godstjockleken i bärande konstruktioner med någon millimeter. Detta är särskilt viktigt i salthaltig atmosfär vid kusterna och i korrosiv industriatmosfär, där man också bör undersöka om enbart förzinkning är tillräckligt korrosionsskydd.

### **6.7.1 Förzinkning**

Varmförzinkning ska utföras enligt SS-EN 1461 med skikttjocklekar enligt tabell 34. Vid utförande av varmförzinkade konstruktioner ska SS-EN ISO 14713-2 beaktas.

**Tabell 34**

Godstjocklek	Fe/Zn 95		Fe/Zn 115		Fe/Zn 215	
	Lokal skikttjocklek	Medelvärde skikttjocklek	Lokal skikttjocklek	Medelvärde skikttjocklek	Lokal skikttjocklek	Medelvärde skikttjocklek
mm	µm	µm	µm	µm	µm	µm
t > 6	85	95	100	115	190	215
t ≤ 6	70	85	85	95	115	140

Fe/Zn 95: för stål i luft

Fe/Zn 115: för smidda bergförankringar

Fe/Zn 215: för stål i mark

Varmförzinkning av skruvar ska utföras enligt SS-EN ISO 10684. Förzinkade gängor ska vara underskurna enligt SS-ISO 965-4. Detaljer med gängor ska uppfylla angiven klass enligt tabell 34 med undantag för den gängade delen och maximalt fem stångdiametrar från gängslutet där skikttjockleken ska vara enligt SS-EN ISO 10684.

Fel i förzinkningen kan repareras genom sprutförzinkning eller efter köparens medgivande genom målning två gånger med zinkrik färg med ett zinkinnehåll på 92–95 %. Ytan ska vara väl rengjord genom sandblästring eller liknande samt torr. Innan färgen anbringas bör ytan avfettas och helst vara något uppvärmad.

Varmförzinkning av stållinor ska utföras enligt SS-EN 50189, klass A.

Det är viktigt att produkten är anpassad för galvning med tex avfasade hörn osv. för att få ett gott rotskydd.

### **6.8 Kombinerade material**

Stolpar av trä med ett överdrag av plastmaterial ska hanteras som en trästolpe ur ett mekaniskt hållfasthetshänseende.

Stolpar med yttre skal av plast med en kärna av trämaterial och skum är svårare att beräkna ur ett hållfasthetshänseende och tillverkarens anvisningar blir gällande i dessa fall av kombinerade material.

# 7. Fundament och grundläggning

## 7.1 Eurokoder

De generella anvisningarna i SS-EN 1997-1 (avsnitt 1 till 5) och SS-EN 1997-2 ska beaktas tillsammans med Boverkets konstruktionsregler, EKS.

Utförandet av betong, stål och träfundament ska vara i enlighet med tillämpliga EN-standarder och EKS.

## 7.2 Betong

Betongens hållfasthetsklass ska inte vara lägre än C25/30. Högre kvalitet kan krävas beroende på exponeringsklassen. För krav i bruksgränstillstånd, exempelvis begränsning av sprickbredd i betong ska lasterna beräknas med lastfaktorer för lastkombination 2 enligt tabell 8 avsnitt 3.12. Vindstilla, en temperatur på 0 °C och linor före töjning kan antas i detta fall.

## 7.3 Stål

Fundament av stål ska skyddas effektivt mot rost.

Korrosionen i jord är i allmänhet större än i luft och korrosionsförhållandena är betydligt mer komplicerade. Val av korrosionsskydd – såsom varmförzinkning, asfaltering eller målning – bör därför om möjligt föregås av undersökning som klarlägger markens egenskaper.

En stålkonstruktion nedgrävd i jorden rostar (korroderar) i olika grad alltefter jordens beskaffenhet. I väl dränerad sand- eller grusjord eller i jord med obetydlig rörelse hos grundvattnet är korrosionsangreppet minst. Det ökar med tilltagande fuktighet i jorden och ökad rörelse hos grundvattnet. Angreppet ökar också med konduktiviteten hos markvätskan. Högre halt av lösta salter ger ökad konduktivitet och därmed ökat korrosionsangrepp. Korrosionsangreppet ökar även med tilltagande surhet hos marken.

Liksom i luft är varmförzinkning ett gott korrosionsskydd i de flesta jordarter. I måttligt aggressiv jord kan enbart väl utförd varmförzinkning vara tillfyllest. I mera aggressiv jord fordras förstärkt korrosionsskydd (t.ex. ett tjockare zinklager eller ett kompletterande bitumenlager) eller också en ökning av stålkonstruktionens godstjocklek med någon millimeter (rostmån).

I tjälskjutande mark kan enligt hittillsvarande erfarenhet ett varaktigt korrosionsskydd i jordens frostzon inte åstadkommas genom målning. Färgskiktet förstörs nämligen genom tjälrörelserna.

Övriga fordringar på material och utförande se avsnitt 6.1.

## 7.4 Trä

Trävirke som ingår i fundament bör vara impregnerat, såvida det inte ständigt ligger under vatten eller i jord av sådan beskaffenhet att virket är skyddat mot förmultning. Det senare är fallet med lera, gyttja eller dyjord, vars porer är helt fyllda med vatten och vars konsistens är sådan att lufttillförsel till virket förhindras.

## 7.5 Fundamenttyper och beräkning av fundament

Fundament utsätts dels för vertikala, dels för horisontala krafter. Dessa krafter beräknas för samma belastningsfall som för stolpar enligt kapitel 3.

Säkerheten mot stjälpning och uppdragning bör i allmänhet ökas om noggrann grundundersökning inte gjorts. Detta gäller i synnerhet vid fundament till konstruktioner, som huvudsakligen ska ta upp ensidigt verkande långtidsbelastning, såsom ändstolpar och vinkelstolpar, samt vid fundament till statiskt obestämda konstruktioner, vilka är särskilt känsliga för ojämna fundamentrörelser.

Återfylld jord återvinner inte omedelbart sina ursprungliga hållfasthetsegenskaper ens vid omsorgsfull packning. Om fundament väntas få stor stjälpande eller uppdragande belastning innan återfyllningen hunnit konsolideras bör hänsyn härtill tas vid dimensioneringen.

Fundament på berggrund ska utformas så att de motstår de drag- tryck- och skjukvrafter som de kan komma att utsättas för. De ska förankras säkert med bergbult och bergets hållfasthet ska då beaktas så dess tryckkapacitet inte överskrids. Dimensioneringsvärdet för dragning av bergbult ska vara i enlighet med SS-EN 1997, avsnitt 8. Partialkoefficienterna enligt tabell A.12 i SS-EN 1997 för förspända förankringar får även användas för icke förspända förankringar.

### 7.5.1 Egentyngd hos betong och jord

Vid tyngdberäkning antas egentyngden hos betong vara  $23 \text{ kN/m}^3$  ovan vatten och  $13 \text{ kN/m}^3$  i vatten. För grus, fast lagrad sand och morän antas motsvarande värden vara  $18 \text{ kN/m}^3$  och  $11 \text{ kN/m}^3$ . Om jordens egentyngd inte bestämts får i övrigt jordmassans tyngd antas uppgå till högst  $16 \text{ kN/m}^3$  ovan vatten och  $9 \text{ kN/m}^3$  i vatten. För lösare lera bör dessa värden minskas till  $15 \text{ kN/m}^3$  och  $5 \text{ kN/m}^3$ . För andra lösare jordarter bör man räkna med ännu lägre värden. Lera har i regel inget fritt grundvatten.

### 7.5.2 Plattfundament utsatt för i huvudsak vertikala lyftkrafter

Dessa regler gäller för fundament grundlagda med en platta. För andra fundamenttyper, exempelvis pålfundament eller bergfundamentet hänvisas till SS-EN 1997.

Dimensionerade lyftkapaciteten för fundamentet ska vara minst 0,9 av dimensionerande lasten beräknad för lastkombination 1 för raklinjestolpar och 1,05 för vinkel- och ändstolpar. Partialkoefficienten för jorddensiteten kan sättas till 1,0.

Upplyftskapaciteten beror på egentyngden för fundament och överliggande jordtyngd. För fundament och jord under grundvattenytan ska reduktionen av bärformågan på grund av fundamentets och jordens minskade tyngd under vattenytan beaktas. Beroende på markslag får även överliggande jordtyngd som befinner sig inom en stympad kon med en sidvinkel på maximalt 20°. Vid lös mark ska denna vinkel reduceras, i exceptionella fall ner till 0°.

Om återfyllnad sker med massor med högre densitet än för den ursprungliga jorden ska återfyllnaden antas bilda en inverterad pyramid med sidvinkel enligt ovan.

Som ett alternativ kan dragbelastade plattfundament dimensioneras enligt SS-EN 50341-1, annex M.2.

### 7.5.3 Plattfundament utsatt för i huvudsak stjälpande moment

Dessa regler gäller för fundament grundlagda med en platta. För andra fundamenttyper, exempelvis pålfundament eller bergfundamentet hänvisas till SS-EN 1997.

Stjälpkapaciteten ska beräknas med relevanta jordparametrar som kohesion, friktionsvinkel och egentyngd för jord och fundament. För fundament och jord under grundvattenytan ska reduktionen av bärformågan på grund av fundamentets och jordens minskade tyngd under vattenytan beaktas.

Dimensionerade lyftkapacitet för fundament ska vara minst 0,9 av dimensionerande lasten beräknad för lastkombination 1 för raklinjestolpar och 1,05 för vinkel- och ändstolpar. Partialkoefficienten för jorddensiteten kan sättas till 1,0.

Om stolpen är beräknad enligt andra ordningens teori ska grundläggningen dimensioneras för reaktionskrafter från den beräkningen.

### 7.5.4 Grundläggning av stolpar

En enkel stolpe eller portalstolpe i fast eller medelfast mark förses i allmänhet inte med särskilt fundament. I lösare mark kan en förstärkning erfordras, till exempel återfyllning kring stolpbenen med grus eller makadam eller grundläggning inom spont.

Erforderlig inspänning av ostagade stolpben i fast och medelfast mark kan erhållas genom att stolpen grävs ned tillräckligt djupt. Erforderligt djup beror på stolpens belastning, markens hållfasthet och grundvattenytans läge under markytan. Om stolpen inspänns i marken genom övre och undre kilförband kan nedgrävningsdjupet minskas.

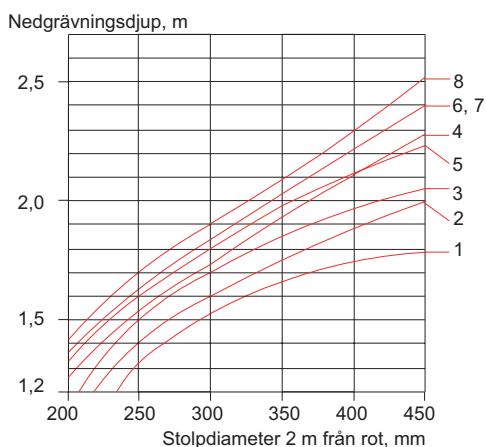
En betryggande grundläggning av ostagade stolpar i torr mark (inget grundvatten) får man om nedgrävningsdjupet väljs enligt diagrammet i figur 44 (med kilning) eller enligt diagrammet i figur 45 (utan kilning). De i figur 44 och 45 angivna kurvorna har numrerats för olika jordarter enligt tabell 35.

Om grundvatten förekommer rekommenderas att stolparnas nedgrävningsdjup ökas

utöver vad som anges i figur 44 och 45. Se tabell 36.

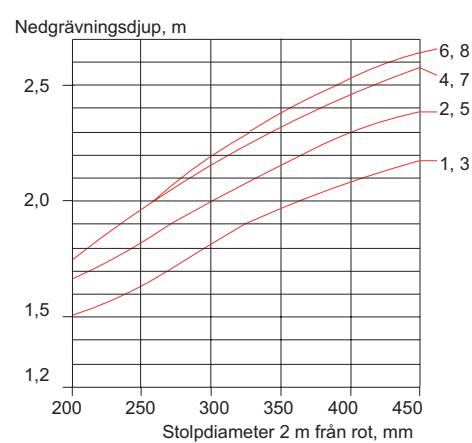
Metoden för grundläggning av trästolpar kan även användas för andra cylindriska stolpar som grundläggs direkt i mark. Dessa kan dock vara känsligare för lokal intryckning, vilket man måste ta hänsyn till. Cylindriska stolpar som är rörformiga det vill säga ihåliga bör inte stenkilas då punktlast kan deformera stolpen.

Tillverkarens anvisningar ska följas vid grundläggning.



Figur 44

Nedgrävningsdjup för stolpar med övre och undre kilförband.



Figur 45

Nedgrävningsdjup för stolpar utan kilförband.

Marksort	Schaktbarhet	Kurva nr
Grusig, sandig morän; pinnmø	Hård	1
Sand och stenblandat, välgraderat grus: "åsgrus"	Hård	2
Finkornig, sandig morän	Normal	3
Ren sand och singel	Normal	4
Siltig morän	Lätt	5
Lerigt grus	Lätt	6
Lerig morän	Lätt	7
Silt, lerig sand och torr, sandig, grusig lera	Lätt	8

Tabell 35

Beteckningar för markslag i figur 44 och 45

Grundläggning	Ökning av nedgrävningsdjupet i m vid en grundvattenytan av	
	0-0,8 m under markytan	(0,8)-1,6 m under markytan
Med kilförband	0,3	0,1
Utan kilförband	0,2	0,1

Tabell 36

Ökning av trästolpars nedgrävningsdjup vid grundvatten

### 7.5.5 Stagförankring, bergöglor

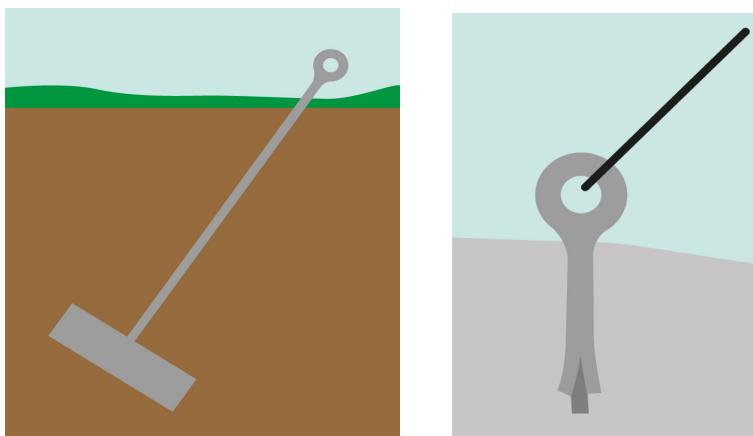
Stag förankras på berg med bergögla. I hård och medelgod mark kan skruvankare, stagskiva eller syll användas som stagförankring. Där det behövs så kompletteras staglänken med bergöglelänk.

EBR rekommenderar att man använder ett miljövänligt alternativ till stagförankring.

Avståndet mellan stagförankringar i jord ska vara minst 2 m.

Förankringskraften vid uppdragning av bergögla ska vara 1,40 gånger dimensionerande last för staget vid bergögla till raklinjestolpe och 1,55 gånger för bergögla till stolpe med permanent belastat stag, till exempel vinkelstolpe.

För mer information om grundläggning av stag se EBR K10 Förankringskonstruktioner.



Figur 46 Stagförankring

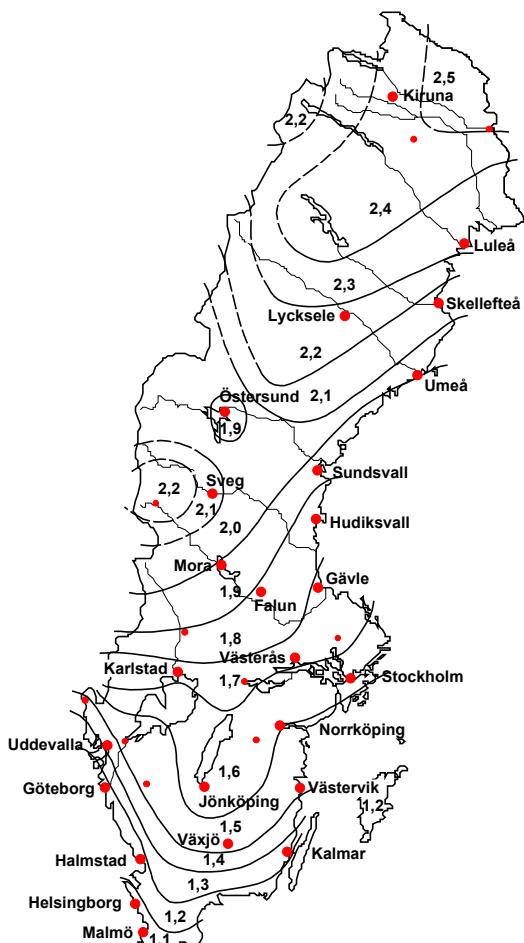
### 7.6 Frostfritt djup

Stolpar och fundament bör nå ned till frostfritt djup. Det frostfria djupet är beroende av köldens intensitet och varaktighet, markens beskaffenhet och snötäckets tjocklek.

Figur 47 anger det frostfria djupet i mineraljord när orört snötäcke saknas. Om snötäcket får ligga orört är det frostfria djupet i allmänhet inte större än 1,5 m när marken utgörs av normal mineraljord.

I organiska jordarter (torv, dyjord och mulljord) är tjäldjupet mindre än i mineraljordarter (grus, sand, pinnmo och lera). Tjäldjupet i organiska jordarter är i allmänhet ca hälften av tjäldjupet i mineraljordarter.

Nedgrävning av stolpar och fundament till frostfritt djup hindrar inte med säkerhet tjällyftning. Den omgivande frusna marken kan nämligen åstadkomma lyftning genom sidogrepp. Om möjligt bör konstruktionen därför utformas så att sidogrepp förebyggs. Kilförband av sten bör därför undvikas i tjälskjutande mark.



Figur 47 Frostfritt djup i mineraljord när orört snötäcke saknas

## 7.7 Schaktning

Vid schaktning för fundament bör jordlagren under fundamentet inte uppluckras. Där uppluckring av undergrunden inte kan undvikas bör den stampas omsorgsfullt före gjutningen. Uppluckring av jordlagren kring fundamentet bör så vitt möjligt undvikas.

# 8. Ledare

## 8.1 Froredning: Material, utförande och minimiarea

Ledare ska uppfylla fordringarna i gällande svensk standard.

Minsta tillåtna ledararea ska vara enligt tabell 37. För brotsäker ledning och för ledning i förstärkt utförande gäller areor enligt tabell 38.

**Tabell 37**

### Minsta area för ledare

Minsta area i mm <sup>2</sup> hos ledare av					
Koppar	Stålaluminium	Legerat aluminium	Belagd ledare av legerat aluminium	Aluminium	Stål
16	31	31	62	31	25

**Tabell 38**

### Minsta area för ledare i brotsäker ledning och avgränsningsspann

Konstruktions-spänning U <sub>m</sub> (kV)	Minsta area i mm <sup>2</sup> hos ledare av				
	Koppar	Stålaluminium	Legerat aluminium	Aluminium	Stål
(1,0)-55	35	62	99	157	33

Ledare bör oavsett kraven på minimiarea alltid dimensioneras så, att den under normal drift inte värmes upp till sådan temperatur att risk för väsentlig nedsättning av brottgränsen föreligger. En temperatur av 70 °C för kopparledare och 100 °C för ledare av stålaluminium, aluminium och legerat aluminium kan därför tillåtas under endast något eller några få dygn per år (Maximal korttidstemperatur, se definitioner).

Beräkning av kortslutningsströmmars mekaniska och termiska verkningar på obelagda ledare utförs i princip enligt SS-EN 60865-1. Ledare enligt gällande svensk standard dimensioneras så att temperaturen vid kortslutning (se avsnitt 3.6.4) ingenstans efter ledningen överstiger 150 °C för ledare av koppar och 200 °C för ledare av stålaluminium, aluminium och legerat aluminium. I fråga om ledare av stål bör temperaturen vid kortslutning inte överstiga 300 °C.

Begagnad ledare får inte återanvändas i brotsäker ledning och avgränsningsspann utan att ledaren först nogra undersöks och skadade delar tagits bort.

I avgränsningsspann får ledare inte vara skarvad.

Skarv bör undvikas i korsningsspann och i spann närmast intill korsningsspannet. Skarv i sådant spann ska vara skyddad mot oxidering och korrosion som kan försämra skarvens elektriska och mekaniska egenskaper.

Ledararea i brotsäker ledning och avgränsningsspann ska väljas så, att temperaturen

vid kortslutning enligt avsnitt 3.6.4 ingenstans utefter ledningen överstiger vad som anges ovan. Ledararea får dock inte väljas mindre än vad som anges i tabell 38.

## 8.2 Skarvar, linhållare med mera

### 8.2.1 Friledning: Skarvar, spännlinhållare och avgrenningar (Mekaniska krav)

Skarv på ledare, spännlinhållare och avgrenning ska utföras på sådant sätt att ledaren inte skadas. Brottlasten för skarvad ledare och ledare i spännlinhållare ska vara minst 90 % av den oskarvade ledarens brottlast. Detta gäller dock inte skarv som är avlastad från dragning. Lödd skarv får inte användas.

Med skarv i ledare jämställs sådan spännlinhållare som har inbyggd ledarskarv.

Skarv på ledare i korsningsspann får ej förekomma, se gällande korsningsnormer.

Skruvningskedjor tillåts inte i dessa spann.

### 8.2.2 Friledning: Skarvar, spännlinhållare och avgrenningar (Elektriska krav)

Skarv, spännlinhållare och avgrenning ska ha större strömöverföringsförmåga än ledaren. Detta krav ska också uppfyllas efter kortslutning med högsta kortslutningsström enligt gällande svensk standard, dock max 50 kA. Förbindningens mekaniska hållfasthet efter kortslutning ska uppfylla kraven enligt stycke 8.2.1.

Skarv på belagd ledare i fritt spann ska vara belagd med likvärdig beläggning som ledaren i övrigt.

Vid användning av penetrerande klämmor är det viktigt att klämman får full kontakt med ledaren.

Vid montage ska bulten på anslutningsklämmorna monteras så den är lätt åtkomlig med AMS-verktyg.

### 8.2.3 Övriga linhållare, najning med mera

Linhållare, najning och andra anordningar för fastsättning av ledare, staglina och dylikt beräknas för de belastningar som standarderna anger för ifrågavarande ledningsklass och temperaturområde. Härvid får påkänningen i materialet inte överstiga vad som tillåts enligt avsnitt 6.

Då najning används i vinkelstolpe ska ledare vara fäst vid isolator så, att den pressas mot isolatorn.

## 8.3 Friledning: Infästning av ledare till isolator

Ledare ska fästas vid isolator på sådant sätt att fara inte uppstår i korsningsspann om ledaren brister strax utanför ändstolpe eller avgränsningsspann, och så att skada i sådant fall inte heller uppstår på isolator eller dess infästningsanordning, linhållare eller dylikt. Denna fordring gäller vid den största dragkraft i ledaren för vilken stolparna

beräknas (se avsnitt 3.8 till 3.11). Om mer än en isolator används gäller denna fordring även om endast en isolator är i funktion.

De spänningssatta ledarna ska i korsningsstolpar fästas till isolatorerna med förformade najspiraler alternativt linhållare enligt gällande standard (Korsningsnorm).

## 8.4 Uträknade belastningsvärden

Uträknade värden på de antagna is- och vindlasterna på ledare finns i tabellerna 39–46.

Vid beräkning av tillsatslaster av is och vind på belagda ledare inkluderas beläggningen.

Vid mekanisk dimensionering av belagd ledare anses beläggningen inte ha någon bärande funktion.

**Tabell 39**

Data för stålaluminiumlinor

Area mm <sup>2</sup>	Diameter mm	Kodbeteckning enligt SS 424 08 07	Beteckning enligt SS-EN 50182	Trådantal	Egenvikt kg/m
329	23,6	DOVE	283-AL1 /46-ST1A	7	26
234	19,9	IBIS	201 -AL1 /33-ST1A	7	26
157	16,3	PARTRIDGE	135-AL1 /22-ST1A	7	26
99	12,8	PIGEON	85-AL1/14-ST1A	1	6
62	10,1	RAVEN	54-AL1/9-ST1A	1	6
31	7,1	SWALLOW	-	1	6

**Tabell 40**

Data för rena aluminiumlinor och legerade aluminiumlinor

Area mm <sup>2</sup>	Diameter mm	Trådantal	Egenvikt kg/m
329	23,6	37	0,91
241	20,1	19	0,66
157	16,3	19	0,44
99	12,8	7	0,27
62	10,1	7	0,17

**Tabell 41**

Data för belagda stålaluminiumlinor

Area mm <sup>2</sup>	Diameter över linan mm	Trådantal	Diameter över isolering mm	Egenvikt kg/m
99	12,8	7	18,2	0,50
62	10,1	7	15,5	0,34

**Tabell 42**

Data för belagda legerade aluminiumlinor

Area mm <sup>2</sup>	Diameter över linan. mm	Trådantal	Diameter över isolering mm	Egenvikt kg/m
241	20,1	19	25,5	0,92
157	16,3	19	21,9	0,65
99	12,8	7	18,2	0,42
62	10,1	7	15,5	0,31

Tabell 43

Belastningar av vind och is på ledare av stålaluminium

Lednings-klass	Last-komb.	Area	Kod-beteckning	Hög vind last	Normal vindlast			Islast vid vindstilla	Vertikal belastn. från ledare	Vertikal belastning från ledare vid is och vind	Vertikal belastning från ledare vid is och vindstilla
					På isfri ledare	På is-belagd ledare	Jämt fördelad islast vid vind				
		mm <sup>2</sup>		g <sub>wh</sub> N/m	g <sub>w0</sub> N/m	g <sub>wi</sub> N/m	g <sub>iw</sub> N/m	g <sub>io</sub> N/m	g <sub>e</sub> N/m	g <sub>iw</sub> + g <sub>e</sub> N/m	g <sub>io</sub> + g <sub>e</sub> N/m
A	1	329	DOVE	13,5	8,44	21,3	30,3	34,9	12,3	42,6	47,2
		234	IBIS	11,4	7,11	20,0	27,6	32,4	8,76	36,3	41,2
		157	PARTRIDGE	9,32	5,83	18,7	25,0	29,9	5,88	30,8	35,8
		99	PIGEON	7,32	4,58	17,4	22,4	28,6	3,70	26,1	32,3
		62	RAVEN	5,78	3,61	16,5	20,5	28,6	2,33	22,8	30,9
		31	SWALLOW	4,06	2,54	15,4	18,3	28,6	1,17	19,4	29,8
B	2	329	DOVE	9,44	5,90	14,9	21,2	24,4	11,2	32,4	35,6
		234	IBIS	7,96	4,98	14,0	19,3	22,7	7,97	27,3	30,6
		157	PARTRIDGE	6,52	4,08	13,1	17,5	20,9	5,35	22,8	26,3
		99	PIGEON	5,12	3,20	12,2	15,7	20,0	3,36	19,0	23,4
		62	RAVEN	4,04	2,53	11,5	14,3	20,0	2,12	16,4	22,1
		31	SWALLOW	2,84	1,78	10,8	12,8	20,0	1,06	13,8	21,1
A	1	329	DOVE	13,5	8,44	13,4	8,66	12,1	12,3	21,0	24,4
		234	IBIS	11,4	7,11	12,1	7,61	11,1	8,76	16,4	19,9
		157	PARTRIDGE	9,32	5,83	10,8	6,59	10,2	5,88	12,5	16,1
		99	PIGEON	7,32	4,58	9,58	5,60	9,34	3,70	9,31	13,0
		62	RAVEN	5,78	3,61	8,62	4,84	8,64	2,33	7,17	11,0
		31	SWALLOW	4,06	2,54	7,54	3,99	7,82	1,17	5,16	8,99
B	2	329	DOVE	9,44	5,90	9,40	6,06	8,45	11,2	17,2	19,6
		234	IBIS	7,96	4,98	8,48	5,32	7,80	7,97	13,3	15,8
		157	PARTRIDGE	6,52	4,08	7,58	4,61	7,17	5,35	10,0	12,5
		99	PIGEON	5,12	3,20	6,70	3,92	6,53	3,36	7,28	9,90
		62	RAVEN	4,04	2,53	6,03	3,38	6,04	2,12	5,50	8,16
		31	SWALLOW	2,84	1,78	5,28	2,79	5,47	1,06	3,85	6,53

Tabell 44

Belastningar av vind och is på ledare av aluminium och legerat aluminium

Ledn.-klass	Last-komb.	Area	Normal vindlast				Islast vid vindstilla	Vertikal belastn. från ledare	Vertikal belastn. från ledare vid is och vind	Vertikal belastn. från ledare vid is och vindstilla
			Hög vindlast	På isfri ledare	På isbelagd ledare	Jämt fördelad islast vid vind				
		mm <sup>2</sup>	g <sub>wh</sub> N/m	g <sub>w0</sub> N/m	g <sub>wi</sub> N/m	g <sub>lw</sub> N/m	g <sub>i0</sub> N/m	g <sub>e</sub> N/m	g <sub>lw</sub> + g <sub>e</sub> N/m	g <sub>i0</sub> + g <sub>e</sub> N/m
A	1	329	13,5	8,44	21,3	30,3	35,3	9,82	40,1	45,1
		241	11,5	7,19	20,1	27,7	32,8	7,15	34,9	40,0
		157	9,32	5,83	18,7	25,0	30,2	4,70	29,7	34,9
		99	7,32	4,58	17,4	22,4	28,6	2,92	25,3	31,5
		62	5,78	3,61	16,5	20,5	28,6	1,83	22,3	30,4
	2	329	9,44	5,90	14,9	21,2	24,7	8,93	30,1	33,6
		241	8,04	5,03	14,0	19,4	22,9	6,50	25,9	29,4
		157	6,52	4,08	13,1	17,5	21,1	4,28	21,7	25,4
		99	5,12	3,20	12,2	15,7	20,0	2,66	18,3	22,7
		62	4,04	2,53	11,5	14,3	20,0	1,67	16,0	21,7
B	1	329	13,5	8,44	13,4	8,66	12,5	9,82	18,5	22,3
		241	11,5	7,19	12,2	7,67	11,6	7,15	14,8	18,7
		157	9,32	5,83	10,8	6,59	10,6	4,70	11,3	15,3
		99	7,32	4,58	9,58	5,60	9,62	2,92	8,53	12,5
		62	5,78	3,61	8,62	4,84	8,86	1,83	6,67	10,7
	2	329	9,44	5,90	9,40	6,06	8,76	8,93	15,0	17,7
		241	8,04	5,03	8,53	5,36	8,11	6,50	11,9	14,6
		157	6,52	4,08	7,58	4,61	7,40	4,28	8,89	11,7
		99	5,12	3,20	6,70	3,92	6,73	2,66	6,58	9,39
		62	4,04	2,53	6,03	3,38	6,20	1,67	5,05	7,86

Tabell 45

Belastningar av vind och is på belagda ledare av stålaluminium

Ledn.-klass	Last-komb.	Area	Hög vindlast	Normal vindlast			Islast vid vindstilla	Vertikal belastn. från ledare	Vertikal belastn. från ledare vid is och vind	Vertikal belastn. från ledare vid is och vindstilla
				På isfri ledare	På isbelagd ledare	Jämt fördelad islasc vid vind				
				$g_{wh}$	$g_{w0}$	$g_{wi}$				
A	1	99	10,4	6,51	19,4	26,3	31,6	5,40	31,7	37,0
		62	8,87	5,54	18,4	24,4	29,7	3,67	28,0	33,4
	2	99	7,28	4,55	13,6	18,4	22,1	4,91	23,3	27,0
		62	6,20	3,88	12,9	17,0	20,8	3,34	20,4	24,1
B	1	99	10,4	6,51	11,5	7,13	11,2	5,40	12,5	16,6
		62	8,87	5,54	10,5	6,37	10,6	3,67	10,0	14,2
	2	99	7,28	4,55	8,05	4,99	7,85	4,91	9,89	12,8
		62	6,20	3,88	7,38	4,45	7,39	3,34	7,79	10,7

Tabell 46

Belastningar av vind och is på belagda ledare av legerat aluminium

Ledn.-klass	Last-komb.	Area	Hög vindlast		Normal vindlast		Islast vid vindstilla	Vertikal belastn, från ledare	Vertikal belastn, från ledare vid is och vind	Vertikal belastn, från ledare vid is och vindstilla
			På isfri ledare	På isbelagd ledare	Jämt fördelad islasc vid vind	$g_{iw}$				
			$g_{wh}$	$g_{w0}$	$g_{wi}$	$g_{io}$				
		$\text{mm}^2$	N/m	N/m	N/m	N/m	N/m	N/m	N/m	N/m
A	1	241	14,6	9,12	22,0	31,7	36,8	9,93	41,6	46,7
		157	12,5	7,83	20,7	29,0	34,3	6,96	36,0	41,3
		99	10,4	6,51	19,4	26,3	31,7	4,50	30,8	36,2
		62	8,87	5,54	18,4	24,4	29,8	3,33	27,7	33,1
	2	241	10,2	6,38	15,4	22,1	25,7	9,03	31,2	34,8
		157	8,8	5,48	14,5	20,3	24,0	6,33	26,6	30,3
		99	7,3	4,55	13,6	18,4	22,2	4,09	22,5	26,3
		62	6,2	3,88	12,9	17,0	20,8	3,03	20,1	23,9
B	1	241	14,6	9,12	14,1	9,20	13,3	9,93	19,1	23,3
		157	12,5	7,83	12,8	8,18	12,4	6,96	15,1	19,4
		99	10,4	6,51	11,5	7,13	11,5	4,50	11,6	16,0
		62	8,87	5,54	10,5	6,37	10,7	3,33	9,70	14,0
	2	241	10,2	6,38	9,88	6,43	9,32	9,03	15,5	18,3
		157	8,76	5,48	8,98	5,72	8,70	6,33	12,0	15,0
		99	7,28	4,55	8,05	4,99	8,04	4,09	9,08	12,1
		62	6,20	3,88	7,38	4,45	7,48	3,03	7,48	10,5

# 9. Isolatorer med tillbehör

## 9.1 Utförande av ljusbågsskydd

Ljusbågsskydd för isolatorer och ledare utgörs av ljusbågshorn, ljusbågsring eller av skyddsplindning på ledaren.

Ljusbågshorn och ljusbågsringar minskar i regel isolatorkedjans isolationshållfasthet. Ljusbågsskyddet bör utformas så att isolationshållfastheten inte nedsätts mer än nödvändigt.

Om ljusbågshorn eller ljusbågsring anbringas i isolatorkedjans ledarände förbättras spänningsfördelningen över isolatorkedjan. Vid de högsta spänningarna är det av stor vikt att ljusbågsskyddet utformas med hänsyn till detta.

Ljusbågshorn i ledning med stora kortslutnings- eller jordslutningsströmmar bör vara utfört så att ljusbågen genom elektromagnetisk kraftpåverkan styrs från hornet i riktning ut från isolatorkedja och fasledare.

### 9.1.1 Ljusbågsskydd i friledningar med plastbelagda ledare

Till skydd mot avbränning av ledare på grund av atmosfäriska överspänningar ska ljusbågsskydd anordnas i stolparna i brotsäker ledning och i ledning i förstärkt utförande. Om friledning med plastbelagda ledare korsar andra luftledningar eller trafikleder ska ljusbågsskydd anordnas i korsningsstolparna samt i de intilliggande stolpar som kan påverka korsningens säkerhet.

Råd: Se IN 045."Ljusbågsskydd i BLX- ledningar"

### 9.1.2 Kombinerat skydd, ljusbågsskydd, åskskydd, gnistgap, ventilavledare

Kombinerade åskskydd rekommenderas att placeras i närheten av skyddsobjektet samt i en korsningsstolpe vid väg eller annan ledning. Ventilavledare med felindikator rekommenderas för att underlätta felsökning.

Skydd mot åsköverspänningar

Friledning och stolpstioner 12-24 kV:

- ▶ Friledning med belagd lina (BLX, BLL) skyddas med ljusbågshorn enligt EBR IN 045.
- ▶ Där det finns jordtag eller längsgående jordledare monteras kombinationsskydd, gnistgap/avledare.
- ▶ I stolpstioner monteras kombinationsskydd i stället för gnistgap på säkringsapparaten.
- ▶ Även i befintliga friledningsnät i åsk-utsatta områden kan kombinationsskydd vara en bra åtgärd.

Blandnät friledning – jordkabel 12-24 kV:

- ▶ Vid övergång från friledning till jordkabel monteras ventilavledare.
- ▶ Ventilavledare ska ha lägsta nominell avledningsström 10 kA för märkspänning  $\leq 145$  kV.

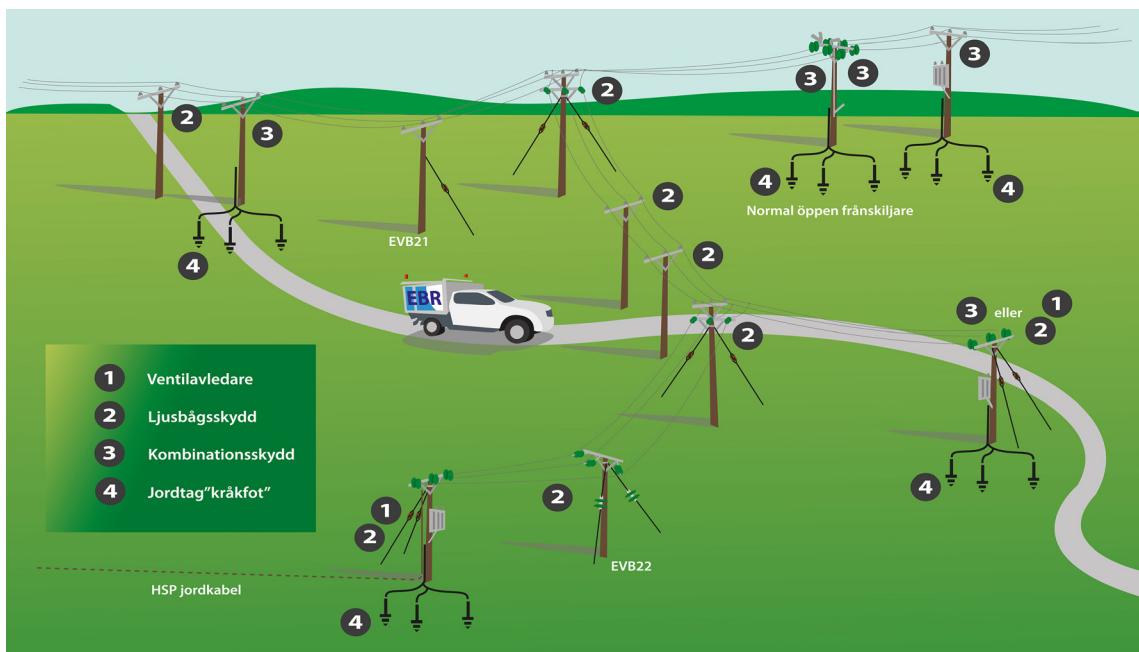
För nätstationer och kabelsträckor i 12 och 24 kV:s friledningsnät, nominell avledningsström  $\geq 5$  kA och minst uppfylla kraven för linjeurladdning klass1.

För konstruktionsspänning 36 kV minst linjeurladdning klass 2 enligt IEC 60099-4.

- ▶ Friledningsmatade jordkabelnät i åskutsatta områden, med öppet ställe i lastfrånskiljare i nätstation, kan ventilavledare behöva monteras som skydd vid öppet stället.

Servisanslutningar lågspänning:

- ▶ Vid anslutning av ny kundanläggning kan nätagaren montera grovskydd om lågspänningsgruppen helt eller delvis är luftledning.



Figur 48 Exempel på placering av Åskskydd – Kombinationsskydd

## 9.2 Utförande och provning av isolatorer

Isolator ska vara utförd enligt gällande svensk standard eller vara likvärdig. Isolator ska vara provad enligt tillämpliga delar av SS-IEC 60383-1, SS-IEC 60383-2 och IEC 61109. Isolator ska monteras enligt tillverkarens anvisningar, det är viktigt att isolatorns infästning mot balk är anpassad och samprovad.

Isolator ska uppfylla fordringarna i kapitel 4.

Stagisolator i icke direkt jordat system ska vid korttids växelspänningssprovning uppfylla märkhållspänningssfordringarna för ledningens konstruktionsspänning.

Stagisolator i direkt jordat system ska vad beträffar isolerande längd uppfylla fordringarna i kapitel 4.

## 9.3 Belastningsfall och dimensionering för isolatorer

Isolator ska beräknas för samma belastningsfall som stolpe. Dimensionerande last för lastkombination 2 ska vara mindre än eller lika med dimensionerande hållfasthet enligt formel här nedan, där  $F_{uk}$  och  $\gamma_M$  specificeras i tabell 47.

$$R_d = \frac{F_{uk}}{\gamma_M}$$

**Tabell 47**

Isolatortyp	Standard	Material-faktor $\gamma_M$	$F_{uk}$
Kedjeisolator	IEC 60305	2,5	Specificerad mekanisk brottkraft (MFL)
Kompositisolator	SS-EN 61952	2,5	Specificerad mekanisk kraft (SML)
Stödisolator	SS 424 05 21	2,0	Specificerad böjbrottkraft
Stagisolator	SS 424 05 31	2,0	Specificerad dragbrottkraft
Stagisolator komposit	EN 60383-1	2,5	Specificerad mekanisk kraft (SML)
Rullisolator	SS 424 05 51	2,0	Specificerad dragbrottkraft

## 9.4 Mekanisk hållfasthet hos isolatortillbehör

Isolatortillbehör som upptar mekanisk belastning ska beräknas för samma belastningsfall som stolpe enligt lastkombination 1. Påkänning får inte överstiga dimensioneringsvärde på hållfasthet för materialet enligt kapitel 6.

Alternativt får mekanisk hållfasthet fastställas genom provning varvid två villkor ska uppfyllas

- ▶ vid provning av tillbehör av stål eller legerat aluminium får permanent deformation genom drag-, böj- och skjuvpåkänning inte uppkomma vid en last motsvarande 1,1 gånger last  $F_d$  enligt lastkombination 2
- ▶ brottlasten  $F_u$  ska överstiga  $F_k = R_d \cdot \gamma_M$  där  $R_d$  är dimensioneringsvärde på lasten i lastkombination 2. För tillbehör av stål eller legerat aluminium provade statistiskt enligt IEC 60383-1 väljs  $\gamma_M$  enligt avsnitt 9.3. För enstaka provning ökas  $\gamma_M$  med 10 %.

## 9.5 Skyddsåtgärder mot överslag och felströmmar

Överslag över isolator orsakas mestadels av åsköverspänningar. Överslag kan även uppstå p.g.a. salt eller andra föroreningar på isolatorytan. Genom förlängd krypsträcka kan risken för sådana överslag minskas. Se kapitel 4.

Vid överslag bildas en lusbåge som överför den felström (kortslutnings- eller jordslutningsström) som uppstår i överföringssystemet.

Lusbågen har mycket hög temperatur och strålningsvärmén kan skada isolatorn. I lusbågens fotpunkter smälter och förångas metall som kan skada både isolatorn och tillbehör. Isolatorpinne i kedjeisolator är särskilt känslig för sådan skadeverkan.

Felström som passerar genom tillbehör varmer upp detta. För hög uppvärmning nedsätter den mekaniska hållfastheten. Felström som överförs mellan tillbehör eller mellan ledare och tillbehör kan orsaka sammansvetsning om basmetallerna är desamma, eller smält- och brännskador om basmetallerna är olika. Ledare i linhållare eller annan infästningsanordning är särskilt känslig för sådan skadeverkan som också kan orsaka framtidiga brott i ledaren.

I vissa kompositisolatorkonstruktioner kan en uppvärmning av metallbeslagen nedsätta den mekaniska hållfastheten.

Allmänt gäller att skadeverkan blir mindre vid såväl minskad felström som bortkopplingstid. Vid genomslag kan isolator splittras av det gastryck som lusbågen utvecklar inuti denna. Har isolator hög genomslagshållfasthet i förhållande till överslagshållfastheten minskar risken för genomslag.

## 9.6 Kortslutningssäkerhet hos isolatorer, isolatortillbehör och ledarinfästningar

Med kortslutningssäkerhet avses

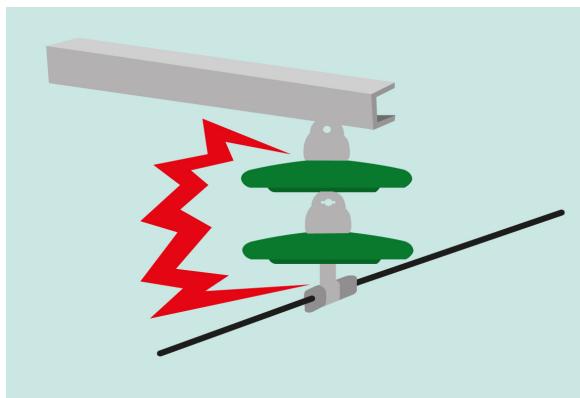
- ▶ att åsköverspänning inte förorsakar genomslag i isolator och
- ▶ att isolator, mekaniskt belastade tillbehör och ledare inte skadas av ljusbåge och felström som kan medföra fara för brott på ledningen.

Kortslutningssäkerhet uppnås om isolator, mekaniskt belastade tillbehör och ledare antingen kan fås att motstå eller kan skyddas mot ovan angivna skadeverkan genom följande åtgärder:

- ▶ Isolator ges tillräcklig genomslagshållfasthet.
- ▶ Mekaniskt belastade tillbehör ges tillräcklig strömöverföringsförmåga.
- ▶ Koppling mellan mekaniskt belastade tillbehör ges tillräcklig strömöverföringsförmåga.
- ▶ Infästning av ledare i linhållare ges tillräcklig strömöverföringsförmåga.
- ▶ Komplettering med ljusbågshorn som ska kunna fånga upp ljusbågen och genom Elektrodynamisk kraftpåverkan styra bort den från isolatoren, mekaniskt belastade tillbehör och ledare. Ljusbågshorn bör vara av stål eller annat mot ljusbågar tillräckligt motståndskraftigt material.
- ▶ Förlängning av bortkopplingstiden och därmed minskad risk för skadeverkan.

## 9.7 Skyddsåtgärder för ledning av klass A

Ledning av klass A ska vara kortslutningssäker för de felströmmar och bortkopplingstider som gäller för överföringssystemet.

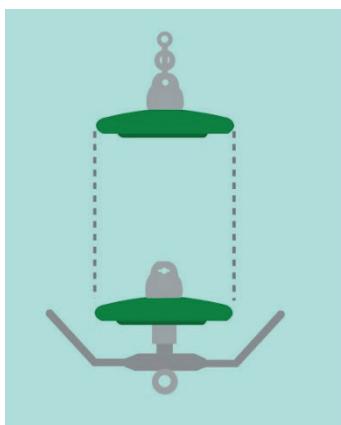


Figur 49 Överslag över isolator

Villkoret uppfylls genom nedanstående skyddsåtgärder.

## 9.8 Hängkedjor

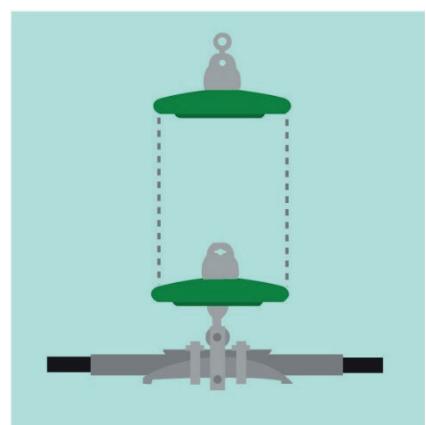
Ljusbågshorn enligt avsnitt 9.6 anses ge erforderligt skydd för isolator. Nedre ljusbågshorn anses dessutom ge tillräckligt skydd för ledare invid linhållare. Skyddsringning anses vara ett tillräckligt skydd för ledare i och invid linhållare. Linhållare enligt avsnitt 9.6 anses ge tillräckligt skydd för ledare i linhållare.



Figur 50  
Nedre Ljusbågshorn



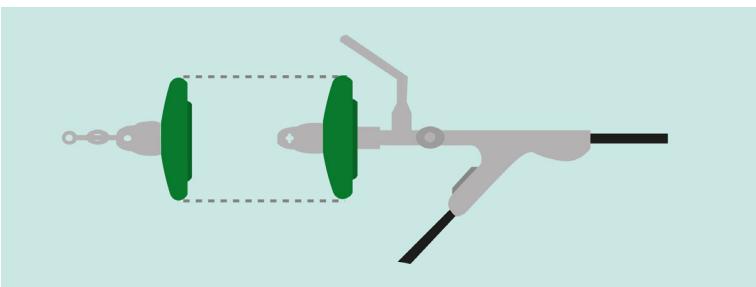
Figur 51  
Övre och nedre Ljusbågsringar



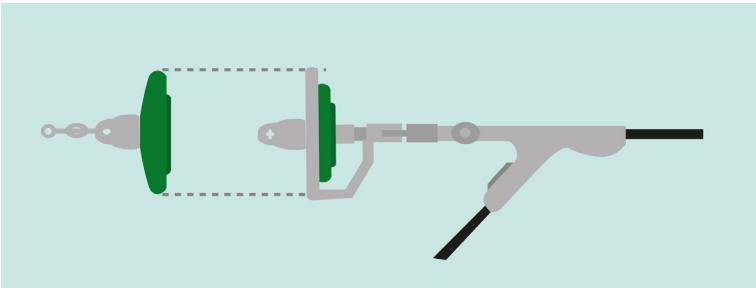
Figur 52  
Skyddsringning

## 9.9 Spänn- och skruvningskedjor

Ljusbågshorn enligt avsnitt 9.6 anses ge tillräckligt skydd för isolator. Linhållare enligt avsnitt 9.6 anses ge tillräckligt skydd för ledare.



Figur 53 Ljusbågshorn

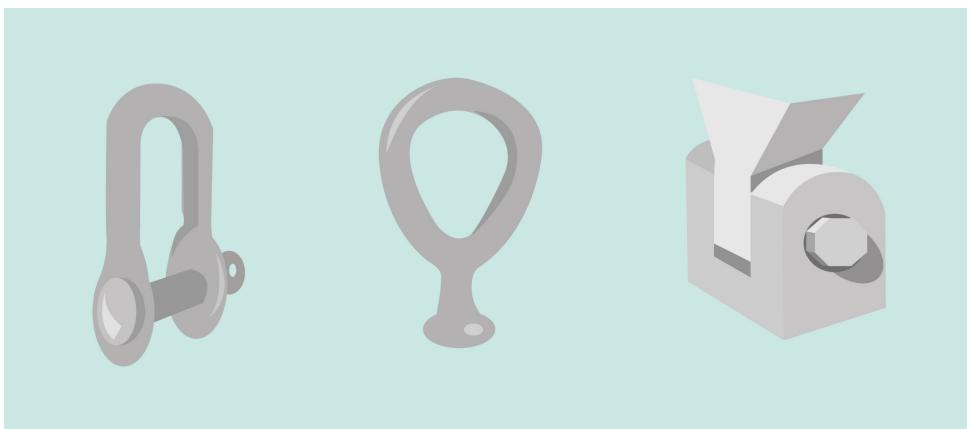


Figur 54 Ljusbågsring

## 9.10 Strömöverföringsförmåga för tillbehör

Isolatortillbehör av olika utförande klarar följande felströmmar

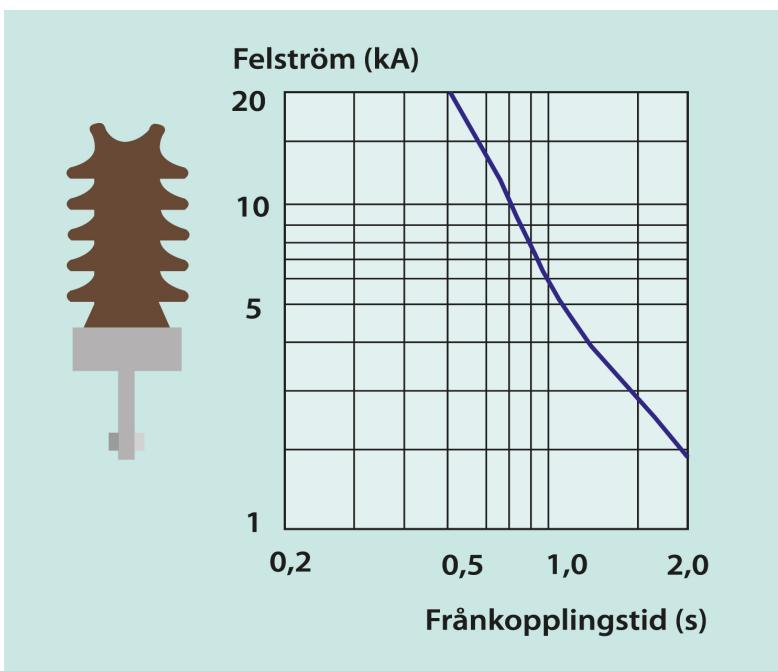
- ▶ 6 kA för schacklar, öglor och regelbyglar med 11 mm kläppstandard
- ▶ 13 kA för schacklar, öglor och regelbyglar med 16 mm kläppstandard
- ▶ 20 kA för länk-gaffelkoppling med 16 mm axel och 18 mm länk
- ▶ 25 kA för förlängningsgungor enligt SS 424 06 49
- ▶ 30 kA för länk-gaffelkoppling med 19 mm axel och 18 mm länk.



Figur 55 Schackel, kläppögla och länk-gaffelkoppling

## 9.11 Stödisolatorer

Isolator av massiv typ enligt SS 424 05 21 anses motstå ljusbågar vid kombinationen felström och bortkopplingstid enligt diagram nedan, även kompositisolatorer förekommer. Antingen toppklämma, najning enligt SS 424 12 50 eller förformad najningsspiral enligt SS 424 12 51 anses ge tillräckligt skydd för ledaren under motsvarande förhållanden.



Figur 56 Diagram för gränsvärden på kombinationen felström och bortkopplingstid för stödisolatorer av massiv typ

## 9.12 Isolatorer i brottsäkra ledningar

I brottsäker ledning tillåts inte stödisolatorer av pinntyp.

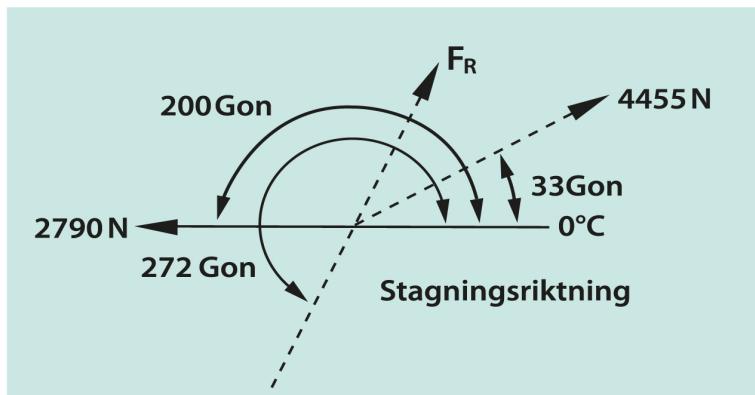
- a) Korsning utförd med stödisolatorer av massiv typ ska vara så anordnad att isolatorn vid ledarbrott inte böjer sig i infästningen eller i regeln mer än att provisorisk drift kan upprätthållas.
- b) Vid korsning där rullisolatorer används ska ledare som lossnar från isolator hållas kvar i isolatorfästet.
- c) Vid korsning där isolatorkedjor bestående av två eller flera parallellkopplade isolatorsträngar används får brott på en sträng inte medföra väsentlig nedsättning av hållfastheten hos de övriga strängarna

# 10 Stag/Strävor

## 10.1 Stagnationsriktning

För uttagning av stagnationsriktningen bestäms  $F_R$  vid  $0^\circ\text{C}$  och egen tyngd. Resulterande kraft  $F_R$  kan skapas med hjälp av en kraftpolygon.

Resultantens riktning erhålls direkt ur figuren och kan bestämmas genom att vinkeln i förhållande till någon av linjeriktingarna bestämmes. Detta är dock ointressant vid bestämning av dimensionerande horisontalkraft. Vid bestämning av stagnationsriktningen blir det däremot vinkeln och inte dragkraften som är intressant.



Figur 57

Exempel för stoltyp EAB 23/B:

Först ritas krafterna skalenligt i den riktningen de angriper stolpen. I exemplet har valts  $10 \text{ mm} = 2000 \text{ N}$  och då blir:

Krafterna vid  $0^\circ\text{C}$  och vindstilla erhålls från regleringstabeller eller linberäkningar.

BLL FeAl - lina Klass B. Uppspänningen  $\sigma_0 = 45 \text{ N/mm}^2$ .

$$62 \text{ mm}^2 \cdot \text{an} = 70 \text{ m} \cdot F_1 = 2790 \text{ N motsv. } 14 \text{ mm}$$

$$99 \text{ mm}^2 \cdot \text{an} = 70 \text{ m} \cdot F_3 = 4455 \text{ N motsv. } 16,5 \text{ mm}$$

Krafterna ritas sedan efter varandra i resp. riktning, ordningsföljden har ingen betydelse, och resultanten  $F_R$  erhålls genom att dra linjen mellan begynnelsepunkten och slutpunkten, vilket ger:

$$F_R = 22,0 \text{ mm motsv. } 44000 \text{ N}$$

En annan metod att bestämma  $F_R$  är att använda de vinklar som anges i figuren ovan, varvid man bestämmer en referensriktning ( $0^\circ\text{C}$ ) och sedan anger de olika krafternas riktningar i förhållande till denna.

Med de riktningar som angivits i figuren blir  $F_R$ :

Krafterna vid  $0^\circ\text{C}$  och vindstilla erhålls från regleringstabeller eller linberäkningar.

BLL FeAl - lina Klass B. Uppspänningen  $\sigma_0 = 45 \text{ N/mm}^2$ .

$$62 \text{ mm}^2 F_0 = 2790 \text{ N}$$

$$99 \text{ mm}^2 F_0 = 4455 \text{ N}$$

$$4455 \times \cos 30^\circ + 2790 \times \cos 180^\circ = 1068.14$$

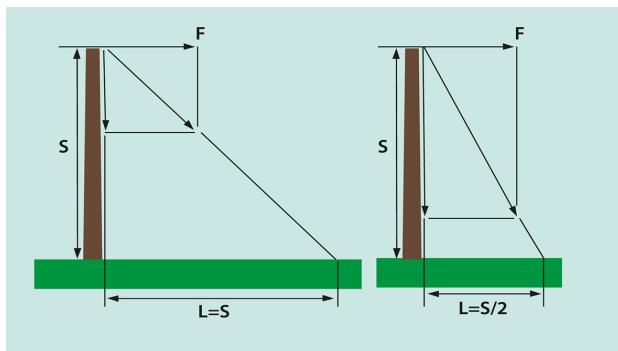
$$4455 \times \sin 30^\circ + 2790 \times \sin 180^\circ = 2227,50$$

$$v = \arctg(2227,5 / 1068.14) = 64.38^\circ / 71,53 \text{ Gon}$$

Stagnningsriktningen blir då:  $64.38^\circ + 180^\circ = 244.38^\circ / 271,53 \text{ Gon}$  eller  $245^\circ / 272 \text{ Gon}$ .

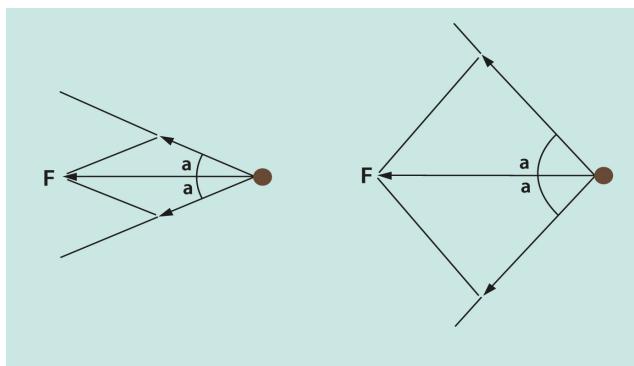
## 10.2 Stagnning

Den kraft som ska tas upp av staget fördelar sig som en dragkraft i staget och som en tryckkraft i stolpen och påverkar dimensioneringen av både staget och stolpen.



Figur 58

Som framgår av figurerna ökar krafterna i stag och stolpe med minskat stagavstånd (L).



Figur 59

Om stolpen stagas med två stag fördelar sig krafterna mellan stagen enligt figuren ovan. Stagspridningen  $\alpha$  för kraftupptagande stag väljs normalt till ca 25Gon. Och för motstag (bergstag) till ca 45-60Gon.

## 10.3 Stagnning av friledning

Stag ska ovan jord bestå av stållina eller annan likvärdig lina. Lina får ej förekomma under mark. Under mark ska stag bestå av stålstång med tillräcklig hållfasthet för förekommande belastning

Stag av lina ska vara försedda med anordning (till exempel stagskruv) som möjliggör reglering av stagens längd. Undantag föreligger för kort stag, som utgörs av stålstång, avsedd för infästning i berg.

Ett stag i mark ska för att vara lätt synligt vara försett med anordning vid marken, som tydligt markerar staget (Stagmarkering), hänsyn ska tas till lokalt förekommande snödjup.

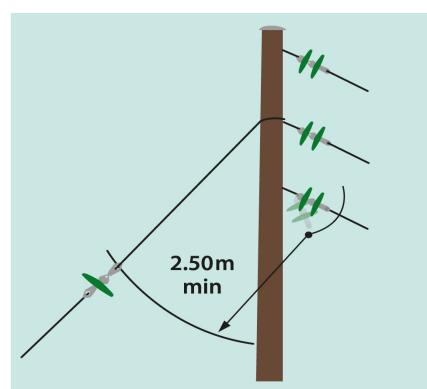
Ett stag för stolpe ska vara fäst vid stolpen på minst 0,1 m avstånd från ledningsfäste.

Ett stag som är så anbringat att risk för kontakt med hängkabel, hängspiralkabel eller spänningssförande ledare i friledning föreligger vid brott eller slakning av staget ska vara försett med stagisolator med minst samma hållfasthet som staget. Stagisolatorn ska vara placerad så, att den kommer minst 0,5 m under ledningen om staget brister. Isolatorn ska dock vara placerad lägst 3 m över marken.

Ett stag ska vara anordnat så, att ingen del av staget kan komma i kontakt med spänningssförande ledare, om staget brister eller slaknar. Det innebär bl.a. att spänningssförande ledare inte får vara placerad mellan stolpe och till denne tillhörande stag, vare sig i raklinje-, vinkel- eller ändstolpe.



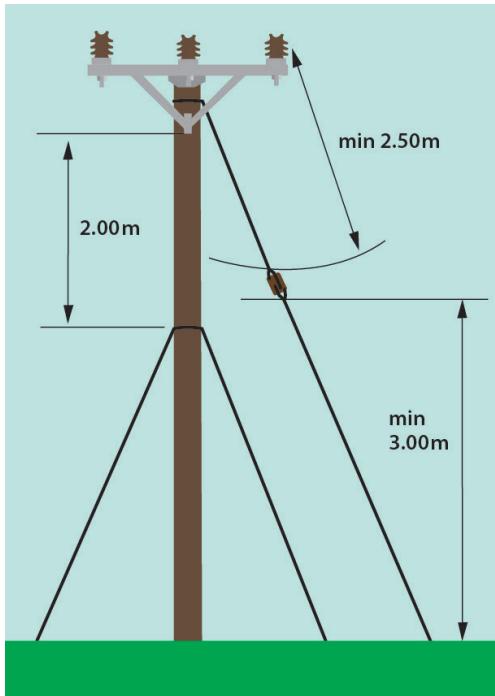
*Felaktig stagnning*  
Figur 60



*Godkänd stagnning*  
Figur 61

I en anläggning med icke direkt jordat system ska stag i stolpe vara försett med stagisolator.

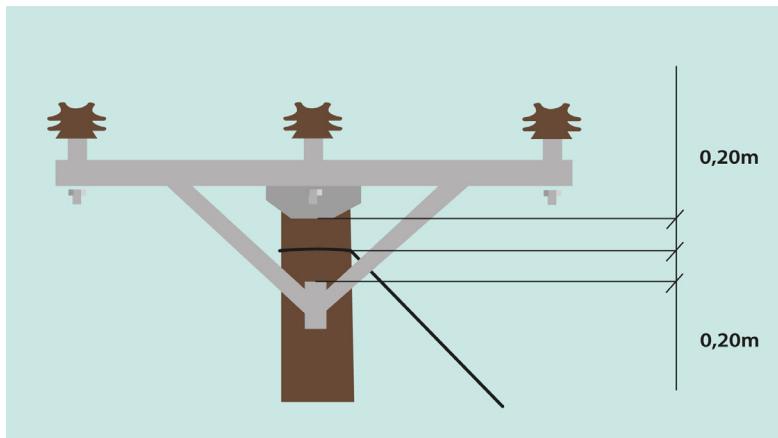
Stagisolatorn ska vara placerad minst 2,5 m från närmaste spänningssförande ledares linfäste och minst 3 m över marken.



Figur 62

Stagisolator erfordras dock inte om staget är fäst minst 2 m under lägsta isolatorfäste och från med sådant fäste förbunden ledande konstruktionsdel eller om staget är jordat.

I stolpe med stödisolatorer av pinntyp ska ett stag vara fäst minst 200 mm från isolatorfäste och från ledande konstruktionsdel som är förbunden med sådant fäste.



Figur 63

Vid spänningsnivåer som överstiger 52 kV nominell spänning så är de flesta anläggningar konstruerade för direktjordade system. Detta hanteras inte i denna handbok.

## 10.4 Sträva

Stagnig med trästräva kan användas där det av utrymmesskäl inte går att staga på normalt sätt.

# 11. Hängkabel och Hängspiralkabel

## 11.1 Allmänt

Rekommendationerna i detta avsnitt gäller för luftledningar utförda med polyetenisolerad (PE-isolerad) hängspiralkabel och hängkabel med ledare av aluminium och legerat aluminium.

Hängspiralkabel avser ALUS och ALUS-D upp till 1 kV.

Hängkabel avser självbärande och med bärlna över 1 kV.

Rekommendationerna i detta avsnitt gäller förutom för hängkabelledningar även i tillämpliga delar för metallmantlade hängspiralkabelledningar.

Rekommendationerna gäller i tillämpliga delar även för hängkabel och metallmantlad hängspiralkabelledning typ AXCEH.

Hängkabel och hängspiralkabel får inte vara fäst i träd. Den får inte heller vara framdragen invid träd på sådant sätt att den kan skadas.

Ledningsgatans bredd bör vara minst 4 m >1 kV.

## 11.2 Beräkningsgrunder

Se avsnitt 2.4 – 2.16 i tillämpliga delar

## 11.3 Laster

Se avsnitt 3.1 – 3.7 och 3.11 – 3.12

## 11.4 Elektriska krav

Ledare i hängkabel ska ha en med hänsyn till strömbelastning och med avseende på mekanisk hållfasthet anpassad area.

Ledare i hängspiralkabel ska ha en area av minst 25 mm<sup>2</sup>.

Se avsnitt 4.16 – 4.17, 4.19.5, 4.20, 4.21.4, 4.24 – 4.27, 4.29 i tillämpliga delar

## 11.5 Jordningssystem

Skyddsjordning av utsatta delar och i förekommande fall hängkabels bärlna ska utföras så att man uppfyller kraven i FS 2008:1.

Utsatta delar av en högspänningssanläggning ska jordas, liksom sådana främmande ledande delar som vid fel, genom induktion eller influens kan bli spänningförande och medföra fara för person- eller sakskada.

Utanför driftrum ska apparater och kablar antingen ha jordad mellandel eller genom sitt läge vara skyddade mot oavsiktlig beröring. Med jordad mellandel avses metallkapsling för apparater och skärm för kablar.

Manöverhandtag på apparater, ska vara utförda av isolermaterial eller ha hållbart hölje av sådant material eller vara effektivt isolerade från ledande delar, eller så ska annan skyddsåtgärd vara vidtagen för att förebygga beröringsfara vid manövrering.

Stolpar och andra därmed jämförliga stöd av ledande material samt andra utsatta delar ska vara skyddsjordade enligt EBR publikationen K25 "Jordningskonstruktioner ledningsnät och stationer 0,4 – 24 kV"

## 11.6 Stolpar, material, utförande och beräkning

Hängkabel ska fästas vid stolpe på sådant sätt, att upphängningsdonen vid förekommande belastning inte skadar kabeln.

Kabel med fri bärлина ska fästas vid bärlinan med korrosionsskyddad materiel och på sådant sätt, att kabelns hölje och isolering inte skadas.

Stolpar ska vara utförda och anordnade på sätt som framgår av avsnitt 6

## 11.7 Fundament och grundläggning

Se avsnitt 7

## 11.8 Ledare

Hängkabel:

Skarvar, avgreningar och andra ledarförbindningar ska vara utförda med lika god isolation som hängkabelledningen i övrigt.

Vid övergång från aluminiumledare till kopparledare ska särskilda åtgärder vidtas till förhindrande av korrosion.

Skarv på bärлина ska ha en brottlast som är minst 90% av den oskarvade bärlinans brottlast.

Rekommendationerna i första stycket innebär bl.a. att dubbel isolering och metallmantel eller skärm erfordras mellan bärлина och strömförande ledare.

Speciell omsorg erfordras vid skarvning och isolering av kabels jordade metallmantel eller skärm.

Anordning som brister vid överlast (brottlänk) får användas i hängkabelledningar. Dessa ska utformas så att de:

brister före andra delar av ledningen när ledningen är utsatt för till exempel trädspåfall eller extrem islast

håller för lasterna specificerade i detta dokument.

Brottlänkar får inte användas i korsningar.

### Hängspiralkabel:

Skarvar, avgrenningar och andra ledarförbindningar ska vara utförda med lika god isolation som kabeln i övrigt. Skarv i fritt spann ska ha en hållfasthet som är minst 90% av den oskarvade ledarens hållfasthet.

Det är viktigt att skarvar är så utförda att ledarna inte skadas. Skarvar med mindre hållfasthet förutsätts vara så anordnade att de inte utsätts för dragning.

En avgrenning från ledare eller en annan förbindning mellan olika ledare förutsätts vara utförd med en klämma, så utformad att den inte minskar ledarens mekaniska hållfasthet eller elektriska förbindelsen. Vid avgreningen förutsätts klämmen vara avlastad från dragning.

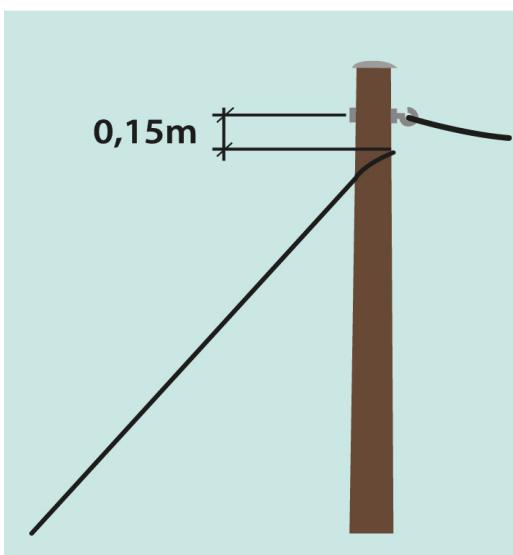
Hängspiralkabel ska fästas vid stolpe på sådant sätt, att upphängningsdonen vid förekommande belastning inte skadar kabeln.

Hängspiralkabel ska vara så upplagd och uppspänd, att nödvändig säkerhet mot brott och farlig nedhängning föreligger även vid ogynnsamma väderförhållanden.

## 11.9 Stag och strävor

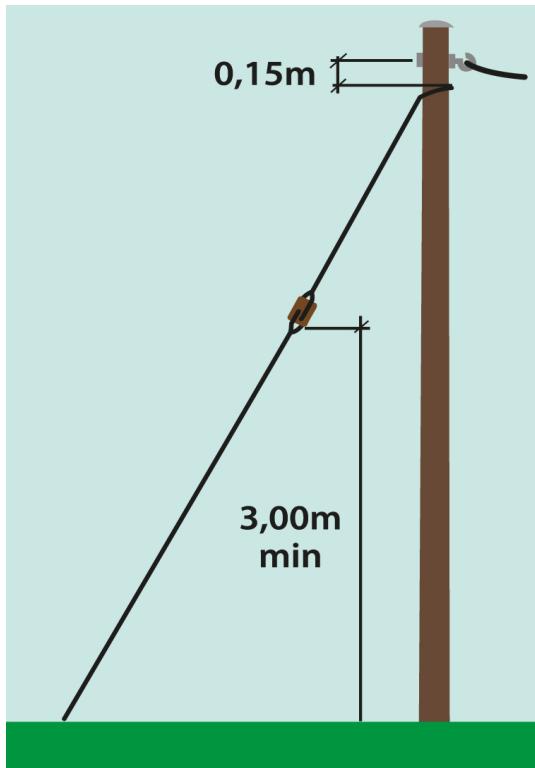
Utformning stag och strävor enligt avsnitt 10.

Montering av stag i stolpar av trä.



EBR rekommenderar att stag i ledningar för Hängspiral- och hängkabelledning för 0,4 – 24 kV ska vara monterat på 0,15 m avstånd från ledningsfäste.

Figur 64



Figur 65

Stag i stolpe med hängkabel, vars bärlna ej är jordad, ska isoleras från jord, vilket bör ske med stagisolator.

Vid sambyggnad med Skanova eller annan part gäller dessutom speciella anvisningar som framgår av "Sambyggnad och samförläggning Tekniska krav och Administrativa anvisningar" som ges ut av EBR.

# 12. Märkning skyltning

## 12 Märkning skyltning

Skyltar och märkning ska följa ELSÄK FS 2008:2 och TSF 2017-180 Sjöfartsverkets föreskrifter och allmänna råd om sjövägmärken.

Märkning kan utföras enligt KJ35 Märkning av anläggningsdelar samt underhållshandboken U301:K

# 13. Luftledningsrelaterade EBR-publikationer

## 13 Luftledningsrelaterade EBR-publikationer

K4	Nätstationer i luft
K9	Materialsatser, Projektleveranser, Satsläggning, Tillverkningsritningar, Kompletterande materialsatser
K10	Förankringskonstruktioner, Tillfälliga stag och förankringar
K15	Regleringstabeller Christer fixar
K22	Friledning 45-66 kV, Friledning 45-66 kV med längsgående jordlina
K25	Jordningskonstruktioner för distr.nät och nätstationer 0,4-24kV
K26	Kortslutningsdimensionering
K28	Hängkabel och hängspiralledning 0,4 - 24 kV
K30	Friledning belagd och obelagda 24 - 52 kV
K33	1 kV-system
KJ35	Märkning av anläggningsdelar
A22	Tillfälliga skydd vid utdragning av ledare
A300	Stolpresning och luftledningsmontage 0,4 - 52 kV
A301	Byggmetoder vid ombyggnad av 12 – 24 kV luftledningar
B11	Beredningshandbok
U 300	Underhåll ledningar 0,4 - 420 kV
IN 045	Ljusbågsskydd i BLX ledningar
IN 052	Självbärande skärmad hängkabel för 12-24kV typ Excel 3x10/10mm2
IN 055	Viltstängsel
IN 063	Impregnerade trästolpar 2005
Kostnader	Sambyggnad och samförläggning – Tekniska krav 2018

# 14. Normativa referenser

## 14 Normativa referenser

<b>ELSÄK-FS 2008:1</b>	Elsäkerhetsverkets föreskrifter om hur starkströmsanläggningar ska vara utförda
<b>ELSÄK-FS 2008:2</b>	Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om varselmarkning vid elektriska starkströmsanläggningar
<b>ELSÄK FS 2008:3</b>	Elsäkerhetsverkets föreskrifter om innehavarens kontroll av elektriska starkströmsanläggningar och elektriska anordningar
<b>SFS 2009:22</b>	Starkströmsförordning
<b>BFS 2011:10 - EKS</b>	Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)
<b>SS-EN 335:2013</b>	Träskydd - Definitioner och tillämpning av användningsklasser - Massivt trä och träbaserade produkter
<b>SS-EN 351-1:2007</b>	Träskydd – Träskyddsbehandlat massivt trä – Del 1: Klassificering och upptagning av träskyddsmedel
<b>SS-ISO 965-4</b>	Metriska ISO-gängor för allmän användning – Gängtoleranser - Del 4: Gränsmått för varmförzinkade utvärdiga gängor avsedda för användning tillsammans med invändiga gängor gängade
<b>SS-EN 1090-2:2008</b>	Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner – Del 2: Stålkonstruktioner
<b>SS-EN 1999-1-1:2007</b>	Euro kod 9: Dimensionering av aluminiumkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler
<b>SS-EN ISO 4892-3:2013</b>	Plast - Metoder för exponering i artificiellt ljus - Del 3: UV lysrör (ISO 4892-3:2013)
<b>SS-EN 10164:2005</b>	Stålprodukter med förbättrade deformationsegenskaper i tjockleksrikningen - Tekniska leveransbestämmelser
<b>SS-EN 10204:2005</b>	Metalliska varor - Typer av kontrolldokument
<b>SS-EN ISO 10684:2004</b>	Fästelement – Varmförzinkning av fästelement
<b>SS-EN 13670:2009</b>	Betongkonstruktioner – Utförande
<b>SS-EN 60060</b>	Högspänningsprovning
<b>SS 11 23 18</b>	Aluminium och stål – Lina till friledning – Kontinuerlig krypprovning
<b>SS 424 05 01</b>	Isolatorer – Stödisolatorer av pinntyp för friledningar
<b>SS 424 05 02</b>	Isolatorer – Stödisolatorer av pinntyp med pinne för friledningar

<b>SS 424 05 21</b>	Stödisolator av massiv typ för friledningar
<b>SS-EN 61952</b>	Stödisolator av kompositmaterial för friledningar med systemspänning över 1000V.
<b>SS-EN 61466-1</b>	Kedjeisolatorer kompositmaterial för friledning med systemspänning över 1000V
<b>SS 424 05 31</b>	Isolatorer - Stagisolatorer
<b>SS 424 08 06</b>	Linor av hård förzinkad ståltråd för luftledningar - Fe140-linor
<b>SS 424 08 11</b>	Tråd av aluminiumlegering för linor för friledningar - AlMgSi-tråd
<b>SS 424 08 12</b>	Linor av aluminiumlegering för friledningar – AlMgSi-linor
<b>SS 424 08 13</b>	Tråd av aluminiumlegering för linor för friledningar - Al 59-tråd
<b>SS 424 08 14</b>	Linor av aluminiumlegering för friledningar - Al 59-linor
<b>SS 424 12 50</b>	Najning
<b>SS 424 12 51</b>	Förformad najningsspiral
<b>SS 436 02 10</b>	Starkströmsledning (hängkabel eller hängspiralledning) högst 600 V, över allmän väg.
<b>SS 436 02 11</b>	Starkströmsledning (hängkabel eller hängspiralledning) högst 600 V, över icke elektrifierad järnväg.
<b>SS 436 02 12</b>	Starkströmsledning (hängkabel eller hängspiralledning) högst 600 V, under svagströmsledning.
<b>SS 436 02 61</b>	Luftledningskorsningar - Högspänningssledning (friledning), högst 52 kV, över allmän väg
<b>SS 436 02 62</b>	Luftledningskorsningar - Högspänningssledning (friledning), högst 52 kV, över allmän väg - Trädsäkert korsningsspann
<b>SS 436 02 63</b>	Luftledningskorsningar - Högspänningssledning (friledning), högst 52 kV, över järnväg - Trädsäkert korsningsspann
<b>SS 436 02 65</b>	Luftledningskorsningar - Högspänningssledning (hängspiralkabel utan skärm), 1-24 kV, över allmän väg
<b>SS 436 02 66</b>	Luftledningskorsningar - Högspänningssledning (hängspiralkabel utan skärm), 1-24 kV, över järnväg
<b>SS 436 02 80</b>	Luftledningskorsningar - Högspänningssledning (metallskärmad hängkabel eller metallskärmad hängspiralkabel), 1-24 kV, över allmän väg

<b>SS 436 02 81</b>	Luftledningskorsningar - Högspänningssledning (metallskärmad hängkabel eller metallskärmad hängspiralkabel), 1-24 kV, över järnväg
<b>IEC 60305</b>	Kedjeisolatorer
<b>SS 424 05 51</b>	Rullisolatorer
<b>SS 424 06 49</b>	Förlängningsgungor
<b>SEN 36 02 57</b>	Högspänningssledning, (Friledning) högst 66 kV över annan ledning för högspänning. Skyddslina.
<b>SEN 36 02 58</b>	Högspänningssledning, (Friledning) högst 66 kV över allmän väg. Linskydd.

Denna publikation är sammansatt av en arbetsgrupp i EBR. Publikationen bygger på material som är framtaget av Stefan Lindström på Pöyry.

Arbetsgruppen har bestått av sakkunniga experter från elnätsföretagen och följande personer har ingått:

Jan Lantto, E.ON energidistribution AB  
Pär Gustafsson, Skellefteå Kraft Elnät AB  
Kent Andersson, Jämtkraft Elnät AB  
Hans Kjellberg, Ellevio AB  
Magnus Eriksson, Härnösands Energi och Miljö AB  
Mats Dahlgren, Härjeåns Nät AB  
Roland Andersson, Vattenfall Eldistribution AB  
Christer Gruber, Energiföretagen Sverige



En del av Energiföretagen Sverige