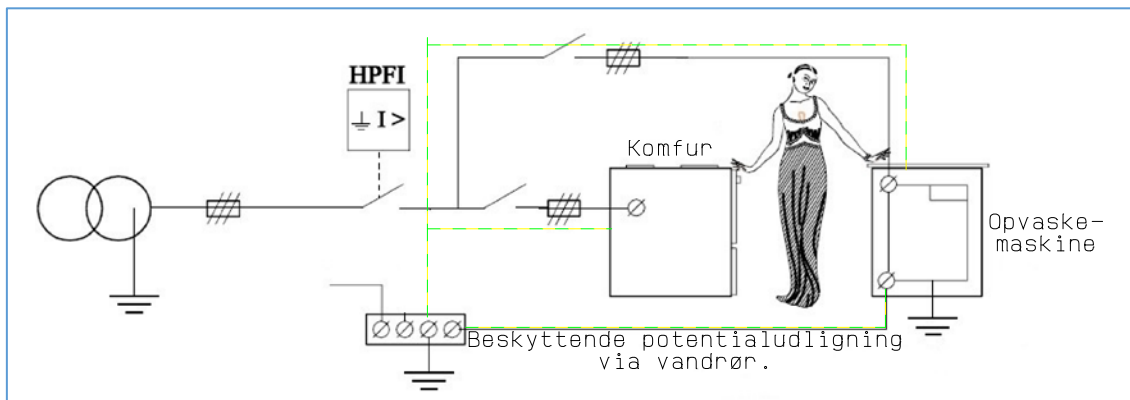


Jordingsanlæg og beskyttelsesledere

Udførelse af beskyttende potentialudligning.



Figur 1, potentialudligning via beskyttelsesledere og beskyttende potentialudligning.

Der stilles krav om at alle udsatte ledende dele skal være forbundet til en beskyttelsesleder og at samtidig tilgængelige udsatte ledende dele skal være forbundet til det samme jordingsystem.

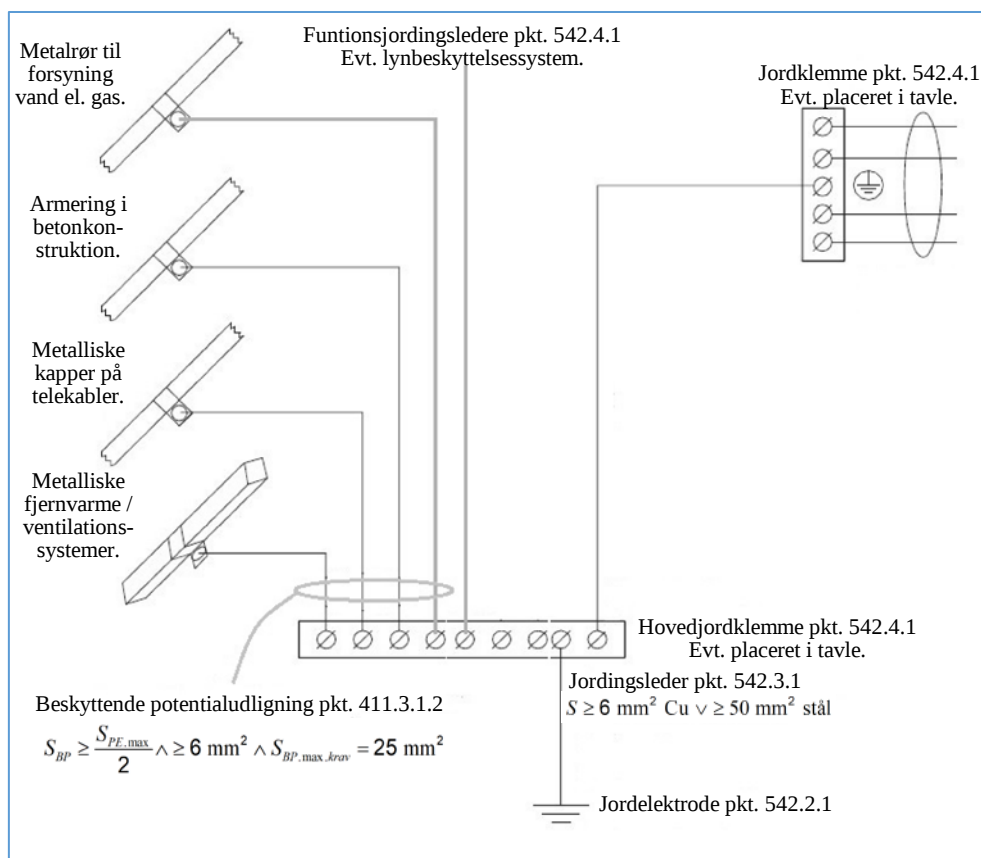
På figur 14 ses det at både komfur og opvaskemaskine er forbundet til den samme jordklemme i el-tavlen. Jordklemmen i el-tavlen har desuden forbindelse til den beskyttende potentialudligning. Også opvaskemaskinen er forbundet til den beskyttende potentialudligning via metalliske vandrør.

I denne situation kan berøringsspændingen for en person der samtidig berører komfuret og opvaskemaskinen, samtidig med at der er fejl i en af maskinerne ikke blive så stor at det bliver en farlig berøringsspænding. Berøringsspændingen kan beregnes som vist i formel 6, størrelse på berøringsspændingen vil afhænge af gruppe- og tilledningens impedans til fejlramte maskine, samt fejlstrømmens størrelse.

Figur 15 viser forbindelser til hovedjordklemmen, pkt. 542.4.1. På figuren er der placeret både en hovedjordklemme og en jordklemme. Disse kan udgøres af en hovedjordklemme. I en boliginstallation vil den som regel være at finde øverst i el-tavlen. Se figur 16 og figur 17.

Dimensionering

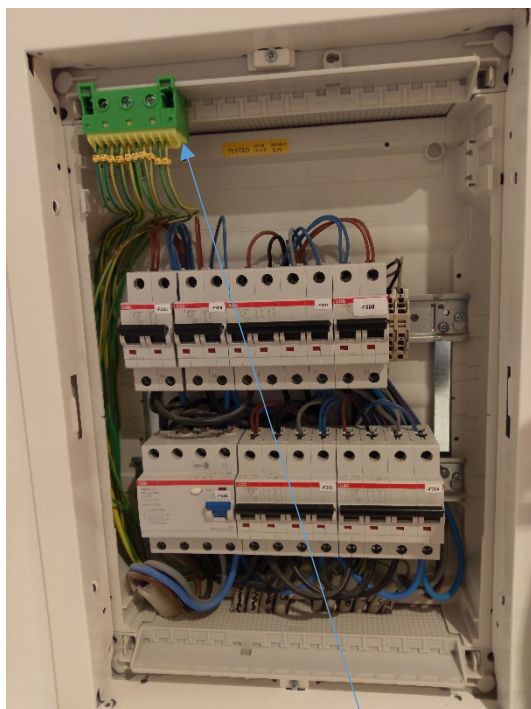
Jordingsanlæg og beskyttelsesledere



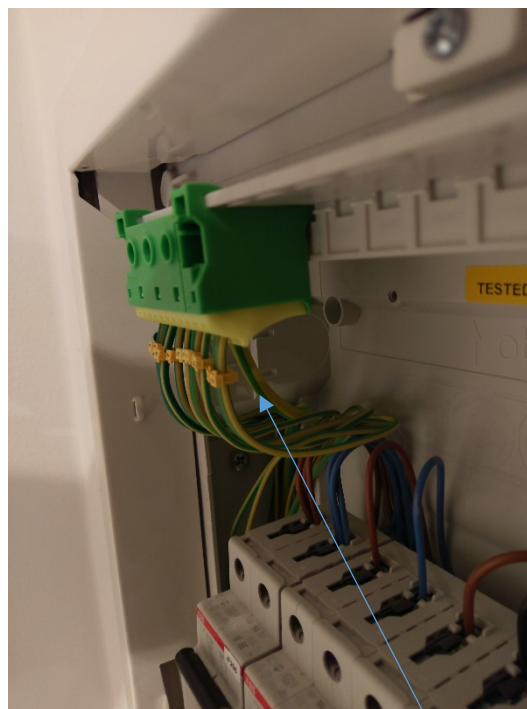
Figur 2, principskitse for jordingsanlæg og beskyttende potentialudligning.

Dimensionering

Jordingsanlæg og beskyttelsesledere



Figur 3, boligtavle med hovedjordklemme.



Figur 4, hovedjordklemme med jordingsleder.

Ifølge pkt. 542.3.1 skal en jordingsleders tværsnit være mindst 6 mm² Cu eller 50 mm² stål, samtidig skal pkt. 543.1.1 eller 543.1.2 overholdes.

Benyttes pkt. 543.1.1 er det tabel 54.2 der gælder. Her vælges jordingslederens tværsnit, S_{PE} , ud fra faselederens tværsnit, S_{fase} .

I de fleste mindre installationer og boliger vil el-tavlen være totaliseret (klasse II materiel) og mærket med symbolet $\square$. Der skal således ikke forbindes nogen beskyttelsesleder til el-tavlens kabinet.

Jordingslederen er fælles for alle afgående grupper i en el-tavle, og skal derfor vælges ud fra tværsnittet på den fase der har det største tværsnit, pkt. 543.1.4.

I en boliginstallation vil man her sjældent komme over 6 mm² Cu.

Alternativt kan man vælge at følge pkt. 543.1.2, hvor en beregning ud fra formel 9 giver jordingslederens tværsnit.

Omvendt kan det beregnes hvilken fejlstrøm en jordingsleder med et tværsnit på 6 mm² Cu kan klare.

I formel 9 sættes t til 1 s, den længste tilladelige udløsetid i henhold til pkt. 411.3.2.4.

For et 70 °C Cu-kabel med en starttemperatur på 30 °C og en sluttemperatur på 160 °C kan k findes til 142 i tabel A.54.2

$$S_{PE} \geq \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \rightarrow$$

$$\frac{S_{PE} \cdot k}{\sqrt{t}} \geq I_K = \frac{6 \cdot 143}{\sqrt{1}} = 858 \text{ A}$$

$$Z_s = \frac{U_f}{I} = \frac{230}{858} = 268 \text{ m}\Omega$$

Formel 1, formel til beregning af jordingslederens tværsnit.

Dimensionering

Jordingsanlæg og beskyttelsesledere

Som det ses af formel 9 kan en 6 mm² 70°C Cu-kabel klare en strøm på 858 A. For at opnå en fejlstrøm på 858 A skal fejlsøjfeimpedansen være på 0,268 Ω eller mindre, hvilket er urealistisk i et TT-net.

Ovenstående beregninger er vist med konservative værdier.

Da der oftest anvendes RCD'er i TT-net vil tiden t nærmere være 0,04 s fremfor 1 s. Mange kabler kan i dag tåle en sluttemperatur på 250 °C ved kortslutning, hvilket vil forøge k til 176.

Det vil således i langt de fleste tilfælde være tilstrækkeligt at vælge 6 mm² Cu til en jordingsleder.

I SB6 543.1.1 var der en dansk note 5 der generelt tillod at anvende et tværsnit på 2,5 mm² Cu til beskyttelsesledere, når kredsen var fejlbeskyttet med RCD. Denne note findes ikke længere.

Pkt. 411.3.1.2 angiver at ledere til beskyttende potentialudligning skal overholde kravene i HD 60364-5-54.

Det er pkt. 544.1 der angiver mindste tværsnit for ledere til beskyttende (potential)udligning til tilslutning til hovedjordklemmen.

Disse krav er identiske med kravene fra SB6 547.1.1.

En leder til beskyttende (potential)udligning til tilslutning til hovedjordklemmen skal mindst have et tværsnit, der mindst svarer til halvdelen af tværsnittet af den største beskyttelsesjordingsleder i installationen.

Mindste tilladelige tværsnit for en leder til beskyttende (potential)udligning til tilslutning til hovedjordklemmen er 6 mm² Cu eller 16 mm² Al eller 50 mm² stål.

Der er ikke krav om at der anvendes større tværsnit end 25 mm² Cu eller tilsvarende tværsnit for andre materialer.

Se formel 10 for en sammenstilling af betingelserne for tværsnit for ledere til beskyttende (potential)udligning til tilslutning til hovedjordklemmen.

$$S_{BP} \geq \frac{S_{PE,max}}{2} \wedge \geq 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu} \wedge S_{BP,max,krav} = 25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$$

Formel 2, betingelser for S til beskyttende udligning.

Vil man omregne 25 mm² blank Cu til tilsvarende tværsnit for blank Al foregår det på følgende måde, se evt. tabel 54.2.

k_1 for blank Cu findes til 159 for normale forhold i tabel A.54.6, k_2 for blank Al findes til 105 for normale forhold i tabel A.54.6.

Formel 11 benyttes, Al tværsnittet beregnes til 50 mm²

$$S_{Alu} = \frac{k_1}{k_2} \cdot S_{Cu} = \frac{159}{105} \cdot 25 = 37,8 \rightarrow 50 \text{ mm}^2.$$

Formel 3, beregn af S_{Al} ud fra S_{Cu} .

Dimensionering

Jordingsanlæg og beskyttelsesledere

Tabel A.54.6 – Værdier af k for uisolerede ledere, hvor der ikke er risiko for beskadigelse af eventuelt nærliggende materiale ved den angivne temperatur

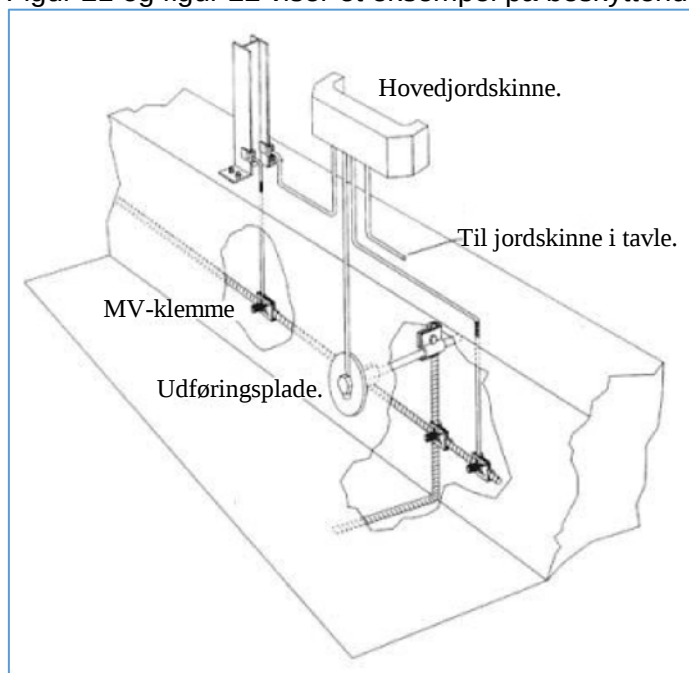
Forhold	Start-temperatur °C	Ledermateriale					
		Kobber		Aluminium		Stål	
		Maksimal-temperatur (slut-temperatur) °C	k -værdi	Maksimal-temperatur (slut-temperatur) °C	k -værdi	Maksimal-temperatur (slut-temperatur) °C	k -værdi
Synlige og i afspærret område	30	500	228	300	125	500	82
Normale forhold	30	200	159	200	105	200	58

Figur 5, udsnit af tabel A.54.6 DS/HD 60364-5-54:2011 (SIK)

Figur 19 og figur 20 viser eksempler på hvordan armeringen i betonkonstruktionen kan forbindes til den elektriske installation.

Forbindelserne på figur 19 kan enten være ledere til beskyttende (potential)udligning til tilslutning til hovedjordklemmen eller, hvis man anvender armeringen som jordelektrode, beskyttelsesjordingsleder.

Figur 21 og figur 22 viser et eksempel på beskyttende potentialudligning.



Figur 6, forbindelse imellem armering i beton og den elektriske installation.

Dimensionering

Jordingsanlæg og beskyttelsesledere



Figur 7, udføringsplade for forbindelse imellem armering i beton og den elektriske installation.



Figur 8, eksempel på beskyttende potentialudligning.

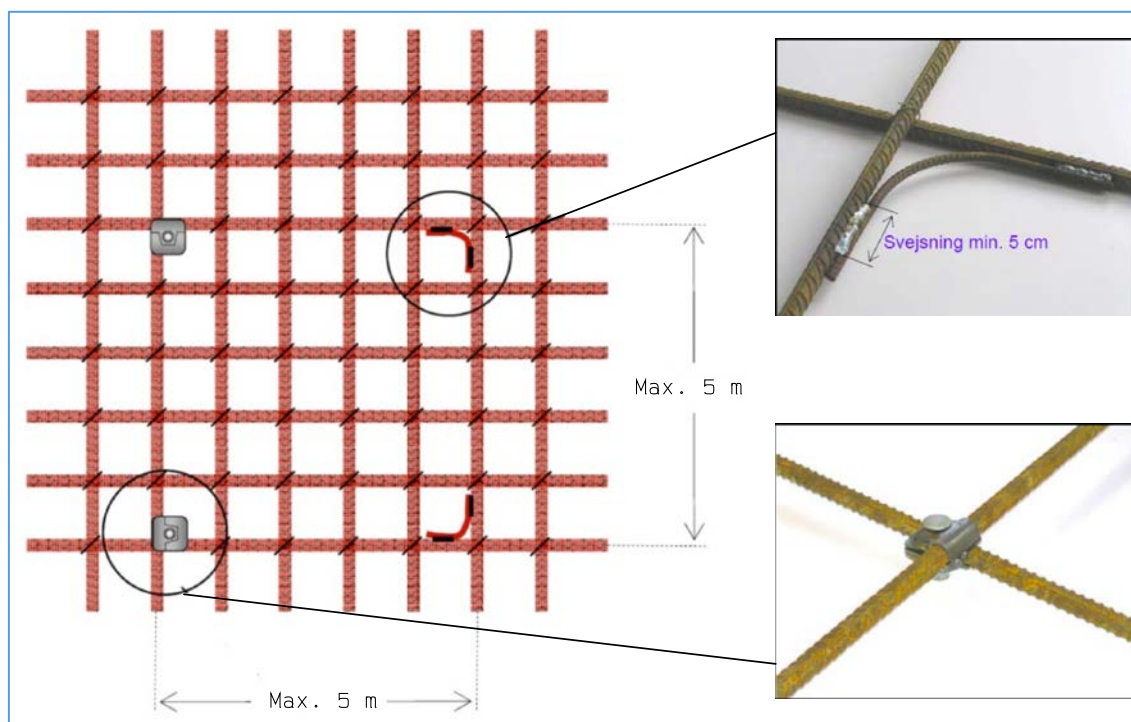
Dimensionering

Jordingsanlæg og beskyttelsesledere



Figur 9, eksempel på beskyttende potentialudligning.

Når metalarmeringen i konstruktionsbeton udligningsforbindes skal den indbyrdes forbindelse i metalarmeringen være pålidelig. Det kan f.eks. opnås ved at anvendelse af klemmer eller svejsning, se figur 23.



Figur 10, eksempel på elektrisk forbindelse i armeringsjern.

Før der støbes bør den elektriske forbindelse i armeringsjernet måles igennem.

Dimensionering

Jordingsanlæg og beskyttelsesledere

Er det ikke muligt at opnå automatisk afbrydelse af forsyningen inden for den i pkt. 411.3.2.2 og 411.3.2.4 fastsatte tid, skal der ifølge pkt. 411.3.2.6 udføres supplerende beskyttende potentialudligning.

Kravene til supplerende beskyttende potentialudligning fremgår af pkt. 415.2.

I visse særlige områder f.eks. i områder med bad kræves det også at der udføres supplerende beskyttende potentialudligning.

Ovenstående krav til supplerende beskyttende potentialudligning fandtes også i SB6 (bl.a. SB6 413.1.2.2).

Supplerende beskyttende potentialudligning udføres ved at alle udsatte ledende dele på fastmonteret materiel, der kan berøres samtidig og fremmede ledende dele forbindes sammen. Stikkontakters beskyttelsesledere skal også indgå i denne forbindelse.

Er man i tvivl om effektiviteten af den supplerende beskyttende potentialudligning skal man eftervise at modstanden R mellem udsatte ledende dele og fremmede ledende dele opfylder kravet i formel 12. Anvendes der en RCD med en $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ bliver $R = 1666 \Omega$.

$$R \leq \frac{50 \text{ V}}{I_a}$$

Formel 4, beregning af R for supplerende beskyttende potentialudligning.

Ledere til supplerende beskyttende potentialudligning er beskyttelsesledere og skal derfor opfylde pkt. 543.1.3, der angiver mindste tværsnit til $2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ eller $16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$, med mekanisk beskyttelse eller $4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ eller $16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$, uden mekanisk beskyttelse.

I SB6 543.1.3 var det anført at beskyttelsesledere anses for mekanisk beskyttet, hvis de f.eks. fremføres som enleder kabler.

I pkt. 543.1.3 har man brugt formuleringen "En beskyttelsesleder, der ikke er del af et kabel, betragtes som mekanisk beskyttet, hvis den er installeret i et rør eller en kanal eller er beskyttet på en tilsvarende måde."

Ovenstående må tolkes som at det er tilladt at fremføre en $1G2,5 \text{ mm}^2 70^\circ \text{C}$ som en særskilt beskyttelsesleder.

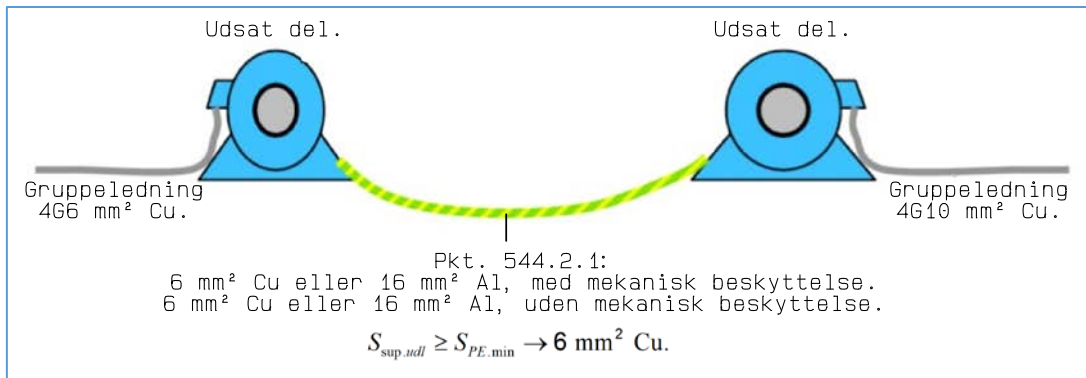
Som noget nyt må en $2,5 \text{ mm}^2$ ledning nu fremføres alene i et rør eller en kanal.

Ud over de generelle krav til beskyttelseslederens tværsnit, stilles der i pkt. 544.2 yderligere krav til tværsnittet for ledere til supplerende beskyttende potentialudligning.

Pkt. 544.2.1 En leder til beskyttende udligning, der forbinder to udsatte ledende dele, skal have en ledningsevne, der mindst svarer til den mindste beskyttelsesleders, der er forbundet til de udsatte ledende dele. Se figur 24.

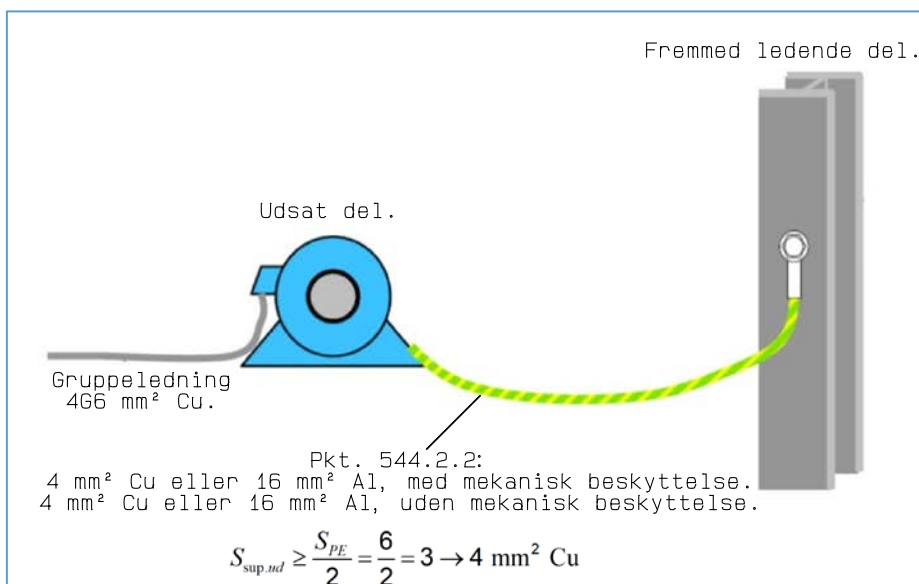
Dimensionering

Jordingsanlæg og beskyttelsesledere



Figur 11, leder til beskyttende udligning imellem to udsatte dele.

Pkt. 544.2.2 En leder til beskyttende udligning, der forbinder udsatte ledende dele til fremmede ledende dele skal have en ledningsevne, der mindst svarer til halvdelen af tværsnittet for den tilsvarende beskyttelsesleder. Se figur 25.

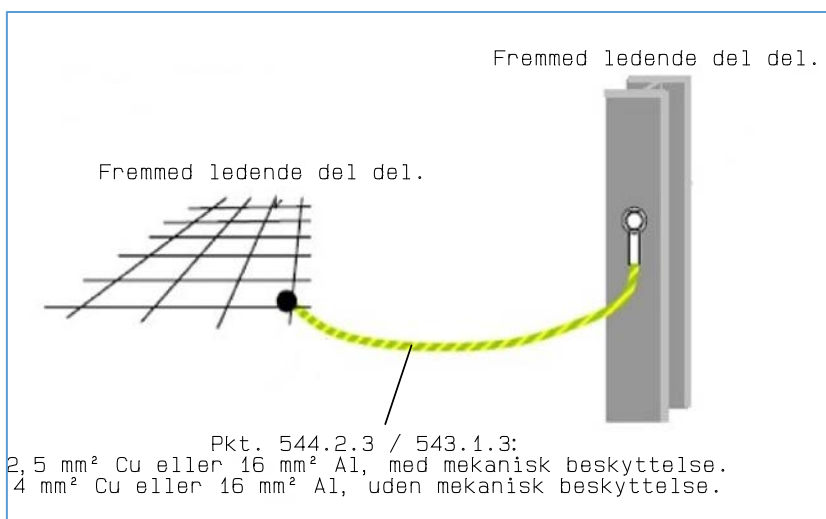


Figur 12, leder til beskyttende udligning imellem en udsat del og en fremmed ledende del.

Pkt. 544.2.3 Mindste tværsnit for lederen til beskyttende udligning og for udligningsforbindelser mellem to fremmede ledende dele skal være i henhold til 543.1.3. Se figur 26.

Dimensionering

Jordingsanlæg og beskyttelsesledere



Figur 13, leder til beskyttende udligning imellem to fremmed ledende dele.