

## **Redegørelse om lynrisiko og lynbeskyttelse under iagttagelse af IEC/EN/DS 62305-2**



**Redegørelsen omfatter vurdering af risiko for direkte lyn i bygninger og anlæg, samt risiko for skader i forbindelse med lyn, både ved de direkte og ved lyn på afstand.**

Indledning.....	3
1. Lidt omkring lyn som elektrisk naturfænomen.....	3
1.1 Et meteorologisk elektrisk fænomen.....	3
1.2 En gigantisk statisk udladning.....	3
1.3 Hvordan opstår lyn?.....	3
1.4 Lyn mellem skyer og lyn mellem skyer og jorden.....	4
1.5 Lynets elektriske påvirkninger:.....	4
1.5.1 Hvordan varierer lynets styrke?.....	5
1.5.2 Påvirkning der dækker 98 % af alle lyn.....	5
1.5.3 Lynstrømmen, spændinger og jordelektrode.....	5
1.5.4 Hvad bestemmer lynets styrke?.....	5
1.6 Hvordan slår lynet ned, og hvad rammer lynet?.....	5
1.6.1 Lynets udvikling fra sky til jord.....	5
1.6.2 Lyn i elektriske ledere.....	6
1.6.3 Princip for lynbeskyttelse.....	6
1.6.4 Virkningen på ikke ledere og for tynde ledere.....	6
1.6.5 Kan lyn undgås?.....	7
2. Risiko for lynnedslag i bygninger og anlæg.....	7
2.1 Påvirkning fra materialer og udformning.....	7
2.1.1 Risiko når der er lyn i et område.....	7
2.1.2 Statistisk beregning af risiko.....	7
2.2 Statistisk lyntæthed i Danmark.....	7
2.2.1 Bygningers risikoareal.....	7
2.2.2 Beregning af risikoareal.....	7
2.2.3 Risiko for lyn pr. år.....	8
2.2.4 Påvirkninger af denne risiko.....	8
2.2.5 Påvirkning af risiko fra udstyr på taget af bygning, samt standardafvigelser.....	8
2.2.6 Store usikkerheder og variationer.....	8
3. Vurdering af risiko for skader på bygninger og installationer ved direkte og indirekte lyn.....	9
3.1 Lovkrav om lynbeskyttelse.....	9
3.2 Hvor udføres normalt lynbeskyttelse?.....	9
3.3 Bygninger med naturlig lynbeskyttelse.....	9
3.4 Ydre lynbeskyttelse ikke tilstrækkelig.....	9
3.5 Risiko for skader på installationer.....	9
3.6 Overspændingsbeskyttelse.....	9
4. Risiko specielt ved udvidelse af installationer med telemobilantenner og tilhørende installationer på en bygning.....	10
4.1 Hvordan påvirker en antenne eller andet udstyr risikoen?.....	10
4.2 Hvad er risikoen for at antennen rammes af lyn?.....	10
4.3 Hvor meget beskytter antennen?.....	10
4.4 Hvordan beskyttes antennen og tilhørende installationer?.....	11
4.5 Hvordan påvirker beskyttelsen de øvrige installationer?.....	11
4.6 Risiko uden antenne og tilhørende installationer.....	12
5. Afslutning og konklusion.....	13
5.1 Risikovurdering ved opsætning af teleantenner.....	13
5.2 Risikopåvirkning ved installationen.....	13
5.3 Sikkerhed ved lynbeskyttelse.....	13

## INDLEDNING:

Formålet med denne redegørelse er at give et grundlæggende og anvendeligt værktøj for forklaring og udredning af spørgsmål omkring lyn og lynbeskyttelse, også for ikke el- og lysagkyndige.

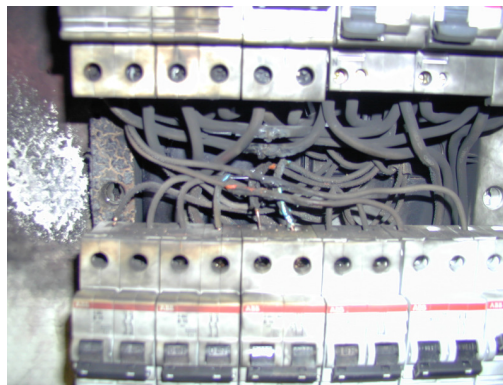
# 1. Lidt omkring lyn som elektrisk naturfænomen.

## 1.1 Et meteorologisk elektrisk fænomen

Som bekendt er lyn et meteorologisk elektrisk fænomen, som udløser en meget kortvarig og højfrekvent strøm. Energien fra lyn kan være så betydelig, at elektriske ledere smelter med eksplosionsagtig effekt. Samtidig kan påvirkninger fra lynstrømmen og de elektriske og magnetiske felter fra lynet, forårsage transiente overspændinger samt kapacitive og induktive skader på elektriske installationer, i afstande af op til flere kilometer fra lynet.



Lynnedslag (smukt men skræmmende tæt på)



Skader på elektrisk tavleudstyr.

## 1.2 En gigantisk statisk udladning

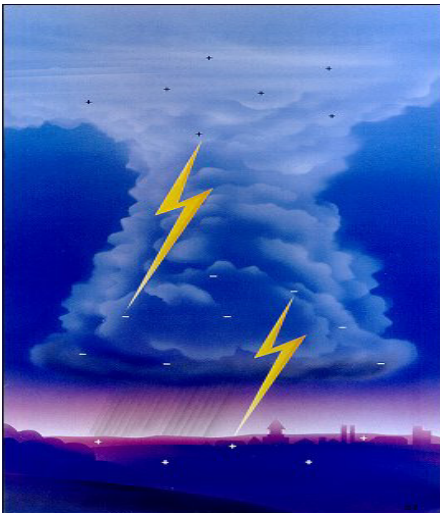
Lyn er i princippet gigantiske elektriske gnister, i lighed de miniature udladninger vi hører og mærker når vi udsættes for en statisk elektrisk udladning. Det kan være fra biler når vi stiger ud af dem, - eller når vi rører et eller andet som er modstat ladet. Det er ubehageligt men uskadeligt, og årsagen til, at vi i perioder oplever det, er sammenfald med lav luftfugtighed. Derfor sker det ofte i perioder med lave temperaturer og klart vejr.

## 1.3 Hvordan opstår lyn

Lyn opstår under de vejrforhold vi kalder tordenvejr. De udspringer under de samme forhold som giver nedbør, blot med den forskel at luftmassen skal have lidt højere luftfugtighed.

Denne fugtige luftmasse skal løftes op i atmosfæren (f.eks. ved kraftigt solindfald) og den fugtige luftmasse skal afkøles kraftigt på vej op i atmosfæren.

Er disse betingelser til stede kan der, ved det man kalder konvektion, forekomme en tilførsel af energi, der får skyerne til at vokse meget turbulent ud over det almindelige (op til over 10 km højde). I denne proces opstår de elektriske ladninger inde i skyerne som kan forårsage lyn. De fleste tordenvejr i Danmark opstår med frontsystemerne, hvor koldfronter presser varmere luftmasser op i atmosfæren.



Lyn i sky og lyn til jord.

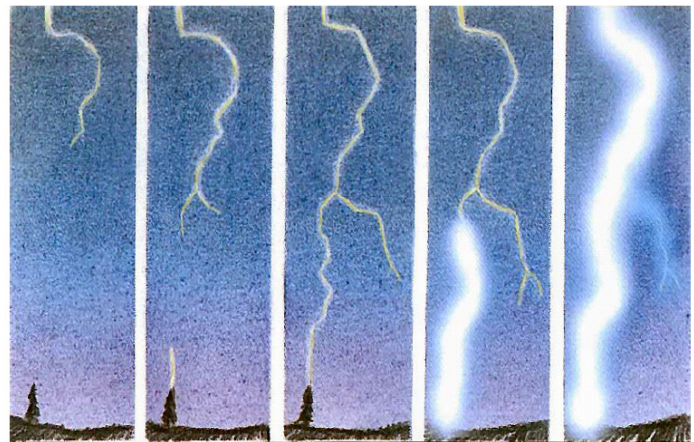


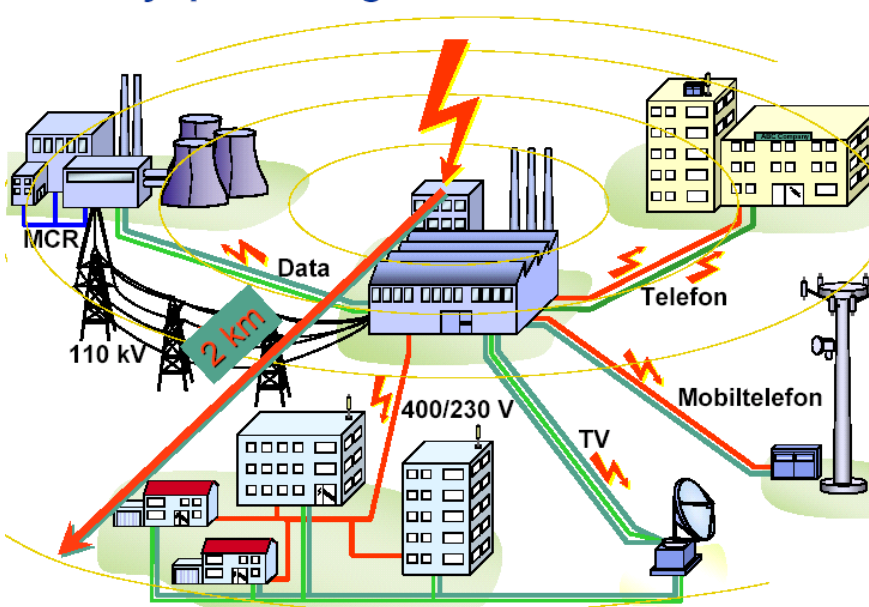
Foto af lynudvikling og lynnedslag i træ

## 1.4 Lyn mellem skyer og lyn mellem skyer og jorden

De fleste lyn forekommer mellem skyerne, og kun en mindre del mellem skyerne og jorden, men det er selvsagt de sidste der er farlige for mennesker og dyr, og som kan give skade på bygninger, anlæg og installationer, med mulig risiko for brand eller eksplosion.

Da lyn som sagt er en meget kraftig elektrisk påvirkning, sker de mest omfattende skader i dag på ubeskyttede elektriske installationer. Lyn mellem skyer kan dog også give skader på følsomme installationer.

### Lynpåvirkning



Lynpåvirkning i afstand af op til 2 km fra lynnedslaget.

---

## 1.5 Lynets elektriske påvirkninger:

### 1.5.1 Hvordan varierer lynets styrke

Lyn varierer meget i styrke fra gang til gang. Omfattende målinger og beregninger har fastlagt fordelingen statistisk, og denne viser, at de fleste lyn har en strømstyrke på 20-40 kA. Da der imidlertid forekommer en del lyn med meget større strømstyrker, har man i normerne for beskyttelse mod lyn fastlagt de parametre, der dækker 98 % af alle lyn, for at kunne dimensionere en lynbeskyttelse med samme effektivitet.

### 1.5.2 Påvirkning der dækker 98 % af alle lyn

98 % parametrene er:

Strømstyrke 200 kA (stigetid  $10\mu\text{s}$  og halveringstid  $350\mu\text{s}$ )

Specifik energi  $10\text{ MJ}/\Omega$  ( $I^2t$ )

Strømsstigning  $200\text{ kA}/\mu\text{s}$

Ladning 200 As.

### 1.5.3 Lynstrømmen, spændinger og jordelektrode

Som det fremgår giver lyn meget kraftige kortvarige påvirkninger, som kan være lidt svære at forstå. Med lidt grundlæggende kendskab til elektroteknik kan man fastslå, at de 200 kA som skal ledes ud i jorden giver en meget højt spændingsstigning.

Hvis den modstand, som strømmen møder, er 1 Ohm, giver det en spændingsstigning på 200 kV. Selv om man har en meget god jordelektrode, får man alligevel en høj spænding, så derfor er potentialudligning meget vigtig. I områder hvor jorden er meget dårlig ledende, (sand og klipper) kan lynstrømmen give skadelige påvirkninger meget langt fra lynnedslaget.

Den specifikke energi  $10\text{ MJ}/\Omega$  er tæt på at få en  $10\text{ mm}^2$  kobberleder til at fordampe (eksplodere) og strømsstigningen  $di/dt$  giver spændingsfald på flere hundrede kilo volt pr. m ledning, der gennemløbes af strømmen.

### 1.5.4 Hvad bestemmer lynets styrke?

Det er vigtigt at fastslå, at den energi eller styrke et lyn har, er bestemt af de meteorologiske forhold der opbygger tordenvejret, og den ikke påvirkes af, hvad lynet rammer og gennemløber.

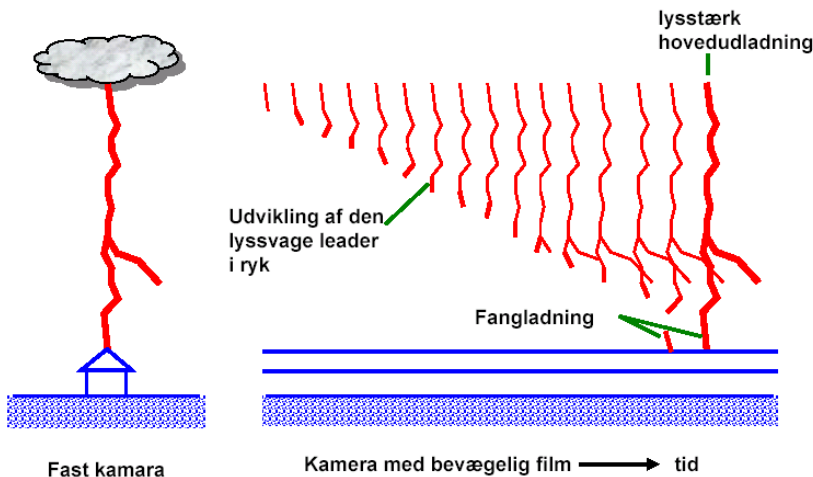
## 1.6 Hvordan slår lynet ned, og hvad rammer lynet?

### 1.6.1 Lynets udvikling fra sky til jord

Lyn mellem sky og jord har en længde fra mellem 1,5 og op til 3-4 km, og det er ikke bare ét gigantisk overslag. Det starter med et "forlyn" også kaldet en "leader", der populært kan beskrives som en ioniseret ladningsfyldt kanal eller slange, der bevæger sig ud fra skyen mod jorden, ofte med flere forgreninger undervejs. Når én af disse grene når tilstrækkeligt tæt på jorden (10-50 m), eller til et objekt på jorden, sker der et såkaldt overslag. Selve lynet starter da som en elektrisk strøm af ladninger fra og op gennem denne kanal mellem skyen og jorden.

Det hele foregår selvfølgelig rasende hurtigt, på brøkdele af sekunder, og selve lynet som øjet opfatter det, er ofte mange lyn i samme "kanal", på millionte dele af sekunder.

Det kan fastslås, at lynet udvikler sig fra sky til jord uafhængigt og upåvirket af, hvad der befinder sig på jorden, og først på relativ kort afstand "bestemmes" det, hvad der rammes, og dette er langt mere tilfældigt, end det ofte opfattes. Selv om man siger, at lynet foretrækker ledende metaldele, viser omfattende undersøgelser og rapporteringer, at ikke ledende dele, såsom træ, kunststof m.v. rammes lige så ofte af lyn som metaldele. Der er således, modsat den almindelige opfattelse, **ikke** tale om, at ledende objekter tiltrækker lyn.

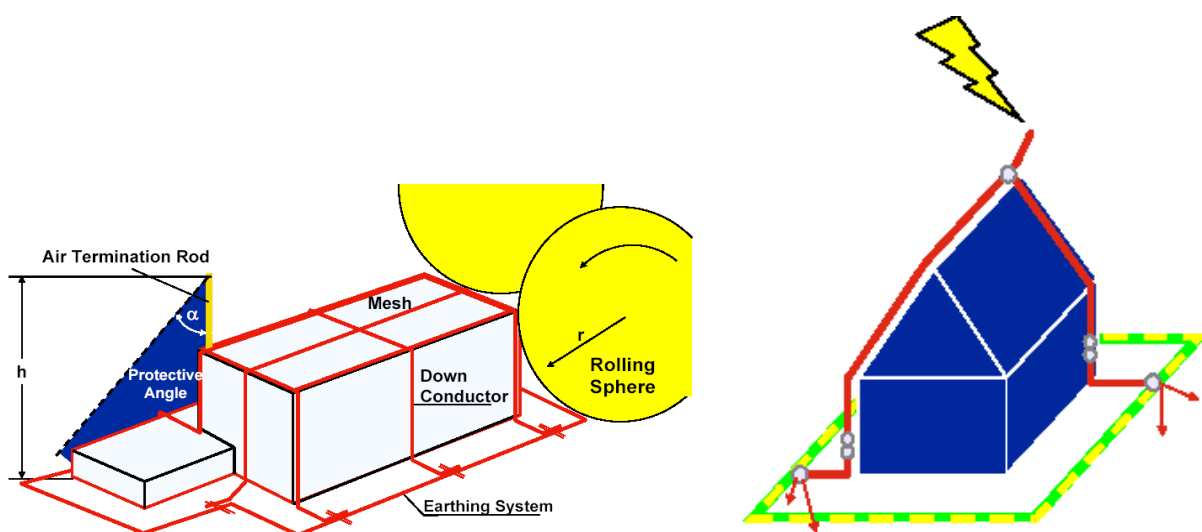


### 1.6.2 Lyn i elektriske ledere

Lynet "ser" altså ikke, om det, der rammes, er af metal eller ej, men hvis det er metal, der rammes, og metallet er kraftigt nok, så slukkes den åbne lyn-lysbue, og lynstrømmen ledes videre af de frie elektroner i metallet, som den almindelige strøm vi kender.

### 1.6.3 Princip for lynbeskyttelse

Dette er det grundlæggende og velkendte princip for lynbeskyttelse, som blev opdaget for mere end 200 år siden. Det er afgørende for beskyttelsens effektivitet, at der er kontinuitet (ubrudte ledere) og tilstrækkelig ledeevne fra indslagspunktet og ud i jorden.



Principper for ydre lynbeskyttelse, kuglen må ikke røre bygning før en del af lynaflederne.

### 1.6.4 Virkningen på ikke ledere og for tynde ledere

Hvis det er ikke ledende dele, der rammes af lynet, eller hvis ledeevnen er utilstrækkelig, giver virkningen af den åbne lysbue (varme og trykbølge), eller smeltede metaldele, meget omfattende termiske og termodynamiske skader på grund af de meget høje temperaturer og eksplosionseffekt.

### 1.6.5 Kan lyn undgås?

På baggrund af omfattende forskning, er det fastslået i de internationale normer for lynbeskyttelse, at der ikke findes metoder eller midler, der kan forhindre lyn i at dannes og i at slå ned.

## 2. Risiko for lynnedslag i bygninger og anlæg.

### 2.1 Påvirkning fra materialer og udformning.

Risikoen for lyn i en bygning eller i et objekt påvirkes ikke af bygningens eller objektets udformning eller de anvendte materialer.

#### 2.1.1 Risiko når der er lyn i et område

Risikoen for lyn i en bygning eller et objekt sammensættes udelukkende af de statistiske værdier for hvor og hvor ofte et tordenvejr opstår, og det gennemsnitlige antal lynnedslag det forårsager på et givent areal.

#### 2.1.2 Statistisk beregning af risiko

Det betyder, at jo større og højere en bygning er, jo større risiko er der statistisk for, at lynet rammer, når der er tordenvejr og lyn i området.

Risikoen for lyn kan statistisk beregnes ud fra bygningens omfang (areal) og højde. Dette giver et ækvivalent risikoareal, og dette areal ganger man med den statistiske lyntæthed (lyn/areal) for området.

### 2.2 Statistisk lyntæthed i Danmark

Nyeste statistik for Danmark siger en lyntæthed "N<sub>g</sub>" på 0,25 lyn/km<sup>2</sup> pr. år.

#### 2.2.1 Bygningers risikoareal

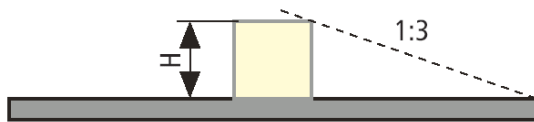
En bygnings ækvivalente risiko- eller opsamlingsareal beregnes i henhold til normerne ved at forøge bygningens udstrækning i areal med bygningens højde x 3 i bygningens omkreds. Se skitsen under 2.2.2

#### 2.2.2 Beregning af risikoareal

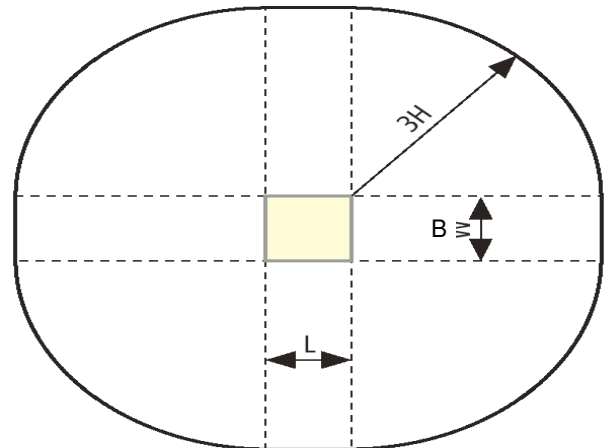
Hvis det er en rektangulær bygning på fladt terræn med fladt tag med længden L, bredden B og højden H, kan risiko arealet "A<sub>e</sub>" i m<sup>2</sup> bestemmes ud fra formlen:

$$A_e = L \times B + 6H \times (L+B) + 9\pi \times H^2$$

Risikoen for lynnedslag i bygningen "N<sub>d</sub>" bliver herefter  $N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6}$



Risikoareal



### 2.2.3 Risiko for lyn pr. år

Hvis en bygning, f.eks. fabrik eller boligblok, har et risikoareal på 50 000 m<sup>2</sup> giver det en statistisk risiko for ét direkte lyn på 80 år, ved 0,25 lyn/km<sup>2</sup> pr. år. Men her skal man være forsigtig med statistikken, for den fortæller ikke noget om, hvor på anlægget, og hvornår inden for de 80 år, lynet rammer.

### 2.2.4 Påvirkninger af denne risiko

Den beregnede risiko påvirkes lidt af omgivelser og placering af bygningen i terræn. Der kan regnes med påvirkningsfaktorer fra 0,25, hvis bygningen er placeret sammen med andre bygninger af samme højde, f.eks. i bymæssig bebyggelse, og op til faktor 2, hvis bygningen er placeret frit og højt i åbent terræn.

### 2.2.5 Påvirkning af risiko fra udstyr på taget af bygning, samt standardafvigelser

Placeres der udstyr, som antenner, paraboler, belysningsmaster eller flagstænger på taget af en bygning, så vil det betyde en forøgelse af risikoarealet, afhængig af højden og placeringen af udstyret. En forøgelse af arealet med f.eks. 500 m<sup>2</sup> vil kun betyde, at den statistiske risiko for lynnedslag ændres fra ét pr. 80. år til ét pr. 79. år.

Selv om risikoen er lille, bør det nævnes, at standardafvigelserne i statistikken for lyn er meget store, og at der i Danmark oftest forekommer fronttordenvejr, hvor lyntætheden er stor.

### 2.2.6 Store usikkerheder og variationer

Der kan være områder, hvor der ikke forekommer torden i mange år, men igen må det understreges, at hvis de rette meteorologiske forhold er til stede, så kan der hvor som helst opstå tordenvejr, også i vinterhalvåret.

**Ved meget høje bygninger og konstruktioner > 40 m, f.eks. fritstående høje antennemaster, skorstene og vindmøller, kan risikoen for lynnedslag forøges betydeligt, bl.a. på grund af fronttordenvejr med lav skyhøjde.**



## **3. Vurdering af risiko for skader på bygninger og installationer ved direkte og indirekte lyn.**

### **3.1 Lovkrav om lynbeskyttelse**

Risikoen for direkte lyn i Danmark er, på grund af den lave lynhyppighed, statistisk lille, og derfor er der i Danmark ingen lovmæssige krav om lynbeskyttelse af almindelige bygninger og anlæg. Hvis der er brand- og eksplosionsfare i en bygning indeholdende installationer, er der i bestemmelserne for installationer i dag, under ATEX direktivet, et krav på lynbeskyttelse.

### **3.2 Hvor udføres der normalt lynbeskyttelse?**

På bygninger der har særlig bevaringsværdi (kirker og museer) eller bygninger, hvor der opholder sig mange mennesker (teatre og hospitaler), udføres der i reglen ydre lynbeskyttelse for at undgå bygnings- og personskader.

Ved særlig risiko for brand og eksplosion, samt ved store følgeomkostninger udføres normalt også lynbeskyttelse.

### **3.3 Bygninger med naturlig lynbeskyttelse**

Hvis lynbeskyttelsen planlægges (projekteres) i starten, kan de ledende konstruktioner i moderne bygninger (stål, aluminium og armeret beton), med meget små omkostninger udnyttes og anvendes som meget effektivt ydre lynbeskyttelses anlæg, uden at det skæmmer bygningens arkitektur. Det kræver kun, at disse konstruktioner forbindes forsvarligt elektrisk sammen.

### **3.4 Ydre lynbeskyttelse ikke tilstrækkelig**

Den ydre lynbeskyttelse af bygningen beskytter dog ikke de elektriske installationer og udstyr. Dette kræver særskilt beskyttelse (indre lynbeskyttelse) inde i bygningen, med en kombination af potentialudligning og overspændingsbeskyttelse.

### **3.5 Risiko for skader på installationer**

Risikoen for indirekte lynskader på elektriske installationer, fra induktions- og overspændingspåvirkning fra lyn på afstand, er langt større end risikoen for direkte lyn. Helt op til en afstand på 2 km fra det direkte lyn, kan alene påvirkningen fra de elektriske og magnetiske felter give skader på følsomme installationer, og overspændinger kan ligeledes overføres som vandrebølger på kabler og ledere over flere kilometer.

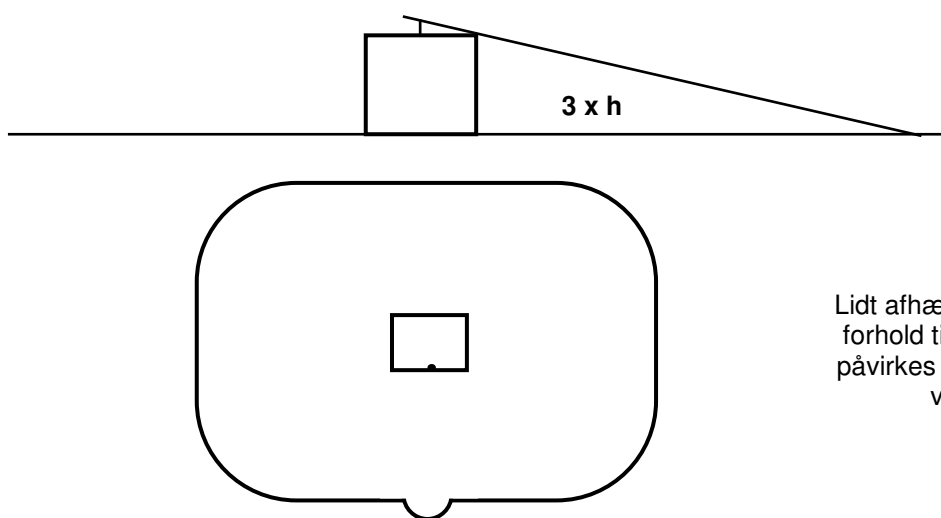
### **3.6 Overspændingsbeskyttelse**

Derfor udføres der i dag omfattende overspændingsbeskyttelse og potentialudligning, som i normerne betegnes som LEMP- beskyttelse, eller indre lynbeskyttelse, og der er mange penge og ærgrelser at spare. I mange tilfælde også besparelser på forsikringspræmien eller selvrisiko.

## 4. Risiko specielt ved udvidelse af installationer med telemobilantenner og tilhørende installationer på en bygning.

### 4.1 Hvordan påvirker en antenne eller andet udstyr risikoen?

Opsættes en antenne på taget af en bygning, vil det, som tidligere nævnt, forøge risikoarealet for bygningen afhængigt af placeringen på bygningen og højden af antennen. Er der tale om en antenne med nogle få meters højde, på en bygning med et relativt stort risikoareal  $> 1.000 \text{ m}^2$ , giver det ingen mærkbar forøgelse af den statistiske risiko for direkte lyn.



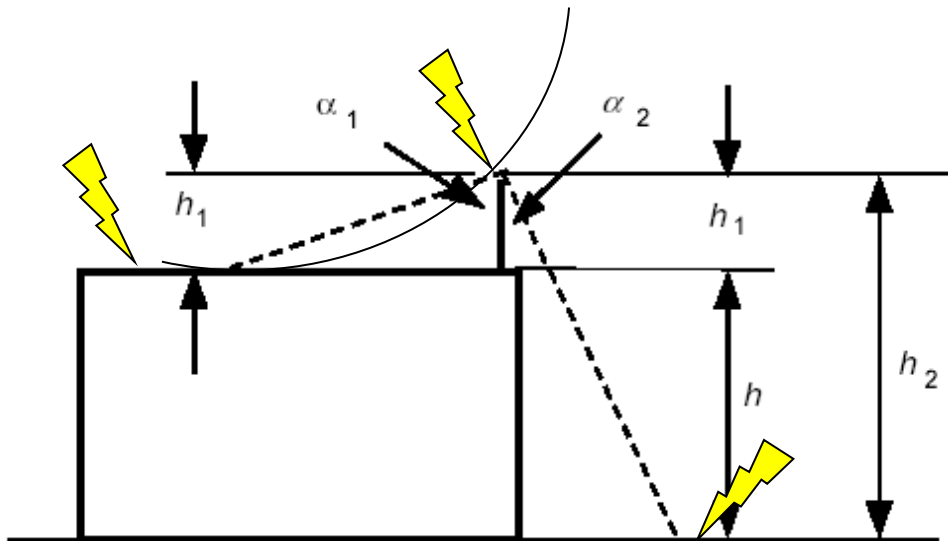
Lidt afhængig af højde på antenne rør i forhold til bygning, og placering, vil  $A_e$  påvirkes meget begrænset, forøgelsen vil være  $< 0,3$  promille.

### 4.2 Hvad er risikoen for at antennen rammes af lyn?

Hvis et tordenvejr udvikles eller driver hen over bygningen, og et lyn udvikler sig over bygningen, vil der være en betydelig risiko for direkte lyn, og statistisk vil der være en større risiko for at antennen rammes, hvis den er det højeste punkt på bygningen, ud fra den i IEC-normerne fastlagte geometriske beskyttelsesmodel.

### 4.3 Hvor meget beskytter antennen?

Beskyttelsesmodellen er en fiktiv kugle med en radius på 20 m (se side 6). Hvis denne kugle nærmes og roteres med periferien til antennens top, vil det der er under periferien og mellem denne og bygningen eller jorden være beskyttet mod direkte lyn af antennen. Men det ændrer ikke på risikoen for lyn uden for dette område, der er lige så stor.

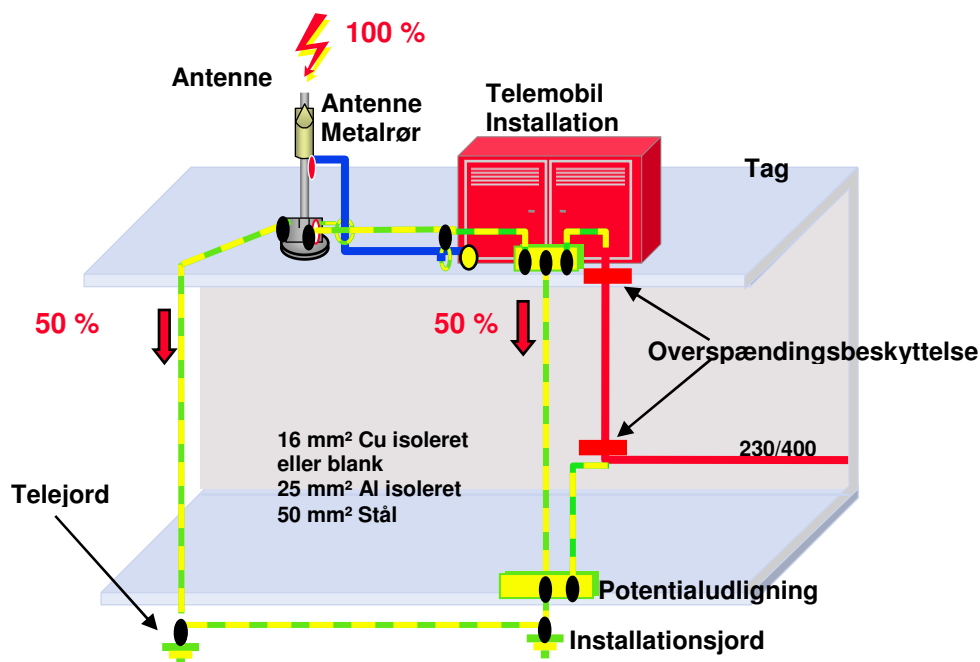


Kun områderne under de stiplede streger mrk.  $\alpha_1$  og  $\alpha_2$  er beskyttet mod direkte lynnedslag.

#### 4.4 Hvordan beskyttes antennen og tilhørende installationer?

Hvis antennen forbindes med en kobberleder på min. 16 mm<sup>2</sup>, der har forbindelse til jord, vil lynstrømmen kunne ledes sikkert til jord. Men den indirekte virkning fra lynstrømmen, spændingsfaldet og de magnetiske og elektriske felter, vil selvfølgelig udgøre en betydelig risiko for antenneinstallationen (forsyning og radio- / telekommunikation) og for de øvrige installationer i bygningen afhængig af afstanden til antenneinstallationen.

Denne risiko kan kun imødegås ved en beskyttelse, der anvender en kombination af potentialudligning og overspændingsbeskyttelse.



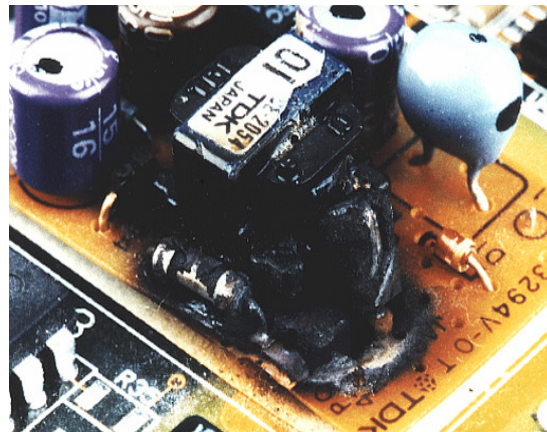
Principskitse for beskyttelse af telemobilantenne med tilhørende installation.

#### 4.5 Hvordan påvirker beskyttelsen de øvrige installationer?

Selv om denne beskyttelse kun udføres for selve antenneinstallationen, og selv om der udføres potentialudledning til fremmed ledende installationer tæt på antenneinstallationen, vil beskyttelsen ikke påvirke og forøge risikoen for skader på den øvrige installation. Tværtimod vil ethvert beskyttelsestiltag (potentialudledning og overspændingsbeskyttelse) også reducere risikoen for skader på de øvrige installationer i bygningen.



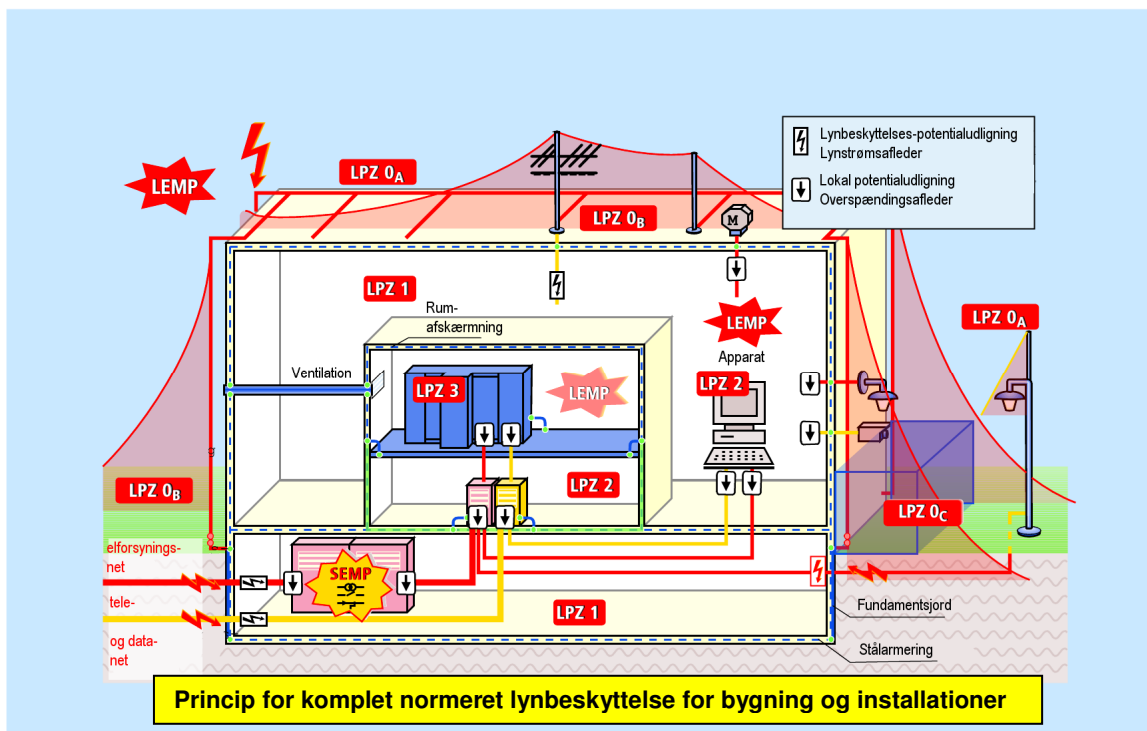
Fordampet telefonkabel



Lynskade på elektronik

#### 4.6 Risiko uden antenne og tilhørende installationer

Hvis ikke antennen og den tilhørende installationen var på bygningen, så ville det alene være bygningens konstruktioner og de tilhørende installationer, der ville være udsat for det direkte lyn og de indirekte lypåvirkninger, med de skadelige følger dette kunne have, hvis ikke der er udført beskyttelse.



## 5. Afslutning og konklusion.

### 5.1 Risikovurdering ved opsætning af teleantenne.

Anbringelse af, eller opsætning af mobil- / teleantennemast, med få meters højde på en bygning øger ikke den statistiske risiko for lynnedslag mærkbart.

### 5.2 Risikopåvirkning ved installationen

Selve installationen og den beskyttelse, der udføres specifikt for antenneinstallationen, påfører ikke den øvrige installation øget risiko, **tværtimod** vil det reducere risikoen for skader på den øvrige installation. Det er dog ingen garanti mod skader, som kun en direkte beskyttelse i den pågældende installation kan sikre.

### 5.3 Sikkerhed ved lynbeskyttelse.

Det bør for god ordens skyld nævnes, at der aldrig kan garanteres absolut sikkerhed for personer og udstyr i en bygning ved en lypåvirkning, men beskyttelse af bygning og installationer, udført i henhold til anerkendte metoder og normer for lynbeskyttelse, kan reducere risikoen betydeligt og til et acceptabelt niveau. Der findes i dag avancerede beregningsprogrammer for komplet "risk" management vurdering for lyn og lynbeskyttelse!

Denne redegørelse er udarbejdet og redigeret første gang i april 2005, af daværende direktør; Ernst Boye Nielsen i DESITEK A/S; [www.desitek.dk](http://www.desitek.dk).

Redegørelsen er gennemgået og redigeret af Ernst Boye Nielsen december 2015, i egenskab af ejer af ERNEL.dk; konsulentfirma i elsikkerhed; [www.ernel.dk](http://www.ernel.dk)



DEHNventil M TNS



DEHNguard M TNC



DEHNrail 230 DEHNflex 230

### Eks. Lyn - og overspændingsbeskyttelser af forsyninger i den faste installation.

DESITEK A/S - Handels- og ingeniørfirma, specialiseret i totalløsninger for fejlfri drift og funktion af elektriske anlæg under unormale forhold. Gennem moderselskabet DEHN + SÖHNE GmbH trækker DESITEK A/S på mere end 90 års erfaring og den førende internationale ekspertise inden for lynbeskyttelse og sikkerhed ved arbejder på elektriske anlæg. DESITEK giver dig kvalificeret assistance i forbindelse med nye installationer, forbedringer eller vedligeholdelse af elektriske anlæg.

DESITEK A/S tilbyder:

Materialer til lyn- og overspændingsbeskyttelse, potentialudligning og jordingsanlæg, kabeltilbehør, sikkerhedsværktøj, strømforsyninger, UPS-nødstrømsanlæg, Risk Management vurdering, konsulent- og kursusvirksomhed.

ERNEL tilbyder uafhængige konsulenttydelser omkring sikkerhed for elektriske installationer og anlæg