

# ERNEL

Konsulentfirma i el-sikkerhed ved;  
Ernst Boye Nielsen  
Præstetoften 1, DK, 5471 Sønderød  
www.ernel.dk,  
e-mail: ebn@ernel.dk,  
tlf: +4524477406

## **Systemjordinger for elektriske baner: Med reference til EN 50 122- Generelt, Samt til danske forhold:**

Af Ernst Boye Nielsen; ERNEL.dk



**Indholdsfortegnelse:**

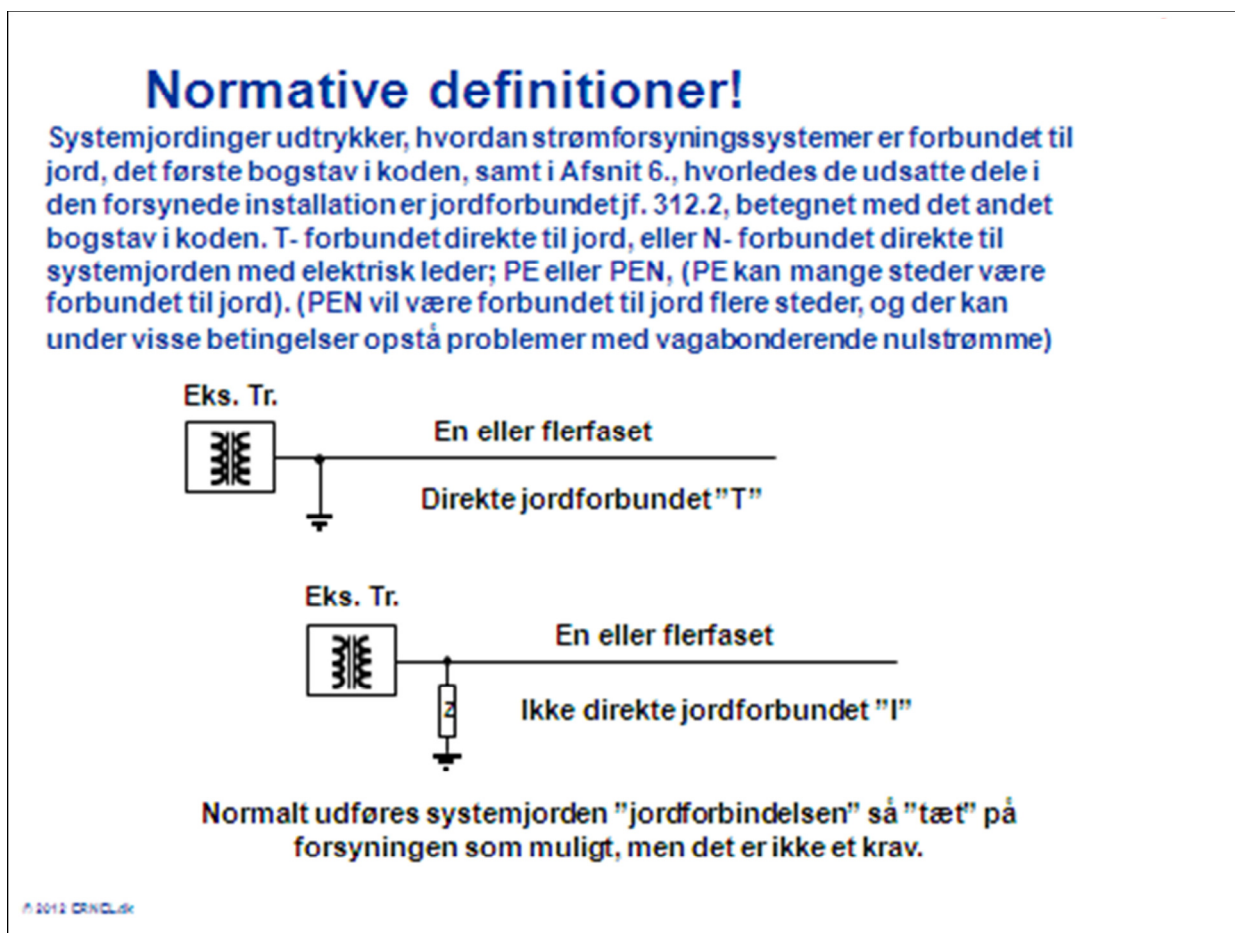
- 1. Hvad er systemjord**
- 2. Strømforsyningssystemer og systemjord**
- 3. Systemjordinger for elektriske baner**
- 4. Direkte systemjordinger**
- 5. Åbne systemjordinger**
- 6. Nærføringer til fremmede ledende dele og forsyninger**
- 7. Metoder til begrænsning af vagabonderende returstrømme**
- 8. Metoder til sikring af personbeskyttelsen**
- 9. Afslutning og kommentarer**

# 1. HVAD ER SYSTEMJORDING?

SB afsnit 6 kapitel 31 under Del 3, beskriver forsyninger og opbygning, og herunder i 312 Strømsystemer og systemjording.

En egentlig definition eller ordforklaring er ikke givet i Afsnit 6, men under 312.2, er der en grundig forklaring af hvilke typer systemjordinger der skelnes mellem og hvorledes de angives.

Hvis der skal gives et bud på en definition må det være at; **Systemjording er et udtryk for hvorledes et strømforsyningssystem, primært dvs. "nær" ved strømkilden, er forbundet til jord (neutral jord), og her er der to grundlæggende betegnelser; "T" for jordforbundet og "I" for isoleret.**



Afhængig af systemjorden vil et system antage et defineret potentiale i forhold til neutral jord, Neutral jords potentiale, så længe der ikke går strøm i systemjorden.

"I" står både for isoleret eller et punkt forbundet gennem en impedans. Dvs. at "T" står for direkte jordforbundet og "I" for ikke direkte jordforbundet.

SB Afsnit 6, 312.2 definerer systemjorden, men i de illustrative figurer 31 A, B, C og D betegner jordforbindelsen som **driftsmæssig**, det er selvfølgelig synonym for den **systemmæssige jordforbindelse**.

Uanset systemjordingen, indgår jordelektroden altid i beskyttelsen mod indirekte berøring, og den er derfor pr. definition altid en **beskyttende jordforbindelse**. Årsagen til at den kaldes driftsmæssig er uklar, men et bud kunne være, at det var elværkets **driftsledelse**, der var ansvarlig for dens effektivitet og vedligeholdelse.

Med efterfølgende bogstavkombination "T" eller "N" beskrives hvorledes den forsynede installations udsatte dele er forbundet til neutral jord. "T" står for direkte jordforbundet men **uden** anden elektrisk forbindelse, end gennem jorden, til strømforsyningssystemets jordforbindelse, og "N" står for en **direkte** elektrisk **lederforbindelse** til strømforsyningssystemets jordforbundne punkt.

Yderligere er der for systemjordingen **TN-net**, ved efterfølgende bogstavs kombination "S" og "C" indikeret om der er fælles (**C=Combine**) Nul og PE-leder i forsyningssystemet eller (**S= Separated**) adskilt Nul og PE-leder i hele, eller en del af forsyningssystemet.

Kombinationen "S-C" må ikke forekomme i forsyningssystemer, da nullederen **N** skal betragtes som strøm- og spændingsførende i hele forsyningssystemet, men det er dog tilladt, og fordelagtigt, at have fremført parallelle **PE**-ledere med den kombinerede **PEN** leder i forsyningssystemet, som f.eks. udligningsforbindelser eller jordledere.

## HVOR OPTRÆDER SYSTEMJORDINGER?

Det er mit indtryk, at mange opfatter systemjordingen som noget der kun har med elforsyningen og hovedstrømskredse at gøre, men systemjordinger kan forekomme alle steder i installationer og for alle spændingsniveauer, hvor man kan definere et strømforsyningssystem, og det kan forekomme i alle de nævnte kombinationer. Det er efter min mening lidt uheldigt, at man stadig anvender begrebet nulling, under TN-C systemer, da begrebet nulling var en måde at *ekstrabeskytte* på, og begrebet ekstrabeskyttelse som bekendt er bortfaldet i de nye bestemmelser.

**At der stadig er nulsikre forsyningsnet og installationer der er ekstrabeskyttet ved nulling er en anden sag, og de må selvfølgelig stadig anvendes og vedligeholdes.**

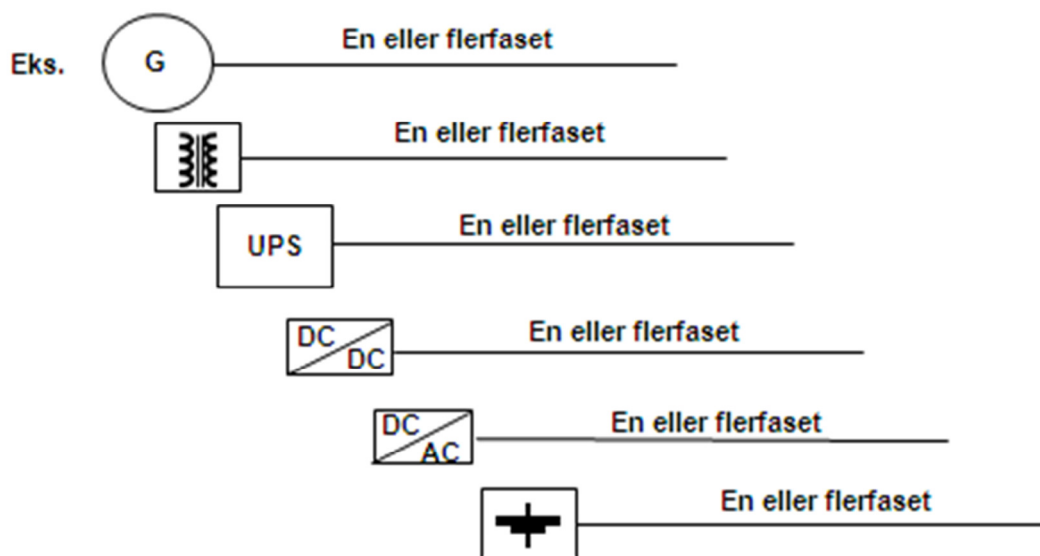
**At der er en del installationer, ekstrabeskyttet ved nulling og jording, der tvivlsomt overholder de tidligere bestemmelser og, hvor der er meget uheldige sammenblandinger af beskyttelsesleder og nul, og hvor sikringer aldrig vil bryde ved en jordfejl, er også en anden sag.**

**Det grundlæggende krav til potentialudligning i installationer der forsynet fra et nulsikkert net, og ekstrabeskyttet ved "nulling" blev desværre heller ikke altid overholdt, derfor fik denne ekstrabeskyttelse den meget flatterende betegnelse; som den eneste lovlige måde at slå folk ihjel på!**

## 2. Strømforsyningssystemer og systemjord

### Forsyningssystemer, Strømsystemer:

Som strømforsyningssystem kan defineres alle generatorer, transformere med adskilte viklinger, UPS- anlæg, konvertere, invertere (vekselrettere) ensrettere med galvanisk adskillelse og batterier, uanset spændingsniveauer.



© 2012 ERNEL.dk

### FORDELE OG ULEMPER VED DE FORSKELLIGE SYSTEMJORDINGER

Uden at komme nærmere ind på betingelserne for beskyttelse mod indirekte berøring ved de forskellige systemjordinger i bestemmelserne, kan der nævnes nogle grundlæggende fordele og ulemper ved de forskellige systemjordinger som følger:

I **TN-systemer** vil en hver jordfejl, uden impedans i fejlstedet, optræde som en enfaset kortslutning, hvor der overvejende indgår ledningsimpedanser i fejkredsen.

**Fordele TN-systemer:**

**Fordelen er, at der kan sikres afbrydelse med sikringer eller andet kortslutnings- og overstrøms- beskyttelsesudstyr, og at hele forsyningssystemet relativt let kan beskyttes.**

**Der optræder kun beskedne jordstrømme som følge af det spændingsfald, der opstår i beskyttelseslederen.**

Der er ingen krav til specifikke overgangsmodstande for øvrige, tilsluttede jordelektroder, men der kan være krav om supplerende udligning i de tilsluttede installationer!

Ved lynbeskyttelse, herunder overspændingsbeskyttelse, kræves færre foranstaltninger end ved andre systemjordinger.

**Ulemper TN-systemer:**

Hvis der optræder impedanser i fejlstedet, kan risikoen for termiske skader være forøget.

Ved TN-C systemer kan nulstrømme forårsage spændingsfald som dermed giver udligningstrømme i fremmed ledende dele og i datanet, og dermed give anledning til EMC problemer.

Ved fælles HS og LS jord på transformeren, kan der optræde jordstrømme i de tilsluttede installationer, derfor bør der i TN-systemer jordforbindes (udlignes) så mange steder som muligt.

**I TT-systemer vil enhver jordfejl og den strøm der optræder i fejlen, ud over ledningsimpedanserne, være begrænset af de impedanser der optræder over de jordelektroder der indgår i fejl kredsen.**

**Fordele TT-systemer:**

Der kan spares lidt på ledninger i installationen.

Strømbegrænsningen over jordforbindelsen kan begrænse de termiske skader i en fejl med impedanser.

**Ulemper TT-systemer:**

Der kan kun anvendes overstrømsbeskyttelsesudstyr, hvis den samlede overgangsmodstand er meget lav. Der er krav på specifikke overgangsmodstande for tilsluttede jordelektroder i installationen. TT-systemer betinger anvendelse af maksimalafbrydere med fejlstrømsmodul i hovedstrømskredse og fejlstrømsafbrydere foran tilsluttet Klasse I udstyr i installationen.

Lynbeskyttelse i TT-systemer kræver flere foranstaltninger end i TN-systemer

**Ved TT-systemer skal man være opmærksom på nettets potentiale i forhold til neutral jord kortvarigt og ved stående jordfejl i forsyningsnettet!  $> 5 s U_0 + 250 V \leq 5 s U_0 + 1200 V$ .**

I **IT-systemer** vil en jordfejl forårsage en jordstrøm i fejlstedet som begrænses af det tilsluttede nets impedans i forhold til jord, primært nettets (kablets) kapacitans i forhold til jord.

### Fordele IT-systemer:

Forøget driftssikkerhed, da driften kan opretholdes ved en enkelt jordfejl.

### Ulemper IT-systemer:

Det kræver overvågning af isolationen, hvis fordelen skal udnyttes.

Da anden jordfejl er at betragte som ved et TT- eller TN-system, er der de samme ulemper. Alle afkoblingsfiltre og overspændingsbeskyttelse skal være udlagt for yderspændingen (400 V)!

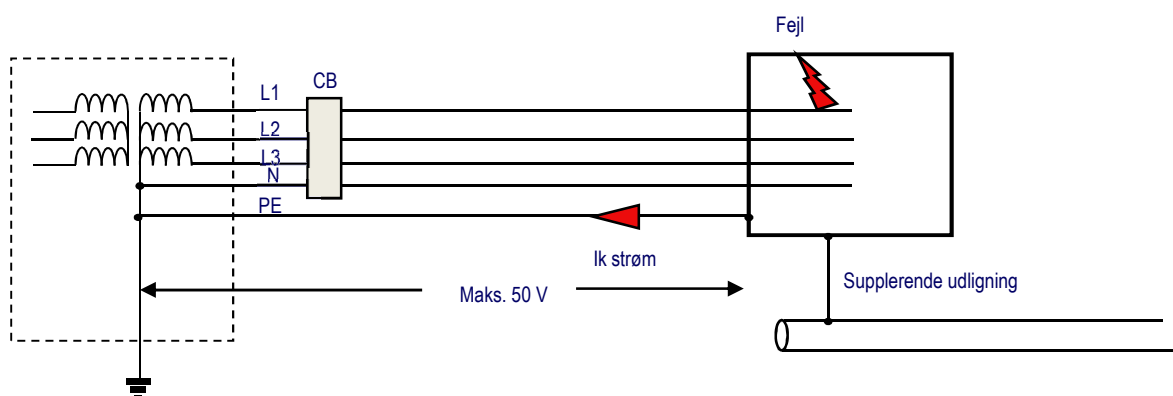
Udsatte dele og fremmed ledende dele skal jordforbindes og udlignes som for andre systemer.

**I IT-net skal alt tilsluttet udstyr være udlagt for yderspændingen i forhold til jord, hvilket betyder at alle filtre med afkoblingskomponenter skal kunne tåle yderspændingen, f.eks. 400 V som fasespænding, indtil der afbrydes!**

### Konklusion:

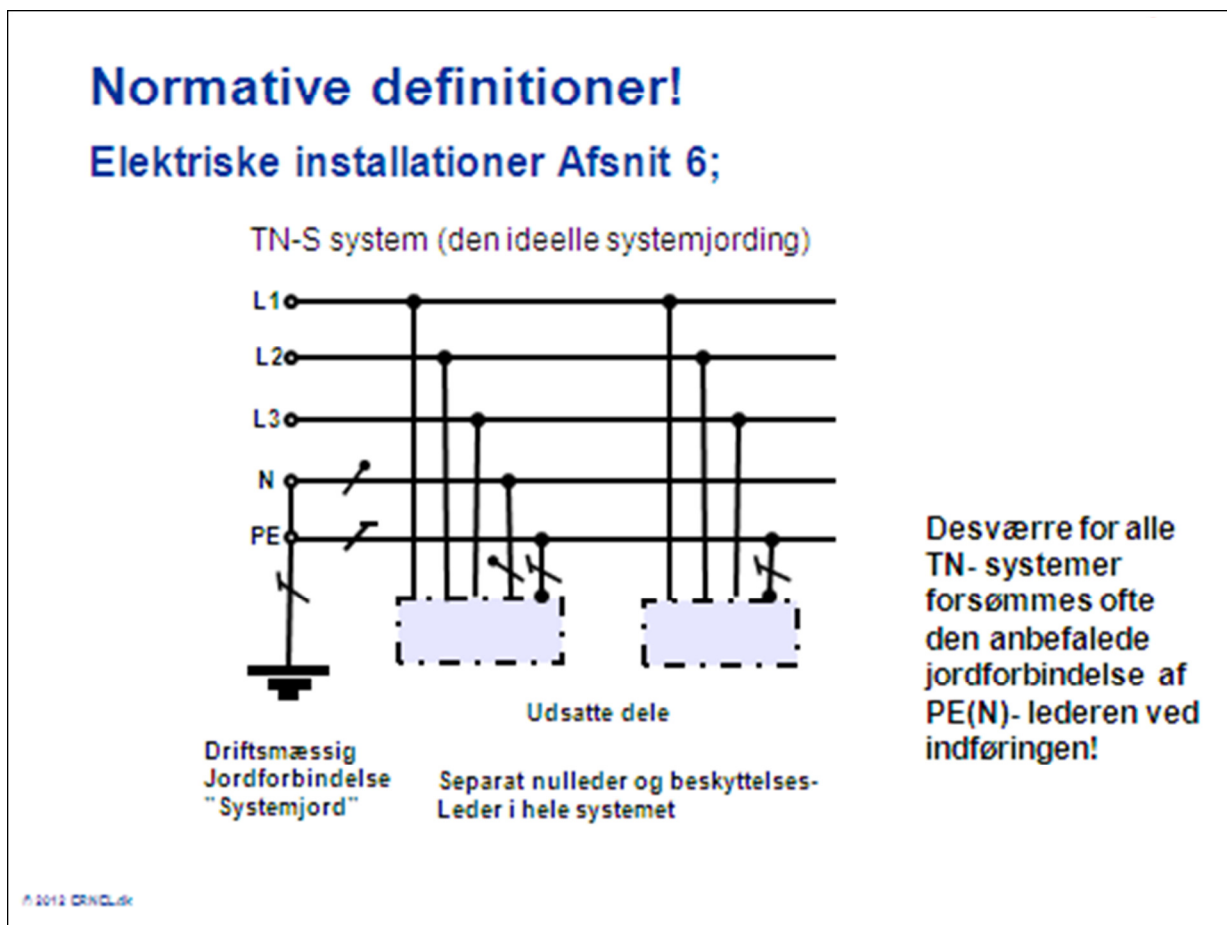
**TN-systemer** foretrækkes mere og mere ved direkte tilslutning af forsyningssystemer til større forbrugere, og her er det klart at **TN-S** – systemet er at foretrække.

Desværre er der mange der stadig tror, at det er det samme som **nulling**, og derfor glemmer at udligning er vigtigt, og at betingelserne for overholdelse af tiden for afbrydelse af en fejl, i visse installationer, betinger anvendelse af fejlstrømsafbrydere.



**IT-systemer** kan anvendes hvor der er specielle krav på driftssikkerhed, under de angivne betingelser, og i udstrakte **DC**-systemer, som for jernbaner, er det en betingelse at det er et **IT** eller åbent system, for at undgå eller reducere andelen af vagabonderende returstrømme, og de gener det kan medføre.

## TN-S systemjording



### 3. Systemjordinger for elektriske baner

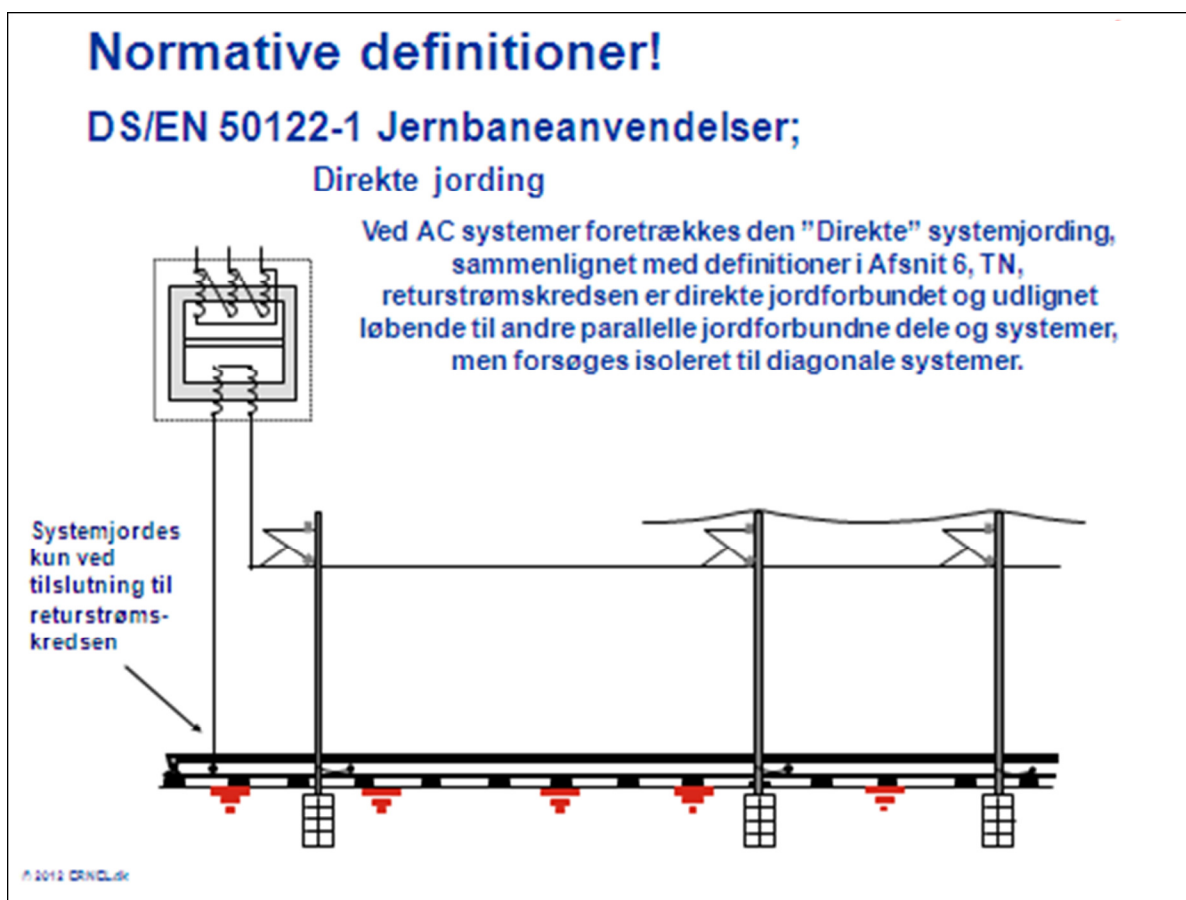
Der er i princippet ingen forskel på definitionen af en systemjording uanset hvilket system det drejer sig om, dog har man lidt andre terminologier når det drejer sig om højspændings- distributionsnet og transmissionsnet, og betingelserne afviger også lidt.

For baneforsyninger (kørestrømsanlæg) taler man egentlig kun om to typer systemjordinger; den **direkte** (TN) eller den **åbne** (IT) forsyning.

### 4. Direkte systemjordinger.

Ved den **direkte** bane systemjording, er bane returstrømskredsen direkte jordforbundet og den forbindes og udlignes normalt direkte til udsatte og fremmed ledende dele, løbende langs hele banen.





**Som det fremgår af skitsen bør systemjorden kun udføres ved tilslutningen til returstrømskredsen nær banelegemet, hvis vagabonderende returstrøm skal begrænses. Der er igen specifikke krav til overgangsmodstand, den bestemmes alene af skinnernes og de udlignede ledende deles samlede impedans i forhold til neutral jord!**

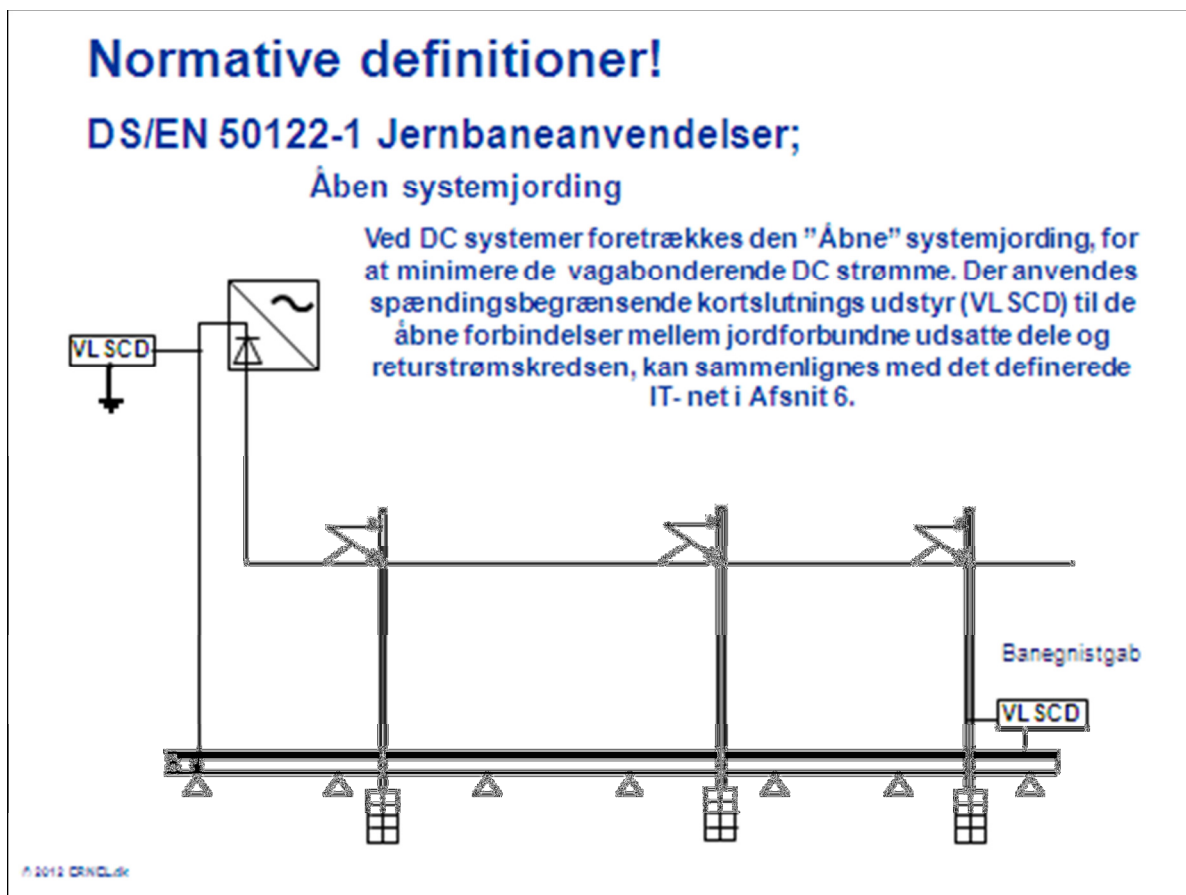
Ved AC-baner anvendes der normalt en direkte systemjording, men der skal selvfølgelig gøres nogle overvejelser omkring returstrømsvejen, primært af hensyn til EMC, men også af hensyn til mulige korrosions skader!

I princippet kunne man betegne dette system som et TN-C-system eller rettere (I)TN-C-system, med de fordele og ulemper det har.

Der har været en del diskussioner om ulemperne for dette system, hvor man med adskillelser i parallelle ledende dele ville forsøge at undgå, at disse indgik i returstrømskredsen, men erkendelsen af, at dette i praksis er meget svært at undgå og koordinere med de øvrige krav til udligning, gør at tendensen mere går i retning af at udnytte sådanne parallelle strømveje, og gerne hvis de samlet er med til at begrænse spændingsfaldet i forhold til neutral jord. Derfor anbefales det at anvende armeringer i konstruktioner og evt. parallelle jordledere m.v., og erfaringerne viser, at det samlet nedbringer EM virkningerne på andre installationer.

## 5. Åbne systemjordinger

Ved **åben** bane systemjording er bane returstrømskredsen **ikke** forbundet direkte til jord, men der er indirekte forbundet (over kortslutter for potentialudligning) mellem ledende dele og bane returstrømskredsen (skinnerne), kortvarigt eller over tid, hvis grænserne for berøringsspændingerne overskrides.

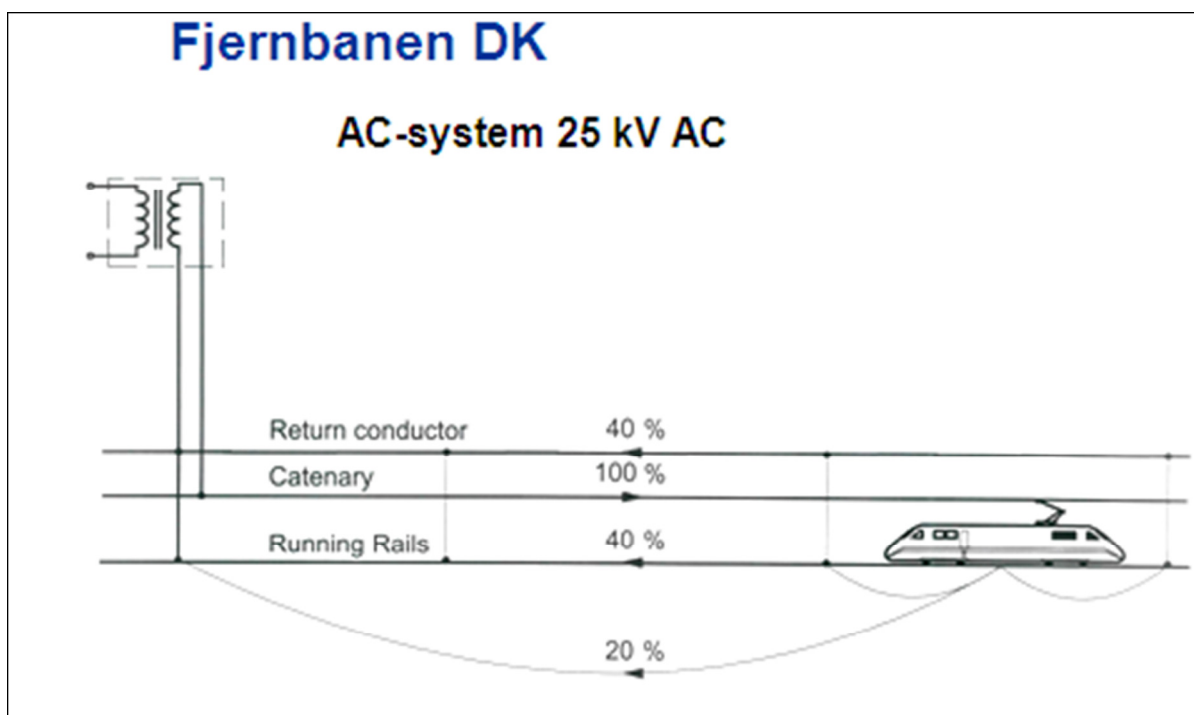


Som det fremgår af skitsen er returstrømskredsen "isoleret", eller forsøgt isoleret så effektivt som muligt, hvilket betyder at skinnerne ingen steder må være direkte forbundet til fremmed ledende der kan være jordforbundet naturligt eller tilsigtet. Dette giver en del udfordringer, da der ved fejl på køreledningen (f.eks. brud) skal fremkomme en kortslutning, der kan afbryde køreledningsforsyningen, så evt. farlige berøringsspændinger på returstrømsvejen og fremmed ledende dele bliver så korvarige som muligt!

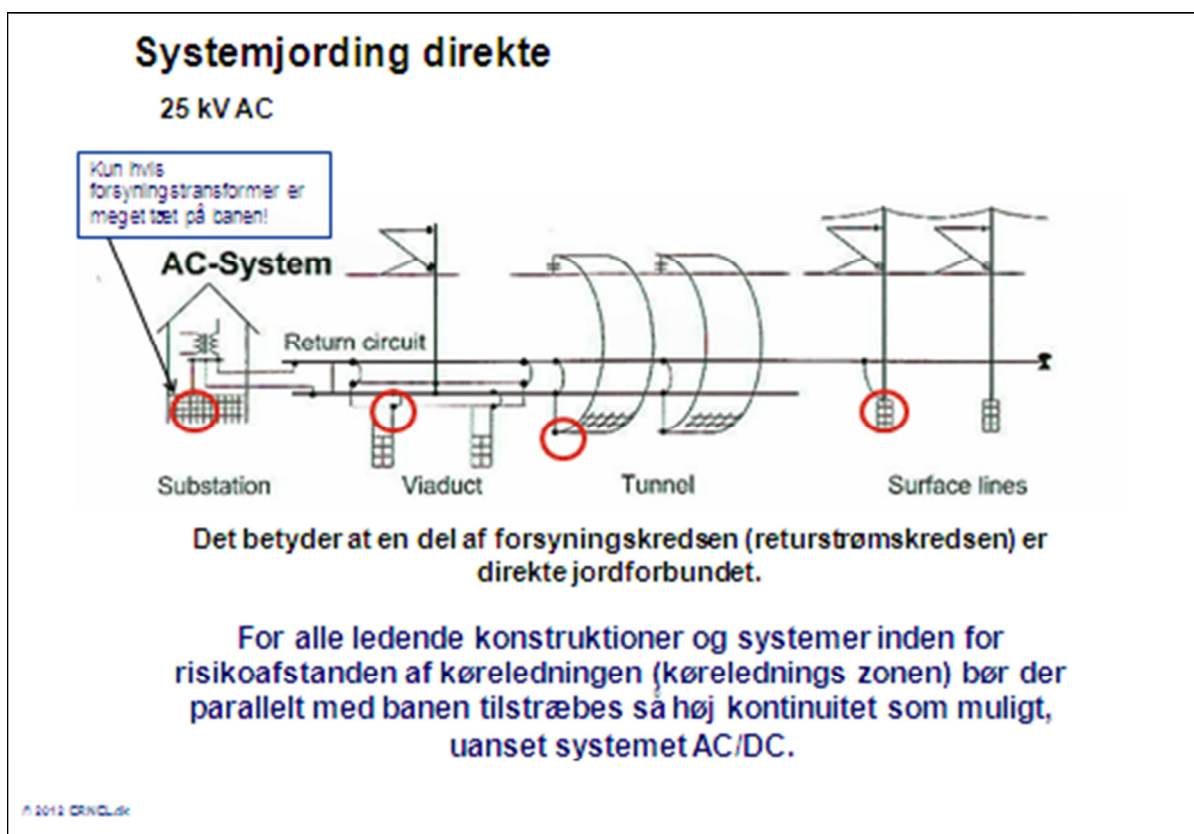
**Det betyder at der skal anvendes såkaldte VLD'er; "Voltage Limiting Devices", eller som de betegnes på skitsen VLSCD; "Voltage Limiting Short Circuit Devices", enten reversible eller ikke reversible, men overvåget.**

**I et nyere dokument fra Banedanmark har man beskrevet kravene, samt beskrevet et såkaldt BPU "Bane Potential Udlignings" område, som man af hensyn til vagabonderende returstrømme, forsøger at holde så isoleret som muligt fra elektriske og ledende systemer uden for området!**

## AC-baner og andele af vagabonderende returstrømme over neutral jord!



Systemjorden må kun tilsluttes f.eks. armring, hvis det er inden for **BPU**-området!



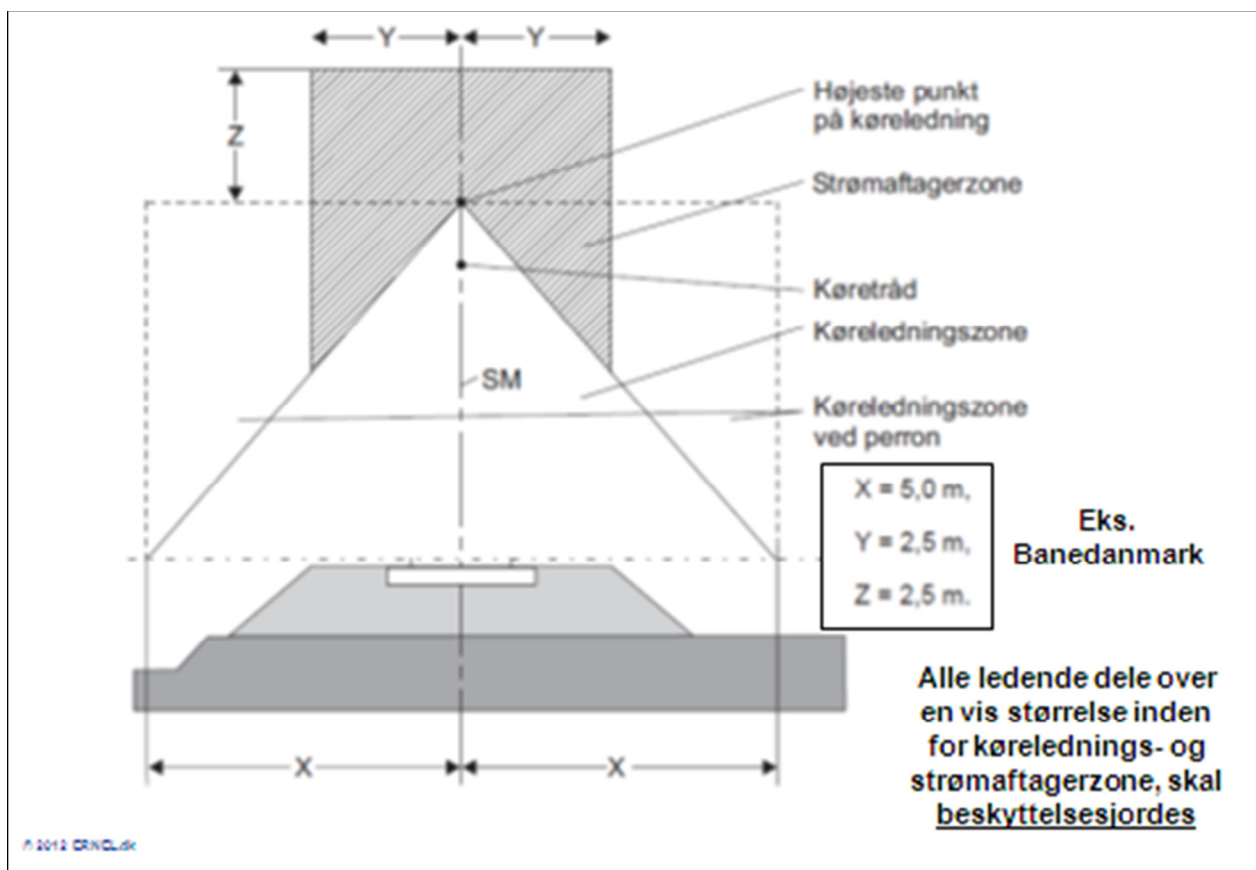
Ved DC-baner anvendes normalt den åbne systemjording, primært af hensyn til skadelige korrosionsvirkninger af vagabonderende returstrømme og nærførte fremmed ledende dele, anlæg og installationer.

Som nævnt tidligere er det vigtigt at isolationen overvåges, og at der ved fejl udkobles momentant. **Berøringsbeskyttelse skal altid prioriteres over evt. risiko for korrosion!**

Som for AC-baner er det vigtigt at de parallelle ledende dele udlignes indbyrdes, primær af hensyn til beskyttelsen mod de vagabonderende returstrømmes korrosionsvirkning, men også af hensyn til beskyttelsen mod indirekte berøring.

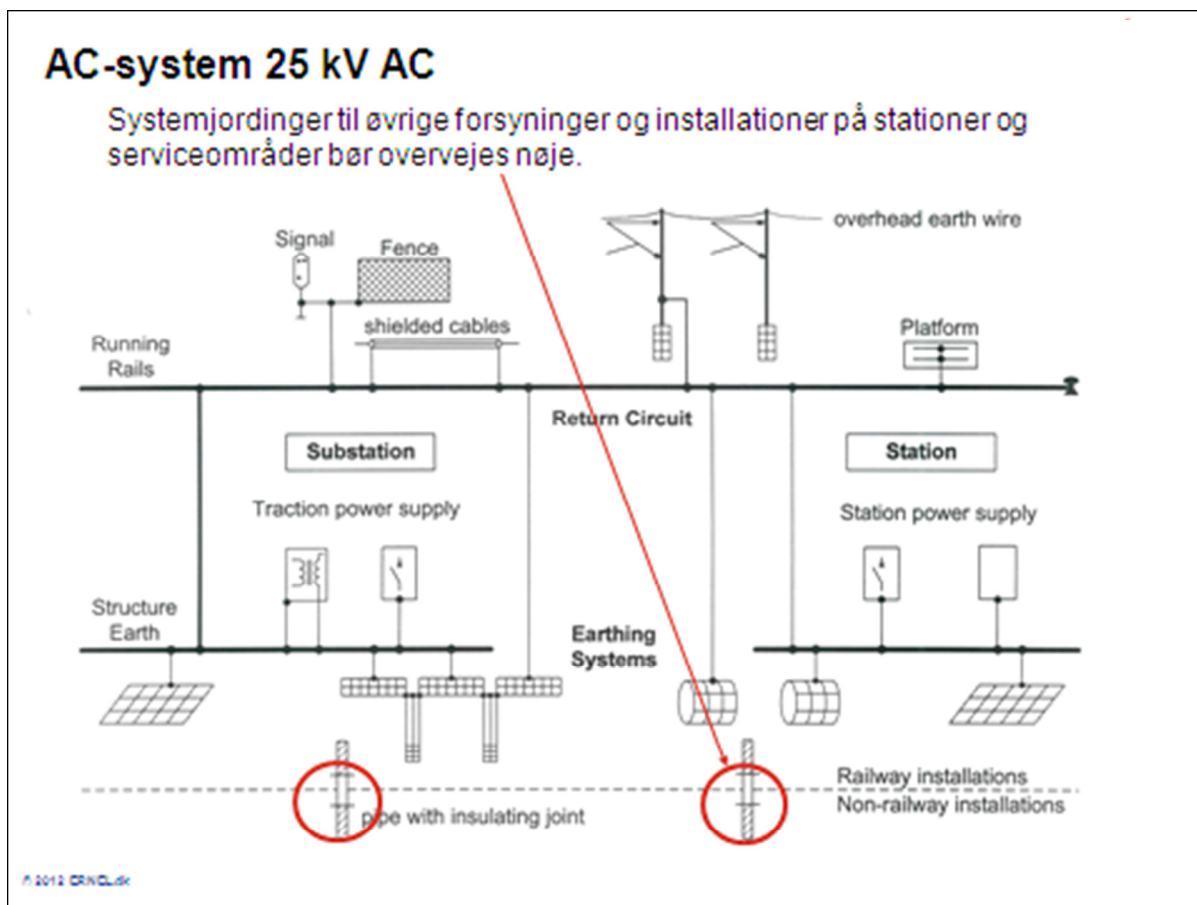
## 6. Nærføringer til fremmede ledende dele og forsyninger

Nærføring til elektriske baner er først og fremmest et spørgsmål om den risikozone der er omkring køreledningen, når den er fremført over toget!



Et kig på ovenstående skitse fortæller hvilke områder der skal iagttages med hensyn til nærføring.

I mange tilfælde vil nærføringen også omfatte stations-, passager- og serviceområder!



For Øresundsforbindelsen blev der som noget nyt udarbejdet et dokument, med det formål at fastlægge de grundlæggende principper for jording, herunder systemjording og potentialudligning for at opnå EMC, samt de standarder, normer og bestemmelser der skulle være grundlaget for projektet.

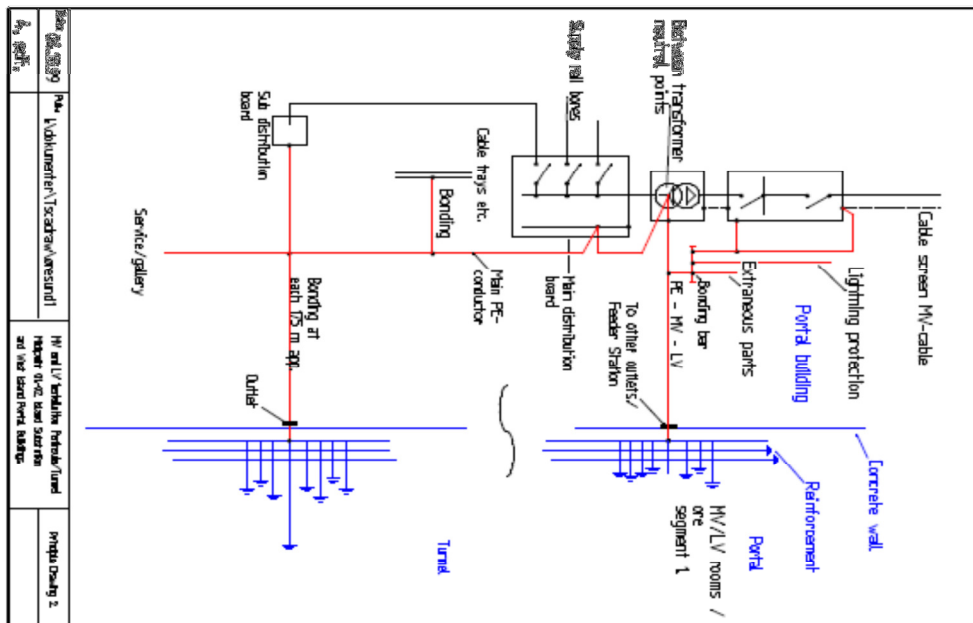
Dokumentet fik titlen: “Earthing and Equipotential Principles for Achievement of EMC”.

Dokumentet gav anledning til en del debat, da det brød med de hidtidige opfattelser af jordingsprincipper, hvor der tidligere var et krav om adskillelse i parallelle ledende konstruktioner.

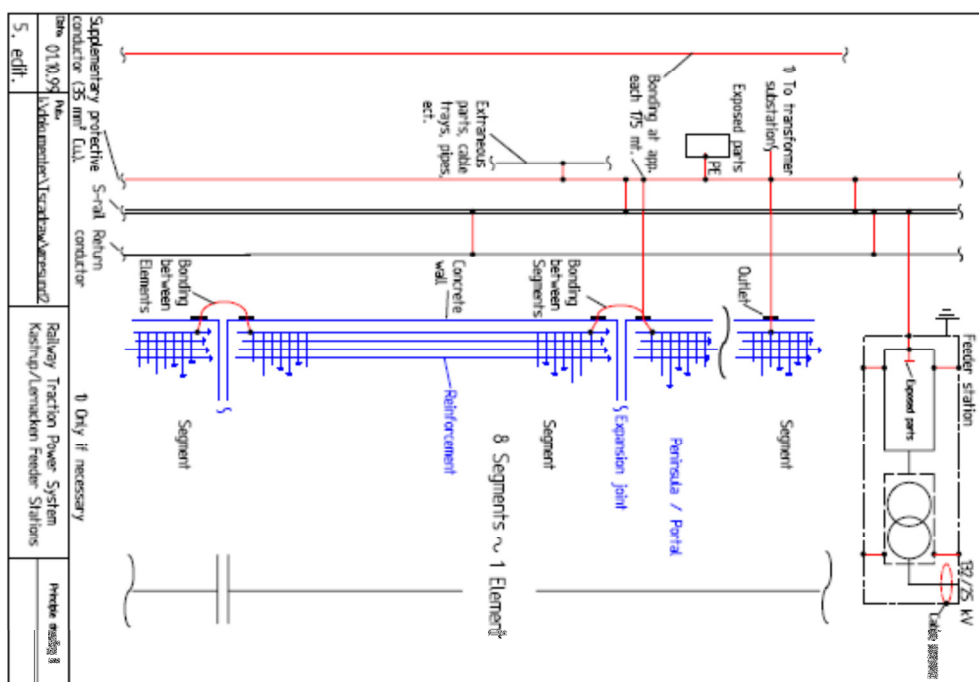
Et forsøg på at adskille i de parallelle ledende dele til banen for at undgå vagabonderende returstrømme, ville sandsynligvis øge risikoen for returstrømme over utilsigtede udligninger, som måske ikke er udlagt for dette.

Det grundlæggende i dokumentet var, at alle fremmed ledende dele, herunder specielt ledende konstruktioner, skulle udlignes kontinuert for hele forbindelsen. De steder hvor kontinuiteten var brudt f. eks ved ekspansionsfuger eller samlinger af konstruktioner, skulle der udlignes. I de armerede betonkonstruktioner skulle der laves udføringer med passende afstande også med det formål at kunne sikre kontinuitet, og specielt med det formål at kunne tilslutte jord- og udligningsforbindelser uanset deres primære formål. Dette har i øvrigt også betydning for korrosionsovervågning og korrosionsbeskyttelse.

I forbindelse med færdiggørelsen af Øresunds tunnelen med landanlæg, blev installationerne gennemgået, i henhold til de anvendte principper og den dokumentation som var udarbejdet, og der blev udarbejdet en rapport og nogle principtegninger, som ligger til grund for den endelige dokumentation og godkendelse af myndighederne.



Kravene fra det tidlige dokument er i princippet blevet fulgt, systemjorden for lavspændings-installationerne er **TN-S**-net. Hvordan systemjorden er udført for de tilsluttede eksterne højspændingsforsyninger er ikke helt klart, men da jorden er fælles, gennemgående og tilsluttet kabelskærmene, vil en evt. fejlstrøm til neutral jord være meget lille.



I betragtning af at hvert segment i tunnelen har en anslået overgangsmodstand til neutral jord på ca. 30 mΩ, har vi nok et af de mest effektive jordingsanlæg in Danmark i dag, men i realiteten bliver det kun anvendt som reference, og ved evt. lynpåvirkning på landanlæggene.

En af de ting man skal være opmærksom på ved TN-S-systemer er at hoved beskyttelseslederen (PE- lederen) skal tilsluttes direkte på transformer lavspændingsside (normalt stjernepunktet), og ikke som vi desværre ser ofte, på en jordskinne og derefter til transformeren. Principperne for Øresund følger de nyeste normer og anbefalinger på projekteringstidspunktet.

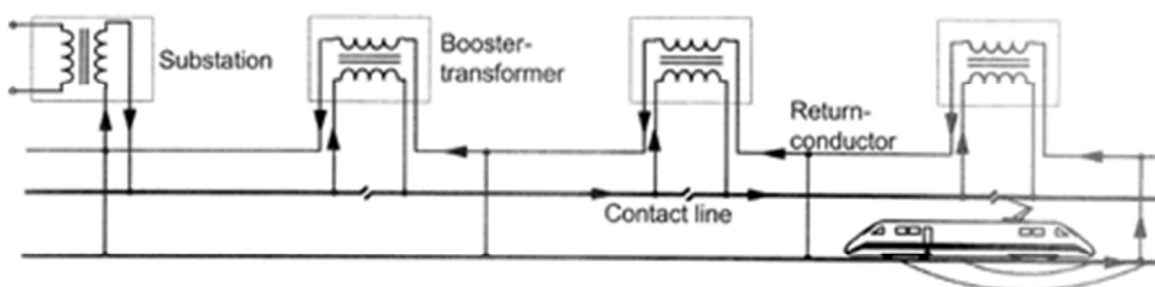
## 7. Metoder til begrænsning af vagabonderende returstrømme

Som nævnt tidligere er fjernbanes 25 kV systemjording **direkte**, hvilket betyder, at ledende dele nærført til banen er udlignet direkte til skinnen og returlederen.

I princippet er skinnen en udstrakt PE-leder og dermed systemjord for 25 kV forsyningen.

Derfor bør den korrekte betegnelse være (I)TN-systemjording, forstået på den måde, at den 25 kV forsyning egentlig er isoleret frem til tilslutningen til retur kredsen ved skinnen.

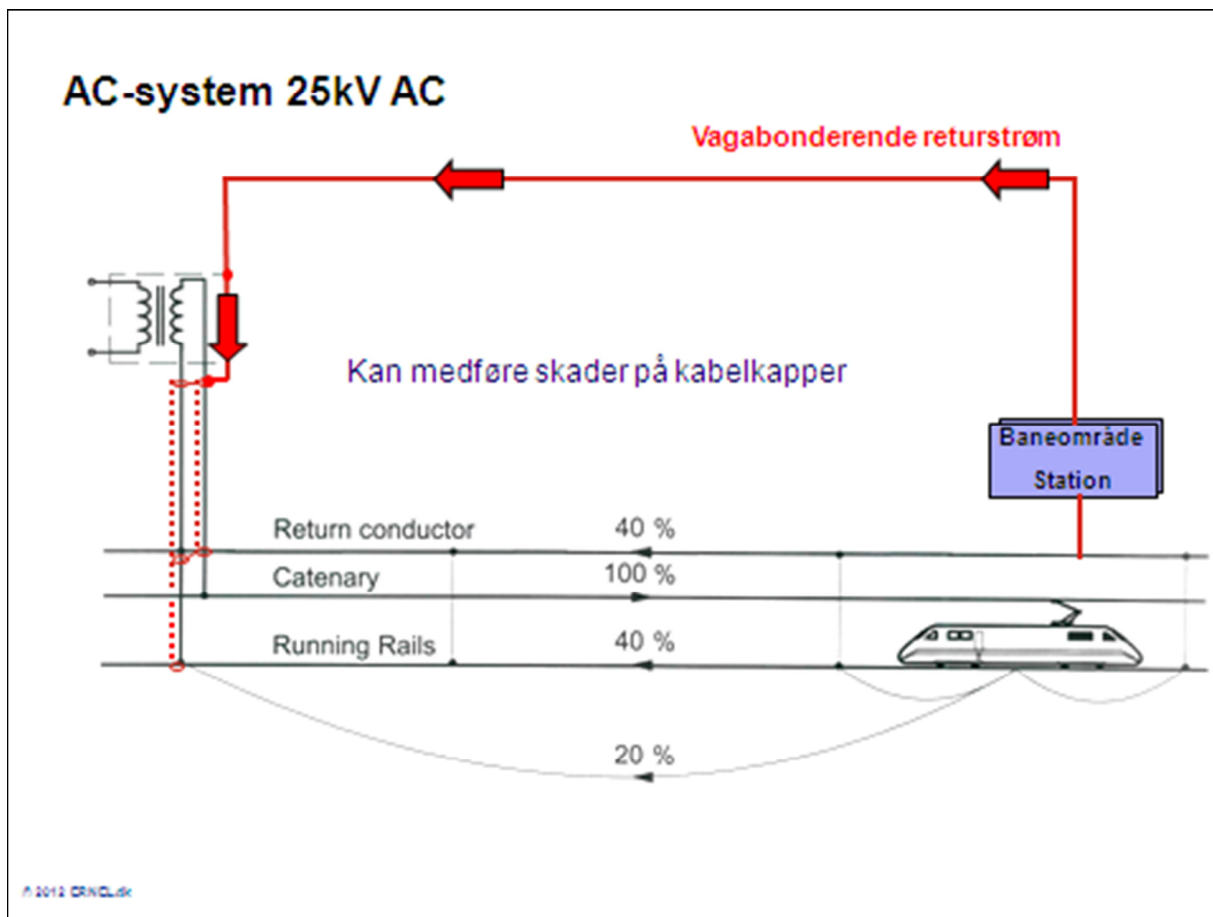
**Det vil give returstrøm via jorden, afhængig af de resistanser der indgår**



**Kan afhjælpes med returleder og sugetransformer samt udligning til parallelførte ledende dele (reducering af modstand i retur kredsløb). Systemjorden bør kun udføres ved tilslutning til skinne**

Returstrømmen i skinnen og dermed den vagabonderende returstrøm kan reduceres ved anvendelse af sugetransformere eller autotransformere i returlederen.

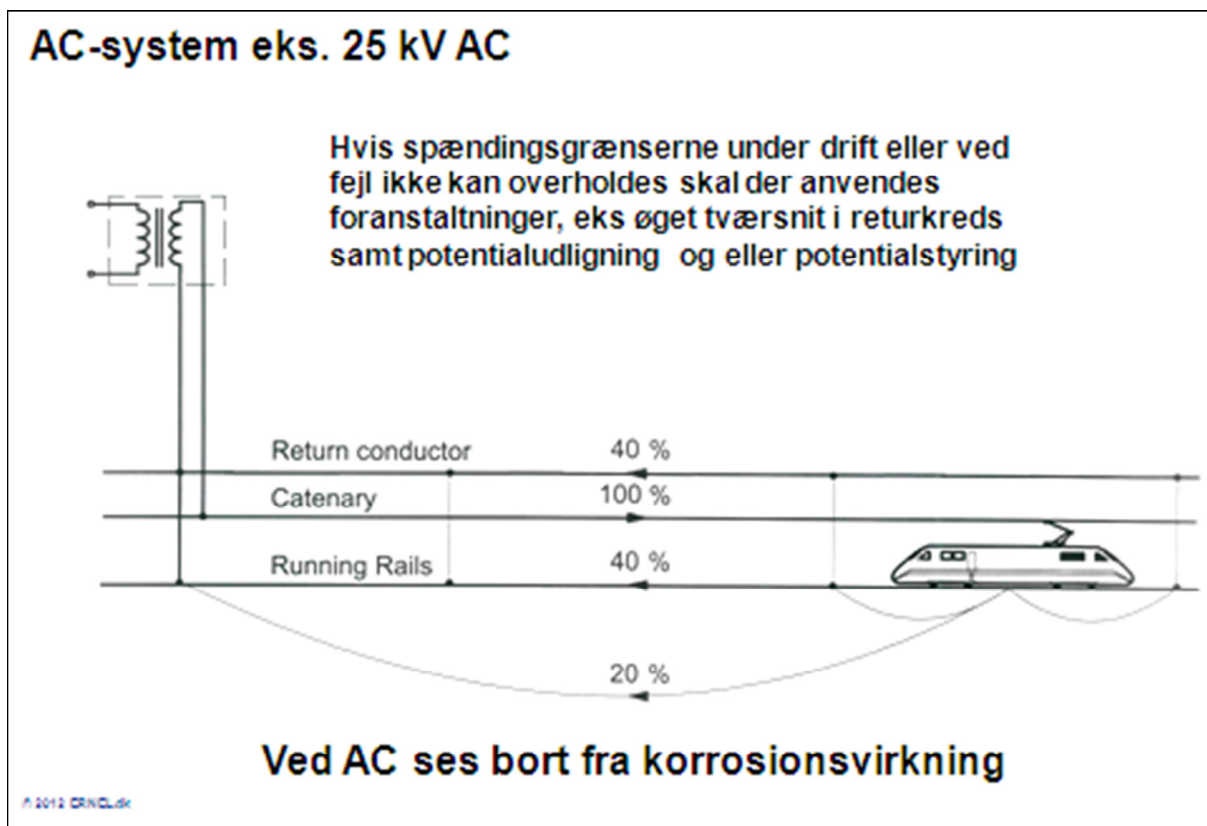
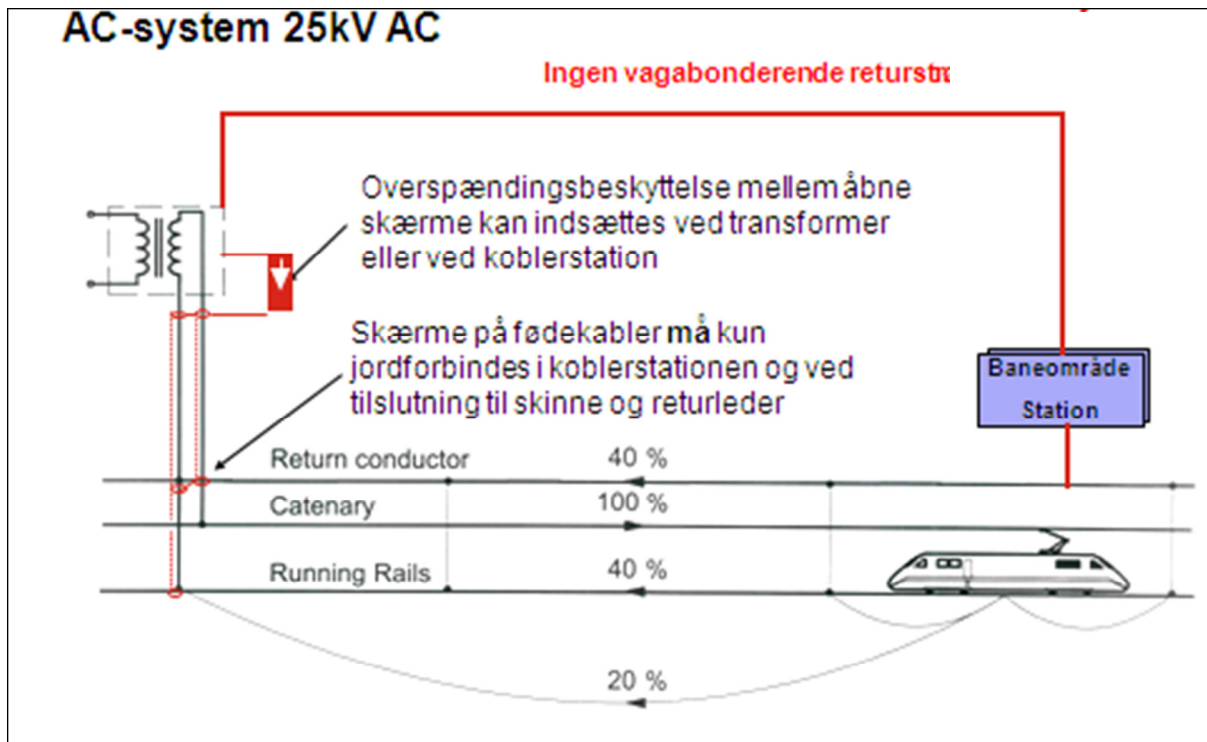
Det spændingsfald der opstår i skinne og returleder under normaldrift, vil forårsage et spændingsfald, og dermed en returstrøm i parallelle nærførte dele, der er tilsluttet, men i princippet drejer det sig om at få denne strøm til at returnere til skinne og returleder over så kort en strækning som muligt og med så lille spændingsfald som muligt.

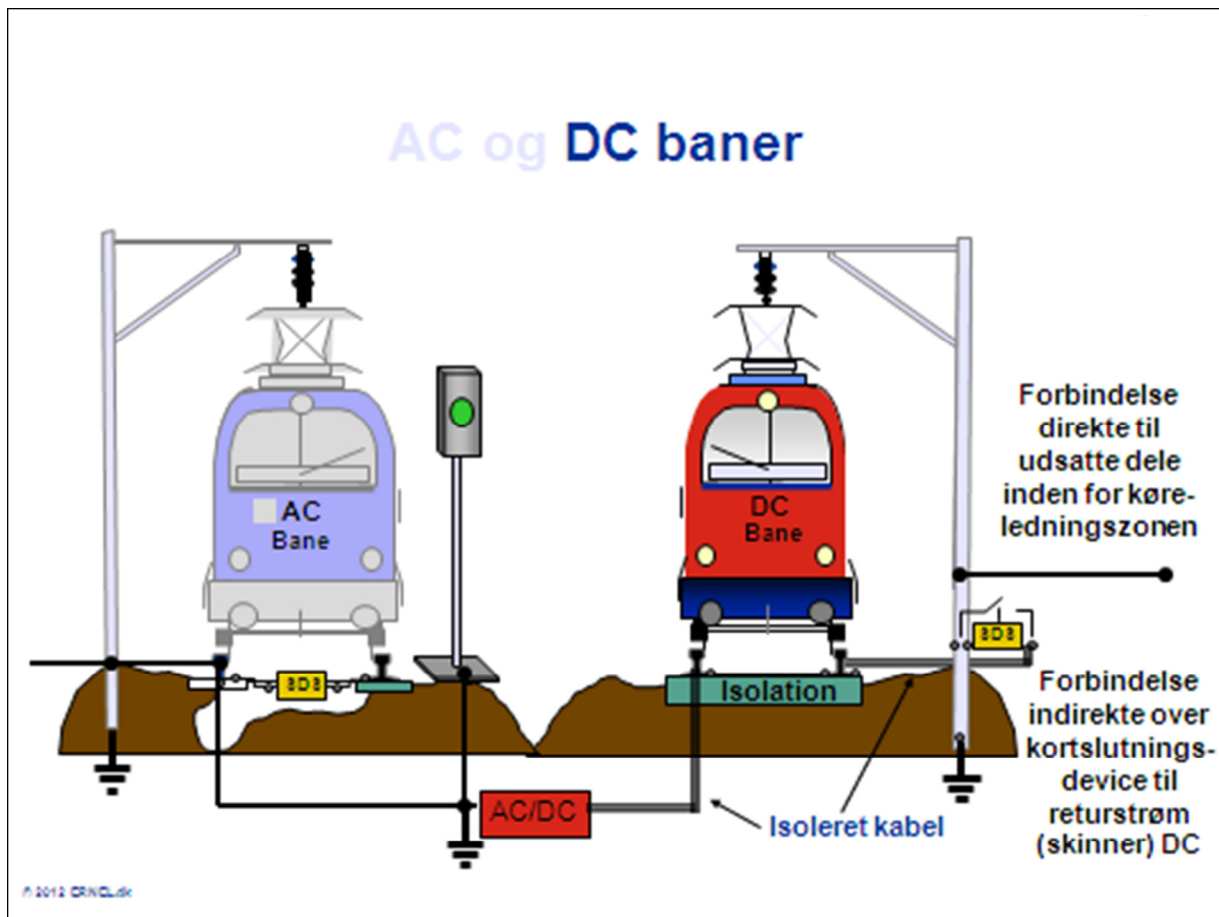


Hvis baneforsyningstransformer er placeret i afstand fra banen, skal man være meget opmærksom på at fremføre forsyningen som isoleret frem til tilslutningerne til køreledning og returstrømskreds, ellers risikerer man betydelige returstrømme over forsyningsnettes jordforbindelser! **D. V. S. principperne for BPU-området skal iagttages!**

Kabelskærme bør dog udlignes indbydes og tilsluttes over en passende VLD -beskyttelse, der selvfølgelig skal kordineres med isolationsværdierne og berøringsbeskyttelsen!







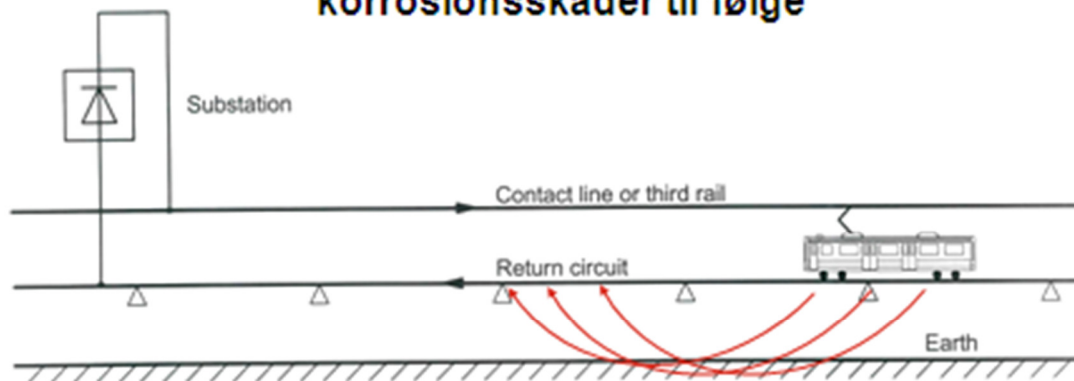
For **DC** baner gælder de samme principper for nærføring som for AC baner, men da returstrømskredsen forsøges isoleret så effektivt som muligt, stiller det krav til en indirekte udligning og spændingsbegrænsning, der med kortslutningsstrømmen får strækingsbryderne til at koble ud. Betegnelsen "VLSCD" står for **V**oltage **L**imiting **S**hort **C**ircuit **D**evice, og er synonym med betegnelsen "SDS" på skitsen ovenfor, og det kan oversættes til synonymet; "Spændingsbegrænsende kortslutnings udstyr"

Det anbefales det i dag i de nye normer og rekommandationer, herunder tekniske artikler fra bl.a. Siemens, at anvende og udnytte parallelle ledende dele til elektriske baner, i optimal grad, for høj kontinuitet parallelt, også til at få en samlet lav overgangsmodstand til neutral jord. NB *Dette må dog ikke være indregnet i person sikkerheden for banen!*

Det er dog vigtigt, at systemjordingerne for nærførte forsyninger (installationer på stationer og serviceområder), vurderes og evt. omlægges, optimalt til TN-S systemer når transformer er dedikeret til banen og inden for **BPU** området, samt som TT- system når forsyningen kommer uden for **BPU** området. Kabelskærme og evt. jordledere for højspændingskabler der føres ind i BPU området bør adskilles og udlignes indirekte!

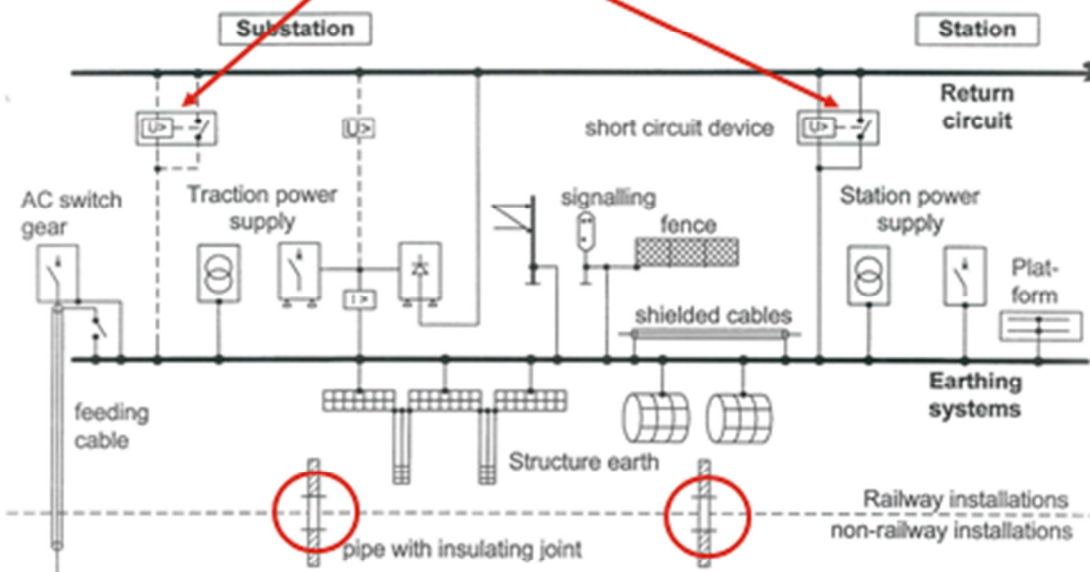
**DC-system**

**Afhængig af skinne isolation og spændingsfald på forsyningsstrækning vil det give anledning til "lækstrømme" via jord (vagabonderende returstrømme) med korrosionsskader til følge**



**DC-system**

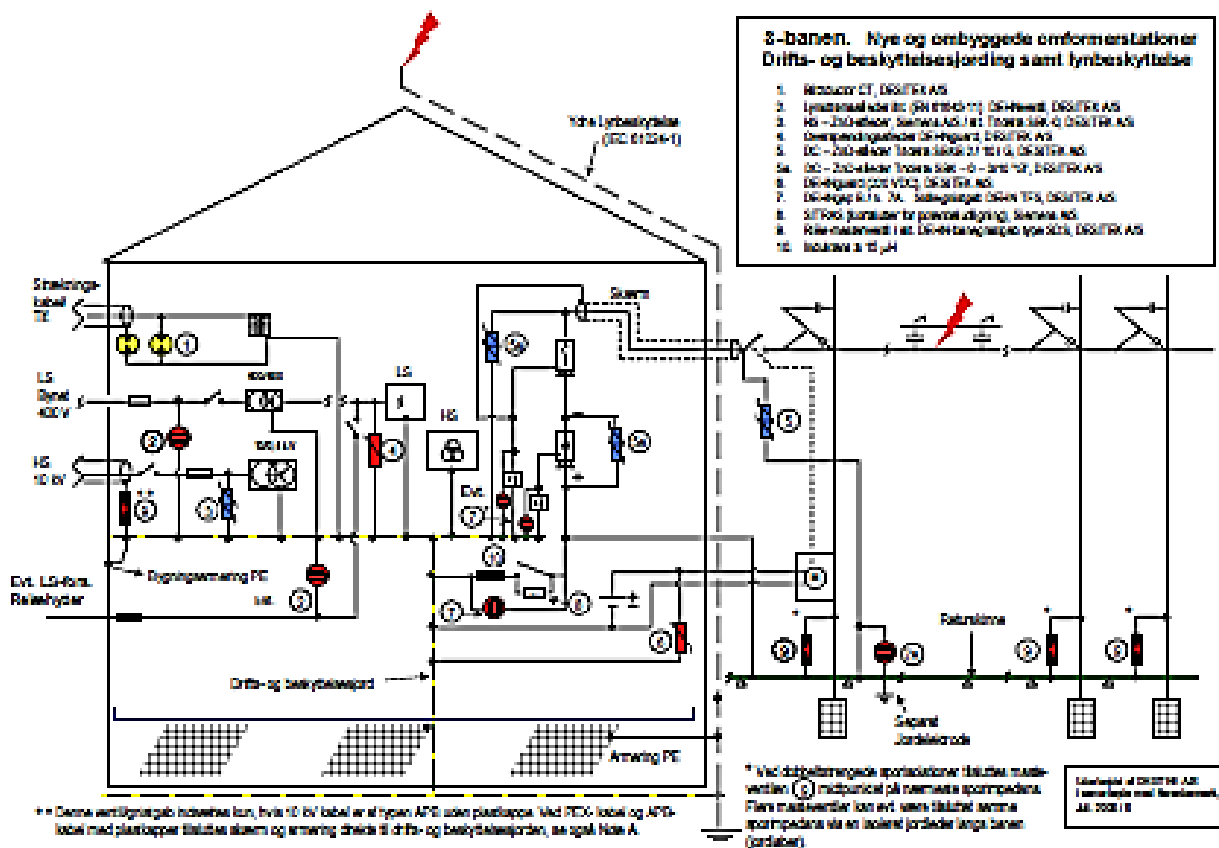
**Hvis spændingsgrænserne under drift eller ved fejl ikke kan overholdes skal der anvendes foranstaltninger, eks øget tværsnit i returkreds samt kortsluttere (gnistgab) for potentialudligning og eller potentialstyring**



**Lynbeskyttelse skal vurderes**

De evt. nødvendige adskillelser og isoleringer for sikringsanlæg, bør vurderes for indirekte udligning af hensyn til beskyttelse mod berøringsfare og samtidig specielt med hensyn til beskyttelse mod lynskader. Der er i dag specielle gnistgab på markedet til indirekte udligning, der både beskytter mod berøringsfare og lynoverspændinger.

### Nye og ombyggede omformerstationer S-banen



Systemjordingen af S-banen, samt ændring (omlægning) af systemjording i forbindelse med nye omformerstationer, hvor lynbeskyttelsen er blevet optimeret.

Fra tidligere at være **tilsluttet direkte** til bygningsjorden er returstrømskredsen nu isoleret helt tilbage til ensretteren.

### Københavns Metro

Københavns Metro er DC forsynet bane med en nominal spænding på 750V. Systemjordingen er åben, dvs. et IT-system, hvor de ledende dele parallelt med skinnerne er forbundet kortvarigt eller længerevarende over en kortslutter for potentialudligning (voltage limiting short circuit device). Forsyningsystemet har minus på køreskinne og plus på en strømskinne som er med forstærket isolation. Køreskinne er returstrøms vej og oplagt på isolerende bøsninger, og der garanteres en isolation på min 40  $\Omega$ /km, hvilket svarer til ledningsevne i forhold til neutral jord på kun 0,025 S/km.

Alle lavspændingsinstallationer for Metroen er systemjordet som TN-S-net.

Ved stationer og skakte udføres der supplerende jordingsanlæg i jorden uden for eller under konstruktionerne som tilsluttes de ledende konstruktioner inde i anlægget de fleste tilfælde ville armeringen alene som fundamentsjord opfylde kravene for beskyttelse af sikkerhedsgrunde.

Langs banen fremføres der to gennemgående PE-ledere en såkaldt TS-jord og en PE-jord, og disse tilsluttes alle øvrige ledende dele og konstruktioner kontinuert, men tillader dog at der kan adskilles til sektioner for evt. måling af korrosionstilstand m.v..

Det spændingsfald der opstår i skinnen vil over skinnekonduktansen til jord forårsage en vagabonderende strøm i de parallelle ledende dele, og det meste af denne strøm vil returnere til skinnen igen over en vis strækning.

Den andel af den vagabonderende strøm der forlader konstruktionen via jorden, afhænger af det spændingsfald der opstår i konstruktionen i forhold til neutral jord, og det er denne strøm, der primært kan forårsage korrosion.

I EN 50122-2 er der beskrevet en formel til beregning af dette spændingsfald, og normen angiver at, hvis en beregning ud fra gennemsnitsværdien af det højeste strømtræk pr. døgn, ikke giver anledning til et spændingsfald på mere end 100 mV i de ledende konstruktioner i forhold til neutral jord, er der ikke grund til vurdere korrosionsrisikoen yderligere

Det kunne jo være fristende at øge tværsnittet på de ledende konstruktioner for at nedbringe dette spændingsfald, men her skal man være lidt forsigtig, det kan jo også give anledning til en forøget vagabonderende strøm, med forøget risiko for korrosion af skinnerne.

Den gennemgående kontinuitet og den samlede lave overgangsmodstand til neutral jord, vil påvirke forholdet omkring vagabonderende strømme gunstigt.

**Grundlæggende er det skinneisolationen og spændingsfaldet i skinnen, der har betydning for risikoen for vagabonderende strømme.**

Jo større kontinuitet der er i de parallelle ledende dele til skinnerne, jo mindre vil strømtætheden være og jo mindre skade vil en vagabonderende strøm forårsage.

I EN 50 122- 2 beskrives andre metoder som f.eks. anvendelse af dioder mellem skinne og de ledende dele langs skinnerne, men det vil påvirke skinneisolationen drastisk og kræve en del vedligeholdelse, så det anbefales ikke.

Anvendelse af specielle opsamlingsnet under skinnerne, anbefales af samme grund heller ikke.

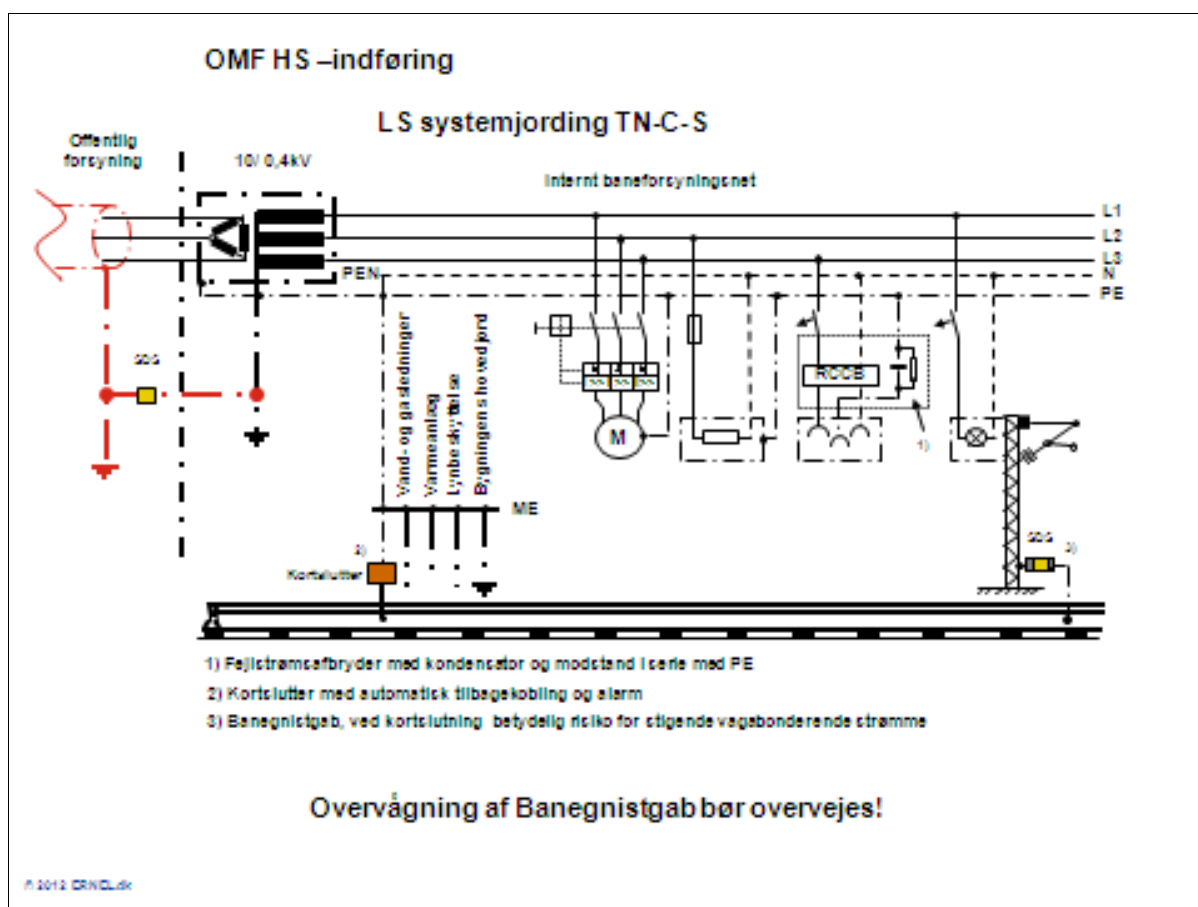
Der er et åbent spørgsmål for **METROEN** omkring samforbinding med højspændingsnettets jord som ikke er besvaret. Meget kunne tyde på at det ikke vurderet eller gennemført!

### Konklusion:

Ved en "høj" skinneisolation, og en løbende overvågning og vedligeholdelse af denne, sammen med en høj kontinuitet i de ledende dele parallelt til banen, vil vagabonderende strømme ikke være et stort problem og samtidig opnås en høj personsikkerhed. **Det er oplyst at Københavns Metro drives og vedligeholdes efter Afsnit 5, hvilket betyder at der ved arbejder på strækningen kortsluttes mellem returstrømskreds og jord, dette giver ved service arbejde anledning til betydelige vagabonderende returstrømme i de øvrige baner i hovedstadsområdet!**

## 8. Metoder til sikrings af personbeskyttelsen for installationer inden for BPU områderne

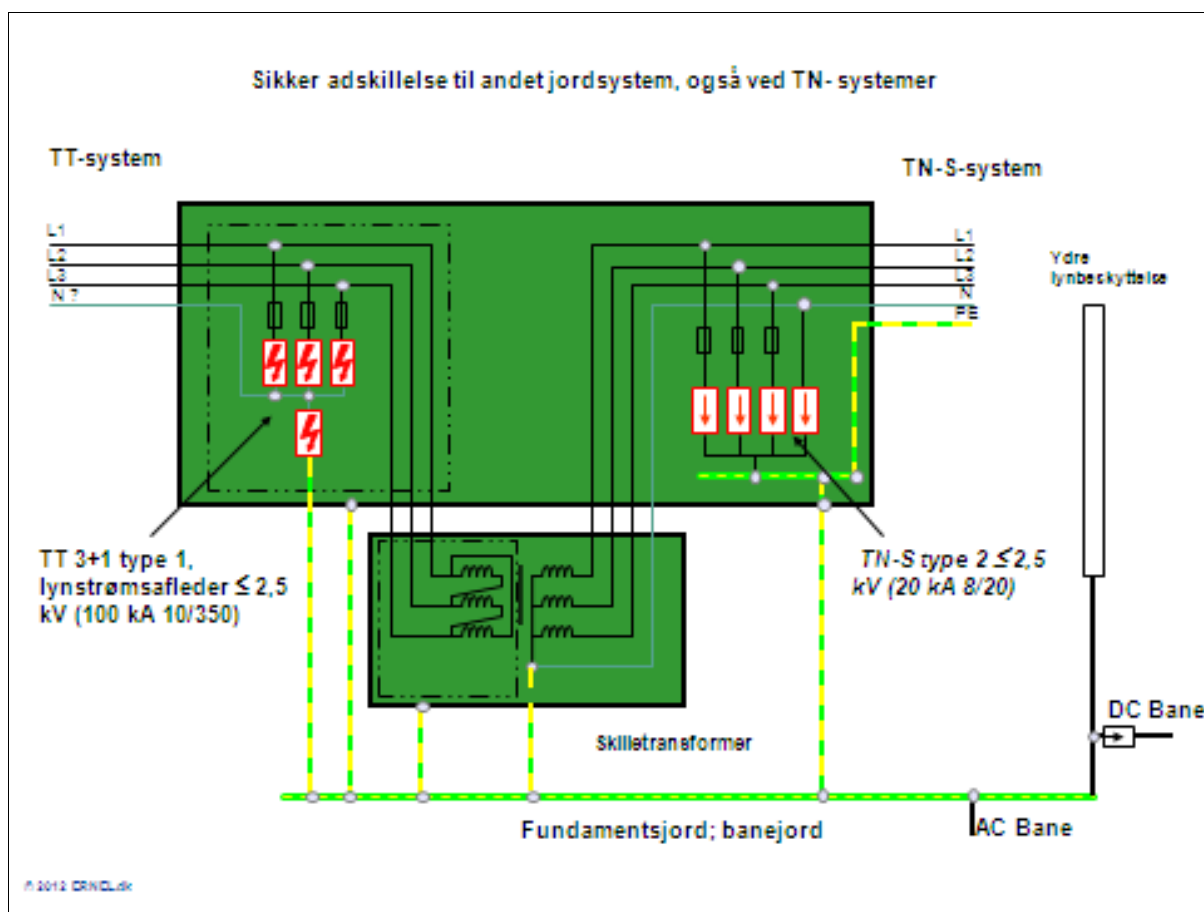
I EN 50122-1 er vist en del skitser som beskriver forholdet mellem baneforsyningen og fremmede forsyninger indført i baneområdet "BPU" området, samt forholdet til og omkring personbeskyttelsen! **Herunder til S-bane område!**



Der mangler dog generelt en bedre beskrivelse af de forsyninger der føres ind i områderne samt omkring de nødvendige adskillelser, for ikke at bringe jordforbindelser for forsyninger uden for områderne ind i BPU området!

Følgende er skitser der beskriver dette lidt mere detaljeret!

### Forsyning til teknikhytte i forbindelse med S-banen!



Med denne skitse vises en sikker adskillelse til et andet jordingsystem, med TN-S-system på sekundærsiden.

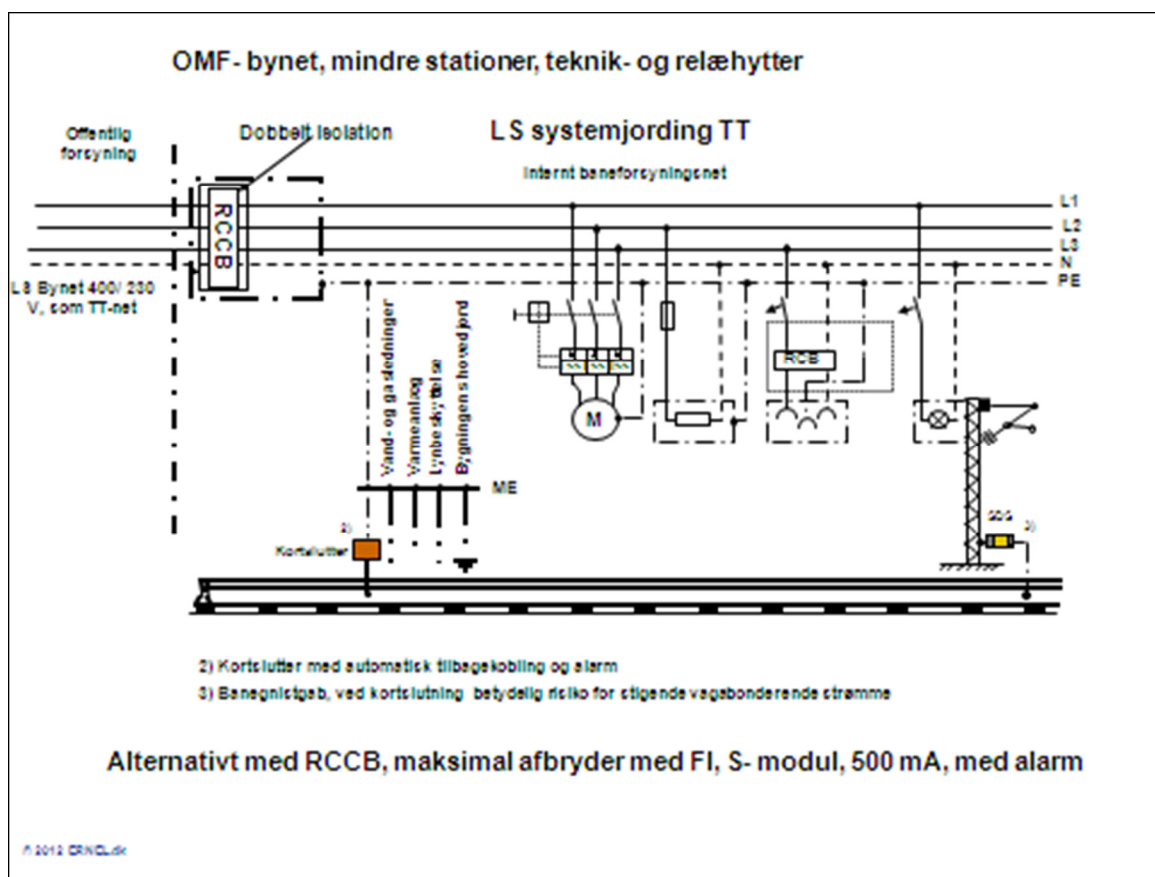
Der er her tale om en koordinering også med lynbeskyttelse af anlægget (teknikhytten)!

En alternativ løsning uden anvendelse af skilletransformer ville være at anvende en maksimalafbryder med fejlstrømsmodul i et felt med forstærket isolation i indgangstavlen.

Det er i øvrigt en metode, hvormed man kunne opnå beskyttelse mod indirekte berøring på de mange klasse 0 tavler der stadig er i drift.

Af ukendte årsager betragtes fejlstrømsafbrydere som ikke værende pålidelige nok i sikringsanlæg, og Afsnit 6 har også en undtagelse of BIB'ning af sådanne anlæg?

## Bynettets forsyning ind til S-bane anlæg!



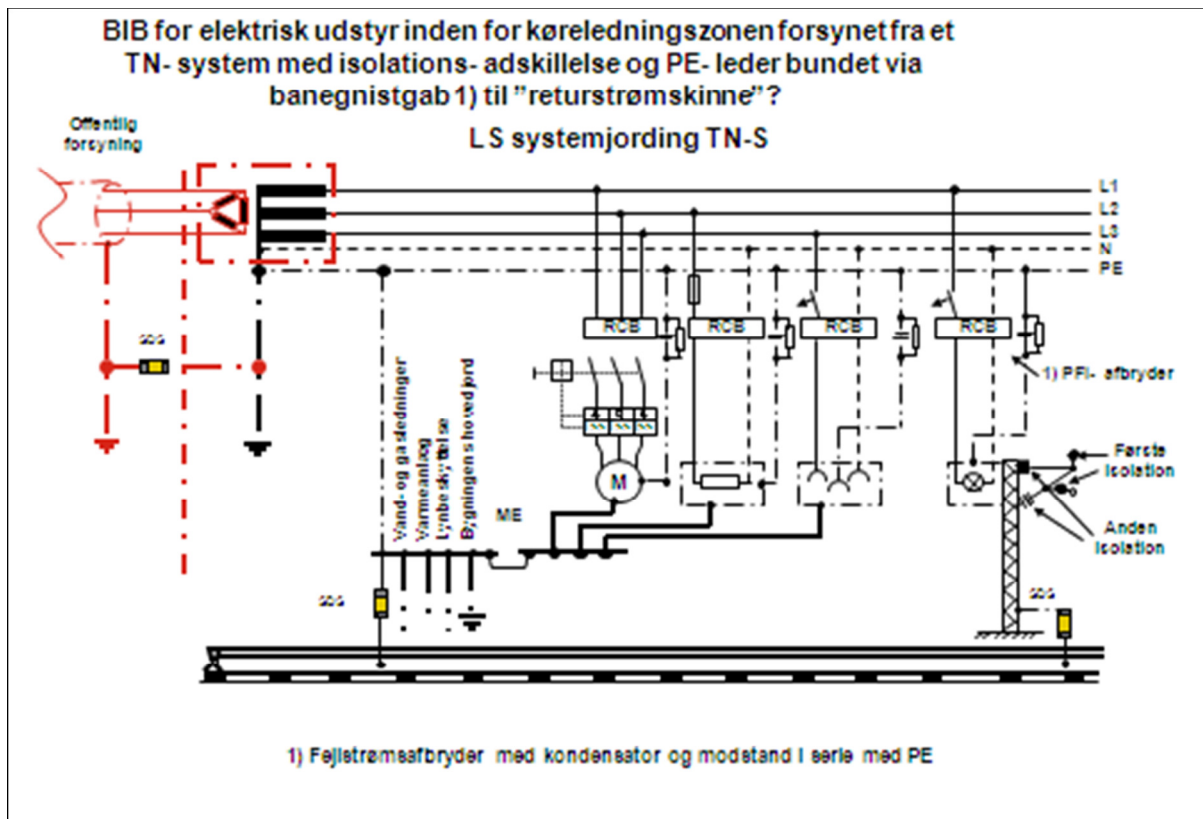
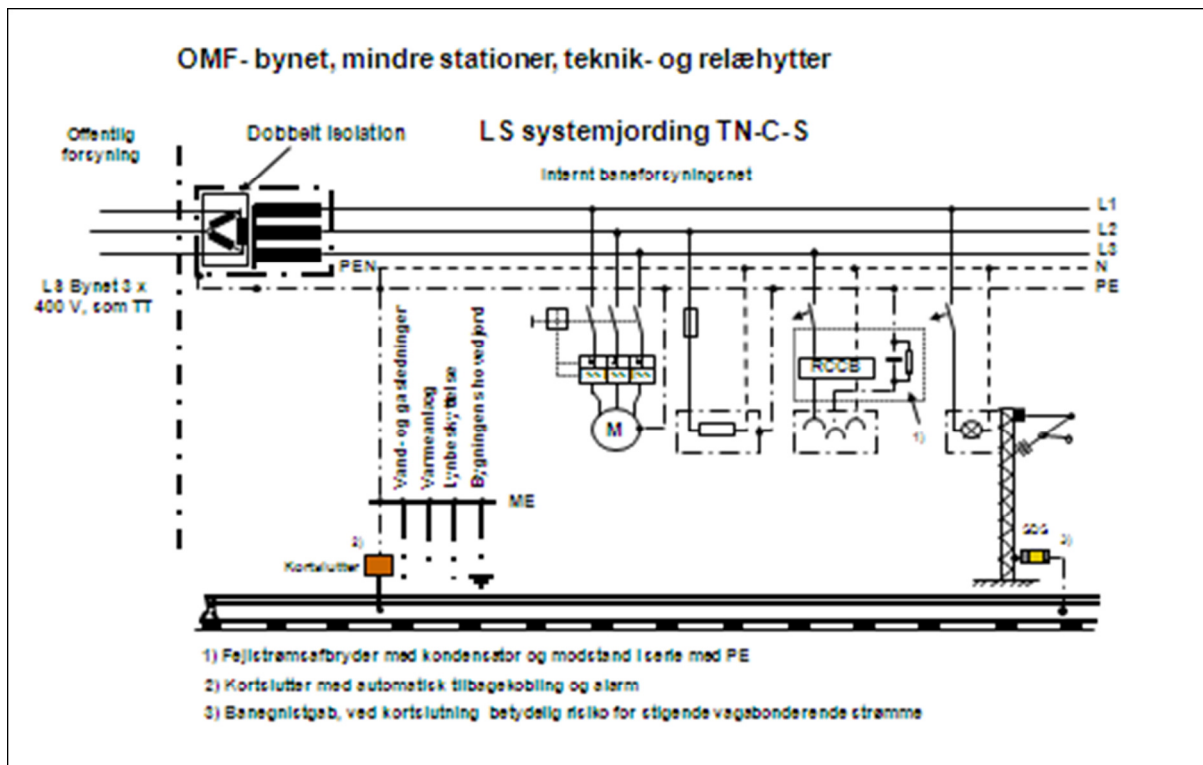
Der er generelt en uvilje mod anvendelse af Fejlstrømsafbrydere, da man mener de er upålidelige og giver fejludløsninger!

En forklaring på den manglende tillid til fejlstrømsafbrydere kan være, at de første generationer var meget følsomme over for kapacitive fejlstrømme, hvis forsyningen der skulle beskyttes havde en for stor kapacitet f.eks. et langt kabel, kunne man ikke koble fejlstrømsafbryderen ind, uden først at have shuntet den!

Der er dog meget pålidelige fejlstrømsafbrydere på markedet i dag, og med karakteristikkene også for blandede AC-DC forsyninger!

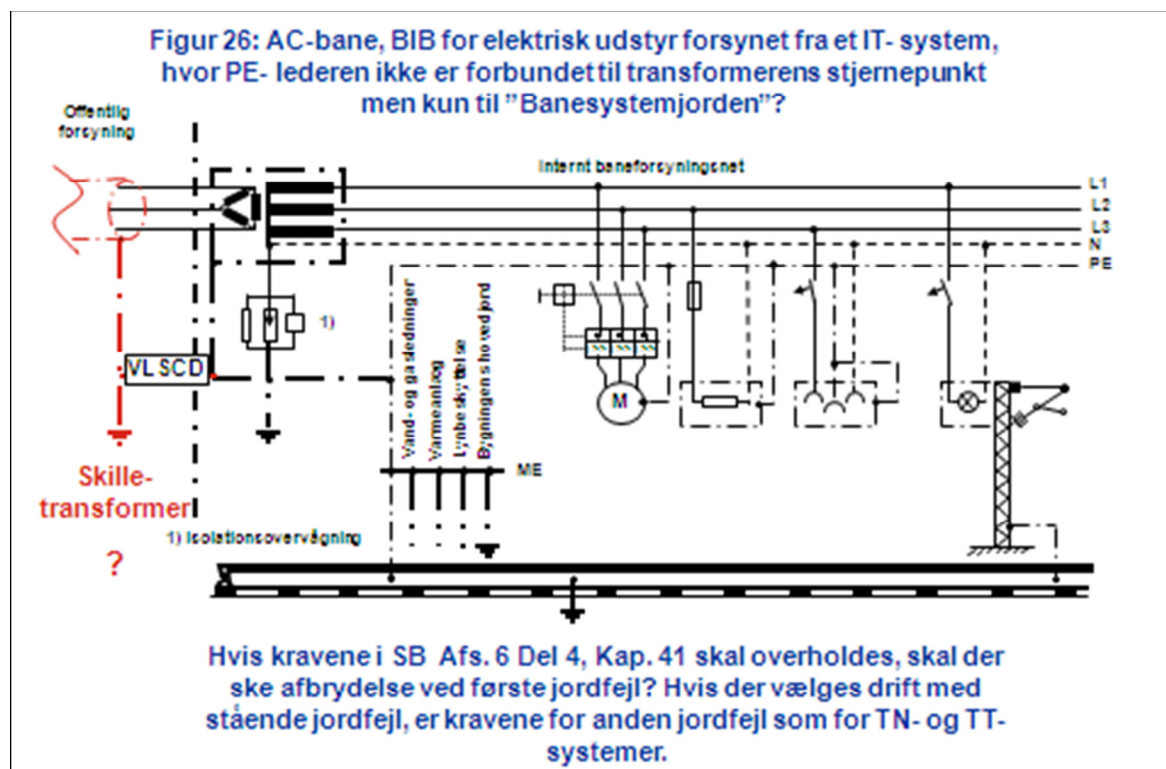
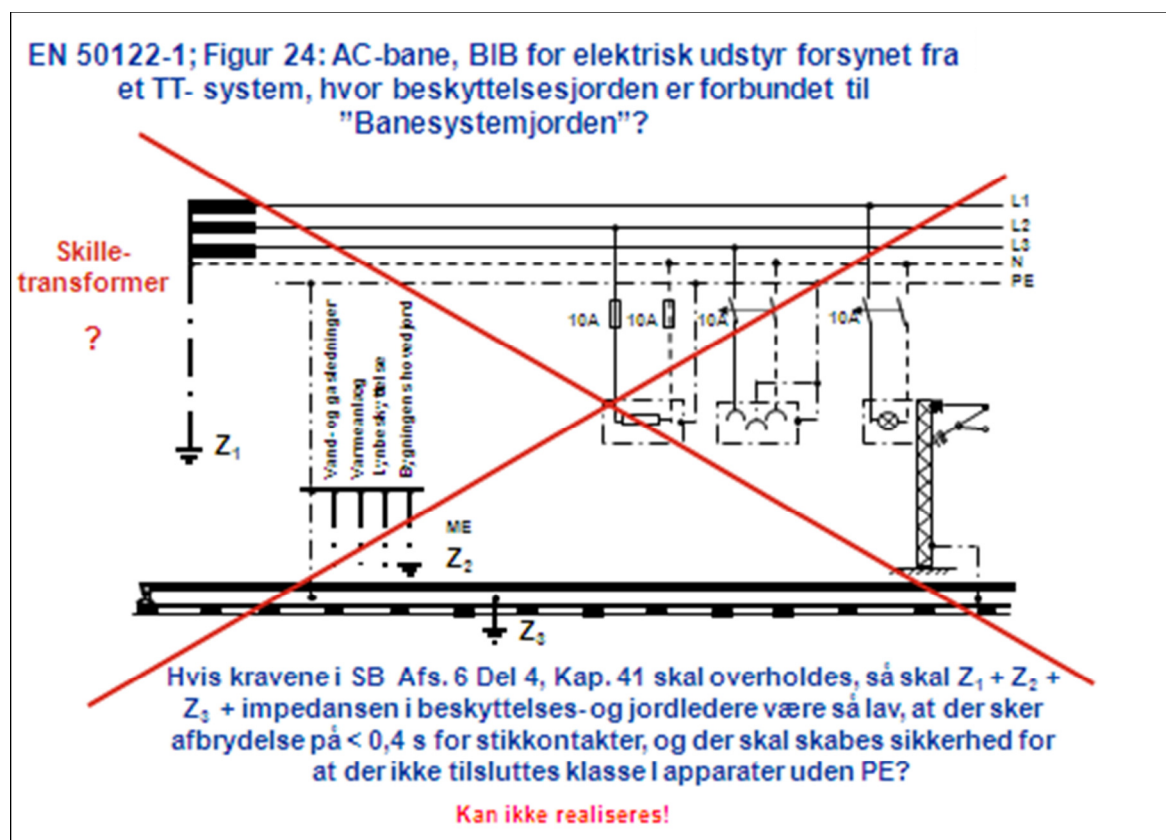
Herunder er vist en skitse hvor brugen af en skilletransformer både adskiller til jord uden for **BPU** området, samt opfylder kravene til beskyttelse mod indirekte berøring som TN-S-system. Der kan være krav på enten supplerende udligning eller anvendelse af fejlstrømsafbrydere for serviceudstyr!

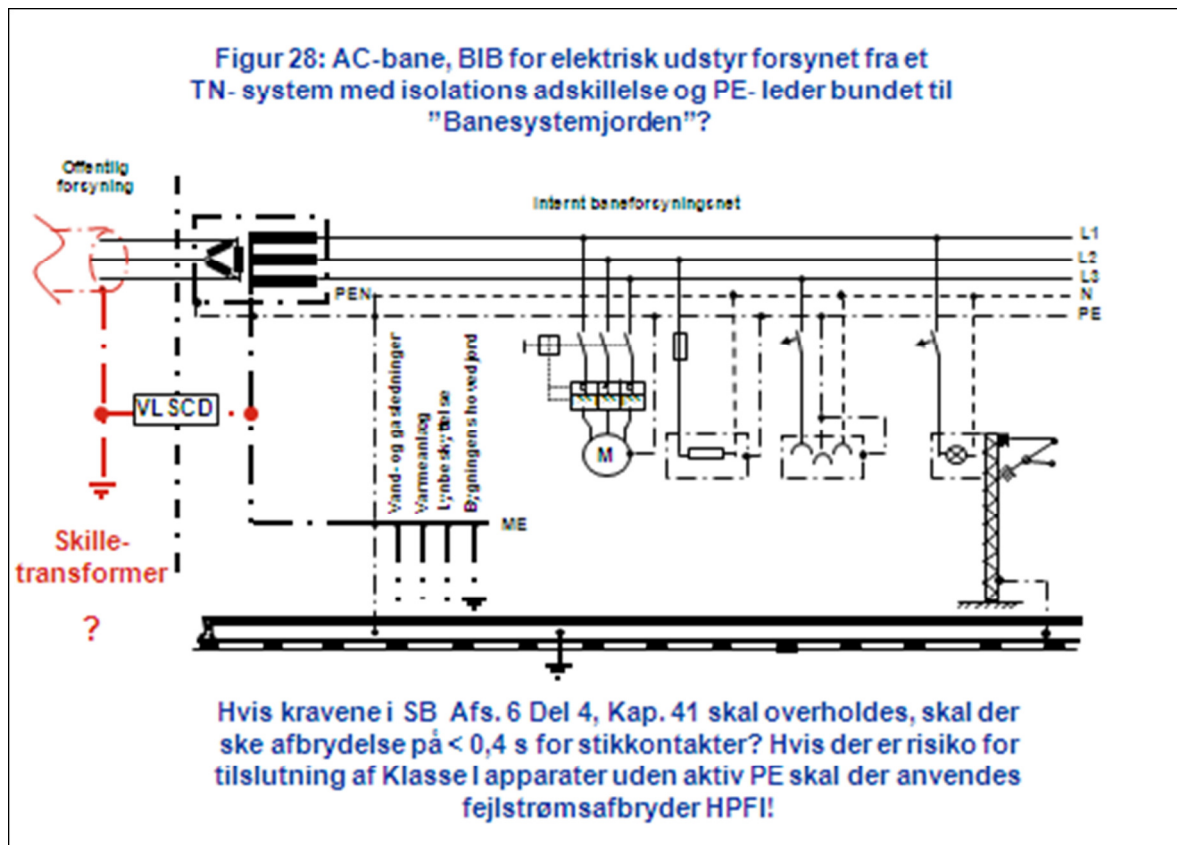




Både lavspændings og højspændingsforsyning!

For AC baner som f.eks. fjernbanen gælder de samme principper som for andre baner, på den første skitse er vist et eks., hvor beskyttelse mod indirekte berøring er udført som direkte jording til returstrømskredsen (skinne).





## Case story!

### SKB Hundige Servicecenter

Ved dispensation kortsluttes de isolerede skinner til bygningsjord, som en sikkerhed mod termiske skader, ved utilsigtet kortslutning med værktøj.

Det rådgivende firma Atkins måler meget betydelige vagabonderende DC strømme over bygningsjorden.

Dong måler betydelige vagabonderende DC strømme over HS – kablets skærm i transformerstation. 40 – 60 A, varierende med trafikken på banen!

Atkins arbejder med alternativ løsning til Hundige!

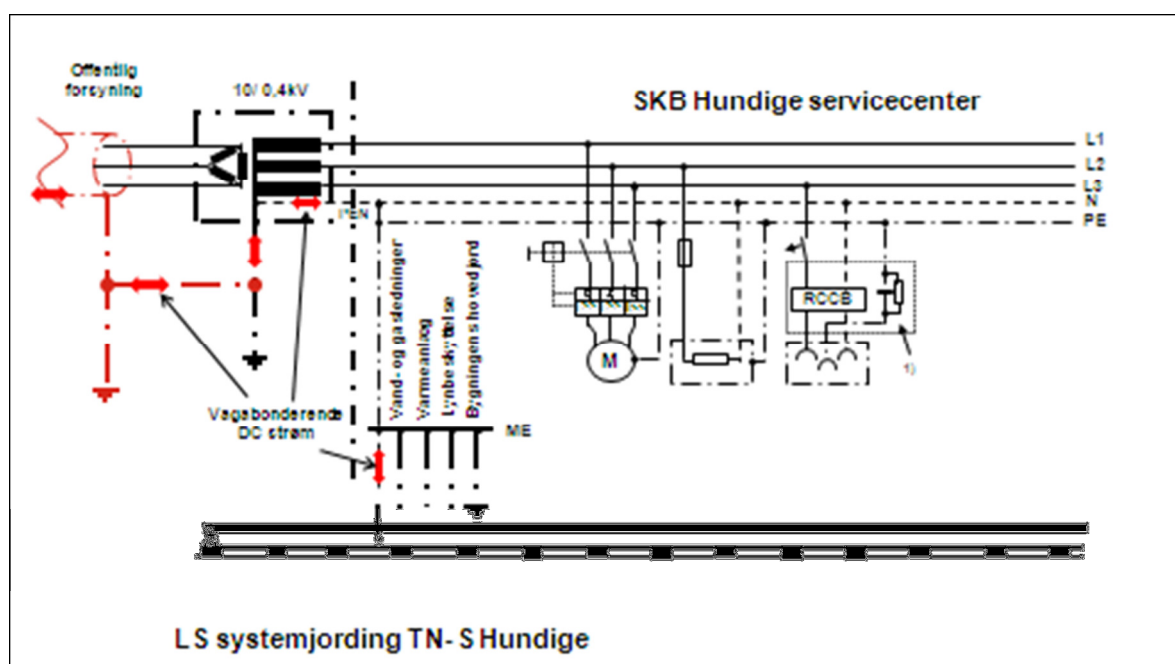
Undertegnede har udarbejdet et forslag til Dong for nedbringelse af DC strømme over kabelskærme!

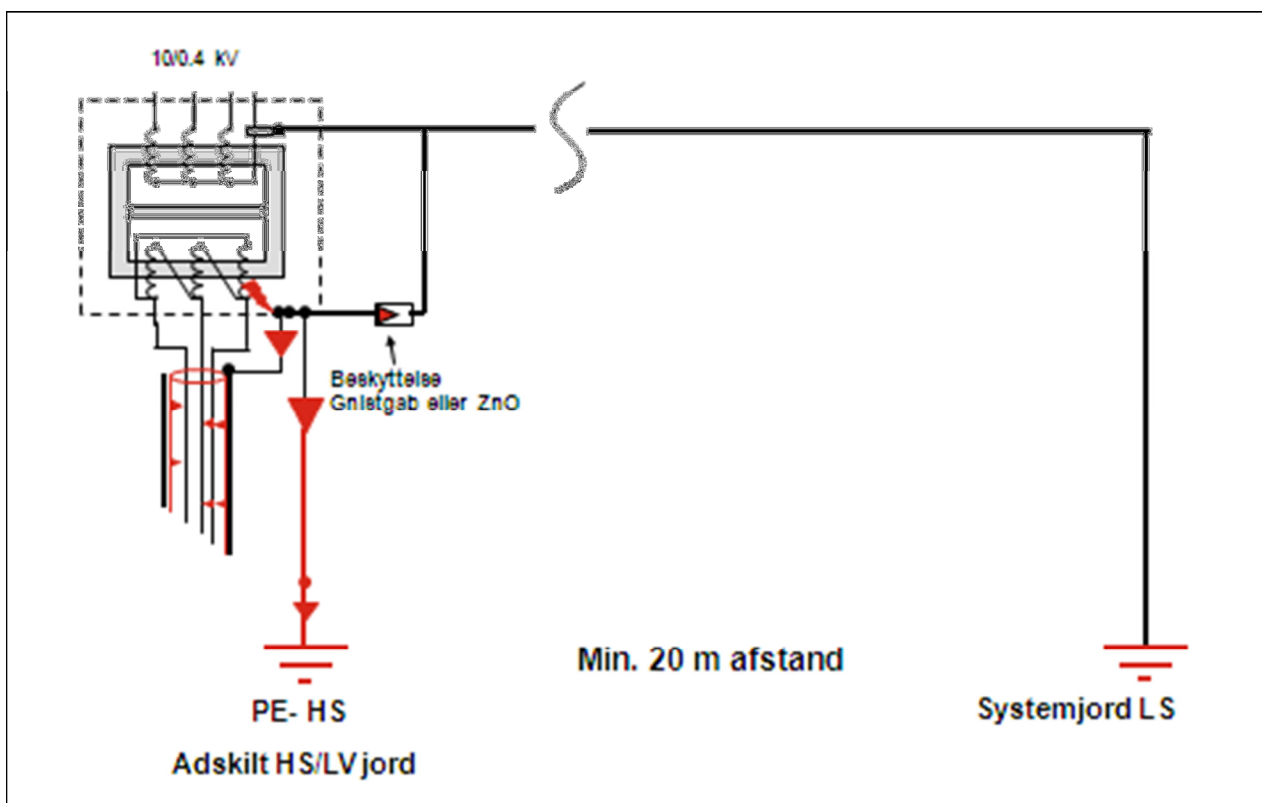
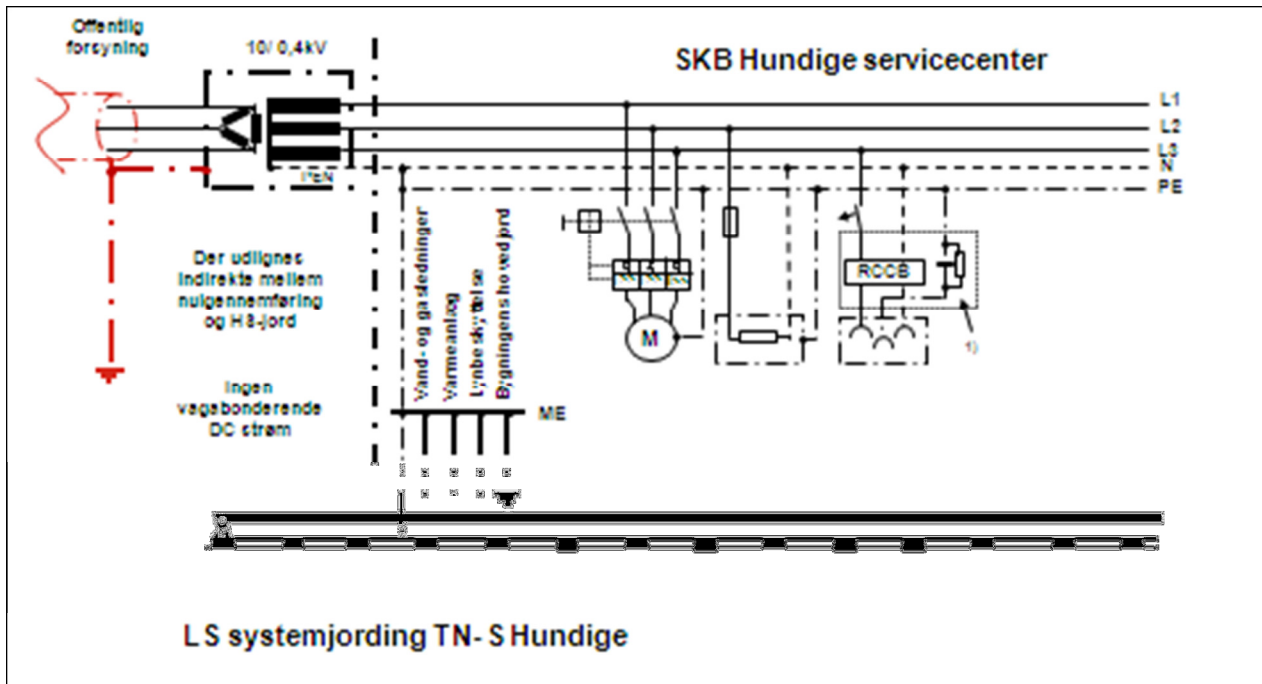
Deres ref. / Your ref.

Vor ref. / Our ref.  
11959-2Vor sagsbehandler/Dealt with by  
Ernst Boye NielsenDato/Date  
14.11.2007**Vagabonderende strømme fra S-banen, SKB, Hundige Service Center:**

I henhold til aftale på mødet hos Balslev d. 8. november 2007, vedr. ovenstående blev det aftalt at jeg skrev et lille notat om mulig nedbringelse af vagabonderende strømme fra S-banen over Dongs højspændingsanlægs (transformerstations) jordingsanlæg ved SKB, Hundige Service Center.

Baggrunden for dette var målinger udført af Dong, Gunpa; notat afleveret ved sidste møde; Transformertationen 6792, Hundige Depotspor, Felt 1, Ishøj Park A samt Felt 2, Ishøj Strandgårdsskolen, som viste betydelige DC strømme i kabelskærme og parallel jordtråd til højspændings nettet.





Det kan ikke umiddelbar sluttes at dette er en løsning der kan anvendes alle steder!

## 9. Afslutning og kommentarer!

### For DC Baner kunne følgende være retningsgivende:

Hvis HS forsyningen er inden for baneområdet, kan der systemjordes som TN-C-S, men med galvanisk adskillelse til forsyningsselskabets jord.

Hvis LS forsyningen er indført i baneområdet, bør det være systemjordet som TT, og der kan anvendes skilletransformer med forstærket eller dobbelt isolation på primærsiden, systemjordet som TN-C-S på sekundærsiden.

Alternativ hvis LS forsyningen er indført i baneområdet, kan der anvendes en maksimalafbryder med FI modul i et indgangsfelt med forstærket eller dobbelt isolation. Hele installationen systemjordes som TT.

Disse forslag eller retningslinier ændrer ikke på de øvrige krav om isolation af returstrømsvej eller separate banestrømforsyninger for værksteder, depoter og servicecentre

© 2012 ERNEL.dk

**Der kunne overvejes andre forsyningssystemer til elektriske baner, f.eks. dobbelt som trolley systemer, drevet som IT-System, eller batteridrevne tog, en åbenlys mulighed for de lette bybaner!**

En del af teksten i dette kompendium er taget fra et skrift udarbejdet i 2003 af undertegnede, i forbindelse med et stærkstrømskursus for Banedanmark!

**Ernst Boye Nielsen;**

**ERNEL.dk**



**d. 20.03.2014.**