



# Køreledningsanlæg og stærkstrømsanlæg

## SAB Jording og potentialudligning på elektrificerede baner

Dokument: SAB Jording og potential-  
udligning på elektrificerede baner

Udgave: 03.00  
Udgavedato: 25.06.2014

Udarbejdet af: Balslev A/S  
Kontrolleret af: Hans Johan Nielsen, TSA  
Godkendt af: Sammy Kalvslund Khatib, Teamleder

Teknisk Drift 8234 0000  
Strøm 8234 3187

Systemansvar og driftsledelse  
Vasbygade 10  
2450 København SV



## INDHOLD

1.	<u>INDLEDNING</u>	5
1.1	Udgaver	6
2.	<u>IKRAFTTRÆDEN</u>	6
3.	<u>OVERGANGSBESTEMMELSER</u>	7
4.	<u>REFERENCER</u>	7
5.	<u>DEFINITIONER</u>	9
6.	<u>ANVENDELSESOMRÅDE</u>	20
6.1	Grænseflade mod fordelingsstationer og omformerstationer	21
7.	<u>TIDLIGERE BEGREBER</u>	21
8.	<u>RETURSTRØM</u>	24
8.1	Fælles bestemmelser	24
8.2	BDK – Banedanmarks krav til returstrømsvejen på Fjernbanen	26
8.3	BDK – Banedanmarks krav til returstrømsvejen på S-banen	28
8.4	Nærførte jernbaner	30
8.5	Værksteder o.l. hvor der kan forekomme vagabonderende DC-strøm	31
8.6	Eksplodingsfarlige områder	32



<b>9.</b>	<b><u>POTENTIALUDLIGNING</u></b>	<b>33</b>
9.1	Kørelednings- og strømaftagerzonen	33
9.2	Generelle krav til potentialudligning	36
9.3	Potentialudligning af særlige områder eller averteringer	43
9.4	BPU-områder	46
9.5	Opbygning af potentialudligningssystemet	50
9.6	Forbindelse til returstrømsvejen	57
9.7	Parallele og krydsende jernbaner	60
<b>10.</b>	<b><u>LAVSPÆNDINGSFORSYNING</u></b>	<b>62</b>
10.1	Adskillelse i forsyningen	62
10.2	BDK – Generelt	62
10.3	Design af lavspændingsforsyning	63
10.4	Fælles krav	64
10.5	TT systemjording	65
10.6	TN systemjording med skilletransformer	70
10.7	TN systemjording med dedikeret transformerstation, metode 1	71
10.8	TN systemjording med dedikeret transformerstation, metode 2	73
10.9	BDK – Flere forsyninger til samme BPU-område	75
10.10	BDK – Forsyning ud af et BPU-område	76
10.11	BDK – Specielle regler for forsyning af sikringsanlæg	78



11.	<u>DOKUMENTATION</u>	<u>85</u>
11.1	Dokumentation (anlægsdokumentation) ved projekter	85
11.2	BDK – Potentialudlignings- og returstrømsplaner (PR)	85
11.3	BDK – BPU-område	91
11.4	BDK – Kabelnummerering og kabelmærker	91
12.	<u>BILAGSOVERSIGT</u>	<u>96</u>



## 1. INDLEDNING

---

Dette dokument specificerer krav, der vedrører elektrisk sikkerhed i faste installationer på og nær jernbanen. Derudover specificeres krav til enhver installation, som kan blive udsat for fare fra energiforsyningen til en elektrificeret jernbane.

Dokumentet specificerer krav vedrørende lavspændingsforsyning, jording, returstrøm og potentialudligning. Dokumentet omfatter dog ikke beskyttelse mod direkte berøring.

Den elektriske sikkerhed omfatter både personsikkerhed og beskyttende foranstaltninger i forhold til materiel og ejendom. De primære formål for dette dokument er at beskytte mod:

- Elektrisk stød
- Høje temperaturer forårsaget af overbelastede ledere, der kan føre til forbrændinger, brand eller anden skade
- Beskadigelse af elektrisk materiel forårsaget af overbelastning eller overspænding
- Korrosion forårsaget af vagabonderende strøm

Vagabonderende strøm kan forårsage overbelastning af installationer og udstyr samt forårsage korrosion i jordforbundne metalliske konstruktioner som rør og jernarmeret beton. Derfor er der i udarbejdelsen af dette dokument lagt vægt på løsninger, der begrænser den vagabonderende strøm til et minimum.

På Fjernbanen, hvor der anvendes sugetransformere og returledninger, er returstrømmen i større grad end på S-banen holdt i de tiltænkte strømveje. Vagabonderende strøm fra returstrømsvejen forekommer derfor hyppigst på S-banen. På S-banen er togenes strømtræk generelt større end på Fjernbanen, hvilket giver større strømstyrker i den vagabonderende strøm, der derved nemmere overbelaster de ledere strømmen løber i (fx 1,5 mm<sup>2</sup> PE-ledere). Jævnstrøm kan derudover forårsage korrosion i de konstruktioner, hvor den løber.

Kravene givet i dette dokument tager højde for funktionssikkerheden i Banedanmarks sikringsanlæg.

Formålet med dette dokument er at samle regler for returstrøm, potentialudligning, lavspændingsforsyning og jording ét sted. Dokumentet er baseret på en række banenormer,



tekniske meddelelser, systemtegninger og gældende danske normer som det fremgår af afsnit 2 og 4.

## 1.1 Udgaver

Den nyeste udgave af dette dokument kan findes på Banedanmarks hjemmeside, [www.bane.dk](http://www.bane.dk), på følgende placering: Forside > Erhverv > Tekniske normer og regler > Vigtige regelværker.

## 2. IKRAFTTRÆDEN

---

Dette dokument træder i kraft ved udgivelsen.

Dokumentet erstatter relevante dele i nedennævnte regler:

- BN2-83-2 "Kørestrømsanlæg – Drifts- og beskyttelsesjording på Fjernbanen", *Banedanmark*
- BN2-84-2 "Kørestrømsanlæg – Beskyttelsesjording på S-banen og i fælleszonen mellem Fjern- og S-banen", *Banedanmark*
- Teknisk meddelelse nr. 01/01.03.2002 "Retningslinier for jording af Banestyrelsens anlæg", *Banestyrelsen*
- Teknisk meddelelse nr. 03/25.07.2006 "S-banens returstrømssystem. Retningslinier for montage af returstropper", *Banedanmark*. Bilag 3 er indarbejdet i BN1-106 "SKI, S-banens Kørestrømsinstruks".
- Teknisk meddelelse nr. 08/01.12.2007 "Overgang fra masteventiler til banegnistgab", *Banedanmark*
- Teknisk meddelelse nr. 02/21.01.2008 "Supplerende kabeltyper til beskyttelsesjording på S-bane", *Banedanmark*
- Teknisk meddelelse nr. 05/26.08.2008 "Beskyttelsesjording af sporskiftedrev på S-banestrækninger der løber parallelt med elektrificerede Fjernbanestrækninger", *Banedanmark*
- Teknisk meddelelse nr. 32/01.07.2013 "Nye krav til kabeltyper og baneplinte i kørestrømsanlægget gældende for S-banen og Fjernbanen", *Banedanmark*



### 3. OVERGANGSBESTEMMELSER

Der gælder nedennævnte overgangsbestemmelser for dette dokument:

- Projekter, der på udgivelsesdatoen for dette dokument befinder sig i program-, projekterings-, udførelses- eller afslutningsfase, er undtaget fra at følge krav, der er nye i forhold til SAB Jording og potentialudligning på elektrificerede baner version 02.
- For øvrige projekter (herunder projekter, der befinder sig i definitionsfasen på udgivelsesdatoen) gælder, at alle krav i dette dokument skal følges.

### 4. REFERENCER

Nogle steder henviser dokumentet til andre bestemmelser således:

Bestemmelsens navn i kort form [nr.]. Betydningen af nummeret kan findes nedenfor.

Hvis der ikke er nævnt andet, gælder sidst udsendte version af det, der refereres til. Hvis der ikke er nævnt andet, gælder, at referencerne er normative.

- [1] DS/EN 50122-1:2011 "Jernbaneanvendelser – Faste installationer – Elektrisk sikkerhed, jording og returledning – Del 1: Beskyttelsesforanstaltninger mod elektrisk stød", *Dansk Standard*
- [2] DS/EN 50122-1/A1:2011 "Jernbaneanvendelser – Faste installationer – Elektrisk sikkerhed, jording og returledning – Del 1: Beskyttelsesforanstaltninger mod elektrisk stød", *Dansk Standard*
- [3] DS/EN 50122-2:2010 "Jernbaneanvendelser – Faste installationer – Elektrisk sikkerhed, jording og returledning – Del 2: Beskyttelsesforanstaltninger mod effekten af vagabonderende strøm forårsaget af jævnstrømstraktionssystemer", *Dansk Standard*
- [4] DS/EN 50122-3:2010 "Jernbaneanvendelser – Faste installationer – Elektrisk sikkerhed, jording og returledning – Del 3: Gensidig påvirkning mellem banesystemer vekselstrøm og jævnstrøm", *Dansk Standard*
- [5] DS/EN 60228:2006 "Ledere af isolerende kabler", *Dansk Standard*
- [6] DS/EN 61140:2004 "Beskyttelse mod elektriske stød – Fælles aspekter for installation og udstyr", *Dansk Standard*
- [7] Stærkstrømsbekendtgørelsen – Afsnit 2, 2. udgave "Udførelse af elforsyningsanlæg", *Elektricitetsrådet*
- [8] Stærkstrømsbekendtgørelsen – Afsnit 6, 1. udgave "Elektriske installationer", *Elektricitetsrådet*



- [9] Stærkstrømsbekendtgørelsen – Afsnit 6B, 1. udgave ”Krav om supplerende beskyttelse med HPFI-afbryder i nye installationer”, *Sikkerhedsstyrelsen*
- [10] Stærkstrømsbekendtgørelsen – Afsnit 8, 1. udgave ”Krav om supplerende beskyttelse med HFI- eller HPFI-afbryder i eksisterende installationer”, *Sikkerhedsstyrelsen*
- [11] BN1-13-2 ”Ledningsanlæg på Banedanmarks arealer”, *Banedanmark*
- [12] BN1-59-5 ”Belastnings- og beregningsforudsætninger for sporbærende broer og jordkonstruktioner”, *Banedanmark*
- [13] Teknisk meddelelse nr. 04/01.02.2008 ”Nyt koordinatsystem i Banedanmark”, *Banedanmark*
- [14] SR, ”Sikkerhedsreglement af 1975” med gyldighed fra 28.04.2014, *Banedanmark*
- [15] 2011/274/EU ”Kommissionens afgørelse af 26. april 2011 om en teknisk specifikation for interoperabilitet gældende for delsystemet Energi i det transeuropæiske jernbanesystem for konventionelle tog” (CR ENE TSI), *Den Europæiske Unions Tidende*
- [16] 2008/284/EF ”Kommissionens beslutning af 6. marts 2008 om en teknisk specifikation for interoperabilitet for delsystemet »energi« i det transeuropæiske jernbanesystem for højhastighedstog” (HS ENE TSI), *Den Europæiske Unions Tidende*
- [17] Bekendtgørelse nr. 590 af 26/06/2003 ”Bekendtgørelse om klassifikation af eksplosionsfarlige områder”, *Forsvarsministeriet*
- [18] Bekendtgørelse nr. 478 af 10/06/2003 ”Bekendtgørelse om arbejde i forbindelse med eksplosiv atmosfære”, *Beskæftigelsesministeriet*
- [19] FN 0071.0197.0 udgave 01.00 ”Elkomponent, Returlederophæng, Komplet ved returledningsisolator, pfiisterer type KP 110/150”, *Banedanmark*
- [20] FN 8046.0500.1-.5 udgave 01.03 ”Elkomponenter, Banegnistgab SDS”, *Banedanmark*
- [21] KN 253.21 Q nr. 0566 revision a ”Skinnetilslutningsbøsning for 50 – 150 (240) mm<sup>2</sup> ledn. Type AR 60 D. Fabrikat Cembre”, *Banestyrelsen*
- [22] PR 0030.3001.0 udgave 01.00 ”Advarselsskilt, Bane- og perronplint for primære potentialudligning på Fjernbanen”, *Banedanmark*
- [23] PR 0030.3002.0 udgave 01.00 ”Advarselsskilt, Bane- og perronplint for primære potentialudligning på S-banen”, *Banedanmark*
- [24] SN 299 V nr. 0895 revision a (side 1-5 og 8-9), revision c (side 7) og revision d (side 6) ”Jordingsforhold for sikrings- og teleanlæg med tilhørende kabelanlæg på 25 kV 50 Hz elektrificeret bane.”, *DSB*





## 5. DEFINITIONER

---

Nr.	Begreb	Definition
5.01	AC-jernbane	Jernbane, der anvender vekselstrøm som drivkraft.  Fjernbanen er en AC-jernbane.
5.02	Aptering	Fælles betegnelse for fast udstyr, som hører til jernbanen. En bänk og en lysmast er eksempler på apteringer på en perron mens fx køreledningsmaster, signaler og hegn kan udgøre apteringer øvrige dele af banestrækningerne.
5.03	Banegnistgab	Betegnelse for en type VLD-F, der primært anvendes på S-banen, men også kan finde anvendelse på Fjernbanen.  Komponenten består af et messinghus (fabrikat Siemens) med en indsats (fabrikat DEHN). Der kan fås indsats med forskellige tændspændinger, se tegning FN 8046.0500.1-5 [20].
5.04	Baneplint	Baneplinten er ”hovedplinten” for potentialudligning i et BPU-område, hvorfra der føres en eller flere ubrudte potentialudligningsforbindelser ud i BPU-området. Baneplinten er samtidig den plint hvorfra forbindelsen til returstrømsvejen etableres (se afsnit 9.6). Ved kabelnummerering er baneplinten udgangspunktet for kabelnumrene. Der skal altid være præcis én baneplint på et BPU-område
5.05	Befærdet område	Område, hvor der normalt færdes publikum eller personale.  Befærdede områder omfatter: Perroner, gangbroer, stier, overkørsler, værksteder, klargøringscentre, depoter, køremandsbroer, godsterminaler, rangerområder og lignende områder.
5.06	Beskyttelsesleder (PE-leder)	Leder, der kræves ved visse beskyttelsesmetoder mod elektrisk stød, og som er beregnet til at forbinde visse af følgende dele indbyrdes: Udsatte dele, Fremmede ledende dele, Hovedjordklemme, Jordelektrode, jordforbundet punkt i strømkilden eller et kunstigt nulpunkt.  SB6 [8]: 214.5
5.07	BPU-område	Forkortelse for <b>B</b> eskyttelses og <b>p</b> otentialudlignings område. Et BPU-område er et geografisk afgrænset område langs jernbanen, hvor der er etableret et potentialudligningssystem, som er galvanisk adskilt fra omverdenen.



Nr.	Begreb	Definition
5.08	Brøndplint	Plint for potentialudligning, som er placeret i en kabelbrønd. En brøndplint kan forbindes til potentialudligningssystemet med en ubrudt potentialudligningsforbindelse eller via en afgrening fra en ubrudt potentialudligningsforbindelse.
5.09	DC-jernbane	Jernbane, der anvender jævnstrøm som drivkraft.  S-banen og Metroen i København er DC-jernbaner. Letbaner er typisk også DC-jernbaner.
5.10	Direkte berøring	Personers eller husdyrs berøring af spændingsførende dele.  SB6 [8]: 213.9
5.11	Dobbeltstrenget sporisolation	I en dobbeltstrenget sporisolation, fører begge skinnestrengene i samme spor både returstrøm og sporisationsstrøm.  Sporisationerne er adskilt af isolerede stød. Af hensyn til returstrømmens passage er det nødvendigt med sporimpedanser i hver ende af sporisationen.
5.12	Effektiv berøringsspænding	Spænding mellem ledende dele, der berøres samtidig af en person eller et husdyr.  Bemærk, at den effektive berøringsspænding er forskellig fra den prospektive berøringsspænding, der angiver spændingen mellem ledende dele, der <i>ikke</i> berøres samtidig af en person eller et husdyr.
5.13	Elektrificeret spor	Et spor hvorover der hænger køreledninger eller strømskinner, og som er tillyst for kørsel med eldrevne tog.
5.14	Endeforbinder	Endeforbinder ligger som en sløjfe mellem de to skinnestrengene og udgør en returstrømsforbindelse. Hvor en stødløs sporisation (FTGS) afsluttes med isolerede skinnestød, anvendes normalt en endeforbinder.
5.15	Enkeltstrenget sporisation	I en enkeltstrenget sporisation fører den ene skinnestreng både returstrøm (returskinnen) og sporisationsstrøm, medens den anden skinnestreng i samme spor kun fører sporisationsstrøm.  Sporisationerne er adskilt af isolerede stød.



Nr.	Begreb	Definition
5.16	Fast jordingssted	<p>Installation på S-banen, hvortil køreledningen kan jordes ved kørestrømsafbrydelser.</p> <p>Faste jordingssteder har direkte forbindelse til S-banens returstrømsvej.</p>
5.17	Forbindelsesplint	Plint for potentialudligning, som ikke kan betegnes som en baneplint (se 5.04), perronplint (se 5.47) eller brøndplint (se 5.08).
5.18	Fordelingsstation	<p>Forsyningspunkt til Fjernbanens kørestrømsanlæg. En fordelingsstation forsyner Fjernbanen med 25 kV AC på køreledningerne.</p> <p>Fordelingsstationer indeholder bl.a. udstyr for omtransformering af spændingen samt beskyttelsesrelæer, der kan udkoble forsyningen ved fejl.</p>
5.19	Fremmed ledende del	<p>Ledende del, der ikke indgår i den elektriske installation, og som kan indføre et vist potential, almindeligvis jordpotential.</p> <p>SB6 [8]: 213.8</p>
5.20	Fri strækning	Banestrækning, der ligger frit udenfor befærdede områder, som fx perroner, broer, depoter, værksteder og klargøringscentre.
5.21	Fritrumsprofil	Profilet på det frie rum, der altid skal være til stede omkring et jernbanespor for at sikre den frie passage af rullende materiel.
5.22	FTGS	<p>Stødløs sporisolation hvor begge skinner i samme spor fører returstrøm. Den ene skinne er defineret som returskinne. Returskinnen og den isolerede skinne er forbundet med S-forbindere og endeforbindere eller kortslutningsforbindere.</p> <p>FTGS er en forkortelse for Ferngespeister, Tonfrequenz-Gleisstromkreis von Siemens.</p>
5.23	Fødekabel	Højspændingskabel, der forsyner køreledningerne med strøm.
5.24	HB-forbindelse	En HB-forbindelse er et ubrudt og <i>uafgrenet</i> kabel mellem hovedjordskinnen i lavspændingsforsyningens forsyningspunkt og baneplinten.



Nr.	Begreb	Definition
5.25	Hovedjord-klemme eller -skinne	Klemme eller skinne til jordforbindelse af beskyttelsesledere, samt potentialudligningsforbindelser og eventuelt ledere til funktionsmæssig jordforbindelse.  SB6 [8]: 214.8
5.26	Hovedudligningsforbindelse	Leder, der forbinder hovedjordskinnen eller -klemmen til fremmede ledende dele, som metalliske rørledninger og armeringsjern. Ved fremmede ledende dele som udefra føres ind i en bygning skal tilslutningen til hovedudligningsforbindelsen ske så tæt på indføringspunktet som muligt.  SB6 [8]: 413.1.2.1
5.27	Højspænding	Nominal spænding, der overstiger 1000 V AC eller 1500 V DC.
5.28	Indirekte berøring	Personers eller husdyrs berøring af udsatte dele, der er blevet spændingsførende som følge af fejl.  SB6 [8]: 213.10
5.29	Isolerende skinnestød	Isolation mellem to skinnestykker. Isolationen kan være mellem to returskinner, to isolerede skinner eller mellem en returskinne og en isoleret skinne.
5.30	Isoleret skinne	Skinne, der ikke fører returstrøm, men udelukkende sporisolationsstrøm for togdetekteringssystemet. En isoleret skinne afgrænses i hver ende af isolerede skinnestød.  Af hensyn til sikringsanlægget skifter den isolerede skinne normalt mellem højre og venstre skinnestreg ved skinnestød.  I systemer med stødløse sporisolationer (FTGS) er den isolerede skinne den modsatte skinne af den definerede returskinne.
5.31	Jord	Jordens ledende masse, hvis elektriske potentiale i ethvert punkt sættes lig nul.  SB6 [8]: 214.1
5.32	Jordelektrode	Ledende del eller gruppe af ledende dele, som er i nær kontakt med jorden, og som giver elektrisk kontakt til denne.  SB6 [8]: 214.2



Nr.	Begreb	Definition
5.33	Jordleder	Beskyttelsesleder, der forbinder hovedjordklemmen eller -skinnen med jordelektroden.  SB6 [8]: 214.7
5.34	Jordløber	Potentialudligningsforbindelse, der løber parallelt med sporet. Jordløbere lægges typisk i kabelrender.
5.35	Klasse I materiel	Materiel, hvor beskyttelse mod elektrisk stød ikke alene afhænger af grundisolationen. Materiellet har desuden midler til forbindelse af de udsatte dele til beskyttelseslederen i den faste installation.  SB6 [8]: 213.27
5.36	Klasse II materiel	Materiel, hvor beskyttelse mod elektrisk stød ikke alene afhænger af grundisolationen, men hvor der er anvendt dobbelt isolation eller forstærket isolation. Materiellet har ikke midler til forbindelse til beskyttelseslederen.  SB6 [8]: 213.28
5.37	Kortslutningsforbinder	Direkte returstrømsforbindelse mellem et spors to skinnestreng, hvor begge skinnestreng er returskinner.  Kortslutningsforbindere anvendes bl.a. til at forbinde de to skinnestreng i spor, hvor der ikke anvendes sporisolationer samt ved afslutning af sporområder med stødløse sporisolationer (FTGS). Bemærk at stødløse sporisolationer også kan afsluttes med endeforbindere.  S-forbindere og endeforbindere betegnes ikke som kortslutningsforbindere, på trods af deres forbindelse mellem et spors to skinnestreng.
5.38	Køreledningszone	Den zone hvis grænser almindeligvis ikke overskrides af en knækket køreledning eller en køreledning, der har løsnet sig fra befæstelserne.  Se afsnit 9.1 for nærmere beskrivelse og mål på køreledningszonen.
5.39	Lavspænding	Nominal spænding på højst 1000 V AC eller 1500 V DC.
5.40	Ledende del	Fælles betegnelse for udsatte dele og fremmede ledende dele.



Nr.	Begreb	Definition
5.41	Lille nedleder (n)	<p>Forbindelse mellem returledningen og returskinnen på Fjernbanestrækninger uden sugetransformere.</p> <p>Se også nedleder (N).</p>
5.42	Nedleder (N)	<p>Forbindelse mellem returledningen og returskinnen på Fjernbanestrækninger med sugetransformere.</p> <p>Se også lille nedleder (n).</p>
5.43	Nulpunkt	<p>Punkt hvor returstrømsforbindelsen mellem returstrømsskab og returskinnen er etableret ved fordelingsstationer på Fjernbanen. Fra nulpunktet føres strømmen fra returskinnen og returledningen tilbage til fordelingsstationen.</p>
5.44	Omformerstation	<p>Forsyningspunkt til S-banens kørestrømsanlæg. En omformerstation forsyner S-banen med -1650 V DC på køreledningerne.</p> <p>Omformerstationer indeholder bl.a. udstyr for transformering og ensretning af spændingen samt beskyttelsesrelæer, der kan ud-koble forsyningen ved fejl.</p>
5.45	PE-leder	Se beskyttelsesleder.
5.46	PEN-leder	<p>Jordforbundet leder med kombineret beskyttelsesleder- og nullederfunktion.</p> <p>SB6 [8]: 214.6</p>
5.47	Perronplint	<p>Plint for potentialudligning, som anvendes, hvor der findes en perron inden for BPU-området. Der skal opsættes en perronplint ved begge ender af hver perron. Perronplinte må til nød placeres i kabelbrønde. I disse tilfælde betegnes plinten fortsat "perronplint". Perronplintene skal forbindes indbyrdes på langs og på tværs af sporene med ubrudte potentialudligningsforbindelser</p>
5.48	Perronudligningsleder	<p>En perronudligningsleder er en jordløber som føres på langs af en perron. En perronudligningsleder skal lægges i kabelrende (op ad perronen), i rør på perronforkant, i kabelbrønds anlæg på perronen eller i perrontag.</p>



Nr.	Begreb	Definition
5.49	Potentialudligningsforbindelse	<p>Elektrisk forbindelse, der bringer forskellige udsatte dele og fremmede ledende dele på omtrent samme potentiale.</p> <p>SB6 [8]: 214.9</p> <p>Tidligere betegnelser: Beskyttelsesjording, jording, strop.</p>
5.50	Primær potentialudligningsforbindelse	<p>Særlig vigtig potentialudligningsforbindelse til returstrømsvejen.</p> <p>Se afsnit 9.6.1 for krav og anvendelse.</p>
5.51	Returledning	<p>Kabel ophængt i køreledningsmaster på Fjernbanen til at lede returstrømmen tilbage til fordelingsstationen. Ved hjælp af sugetransformere og nedledere (N) ledes returstrømmen gennem returlederen. På banestrækninger hvor det ikke er muligt at anvende sugetransformere anvendes i stedet lille nedleder (n).</p> <p>En returledning er defineret som en del af køreledningsanlægget, og dermed ikke en del af returstrømsvejen. Se også 0.</p> <p>En returledning skal betragtes som spændingsførende.</p>
5.52	Returskinne	<p>Skinne, som fører returstrøm. Af hensyn til sikringsanlægget er det ikke altid samme skinnestreg, som er returskinne.</p>
5.53	Returstrøm	<p>Strøm fra elektrificerede tog som via returstrømsvejen føres tilbage til forsyningspunktet, dvs. omformerstationen eller fordelingsstationen.</p>
5.54	Returstrømsforbindelse	<p>Fælles betegnelse for kablet forbindelse i returstrømsvejen. Forbindelsen kan være mellem returskinner, returstrømsskabe og returledninger.</p> <p>Eksempler på returstrømsforbindelser er skinnerforbindere, tværforbinder, sporforbindere, S-forbindere, endeforbinder, tilledninger til sporimpedanser, kabler til returstrømsskabe, nedledere samt kabler til omformer- og fordelingsstationer.</p> <p>Tidligere betegnelser: Driftsjording, strop, returstrop.</p>
5.55	Returstrømsvej	<p>Den del af det elektriske kørestrømsanlæg, som fører strømmen fra toget tilbage til forsyningspunktet. Returstrømsvejen omfatter bl.a. returskinner og returstrømsforbindelser.</p>



Nr.	Begreb	Definition
5.56	Samtidig berøringstilgængelig	<p>Ledere eller ledende dele som kan berøres samtidig af en person eller et husdyr.</p> <p>SB6 [8]: 213.21</p> <p>To dele er samtidig berøringstilgængelige hvis deres indbyrdes afstand er <math>\leq 2,5</math> m.</p> <p>SB6 [8]: 412.4.1</p>
5.57	S-forbinder	S-formet returstrømsforbindelse mellem de to skinnestrengene i systemer med stødløse sporisolationer (FTGS).
5.58	Skilletransformer	<p>En transformer med enkelt adskillelse mellem primær- og sekundærviklinger, dvs. at primærviklingen er adskilt fra sekundærviklingen med mindst grundisolation.</p> <p>SB6 [8]: 217.8</p>
5.59	Skinneforbinder	Returstrømsforbindelse over et isolerende skinnestød i returskinnen (samme skinnestreng).
5.60	Skinnestreng	Begge skinner (højre og venstre) i et spor udgør hver en skinnestreng. En skinnestreng kan bestå af flere skinnestykker.
5.61	Skinnestykke	En afgrænset del af en skinnestreng, typisk afgrænset af isolerende skinnestød.
5.62	Sporforbinder	Returstrømsforbindelse mellem returskinnerne i to spor.
5.63	Sporimpedans	Anvendes ved isolerende skinnestød i begge ender af en sporisolation ved dobbeltstrengede sporisolationer. Sporimpedansen indsættes mellem returskinnen og den isolerede skinne. Sporimpedansens midtpunktsudtag viderefører returstrømmen til næste sporisolation.
5.64	Sporisolation	<p>Et eller flere elektrisk forbundne skinnestykker som anvendes til togdetektering. En sporisolation afgrænses af isolerende skinnestød eller S-forbinder ved stødløse sporisolationer (FTGS).</p> <p>Hvor der findes en sporisolation for den isolerede skinne, findes der en tilsvarende sporisolation for returskinnen. En sporisolation kan udgøres af forbundne skinnestykker i begge skinnestrengene (fx ved sporskifter).</p>





Nr.	Begreb	Definition
5.65	Stationsforbindelsesleder	Særligt vigtig potentialudligningsforbindelse, der forbinder plinte indbyrdes og/eller særlige komponenter som fx VLD-skabe.
5.66	Strukturjord	Konstruktion af metalliske dele eller konstruktion, der indeholder forbundne metalliske dele, der kan anvendes som jordelektrode.  Dette kan fx være betonkonstruktioner med metallisk armering, som bygningsfundamenter, broer, tunneler og mastefundamenter (til køreledningsmaster).
5.67	Strømaftagerzone	Den zone hvis grænser almindeligvis ikke overskrides af en strømaftager under spænding, der er defekt eller afsporet fra køreledningen.  Se afsnit 9.1 for nærmere beskrivelse og mål på strømaftagerzonen.
5.68	Stødløs sporisolation	Ved stødløse sporisolationer fører begge skinnestrengene i samme spor returstrøm og sporisolutionsstrøm.  For ikke at kortslutte sporisolationerne, er den ene skinnestreng defineret som returskinne. Sporisolationerne er adskilt ved hjælp af fx S-forbindere placeret mellem skinnestrengene.  FTGS er baseret på stødløs sporisolation.
5.69	Sugetransformer (SUFO)	Transformer i køreledningsanlægget på Fjernbanen, der "suger" returstrømmen op i returledningen via nedledere. En sugetransformer er indsat i serie med køreledningen og returledningen og har et omsætningsforhold på 1:1.  Sugetransformere er typisk monteret i toppen af køreledningsmasterne. Det er ikke muligt at anvende sugetransformere på Fjernbanestrækninger, der er nærført med S-banen, da vagabonderende DC strøm fra S-banen bringer transformerne i mætning.
5.70	Systemjording	Systemjording dækker over forskellige metoder til at jordforbinde en elektrisk installation for at beskytte mod indirekte berøring.  De forskellige metoder for systemjordinger er givet i SB6 [8] afsnit 312.2.
5.71	TEN	Det transeuropæiske netværk.



Nr.	Begreb	Definition
5.72	Transientbeskyttelse	Beskyttelse mod transiente (forbigående) overspændinger. Beskyttelsen udføres typisk vha. en VLD, der installeres mellem den installation, der ønskes beskyttet, og et jordingsanlæg.  Transientbeskyttelse kan fx udføres til at beskytte mod lyn og koblingstransienter.
5.73	Tværforbinder	Returstrømsforbindelse mellem to returskinner i samme spor hvor returskinnen skifter side til den modsatte skinnestreng.  Tidligere betegnelse: Spring
5.74	Udsat del	Ledende del på elektrisk materiel, som kan berøres og normalt ikke er spændingsførende, men som kan blive spændingsførende i tilfælde af fejl på grundisolationen.  SB6 [8]: 213.7.
5.75	Vagabonderende strøm	En strøm, som følger andre veje end de tilsigtede.



Nr.	Begreb	Definition
5.76	VLD	<p>Forkortelse for Voltage Limiting Device dvs. spændingsbegrænsende udstyr.</p> <p>En VLD beskytter mod utilladelige berøringsspændinger forårsaget af fejl eller drift.</p> <p>En VLD har en høj modstand (åben forbindelse) mellem sine to poler så længe potentialforskellen over VLD'en holdes under en given værdi. Overskrides denne værdi bliver VLD'en ledende (kortsletter, lav modstand). Derved kan der frit kan løbe strøm gennem VLD'en hvilket bevirker, at potentialforskellen over VLD'en reduceres til nærværd 0 V.</p> <p>En VLD'en kan enten forblive med at være ledende (permanent kortslutning) eller returnere til sit oprindelige stadie (reversibel kortslutning), efter potentialforskellen igen er faldet til under den givne værdi.</p>
		<p>VLD'er anvendes bl.a. følgende steder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ved potentialudligning til returstrømsvejen, hvor en direkte tilslutning til returstrømsvejen ikke er hensigtsmæssig (fx på S-banen).</li> <li>- Ved beskyttelse mod overspændinger i køreledningsanlægget.</li> </ul>
		<p>Se også VLD-O, VLD-F og transientbeskyttelse.</p>
		<p>Tidligere betegnelser/typer: Overspændingsafleder, katodeafleder, masteventil.</p>
5.77	VLD-F	<p>En VLD-F (Fault) er installeret mellem en ledende del og returstrømsvejen og beskytter mod utilladelige berøringsspændinger i tilfælde hvor der sker en isolationsfejl mellem køreledningsanlægget og den ledende del. Her bliver VLD-F'en ledende og forårsager udkobling af kørestrømsforsyningen.</p>
5.78	VLD-O	<p>En VLD-O (Operation) er installeret mellem returstrømsvejen og strukturjord og beskytter mod utilladelige berøringsspændinger ved forhøjet skinnepotentiale i driftssituationer og ved kortslutninger i kørestrømsanlægget. VLD-O'en fungerer som en potentialudligningsforbindelse og begrænser dermed berøringsspændingen.</p> <p>En VLD-O fungerer normalt også som en VLD-F.</p>



Nr.	Begreb	Definition
5.79	VLD-AC VLD-AD VLD-DC	Skab med VLD-O og fjernovervågning af denne.  Der anvendes følgende betegnelser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• VLD-AC Anvendes mellem potentialudligningssystemer og returstrømsvejen på AC-jernbaner.</li> <li>• VLD-DC Anvendes mellem potentialudligningssystemer og returstrømsvejen på DC-jernbaner.</li> <li>• VLD-AD Anvendes mellem returstrømsvejene på AC- og DC-jernbaner.</li> </ul>
5.80	VLD-skab	Fælles betegnelse for VLD-AC, VLD-AD og VLD-DC.

## 6. ANVENDELSESOMRÅDE

Dokumentet er gældende indenfor Banedanmarks infrastrukturforvaltningsområde og omfatter bygninger, konstruktioner og installationer på og nær både elektrificerede og ikke elektrificerede jernbaner. Dokumentet er hovedsageligt baseret på DS/EN 50122. Hvor overskriften i et afsnit indledes med ”BDK” er der anført yderligere krav, som Banedanmark kræver overholdt.

Bestemmelserne i dette dokument finder anvendelse på alle nyanlæg samt ved opgradering og fornyelse af bestående jernbanestrækninger. Dokumentet er gældende for alle faste installationer, som i form af deres placering, funktion eller opbygning har forbindelse til jernbanen eller kan blive udsat for fare fra en elektrisk jernbanes energiforsyning. Dokumentet kan derfor også omfatte anden mands bygninger og installationer. En jernbanestrækning skal som udgangspunkt betragtes som elektrificeret. Dog kan der i nogle tilfælde dispenseres herfor.

Hvor et arbejde finder sted på TEN og udgør et nyanlæg, en opgradering eller en fornyelse, som defineret i Interoperabilitetsdirektivet, skal relevante TSI-krav følges.



## Note 6-1

Trafikstyrelsen foreskriver ovenstående passus om TSI-krav indskrevet i Banedanmarks tekniske regler.

Endvidere fremgår regler for ændringer i infrastrukturen af Banedanmarks ledelsessystem, hvortil der henvises.

Ved at følge dette dokument overholdes de dele af kravene givet i

- a) bilaget til CR ENE TSI [15] afsnit 4.7.2, 4.7.3 og 4.7.4 og
  - b) bilaget til HS ENE TSI [16] afsnit 4.7.1, 4.7.2 og 4.7.3,
- som er omfattet af dette dokumentets anvendelsesområde.

## 6.1 Grænseflade mod fordelingsstationer og omformerstationer

Grænsefladen mellem dette dokument og fordelingsstationer og omformerstationer ligger i kabelskabene ved sporet, hvori kablerne fra fordelingsstationerne og omformerstationerne er afsluttet. Disse kabelskabe samt alle returstrømsforbindelser og potentialudligningsforbindelser fra disse kabelskabe til sporet og videre langs sporene, er omfattet af dette dokument. Kabler fra kabelskabene til fordelingsstationer og omformerstationer er dækket af andre standarder og normer, herunder SB2 [7].

## 7. TIDLIGERE BEGREBER

Udgåede og ændrede begreber i forhold til tidligere ophævede banenormer og tekniske meddelelser (se afsnit 2) er oplistet herunder.

Nr.	Gammelt begreb	Nyt begreb
9.01	AC/AC skab	VLD-AC. Overordnet begreb er VLD-skab.
9.02	AC/DC skal el. kasse	VLD-AD. Overordnet begreb er VLD-skab.
9.03	Beskyttelsesjording	Potentialudligningsforbindelse.



Nr.	Gammelt begreb	Nyt begreb
9.04	Beskyttelsesjordingsstrop	Potentialudligningsforbindelse.
9.05	DC/DC skab	VLD-DC. Overordnet begreb er VLD-skab.
9.06	Driftsjording	Returstrømsforbindelse.
9.07	Driftsjordingsstrop	Returstrømsforbindelse.
9.08	Jordstrop	Returstrømsforbindelse eller potentialudligningsforbindelse alt efter funktion.
9.09	Katodefaldsafløder	Transientbeskyttelse af køreledningsanlægget  (Gammel betegnelse for en VLD, der er installeret på S-banen mellem kørestrømsanlægget og returstrømsvejen.)
9.10	Masteventil	Gammel type VLD blev anvendt på S-banen. Komponenter må ikke anvendes længere.  Er også kendt under navnet Ribe masteventil.
9.11	Nulpunktsskab	Returstrømskab
9.12	Overspændingsafleder	Transientbeskyttelse  (Gammel betegnelse for en VLD, der beskytter mod overspændinger fx i køreledninganlægget.)
9.13	Overstropning	Skinneforbinder.
9.14	Primær jording	Primær potentialudligningsforbindelse.
9.15	Returstrop	Returstrømsforbindelse.
9.16	Returstrømskredsløb	Returstrømsvej
9.17	Ribe masteventil	Se punkt 9.10, masteventil.
9.18	Sekundær jording	Sekundær potentialudligningsforbindelse.
9.19	Spring	Tværforbinder.
9.20	Strop	Returstrømsforbindelse eller potentialudligningsforbindelse alt efter funktion.



Nr.	Gammelt begreb	Nyt begreb
9.21	Tværskinneforbinder	Kortslutningsforbinder
9.22	Ventilafleder	Transientbeskyttelse af køreledningsanlægget  (Gammel betegnelse for en VLD, der er installeret på Fjernbanen mellem kørestrømsanlægget og returstrømsvejen)



## 8. RETURSTRØM

---

Kørestrømsanlæggets komponenter, herunder hvilke komponenter der leder returstrøm på Fjernbanen og S-banen, er beskrevet i 0.

### 8.1 Fælles bestemmelser

#### 8.1.1 Returstrømsforbindelser

Returstrømsforbindelser skal dimensioneres til at kunne modstå den termiske belastning fra driftsstrømme (returstrømme) og kortslutningsstrømme.

Returstrømsforbindelser, som tilsluttes i sporet, skal af mekaniske grunde have et ledertværsnit på min. 50 mm<sup>2</sup>.

#### 8.1.2 Forbindelser ved fordelingsstationer og omformerstationer

Samleskinner i returstrømsskabe med forbindelse til en fordelingsstation eller omformerstation skal forbindes til returstrømsvejen via en returstrømsforbindelse, der består af to eller flere parallelle kabler. Antallet af parallelle kabler skal bestemmes ud fra den maksimale belastningsstrøm, mens der tages højde for at ét kabel kan blive afbrudt.

#### 8.1.3 Brydere i returstrømsvejen

Returstrømsvejen må ikke indeholde:

- Sikringer.
- Brydere, der ikke kan låses.
- Lasker, der kan åbnes uden brug af værktøj.

Hvor der installeres brydere (koblere) i returstrømsvejen, skal der på tilsvarende sted (elektrisk set) installeres en bryder i køreledningsanlægget. Bryderne skal være gensidigt låst (interlocked) således, at bryderen i returstrømsvejen kun kan åbnes, når forsyningen til køreledningsanlægget er afbrudt.

#### 8.1.4 Kontinuitet i returstrømsvejen

Returstrømsvejen skal være sammenhængende i sporets længderetning. Dvs. at der skal anvendes tværforbindere eller skinneforbindere ved isolerende skinnestød.

Ved sikringsanlæg, hvor der af tekniske årsager ikke kan anvendes tværforbindere eller skinneforbindere, skal returstrømmen føres videre via sporimpedanser.





Hvor sporet kan brydes, fx ved drejeskiver, bevægelige broer og lifte, skal der lægges kablede returstrømsforbindelser, der sikrer, at returstrømsvejen forbliver ubrudt ved betjening.

Returstrømmen skal fordeles mellem de elektrificerede spor ved at anvende sporforbinderne med passende intervaller. Tilslutning af sporforbinderne skal ske under hensyntagen til sikringsanlæggets opbygning.

I spor uden sporisolationer skal begge skinnestrengene forbindes via kortslutningsforbinderne.

#### 8.1.5 Design af returstrømsvejen på DC-jernbaner

Returstrømsvejen på DC-jernbaner og andre steder, hvor vagabonderende DC-strøm kan forekomme, skal udføres isoleret fra jord.

#### 8.1.6 BDK – Montering af returstrømsforbindelser

Alle tilslutninger af returstrømsforbindelser til returskinnen skal være boltede. Montagen skal udføres med kabelsko samt konnekter fabrikat "Cembre" type "AR 60D" iht. tegning KN 253.21 Q nr. 0566 [21].

Forbindelser til sporimpedanser og samleskinner i kabelskabe skal ske med kabelsko, bolte og skiver. Der må kun monteres et kabel i hver montagehul på såvel samleskinner som til returskinner. På sporimpedanser tillades flere kabler dog monteret under samme bolt, hvis der ikke er nok montagehuller.

Overgange fra kabel til kabelsko skal forsegles med sort, vandtæt og vejrbestandig krympemuffe med lim. Kabelsko skal være egnet for det anvendte ledermateriale og ledertværsnit.

#### 8.1.7 BDK – Føring af returstrømsforbindelser

Returstrømsforbindelser skal etableres iht. BN1-13-2 [11] med følgende præciseringer ved sporkrydsninger:

Note 8.1.7-1

BN1-13-2 [11] stiller bl.a. krav til min. afstande til spor, nedgravningsdybder, nedpløjning og nedgravning af kabler og styrede borer.



- Returstrømsforbindelser som tilsluttes i sporet skal ved skinne- og sporkrydsninger føres synligt oven på ballastlaget. Dette omfatter bl.a. sporforbindere, returstrømsforbindelser mellem spor og kabelskabe og tilledninger til sporimpedanser.
- Sporkrydsninger for returstrømsforbindelser mellem sporimpedansers midterben skal lægges ud for tilslutningspunktet således at kablerne let demonteres og fjernes midlertidigt fx ved ballastkomprimering. Kablerne skal i sporkrydsningen føres synligt oven på ballasten i sporet. Alternativt skal returstrømsforbindelserne føres i føringsrør min. 1,6 m under laveste skinneoverkant iht. BN1-13-2 [11] afsnit 11.2.1.
- Returstrømsforbindelser internt i sporet (fx tværforbindere) skal fastgøres oven på svellerne. Returstrømsforbindelser, der løber på langs i sporet (fx S-forbindere) skal fastgøres til skinnefoden. Der må ikke lægges kabler i mellemrummene mellem svellerne.
- Returstrømsforbindelser der ikke tilsluttes i sporet (fx mellem returstrømskabe eller til forstærkelse af returstrømsvejen), skal ved sporkrydsninger føres i føringsrør min. 1,6 m under laveste skinneoverkant iht. BN1-13-2 [11] afsnit 11.2.1.
- Returstrømsforbindelser skal ved skinneunderføringer føres i beskyttelsesrør af plast. Langsgående returstrømsforbindelser, der fastgøres til skinnefoden (fx S-forbindere) skal ligeledes føres i beskyttelsesrør af plast.

Derudover skal indføring af en returstrømsforbindelse i en kabelrende ske gennem kabelrendens bund.

## 8.2 BDK – Banedanmarks krav til returstrømsvejen på Fjernbanen

Dette afsnit beskriver Banedanmarks krav til returstrømsvejen på Fjernbanen. Kravene i dette afsnit er en tilføjelse til de generelle krav givet i afsnit 8.1.

### 8.2.1 BDK – Opbygning af returstrømsvejen

Banedanmarks krav til opbygning af returstrømsvejen på Fjernbanestrækninger er beskrevet i 0.

### 8.2.2 BDK – Krav til returstrømsforbindelser

Kabler til returstrømsforbindelser skal udover kravene i afsnit 8.1.1 som minimum overholde kravene i 0.



Lederdimensioner og ledematerialer er afhængige af funktion og konstruktionen af kørestrømsanlægget og fremgår af systemdokumentationen for det pågældende anlæg. Krav til kabeldimensioner og -typer for eksisterende anlæg er beskrevet i Bilag 5.2.

#### 8.2.3 BDK – Krav til nulpunkter

Der skal opstilles et returstrømsskab for hver spor, hvortil der findes fødekabler (25 kV) fra en fordelingsstation. Returstrømsskabet skal placeres nær fødekablerne for det pågældende spor.

Fra returstrømsskabets samleskinne skal *fire* parallelle returstrømsforbindelser føres til returskinnen, hvor de skal tilsluttes med ca. 1 m mellemrum. Dette kaldes et "nulpunkt". Der skal placeres skilte på begge sider af returstrømskablerne i en afstand af 2,0 m fra yderste returstrømsforbindelse. Skiltene skal udføres jf. Bilag 10.1.

Returstrømsskabe skal være aflåst med driftslederens nøglesystem til Fjernbanen.

#### 8.2.4 BDK – Returledninger i BPU-områder

Hvor en returledning passerer gennem et BPU-område, skal den ophænges ved hjælp af isolatorer iht. tegning FN 0071.0197.0 [19]. Metoden kun med "handske" og "returlederbeskytter" er ikke tilstrækkelig.

#### 8.2.5 BDK – Nedledere i BPU-områder og nær DC-jernbaner

Hvor en nedleder (N eller n) ligger inden for et BPU-område eller nær en DC-jernbane, skal nedlederen udføres isoleret.

Nedlederen skal udføres med et isoleret kabel (se 0 for krav til ledertværsnit og materiale). Kablet skal føres i PEL-rør, der fastgøres til køreledningskonstruktionen eller på væg (fx i tunneler). Røret skal fastgøres på en måde, så der ikke findes en lukket metallisk forbindelse rundt om røret. Dette kan opnås ved at anvende rørholdere af plast (fx som kabelholdere til en-leder (højspændings)kabler).

Nedlederkablet skal afsluttes på en isoleret plint på eller ved siden af køreledningskonstruktionens fod eller på væg ca. 50 cm over terræn. Fra plinten skal der føres *en* eller *fire* returstrømsforbindelser til returskinnen for hhv. en lille nedleder (n) og en nedleder (N) jf. Bilag 3.3. Returstrømsforbindelserne skal monteres på returskinnen med ca. 1 m mellemrum.



Køreledningskonstruktionen må dermed ikke udgøre en del af strømvejen for nedlederforbindelsen, når denne udføres isoleret.

På Storebæltsforbindelsen skal der ikke ændres på de installerede nedledere.

#### 8.2.6 BDK – Særlige kørestrømsinstallationer på Fjernbanen

På fjernbanen skal følgende særlige kørestrømsinstallationer tilsluttes returstrømsvejen med *fire* parallelle returstrømsforbindelser, som tilsluttes returskinnen med ca. 1 m mellemrum:

- Transientbeskyttelse af køreledningsanlægget (fx den tidligere benævnte ventilafleder).
- Midtpunkt (jordet del) af neutralsektion/systemadskillelse.
- (Lednings)kobler med jordslutterkontakt.

Hvor køreledningskonstruktionen udgør en del af strømvejen skal der på mastefoden installeres en plint, hvorfra de fire parallelle returstrømsforbindelser føres.

Hvis køreledningsmasten, som installationerne er monteret på, befinder sig inden for et BPU-område, skal installationen udføres isoleret fra masten som for nedledere i BPU-områder, se afsnit 8.2.5.

### 8.3 BDK – Banedanmarks krav til returstrømsvejen på S-banen

Dette afsnit beskriver Banedanmarks krav til returstrømsvejen på S-banen. Kravene i dette afsnit er en tilføjelse til de generelle krav givet i afsnit 8.1.

#### 8.3.1 BDK – Opbygning af returstrømsvejen

Banedanmarks krav til opbygning af returstrømsvejen på S-banestrækninger er beskrevet i 0.

#### 8.3.2 BDK – Krav til returstrømsforbindelser

Kabler til returstrømsforbindelser skal udover kravene i afsnit 8.1.1 som minimum overholde kravene i 0.

Lederdimensioner og ledermaterialer er afhængige af funktion og konstruktionen af kørestrømsanlægget og fremgår af systemdokumentationen for det pågældende anlæg. Krav til kabeldimensioner og -typer for eksisterende anlæg er beskrevet i Bilag 5.2.



### 8.3.3 BDK – Krav til returstrømsforbindelser ved omformerstationer og returstrømsskabe

Ved opgradering og nyanlæg skal der opstilles et returstrømsskab for hver spor, hvortil der findes fødekabler (-1650 V) fra omformerstationen. Returstrømsskabet skal placeres nær fødekablerne for det pågældende spor.

På banestrækninger med dobbeltstrengede sporisolationer kan returstrømsskabe sammenbygges med sporimpedanser. På banestrækninger med enkeltstrengede sporisolationer eller på banestrækninger med stødløse sporisolationer tilsluttes returstrømsforbindelsen fra returstrømsskabet direkte til returskinnen hhv. den definerede returskinne.

#### Note 8.3.3-1

Ved stødløse sporisolationer er der særlige krav til tilslutning af returstrømsforbindelser ved omformerstationer. Disse er beskrevet i 0.

Returstrømsskabe skal være aflåst med driftslederens nøglesystem til S-banen.

### 8.3.4 BDK – Særlige kørestrømsinstallationer på S-banen herunder transientbeskyttelse af køreledningsanlægget

På S-banen skal følgende særlige kørestrømsinstallationer tilsluttes returstrømsvejen med separate kabler:

- Transientbeskyttelse af køreledningsanlægget (fx den tidligere benævnte katodefalds-afløder (2 kV) og gnistgab til lynbeskyttelse)
- Fast jordingssted

Transientbeskyttelse af køreledningsanlægget og faste jordingssteder skal forbindes direkte til returstrømsvejen med én selvstændig returstrømsforbindelse. Af hensyn til vagabonderende strøm må denne forbindelse ikke anvendes til tilslutning af potentialudligningsforbindelser.

Transientbeskyttelse af køreledningsanlægget og faste jordingssteder tillades ført i én og samme returstrømsforbindelse via afgrening ved det faste jordingssted.

Faste jordingssteder skal udføres isoleret fra konstruktionen de monteres på. Konstruktioner, der bærer komponenter for transientbeskyttelse af køreledningsanlægget og faste jordingssteder, skal potentialudlignes på almindelig vis.



## 8.4 Nærførte jernbaner

For parallelle og krydsende jernbaner se også afsnit 9.7.

### 8.4.1 Adskillelse af returstrømsvejene for AC- og DC-jernbaner

Returstrømsvejen for AC-jernbaner og DC-jernbaner må ikke forbindes direkte. Dvs. at der ikke må etableres returstrømsforbindelser, kablede eller via skinner, mellem Fjernbanen og S-banen og øvrige DC-jernbaner (fx kommende letbaner).

### 8.4.2 BDK – Ikke elektrificerede spor

Ikke elektrificerede spor skal, så vidt det er muligt, udelades fra returstrømsvejen af elektrificerede spor. Dette er gældende for både Fjernbanen og S-banen.

Ikke elektrificerede spor, der ligger inden for køreledningszonen af et elektrificeret spor, skal potentialudlignes til det elektrificerede spor, hvis det ikke indgår i returstrømsvejen for det elektrificerede spor. Potentialudligningen skal ske via et VLD-skab.

### 8.4.3 BDK – Krav til adskillelse af returstrømsvejene for AC- og DC-jernbaner

Ved transversaler mellem AC-jernbaner og DC-jernbaner skal der etableres et isolerende skinnestød i begge skinnestrengene. De isolerende skinnestød i de to skinnestrengene skal ligge overfor hinanden og placeres i et punkt, hvor der ikke opstilles tog.

Hvis de to jernbaner er placeret, så der ikke er krav om et VLD-skab mellem returstrømsvejene jf. afsnit 9.7.1, skal der etableres en VLD-AD over de isolerede skinnestød.

### 8.4.4 BDK – Krav til adskillelse mellem returstrømsvejen for DC-jernbaner og ikke elektrificerede spor

Ved overgang fra en DC-jernbane til ikke elektrificeret spor skal der etableres et isolerende skinnestød i begge skinnestrengene. De isolerende skinnestød i de to skinnestrengene skal ligge overfor hinanden og placeres i et punkt, hvor der ikke opstilles tog.

Der skal installeres en VLD-DC over de isolerede skinnestød. Dette VLD-skab kan også opfylde kravet om potentialudligning af ikke elektrificerede skinner i afsnit 9.3.5.



#### 8.4.5 BDK – Krav til adskillelse mellem returstrømsvejen for AC-jernbaner og ikke elektrificerede spor

Ved overgang fra en AC-jernbane til ikke elektrificeret spor skal der etableres et isolerende skinnestød i begge skinnestrengene. De isolerende skinnestød i de to skinnestrengene skal ligge overfor hinanden og placeres i et punkt, hvor der ikke opstilles tog.

Der er ikke krav om installation af VLD-skab over skinnestødene.

### 8.5 Værksteder o.l. hvor der kan forekomme vagabonderende DC-strøm

#### 8.5.1 Krav til værksteder o.l. hvor der kan forekomme vagabonderende DC-strøm

Da sporene i et værksted er samlet i et afgrænset område, kan der ikke opstå store spændingsforskelle i sporene inden for dette område. Derfor tillades al potentialudligning på både AC- og DC-jernbaner af sikkerhedshensyn udført direkte til skinnerne uden brug af VLD (i modsætning til afsnit 9.6). Dette forudsætter dog, at følgende betingelser er opfyldt:

- Sporene på værkstedet skal isoleres fra de øvrige spor med isolerende skinnestød.
- Kørestrømsanlægget på værkstedet skal forsynes af en separat fordelingsstation eller omformerstation.
- Berøringsspændingerne over de isolerende skinnestød må ikke overstige værdierne givet i 0.

Afviselser fra det ovenstående tillades, såfremt en undersøgelse af den vagabonderende strøm påviser, at der ikke kan optræde nogen negativ effekt.

#### 8.5.2 BDK – Øvrige krav til værksteder o.l. hvor der kan forekomme vagabonderende DC strøm

Hvis det findes hensigtsmæssigt, kan eventuelle tilhørende depotspor medtages i det separate kørestrømsanlæg til værkstedet. Hovedspor og gennemkørselsspor må ikke indgå i det separate kørestrømsanlæg.

De isolerende skinnestød, der adskiller returstrømsvejen til det separate kørestrømsanlæg må kun kortsluttes kortvarigt af passerende tog.

Der skal installeres et VLD-skab (se afsnit 9.6.2.1) over de isolerende skinnestød indtil det isolerede spor/sporområde. Skinnestødernes tilstand skal overvåges af VLD-skabet.



## 8.6 Eksplodingsfarlige områder

Returstrømsvejen i områder, der i henhold til bekendtgørelse nr. 590 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder [17] er klassificeret som eksplosionsfarlige, skal overholde reglerne i DS/EN 50122-1:2011 [1] afsnit 8 samt bekendtgørelse nr. 478 om arbejde i forbindelse med eksplosiv atmosfære [18].





## 9. POTENTIALUDLIGNING

Apteringer langs elektrificerede jernbaner skal potentialudlignes for at beskytte mod indirekte berøring i forhold til kørestrømsanlægget samt farlige spændinger, der kan give anledning til personfare (elektrisk stød og brand) og materielle skader (korrosion, overbelastning og brand). Potentialudligningen skal dimensioneres til at holde berøringsspændinger indenfor grænseværdierne i DS/EN 50122 (se 0).

### Note 9-1

Beskyttelse mod indirekte berøring skal udføres både i forhold til kørestrømsanlægget og den normale lavspændingsforsyning (stærkstrømsanlæg). Beskyttelse mod indirekte berøring i forhold til lavspændingsforsyningen er beskrevet i afsnit 10.

### Note 9-2

Bemærk at der ved BPU-områder (se afsnit 9.4) også stilles krav ved ikke elektrificerede jernbaner.

Potentialudligningsforbindelser inden for køreledningszonen og/eller strømaftagerzonen (se afsnit 9.1) skal dimensioneres til at kunne lede en kortslutningsstrøm, der er stor nok til at sikre udkobling af kørestrømsanlæggets forsyning ved isolationsfejl på køreledningsanlægget, fx ved en nedfalden køreledning eller ved overslag på en isolator.

Potentialudligningssystemet skal derudover opbygges på en måde, der hindrer, at vagabonderende strøm løber i potentialudligningsforbindelserne og øvrige installationer.

Potentialudligningsforbindelser må ikke lede strøm under normale forhold.

0 giver en række eksempler på hvordan potentialudligningssystemet kan sammenbygges med lavspændingsforsyningen.

### 9.1 Kørelednings- og strømaftagerzonen

Køreledningszonen er defineret, som den zone hvis grænser almindeligvis ikke overskrides af en knækket køreledning eller en køreledning, der har løsnet sig fra befæstelserne.



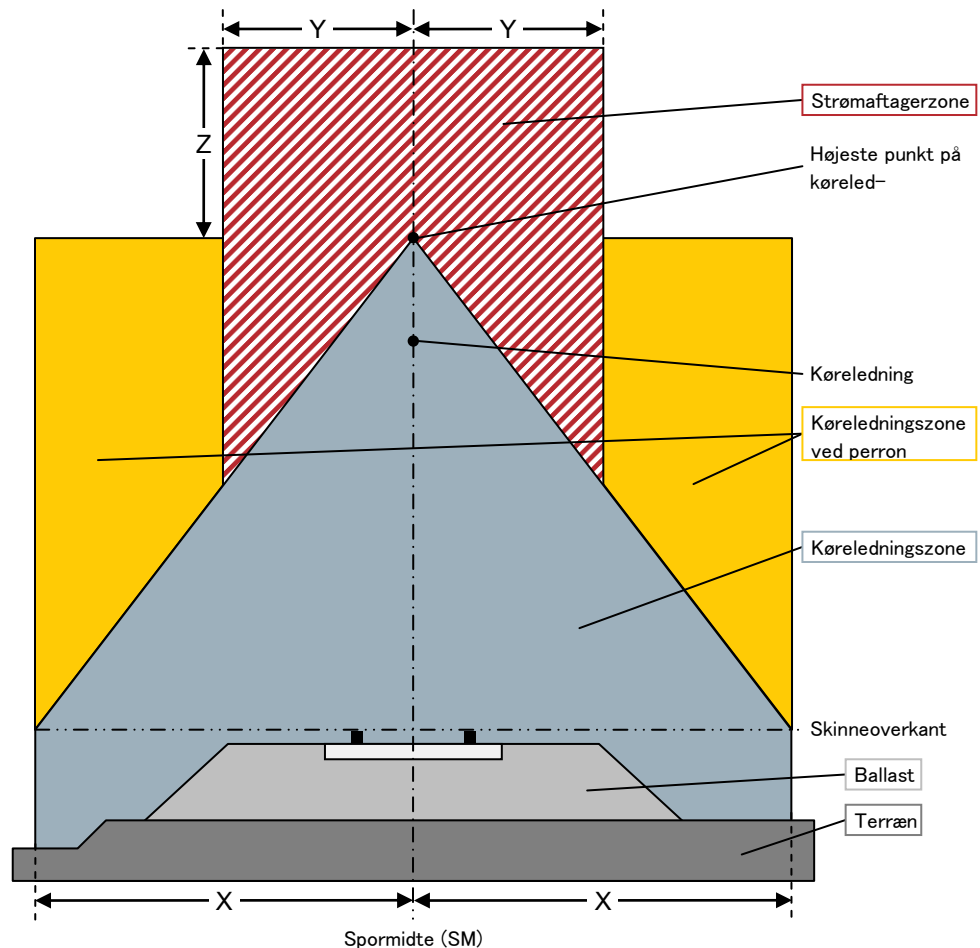
Strømaftagerzonen er defineret, som den zone hvis grænser almindeligvis ikke overskrides af en strømaftager under spænding, der er defekt eller afsporet fra køreledningen.

Note 9.1-1

En strømaftager uden kontakt til køreledningen kan være under spænding som følge af flere forbundne strømaftagere på samme tog eller ved brug af regenerativ bremsning.

Figur 9.1-1 viser køreledningszonen og strømaftagerzonen. Parametrene X, Y og Z er i Danmark fastsat til følgende værdier:

- X = 5,0 m
- Y = 2,5 m
- Z = 2,5 m



Figur 9.1-1. Profil af køreledningszonen og strømaftagerzonen.

Fra skinneoverkant forlænges køreledningszonen lodret ned til terræn/jordoverfladen. På broer kræves køreledningszonen dog ikke forlænget længere ned end til overfladen på brodækket.

Ved perroner, læsseramper, flugtveje o.l. beregnet for ind- og/eller udstigning af tog skal den udvidede køreledningszone, *køreledningszone ved perron*, anvendes. Dvs. at fx køremandsbroer, værksteder og flugtveje/nødfortov i tunneler også er omfattet af den udvidede køreledningszone.



## 9.2 Generelle krav til potentialudligning

### 9.2.1 Krav om potentialudligning

Der skal udføres beskyttelse mod indirekte berøring i forhold til kørestrømsanlægget. Denne beskyttelse skal opnås ved at potentialudligne til returstrømsvejen. Beskyttelsen skal omfatte ledende dele (udsatte dele og fremmede ledende dele) i køreledningsanlægget samt ledende dele inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen.

#### Note 9.2-1

Ved potentialudligning til returstrømsvejen anvendes denne til at lede strømmen i en fejlsituation og forårsager automatisk udkobling af forsyningen.

#### Note 9.2-2

Sammenboltede konstruktioner, som fx køreledningsrammemaster, skal betragtes som én sammenhængende del.

#### Note 9.2-3

Eksempler på udsatte dele er:

- Komponenter i køreledningsanlægget som fx køreledningsmaster, køreledningsophæng og isolatorer for forstærkningsledninger.
- Ledende kapsling eller beklædning på elektriske komponenter som fx lysarmaturer, højtalere, reklameskilte m. lys, billetautomater, stempelmaskiner og signalmaster.

#### Note 9.2-4

Eksempler på fremmede ledende dele er:

- Broer (Se også afsnit 9.3.1)
- Metalbeklædning, fx på bygninger og perrontage
- Skærmtage og additionstage
- Metalliske tagrender, fx på perroner
- Metalliske rørledninger
- Hegn, rækværk, gelændere og støjskærme
- Teknikrum/-hytter (Se også afsnit 9.3.4)
- Skinner i ikke elektrificerede spor (Se også afsnit 9.3.4)
- Skinner, som ikke indgår i returstrømsvejen, fx isolerede skinner (Se også afsnit 9.3.4)

Ved apteringer placeret i køreledningszonen for to separate jernbaner (fx en aptering placeret mellem Fjernbanen og S-banen) skal der potentialudlignes til returstrømsvejen for begge jernbaner. (S-bane og Fjernbane returstrømsvejene skal være adskilt med en VLD. Det samme gælder for andre baner som for eksempel S-bane og Metro i København.)



Afsnit 9.3 beskriver yderligere krav til potentialudligning for særlige områder eller apteringer. Kravene er en tilføjelse til de generelle krav givet i dette afsnit.

#### 9.2.2 BDK – Samtidig berøringstilgængelige dele

Ledende dele, som er samtidig berøringstilgængelig med en anden potentialudlignet del, skal potentialudlignes. Bemærk, at dette bevirker, at der kan være krav om potentialudligning af ledende dele uden for køreledningszonen og strømaftagerzonen.

##### Note 9.2.2-1

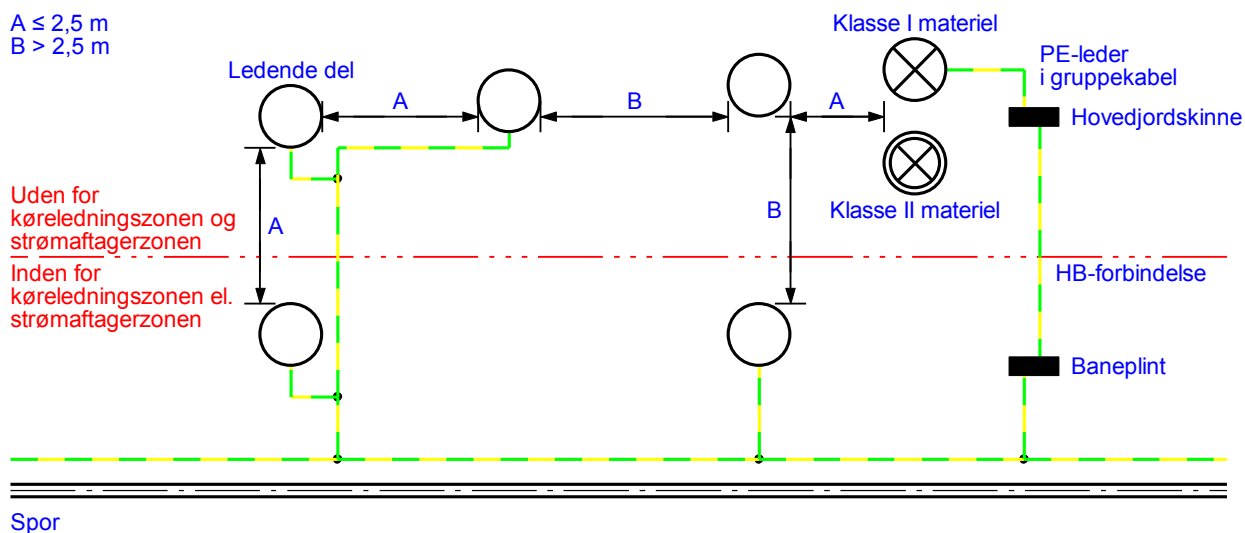
To dele anses for at være samtidig berøringstilgængelige, hvis deres indbyrdes afstand ikke overstiger 2,5 m jf. definition nr. 5.56.

##### Note 9.2.2-2

En "potentialudlignet del" er i denne sammenhæng en ledende del, der er potentialudlignet som følge af dens placering i køreledningszonen eller strømaftagerzonen eller grundet en placering, der gør den samtidig berøringstilgængelig med en ledende del, der er potentialudlignet.

*Undtagelse:* Elektrisk udstyr af klasse I eller klasse II placeret uden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen kræves ikke potentialudlignet, selvom udstyret er samtidigt berøringstilgængeligt med en anden potentialudlignet del. Klasse I udstyret skal dog via PE-leder(e) og HB-forbindelse have forbindelse til baneplinten, som den samtidigt berøringstilgængelige potentialudlignede del er forbundet til.

Princippet for potentialudligning af ledende dele er illustreret på figur 9.2.2-1.



Figur 9.2.2-1. Princip for potentialudligning baseret på placeringen inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen, den indbyrdes afstand og om udstyret er klasse I eller II.

Udførelsen af potentialudligningsforbindelser er beskrevet i afsnit 9.5, og forbindelsen til returstrømsvejen er beskrevet i afsnit 9.6.

### 9.2.3 Metallisk armeret beton

Metallisk armerede betonkonstruktioner skal betragtes som delvist ledende. Dette forudsætter dog, at den metalliske armering ikke er berøringstilgængelig. Selve den metalliske armering skal betragtes som en ledende del, hvis den er berøringstilgængelig.

Dette medfører at metallisk armering i et betonelement skal potentialudlignes til returstrømsvejen, hvis en del af betonelementet befinder sig inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen.

### 9.2.4 Undtagelser for små ledende dele

Det er ikke nødvendigt at potentialudlignes små ledende dele, der opfylder de tre nedenstående betingelser:

- En person, der nærmer sig delen fra en vilkårlig retning, kan se om en nedfalden køreledning berører delen.
- Delen understøtter eller indeholder ikke elektrisk udstyr eller indeholder kun elektrisk udstyr af klasse II der opfylder kravene i afsnit 9.2.5.



- Delen har en vandret udbredelse, der ikke overstiger dimensionerne givet i Tabel 9.2.4-1.

Type ledende del	Lavspændings kørestrømsanlæg		Højspændings kørestrømsanlæg	
	Parallelt med spor	Vinkelret på spor	Parallelt med spor	Vinkelret på spor
<b>Ledende del</b>	15	2	3	2
<b>Delvist ledende del</b>	15	2	15	2

Tabel 9.2.4-1. Maksimale vandrette dimensioner for små ledende dele. Dimensionerne er givet i meter. Metallisk armeret beton skal betragtes som delvist ledende jf. afsnit 9.2.3. Bemærk at både Fjernbanen og S-banen har højspændings kørestrømsanlæg.

Undtagelsen gælder ikke ved (galvanisk) sammenspænding af flere små ledende dele, hvor deres samlede størrelse overstiger dimensionerne givet i Tabel 9.2.4-1. Dette er fx gældende for delelementerne i et stålmåttehegn eller for betonelementer med sammenbundet armering.

#### Note 9.2.4-1

Eksempler på små ledende dele er:

- Brøddæksler og riste
- Mindre skilte og tavler evt. på standere
- Enkeltstående master uden elektrisk udstyr
- Affaldsspande
- Hegn, afskærmninger og metalliske konstruktioner der ikke overstiger længderne angivet ovenfor.

#### Note 9.2.4-2

Bilag 9 indeholder en liste over almindelige apteringer langs jernbanen med angivelse af om apteringen skal potentialudlignes.

## 9.2.5 Krav til materiel af klasse II

### 9.2.5.1 *Generelle krav til klasse II materiel*

Klasse II materiel, der er konstrueret iht. DS/EN 61140 [6] og som placeres i køreledningszonen eller strømaftagerzonen, skal kunne modstå forbigående overspændinger svarende



til køreledningens nominelle spænding. Hvis dette krav ikke kan opfyldes, skal materiellet betragtes som værende klasse I og potentialudlignes efter reglerne givet i afsnit 9.2.

Note 9.2.5-1

Almindeligt klasse II materiel, der anvendes i køreledningszonen på Fjernbanen, kan ikke modstå overspændinger svarende til køreledningens nominelle spænding. Dette materiel skal derfor betragtes som klasse I.

*9.2.5.2 BDK – Skærpede krav til materiel af klasse II*

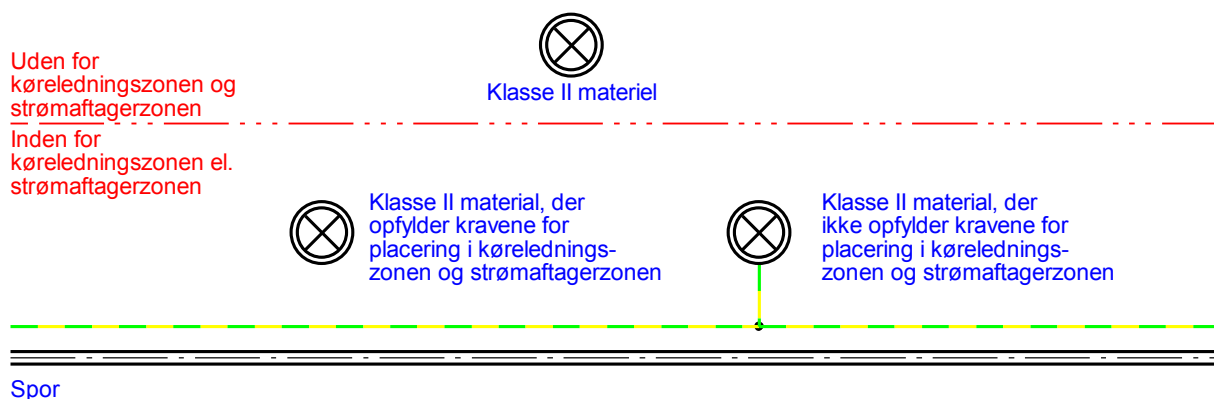
Ved placering af klasse II materiel i køreledningszonen eller strømaftagerzonen anses kravet i afsnit 9.2.5 først som opfyldt, hvis materiellet kan modstå en spænding på 30 kV AC på Fjernbanen og 2 kV DC på S-banen. Ved denne placering skal materiellet ud over spændingspåvirkningen også kunne modstå en mekanisk påvirkning svarende til en nedfalden køreledning.

Lysarmaturer inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen på perroner skal altid potentialudlignes med undtagelse af klasse II lysarmaturer på S-banen, som er forsænket i loftet (frontglas i plan med loft) i tagkonstruktionen på en perron. Master til lysarmaturer skal altid potentialudlignes, hvis en del af masten eller lysarmaturet ligger inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen.

Klasse II materiel placeret inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen, der ikke opfylder kravene givet i dette afsnit, skal potentialudlignes hvis muligt eller alternativt indkapsles i et ledende materiale, som potentialudlignes jf. afsnit 9.2.6.

Princippet for potentialudligning af klasse II materiel er illustreret på figur 9.2.5.2-1.





Figur 9.2.5.2-1. Princip for potentialudligning af klasse II materiel.

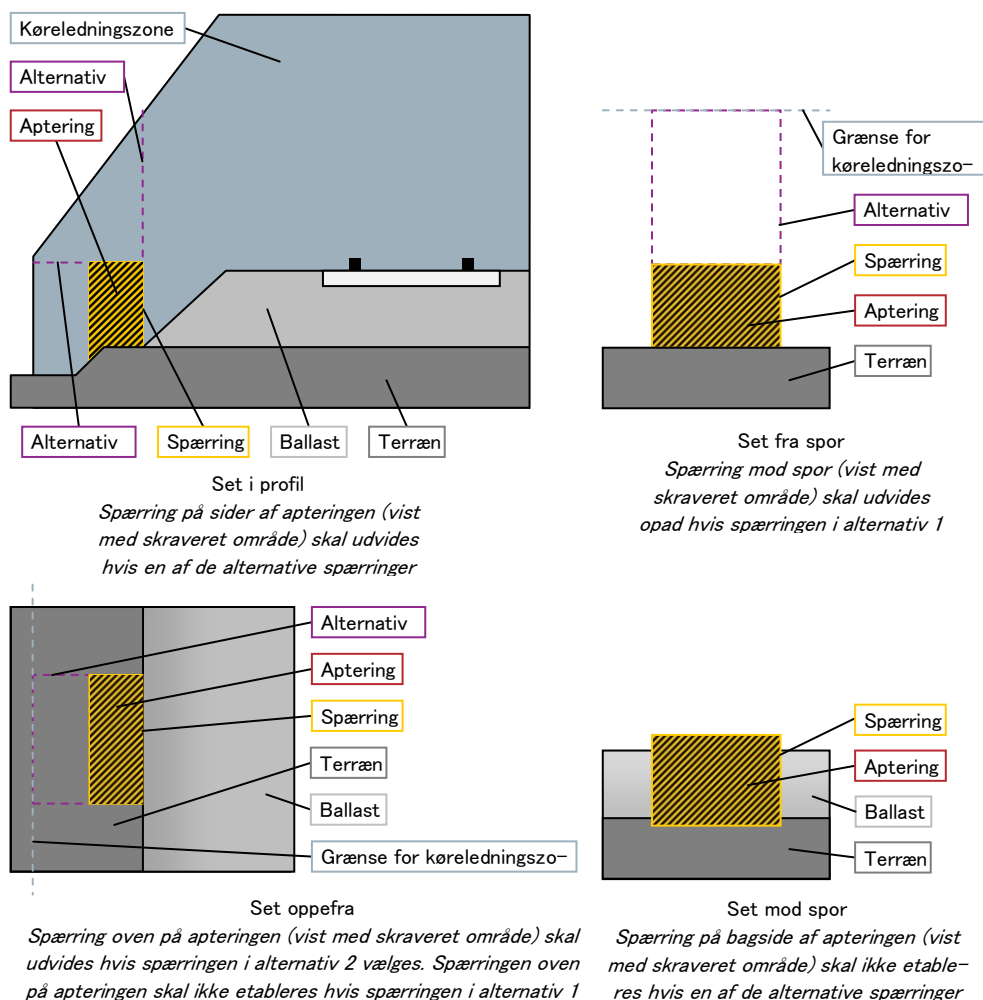
#### 9.2.6 BDK – Undtagelser for ledende dele beskyttet af spærring

Potentialudligning af ledende dele inden for køreledningszonen eller strømftagerzonen kan udelades, hvis delene er beskyttet af en spærring. Spærringen skal dække hele området som er omfattet af køreledningszonen og/eller strømftagerzonen. Dvs. at delen enten skal omslutes på alle sider, eller at der skal etableres en spærring, der går til kanten af køreledningszonen og/eller strømftagerzonen. Dette er også gældende ved perroner o.l. hvor den firkantede køreledningszone anvendes.

##### Note 9.2.6-1

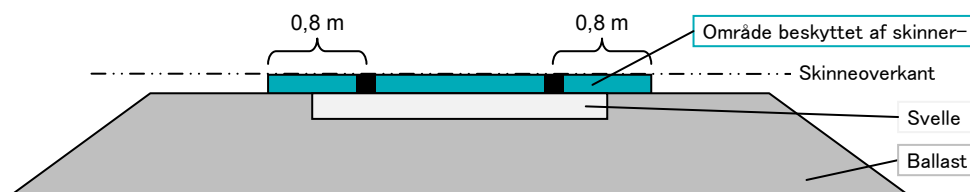
Denne metode kan anvendes til at beskytte dele, der enten ikke ønskes potentialudlignet eller ikke opfylder kravene til Klasse II jf. 9.2.5.

Spærringen skal udføres med et isolerende materiale svarende til klasse II (se krav i afsnit 9.2.5). Alternativt skal spærringen udføres med et ledende materiale, som potentialudlignes. Hvis den potentialudlignede spærring og den beskyttede del er samtidig berøringstilgængelige, skal den beskyttede del ligeledes potentialudlignes. Spærringen skal kunne modstå den mekaniske påvirkning svarende til en nedfalden køreledning.



Figur 9.2.6-1. Princip for beskyttelse af apteringer med spærring. På det viste eksempel er apteringen skærmet på alle sider. Alternativ 1 er hvor spærringen går fra terræn op til grænsen på køreledningszonen. På siderne af apteringen er spærringen ligeledes ført ud til kanten på køreledningszonen. Alternativ 2 er hvor spærringen går fra terræn op til toppen af apteringen og herfra ført vandret ud til kanten på køreledningszonen. På siderne af apteringen er spærringen ligeledes ført ud til kanten på køreledningszonen

Apteringer i sporet, som befinder sig inden for en afstand af maks. 0,8 m fra nærmeste skinne og under dennes overkant, anses som beskyttet af skinnen og kræves ikke potentialudlignet. Dette gælder dog ikke for lukket formation (område hvor skinneoverkant er i niveau med den omkringliggende belægning, fx ved overkørsler).



Figur 9.2.6-2. Beskyttelse af apteringer placeret nær skinnerne.

#### Note 9.2.6-1

ATC-baliser, akseltællere og kabeldåser for sikringsanlæg/sporisolationer kan typisk placeres i det område, der betragtes som beskyttet af skinnerne.

### 9.3 Potentialudligning af særlige områder eller apteringer

Dette afsnit beskriver yderligere krav til potentialudligning for særlige områder eller apteringer. Kravene er tilføjelser til de generelle krav givet i afsnit 9.2.

#### 9.3.1 BDK – Værksteder

I værksteder og lignende steder stilles der skærpede krav til de maksimalt tilladelige berøringsspændinger jf. 0.

For at overholde kravene til de maksimale berøringsspændinger og forhindre ubehag forårsaget af spændingsforskelle ved arbejde, skal al potentialudligning på værksteder og lignende steder ske direkte til returstrømsvejen (typisk begge skinnestrengene på værksteder) uden brug af VLD. Dette gælder for både AC- og DC-jernbaner. Der tillades flere direkte potentialudligningsforbindelser til returstrømsvejen inden for samme BPU-område uden brug af VLD.

Potentialudligningen skal udføres på en måde, så den returstrøm, der vil løbe i potentialudligningsforbindelserne begrænses til et minimum. Dvs. at parallelforbindinger i returstrømsvejen via potentialudligningsforbindelser skal undgås. Brug af flere kortslutningsforbindere og sporforbindere på værkstedet kan være med til at afhjælpe dette fænomen.

Hvor der kan forekomme DC strøm i skinnerne, skal kørestrømsanlægget, for at begrænse udbredelsen af vagabonderende strøm, opbygges med en separat forsyning jf. afsnit 8.5.



### 9.3.2 BDK – Betonkonstruktioner med metallisk armering

For krav vedrørende potentialudligning af armering i beton henvises til BN1-59 [12].

Betonkonstruktioner med metallisk armering kan være omfattet af reglerne for BPU-områder som angivet i afsnit 9.4.2.

#### 9.3.2.1 BDK – Potentialstyring af bygninger i køreledningszonen eller strømaftagerzonen

Ved nye bygninger (fx stationsbygninger, indkøbscentre og parkeringshuse), hvor en del af bygningen/konstruktionen ligger inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen, skal metallisk hovedarmering i beton potentialudlignes iht. SB6 [8] afsnit 413.1.2.1, idet lempelsen for Danmark ikke betragtes som gældende. Såfremt der ikke findes en hovedjordskinne, skal hovedarmeringen potentialudlignes til baneplinten.

Dette er ikke gældende for broer og tunneler. For krav vedr. broer og tunneler se afsnit 9.3.3

### 9.3.3 BDK – Broer og tunneler

For krav til potentialudligning af broer og tunneler henvises til BN1-59 [12] (metalliske broer skal potentialudlignes som stålbroer).

Broer og tunneler, der enten krydser eller fører spor, er omfattet af reglerne for BPU-områder som angivet i afsnit 9.4.2.

### 9.3.4 BDK – Potentialudligning af teknikrum/-hytter

Hvis der er krav om potentialudligning af teknikrummet/-hytten jf. afsnit 9.2, skal der etableres en baneplint med følgende forbindelser:

- Primær potentialudligningsforbindelse til returstrømsvejen, se afsnit 9.6.
- Potentialudligningsforbindelser til udvendig metallisk kapsling på hytten.
- Potentialudligningsforbindelser til øvrige apteringer, som hører til teknikrummet/-hytten, fx batterikasser, skilletransformere, antennemaster og køleanlæg, hvis disse ligger inden for et område, som kræver potentialudligning.
- HB-forbindelse til hovedjordskinnen i lavspændingsforsyningen til rummet/hytten.

#### Note 9.3.4-1

Hvis der er et potentialudligningssystem nær teknikhytten, kan potentialudligningsforbindelserne til teknikhytten tilsluttes dette system.



Hvis teknikrummet/-hytten er placeret, så der ikke er krav om potentialudligning, skal den jordes som beskrevet i SN 299 V nr. 0895 [24].

Potentialudligningsforbindelserne skal tilsluttes på en måde, der ikke påvirker sikringsanlæggets funktion og virkemåde. Det vil bl.a. sige at potentialudligningsforbindelser ikke må have kablet forbindelse til kredse for jordfejlmeldere, der anvender returskinnen som jordreference, iht. tegning SN 299 V nr. 0895 [24].

Se afsnit 10.11.1 for princip for hvordan jording og potentialudligning kan sammenbygges i teknikhytter.

#### 9.3.5 BDK – Potentialudligning af skinner, der ikke leder returstrøm

Ved større ombygninger (fx elektrificering af en strækning) og nyanlæg skal skinnestykker i elektrificerede spor, der pga. af sikringsanlægget eller af andre årsager ikke indgår i returstrømsvejen, potentialudlignes til returskinnen i samme spor via en VLD-F. I praksis vil dette kun være relevant for banestrækninger, hvor sikringsanlægget er bygget op omkring enkeltstrengede sporisolationer. Her skal hver enkelt isoleret skinnestykke potentialudlignes til returskinnen med en separat VLD-F. Der skal ikke installeres overvågning af VLD'en.

Skindestykker i ikke elektrificerede spor der ligger inden for køreledningszonen af et elektrificeret spor, men som ikke indgår i returstrømsvejen, skal behandles som angivet ovenfor. Skindestykker i ikke elektrificerede spor der ligger uden for køreledningszonen af et elektrificeret spor, skal ikke potentialudlignes.

Til ovenstående arbejder skal der anvendes VLD-F'er iht. tegning FN 8046.0500.1 [20] på både S-banen og Fjernbanen. Indsatsen i gnistgabet skal være type "SDS 1" med en tændspænding på 600 V DC / 940 V AC.

#### 9.3.6 BDK – Metalliske kabelkapper, kabelskærme og kabelarmeringer

Kabelskærme, kabelarmering og metalliske kabelkapper må kun have forbindelse til returstrømsvejen i ét punkt. Kabler skal være forsynet med en isolerende ydre kappe, så metalliske kabelkapper, kabelskærme og kabelarmeringer ikke har forbindelse til jord. Den metalliske kabelkappe, kabelskærm eller kabelarmering skal afsluttes isoleret i den modsatte ende af forbindelsen til returstrømsvejen.



## Note 9.3.6-1

Det ovenstående krav skal sikre at metalliske kabelkapper, kabelskærme og kabelarmering ikke skaber en parallelvej til returstrømsvejen. Dette er især aktuelt for signalkabler langs sporene.

Den foretrukne metode er, at den metalliske kabelkappe, kabelskærm eller kabelarmering afsluttes isoleret eller til en VLD til komponenten (signalmast, ATC-skab m.v.) ved/i sporet. I teknikhytten sammenbindes og jordes alle kabelskærme o.l. Kabelskærme o.l. kan evt. jordes via returstrømsvejen på fjernbanen på steder, hvor der ikke forekommer vagabonderende DC-strøm.

Ved særligt lange kabler kan det være nødvendigt at jorde kabelskærme o.l. til jordspyd i flere punkter for at holde inducerede spændinger på et niveau der ikke er farligt, skadeligt og/eller funktionsforstyrrende.

#### 9.3.7 Eksplodingsfarlige Områder

Potentialudligning i områder, der i henhold til bekendtgørelse nr. 590 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder [17] er klassificeret som eksplosionsfarlige, skal overholde reglerne i DS/EN 50122-1:2011 [1] afsnit 8 samt bekendtgørelse nr. 478 om arbejde i forbindelse med eksplosiv atmosfære [18].

### 9.4 BPU-områder

## Note 9.4-1

Formålet med et BPU-område er, at skabe et afgrænset geografisk område, hvor potentialudligning, elforsyning og andre ledende dele danner en "elektrisk ø" uden galvanisk forbindelse til omverdenen. På den måde kan vagabonderende strømme begrænses.

#### 9.4.1 BDK – Krav til administration af BPU-områder

Afsnit 9.4.2 giver betingelserne for hvor, der skal fastlægges BPU-områder. I de tilfælde hvor der er krav om et BPU-område, men dette endnu ikke er fastlagt, skal det fastlægges efter retningslinjerne i afsnit 9.4.3, der også stiller krav til eksisterende BPU-områder.

Fastlagte BPU-områder ligger indlæst i GIS og skal respekteres ved nye projekter. Hvis grænserne i et eksisterende BPU-område ikke kan overholdes i et projekt, skal BPU-området rettes til, se afsnit 11.3.



#### 9.4.2 BDK – Steder med krav om BPU-område

Nedenstående liste angiver, hvor der er krav om BPU-område:

- Befærdede områder (se definition 5.05).
- Sporkrydsende eller sporbærende broer, tunneler og bygninger hvoraf en del af konstruktionen ligger inden for en eksisterende eller kommende køreledningszone eller strømaftagerzone, herunder rør- og ledningsbroer.
- Områder med togforvarme (1500 V) på elektrificerede banestrækninger.

Der er ikke krav om BPU-områder på de dele af banestrækningerne, der ligger uden for de ovennævnte områder. Hvor det findes hensigtsmæssigt, kan der dog etableres BPU-områder uden for de ovennævnte områder.

På banestrækninger, der ikke er elektrificeret, kan det tekniske systemansvar dispensere fra krav om BPU-område.

##### Note 9.4.2-1

Der vil typisk kunne dispenseres fra krav om BPU-område på banestrækninger, hvor elektrificering af banestrækningen er usandsynlig eller ligger langt ude i fremtiden.

BPU-områder på banestrækninger, der ikke er elektrificeret, skal forberedes for en elektrificering. Dvs. at der skal indtænkes en fremtidig køreledningszone og strømaftagerzone i disse BPU-områder, og at reglerne for elektrificerede banestrækninger (givet i dette dokument) skal følges. I den sammenhæng skal muligheden for fx at placere apteringer uden for den fremtidige køreledningszone og strømaftagerzone (for at mindske omkostninger til potentialudligning) overvejes.

#### 9.4.3 BDK – Krav til og fastlæggelse af BPU-områder

De følgende underafsnit beskriver krav til BPU-områder samt krav til hvor hvordan BPU-områder fastlægges. Bemærk at kravene til BPU-områder gælder for både elektrificerede og ikke elektrificerede jernbaner.

0 indeholder en kontrolliste, der kan anvendes ved fastlæggelse af BPU-områder.

##### 9.4.3.1 BDK – Geografisk område

Et BPU-område skal inkludere alle relevante bygninger og installationer, hvis funktion forudsætter nærhed til jernbanen. Alle perroner på samme adresse (fx Østerport station)



skal omfattes af ét BPU-område. Dette inkluderer adgangsveje og bygninger, der krydser spor og hører til samme bygningskompleks, fx gangbroer og stationsbygninger.

Note 9.4.3.1-1

Stationsbygninger, der ligger ved siden af spor vil ofte skulle inkluderes i et BPU-område, da stationsbygningens elektriske installationer typisk er fælles med perronnernes.

Broer og tunneler skal normalt omfattes af ét BPU-område. Ved særligt lange konstruktioner kan der dog opdeles i flere BPU-områder, såfremt konstruktionen og de øvrige installationer muliggør dette. Hvis der oprettes flere BPU-områder for en bro eller tunnel, skal denne opdeling begrundes og godkendes af det tekniske systemansvar. Se endvidere afsnit 9.3.3 for særregler vedr. broer og tunneler.

BPU-områder skal forsøges afgrænset så tæt omkring sporene, som det er teknisk og praktisk muligt, og om muligt ikke overskride grænserne for Banedanmarks og DSB's matrikler.

#### 9.4.3.2 BDK – Potentialudligning

Potentialudligning af apteringer skal ske i henhold til afsnit 9.2 og 9.3.

Inden for BPU-området, skal der findes ét sammenhængende potentialudligningssystem, der omfatter alle ledende dele (herunder apteringer) med krav om potentialudligning jf. afsnit 9.5. På befærdede områder skal der tillige være en redundant forbindelse i den overordnede struktur i potentialudligningssystemet.

Note 9.4.3.2-1

Kravet om den redundante forbindelse betyder, at der fx på et holdested med én perron skal være min. to ubrudte potentialudligningsforbindelser (se afsnit 9.5.4) på langs af perronen. Den ene skal være en perronudligningsleder, og den anden kan være endnu en perronudligningsleder eller en jordløber.

Ved holdsteder med flere perroner opnås den redundante forbindelse automatisk, idet alle perroner skal have perronudligningsledere, som forbindes indbyrdes i begge ender.

Tilslutningen af potentialudligningssystemet til returstrømsvejene for Fjernbanen og S-banen skal overholde kravene i afsnit 9.6.





På ikke elektrificerede banestrækninger, er der ikke krav om at trække kabler til potentialudligning før elektrificeringen sker. BPU-området skal dog forberedes for potentialudligning, fx ved at anlægge føringsveje til apteringer som skal potentialudlignes, ved at anvende apteringer med montagehuller til kabelsko og ved at forberede metallisk armerede betonkonstruktioner for potentialudligning.

#### 9.4.3.3 BDK – Ledende dele med stor udstrækning

Potentialudlignede ledende dele må ikke krydse grænsen til BPU-området. Typiske ledende dele, der kan krydse denne grænse, er hegn, rækværk, støjskærme, metalliske rørledninger (fx fjernvarmerør), armeringsjern i betonkonstruktioner og wirer (fx til ophæng af gadebelysning).

Ledende dele, der krydser grænsen til BPU-området, skal identificeres og opdeles, så den metalliske forbindelse bliver brudt. Hvis det ikke er muligt at opdele den ledende del, skal BPU-områdets grænse lægges, således at den ledende del enten er helt inkluderet eller helt ekskluderet fra BPU-området.

Hvor en ledende del opdeles, må de to adskilte dele ikke være samtidig berøringstilgængelige (se definition 5.56). Dette kan udføres ved hjælp af isolering eller ved at lave to opdelinger med 2,5 – 3,0 m mellemrum, så den mellemliggende del kan betragtes som en mindre ledende del (se afsnit 9.2.4). 0 viser hvordan opdelingen af hegn, rør og wirer kan udføres.

Grænsen til et BPU-område kan lægges i dilatationsfuger mellem to betonelementer såfremt følgende kriterier er opfyldt:

- Den metalliske armering skal være brudt mellem de to betonelementer.
- Den metalliske armering i de to betonelementer ikke må være samtidig berøringstilgængelig – hverken direkte eller via apteringer, der har forbindelse til armeringen, fx gennem betonankre.

Note 9.4.3.3-1

Bemærk, at det er muligt at opdele fx en tunnel i flere BPU-områder ved brug af ovenstående metode.



#### 9.4.3.4 BDK – Lavspændingsforsyning

Elforsyningen skal opbygges så jordforbundne ledere ikke krydser BPU-områdets grænse. Dette kan fx være PE og PEN ledere i lavspændingsforsyningen, kabelskærme i 10 kV nettet og øvrige skærmede eller armerede kabler til forskellige formål.

Krav vedrørende opbygning af elforsyningen er beskrevet i afsnit 10.

#### 9.4.3.5 BDK – Dokumentation

BPU-områder skal dokumenteres jf. afsnit 11.3.

### 9.5 Opbygning af potentialudligningssystemet

#### 9.5.1 Potentialudligningsforbindelser

Potentialudligningsforbindelser skal dimensioneres til at kunne modstå den termiske belastning fra de strømme, der kan komme til at løbe i kablerne.

Potentialudligningsforbindelser, som tilsluttes i sporet, skal af mekaniske grunde have et ledertværsnit på min. 50 mm<sup>2</sup>.

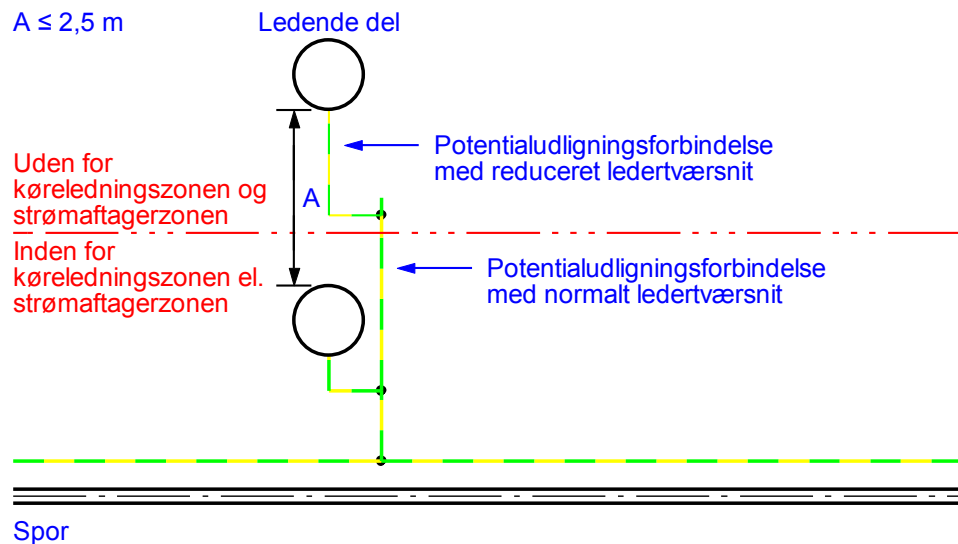
##### 9.5.1.1 BDK – Skærpede krav til potentialudligningsforbindelser

Kabler til potentialudligningsforbindelser skal som minimum overholde kravene i 0.

Eksisterende potentialudligningsforbindelser < 50 mm<sup>2</sup> mellem spor og første knudepunkt skal udskiftes med nye kabler jf. 0.

##### 9.5.1.2 BDK – Potentialudligningsforbindelser uden for køreledningszonen

Uden for køreledningszonen og strømaftagerzonen må potentialudligningsforbindelser udføres med reduceret ledertværsnit på både S-banen og Fjernbanen, se 0. Denne mindre kabeldimension må dog kun anvendes for den del af kablet, som befinder sig uden for køreledningszonen og strømaftagerzonen, se figur 9.5.1.2-1 for en illustration.



Figur 9.5.1.2-1. Princip for potentialudligning med reduceret ledertværsnit uden for køreledningszonen og strømaftagerzonen.

### 9.5.1.3 BDK – Metalliske konstruktioner

Sammenboltede metalliske konstruktioner kan anvendes som en potentialudligningsforbindelse, hvis følgende betingelser er opfyldt:

- Konstruktionen skal have en ledningsevne, der mindst svarer til det kabel, den skal erstatte.
- Konstruktionens samlinger skal være svejste eller solidt sammenboltede og elektrisk ledende. Der må ikke anvendes elektrisk isolerende samlinger i konstruktionen.
- Konstruktionen skal være af en karakter, der gør, at den eller en del af den ikke umiddelbart kan fjernes eller opdeles.
- Hegn, rækværk, trapper, køreledningsmaster (rammer) og spærringer (additionstage) tillades ikke anvendt som en del af en potentialudligningsforbindelse.

#### Note 9.5.1.3-1

En køreledningsmast (uanset udformning) skal betragtes som én sammenboltet konstruktion, der kun kræves potentialudlignet i ét punkt. På trods af dette tillades køreledningsmaster ikke anvendt som en del af en potentialudligningsforbindelse.



Hvor en konstruktion opfylder de ovenstående krav, kan apteringer potentialudlignings til konstruktionen. Konstruktionen skal indgå i et BPU-område og skal potentialudlignes til returstrømsvejen jf. afsnit 9.6.

Note 9.5.1.3-2

En sporbærende stålbro er et eksempel på en metallisk konstruktion, der kan anvendes som en del af en potentialudligningsforbindelse.

#### 9.5.2 BDK – Montering af potentialudligningsforbindelser

Potentialudligningsforbindelser skal afsluttes i kabelsko med hul for M10 bolt ved apteringer og plinte. Ved tilslutning af apteringer til potentialudligningsforbindelser skal anvendes M10 bolte og skiver. Hvor der ikke i forvejen er hul/gevind for M10 bolt ved foden af apteringen, skal dette etableres. Der skal sikres en god elektrisk forbindelse mellem kabelskoen og apteringen. Dvs. at fx rust og maling skal slibes væk fra kontaktfladen. Bortsløbet rustbeskyttelse og maling skal efterfølgende genetableres.

Potentialudligningsforbindelser skal udføres på en sådan måde, at fjernelsen af en enkelt aptering ikke kan give anledning til utilsigtet afbrydelse af potentialudligningsforbindelsen til en anden aptering. Dvs. at der kun må tilsluttes ét kabel i hvert montagehul på apteringer og plinte. I praksis betyder dette, at potentialudligningsforbindelser ikke må sløjfes videre fra en aptering til den næste, men at der i stedet skal anvendes afgreninger.

Afgreninger fra potentialudligningsforbindelser skal udføres med presafgreningsklemmer (kendt som C- og H-klemmer).

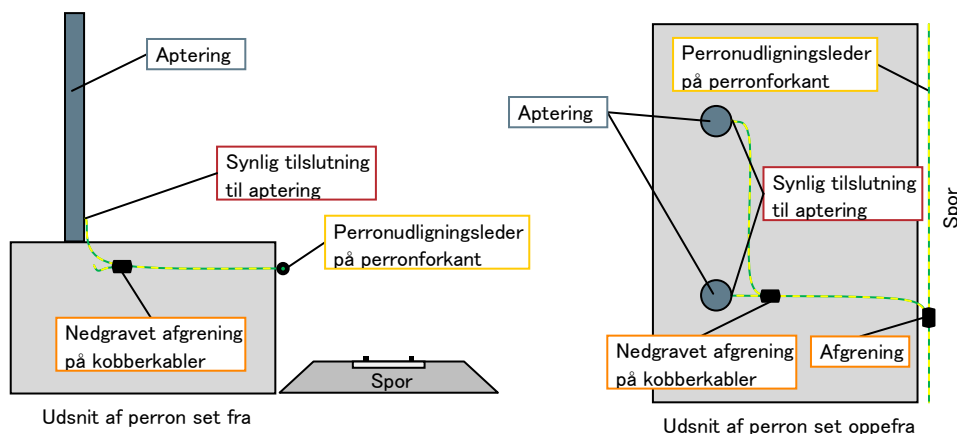
Kabelafslutninger og kabelmuffer (fx ved kabelsko, afgreninger og overgangsstykker til andet ledertværsnit) skal forsegles med vandtæt og vejrbestandig krympemuffe med lim (evt. lynlås typen) og med grøn/gul markering. Kabelsko, presafgreningsklemmer og overgangsstykker skal være egnet for det anvendte ledermateriale og ledertværsnit. Ved overgang fra kobber (Cu) til aluminium (Al) eller omvendt skal der anvendes CupAl-forbindelser.

Samtlige tilslutninger (kabelsko) til apteringer skal placeres synligt. Dvs. ikke nedgravet eller på anden måde skjult fx ved tilslutning inden i apteringen/bag kapsling.

Afgreninger tillades placeret skjult hvor nødvendigt (fx i en kabelrende eller kabelbrønd). Afgreninger fra ubrudte potentialudligningsforbindelser skal placeres tilgængeligt (fx i



kabelbrønde og kabelrender med aftageligt låg). Afgreninger, hvor alle kabler til afgreningen er af kobber, tillades nedgravet fx under perronbelægningen. Samlinger på aluminiumskabler tillades ikke nedgravet.



Figur 9.5.2. Mulig placering af afgreninger på kobberkabler, der tillades nedgravet i perroner.

Potentialudligningsforbindelser, der tilsluttes returstrømsvejen, skal forbindes til midterbenet på en sporimpedans ved dobbeltstrengede sporisolationer og til returskinnen hhv. den definerede returskinne ved enkeltstrengede og stødløse sporisolationer (FTGS). Alternativt kan potentialudligningsforbindelsen tilsluttes samleskinnen i et returstrømsskab.

Alle forbindelser til returskinnen skal være boltede. Montagen skal udføres med kabelsko samt konnekter fabrikat "Cembre" type "AR 60D" på både Fjernbanen og S-banen iht. tegning KN 253.21 Q nr. 0566 [21].

### 9.5.3 BDK – Plinte

En plint anvendes til at samle flere potentialudligningsforbindelser i et knudepunkt. Der findes fire "niveauer" af plinte:

- Baneplint, se definition 5.04.
- Perronplint, se definition 5.47.
- Brøndplint, se definition 5.08.
- Forbindelsesplint, se definition 5.17.



Plinte skal placeres tilgængeligt i et område uden publikumsadgang, fx for enden af en perron. Af hensyn til eftersyn og kontrol opsættes plinte om muligt mindst 4 m fra nærmeste skinne.

Note 9.5.3-3

Ved en placering længere væk end 4 m fra nærmeste skinne er arbejde på plinten ikke omfattet af reglerne for infrastrukturarbejder iht. SR [14] § 70.

Plinte skal monteres på vægge, i kabelbrønde eller på stativ/bøjle, som placeres og mærkes, så den ikke udgør en snublegenstand. Plinte for potentialudligning skal dimensioneres og monteres iht. tegning PR 0030.3000.0.

Ved plinte skal der placeres et advarselsskilt, som advarer mod demontage af potentialudligningsforbindelserne jf. Bilag 10.2.

#### 9.5.4 BDK – Ubrudte potentialudligningsforbindelser

Potentialudligningssystemet bygges op af en række ubrudte potentialudligningsforbindelser, som danner den grundlæggende struktur. Fra de ubrudte potentialudligningsforbindelser afgrenes ud til de enkelte apteringer, som skal potentialudlignes. Ubrudte potentialudligningsforbindelser skal løbe fra en plint.

Af ubrudte potentialudligningsforbindelser findes:

- Stationsforbindelsesledere, se definition 5.65.
- Jordløbere, se definition 5.34.
- Perronudligningsledere, se definition 5.48.
- HB-forbindelser, se definition 5.24 og krav i afsnit 10.4.1.

Stationsforbindelsesledere og HB-forbindelser må ikke krydse spor i niveau, men skal føres under spor iht. BN1-13 [11].

#### 9.5.5 BDK – Afgrenede potentialudligningsforbindelser

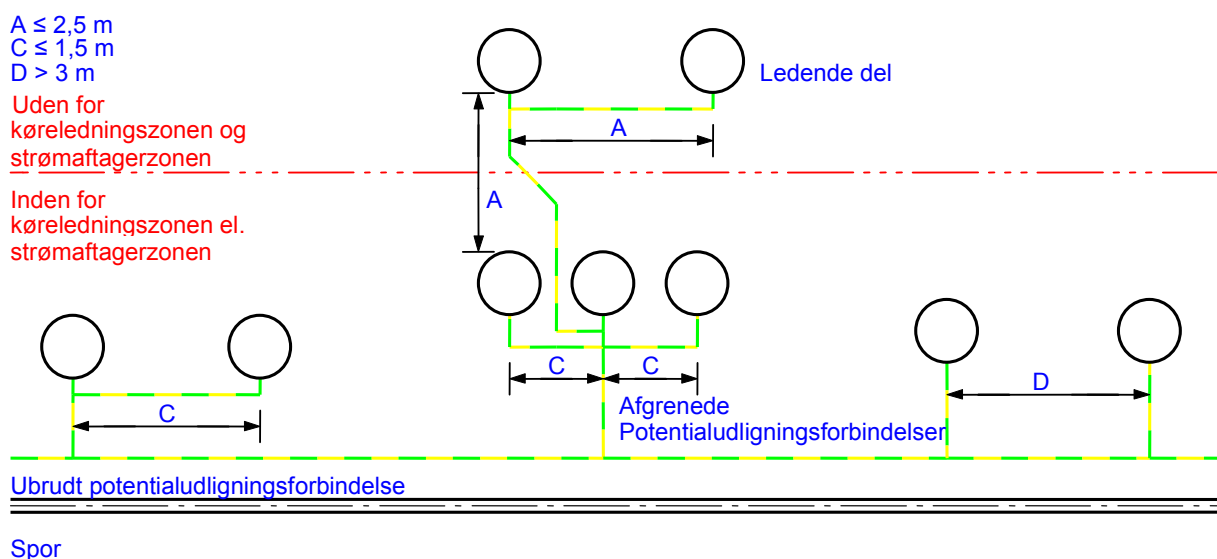
Potentialudligning af apteringer skal ske ved afgrening fra en ubrudt potentialudligningsforbindelse (dog ikke HB-forbindelser) eller med kabel direkte fra en plint. Ved afgrening fra en ubrudt potentialudligningsforbindelse skal det afgrenede kabel føres vinkelret på sporet hen til apteringen.



Fra et afgrebet kabel vinkelret på sporet må der afgrebes kabler med en længde på maks. 1,5 m til øvrige apteringer parallelt med sporet. Uden for køreledningszonen og strømaftagerzonen må afstanden på 1,5 m parallelt med sporet overskrides. Dog skal afgrebede potentialudligningsforbindelser parallelt med sporet så vidt muligt undgås og kabelføringen skal godkendes af Teknisk Drift.

Afstanden vinkelret på sporet er uden betydning. Dvs. at et afgrebet kabel må potentialudligne flere apteringer "bag hinanden" vinkelret på sporet.

Figur 9.5.5-1 illustrerer princippet for potentialudligning med ubrudte og afgrebede potentialudligningsforbindelser. Se også figur 9.5.2-1 for mulig udformning af tilslutningerne.



Figur 9.5.5-1. Princip for potentialudligning baseret på ubrudte og afgrebede potentialudligningsforbindelser. Potentialudligningsforbindelsen parallelt med sporet er en ubrudt potentialudligningsforbindelse, mens alle de øvrige er afgrebede potentialudligningsforbindelser.

### 9.5.6 BDK – Føring af potentialudligningsforbindelser

Potentialudligningsforbindelser skal etableres iht. BN1-13-2 [11] med følgende præciseringer:



## Note 9.5.6-1

BN1-13-2 [11] stiller bl.a. krav til min. afstande til spor, nedgravningsdybder, nedpløjning og nedgravning af kabler og styrede boringer.

- Ubrudte potentialudligningsforbindelser (se afsnit 9.5.4) skal ved sporkrydsninger føres i føringsrør min. 1,6 m under laveste skinneoverkant iht. BN1-13-2 [11] afsnit 11.2.1.
- Afgrenede potentialudligningsforbindelser (se afsnit 9.5.5) skal ved sporkrydsninger føres synligt oven på ballastlaget indtil 2,5 m fra spormidte.
- Potentialudligningsforbindelser der tilsluttes i sporet (se afsnit 9.6) skal føres synligt oven på ballastlaget indtil 2,5 m fra spormidte.
- Potentialudligningsforbindelser, der krydser spor i niveau, skal kunne demonteres ved sporkrydsningen og trækkes retur under sporet. Dvs. at sporkrydsningen skal ske ud for den tilsluttede aptering eller ud for en plint, og at kablet ikke må afgrenes efter sporkrydsningen.

## Note 9.5.6-2

Dette krav er til for at sikre, at kablerne nemt kan fjernes midlertidigt ved fx ballastkomprimering.

- Potentialudligningsforbindelser længere end 2,5 m fra spormidte skal nedgraves 10 – 20 cm under overfladen på terræn eller føres i føringsveje, fx kabelrender. Min. afstandene i BN1-13-2 [11] skal fortsat overholdes.
- Potentialudligningsforbindelser skal føres i føringsrør af plast, hvor de ikke føres i andre føringsveje, fx kabelrender. Føringsrør, der krydser spor i niveau, skal mærkes med grøn/gul tape ca. 0,5 m fra skinnens yderside.
- Ved indføring af potentialudligningsforbindelser i kabelrender skal det ske gennem kabelrendens bund.

Potentialudligningsforbindelser uden for baneterræn skal føres iht. Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 6 [8].

#### 9.5.6.1 BDK – Krav til føringsrør

Der stilles følgende krav til føringsrør:

- Fritliggende (på terræn/i skærver) og nedgravede føringsrør skal være med stor godstykkelse for at kunne modstå udefrakommende tryk.





- Føringsrør i tunneler skal være brandhæmmende og må ikke udvikle giftige gasarter.
- Alle føringsrør skal være med foring, for at lette kabeltræk.
- Der stilles ikke yderligere krav til føringsrør på vægge og lofter.

#### 9.5.7 BDK – Potentialudligning uden for BPU-områder

Uden for BPU-områder står apteringerne typisk spredt og må forbindes til returstrømsvejen med separate potentialudligningsforbindelser. Dog skal apteringer placeret inden for 5 m af hinanden eller apteringer hørende til samme komponent/konstruktion (fx sporskiftedrev, sporskiftevarme og lokalbetjening til et sporskifte) potentialudlignes til returstrømsvejen med én fælles potentialudligningsforbindelse.

På S-banestrækninger skal apteringer langs sporet, fx køreledningsmaster, potentialudlignes til en jordløber, som ét sted forbindes til returstrømsvejen jf. afsnit 9.6.

##### Note 9.5.7-1

Formålet med denne metode er, at mindske antallet af VLD'er i potentialudligningssystemet.

Impedansen i den ubrudte potentialudligningsforbindelse må ikke overstige den værdi, der sikrer at en udkobling af forsyningen ved isolationsfejl i køreledningsanlægget vil finde sted.

## 9.6 Forbindelse til returstrømsvejen

### 9.6.1 BDK – Primære og sekundære potentialudligningsforbindelser

Der skelnes mellem primære og sekundære potentialudligningsforbindelser, hvad angår tilslutning til returstrømsvejen.

- **Primære potentialudligningsforbindelser** skal på Fjernbanen bestå af *fire* parallelle potentialudligningsforbindelser, som tilsluttes returstrømsvejen. På S-banen skal anvendes *to* parallelle potentialudligningsforbindelser. Ved tilslutning til returskinnen skal kablerne i en primær potentialudligningsforbindelse monteres med ca. 1 m mellemrum.

Primære potentialudligningsforbindelser skal anvendes mellem returstrømsvejen og:

- Baneplint eller VLD-AC og/eller VLD-DC for et BPU-område.
- VLD-AD.



- **Sekundære potentialudligningsforbindelser** skal bestå af *én* potentialudligningsforbindelse, som tilsluttes returstrømsvejen. Sekundære potentialudligningsforbindelser skal anvendes hvor der ikke er krav om en primær potentialudligningsforbindelse, fx ved potentialudligning af enkeltstående eller mindre grupper af aapteringer uden for BPU-områder.

Bemærk, at det kun er ved tilslutning til returstrømsvejen at betegnelserne primær og sekundær potentialudligningsforbindelse anvendes. Forbindelsen mellem et VLD-skab og baneplinten skal betragtes som en almindelig potentialudligningsforbindelse og skal udføres med *én* potentialudligningsforbindelse.

#### 9.6.2 Tilslutning til returstrømsvejen og foranstaltninger til begrænsning af vagabonderende strøm

For at forhindre vagabonderende returstrøm i at løbe i potentialudligningssystemet, skal der på DC-jernbaner og AC-jernbaner, hvor der kan forekomme vagabonderende DC-strøm, installeres VLD'er mellem returstrømsvejen og potentialudlignede aapteringer.

Enkeltstående aapteringer, der er isoleret fra jord og jordforbundne ledere (PE- og PEN-ledere), tillades dog forbundet direkte til returstrømsvejen.

Note 9.6.2 **Error! Reference source not found.**-1

Denne metode anvendes bl.a. i tilslutningshuse for FTGS-systemet på S-banen.

Alt efter installationssted skal forbindelsen til returstrømsvejen være direkte eller via en VLD. Som VLD skal anvendes banegnistgab eller VLD-skabe.

Forbindelser til returstrømsvejen skal udføres som angivet i tabel 9.6.2-1.



Jernbanetype	BPU-område	Uden for BPU-område	Værksted
AC-jernbane	Direkte eller VLD-AC	Direkte, banegnistgab eller VLD-AC	Direkte
AC-jernbane parallel eller krydsende med DC-jernbane	VLD-AC	Direkte, banegnistgab eller VLD-AC	Direkte
DC-jernbane parallel eller krydsende med AC-jernbane	VLD-DC	Banegnistgab eller VLD-DC	Direkte
DC-jernbane	VLD-DC	Banegnistgab eller VLD-DC	Direkte

Tabel 9.6.2-1. Oversigt over hvordan der skal potentialudlignes til returstrømsvejen.

I værksteder er der skærpede krav til de tilladelige berøringsspændinger jf. 0. Derfor skal potentialudligning i værksteder altid være direkte, dvs. uden brug af VLD'er. Kørestrømsanlægget og dets forsyning skal konstrueres som beskrevet i afsnit 8.5.

Ved tilslutning til returstrømsvejen skal der anvendes primære og sekundære potentialudligningsforbindelser som angivet i afsnit 9.6.1.

Ved potentialudligningssystemer eller potentialudligning af enkelte apteringer, der ligger inden for både Fjernbanens og S-banens køreledningszoner eller strømaftagerzoner, skal der etableres forbindelser til returstrømsvejene for begge jernbaner.

Ved særlig lange BPU-områder kan det være nødvendigt med flere tilslutninger til returstrømsvejen for samme jernbane for at sikre udkobling ved isolationsfejl i køreledningsanlægget. Hvis der etableres mere end én tilslutning til returstrømsvejen inden for et BPU-område, skal der anvendes et VLD-skab ved hver tilslutning for at undgå at skabe en parallelvej til returstrømsvejen.



## Note 9.6.2-2

Ved langstrakte BPU-områder eller potentialudligningssystemer kan impedansen i potentialudligningssystemet være så høj, at flere tilslutninger til returstrømsvejen og dermed flere VLD-skabe er nødvendige for at sikre udkobling ved isolationsfejl i køreledningsanlægget.

#### 9.6.2.1 BDK – VLD-AC og VLD-DC

Hvor der installeres en VLD-AC og/eller VLD-DC skal denne/disse installeres mellem potentialudligningssystemet og returstrømsvejen.

Et VLD-skab skal tilsluttes returstrømsvejen med en primær potentialudligningsforbindelse jf. afsnit 9.6.1.

På BPU-områder skal første VLD-skab til hver jernbanetype tilsluttes baneplinten. Evt. øvrige VLD-skabe skal tilsluttes øvrige plinte inden for BPU-området.

## 9.7 Parallele og krydsende jernbaner

### 9.7.1 Områder med overlappende køreledningszoner

Hvor

- returstrømsvejen,
- en aptering potentialudlignet direkte til returstrømsvejen eller
- fritrumsprofilen

på en AC-jernbane ligger inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen på en DC-jernbane eller omvendt, skal der installeres en VLD (min. VLD-F) mellem returstrømsvejene for de to kørestrømsanlæg.

#### 9.7.1.1 BDK – Øvrige krav til områder med overlappende køreledningszoner

Kravet i afsnit 9.7.1 anses for opfyldt, hvis der installeres en VLD-AD med maks. 1000 m mellemrum, hvor AC- og DC-jernbanerne på hele eller en del af stækningen har overlappende køreledningszoner.

#### 9.7.1.2 BDK – VLD-AD

Der skal installeres en VLD-AD mellem returstrømsvejene på AC-jernbaner og DC-jernbaner, hvor disses køreledningszoner overlapper.



VLD-skabet skal tilsluttes til hhv. AC-jernbanens og DC-jernbanens returstrømsvej med primære potentialudligningsforbindelser.

#### 9.7.2 BDK – Nærføring med eksterne jernbaner (Metro, letbane m.v.)

Reglerne i dette afsnit er gældende de steder hvor jernbaner, der er omfattet af Banedanmarks infrastrukturforvalterområde (fx Fjernbanen og S-banen), krydser eller løber parallelt med en ekstern jernbane. Ved en ekstern jernbane skal forstås en jernbane, der ikke er omfattet af Banedanmark infrastrukturforvalterområde. Det kan fx være Metroen i København, lokalbaner eller letbaner.

Hvis der er etableret/etableres en langsgående sammenhængende strukturjord på en ekstern jernbane (som fx Metroen i København), skal dennes strukturjord adskilles fra strukturjord hørende til Banedanmarks jernbaner og/eller BPU-områder. Der skal jf. afsnit 9.2 være en adskillelse på min. 2,5 m mellem potentialudlignede berøringstilgængelige dele ved adskillelsen. Hvis denne afstand ikke kan opnås, skal der installeres en VLD-O (evt. i form af et VLD-skab) mellem strukturjord på de to jernbaner, således at berøringsspændingerne i 0 kan overholdes.

På eksterne jernbaner, hvor der ikke er etableret/etableres en langsgående sammenhængende strukturjord, kan dele af den eksterne jernbane inkluderes i Banedanmarks BPU-områder, hvor det vurderes nødvendigt eller hensigtsmæssigt. Forbindelser til returstrømsvejen for den eksterne jernbane skal udføres i henhold til afsnit 9.6.2.



## 10. LAVSPÆNDINGSFORSYNING

Dette afsnit omhandler krav til opbygningen af lavspændingsforsyningen, som ikke er en del af kørestrømsanlægget.

### 10.1 Adskillelse i forsyningen

Elektriske installationer er i stand til at overføre farlige potentialer over store afstande samt lede vagabonderende strøm. Derfor er det ikke ønskeligt at jordforbundne ledere, fx PE-ledere, PEN-ledere, kabelskærme og kabelarmering, har en forbindelse til installationer, der ikke er tilknyttet jernbanen. Hvis der etableres en sådan forbindelse, skal der indgås en aftale med ejeren af det tilsluttede net/anlæg.

Note 10.1-1

0 giver en række eksempler på hvordan lavspændingsforsyningen kan sammenbygges med potentialudligningssystemet ud fra reglerne givet i afsnit 9 og 10.

### 10.2 BDK – Generelt

Kravene i de følgende afsnit gælder for lavspændingsforsyninger, hvor dele af installationerne eller den respektive strukturjord kan blive udsat for farlige påvirkninger fra kørestrømsanlægget. Dette omfatter både farlige spændinger fra køreledningsanlægget og vagabonderende strøm fra returstrømsvejen.

Ikke elektrificerede banestrækninger skal i denne henseende betragtes som elektrificerede.

Note 10.2-1

Der vil typisk kunne dispenseres fra særlige krav til lavspændingsforsyning på banestrækninger, hvor en evt. elektrificering af banestrækningen er usandsynlig eller ligger langt ude i fremtiden.

Elektriske installationer anses for at kunne blive udsat for farlige påvirkninger fra kørestrømsanlægget i de følgende tilfælde:

- Ved placering inden for et BPU-område.



- Hvor elektriske installationer, strukturjord eller dele af denne er placeret inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen eller har forbindelse til returstrømsvejen enten direkte eller via VLD.
- Ved DC-jernbaner hvor vagabonderende strøm i strukturjord eller dele af denne er sandsynlig.

De følgende afsnit beskæftiger sig kun med beskyttelsesforanstaltninger mht. beskyttelse mod indirekte berøring samt hindring af vagabonderende strømme fra returstrømsvejen. Øvrige regler vedrørende elektriske installationer er givet i SB6 [8], SB6B [9] og SB8 [10].

Krav til potentialudligning af elektriske installationer og materiel, herunder klasse II materiel, i køreledningszonen eller strømaftagerzonen er givet i afsnit 9.2.

### 10.3 Design af lavspændingsforsyning

#### 10.3.1 Forsyningsmetoder

Beskyttelse mod indirekte berøring af installationer og materiel, der ikke er klasse II, skal ske ved automatisk afbrydelse af forsyningen som beskrevet i SB6 [8] kapitel 41.

Tabel 10.3.1-1 angiver hvilke forsyningsmetoder, der typisk anvendes, samt deres overordnede forudsætning.

Forsyning	Systemjording	Forudsætning
Lavspændingsforsyning med ekstern transformerstation	TT	Fejlstrømsafbryder i tilgangen
	TN	Skilletransformer med adskilte viklinger
Højspændingsforsyning med transformerstation dedikeret til forsyning af BPU-området	TN	Adskillelse af jordingsanlæg for høj- og lavspænding i transformerstationen
Lavspændingsforsyning	IT	Skilletransformer med adskilte viklinger isoleret fra jord

Tabel 10.3.1-1. Forudsætninger for anvendt systemjording.



## Note 10.3.1-1

Ordet "transformerstation" dækker her over selve transformeren (typisk 10/0,4 kV), koblings- og beskyttelsesmateriel på høj- og lavspændingssiden samt indkapslingen (fx et rum eller skur/hytte) for disse komponenter. Med til transformerstationen hører et jordingsanlæg og evt. en lokal jordelektrode.

Hos forsyningsselskaberne benævnes en 10/0,4 kV transformerstation typisk som en "netstation".

## Note 10.3.1-2

IT systemjording anvendes typisk i signal- og sikringsmæssig sammenhæng (fx til spor-skiftedrev) og er ikke beskrevet nærmere i dette dokument.

Forsyningsmetoderne givet i tabel 10.3.1-1 er beskrevet nærmere i de følgende afsnit, med undtagelse af IT systemjording. Forsyning via dedikeret transformerstation kan udføres på to måder. Metoderne for udførelse af systemjording er herefter benævnt:

- TT systemjording.
- TN systemjording med skilletransformer.
- TN systemjording med dedikeret transformerstation, metode 1 eller 2.

### 10.3.2 BDK – Krav til dedikerede transformerstationer

Hvis der etableres en dedikeret transformerstation, skal der samtidig etableres et BPU-område omkring transformerstationens forsyningsområde. En dedikeret transformerstation, må således ikke forsyne forbrugere uden for et BPU-område, med mindre der er lavet særlige forholdsregler jf. afsnit 10.10.

## 10.4 Fælles krav

### 10.4.1 BDK – HB-forbindelser

Der skal etableres én HB-forbindelse (se afsnit 9.5.4) fra baneplinten til hovedjordskinnen for en lavspændingsinstallation.

HB-forbindelsen skal føres til hovedjordskinnen for den største (effekt-mæssigt) tavle inden for BPU-området. Hvis Banedanmark har en hovedtavle på området, skal HB-forbindelsen dog føres til denne tavle, med mindre denne tavle er betydeligt mindre (50% effekt-mæssigt) end den største hovedtavle inden for BPU-området. Hvis der er en dedike-





ret 10/0,4 kV transformestation til forsyning af BPU-området, skal HB-forbindelsen altid føres til denne.

Ved flere forsyningspunkter skal hovedjordskinnerne for alle forsyningspunkterne forbindes indbyrdes via hovedudligningsforbindelser, der dimensioneres iht. SB6 [8].

En HB-forbindelse skal dimensioneres som en potentialudligningsforbindelse inden for køreledningszonen (dvs. at undtagelsen i afsnit 9.5.1.2 ikke må anvendes). Ved sammenbinding af flere hovedjordskinner skal disse kabler dimensioneres efter SB6 [8].

#### 10.4.2 Særlige bestemmelser

På AC-jernbaner, hvor skinnepotentialet kan overstige 50 V, samt på DC-jernbaner skal der i strømkredse, der *ikke* er beskyttet med fejlstrømsafbrydere, etableres overstrømsbeskyttelse (overbelastningsbeskyttelse) i nullederen. Det kan fx udføres med automatsikringer eller maksimalafbrydere, der måler på alle ledere. Bryderen skal koble alle ledere på samme tid. Der må ikke anvendes smeltesikringer.

Det ovenstående er *kun* gældende for gruppeledninger og omfatter således *ikke* stik- og hovedledninger.

### 10.5 TT systemjording

#### 10.5.1 Generelt

Denne forsyningsmetode sker via en lavspændingsstikledning. Transformestationen, der forsyner lavspændingsnettet, er placeret uden for et evt. BPU-område.

Den neutrale leder i stikledningen har forbindelse til jord uden for BPU-området / jernbanens område og skal benævnes N (nulleder).

Ved ombygning fra TN til TT systemjording skal alle PEN-ledere i installationen omdannes til nullede (N) uden forbindelse til jord (PE). Dette medfører, at der skal bygges om i tavler og trækkes separate PE-leder rundt i installationen, hvor der før var PEN-leder.

Der skal etableres en jordelektrode, som forbindes til hovedjordskinnen i installationens forsyningspunkt. Overgangsmodstanden til jord målt ved hovedjordskinnen skal overholde følgende krav:



$$R_A \leq \frac{50 V}{I_a}$$

hvor

$R_A$  er jordelektrodens overgangsmodstand til jord målt ved hovedjordskinnen.

$I_a$  er udløsestrømmen for beskyttelsesudstyret ved en udløsetid på maks. 0,4 s. Ved anvendelse af fejlstrømsafbrydere er  $I_a = I_{\Delta n}$ .

Ved TT systemjording skal beskyttelse mod indirekte berøring af hovedtavlen udføres på en af følgende måder:

- Ved at anvende en klasse II tavle.
- Ved at anvende en klasse II tilgangstavle med en fejlstrømsafbryder, som installeres foran en klasse I tavle.
- Ved at anvende en klasse I tavle, som er beskyttet med en fejlstrømsafbryder i tavlens tilgangsfelt. Alle tavlefelter indtil tilgangsfeltet (inkl.) skal være beskyttet mod indirekte berøring iht. SB6 [8] afsnit 814.6.

Note 10.5-1

En klasse II tilgangstavle med fejlstrømsafbryder kan evt. sammenbygges med en elmåler.

Note 10.5-2

Hvis der anvendes en fejlstrømsafbryder i installationens tilgang, kan denne evt. sammenbygges med overbelastningsbeskyttelse og kortslutningsbeskyttelse, fx ved at anvende en maksimalafbryder med fejlstrømsmodul.

Note 10.5-3

Bemærk, at der er særlige krav til forsyning af sikringsanlæg, se afsnit 10.11.

Hvis der anvendes en fejlstrømsafbryder i installationens tilgang, skal den være selektiv i forhold til efterfølgende fejlstrømsafbrydere mht. til både udløsestrøm og udløsetid.



Note 10.5-4

Eksempel på beregning af indstillingsværdi af fejlstrømsafbryder i tilgangen til en hovedtavle hvor overgangsmodstanden til jord er målt til 43 Ω:

$$I_{\Delta n} \leq \frac{50 V}{R_A} \leq \frac{50 V}{43 \Omega} \leq 1,16 A$$

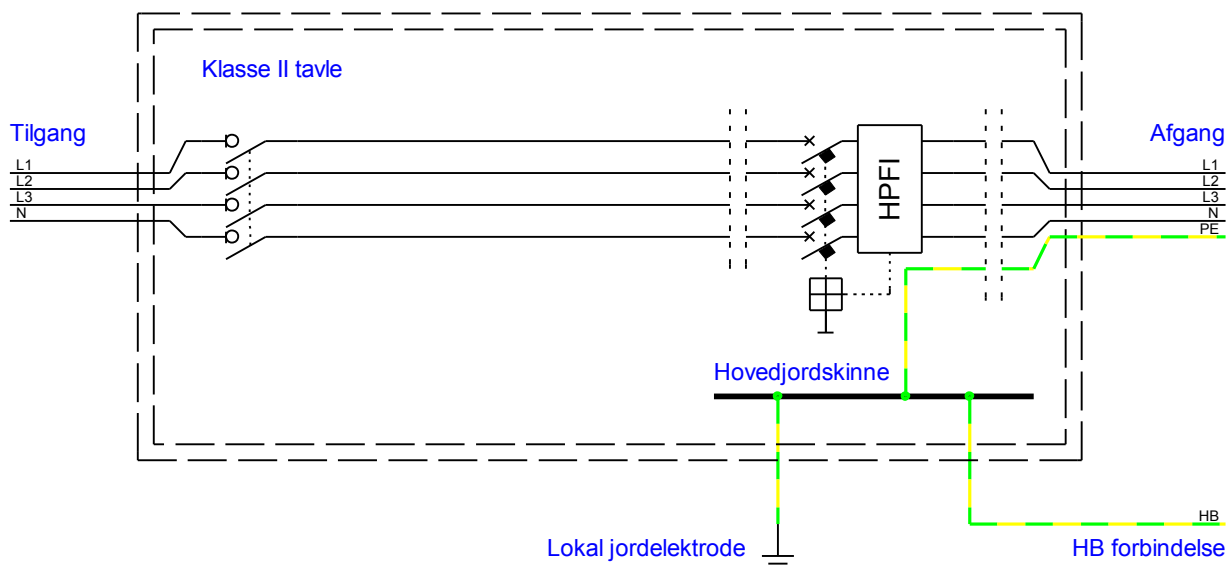
Udløsestrømmen indstilles til 1 A og udløsetiden til 0,4 s (maks.).

10.5.2 BDK – Flere hovedtavler

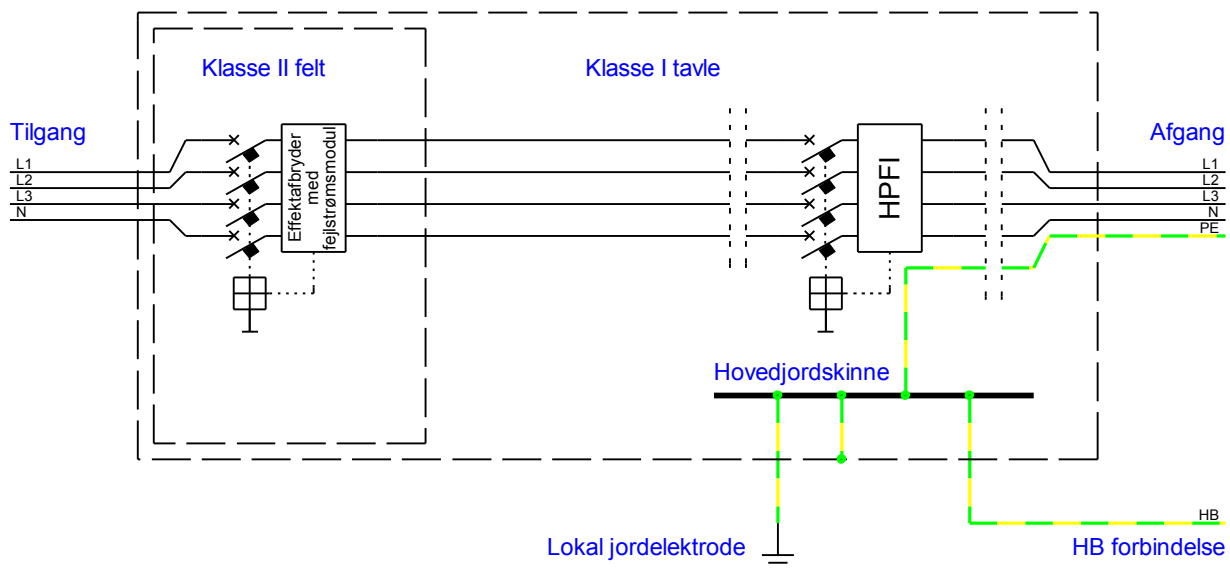
Hvor flere hovedtavler forsynes fra samme klasse II tilgangstavle med fejlstrømsafbrydere (jf. princippet givet i afsnit 10.5 punkttegn 2), skal der anvendes en separat fejlstrømsafbryder for hver tavleejer, fx til Banedanmark, DSB og 3. part.

10.5.3 BDK – Principdiagrammer

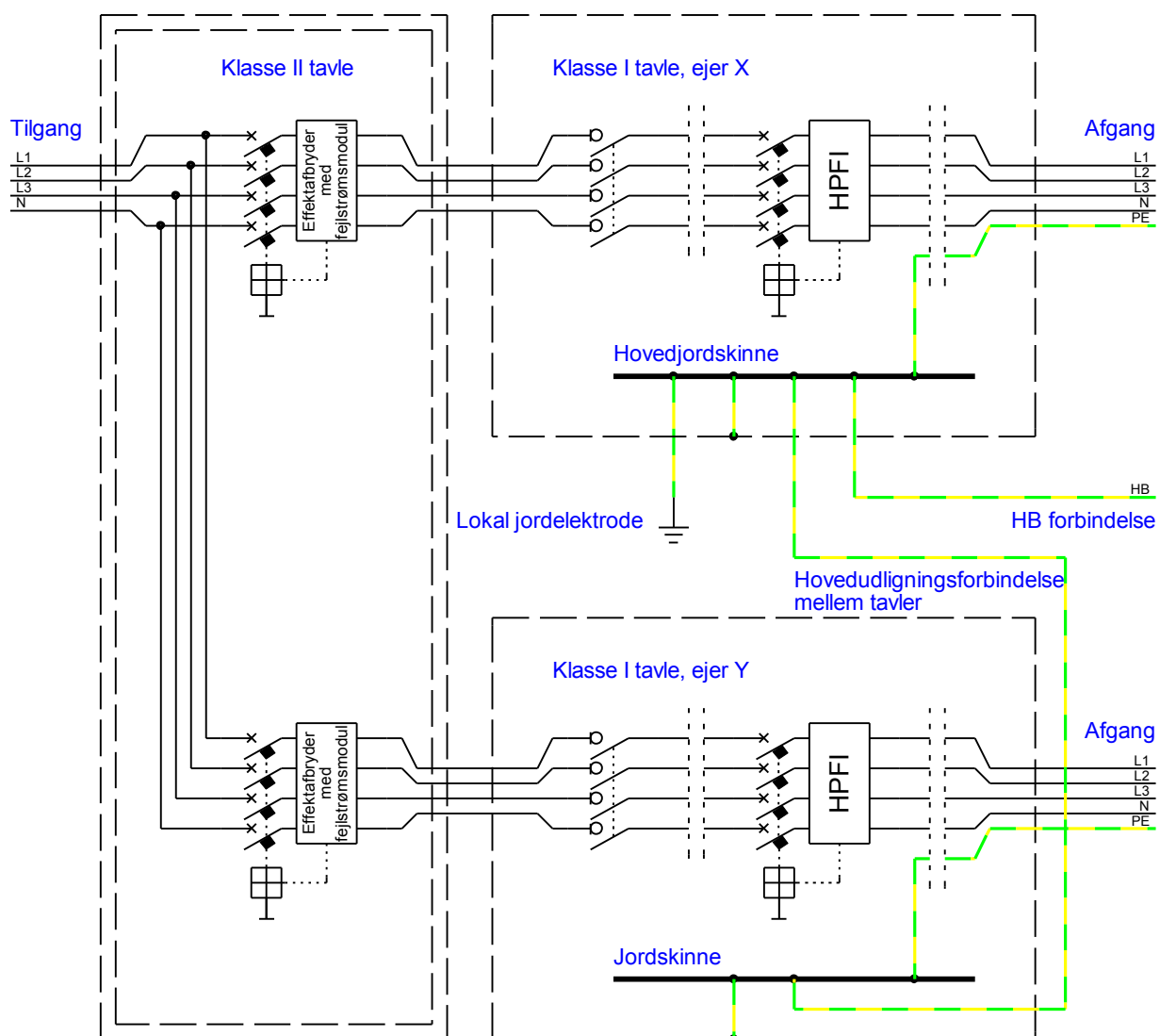
Figur 10.5.3-1 – 3 viser tre principdiagrammer med eksempler på opbygning af en forsyning med TT systemjording. De tre figurer dækker ikke alle mulige konfigurationer.



Figur 10.5.3-1. Princip for udførelse af lavspændingsforsyning med TT systemjording. En klasse II tavle forsynes via et 4-leder kabel. Der er etableret en lokal jordelektrode, som er tilsluttet tavlens hovedjordskinne.



Figur 10.5.3-2. Princip for TT systemjording. En klasse I tavle forsynes via et 4-leder kabel. Tavlen er beskyttet mod indirekte berøring af et fejlstrømsmodul tilsluttet en effektafbryder, der er installeret i tavlens tilgangsfelt, som er klasse II. Der er etableret en lokal jordelektrode, som er tilsluttet tavlens hovedjordskinne.



Figur 10.5.3-3. Princip for udførelse af lavspændingsforsyning med TT systemjording. To klasse I tavler med forskellige ejere forsynes via 4-leder kabler. Klasse I tavlerne er beskyttet mod indirekte berøring af foransidende fejlstrømsmoduler tilsluttet effektafbrydere, som er placeret i en klasse II tavle. Der er etableret en lokal jordelektrode, som er fælles for de to tavler (såfremt de er tæt placeret). HB-forbindelsen og jordelektroden er tilsluttet hovedjordskinnen i den ene tavle. Herfra er der ført en hovedudligningsforbindelse til den anden tavle.



## 10.6 TN systemjording med skilletransformer

### 10.6.1 BDK – Generelt

Denne forsyningsmetode kræver en lavspændingsstikledning. Transformestationen, der forsyner lavspændingsnettet, er placeret uden for et evt. BPU-område.

For at undgå at overføre farlige spændinger eller strømme, skal der være en adskillelse til fjern jord uden for BPU-området / jernbanens område. For TN systemjording kræver dette, at der anvendes en skilletransformer med adskilte viklinger i forsyningspunktet.

En eventuel PE-leder i stikledningen skal afsluttes isoleret og må ikke anvendes i den videre installation. En eventuel PEN-leder i stikledningen skal benævnes (N) og fungere som nulleder på skilletransformerens primærside. Hvis der ikke er behov for en nulleder på skilletransformerens primærside, skal PEN-lederen afsluttes isoleret og må ikke anvendes i den videre installation (i dette tilfælde benævnes PEN-lederen fortsat PEN).

Sekundærsiden på skilletransformeren skal være stjernekoblet (Y), og stjernepunktet samt transformerenes stel skal forbindes til en lokal jordelektrode. Overgangsmodstanden til jord skal bestemmes ud fra det anvendte beskyttelsesudstyr.

På sekundærsiden af skilletransformeren skal der anvendes TN-S systemjording. Dog tillades TN-C-S opretholdt ved ombygning i eksisterende installationer.

#### Note 10.6-1

En typisk skilletransformer er på 3x400 / 3x230/400 V med en Dyn kobling.

**Bemærk:** Da kortslutningsniveauet falder ved installation af en skilletransformer, skal det ved indbygning af en skilletransformer i en eksisterende installation verificeres, at kortslutningsbeskyttelse, overbelastningsbeskyttelse og beskyttelse mod indirekte berøring fortsat overholder de herfor gældende krav.

Skilletransformeren skal være klasse II eller kortslutningssikker.

### 10.6.2 BDK – Elmålere ved flere aftagere (forbrugere)

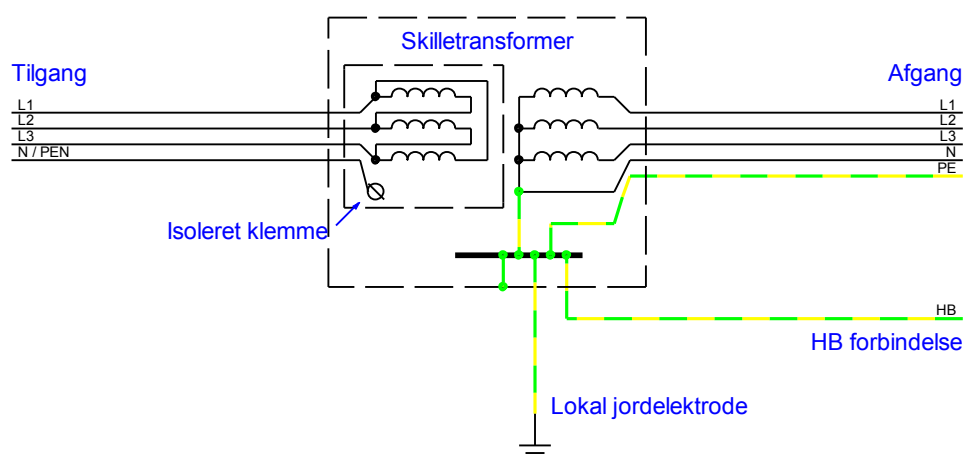
Elmålere for afregning af forbrug skal normalt placeres foran skilletransformeren for at dække effekten (tabet) afsat i denne. Dvs., at der ved flere aftagere skal etableres en skille-



transformer for hver aftager. Fælles skilletransformere for flere aftagere tillades dog, hvor forsyningselskabet og de enkelte aftagere indgår en aftale om alternativ måling og afregning.

### 10.6.3 BDK – Principdiagram

Figur 10.6.3-1 viser et principdiagram med et eksempel på hvordan opbygning af en forsyning med TN systemjording med skilletransformer kan opbygges. Der findes andre mulige konfigurationer.



Figur 10.6.3-1. Princip for adskillelse af jordingsanlæg ved anvendelse af TN systemjording med skilletransformer. Beskyttelsesudstyr til overbelastning og kortslutning (fx sikringer) er ikke vist på figuren. Der anvendes TN-S systemjording på sekundærsiden af skilletransformeren.

## 10.7 TN systemjording med dedikeret transformerstation, metode 1

### 10.7.1 Generelt

Denne forsyningsmetode anvender en transformerstation (typisk 10/0,4 kV) dedikeret til forsyning af et BPU-område. Transformerstationen er placeret inden for BPU-området.

I en installation med TN systemjording, hvor transformerstationen kun forsyner BPU-området, kan denne transformerstation gøres dedikeret. Dette skal ske efter aftale med ejeren af transformerstationen (typisk forsyningselskabet).



For at adskille jordingssystemerne inden for og uden for BPU-området, skal der ske en opdeling af jodingsforbindelserne inde i transformerstationen.

Jodingsanlægget på sekundærsiden (lavspændingssiden) skal dimensioneres i samarbejde med forsyningsselskabet og i overensstemmelse med Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 2 [7]. HB-forbindelsen skal tilsluttes til lavspændingssidens hovedjordskinne i transformerstationen.

Jodingsanlægget på højspændingssiden skal udføres isoleret i forhold til lavspændingssiden og transformerstationen i det hele taget. Dvs. at kabelskærme på højspændingskablerne skal afsluttes isoleret i transformerstationen. Eventuelle beskyttelsesledere fra forsyningsselskabet, også kaldet følgejord, må ikke have galvaniske forbindelse til lavspændingsjodingsanlægget.

#### Note 10.7-1

Ved en følgejord forstås her en beskyttelsesleder, som er forbundet til forsyningsselskabets øvrige jodingsanlæg, fx i en anden transformerstation eller hovedstation (transformerstation for transmission). Det foretrækkes at der anvendes isolerede kabler til følgejord inden for BPU-området.

I praksis kan adskillelsen udføres ved at etablere en isoleret plint under koblingsanlægget på højspændingssiden. Kabelskærme og eventuel følgejord skal monteres på denne plint.

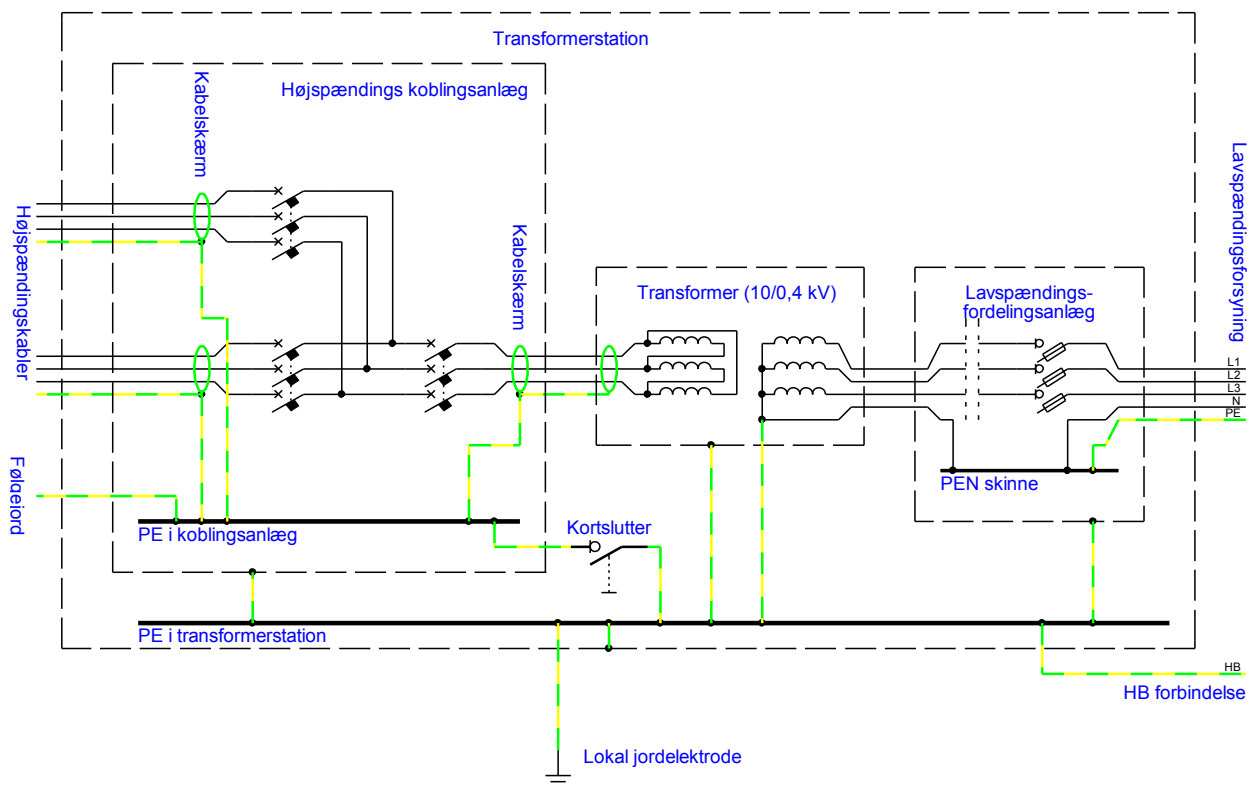
Systemjordingen på sekundærsiden af en dedikeret transformerstation skal være TN-S. Dog tillades TN-C-S i hovedstrømkredse.

Der skal installeres en kortslutter (lastadskiller) mellem transformerstationens hovedjordskinne og den isolerede plint med eksternt jordpotentiale. Kortslutteren skal dimensioneres i samarbejde med forsyningsselskabet. Kortslutterens funktion er at sikre samme potential på de to jodingsanlæg i de situationer, hvor der arbejdes i transformerstationen.

#### 10.7.2 BDK – Principdiagram

Figur 10.7.2-1 viser et principdiagram med et eksempel på hvordan opbygning af en forsyning med en dedikeret 10/0,4 kV transformertation kan opbygges. Der findes andre mulige konfigurationer.





Figur 10.7.2-1. Princip for adskillelse af jordingsanlæg ved anvendelse af TN systemjording med en dedikeret transformerstation. Adskillelsen ligger i at jordingsanlægget på højspændingssiden (kabelskærme og følgejord) er isoleret fra det øvrige jordingsanlæg. Der er installeret en kortslutter mellem de to systemer, der kan anvendes ved arbejder i transformerstationen. Der kan anvendes TN-C-S eller TN-S (som vist) systemjording fra transformerstationen.

## 10.8 TN systemjording med dedikeret transformerstation, metode 2

### 10.8.1 Generelt

Denne forsyningsmetode anvender en transformerstation dedikeret til forsyning af et BPU-område. Transformerstationen er placeret uden for BPU-området.

I særlige tilfælde, hvor det ikke er muligt at adskille jordingsystemet på højspændingssiden fra transformerstationens jordingsanlæg, eller hvor det af andre grunde ikke er ønskeligt, kan der udføres en alternativ adskillelse af jordingsanlæggene i forhold til det i afsnit 10.7 beskrevne.



Kabelskærme i højspændingskablerne samt eventuel følgejord (se note 10.7-1) skal forbindes til transformerstationens jordingsanlæg, som skal udføres i overensstemmelse med Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 2 [7].

Stjernerpointet på transformerens sekundærside (lavspændingssiden) skal udføres isoleret i forhold til transformerstationens jordingsanlæg. I den første hovedtavle forbindes PEN-lederen eller PE-lederen til en separat jordelektrode. Jordelektroden skal være placeret min. 20 m fra transformerstationen og dens jordingsanlæg.

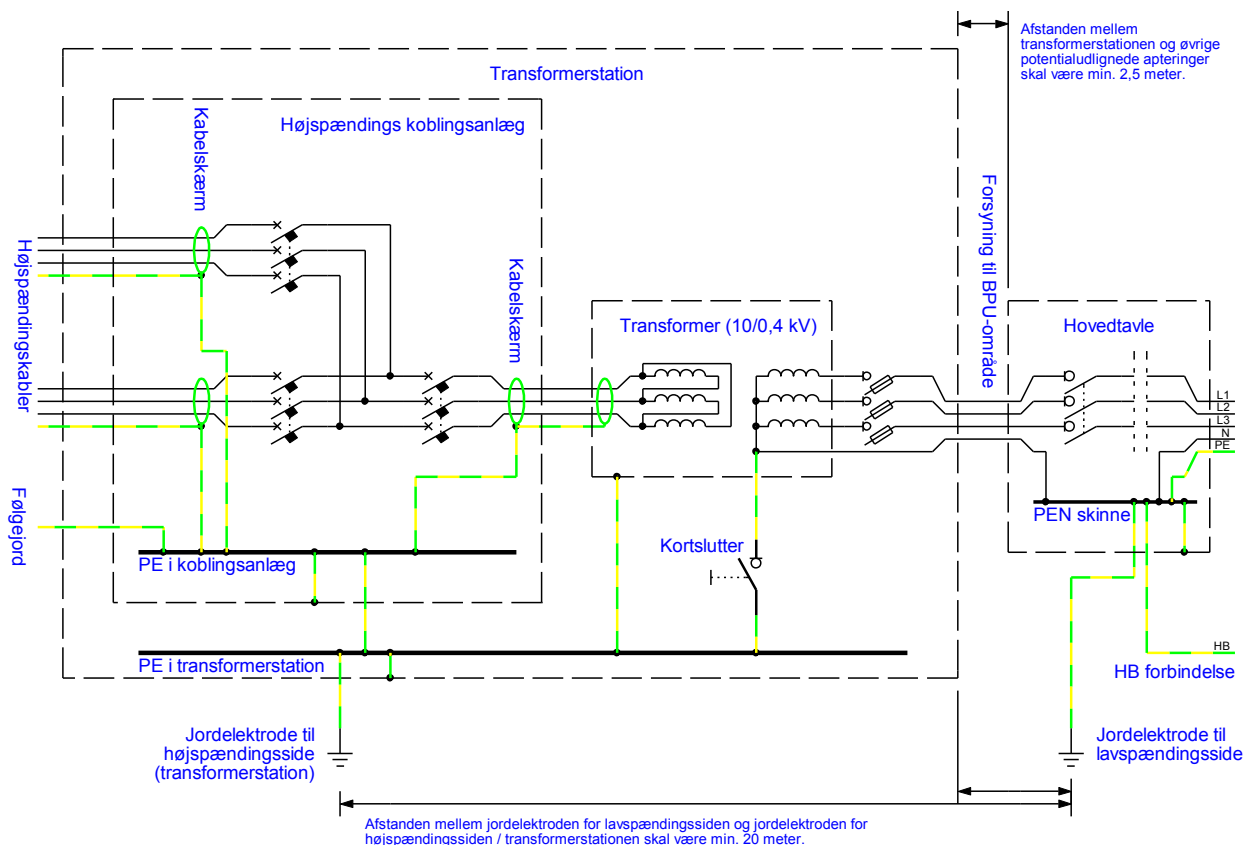
Jordingsanlægget på sekundærsiden (lavspændingssiden) skal dimensioneres i samarbejde med forsyningsselskabet og i overensstemmelse med Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 2 [7] og 6 [8]. HB-forbindelsen skal tilsluttes hovedjordskinnen i hovedtavlen hvor lavspændingssidens jordelektrode tilsluttes.

Den dedikerede transformerstation og dens jordelektrode er i dette særlige tilfælde uden for BPU-området. Transformerstationen skal være galvanisk adskilt fra BPU-området, og ledende dele på transformerstationen må ikke være samtidig berøringstilgængelige med potentialudlignede ledende dele (jf. afsnit 9.2.2) inden for BPU-området den forsyner.

Der skal installeres en kortslutter (lastadskiller) mellem transformerstationens hovedjordskinne og den isolerede plint med eksternt jordpotentiale. Kortslutteren skal dimensioneres i samarbejde med forsyningsselskabet. Kortslutterens funktion er at sikre samme potential på de to jordingsanlæg i de situationer, hvor der arbejdes i transformerstationen.

#### 10.8.2 BDK – Principdiagram

Figur 10.8.2-1 viser et principdiagram med et eksempel på hvordan opbygning af en forsyning med en dedikeret 10/0,4 kV transformertation kan opbygges. Der findes andre mulige konfigurationer.



Figur 10.8.2-1. Princip for adskillelse af jordingsanlæg ved anvendelse af TN systemjording med en dedikeret transformerstation. Adskillelsen ligger i at lavspændingssidens stjernepunkt er isoleret fra det øvrige jordingsanlæg i transformerstationen. Der er installeret en kortslutter mellem de to systemer, der kan anvendes ved arbejder i transformerstationen. Lavspændingssidens stjernepunkt er jordet i første hovedtavle. Der skal være en afstand på min. 20 m mellem jordingsanlæggene. Der kan anvendes TN-C-S (som vist) eller TN-S systemjording fra transformerstationen.

### 10.9 BDK – Flere forsyninger til samme BPU-område

Et BPU-område kan (lavspændings)forsynes fra flere separate forsyningspunkter. De forskellige forsyningspunkters hovedjordskinner skal forbindes som beskrevet i afsnit 10.4.1.



Forsyningsmetoderne angivet i afsnit 10.5 til 10.8 kan frit benyttes og sammenblandes efter behov. Der er dermed ikke krav om at anvende samme systemjording for alle forsyningspunkter.

### 10.10 BDK – Forsyning ud af et BPU-område

Det er muligt at forsyne installationer uden for et BPU-område via en forsyning, der kommer inde fra et BPU-område. Der kan benyttes en af følgende to metoder beskrevet i afsnit 10.10.1 og 10.10.2.

#### Note 10.10-1

Metoden med TT systemjording (afsnit 10.10.1) vil i de fleste tilfælde være simplest og billigst at etablere og drive.

#### 10.10.1 BDK – TT systemjording

Installationen uden for BPU-området skal udføres som TT systemjording. Der skal anvendes de samme retningslinjer som givet i afsnit 10.5, hvor området uden for BPU-området skal betragtes som et BPU-område mht. adskillelse af jordingssystemerne.

Dvs., at en eventuel PE-leder i kablet ud af BPU-området skal afsluttes isoleret i begge ender, og at der skal etableres en jordelektrode uden for BPU-området til brug i installationen. Ved forsyning af en tavle uden for BPU-området skal jordelektroden tilsluttes hovedjordskinnen i denne tavle.

Fejlstrømsafbryderen, der skal beskytte installationen, tillades placeret i en tavle inden for BPU-området. Den anvendte fejlstrømsafbryder må ikke være fælles for installationer inden for og uden for BPU-området.

Det skal i tavlen inden for BPU-området klart fremgå, hvilke grupper, der forsyner ud af BPU-området.

Figur 10.10.1-1 viser et eksempel på hvordan forsyningen ud af et BPU-område kan udføres.

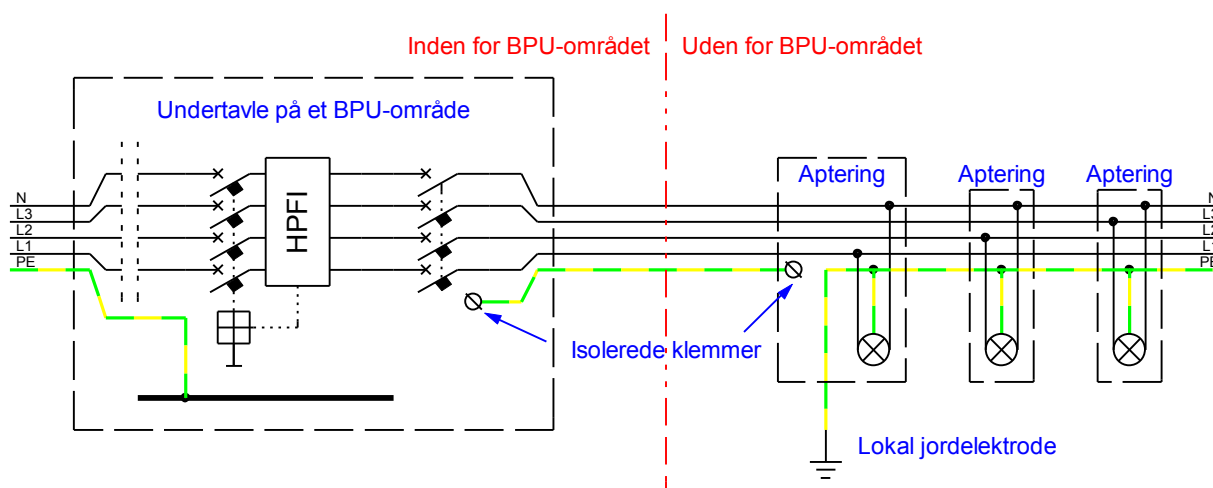
Den anvendte systemjording inden for BPU-området er i denne sammenhæng uden betydning.



Se endvidere afsnit 413.1.3.9 i SB6 [8].

Note 10.10.1-1

Et eksempel kan være en række lysarmaturer langs en sti, som ligger uden for BPU-området. En HPFI afbryder anvendes som fejlstrømsafbryder for kredsen. Ved første lysarmatur kan der etableres en jordelektrode, som forbindes til PE-lederen, der er ført videre til de resterende armaturer. PE-lederen i stikledningen afsluttes isoleret i tavlen og det første armatur.



Figur 10.10.1-1. Princip for forsyning ud af et BPU-område ved brug af TT systemjording uden for BPU-området. PE-lederen ud af BPU-området er afsluttet isoleret, og der er etableret en jordelektrode ved første afgreningspunkt/aptering uden for BPU-området.

### 10.10.2 BDK – TN systemjording med skilletransformer

Installationen uden for BPU-området skal udføres som TN systemjording med skilletransformer. Der skal anvendes de samme retningslinjer som givet i afsnit 10.6, hvor området uden for BPU-området skal betragtes som et BPU-område mht. adskillelse af jordingssystemerne.

Dvs. at en eventuel PE-leder i kablet ud af BPU-området skal afsluttes isoleret ved skilletransformeren, og at der skal etableres en jordelektrode uden for BPU-området som forbindes til skilletransformerens stjernepunkt på sekundærsiden.

Det skal i tavlen inden for BPU-området klart fremgå, hvilke grupper, der forsyner ud af BPU-området.



Der skal anvendes en skilletransformer med adskilte viklinger.

Den anvendte systemjording inden for BPU-området er i denne sammenhæng uden betydning.

### 10.11 BDK – Specielle regler for forsyning af sikringsanlæg

Når der grundet forsyningsikkerheden ikke anvendes fejlstrømsafbrydere i lavspændingsinstallationer til sikringsanlæg, skal lavspændingsforsyningen udføres på en af følgende måder:

- Forsyning via skilletransformer.
- Forsyning via dedikeret transformerstation.
- Installation udført som klasse II.

Figur 10.11-1 viser en mulig metode for udførelse af forsyningen ved én stikledning, som forsyner både en almindelig installation og et sikringsanlæg.

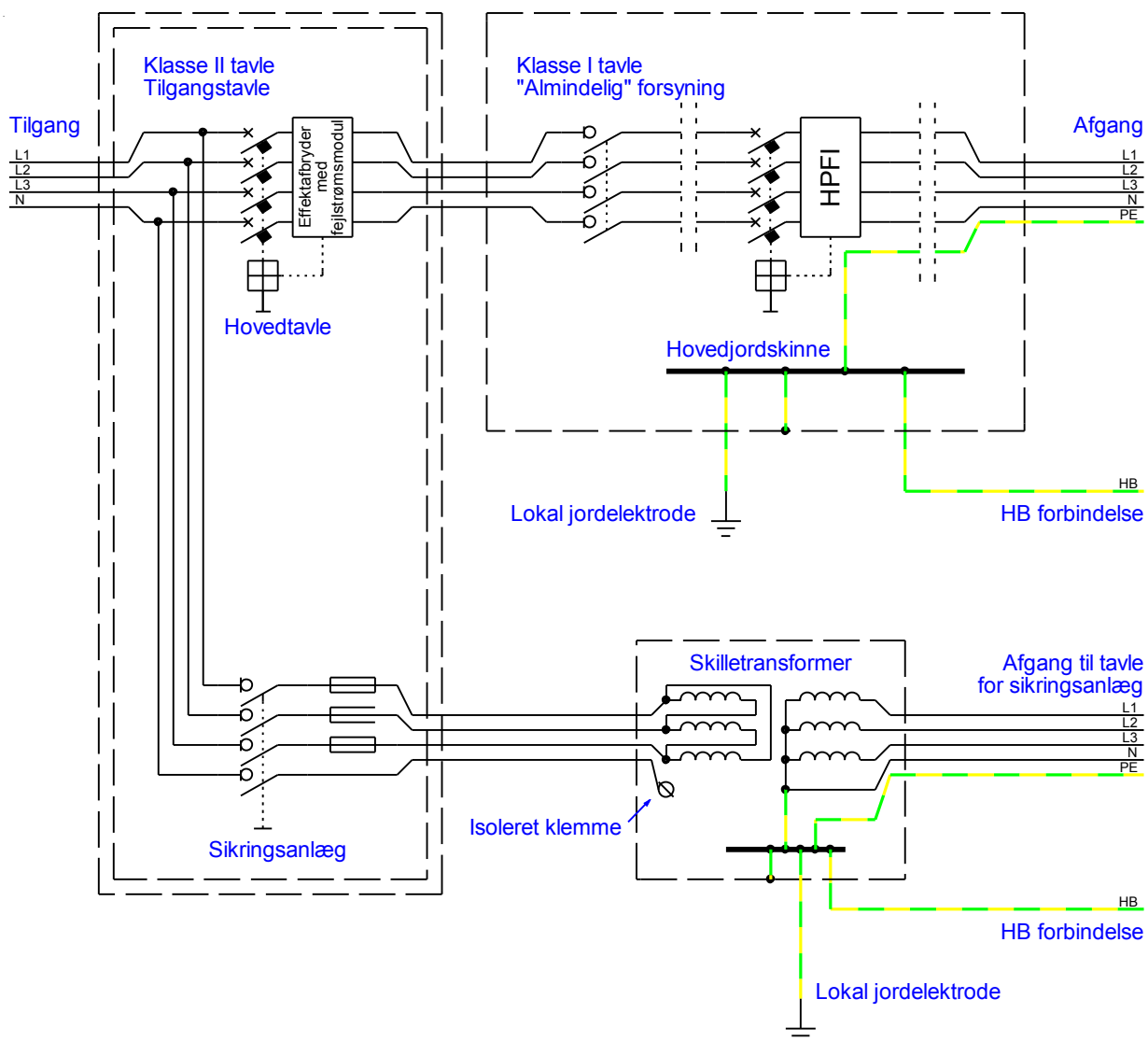
Hvis der anvendes en skilletransformer i lavspændingsforsyningen, kan jordelektroden til denne være fælles med sikringsanlæggets jordelektrode. Dette skal i hvert enkelt tilfælde aftales med Teknisk Drift Sikring og jordelektroden skal opfylde kravene til begge installationer mht. overgangsmodstand til jord.

#### Note 10.11-1

I de sikringsanlæg, der er etableret før "Signalprogrammet", er der typisk krav om en jordelektrode med en overgangsmodstand til jord på maks. 5  $\Omega$ .

De steder, hvor sikringsanlægget anvender returskinnen som jordelektrode, skal der etableres en separat jordelektrode til lavspændingsforsyningen. Jordelektroden skal dimensioneres efter SB6 [8].

Såfremt der tillades fejlstrømsafbrydere i lavspændingsinstallationen til et sikringsanlæg, skal reglerne i afsnit 10 følges, som ved en almindelig installation.



Figur 10.11-1. Forsyningsprincip ved fælles stikledning til "almindeligt" forbrug og sikringsanlæg hvor der ikke anvendes fejlstrømsafbrydere. Den "almindelige" forsyning udføres med TT systemjording mens forsyning til sikringsanlægget udføres som TN-S systemjording via en skilletransformer.

10.11.1 BDK – Princip for jording af lavspændingsforsyning og potentialudligning af teknikhytter

Figur 10.11.1-1 til 10.11.1-3 viser principperne for jording af lavspændingsforsyningen og potentialudligning af udvendige apteringer ved en teknikhytte. Bemærk at kredsen for



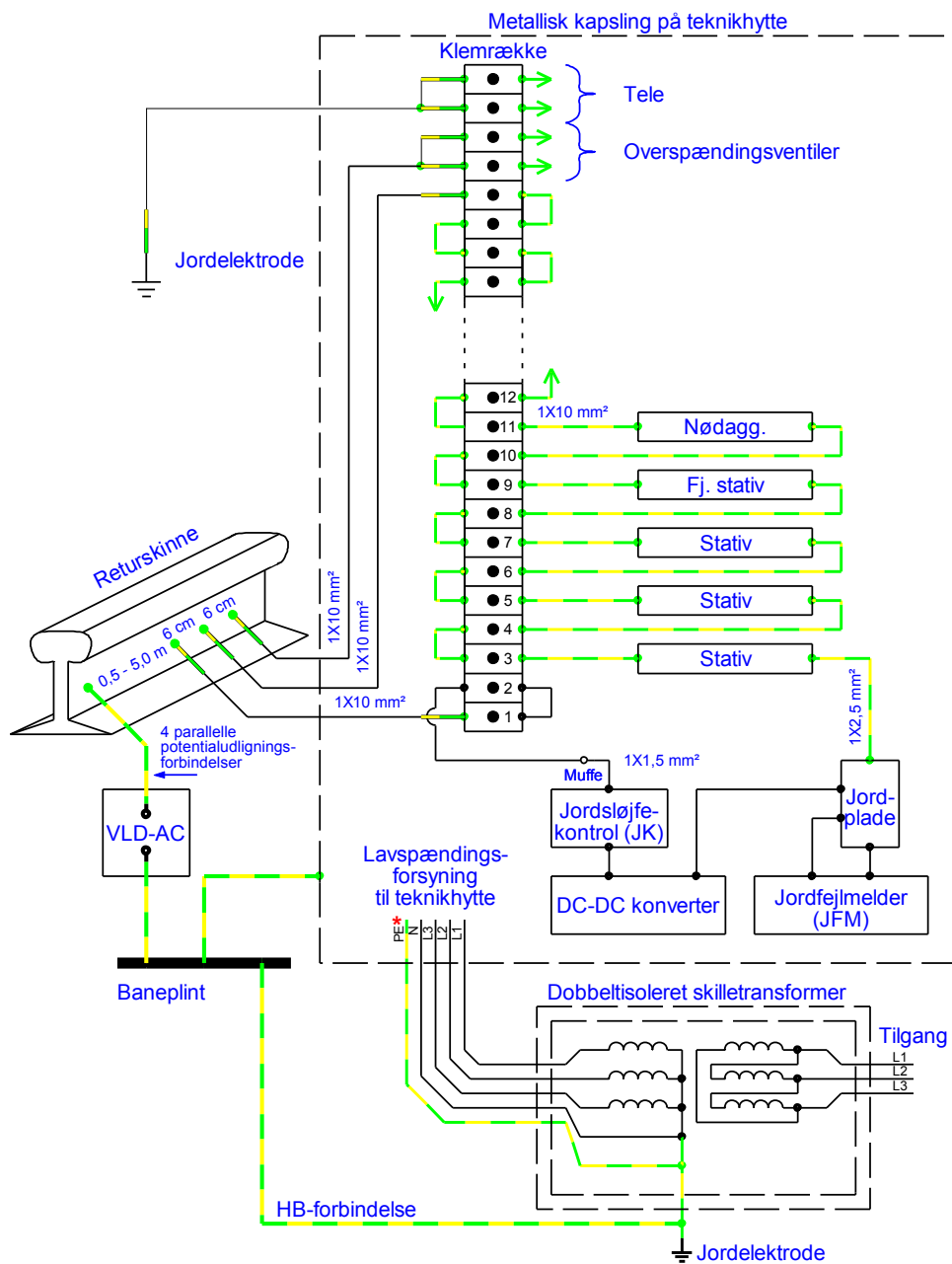
jordfejlmelderer og jordsløjfekontrollen er udført med egne kabler, og at der dermed ikke findes kabler, der er fælles for sikringsanlægget og potentialudligningssystemet. PE-lederen i lavspændingsforsyningen må ikke have forbindelse til de jordfejloverbåede kredse.

Teknikhytter skal potentialudlignes efter de almindelige regler herfor.

Kabler mellem returskinne/jordspyd og klemrække/plint for jording af stativer skal være 1X10 mm<sup>2</sup> Cu. Yderkappen skal være sort med grøn/gul krymp i enderne.

Interne kabler til jording af stativer skal være 1X10 mm<sup>2</sup> Cu med mindre andet er angivet på tegningerne. Yderkappen skal være sort med grøn/gul krymp i enderne eller grøn/gul over hele længden. Kabler til Jordsløjfekontrol (JK), DC-DC konverter, jordplade og jordfejlmelder skal være sorte eller grå.



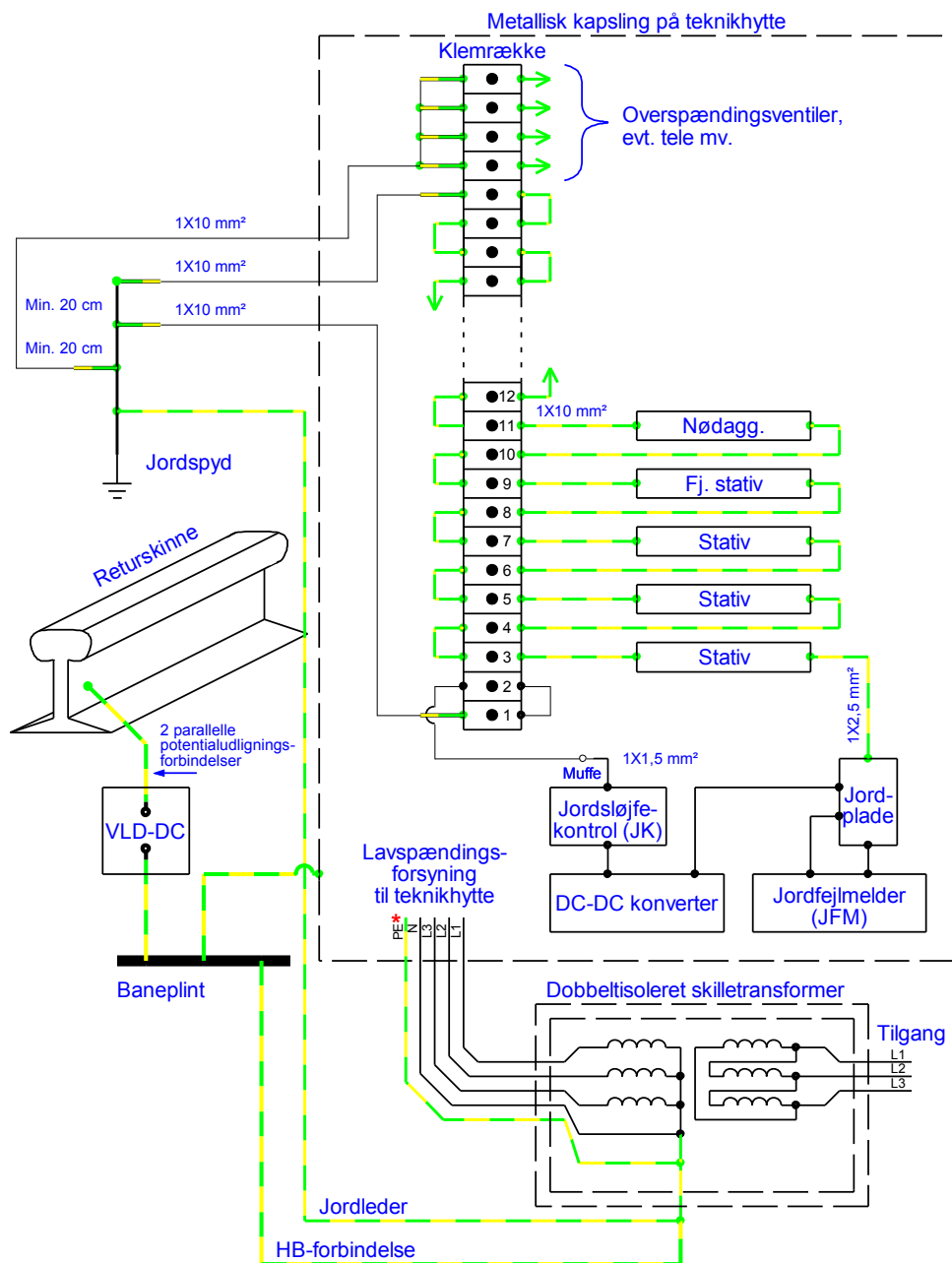


\* PE-lederen i lavspændingsforsyningen må ikke forbindes til stel / jord i stativer, jordpladen eller andre anlægsdele, der er jordfejlovervågede.

Figur 10.11.1-1. Princip for jording af lavspændingsforsyningen og potentialudligning af udvendige apertinger ved en teknikhytte på en elektrificeret Fjernbanestrækning. Hvis teknikhytten ligger uden for køreledningszonen kan de tre 1X10 mm<sup>2</sup> forbindelser til skinnen i stedet forbindes til en jordelektrode som på S-banen. Det

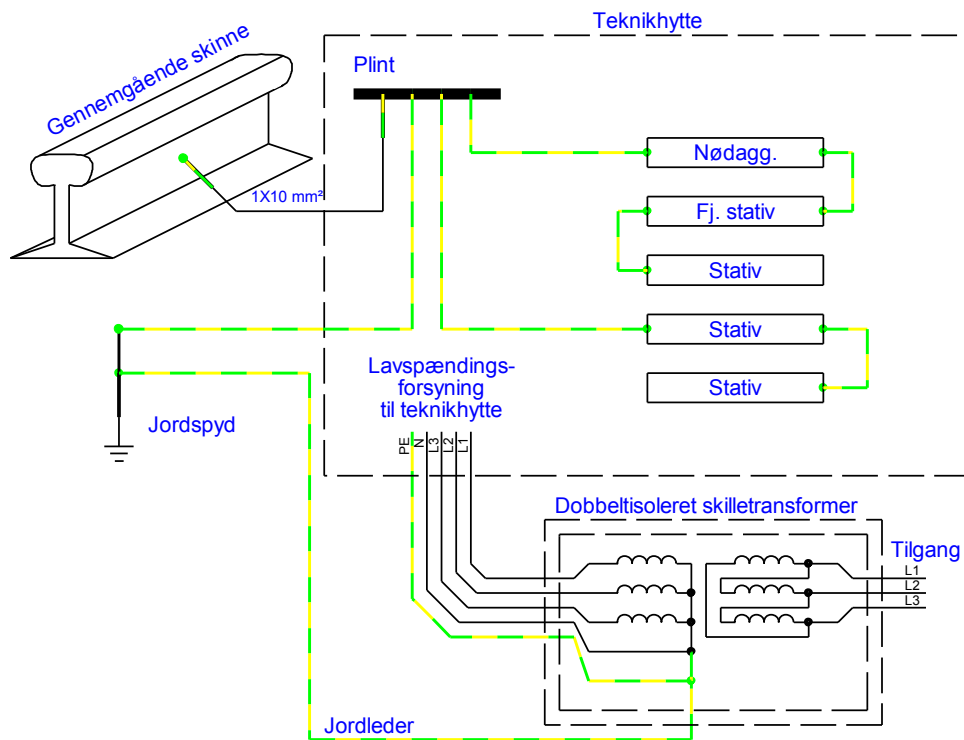


skal besluttes ud fra afsnit 9.6.2 om forbindelsen mellem baneplinten og returstrømsvejen skal være direkte eller via en VLD-AC. Skitsen er delvist baseret på fig. 1 i SN 299 V nr. 0895 [24].



\* PE-lederen i lavspændingsforsyningen må ikke forbindes til stel / jord i stativer, jordpladen eller andre anlægsdele, der er jordfejlovervågede.

Figur 10.11.1-2. Princip for jording af lavspændingsforsyningen og potentialudligning af udvendige aperturer ved en teknikhytte på S-banen. Sikringsanlægget anvender jordspyd som jordreference. Skitsen er delvist baseret på fig. 2 i SN 299 V nr. 0895 [24].



Figur 10.11.1-3. Princip for jording af lavspændingsforsyningen og potentialudligning af udvendige apteringer ved en teknikhytte på en ikke elektrificeret Fjernbanestrækning. Plinten for jording af de indvendige stativer skal forbindes til den gennemgående skinne.



## 11. DOKUMENTATION

### 11.1 Dokumentation (anlægsdokumentation) ved projekter

Anlægsdokumentation skal låses når et projekt låner planerne. Det kan ofte strække sig over en længere periode, og driftslederen ved da ikke, hvorledes hans anlæg er udført i denne omtalte periode.

Det er ikke en tålelig situation for driftslederen og derfor vil der fremover gælde følgende retningslinjer ved udlån af dokumentation:

- Fra dokumentationen lånes/låses, men hvor der ikke er sket ændringer i anlægget, skal der en gang om måneden meldes tilbage til [tekdok@bane.dk](mailto:tekdok@bane.dk), hvor det bekræftes at anlægget er uændret.
- Ved ændringer i Driftslederens anlæg, skal der den efterfølgende dag efter hver ændring i anlægget, sendes dokumentation med påført ”rød rettelse” til [tekdok@bane.dk](mailto:tekdok@bane.dk) som derefter foranlediger, at oplysningerne kommer i ProArc.
- Hvis ændringerne forekomme i weekenden eller på søn- og helligdage, skal projektet sørge for at BDK Produktion, Kørestrøm for dem tilsendt på anden vis (e-mail), og derefter på normalvis sende rettelserne til [tekdok@bane.dk](mailto:tekdok@bane.dk) den første hverdag, efter ændringerne er forekommet i anlægget. Projektet aftaler i hvert tilfælde med Produktion hvorledes dette gøres.
- I den periode et projektet har lånt og låst dokumentationen, skal projektet indarbejde de øvrige projekters ændringer samt drift udførte røde rettelser, for det område den udlånte dokumentation omfatter, efter samme regler som for egne rettelser.

På Fjernbanen skal der fremover udføres stationsudligningsplan- og returstrømsplaner, som på S-banen i forbindelse med større arbejder, såsom sporarbejder, kørestrømsarbejder signalprogrammet og etablering af BPU-områder. Alle potentialudligninger og returstrømsforbindelser indtegnes på planen.

### 11.2 BDK – Potentialudlignings- og returstrømsplaner (PR)

Kabler til potentialudligning og returstrøm skal dokumenteres i Potentialudlignings- og returstrømsplaner (kaldet PR).



Note 11.2-1

PR planer er tidligere arkiveret på følgende måde:

**Fjernbanen:** I kabel- og sporisolationsplaner samt i enkelte returstrømsplaner over særlige områder (kaldet FO/FR tegninger). Alle potentialudlignings- og returstrømsforbindelser er registreret i databasen PR-reg-F (JORREG).

**S-banen:** I returledningsplaner med tilhørende stationsudligningsplaner (kaldet KA/FX tegninger).

Tegningerne skal nummereres efter følgende princip:

### PR xx yyy.yyy.z-q

hvor:

PR	Tegningsgruppe (Potentialudlignings- og returstrømsplan).
xx	BTR nummer angivet med to cifre (fx 81).
yyy.yyy	Planens startkilometrering angivet med 6 cifre (fx 012.345).
z	0-9, der angiver tegningstype. Tegningstyperne er angivet herunder.
	0 Dokumentation for VLD skabe.
	1 Potentialudlignings- og returstrømsplan.
	2 Broudligningsplan.
	3 Stationsudligningsplan (inkl. centre og parkeringsbygninger).
	4 Perronudligningsplan 1.
	5 Perronudligningsplan 2.
	6 Perronudligningsplan 3.
	7 Perronudligningsplan 4.
	8 Koordinater til BPU-område.
	9 Øvrige.
q	Forskellig funktion alt efter tegningstype (z):
	Type 0: "q" erstattes med "A" for VLD-DC, "B" for VLD-AC og "C" for VLD-AD.
	Type 1: Anvendes ikke.
	Type 2-8: Niveau/plan som gælder for Broudlignings-, Stationsudlignings- og Perronudligningsplaner. Niveauet angives med "1" fra nederste niveau (fx spor) og med stigende nummer opefter (fx perrontag). Anvendes kun hvor der er mere end ét niveau.
	Type 9: Kan anvendes efter behov.



Det tekniske indhold af hver tegningstype er beskrevet i det følgende.

11.2.1 BDK – PR planer, der dække både Fjernbanen og S-banen og sammenhørende tegninger

PR planer (tegningsstyperne 2 til 9 jf. forrige afsnit), der dækker et (BPU-)område med både Fjernbane og S-bane (fx en station med perroner for begge baner), skal have tegningsnumre for begge baner. Dvs. at tegningen skal have to tegningsnumre, hvor den del af tegningsnummeret der indeholder BTR-nummeret er forskelligt. Over tegningshovedet skal der være en boks med felter, der viser de tegningsnumrene for de identiske tegninger. Se Figur 11.2.1-1 for et eksempel.

Hvor der anvendes flere tegninger til at vise potentialudligningen i et (BPU-)område, skal der over tegningshovedet på hver enkelt tegning (type 2-9) være en boks med felter, der giver generelle informationer om de enkelte tegninger for området. Se Figur 11.2.1-1 for et eksempel.



Sammenhørende tegninger				
Tegnings nr.	Niveau	Sted	Spor	Kilometrering
PR SS xxx.xxx.x-1	1, perron	xxx St.	x-x	Km xxx.xxx – xxx.xxx
PR SS xxx.xxx.x-2	2, perrontag	xxx St.	x-x	Km xxx.xxx – xxx.xxx

Identiske tegninger					
Nedenstående tegninger er registreret under to tegningsnumre for at indikere, at de gælder både for Fjernbanen og S-banen.					
PR SS xxx.xxx.x-1	PR SS xxx.xxx.x-2				
PR FF xxx.xxx.x-1	PR FF xxx.xxx.x-2				

	Verificeret		Adresse		Projektering
	Afløser		Banedanmark Amerika Plads 15 2100 København Ø		
	1. udgave Dato og initialer	Seneste udgave Dato og initialer	Mål	Tegningsnavn	
Udarbejdet			Enhed		
Kontrolleret					
Godkendt					
© Copyright Banedanmark	Sprog	Udgave	Tegningsnr	PR SS xxx.xxx.x-1 PR FF xxx.xxx.x-1	Side/af sider

Figur 11.2.1-1. Eksempel på tegningshoved for PR plan, der dækker både Fjernbanen og S-banen. "SS" i tegningsnummeret erstattes med BTR-nummeret for S-banen og "FF" med BTR-nummeret på Fjernbanen jf. afsnit 11.2.

Øverste kasse over tegningshovedet viser de sammenhørende tegninger for (BPU-)området. I dette eksempel er der 2 tegninger: Én i niveau med perron og én i niveau med perontag. Ved identiske tegninger vælges det ene tegningsnummer (i eksemplet valgt for S-banen).

Nederste kasse over tegningshovedet giver information om tegningsnumre for identiske tegninger (tegninger, der dækker på Fjernbanen og S-banen). I dette eksempel har hver af de to sammenhørende tegninger to tegningsnumre.





### 11.2.2 BDK – Generelt for PR planer type 2-8 (bro-, stations- og perronudligningsplaner)

På PR planerne type 2-8 skal BPU-området angives med en stiplede rød streg med en tykkelse på 0,5 mm.

Planerne skal være i fast målestoksforhold (fx 1:200), hvor alle potentialudlignede averteringer, kabler og føringsveje er indtegnet. Ved behov skal der laves en tegning for hvert relevant niveau/plan. Opstaltstegninger kan anvendes ved behov.

Alle kabler til potentialudligning skal angives med kabelnummer på tegningerne.

Der skal oprettes et et-streksdiagram, som angiver hovedkablerne fra plint til plint, eller fra plint til slut komponent. Diagrammet skal påføres stationsudligningsplanen eller broudligningsplanen for et BPU-område. Hvor et BPU-område er vist over flere tegninger skal det fremgå af et-streksdiagrammet hvilke tegninger, der dækker over de enkelte kabler.

Der skal anbringes et komplet sæt godkendt "Som udført" tegningsmateriale ved alle hovedtavler med afregningsmåler i et BPU-område.

Tegningsmaterialet anbringes i egnet lomme i tavlefelt.

### 11.2.3 BDK – Potentialudlignings- og returstrømsplaner (type 1)

Potentialudligning- og returstrømsplaner skal vise spor med angivelse af returskinne og isolerende stød samt påtegning af samtlige kabler i returstrømsvejen, herunder spring og sporforbindere.

På S-banen skal returstrømsskabe, sporimpedanser, faste jordingssteder, transientbeskyttelse af køreledningsanlægget, jordspyd, banegnistgab samt VLD-skabe ligeledes indtegnes.

På Fjernbanen skal returstrømsskabe (ved nulpunkter), nedledere (N og n), sugetransformere, jordspyd samt VLD-skabe ligeledes indtegnes.

For både S- og Fjernbanen skal planerne vise, hvordan enkeltstående averteringer er potentialudlignet langs sporet. Hvis der anvendes jordløbere, skal disse fremgå af planerne.



Signaturforklaringer for hhv. Fjernbanen og S-banen er vist i 0 og 0.

Note 11.2.3-1

Potentialudlignings- og returstrømsplaner svarer til de tidligere returstrømsplaner på S-banen (benævnt FX).

Potentialudlignings- og returstrømsplaner for S-banen og Fjernbanen skal dække stationsområder og depotområder og på S-banen ligeledes også frie strækninger.

Stationsområderne på tegningstype 1 vil i de fleste tilfælde ikke være detaljerede, men henvise til en detaljeret stationsudligningsplan (type 3) og evt. perronudligningsplaner (type 4-7). Ligeledes kan broer være dokumenteret detaljeret i en broudligningsplan (type 2). Hvor der findes tegningstyper 2-8, skal der henvises til disse på potentialudlignings- og returstrømsplanerne.

11.2.4 BDK – Broudligningsplaner (type 2)

Såfremt potentialudligning af en bro/tunnel ikke vises på andre PR-planer, skal der udarbejdes en broudligningsplan set ovenfra og relevante snit.

En broudligningsplan kan indgå alene eller som en del af et tegningsæt til et BPU-område. Der skal henvises til broudligningsplanen fra potentialudlignings- og returstrømsplanen (type 1) samt fra eventuelle stationsudligningsplaner (type 3).

11.2.5 BDK – Stationsudligningsplaner (type 3)

Ethvert BPU-område skal have en stationsudligningsplan.

Såfremt det ikke er muligt eller hensigtsmæssigt, at vise alle apteringer som er potentialudlignet og disses kabler på én stationsudligningsplan (f.eks. ved en stor station med flere perroner), kan det være nødvendigt at anvende perronudligningsplaner (type 4-7) og evt. broudligningsplaner (type 2), som så munder ud i en knapt så detaljeret stationsudligningsplan. Hvis denne løsning anvendes, skal kun de overordnede potentialudligningskabler og komponenter vises på stationsudligningsplanen. På stationsudligningsplanen skal henvises til de detaljerede bro- og perronudligningsplaner, hvor de øvrige kabler og apteringer er vist.

11.2.6 BDK – Perronudligningsplaner (type 4 – 7)

Perronudligningsplaner fungerer som supplement til en stationsudligningsplan.



Der skal henvises til Perronudligningsplaner fra Stationsudligningsplanen (type 3).

#### 11.2.7 BDK – Koordinater til BPU-område (type 8)

Som en del af anlægsdokumentationen skal der udarbejdes en oversigt over BPU-området, som et regneark, indeholdende GPS-koordinater (UTM32), fortløbende nummereret med uret, vist i BaneGIS, som med en rød streg beskriver BPUområdet..

Derudover skal afleveringsprotokol attesteres, se ”Bilag 7.1” fra dette dokument.

#### 11.2.8 BDK – Øvrige PR planer (type 9)

Øvrige tegninger kan anvendes efter behov.

### 11.3 BDK – BPU-område

Grænserne til et BPU-område skal dokumenteres i form af en koordinatliste.

Alle hjørnekoordinaterne til den ydre grænse i et BPU-område skal opmåles i UTM/ETRS89 (plan) og DVR90 (højde). KMS´ s sekundære kortprojektion, Kp2000, skal anvendes iht. TM nr. 04/2008 [13]. Opmålingsnøjagtigheden skal ligge inden for 0,5 m.

De opmålte koordinater skal indberettes for lagring i Banedanmarks GIS-database. Koordinaterne afleveres digitalt på listeform, fx i et regneark, som indeholder alle koordinaterne i ordnet rækkefølge. Ud fra det afleverede koordinatsæt, skal det være muligt at tegne en fuldstændig polygon af det definerede BPU-område på et kort.

Ved ændring af et BPU-område skal det fulde koordinatsæt for det nye område afleveres, også uændrede koordinater.

### 11.4 BDK – Kabelnummerering og kabelmærker

Returstrømsforbindelser og potentialudligningsforbindelser skal opmærkes og nummereres jf. de følgende afsnit.

#### 11.4.1 BDK – Kabelmærker

Der skal anvendes vejrbestandige kabelmærker, som fx Panduits model af rustfrit stål med stansede typer (positive stansede typer).



Kabelmærker skal påsættes kablet i tilslutningsenderne, i kabelrender/-bakker for hver 20 m, samt i kabelbrønde. Ved parallelle kabler skal disse mærkes for hver 5 meter på synlige steder. Nedgravede afgreninger skal ikke opmærkes.

Kabler og kabelmærker i perronniveau skal placeres, så de er beskyttet mod køretøjer (fx fejmaskiner) og spark. Dvs. fortrinsvis på bagsiden af apteringer eller pegende i sporets længderetning ved perroner med passage/spor på begge sider af apteringen.

#### 11.4.2 BDK – Kabelnumre til potentialudligningsforbindelser på BPU-områder

•

Samtlige kabler til potentialudligning inden for definerede BPU-områder skal mærkes med et kabelnummer for at identificere kablet. Kabelnumrene er bygget op af et antal led forbundet med bindestreger (-). For hver plint eller afgrening tilføjes et led til kabelnummeret således, at kablet kan ”spores” på sin vej fra baneplinten til tilslutningspunktet. Princippet for opbygning af kabelnummeret er givet nedenfor:

#### **a-b-c-d**

hvor:

- a 1. led: Fortløbende nummer, der indikerer kabel nr. fra baneplinten. Dette er typisk jordløbere, perronudligningsledere og stationsforbindelsesledere.
- b 2. led: Indikerer *enten* et afgrenings nr. fra et af ovenstående kabler med et fortløbende nummer *eller* en betegnelse for en plint, se nedenfor.
- c Efterfølgende led: Indikerer *enten* afgrenings nr. fra en potentialudligningsforbindelse *eller* betegnelsen for en plint *eller* et kabel fra en plint.
- d Samme som ”c”. Flere led kan tilføjes efter behov.

*Bemærk at antallet af led i kabelnummeret varierer alt efter hvordan det enkelte kabel har forbindelse til baneplinten.*

I kabelnumre angives plinte med et bogstav efterfulgt af et fortløbende nummer (baneplinten nummereres ikke) som angivet nedenfor:

- P Perronplint
- B Brøndplint
- F Forbindelsesplint

*Eksempel: Perronplint 2 angives som ”P2” i kabelnummeret.*



HB forbindelser skal have tilføjet bogstaverne "HB" efter kabelnummeret. Eksempel: Kabel nr. 3 fra baneplinten er en HB-forbindelse og skal derfor nummereres "3 HB".

I tilfælde af ringforbindelser (fx ved flere perroner), nummereres kabler efter det lavest mulige antal karakterer. I tilfælde med lige mange karakterer anvendes den med lavest mulige talværdi. Se skitse A: Kabel nr. 2-P4-1 kunne alternativt navngives 3-P4-1 eller 1-P1-1-P3-1. Kablet nummereres 2-P4-1 da første alternativ har højere talværdi og det andet alternativ har flere karakterer.

Nedenfor er et eksempel på kabelnummereringen af kabler og plinte fra baneplinten til en aptering.

4	Kabel nr. 4 fra baneplinten.
4-P2	Perronplint "P2", som er tilsluttet kabel nr. "4".
4-P2-1	Kabel nr. 1 fra plint "P2".
4-P2-1-B1	Brøndplint "B1", som er tilsluttet kabel nr. "4-P2-1" via en afgrening med samme kabelnummer.
4-P2-1-B1-3	Kabel nr. 3 fra plint "B1".
4-P2-1-B1-3-1	Afgrening nr. 1 fra kabel nr. "4-P2-1-B1-3".

*Bemærk at der ovenfor er angivet kabelnumre på fem forskellige kabler samt to plinte.*

#### 11.4.3 BDK – Kabelnumre til potentialudligningsforbindelser på frie strækninger

På frie strækninger uden for BPU-områder skal potentialudligningsforbindelser nummereres efter BTR-nummer, kilometrering, spornr. og fortløbende nummer i begge ender. Afgrenede kabler skal dog kun mærkes ved tilslutningen til apteringen, hvis kabellængden er under 5 meter. Afgrenede kabler på over 5 meter skal opmærkes både ved afgrening og ved aptering.

Kablerne skal nummereres efter følgende princip:

**xxx-yyy.yyy-sss - a-b-c**



hvor:

- xxx BTR nummer angivet med tre cifre.
- yyy.yyy Kilometreringen for tilslutningspunktet til returstrømsvejen angivet med 4 - 6 cifre.
- sss Spornummer angivet med nødvendigt antal cifre/karakterer.
- a Fortløbende nummer, der angiver kabelnummeret ved tilslutning af flere potentialudligningsforbindelser i samme punkt.
- b Fortløbende nummer, der angiver afgreningsnummer fra "a" efter samme princip som for potentialudligningsforbindelser inden for BPU-områder. Anvendes kun ved afgreninger fra "a".
- c Fortløbende nummer, der angiver afgreningsnummer fra "b" efter samme princip som for potentialudligningsforbindelser inden for BPU-områder. Anvendes kun ved afgreninger fra "b".

*Bemærk at de første fire led (til om med "a") altid indgår i kabelnummeret. Flere led anvendes kun ved afgreninger og kan tilføjes ved behov.*

#### 11.4.4 Kabelnumre for returstrømsforbindelser

Returstrømsforbindelser skal kun mærkes hvor kablerne ikke er synlige i hele deres længde, fx:

- Ved returstrømsskabe.
- Ved føring i kabelrør.
- Ved helt eller delvist nedgravede kabler.

Kabler, der er synlige i hele deres længde, skal ikke opmærkes.

Returstrømsforbindelser skal nummereres efter følgende princip:

#### **xxx.xxx-sss – yyy.yyy-ttt**

Hvor:

- xxx.xxx Kilometreringen for kablets startposition (tilslutningspunkt) angivet med 4 - 6 cifre.
- sss Spornummer for kablets startposition angivet med nødvendigt antal cifre.
- yyy.yyy Kilometreringen for kablets slutposition (tilslutningspunkt) angivet med 4 - 6 cifre.
- ttt Spornummer for det kablets startposition angivet med nødvendigt antal cifre.

*Bemærk at alle fire led altid indgår i kabelnummeret.*



Ved parallelle kabler se afsnit 11.4.5.

#### 11.4.5 BDK – Parallelle kabler

Parallelle potentialudligningsforbindelser og returstrømsforbindelser skal have tilføjet information om kabelnr. og antal parallelle kabler i en parentes efter kabelnummeret. Nummereringen skal udføres efter følgende princip:

#### **xxxxx (a/b)**

Hvor:

xxxxx Kabelnummer jf. afsnit 11.4.2, 11.4.3 eller 11.4.4.

a Parallelt kabel nr.

b Antal parallelle kabler.

#### Note 11.4.5-1

Eksempel på kabelnumre på en potentialudligningsforbindelse med to parallelle kabler er: "4-P2-1 (1/2)" og "4-P2-1 (2/2)"

#### 11.4.6 BDK – Nye kabler i eksisterende kabelnummersystem

Hvor der tilføjes nye kabler/kabelnumre i et eksisterende potentialudligningssystem skal nye kabler nummereres efter følgende princip:

Hvor kablet tilføjes mellem to eksisterende kabler uden mellemliggende "frie kabelnumre", skal kablet have samme nr. som kablet med det laveste nr. tilføjet et bogstav startende ved "A". Hvis der er "frie kabelnumre" får kablet et af disse.

#### Note 11.4.6-1

Eksempel 1: Et nyt kabel tilsluttes en jordløber mellem to eksisterende kabler. De to eksisterende kabler har nr. "4-P2-1-4" og "4-P2-1-5". Det nye kabel får nr. "4-P2-1-4A". Der tilsluttes herefter et kabel mellem "4-P2-1-4A" og "4-P2-1-5" som får nr. "4-P2-1-4B".

Eksempel 2: Et nyt kabel tilsluttes en jordløber mellem to eksisterende kabler. De to eksisterende kabler har nr. "4-P2-1-4" og "4-P2-1-8". Der er "frie kabelnumre" mellem de to eksisterende kabler, så det nye kabel får nr. "4-P2-1-5".



## 12. BILAGSOVERSIGT

### BILAG 1 KØRESTRØMSANLÆGGETS KOMPONENTER (INFORMATIVT)

### BILAG 2 GRÆNSEVÆRDIER FOR BERØRINGSSPÆNDINGER (NORMATIVT)

### BILAG 3 BDK – RETURSTRØMSVEJEN PÅ FJERNBANEN (NORMATIVT)

Bilag 3.1 Kontinuitet i returstrømsvejen

Bilag 3.2 Ved fordelingsstationer

Bilag 3.3 Nedledere

### BILAG 4 BDK – RETURSTRØMSFORBINDELSER PÅ S-BANEN (NORMATIVT)

Bilag 4.1 Centrale og ydre afsnit

Bilag 4.2 Særligt for enkeltstrengede sporisolationer

Bilag 4.3 Særligt for dobbeltstrengede sporisolationer

Bilag 4.4 Særligt for stødløse sporisolationer (FTGS)

Bilag 4.5 Depotspor og depotområder

Bilag 4.6 Kontinuitet i returstrømsvejen

### BILAG 5 BDK – KABELTYPER TIL RETURSTRØMSFORBINDELSER OG POTENTIALUDLIGNINGSFORBINDELSER (NORMATIVT)

Bilag 5.1 BDK – Krav til kabeltyper





Bilag 5.2 BDK – Krav til ledertværsnit og farvemærkning

Bilag 5.3 BDK – Krav til ledertværsnit for øvrige systemer

## BILAG 6 BDK – OPDELING AF LEDENDE DELE SOM HEGN, RØR OG WIRER (INFORMATIVT)

Bilag 6.1 Hegn

Bilag 6.2 Rør

Bilag 6.3 Wirer

## BILAG 7 BDK – KONTROLLISTE VED FASTLÆGGELSE AF BPU-OMRÅDER (NORMATIVT)

Bilag 7.1 Afleveringsprotokol for BPU-område

## BILAG 8 BDK – EKSEMPEL PÅ BPU-OMRÅDE VIST PÅ ORTOFOTO

## BILAG 9 OVERSIGT OVER ALMINDELIGE APTERINGER SOM SKAL HENHOLDSVIS IKKE SKAL POTENTIALUDLIGNES (INFORMATIVT)

## BILAG 10 BDK – SKILTNING

Bilag 10.1 Skiltning ved nulpunkt

Bilag 10.2 Skiltning ved plinte for potentialudligning

Bilag 10.3 Skiltning ved isolerede sektioner / opdelinger

## BILAG 11 BDK – EKSEMPLER PÅ OPBYGNING AF POTENTIALUDLIGNING OG LAVSPÆNDINGSFORSYNING (INFORMATIVT)



BILAG 12 AFSNIT MED SÆRLIG RELEVANS FOR TEKNISK DRIFT  
SIKRING (INFORMATIVT)



## Bilag 1 KØRESTRØMSANLÆGGETS KOMPONENTER (IN-FORMATIVT)

Kørestrømsanlægget på Fjernbanen består af:

- **Køreledningsanlægget**, som udgøres af køreledninger, bæretov, returledninger, ledningsophæng, sugetransformere, ledningskoblere, køreledningskonstruktioner og fundamenter.
- **Strømforsyningsanlægget**, som udgøres af fordelingsstationer, fødekabler og returkabler mellem fordelingsstationer og returstrømsskabe. Hertil kommer banetransformeren og kablerne mellem denne og fordelingsstationen.
- **Returstrømsvejen**, som udgøres af returskinner og returstrømsforbindelser, herunder nedledere. Returledningen er en del af køreledningsanlægget.
- **Potentialudligningsforbindelser**, der udgøres af kabler, som direkte eller via VLD'er forbinder faste ledende apteringer til returstrømsvejen.

Den nominelle spænding på fjernbanen er 25 kV AC, 50 Hz.

Kørestrømsanlægget på S-banen består af:

- **Køreledningsanlægget**, som udgøres af køreledninger, strømskinner, bæretov, forstærkningsledninger, ledningsophæng, ledningskoblere, køreledningskonstruktioner og fundamenter.
- **Strømforsyningsanlægget**, som udgøres af omformerstationer, fødekabler (minus-kablerne) og returkabler (plus-kabler) mellem fordelingsstationer og returstrømsskabe.
- **Returstrømsvejen**, som udgøres af returskinner, sporimpedanser og returstrømsforbindelser, herunder S-forbindere og tilledninger til sporimpedanser.
- **Potentialudligningsforbindelser**, der udgøres af kabler, som via VLD'er forbinder faste ledende apteringer til returstrømsvejen.

Den nominelle spænding på S-banen er 1650 V DC.



## Bilag 2 GRÆNSEVÆRDIER FOR BERØRINGSSPÆNDINGER (NORMATIVT)

På elektrificerede jernbaner stiller DS/EN 50122-1 [1] krav til de maksimale tilladelige effektive berøringspændinger mellem skinnerne (returstrømsvejen) og apteringer langs jernbanen. Der skelnes mellem driftssituationer og fejlsituationer.

### Note 0-2

Høje berøringspændinger kan bl.a. opstå som følge af tæt togdrift, forbikobling af en omformerstation, ved skinnebrud eller isolationsfejl i køreledningsanlægget (fx en nedfalden køreledning).

I driftssituationer (inkl. forbikoblinger) må den effektive berøringspænding ikke overstige værdierne i Tabel 0-1.

	AC [V RMS] (Fjernbanen)	DC [V] (S-banen)
<b>Værksteder</b>	25	60
<b>Øvrige områder</b>	60	120

Tabel 0-1. Maksimalt tilladelige effektive berøringspændinger ved drift. Der skelnes mellem værksteder og øvrige områder.

I fejlsituationer (isolationsfejl, kortslutninger) må den effektive berøringspænding ikke overstige værdierne i Tabel 0-2.



Varighed [s]	AC [V RMS] (Fjernbanen)	DC [V] (S-banen)
0,02	865	870
0,05	835	735
0,1	785	625
0,2	645	520
0,3	480	460
0,4	295	420
0,5	220	385
0,6	180	360
0,7	155	350

Tabel 0-2. Maksimalt tilladelige effektive berøringspændinger ved fejl (kortslutning).

Hvis værdierne for de maksimale tilladelige effektive berøringspændinger ikke kan overholdes, skal der gøres tiltag, for at sænke berøringspændingen. Sådanne tiltag kan bl.a. være:

- Anvendelse af VLD'er.
- Reducering af impedansen i potentialudligningsforbindelserne.
- Anvendelse isolation på ståfladerne.
- Forøgelse af ledningsevnen i returstrømsvejen.
- Reducering af længden af køreledningssektionen.



### Bilag 3 BDK – RETURSTRØMSVEJEN PÅ FJERNBANEN (NORMATIVT)

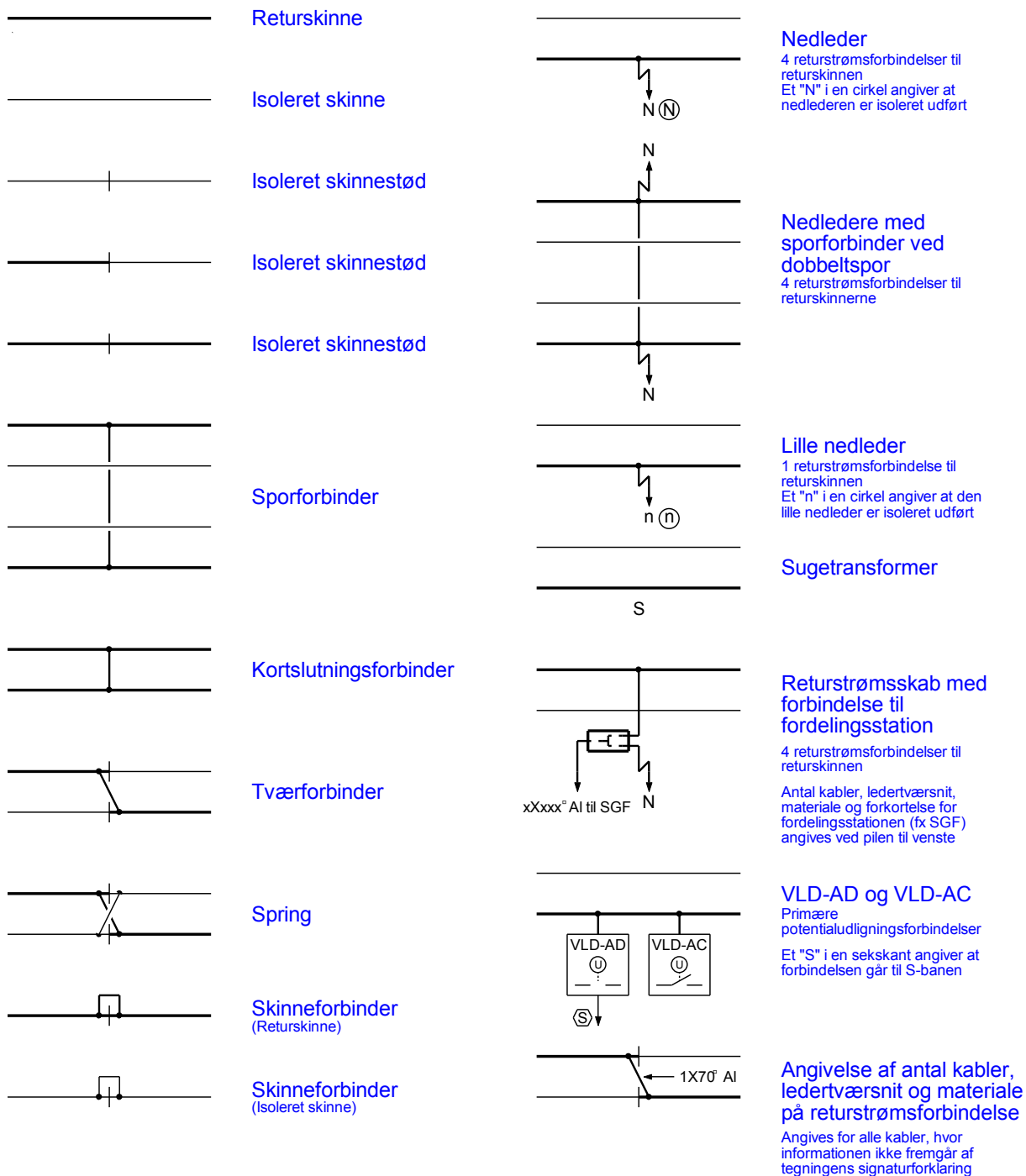
Dette bilag beskriver Banedanmarks krav til returstrømsvejen på Fjernbanen. Ud over dette bilag findes der i systemdokumentationen til det pågældende anlæg en række tegninger vedrørende potentialudligning og returstrøm, som skal følges.

Returstrømsforbindelser indgår i returstrømsvejen og består på Fjernbanen af følgende typer forbindelser:

- Sporforbindere.
- Tværforbindere.
- Skinneforbindere.
- S-forbindere, endeforbindere og kortslutningsforbindere.
- Nedledere (N).
- Små (lille) nedledere (n).
- Kabler ført parallelt med spor til forstærkelse af returstrømsvejen ved enkeltspor.

Krav til kabeldimensioner og -typer fremgår af 0.

Figur 0-1 viser returstrømsforbindelserne skematisk. S-forbindere, endeforbindere og kortslutningsforbindere er dog ikke vist.



Figur 0-1. Skematisk oversigt over returstrømsforbindelser på Fjernbanen.



### Bilag 3.1 Kontinuitet i returstrømsvejen

For at sikre kontinuitet i returstrømsvejen skal der på Fjernbanen være mindst tre separate returstrømsveje for hver sporisolation. Returstrømsvejene skal etableres ved hjælp af returstrømsforbindelser.

Ved enkeltstrengede sporisolationer medfører dette, at der for hver sporisolation skal være to tværforbindere (en i hver ende af sporisolationen) samt en sporforbinder. Hvor det ikke er muligt at etablere to tværforbindere (fx hvor et spor ender), skal der etableres to sporforbindere, hvoraf den ene skal være i sporisolationens endepunkt modsat tværforbinderen.

Ved stødløse sporisolationer, hvor begge skinner leder returstrøm, gælder kravet om tre separate returstrømsveje for den definerede returskinne.

Bemærk, at sporskifter pr. definition har tre returstrømsveje og således ikke behøver sporforbindere.

Som tilføjelse til det ovenstående skal der etableres sporforbindere ud for sugetransformere og nedledere (N). På banestrækninger uden sugetransformere er der ingen krav om sporforbinder ud for lille nedleder (n).

På alle elektrificerede banestrækninger skal der etableres sporforbindere for minimum hver 1500 m.

På stationer skal der etableres sporforbindere umiddelbart ved relæhuse. Derudover skal der etableres sporforbindere for hver 300 m. Forbindelser skal etableres til alle spor.

På enkeltsporede banestrækninger skal der føres et returstrømskabel langs med sporet. Dette kabel agerer "parallelt spor" er en forstærkelse af returstrømsvejen. Kablet fungerer som den tredje returstrømsvej og skal via returstrømsforbindelser forbindes til returskinne jf. ovenstående krav.

### Bilag 3.2 Ved fordelingsstationer

Der skal etableres sporforbindere ud for nulpunkter samt for hver 300 m fra nulpunktet i begge retninger i en afstand af min. 1500 m fra nulpunktet. På banestrækninger med su-





getransformere skal nulpunktet placeres ca. midt mellem to sugetransformere, og der skal etableres sporforbinderne pr. 300 m indtil første sugetransformer i begge retninger.

### Bilag 3.3 Nedledere

En nedleder består af en returstrømsforbindelse mellem returledningen og returskinnen i det tilhørende spor. Der skelnes mellem en nedleder (N) og en lille nedleder (n).

På banestrækninger med sugetransformere skal der etableres en nedleder (N) for hver ca. 3 km i en position midt mellem to på hinanden følgende sugetransformere. På mastefoden skal der installeres en plint hvorfra der skal etableres *fire* parallelle returstrømsforbindelser, som tilsluttes returskinnen med ca. 1 m mellemrum.

På banestrækninger uden sugetransformere skal der etableres en lille nedledere (n) med intervaller på maks. 250 m. Fra mastefoden skal der etableres *én* returstrømsforbindelse til returskinnen.

#### Note 0-1

I Københavnsområdet på banestrækninger, hvor der ikke findes sugetransformere (Klampenborg km 16.492 til Hedehusene km 25.328), er der for hver ca. 200 m monteret en lille nedleder (n).

På Øresundsforbindelsen (km 0 til km 18.235) og på Storebæltsforbindelsen (km 109.747 til km 129.976), hvor der heller ikke findes sugetransformere, er alle køreledningsmaster tilsluttet returskinnen med en lille nedleder (n).

På køreledningsmaster af beton skal nedlederen (N og n) udføres med et isoleret kabel fra returlederen til plinten på mastefoden.

På fritstående køreledningsmaster af stål skal selve masten benyttes som nedleder (N og n). Mastens top skal forbindes til returledningen med en kabelstump. Ved BPU-områder eller ved nærføring med DC-jernbaner skal nedledere dog udføres isoleret jf. afsnit 8.2.5.

Ved nulpunkter skal nedledere udføres som angivet i systemdokumentationen.



## Bilag 4 BDK – RETURSTRØMSFORBINDELSER PÅ S-BANEN (NORMATIVT)

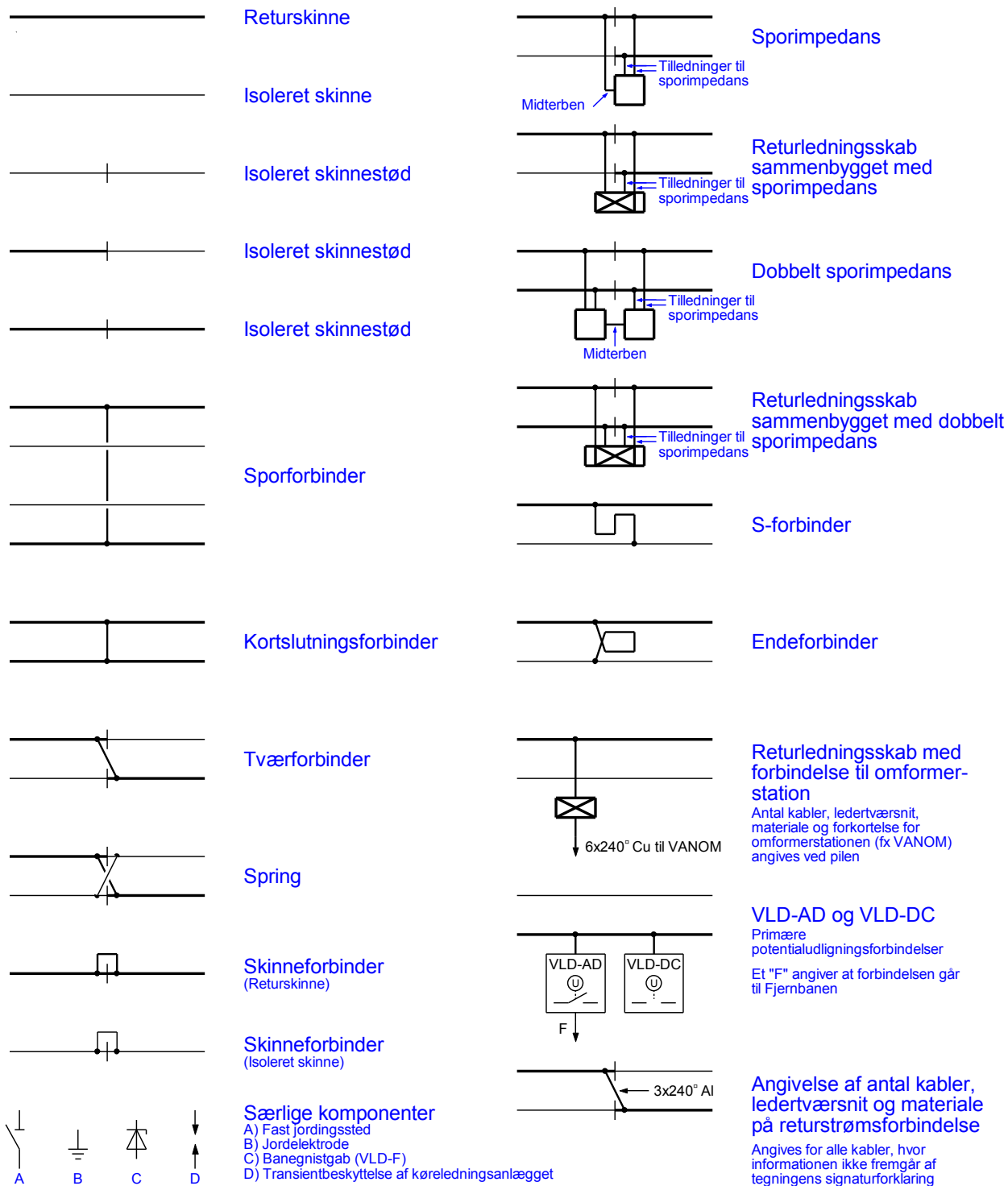
Dette bilag beskriver Banedanmarks krav til returstrømsvejen på S-banen. Ud over dette bilag findes der i systemdokumentationen til det pågældende anlæg en række tegninger vedrørende potentialudligning og returstrøm, som skal følges.

Returstrømsforbindelser indgår i returstrømsvejen og består på S-banen af følgende typer forbindelse:

- Sporforbindere.
- Tværforbindere.
- Skinneforbindere.
- Tilledninger til sporimpedanser.
- S-forbindere, endeforbindere og kortslutningsforbindere.
- Kabler ført parallelt med spor til forstærkelse af returstrømsvejen ved omformerstationer.

Krav til kabeldimensioner og -typer fremgår af 0.

Figur 0-1 viser returstrømsforbindelserne skematisk.



Figur 0-1. Oversigt over returstrømsforbindelser på S-banen.



Afhængigt af den pågældende banestræknings belastning og placering samt sikringsanlæggets opbygning, skal returstrømsforbindelserne monteres på forskellig måde og med et antal parallelle kabler. Dette er givet i de følgende afsnit.

#### Bilag 4.1 Centrale og ydre afsnit

S-banen er opdelt i to afsnit for at imødekommet behovet for en forstærket returstrømsvej, hvor togdriften er tæt. Antallet af parallelle kabler i hver returstrømsforbindelse skal bestemmes ud fra om returstrømsforbindelsen er placeret i et centralt eller ydre afsnit.

I de centrale afsnit skal returstrømsforbindelser udføres med tre parallelle kabler. I de ydre afsnit skal returstrømsforbindelser udføres med to parallelle kabler.

S-forbindere og endeforbindere skal udføres med ét kabel undtagen ved omformerstationer, som angivet under "Særligt for stødløse sporisolationer (FTGS)" i dette bilag.

Grænserne for det centrale og ydre afsnit er som følger:

##### Centrale afsnit

Valby/Bavnehøj – Svanemøllen

Køgebugtbanen:	Km 3,7 (Bavnehøj)
Vestbanen:	Km 4,7 (Valby)
Frederikssundbanen:	Km 4,7 (Valby)
Hareskovbanen:	Km 6,2 (Svanemøllen)
Nordbanen	Km 6,2 (Svanemøllen)

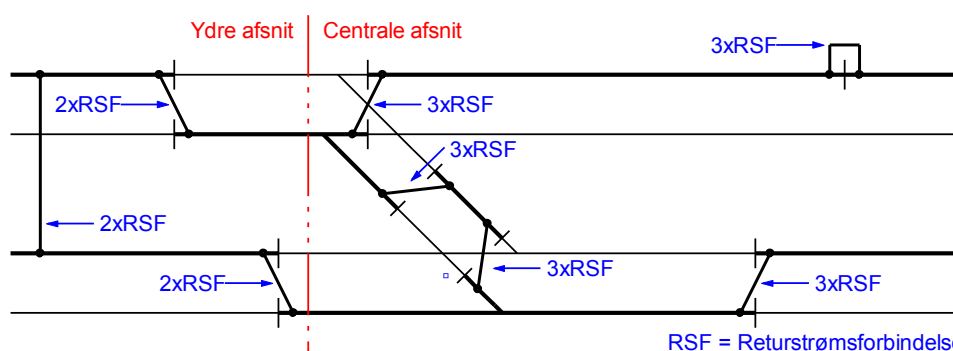
##### Ydre afsnit

Køgebugtbanen:	Km 3,7 til km 38,9 (Bavnehøj – Køge)
Vestbanen:	Km 4,7 til km 20,0 (Valby – Høje Taastrup)
Frederikssundbanen:	Km 4,7 til km 41,8 (Valby – Frederikssund)
Hareskovbanen:	Km 6,2 til km 27,4 (Svanemøllen – Farum)
Ringbanen:	Km 2,1 til km 13,4/7,2 (Ny Ellebjerg – Hellerup)
Nordbanen:	Km 6,2 til km 36,4 (Svanemøllen – Hillerød)
Klampenborgbanen:	Km 8,8 til km 13,4 (Hellerup – Klampenborg)



### Bilag 4.2 Særligt for enkeltstrengede sporisolationer

Ved enkeltstrengede sporisolationer skal alle returstrømsforbindelser og potentialudligningsforbindelser tilsluttes direkte til returskinnen. Disse kabler må ikke tilsluttes den isolerede skinne. Figur Bilag 4.2-1 illustrerer hvordan returstrømsforbindelser tilsluttes i sporet på S-banestrækninger med enkeltstrengede sporisolationer samt det krævede antal parallelle kabler i returstrømsforbindelserne i hhv. de centrale og de ydre afsnit.



Figur Bilag 4.2-1. Oversigt over tilslutning af returstrømsforbindelser og antal parallelle kabler i returstrømsforbindelser på S-banestrækninger med enkeltstrengede sporisolationer i de centrale og ydre afsnit.

### Bilag 4.3 Særligt for dobbeltstrengede sporisolationer

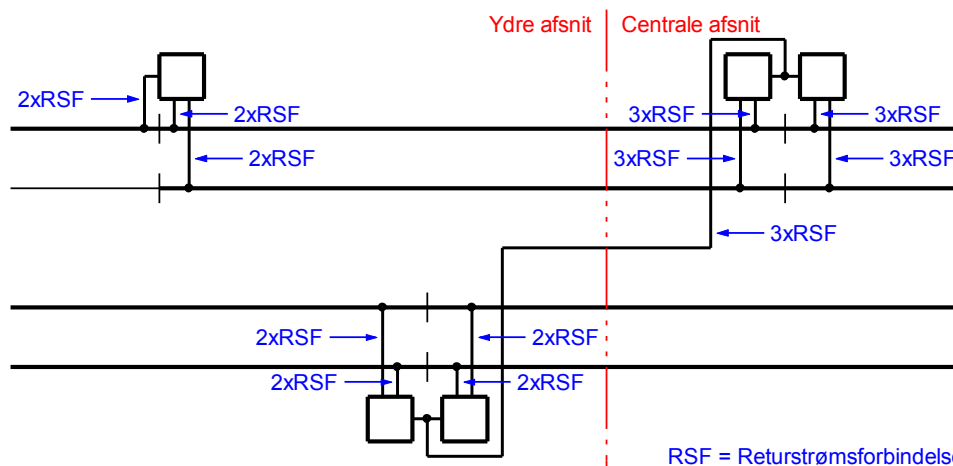
Ved dobbeltstrengede sporisolationer skal hhv. højre og venstre skinnestreng i hver ende af en sporisolation tilsluttes en sporimpedans på sporimpedansens to yderben. Alle øvrige returstrømsforbindelser og potentialudligningsforbindelser skal tilsluttes sporimpedansens midterben. Disse kabler må ikke tilsluttes direkte til skinnerne.

To sporimpedansers midterben forbundet via en laske kaldes en ”dobbelt sporimpedans” og skal anvendes, hvor to dobbeltstrengede sporisolationer støder op til hinanden. En sporimpedans kan også sammenbygges med et returstrømsskab.

#### Note Bilag 4.3-1

En sporimpedans er tilpasset til den sporisolation, hvortil den er tilsluttet, og kan ikke uden videre udskiftes eller flyttes til en anden placering.

Figur Bilag 4.3-1 illustrerer hvordan returstrømsforbindelser skal tilsluttes i sporet på S-banestrækninger med dobbeltstrengede sporisolationer samt det krævede antal parallelle kabler i returstrømsforbindelserne i hhv. de centrale og de ydre afsnit.



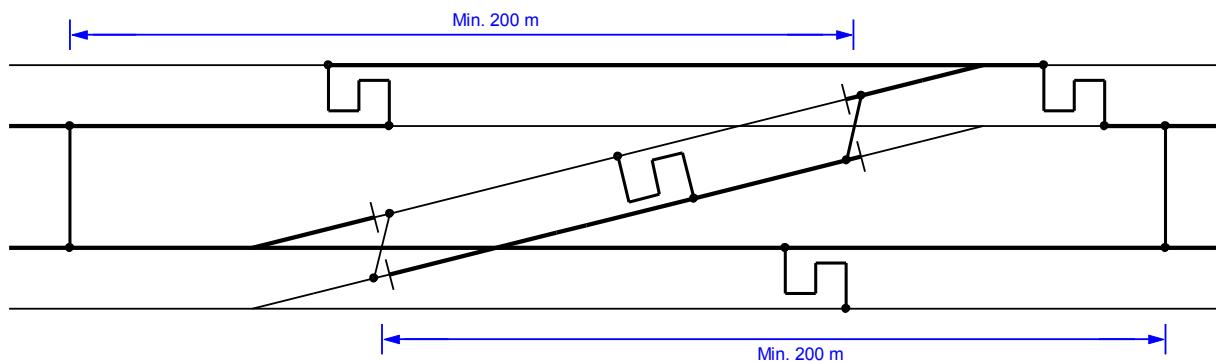
Figur Bilag 4.3-1. Oversigt over tilslutning af returstrømsforbindelser og antal parallelle kabler i returstrømsforbindelser på S-banestrækninger med dobbeltstrengede sporisolationer i de centrale og ydre afsnit.

#### Bilag 4.4 Særligt for stødløse sporisolationer (FTGS)

S-forbindere, endeforbindere og kortslutningsforbindere, der anvendes ved stødløse sporisolationer (FTGS), fører returstrøm og indgår således som returstrømsforbindelser mellem de to skinnestreng. Kabler til disse forbindelser skal opfylde kravene i 0 med undtagelse af den obligatoriske S-forbinder med tilslutningsdåse i midten, der leveres af Siemens.

Ved stødløse sporisolationer skal alle returstrømsforbindelser og potentialudligningsforbindelser tilsluttes direkte til den definerede returskinne. Tilslutning af returstrømsforbindelser og potentialudligningsforbindelser skal ske udenfor S-forbinderens endepunkter i sporet.

Afstanden mellem to sporforbindere, der tilsluttes hhv. før og efter et sideskift af returskinne ved et elektrisk stød med S-forbinder, skal være mindst 200 m. Transversaler betragtes i denne forbindelse som sporforbindere. Se figur Bilag 4.4-1.

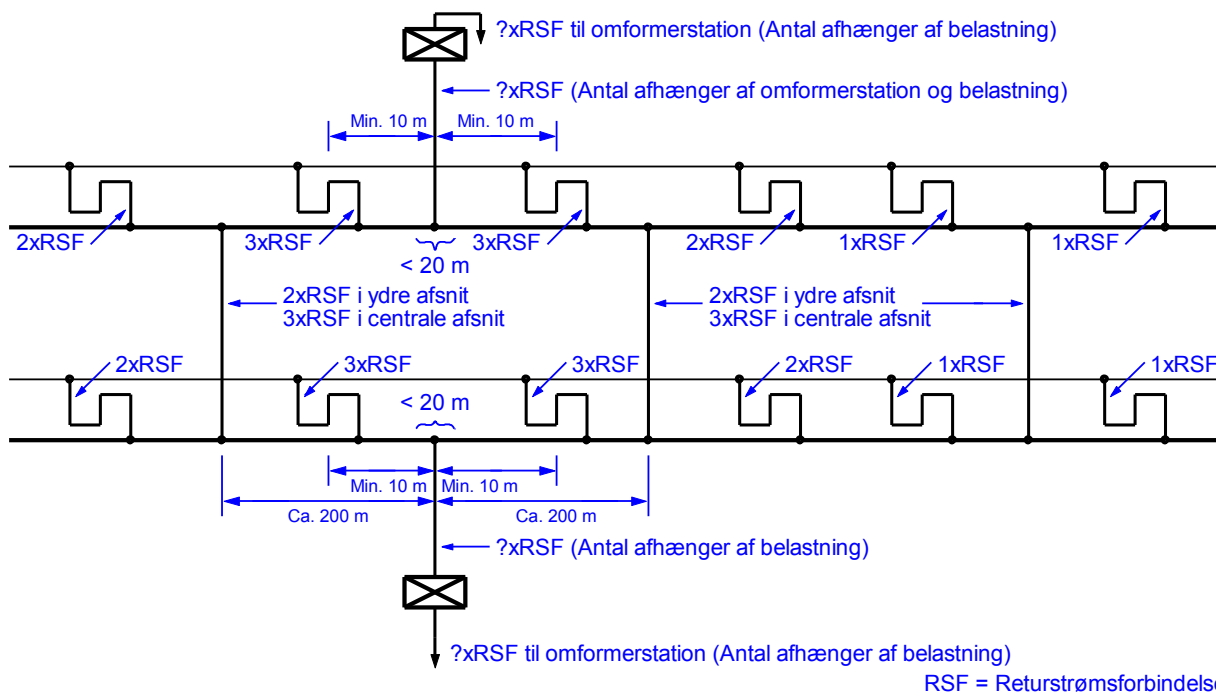


Figur Bilag 4.4-1. Skematisk oversigt over min. afstande på sporforbindere ved sideskift af returskinne på S-banestrækninger med spørløse sporisolationer (FTGS).

På banestrækninger med stødløse sporisolationer (FTGS) skal den første S-forbinder på hver side af returstrømsforbindelsen ved omformerstationer udføres med tre parallelle kabler og placeres minimum 10 m fra tilslutningen af returstrømsforbindelsen i sporet. Den anden S-forbinder på hver side skal udføres med to parallelle kabler. Derudover skal der lægges en sporforbinder ca. 200 m fra hver side af returstrømsforbindelsen ved omformerstationen. Øvrige S-forbindere skal udføres med ét kabel.

Returstrømsforbindelserne til en omformerstation skal monteres i skinnen med en indbyrdes afstand, der ikke overstiger 20 m. Minimumsafstanden på 10 m til nærmeste S-forbinder skal måles fra den nærmeste returstrømsforbindelse til omformerstationen.

Figurene Bilag 4.4-2 og Bilag 4.4-3 illustrerer hvordan returstrømsforbindelser tilsluttes i sporet på S-banestrækninger med stødløse sporisolationer (FTGS) samt det krævede antal parallelle kabler i returstrømsforbindelserne i hhv. de centrale og de ydre afsnit.



Figur Bilag 4.4-2. Oversigt over tilslutning af returstrømsforbindelser og antal parallelle kabler i returstrømsforbindelser på S-banestrækninger med stødløse sporisolationer (FTGS) i de centrale og ydre afsnit.

#### Bilag 4.5 Depotspor og depotområder

Behovet for antallet af parallelle kabler i hver returstrømsforbindelse ved depotspor og depotområder skal beregnes for hvert område. Det nødvendige antal parallelle kabler afhænger af antallet af spor, deres forløb samt antallet af togsæt, der kan opstilles. Der kan typisk anvendes færre parallelle kabler end angivet for centrale og ydre afsnit.

Antallet af parallelle kabler i returstrømsforbindelser for hovedspor, der passerer depoter, bestemmes ud fra om placeringen er i et centralt eller ydre afsnit.

#### Bilag 4.6 Kontinuitet i returstrømsvejen

For at sikre kontinuitet i returstrømsvejen skal der på S-banen være mindst to separate returstrømsveje for hver sporisolation (dog minimum tre kabler). Returstrømsvejene etableres ved hjælp af returstrømsforbindelser.





Sporisolationerne for returstrøm skal forbindes til den foregående og efterfølgende sporisolation via tværforbindere eller sporimpedanser alt efter hvilken type sporisolation, der er anvendt. Hvor et spor ender, skal der etableres en sporforbinder ved sporstopperen.

For at fordele returstrømmen ligeligt mellem sporene, skal der etableres sporforbindere for minimum hver 800 m. På banestrækninger med dobbeltstrengede sporisolationer skal sporforbinderne tilsluttes til midterbenet på de dobbelte sporimpedanser, mens sporforbindere på banestrækninger med enkeltstrengede eller stødløse sporisolationer (FTGS) skal tilsluttes direkte til returskinnen, hhv. den definerede returskinne.

Hvor antallet af parallelle skinnestreng, der fører returstrøm, ikke er tilstrækkeligt, skal returstrømsvejen forstærkes med en returstrømsforbindelse udgjort af et antal parallelle kabler. Den forstærkende returstrømsforbindelse skal via returstrømsskabe forbindes til returskinnerne for alle S-banespor med intervaller på maksimalt 800 m. Kablerne for returstrømsforbindelsen skal fremføres i kabelrende parallelt med sporstykket. Antallet af parallelle kabler i den forstærkende returstrømsforbindelse skal beregnes individuelt for den enkelte banestrækning.

Note Bilag 4.6-1

Ved dobbeltspor med dobbeltstrengede eller stødløse sporisolationer er det normalt ikke nødvendigt at forstærke returstrømsvejen.



## Bilag 5 BDK – KABELTYPER TIL RETURSTRØMSFORBINDELSER OG POTENTIALUDLIGNINGSFORBINDELSER (NORMATIVT)

### Bilag 5.1 BDK – Krav til kabeltyper

Der skal som hovedregel anvendes aluminiumskabler til returstrømsforbindelser og potentialudligningsforbindelser. Kobberkabler må dog anvendes, hvor kablet kan oplægges tyverisikkert.

Følgende oplægningsmetoder betragtes som tyverisikre:

- Kabler nedgravet i perron.
- Nedpløjede kabler.
- Kabler ført på væg/loft over 3 m fra ståfladen.
- Kabler indvendigt i bygninger.

Følgende oplægningsmetoder betragtes *ikke* som tyverisikre:

- Kabler ført på perronforkant.
- Kabler ført i kabelrender.
- Kabler ført i rør på/i skærver/terræn og kabler lagt direkte på skærver/terræn,
- Kabler ført i kabelbrønds anlæg.
- Kabler tilsluttet i sporet.

Kabler til returstrøm og potentialudligning skal overholde DS/EN 60228 [5]. Kabelkapper skal være halogen- og PVC-frit.

Kablets isolation/yderkappe skal være mærket med "BANEDANMARKS EJENDOM", skrifttype "Arial" med skriftstørrelse på ca. 1/3 af diameteren. Kablets leder skal ligeledes være mærket med "BANEDANMARK", skrifttype "Arial". Mærkningen skal mindst foretages for hver løbende meter.

Kabler til returstrømsforbindelser skal have *sort* yderkappe. Kabler til potentialudligningsforbindelser skal have *grøn/gul* yderkappe.

*Bemærk at der ved overgang fra kobber (Cu) til aluminium (Al) eller omvendt skal anvendes CupAl-forbindelser, fx ved montage af aluminiumskabel på kobberplint eller Cortenstål (køreledningsmaster) og ved samling af kabler af aluminium og kobber.*



### Bilag 5.2 BDK – Krav til ledertværsnit og farvemærkning

Dette afsnit stiller krav til ledertværsnit for kabler anvendt til returstrøm og potentialudligning. Nedenfor anførte ledertværsnit er kun gældende for belastnings- og kortslutningsniveauer som generelt er aktuelle for Banedanmarks ibrugtagne kørestrømsanlæg medio 2014.

Tabel Bilag 5.2-1 viser en oversigt over kabler anvendt til returstrømsforbindelser og Tabel Bilag 5.2-2 viser en oversigt over kabler anvendt til potentialudligningsforbindelser. Begge tabeller oplister krav til ledertværsnit, klasse iht. DS/EN 60228 [5], isolering (enkelt el. dobbelt) samt farve på inder- og yderkappe.

Ved udskiftning af kabler til en fordelingsstation/omformerstation skal den samlede strømværdi for de nye kabler være større end eller lig med den samlede strømværdi af de erstattede kabler. Det nødvendige antal af parallelle kabler kan også beregnes, idet der tages hensyn til kravet i afsnit 8.1.2.

Bane	Beskrivelse	Kobberkabel [Cu] (oplagt tyverisikkert)		Aluminiumskabel [Al]		Isolering	Yderkappe	Inderkappe
		Dimension	Klas- se	Dimension	Klas- se			
F	Returstrømsforbindelse	1X50 mm <sup>2</sup>	2-5	1X70 mm <sup>2</sup>	1-2	Enkel	■	■
F	Nedleder/lille nedleder			1X150 mm <sup>2</sup>	2	Dobbelt	■	■
F	Returstrømskab til nabomaster			2 x 1X150 mm <sup>2</sup>	2	Dobbelt	■	■
F	Returstrømskabel til forstærkelse af returstrømsvejen	1X150 mm <sup>2</sup>	2-5	1X240 mm <sup>2</sup>	2	Dobbelt	■	■
S	Transientbeskyttelse/fast jordingssted	1X70 mm <sup>2</sup>	2-5	1X150 mm <sup>2</sup>	2	Dobbelt	■	■
S	Returstrømsforbindelse	1X150 mm <sup>2</sup>	2-5	1X240 mm <sup>2</sup>	2	Dobbelt	■	■
S	Returstrømskabel til omformerstationer eller til forstærkelse af returstrømsvejen	1X240 mm <sup>2</sup>	2-5	1X240 mm <sup>2</sup>	2	Dobbelt	■	■
S	Returstrømskabel til omformerstationer eller til forstærkelse af returstrømsvejen	1X630 mm <sup>2</sup>		1X240 mm <sup>2</sup>	2	Dobbelt	■	■

Tabel Bilag 5.2-1. Kabeltyper for returstrøm. Felter med grå baggrund må ikke anvendes ved nyanlæg/udskiftning. Bemærk, at der for nogle forbindelser skal lægges flere parallelle kabler, fx returstrømsforbindelser i centrale/ydre afsnit på S-banen (se 0) og nulpunkter (se afsnit 8.2.3) og nedledere (se 0) på Fjernbanen.



Bane	Beskrivelse	Kobberkabel [Cu] (oplagt tyverisikkert)		Aluminiumskabel [Al]		Isolering	Yderkappe	Inderkappe
		Dimension	Klas- se	Dimension	Klas- se			
F/ S	Potentialudligningsforbindelse uden for køreledningszonen/strømaftagerzonen	1G16 mm <sup>2</sup>	2-5	1G16 mm <sup>2</sup>	1-2	Enkel		
F	Potentialudligningsforbindelse inden for køreledningszonen/strømaftagerzonen	1G50 mm <sup>2</sup>	2-5	1G50 mm <sup>2</sup>	1-2	Enkel		
S	Potentialudligningsforbindelse inden for køreledningszonen/strømaftagerzonen	1G70 mm <sup>2</sup>	2-5	1G120 mm <sup>2</sup>	1-2	Dobbelt		

Tabel Bilag 5.2-2. Kabeltyper for potentialudligning. Bemærk at primære potentialudligningsforbindelser skal doubles eller firdobles (se afsnit 9.6.1).

### Bilag 5.3 BDK – Krav til ledertværsnit for øvrige systemer

Ledertværsnit for kabler i kørestrømsanlæg, der ikke er omfattet af Bilag 5.2, skal beregnes ud fra de generelle krav givet i afsnit 8.1.1, 9.5.1 og Bilag 5.1 hvis der ikke findes systemdokumentation med specifikationer for anlægget.



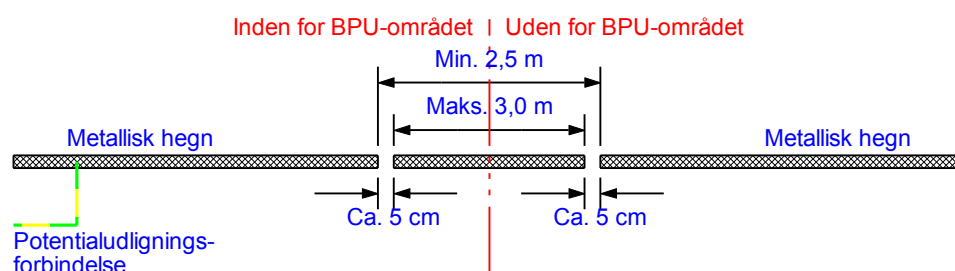
## Bilag 6 BDK – OPDELING AF LEDEDE DELE SOM HEGN, RØR OG WIRER (INFORMATIVT)

Metalliske hegn, rør, wirer m.v. kan føre et potential og medføre krav om yderligere potentialudligning ud over det ønskede BPU-område. For at undgå dette, kan der installeres en opdeling i den pågældende installation, som bryder den metalliske forbindelse.

Det er fortsat et krav, at de to dele ikke må være samtidig berøringstilgængelige.

### Bilag 6.1 Hegn

Opdeling af et hegn kan udføres ved, at der installeres et isoleret hegnsstykke på maks. 3,0 m (mindre ledende del, se afsnit 9.2.4), hvor hegnet krydser grænsen til BPU-området. På den måde opdeles hegnet i tre sektioner (hvoraf den midterste er på maks. 3,0 m), som er isoleret fra hinanden. De to lange hegnssektioner skal have en afstand på min. 2,5 m fra hinanden. Se figur Bilag 6.1-1 for en principskitse.



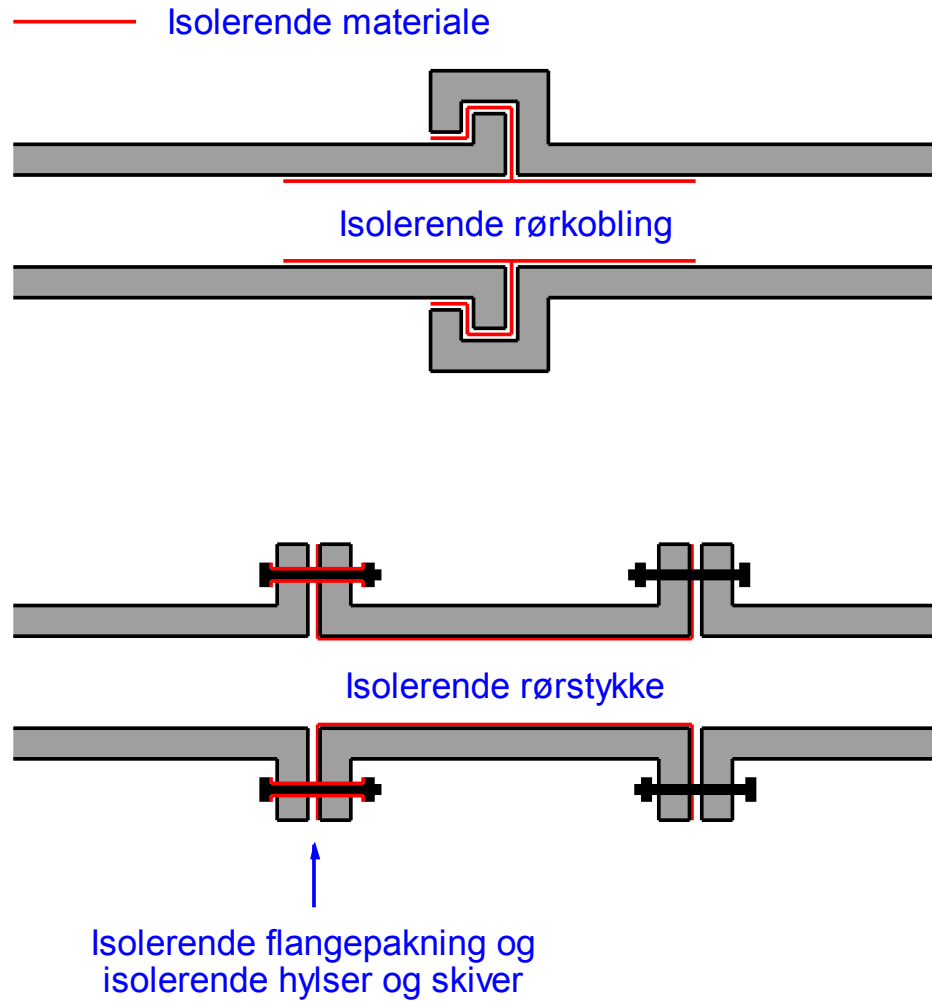
Figur Bilag 6.1-1. Princip for elektrisk adskillelse i metallisk hegn (Illustreret som set ovenfra).

Alternativt kan der anvendes hegn af et ikke ledende materiale på et stykke på min. 2,5 m ved BPU-områdets grænse. En mulighed er også at lave én opdeling i et metallisk hegn, og beklæde den ene eller begge hegnssektioner med et ikke ledende materiale, så ledende dele på de to hegnssektioner ikke er samtidig berøringstilgængelige.

### Bilag 6.2 Rør

Metalliske rør kan opdeles på to måder: Med isolerende flanger og isolerende rørstykker eller med isolerende rørbobliger.

Alt efter ledningsevnen i mediet, der føres i røret, er der behov for en kortere eller længere isolation indvendig i røret. Se figur Bilag 6.2-1 for en principskitse.



Figur Bilag 6.2-1. Eksempler på elektrisk opdeling i metalliske rør (Illustreret som snit på langs af rør).

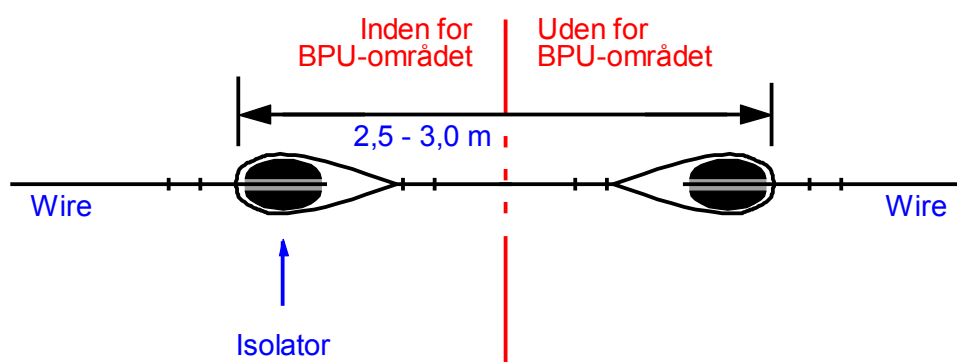
Det skal sikres, at de to sider af røret ikke er samtidig berøringstilgængelige. På varmerør er den termiske isolering almindeligvis tilstrækkelig.

Der må ikke anvendes elektrisk ledende termisk isolering eller isolering indpakket eller indkapslet i et elektrisk ledende materiale (fx ståltråd) over det isolerende stykke.



### Bilag 6.3 Wirer

Wirer kan opdeles med et isoleret wirestykke på 2,5 til 3,0 m langt. Det isolerede wirestykke skal lægges ved grænsen til BPU-området. Se figur Bilag 6.3-1 for en principskitse.



Figur Bilag 6.3-1. Princip for elektrisk adskillelse i wirer (Illustreret som ser fra siden).



## Bilag 7 BDK – KONTROLLISTE VED FASTLÆGGELSE AF BPU-OMRÅDER (NORMATIVT)

Til fastlæggelse af BPU-området udføres indledningsvis punkt 1-7. Når BPU-områdets afgrænsning er bestemt udføres punkt 8.

1. På et ortofoto eller digitalt grundkort<sup>1</sup> over området vurderes, hvilke bygninger, broer m.v. der ligger inden for projektområdet. Samtlige perroner på samme adresse (fx Østerport station) samt tilhørende bygninger og konstruktioner skal være inkluderet i ét BPU-område. Broer og tunneler omkranses som hovedregel af ét BPU-område.
2. På et ortofoto eller digitalt grundkort over området vurderes hvilke apteringer, der kræves potentialudlignet jf. afsnit 9.2.
3. Fra forsyningsselskabet indhentes oplysninger om lavspændingsforsyningen til de elektriske installationer på det pågældende område. Dette suppleres med oplysninger om systemjording og konstruktion af hovedtavlerne i området. Ud fra de indhentede oplysninger vurderes det, hvor og hvordan der kan etableres galvanisk adskillelse til jordede ledere i forsyningen til BPU-området.
4. Eventuelle metalliske rørledninger, fx fjernvarmeledninger, identificeres. Ved den valgte grænse til BPU-området, skal der installeres isolerende flanger eller rørstykker efter behov.
5. Alle indhentede oplysninger skal verificeres ved inspektion på stedet. Ved behov skal suppleres med målinger af fx afstande.
6. Ud fra inspektion på stedet vurderes det, hvor der kan laves opdelinger i fx hegn for at afgrænse BPU-området.
7. BPU-området fastlægges ud fra en analyse af resultaterne af punkt 1-6.
8. Jf. afsnit 9.4.3.5 skal der afleveres en regneark på med koordinater for BPU-området. Som koordinatsystem skal benyttes EUREF89-UTM32. Opmålingsunøjagtigheden skal ligge under 0,5 m.

---

<sup>1</sup> Digitale grundkort kan rekvireres hos Tekdok: [tekdok@bane.dk](mailto:tekdok@bane.dk).





### Bilag 7.1 Afleveringsprotokol for BPU-område

Ved aflevering af et BPU-område skal følgende punkter kontrolleres. Irrelevante punkter og falske udsagn gennemstreges (fx *er/skal være*):

- A. Nedledere (N og n) *er/skal være* udført isoleret.
- B. Returledninger *er/skal være* ophængt på isolatorer.
- C. Alle apteringer med krav om potentialudligning *er/skal være* potentialudlignet til ét fælles potentialudligningssystem.
- D. Potentialudligningssystemet *er/skal være* forbundet til returstrømsvejen med én eller flere primære potentialudligningsforbindelser. Hvor der kan forekomme DC-strøm i returstrømsvejen skal der være etableret VLD-skabe ved alle tilslutninger til returstrømsvejen.
- E. Potentialudligningsforbindelser *krydser ikke/må ikke krydse* grænsen til BPU-området.
- F. Udefrakommende jordede ledere *er/skal være* galvanisk adskilt fra BPU-området. Dette inkluderer 10 kV kabelskærme og PEN- og PE-ledere, der krydser grænsen til BPU-området.
- G. Der *er/skal være* installeret isolerende flanger eller koblinger i metalliske rørledninger, som har forbindelse til BPU-området.
- H. Grænsen til BPU-området *er/skal være* placeret, så den ikke gennemløber sammenhængende strukturer, der vil kunne overføre vagabonderende strøm, fx via jernarmring i beton, metalliske hegn m.v.
- I. BPU-området er opmålt og indtegnet på relevante Potentialudlignings- og returstrømsplaner (*kun projekttegninger*).

Undertegnede attesterer hermed at BPU-området er udført iht. reglerne herfor givet i SAB Jording og Potentialudligning og at ovenstående punkter er kontrolleret og overholdt.

Denne protokol skal vedlægges tegningen angivet nedenfor.



Navn/lokation på BPU-  
område: \_\_\_\_\_

- |   |
|---|
| <input type="checkbox"/> Projekteret BPU-område |
| <input type="checkbox"/> BPU-område som udført  |

Tegningsnummer på liste med koordinater til BPU-område: *PR* \_\_ \_\_ . \_\_ . *8*

Fimanavn: \_\_\_\_\_

Fimaadresse: \_\_\_\_\_

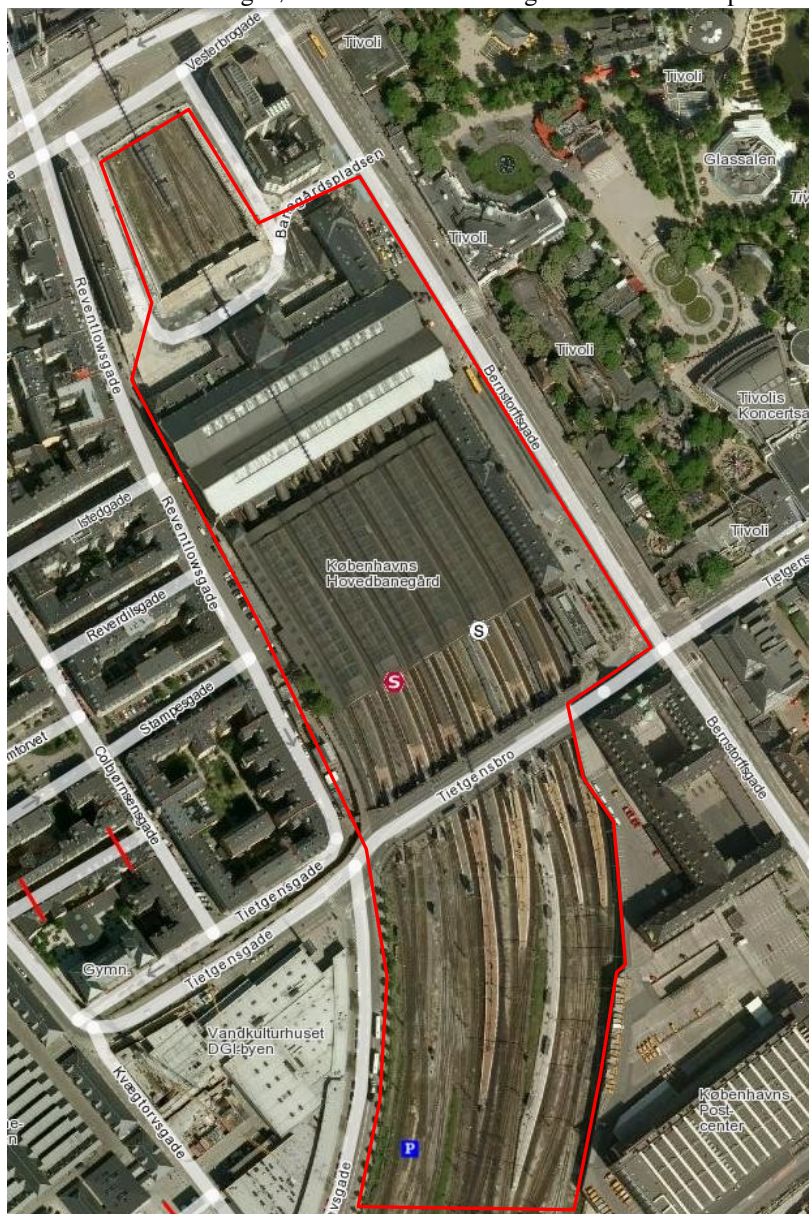
Navn: \_\_\_\_\_

Dato og Underskrift: \_\_\_\_\_



Bilag 8 BDK – EKSEMPEL PÅ BPU-OMRÅDE VIST PÅ OR-TOFOTO

BPU-området omkring Københavns Hovedbanegård er som eksempel vist på Figur 0-1.



Figur 0-1. Afgrænsningen af BPU-området omkring Københavns Hovedbanegård.



**Bilag 9**      **OVERSIGT OVER ALMINDELIGE APTERINGER SOM SKAL HENHOLDSVIS IKKE SKAL POTENTIALUDLIGNES (INFORMATIVT)**

Nedenstående liste giver et overblik over hvilke almindelige apteriger, der skal potentialudlignes, hvis de er placeret inden for køreledningszonen eller strømaftagerzonen eller er samtidig berøringstilgængelig (inden for 2,5 m) af en potentialudlignet del.

**Forklaring:**

- + : Potentialudlignes
- 0 : Potentialudlignes ikke
- P : Krav om potentialudligning er afhængig af placering. Hvis placeringen er inden for 0,8 m af nærmeste skinne og under dennes overkant skal der ikke potentialudlignes, se afsnit 9.2.6.
- S : Skillestykker indbygges efter behov, se også 0.

**Apteringsliste:**

Apparat- eller kabelhytte/-skab (blokhytte se nedenfor)	
- af træ eller plast .....	0
- med tag- eller vægbeklædning af metal .....	+
Armeringsjern, overalt dækket af beton (fx armerede betonkonstruktioner der bærer køreledningsanlæg samt køreledningsmaster af beton) .....	+
ATC	
- stander .....	+
- balise .....	0
Belysningsanlæg, krydsende wirer .....	+, S
Betjeningskasse for fjernstyret station eller lignende .....	+
Billetstempelmaskine .....	+
Bomdrev .....	+
Bro af stål .....	+
Bro og støttemur af beton over/langs banen, armeringsjern .....	+
Brønddæksler .....	0



Bænk, sæde og ryg ikke ledende .....	0
Centralgasanlæg, rør til/beliggende i kabelkanal.....	+
Drejeskiver .....	+
Dværg-, VI-, VU signal.....	+
Elektromagnetisk nøglelås.....	+
Elstikstander (230/400 V) .....	+
El-togforvarmeanlæg	
- stander.....	+
- lamper .....	+
Facadebeklædning .....	+
Fjernvarmerør.....	+, S
Fordelingsdåse for sporskiftedrev eller -lås .....	P
Hegn/rækværk af ledende materiale .....	+, S
Hytte for automatisk linieblokanlæg af plast, træ eller metal (metalunderstel, telefonbro, gelænder, tag- og vægbeklædning) .....	+
Højtaler.....	+
Info anlægs udvendige udstyr .....	+
ITV anlægs udvendige udstyr .....	+
Kabelbakker/kanaler af ledende materiale .....	+
Kabeldåse for sporisolation .....	P
Kabelfordelingshus	
- af plast.....	0
- af metal eller monteret på metalstang.....	+
Køremandsbro .....	+
Lysmast.....	+



Lystårn.....	+
Metalrammer for elefantriste .....	+
Nødaggregat.....	+
Oliepåfyldningsanlæg.....	+
Papirkurv.....	0
Perronfor kanter, vipbare .....	+
Perronovergangssignal .....	+
Perrontage.....	+
Radiomast med tilhørende hytte.....	+
Rejsekortstander .....	+
Relæhus for stationssikringsanlæg og teleanlæg	
- af træ, plast, murværk.....	0
- af armeret beton og/eller med tag- eller vægbeklædning af metal .....	+
Rækværk på bro.....	+
Serviceperroner .....	+
Signalmast med tilhørende signal .....	+
Skiltestander (uden kabel).....	0
Spormagnet.....	0
Sporskiftedrev, elektrisk .....	P
Sporskiftelås, elektrisk (magnetlås) .....	+
Sporskiftesignal .....	+



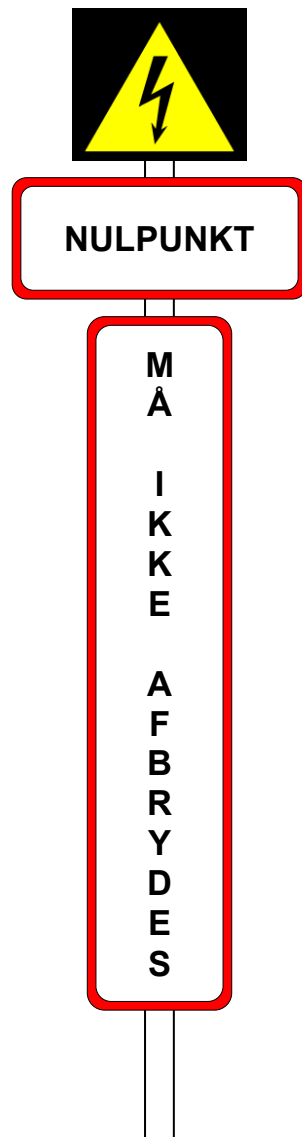
Sporskiftevarme	
- transformere .....	P
- gasflaskestativ .....	0
- gasflaskestativ med centralstyring.....	+
- SV-dåse .....	P
- SV-hus.....	P
Sporstopper.....	+
Spærringer .....	+
Stander for højttaler, ur, togviserskilt mm .....	+
Standsignal .....	0
Stedbetjeningskontakt for el-betjent sporskifte .....	+
Stolpe for perrontag .....	+
Støjskærme (isoleret del).....	0
Støjskærme .....	+
Tagrender.....	+
Telefonbro (ved sikkerhedstelefon/pladstelefon).....	+
Telefonstander (for sikkerhedstelefon/pladstelefon).....	+
Togviserskilte .....	+
Traktorvejssignal .....	+
Trækstol for håndbetjent sporskifte .....	0
Ur.....	+
Vandstandere mellem spor.....	+
Vejssignal.....	+
Ventilationsrør .....	+, S



Bilag 10 BDK – SKILTNING

Bilag 10.1 Skiltning ved nulpunkt

Skiltet skal placeres ca. 2,0 m på hver side af de yderste returstrømsforbindelser til retur-skinnen.



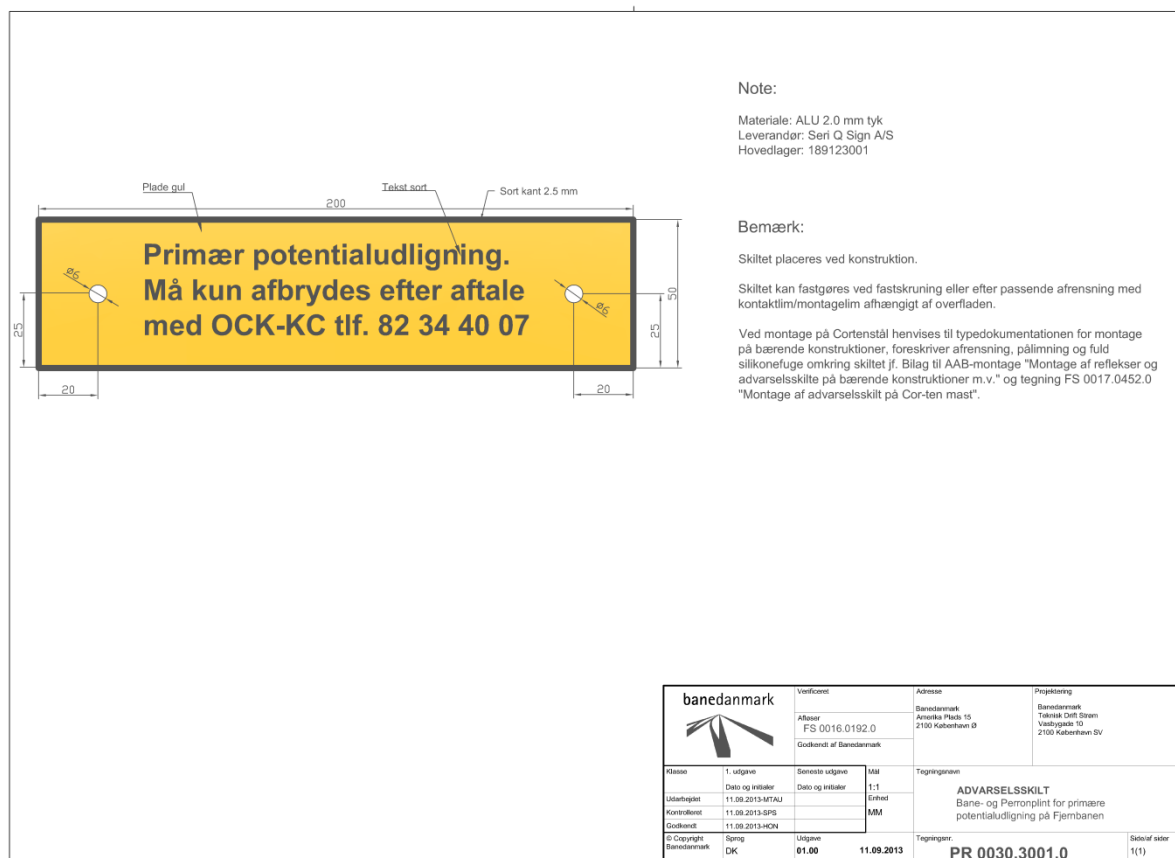
Figur Bilag 10.1-1. Skiltning ved nulpunkter på Fjernbanen.





### Bilag 10.2 Skiltning ved plinte for potentialudligning

Ved plinte for potentialudligning skal der placeres et skilt iht. tegning PR 0030.3001.0 [22] på Fjernbanen og tegning PR 0030.3002.0 [23] på S-banen.



Figur Bilag 10.2-1. Tegning PR 0030.3001.0 [22] til skiltning ved plint for potentialudligning på Fjernbanen.

### Bilag 10.3 Skiltning ved isolerede sektioner / opdelinger

Ved isolerede sektioner i hegn, støjskærme o.l. skal der opsættes skilte som vise nedenfor.



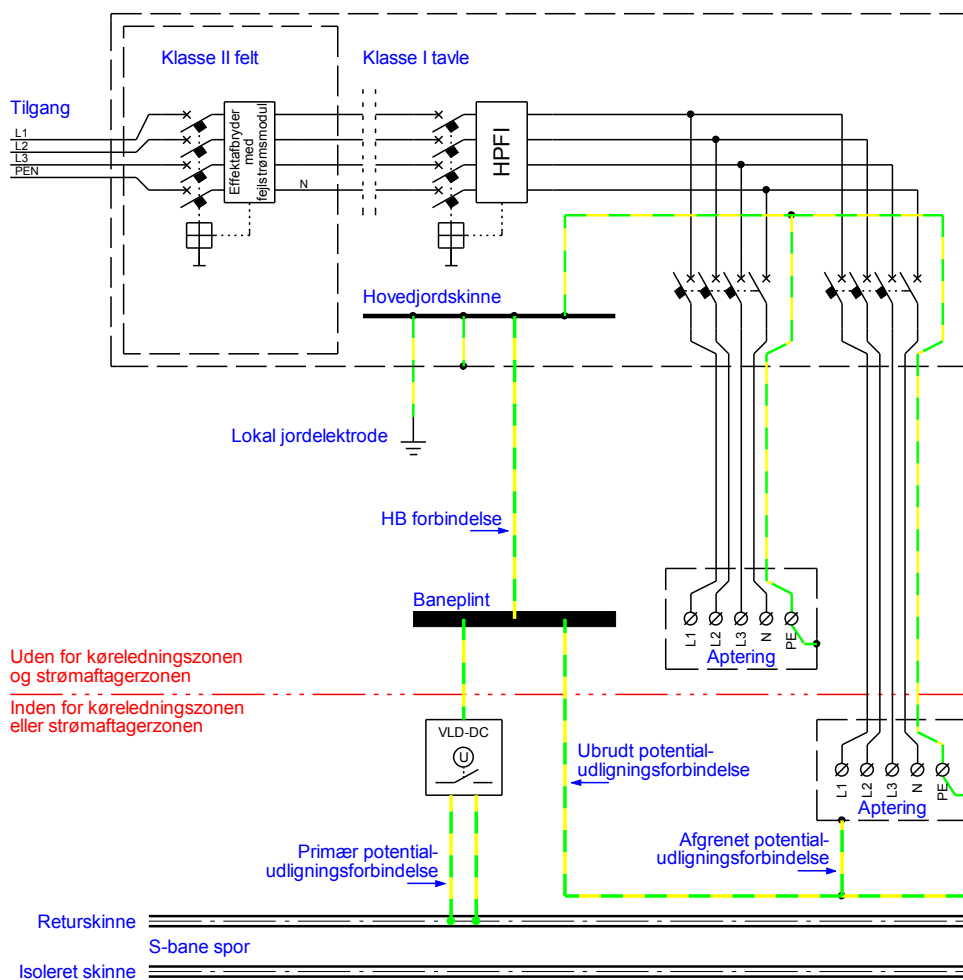
**ISOLERET SEKTION**

Figur Bilag 10.3-1. Skiltning ved isolerede sektioner. Skiltets størrelse skal være 300 x 100 mm. Kanten skal være 15 mm. Skiltet skal udføres med refleks.

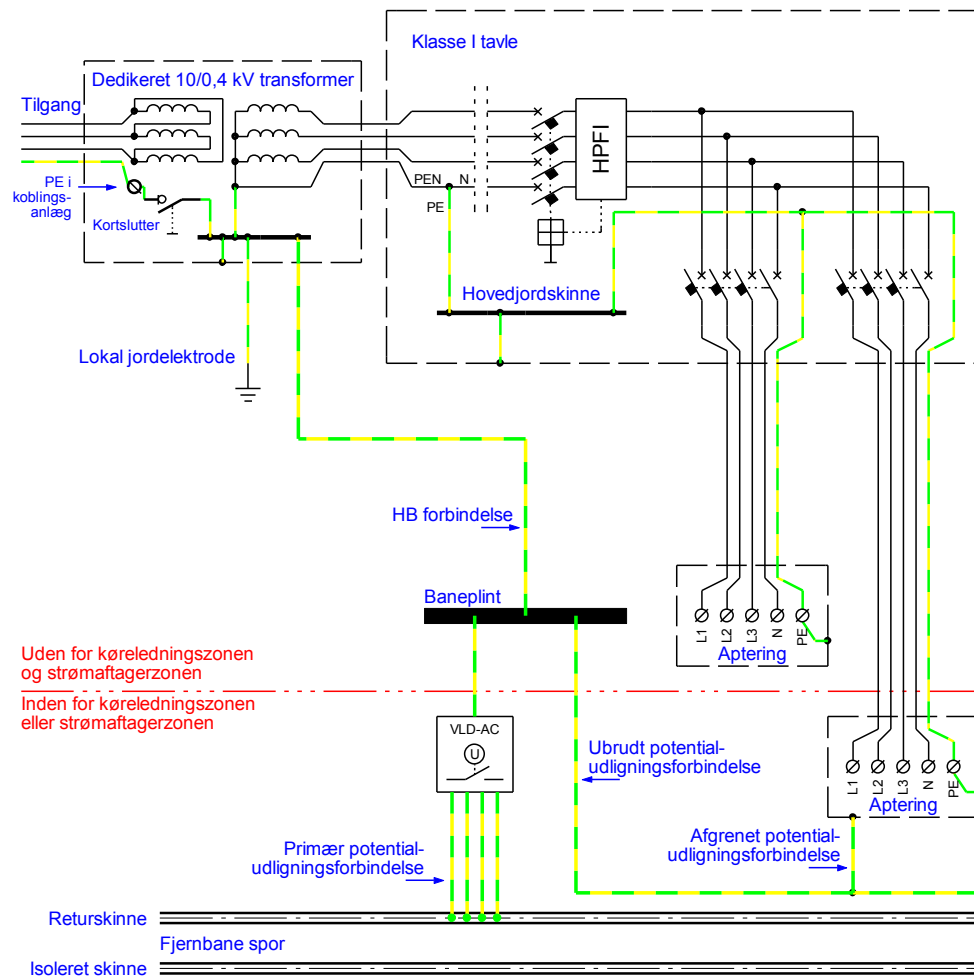


Bilag 11 **BDK – EKSEMPLER PÅ OPBYGNING AF POTENTIALUDLIGNING OG LAVSPÆNDINGSFORSYNING (INFORMATIVT)**

Dette bilag giver en række eksempler på hvordan potentialudligningssystemet og lavspændingsforsyningen kan sammenbygges. Det væsentlige i eksemplerne er hvordan jordede ledere og potentialudligningsforbindelser er afgrænset i et BPU-område.



Figur 0-1. Princip for opbygning af lavspændingsforsyning udført med TT systemjording og potentialudligning til en DC-jernbane.



Figur 0-2. Princip for opbygning af lavspændingsforsyning udført med TN systemjording via en dedikeret 10/0,4 kV transformerstation og potentialudligning til en AC-jernbane, hvor der kan forekomme vagabonderende DC strøm.



## Bilag 12 AFSNIT MED SÆRLIG RELEVANS FOR TEKNISK DRIFT SIKRING (INFORMATIVT)

Dette bilag oplister en række afsnit, der har særlig relevans for Teknisk Drift Sikring. Det skal bemærkes at hele dokumentet fortsat er gældende, og listen kun skal anvendes som en information.

8.1.6	BDK – Montering af returstrømsforbindelser .....	25
8.4.1	Adskillelse af returstrømsvejene for AC- og DC-jernbaner .....	30
8.4.2	BDK – Ikke elektrificerede spor .....	30
8.4.3	BDK – Krav til adskillelse af returstrømsvejene for AC- og DC-jernbaner .....	30
9.1	Kørelednings- og strømaftagerzonen .....	33
9.3.4	BDK – Potentialudligning af teknikrum/-hytter.....	44
9.3.5	BDK – Potentialudligning af skinner, der ikke leder returstrøm .....	45
9.3.6	BDK – Metalliske kabelkapper, kabelskærme og kabelarmeringer .....	45
10.5	TT systemjording .....	65
10.6	TN systemjording med skilletransformer .....	70
10.11	BDK – Specielle regler for forsyning af sikringsanlæg .....	78
11.4	BDK – Kabelnummerering og kabelmærker .....	91
Bilag 3	BDK – returstrømsvejen på Fjernbanen (Normativt) .....	102
Bilag 4	BDK – Returstrømsforbindelser på S-banen (Normativt).....	106
Bilag 5	BDK – Kabeltyper til returstrømsforbindelser og potentialudligningsforbindelser (Normativt) .....	114