

## Bijlage N2: Werken in de Betuweroute spanningsluis

Leeswijzer:

Hoofdstuk 1 beschrijft het toepassingsgebied van dit hoofdstuk.

Hoofdstuk 2 gaat vervolgens in op de risico's die verbonden zijn aan het werken in de spanningsluis. De risico's bevinden zich niet alleen op de werkplek maar ook ver daarbuiten en mogelijk zelfs buiten het buitendienst gestelde gebied.

In hoofdstuk 3 wordt een omschrijving van de spanningsluis gegeven waarbij de nadruk ligt op de retourssystemen. Deze kennis en het begrip ervan zijn noodzakelijk om veilig te kunnen werken in de spanningsluizen.

In hoofdstuk 4 worden aandachtspunten gegeven voor het plannen en uitvoeren van werkzaamheden in de spanningsluis.

In hoofdstuk 5 is informatie opgenomen over werkzaamheden in- of nabij een spanningsluis:

- 5.1 Overzicht aansluitbogen bij Meteren Aansluiting en Elst Aansluiting;
- 5.2 Uitschakelen van de spanningsluisbeveiliging;
- 5.3 Aandachtspunten;
- 5.4 Aardingsprincipes;
- 5.5 Aandachtspunten ten behoeve van het werkplan;
- 5.6 Toelichting opbouw bovenleiding.

## 1 Toepassingsgebied

### Toepassingsgebied Vaanplein

Dit onderdeel moet worden toegepast bij werkzaamheden:

- aan 1500V groepen 9774, 9776;
- aan 25kV groepen 1601, 1602;
- aan/naast spoor tussen wissel 3029b en 3047 (spoor NC) (De genoemde 1500V en 25kV groepen lopen verder door);
- aan/naast spoor tussen wissel 3029a en 3051 (spoor MC) (De genoemde 1500V en 25kV groepen lopen verder door).

### Toepassingsgebied Sophiatunnel

Dit onderdeel moet worden toegepast bij werkzaamheden:

- aan 1500V groepen: 9787, 9797;
- aan 25kV groepen: 1900, 1901;
- aan/naast spoor tussen wissel 2301b en 4061 (spoor KA + KB) (De genoemde 1500V en 25kV groepen lopen verder door);
- aan/naast spoor tussen wissel 2301a en 4063 (spoor ZA + ZB) (De genoemde 1500V en 25kV groepen lopen verder door).

**NOOT:** vanwege het tunnelregime moet, bij werkzaamheden in een tunnelbuis, deze buis altijd buitendienst genomen worden. Er is dan geen treinverkeer mogelijk in die buis. De veiligheidsmaatregelen voor werkzaamheden aan of in de nabijheid van de spanningssluis moeten wel onverkort toegepast worden.

### Toepassingsgebied Meteren Aansluiting

Dit onderdeel moet worden toegepast bij werkzaamheden:

- aan 1500V groepen: 9336, 9342, 9337, 9339;
- aan 25kV groepen: 1902, 1903, 1904, 1905;
- aan/naast spoor tussen wissel 411 en 4227 (C-boog, spoor CC1 en CC2);
- aan/naast spoor tussen wissel 405 en 4221 (D-boog, spoor DD1 en DD2);
- aan/naast spoor tussen wissel 439 en 4201 (E-boog, spoor EE1 en EE2);
- aan/naast spoor tussen wissel 443 en 4211 (F-boog, spoor FF1 en FF2).

### Toepassingsgebied Elst Aansluiting

Dit onderdeel moet worden toegepast bij werkzaamheden:

- aan 1500V groepen: 9297, 9298, 9299;
- aan 25kV groepen: 1906, 1907, 1908;
- aan/naast spoor tussen wissel 417 en 4475 (G-boog, spoor GG1 en GG2);
- aan/naast spoor tussen wissel 421/419 en 4475 (H-boog, spoor HH1 en HH2); aan/naast spoor tussen wissel 443 en 4487 (K-boog, spoor KK1 en KK2).

### Toepassingsgebied Zevenaar

Dit onderdeel moet worden toegepast bij werkzaamheden:

- aan 1500V groepen: 9986, 9987;
- aan 25kV groepen: 1911 en 1912 (AC-las ligt onder 1052/1054);
- aan/naast spoor tussen wissel 5105 en 4747 (spoor KL);

- aan/naast spoor tussen wissel 5117/5119 en 4745 (spoor ZL, ZM, ZN).

## 2 Risico's bij het werken in de spanningssluis

De voorbereidingen voor het werken aan/op het spoor of aan installaties naast het spoor is in de spanningssluizen van de Betuweroute complexer dan op het reguliere spoor. Dit heeft te maken met de (elektromagnetische) beïnvloeding van de conventionele ProRail infrastructuur op de Betuweroute infrastructuur en vice versa. Deze beïnvloeding kan tot ver buiten het werkgebied of buitendienst gesteld gebied doorlopen. Mogelijk kunnen daardoor effecten ontstaan in een ander techniekveld dan waar de geplande werkzaamheden betrekking op hebben. Door bijvoorbeeld werkzaamheden aan de bovenleiding in de spanningssluis kunnen de treindetectiesystemen behorende bij de conventionele (1500V) infra beïnvloed worden. Dat wil zeggen dat de normaal in dienst zijnde infrastructuur (zowel conventioneel als Betuweroute) kunnen worden beïnvloed.

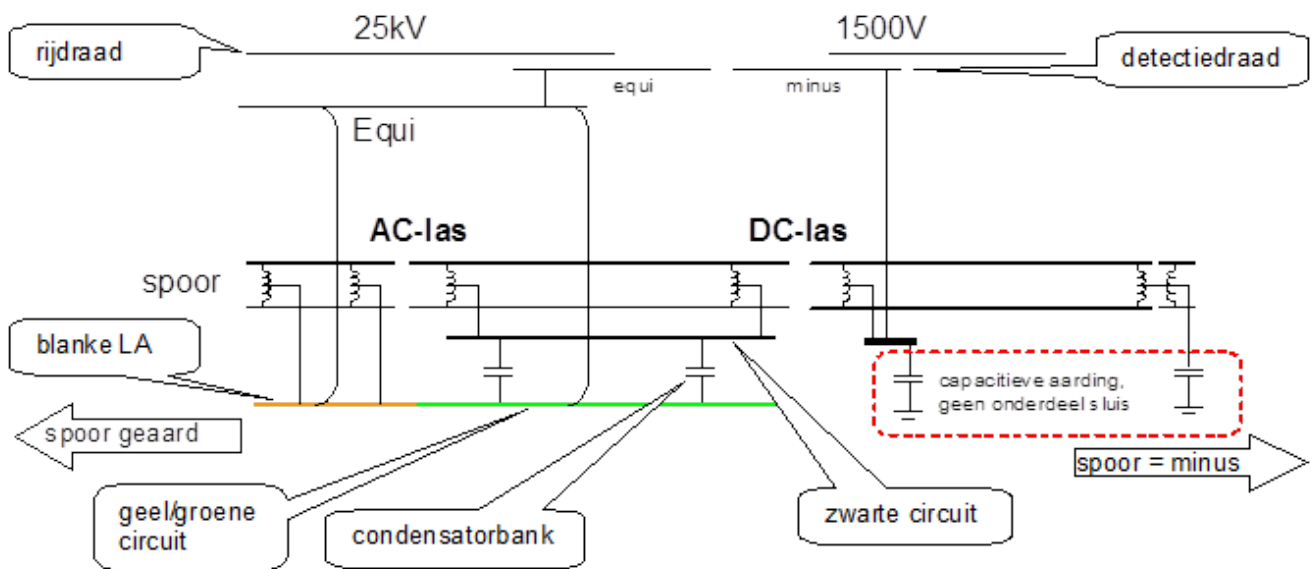
### De volgende risico's gelden voor werkzaamheden in de spanningssluis:

- Optreden van te hoge aanraakspanningen, ook als nevenspoor/nevensporen in dienst blijft/blijven (elektrocuciegevaar, veiligheidsrisico);
- Onterecht aanspreken van de beveiliging, waardoor voedende schakelaars uitvallen en soms grote delen van het spoor spanningsloos worden, zowel 1500V als 25kV. De spanningssluisbeveiliging is een inrichting die de bovenleiding uitschakelt als een kortsluiting optreedt in een spanningsluis (o.a. als een locomotief met opstaande pantograaf door een spanningsluis rijdt), zie ook 5.2;
- Condensatorbanken (zowel die in de sluis (d.w.z. tussen de AC-las en DC-las) als die naast het DC-spoor (capacitieve aarding)) die bij werkzaamheden nog niet ontladen zijn (elektrocuciegevaar);
- Het doorverbinden van minus (retourvoorziening 1500V systeem) en aarde (retourvoorziening 25kV systeem) met als gevolg:
  - wisselstroom in 1500V systeem → systemen, behorende bij de conventionele infrastructuur (bijvoorbeeld treindetectie /ATB), raken gestoord (veiligheids- en beschikbaarheidsrisico);
  - gelijkstroom in 25kV systeem → transformatoren (in AT-stations, onderstations, treinen) kunnen in verzadiging of defect raken en de DC-beveiliging in een 25kV onderstation kan aanspreken. Dit heeft als gevolg dat een deel van de Betuweroute 10 minuten spanningsloos is (beschikbaarheidsrisico).
- Het doorverbinden van minus en aarde kan ook onbewust gebeuren zoals bijvoorbeeld door het overbruggen van de AC- en DC-las door werktrein(en) of railvoertuigen. Let op, de sluisen hebben verschillende lengtes.

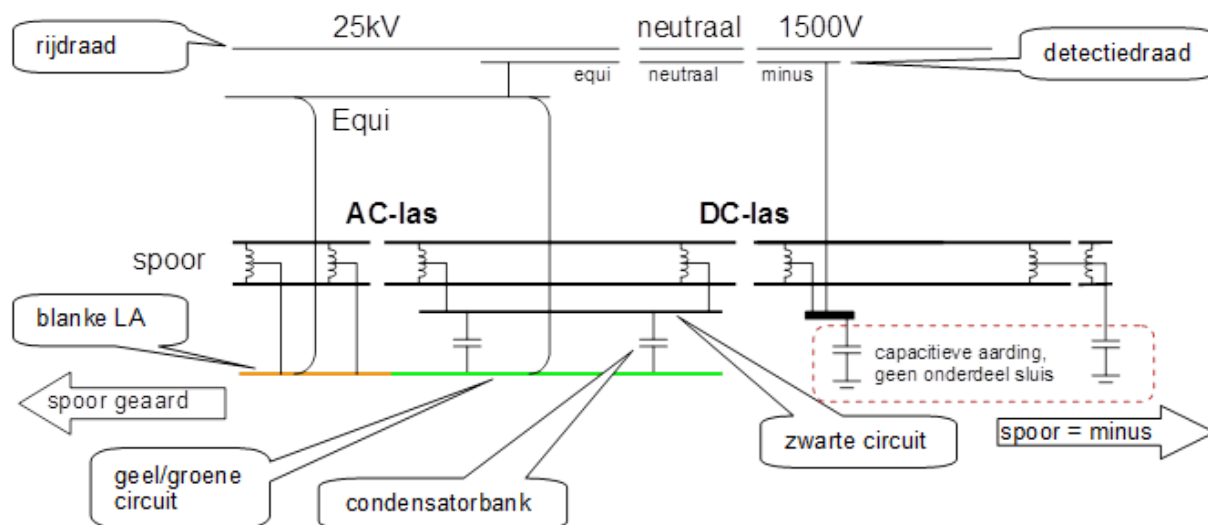
### 3 De werking/opbouw van de spanningssluizen op de Betuweroute

#### Opbouw (retoursysteem) spanningssluis

Om veilig te kunnen werken in de spanningssluis is het noodzakelijk de opbouw en de werking te kennen van de retoursystemen behorende bij het 1500V systeem, het 25kV systeem en het retoursysteem in de spanningssluis zelf. Aan de hand van onderstaande figuren “doorgaande baan” en “bogen” worden de retoursystemen voor een enkelsporige spanningssluis toegelicht. De opbouw van de retoursystemen is, zoals in de figuren te zien is, voor beide situaties gelijk; de opbouw van de bovenleiding is echter verschillend. Het verschil in bovenleiding en de opbouw ervan worden verder toegelicht in 5.6. In dit hoofdstuk wordt volstaan met een schematische weergave van de bovenleiding.



**Doorgaande baan: Schematische weergave van de retoursystemen van een spanningsluis (Vaanplein, Sophiatunnel, Zevenaar)**



### Bogen: Schematische weergave van de retoursystemen van een spanningssluis in de bij Meteren Aansluiting en Elst Aansluiting

In bovenstaande figuren is een enkelsporige spanningssluis getekend. Aan de linkerkant is het 25kV spoor getekend, aan de rechterkant het 1500V spoor.

Van boven naar beneden is achtereenvolgens te zien:

- Bovenleiding: rijdraad met parallel daaraan de detectiedraad verbonden met de equipotentiaalleiding (25kV deel) respectievelijk minus (1500V deel); wanneer een trein ten onrechte met opstaande pantograaf de sluis berijdt, dan ontstaat kortsluiting met of de 25kV, of de 1500V. De verschillen in bovenleidingopbouw worden verder toegelicht in 5.6.;
- Spoor met AC-las en DC-las;
- Zwarte circuit (opgebouwd uit het spoor tussen de AC- en de DC-las, de railspoelen en de verbinding naar condensatorbanken);
- Twee condensatorbanken tussen het zwarte circuit en het geel/groene circuit;
- Blanke LA (lineaire aardkabel) en geïsoleerde geel/groene circuit (opgebouwd uit geel/groen geïsoleerde lineaire aardkabel en verbindingen naar de condensatorbanken).

#### NOOT 1:

De condensatorbanken, die verbonden zijn met het 1500V spoor, zijn bedoeld voor capacatieve aarding. De functie hiervan is om eventuele 50Hz stroom, afkomstig van de 25kV-zijde, af te leiden naar aarde zodat deze "minder ver" het DC-gebied in komt. Deze condensatorbanken voor capacatieve aarding van het 1500V spoor maken géén deel uit van de spanningssluis zoals omschreven in OVS00054. De condensatorbanken voor capacatieve aarding zijn echter wel ingetekend omdat ze onder andere bij de DC-las staan en daardoor mogelijk verwarring kunnen geven. Overige condensatorbanken voor capacatieve aarding staan verderop naast het DC-spoor.

#### NOOT 2:

Het geel/groene circuit en het zwarte circuit vormen een wezenlijk onderdeel van het RLA-systeem; zij vormen samen met de equipotentiaalgeleider namelijk het 25kV retourcircuit in de spanningssluis.

### NOOT 3:

De AC-las en DC-las zijn normale ES-lassen. De naamgeving is afgeleid van de locatie van de las: de AC-las ligt aan de 25kV zijde van de spanningssluis, de DC-las ligt aan de 1500V zijde.

De retourstromen lopen, afhankelijk van het systeem op verschillende manieren terug naar de bron:

- Op het 25kV baanvakdeel loopt de AC-retourstroom deels terug via het spoor en deels via de railspoelen naar de LA en equipotentiaalleiding.
- In de spanningsluis (tussen AC-las en DC-las) loopt de 25kV AC-retourstroom via de railspoelen naar de condensatorbanken (zwarte circuit) en vervolgens naar de geïsoleerde geel/groene aardkabel, terug naar de LA. De geïsoleerde geel/groene aardkabel is op een aantal plaatsen verbonden met de equipotentiaalleiding.
- Op het 1500V baanvakdeel loopt de DC-retourstroom terug via de geïsoleerde spoorstaven. Eventuele AC-retourstroom op het DC-spoor (ten gevolge van een locomotief in de sluis met wagons over de DC-las) wordt afgeleid naar aarde door de capacatieve aarding.

Treinen kunnen **in** de spanningsluis (dus indien de locomotief met de stroomvoerende pantograaf zich tussen de AC-las en DC-las bevindt) géén DC-tractie afnemen; er is dus geen DC-retourstroom in de spanningsluis (de gelijkstroom die in de sluis komt wordt veroorzaakt door het overbruggen van de DC-las door een trein/wagon).

De beide retourssystemen (aarde voor 25kV en minus voor 1500V) dienen gescheiden te blijven. Deze scheiding wordt gerealiseerd door:

- de DC-las;
- de condensatorbanken tussen het zwarte en geel/groene circuit in de spanningsluis;
- de AC-las.

AC-tractiestroom wordt tegengehouden door de DC-las. Als een trein in (zie afbeeldingen op pagina 5 en 6) van rechts naar links rijdt en daarbij de DC-las overbrugt en onder 25kV gaat rijden, komt een deel van de AC-stroom op het DC-spoor terecht. Dat deel wordt door de condensatoren naast het DC-spoor (de capacatieve aarding) afgeleid naar aarde; het overgrote deel van de AC-retourstroom gaat echter direct door de condensatorbanken in de spanningsluis terug richting het 25kV systeem.

DC-tractiestroom, afkomstig van het 1500V spoor, wordt in eerste instantie 'tegengehouden' door de DC-las. Als de DC-las door een trein overbrugd is (of defect is) wordt de DC-tractiestroom 'tegengehouden' door de AC-las en de condensatorbanken in de spanningsluis.

### Koppeling retourssystemen bij parallel liggende spanningsluizen

Op de meeste locaties, waar de spanningsluizen zich bevinden, ligt dubbelspoor. Dit betekent dat er twee (enkelsporige) spanningsluizen naast elkaar liggen. De retourcircuits van deze parallelle spanningsluizen zijn op een aantal plaatsen met elkaar verbonden door middel van dwarsverbindingen om aanraakspanningen voldoende laag te houden (zie de figuur) voor twee parallelle spanningsluizen in de bogen). De standaard locaties voor deze dwarsverbindingen zijn:

Systeem	Locatie
Regulier 25kV	normale dwarskoppeling van 25kV systeem net buiten de sluis
Spanningssluis	dwarskoppeling via de retourkasten bij de AC-las; dwarskoppeling bij Meet- en Inspectiekast (MIK) bij de eerste condensatorbank in de spanningsluis; dwarskoppeling bij Meet- en Inspectiekast (MIK) bij de tweede condensatorbank in de spanningsluis; dwarskoppeling via de retourkasten bij de DC-las.
Regulier 1500V	normale dwarskoppeling van 1500V systeem tussen minuskasten nabij DC-las net buiten de sluis.

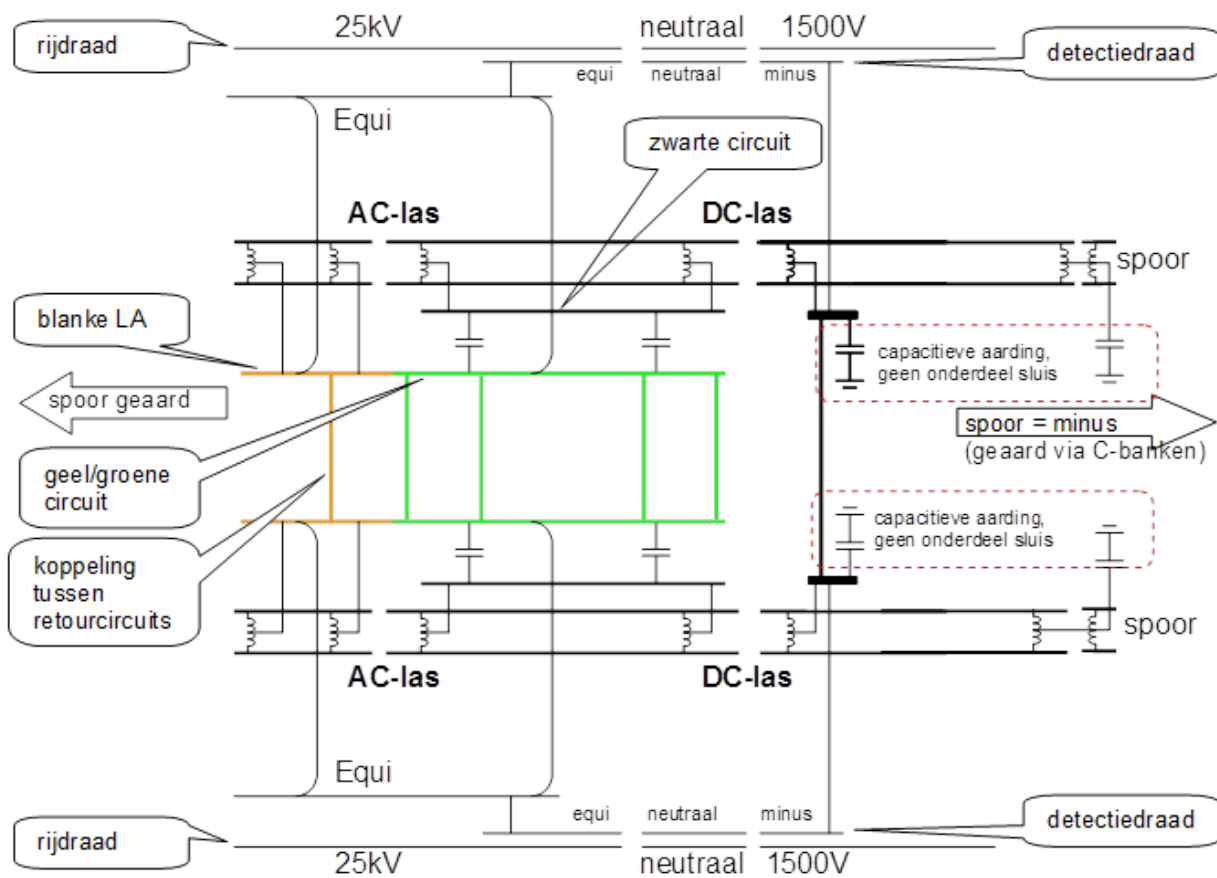
Deze extra dwarsverbindingen vormen het enige verschil tussen de enkelsporige en dubbelsporige spanningsluizen.

Onderstaande figuur geeft de parallel liggende spanningsluizen met onderlinge verbindingen schematisch weer. De exacte locaties van deze verbindingen zijn weergegeven op de aardingstekeningen van de betreffende spanningsluis.

#### NOOT:

Merk op dat de zwarte circuits van parallel liggende spanningsluizen **niet** met elkaar verbonden zijn, alleen de geel/groene circuits zijn met elkaar verbonden.





Schematische weergave van parallel liggende spanningssluizen (bogen)

## 4 Voorbereiding werkzaamheden

Voor de voorbereiding van de werkzaamheden dient een werkplan/werkinstructie opgesteld te worden conform de reguliere werkwijze zoals beschreven in het VVW-HS. Voor aandachtspunten ten behoeve van het opstellen van het werkplan, zie 5.5.

Het risico van beïnvloeding van treindetectiesystemen behorend bij de conventionele railinfrastructuur wordt beheerst door een scheiding te garanderen tussen beide retoursystemen. Deze scheiding wordt normaal gesproken gevormd door de DC-las van de spanningssluis. De *installatieverantwoordelijke* dient voorafgaand aan de werkzaamheden het werkplan erop te toetsen dat de scheiding tussen de retoursystemen (zijnde de scheiding in de minus) gehandhaafd blijft bij de werkzaamheden.

Indien, door werkzaamheden, de scheiding door de DC-las niet in stand gehouden kan worden, dient een tijdelijke scheiding aangebracht te worden op een andere locatie in het 1500V retourcircuit. Dit geldt ook indien een werktrein of railvoertuig kortstondig de lassen overbrugt. Dit heeft mogelijk consequenties voor het spanningsloos te stellen gebied. Voor verdere toelichting zie 4.4.

Voor werkzaamheden in of nabij de spanningsluis dient ook RLN00214 gevolgd te worden.

## 5 Werkzaamheden in- of nabij een spanningsluis

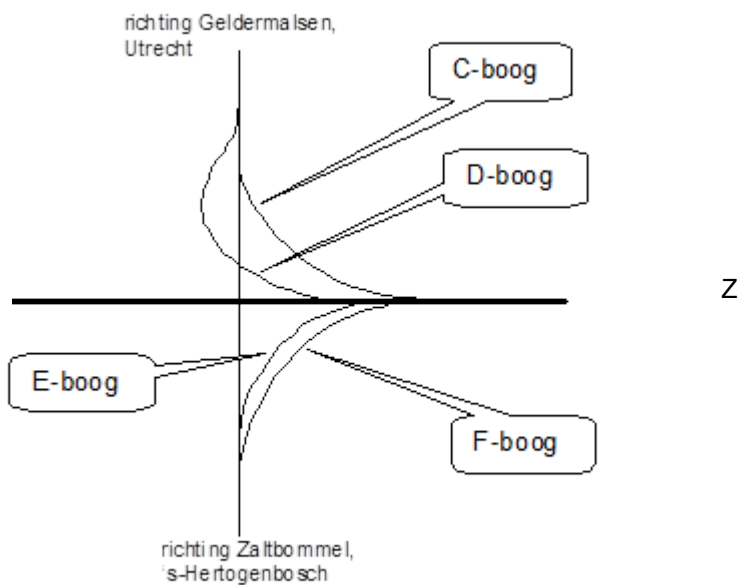
### Inleiding

Dit hoofdstuk is alleen van toepassing op het werken in de spanningsluizen van de Betuweroute. Omdat er vele grenzen van een spanningsluis te definiëren zijn (vanuit de verschillende oogpunten zoals treinbeveiliging, tractievoeding, baan) is het toepassingsgebied per spanningsluis afgebakend. Dit hoofdstuk is geldig voor werkzaamheden aan retour, minus en bovenleiding en tevens voor werkzaamheden aan kabels en kasten in de spanningsluis en in de nabijheid daarvan. De veiligheidsmaatregelen voor meet- en inspectiewerkzaamheden aan het RLA-systeem van de spanningsluis mogen worden uitgevoerd door de *werkverantwoordelijke/ploegleider* tractievoeding 25 kV. De veiligheidsmaatregelen voor werkzaamheden aan de bovenleiding moeten worden uitgevoerd door de *werkverantwoordelijke/ploegleider* BVL/RLA 25 kV.

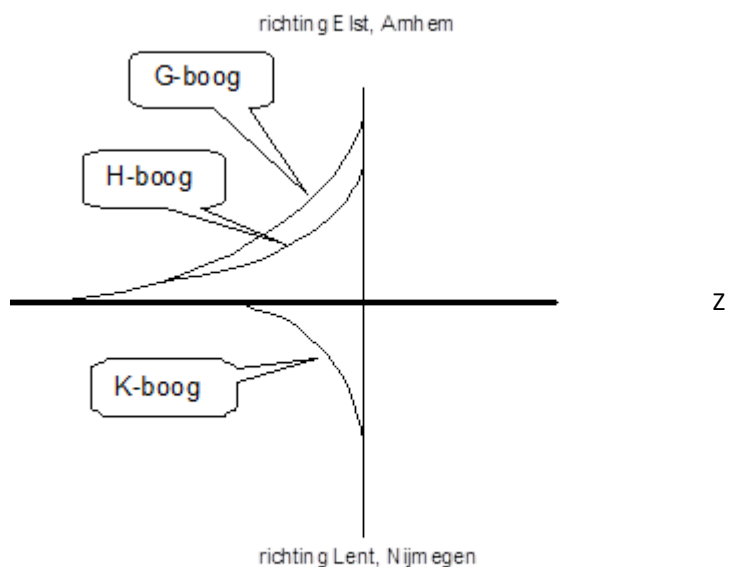
## 5.1 Overzicht aansluitbogen bij Meteren Aansluiting en Elst Aansluiting

In dit deel worden schematische overzichten gegeven van Meteren Aansluiting en Elst Aansluiting. De overzichten zijn slechts bedoeld om inzicht te krijgen in de verschillende bogen, gedetailleerde informatie is te vinden op de betreffende tekeningen (schakelschema's, OR-bladen etc.).

De namen van de bogen is terug te vinden in de spoornummers (de C-boog bestaat bijvoorbeeld uit spoornummer CC1 en CC2).



**Overzicht Meteren Aansluiting**



## Overzicht Elst Aansluiting

### 5.2 Uitschakelen van de spanningssluisbeveiliging

De spanningssluizen zijn uitgerust met een sluisbeveiliging om zowel de TEV installaties als het materieel te beschermen. De detectiedraad in de bovenleiding is een belangrijk onderdeel van deze beveiliging. Als een trein van het ene naar het andere spanningsgebied rijdt, zonder hierbij de pantograaf te laten zakken, wordt door de pantograaf een kortsluiting veroorzaakt tussen de spanningvoerende bovenleiding (25 kVac respectievelijk 1500 Vdc) en de detectiedraad (verbonden met aarde respectievelijk minus). De kortsluiting wordt door het TEV-systeem gezien en afgeschakeld op de normale manier. De sluisbeveiliging zal daarna de voedende snelschakelaars aanvullend blokkeren. Vervolgens zorgt deze sluisbeveiliging er ook voor dat het andere TEV-systeem wordt afgeschakeld (het andere spanningsniveau dus waar de trein naartoe rijdt). In enkele gevallen komen aardschakelaars in. Op deze manier zijn beide kanten spanningsloos geworden. Dit wordt ook wel “vierkant uitschakelen” of “tweezijdig uitschakelen” genoemd.

Ter voorkoming van het onterecht “vierkant uitschakelen” van de spanningssluis, dient bij bepaalde werkzaamheden de beveiliging van de spanningssluis uitgeschakeld te worden. Als de beveiliging niet wordt uitgeschakeld, bestaat de kans dat een deel van de hoofdbaan spanningsloos wordt terwijl het niet buitendienst is. Het betreft werkzaamheden zoals:

- werk aan bovenleiding, detectiedraad;
- losnemen retour- of minusverbindingen.

Een gedetailleerdere omschrijving van het uit- en weer inschakelen van de spanningssluisbeveiliging is te verkrijgen via de *installatieverantwoordelijke*.

Na afloop van de werkzaamheden dient de beveiliging uiteraard weer ingeschakeld te worden.

**NOOT:  
Na afloop van de  
werkzaamheden  
dient de beveiliging  
uiteraard weer  
ingeschakeld te  
worden.**

### 5.3 Aandachtspunten

#### 5.3.1:

Bij werkzaamheden in de Sophiaspoortunnel dient (vanwege het tunnelregime) de tunnelbuis buiten dienst te zijn.

#### 5.3.2:

Door het gelijktijdig overbruggen van de AC-las en DC-las van een spanningssluis worden beide retoursystemen met elkaar verbonden.

#### 5.3.3:

Overbruggen van de AC-las of DC-las kan onbewust op vele manieren plaatsvinden:

- rijden een met railvoertuig over een las;
- stilstaan met een railvoertuig op een las;
- aanbrengen van een aardsnoer (bijvoorbeeld tussen equipotentiaalleiding en spoorstaven in de sluis);
- door het aanbrengen van aardingen tussen 25 kVac rijdraad, equipotentiaalleiding en sporen tussen AC-las en DC-las is automatisch de AC-las overbrugd;
- door een condensatorbank in de sluis kort te sluiten wordt automatisch de AC-las overbrugd;
- door een defecte ES-las.

#### 5.3.4:

Parallel liggende sluisen zijn op vier plaatsen met elkaar verbonden. Buiten de sluis liggen de reguliere dwarskoppelingen van het 25 kVac en 1500 Vdc spoor. Hier dient rekening mee gehouden te worden tijdens de voorbereiding en uitvoering van de werkzaamheden en de bijbehorende veiligheidsmaatregelen.

#### 5.3.5:

Als in de spanningssluis wordt gewerkt, is het raadzaam de sluisbeveiliging uit te schakelen, omdat deze ingrijpt op de voeding van de 1500 Vdc hoofdbanen (en dus niet alleen op het 1500 Vdc gedeelte van de spanningsluis).

**5.3.6:**

De AC-detectiedraad is rechtstreeks verbonden met de equipotentiaalleiding en het geel/groene circuit en niet met het spoor in de sluis of met het zwarte circuit. De kortsluitstroom ten gevolge van het met opstaande pantograaf door de sluis rijden loopt dus niet door de condensatorbanken in de sluis. Deze kortsluitstroom loopt rechtstreeks via de equipotentiaalleiding, het geel/groene circuit, de blanke LA en de rest van het RLA systeem terug naar het onderstation.

**5.3.7:**

De DC-detectiedraad is rechtstreeks gekoppeld met de minus.

**5.3.8:**

Indien tijdens werkzaamheden zowel de AC-las als de DC-las overbrugd moeten worden, kan mogelijk een scheiding tussen de retoursystemen worden aangebracht in het toeleidende 1500 Vdc spoor door middel van het losnemen van railspoelen. Mogelijk moet ook de minuskoppeling tussen beide sluisen losgenomen worden. Zie 5.4.3 en 5.4.4.

**5.3.10:**

De K-boog bij Elst-Aansluiting is een enkelsporige spanningssluis. Vanaf de retourkast bij de DC-Las ligt een geïsoleerde verbinding naar de lineaire aardgeleider (LA) van de hoofdbaan van de Betuweroute (nabij het spoorviaduct over de conventionele spoorlijn Arnhem-Nijmegen). Deze extra verbinding ligt alleen bij de K-boog omdat hier een enkele sluis is gebouwd.

## 5.4 Aardingsprincipes

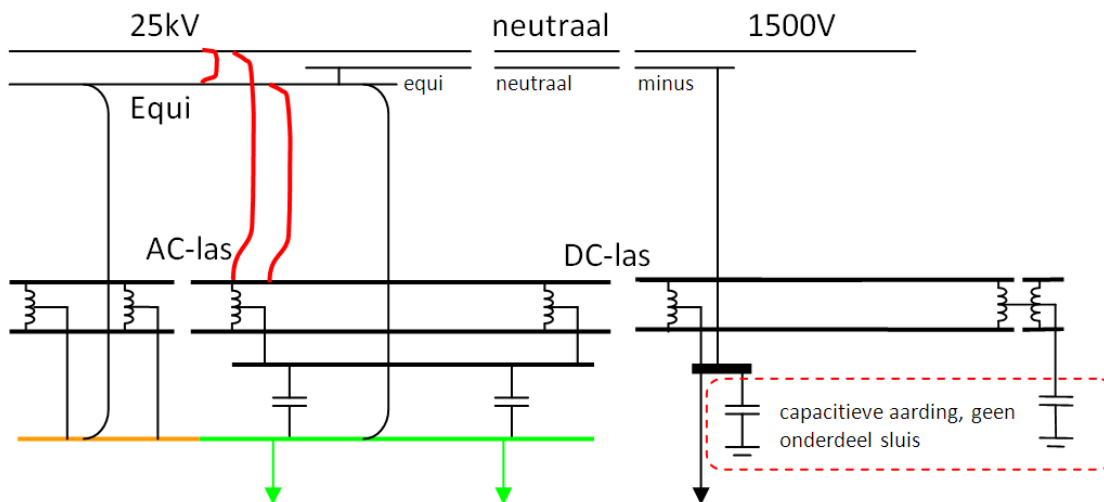
In en om de sluis zijn vele manieren van aarding mogelijk. De functie van een aardverbinding is het creëren van een veilige werkplek. Dit gebeurt onder andere door te beveiligen tegen wederinschakelen en potentiaalvereffening op de werkplek zelf. Daarbij dient voorkomen te worden dat de genoemde risico's daadwerkelijk optreden.

### 5.4.1

**Aan te brengen aarding bij werken in het 25 kVac deel van de sluis (zie onderstaande figuur):**

- 25 kVac bovenleiding aarden op de equipotentiaalleiding (ten behoeve van gegarandeerde uitschakeling bij ongewenst wederinschakelen);
- 25 kVac bovenleiding aarden op het spoor tussen AC-las en DC-las (ten behoeve van potentiaalvereffening);
- equipotentiaalleiding aarden op het spoor tussen AC-las en DC-las (ten behoeve van potentiaalvereffening).

Na bovengenoemde maatregelen zijn de condensatorbanken in de sluis kortgesloten en is de AC-las overbrugd. **De DC-las is nog de enige scheiding tussen beide retoursystemen en mag derhalve nooit of te nimmer overbrugd worden, ook niet met railvoertuigen.** Als dat wel noodzakelijk is, dan dient een "volgende" scheiding in de 1500 Vdc retour te worden aangebracht met bijbehorende maatregelen (zie 5.4.3 en 5.4.4).



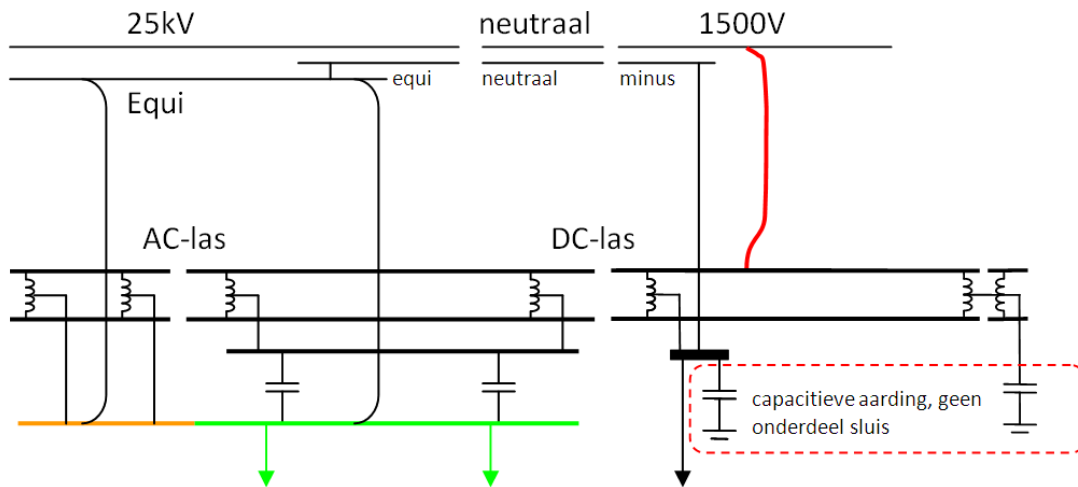
**Aarding bij 25 kVac werkzaamheden**



### 5.4.2

**Aan te brengen aarding bij werken in het 1500 Vdc deel van de sluis (zie onderstaande figuur)**

- 1500 Vdc bovenleiding verbinden met de minus (lees: het spoor). Dit is de normale werkwijze bij werkzaamheden aan 1500 Vdc.



**Aarding bij 1500 Vdc werkzaamheden**

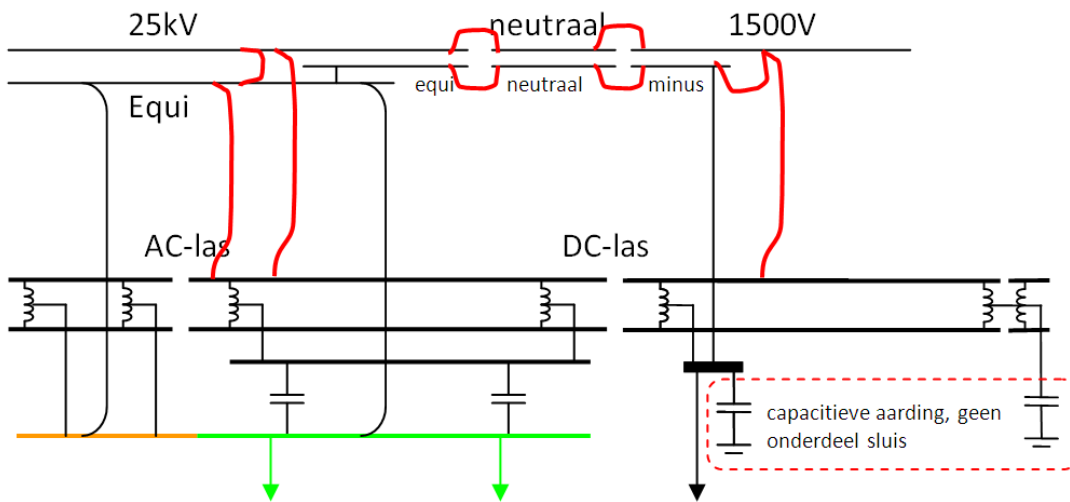
### 5.4.3

**Aan te brengen aarding bij werken in het overnamegebied van de sluis (zie onderstaande figuur):**

- 25 kVac bovenleiding aarden op de equipotentiaalleiding (ten behoeve van gegarandeerde uitschakeling bij ongewenst inschakelen);
- 25 kVac bovenleiding aarden op spoor tussen AC-las en DC-las (ten behoeve van potentiaalvereffening);
- equipotentiaalleiding aarden op het spoor tussen AC-las en DC-las (ten behoeve van potentiaalvereffening);
- 1500 Vdc bovenleiding verbinden met de minus; vanuit de sluis gezien: net buiten de sluis en voorbij de DC-las (normale werkwijze bij werkzaamheden aan 1500 Vdc);
- 1500 Vdc bovenleiding, 25 kVac bovenleiding, detectiedraden en neutrale secties verbinden met elkaar.

Na bovengenoemde maatregelen zijn de condensatorbanken in de sluis kortgesloten en zijn de AC-las en DC-las overbrugd. Hierdoor zijn beide retoursystemen met elkaar verbonden. Om toch beide retoursystemen gescheiden te houden is er nog één mogelijkheid:

- sluis loskoppelen van minus → verderop in 1500 Vdc spoor minusverbindingen losnemen (zie 5.4.4).



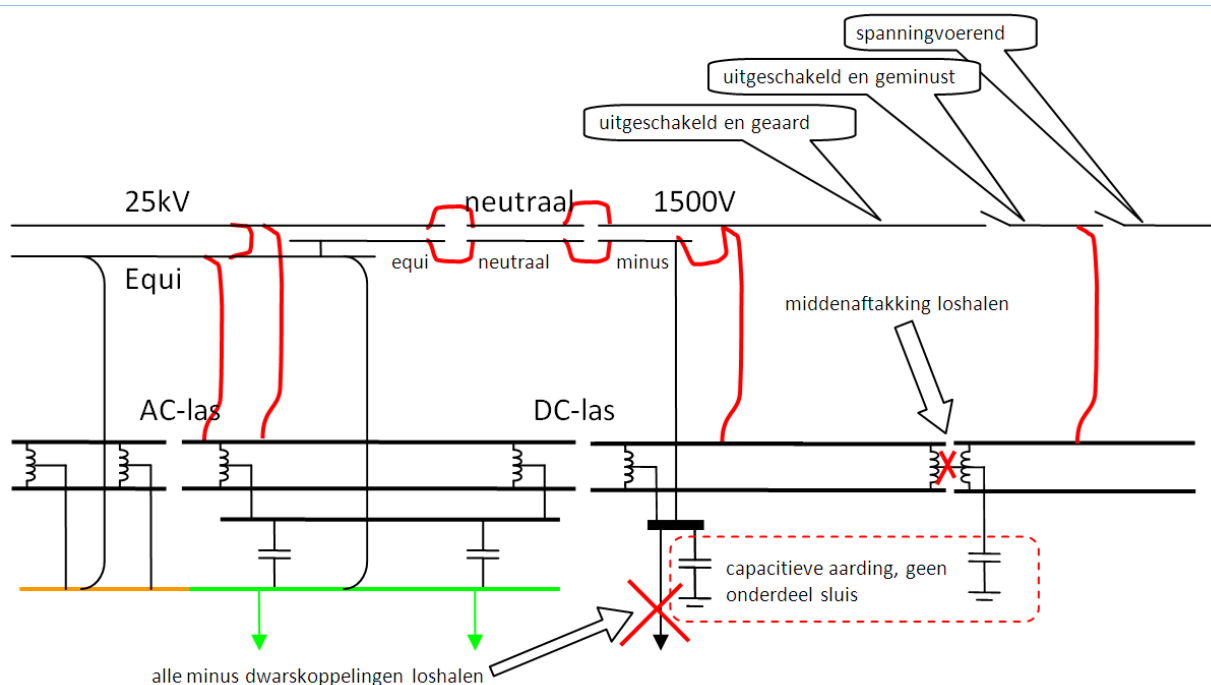
**Aarding bij werkzaamheden in het overnamegebied**

#### 5.4.4 Sluis loskoppelen van minus (zie onderstaande figuur)

Als:

- aan de bovenleiding in het overnamegebied gewerkt moet worden, of
- als de DC-las vervangen moet worden, of
- als bij werkzaamheden de DC-las overbrugd blijft door een railvoertuig/werktrein

is het noodzakelijk om verderop in het DC-spoor een tijdelijke scheiding aan te brengen tussen de retoursystemen van beide systemen. Hiervoor dient dan de minus onderbroken te worden. Omdat een deel van het spoor losgekoppeld wordt van minus, moet(en) ook de bovenleidinggroep(en) boven dit deel worden uitgeschakeld. In de eerste spanningsloze groep, gezien vanuit de onder spanning staande groepen, moet uiteraard een veiligheidsaarde worden aangebracht naar het spoor (dat verbonden moet zijn met minus) ter voorkoming van onbedoeld spanning-neutraal rijden. Deze spanningsloze groep moet, vanwege de verbinding met minus, dus ook los geschakeld zijn van de geaarde groep. Schematisch wordt het loskoppelen (inclusief diverse aardingen) weergegeven in onderstaande figuur.

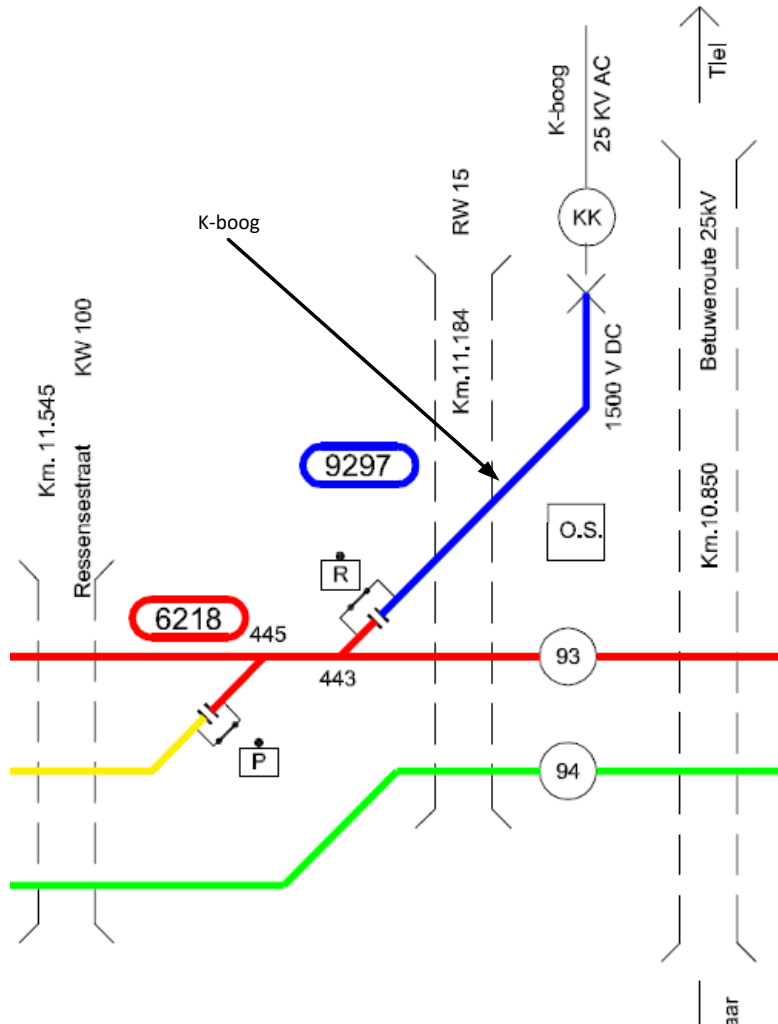


#### Conventioneel spoor loskoppelen van minus

De ES-las, waarvan de middenaftakking<sup>1</sup> is losgenomen, vormt nu de nieuwe scheiding tussen de retoursystemen; deze mag dus niet overbrugd worden. Mogelijk zijn maatregelen noodzakelijk om de gevolgen van het spanningsverschil dat bij de ES-las ontstaat te beperken/beheersen. De ES-las, die de tijdelijke scheiding gaat vormen, dient vooraf rondom visueel geïnspecteerd te worden of deze een goede elektrische scheiding vormt. Bij twijfel kan een ES-lasentester worden gebruikt.

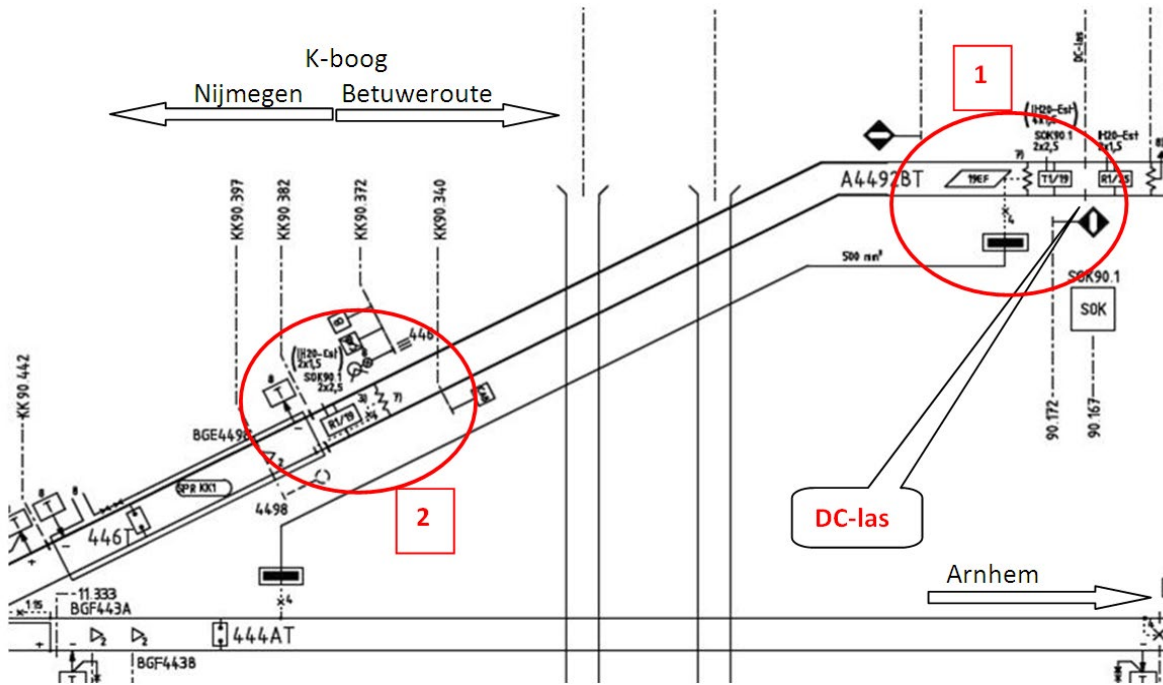
<sup>1</sup> Dit hoeft niet per se bij de capacitieve aarding plaats te vinden zoals in de figuur is weergegeven, onderbreken van de minus mag op elke locatie.

Het bovenstaande is in één specifieke situatie als voorbeeld uitgewerkt. Het betreft hier de K-boog bij Elst-Aansluiting, zie onderstaande figuur.

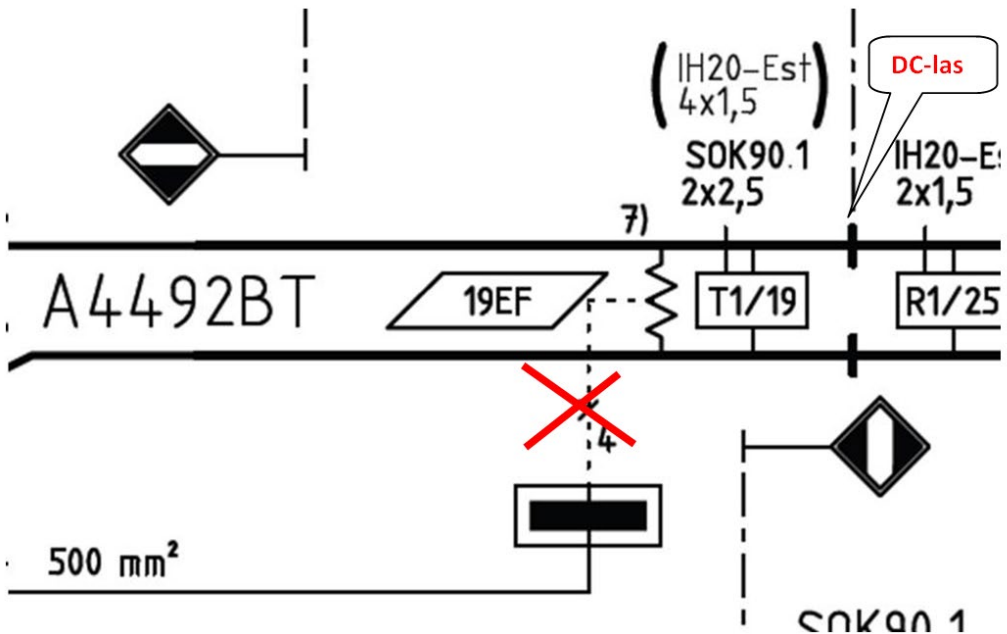


Schakelschema K-boog (10-ZI-230)

In onderstaande figuren is het OR-blad met enkele uitvergrotingen gegeven.



Deel van OR-blad van K-boog bij Elst Aansluiting



Uitvergroting 1: gebied rondom DC-las met te verbreken verbinding

Naast het onderbreken van de retour bij de ES-lassen/railspoelen in het spoor waar gewerkt wordt, is het ook noodzakelijk om dwarsverbindingen te onderbreken, zoals weergegeven in onderstaande figuur.



**Uitvergroting 2: gebied rondom nieuwe tijdelijke scheiding met te verbreken verbinding**

De maatregelen zijn als volgt:

- schakelaar R, LL, P, F, M dienen UIT te staan;
- groep 9297 wordt verbonden aarde (via neutrale sectie) en met het van minus losgehaald spoor. Deze maatregel hoeft alleen genomen te worden bij werken aan of nabij de bovenleiding.
- groep 6218 wordt verbonden met spoor (nog verbonden met minus) tegen onbedoeld spanning-neutraal rijden vanaf 1500 Vdc. Dus tenminste direct nabij schakelaar F (in verband met selectiviteit).

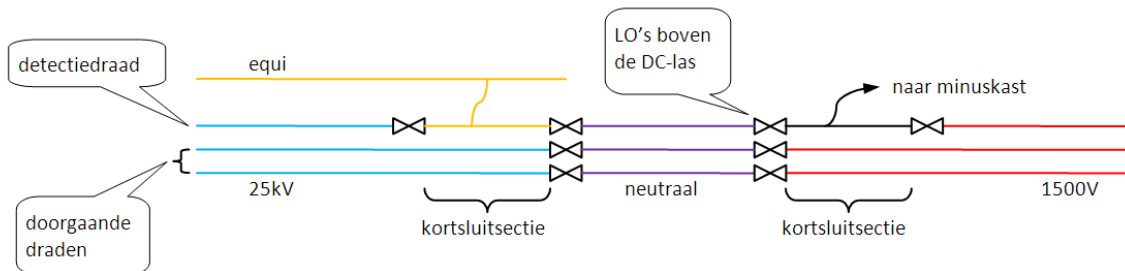
## 5.5 Aandachtspunten ten behoeve van het werkplan

Het is aan te raden de volgende items in het werkplan op te nemen:

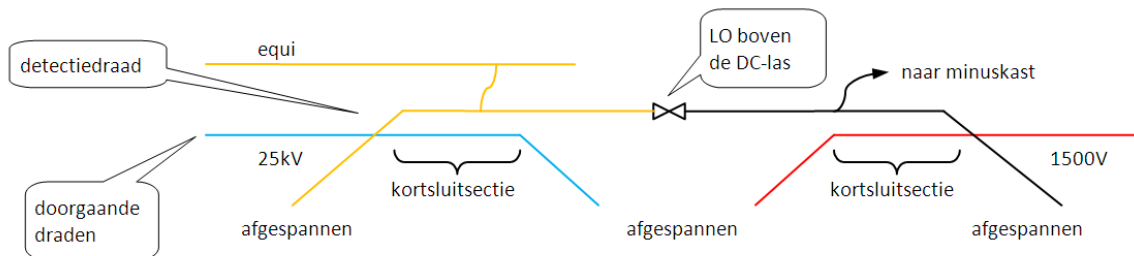
- omschrijving werkzaamheden;
- indien van toepassing: gegevens buitendienst gesteld gebied;
- indien van toepassing: gegevens spanningsloosstelling (zowel 1500 Vdc als 25 kVac);
- indien van toepassing: gedetailleerd aardplan en/of minusplan (exact aangeven welke geleiders met elkaar worden verbonden en op welke wijze dat gebeurt);
- maatregelen om de risico's, zoals genoemd in het VVW-HS, te beheersen;
- inzet, aan- en afvoer en verplaatsing railgebonden voertuigen en werktreinen ten opzichte van AC-las en DC-las;
- maatregelen ter voorkoming van overbrugging van beide ES-lassen (AC-las en DC-las);
- noteer de gelijkstroom door de tractietrafo van het voedende 25 kVac onderstation voorafgaand en na afloop van de werkzaamheden (uit te lezen op OBI in "DC Supervision" van betreffende 25 kVac onderstation);
- indien noodzakelijk kan de sluisbeveiliging worden getest (SCI-AC kast) of kan een functionele test van 1500 Vdc snelschakelaars worden uitgevoerd.

## 5.6 Toelichting opbouw bovenleiding

Hieronder wordt een toelichting gegeven op de configuratie van de bovenleiding in de verschillende spanningssluizen.



schematische weergave (bovenaanzicht) van bovenleiding in spanningssluis in de bogen bij Meteren Aansluiting en Elst aansluiting



schematische weergave (bovenaanzicht) van bovenleiding in spanningssluis op doorgaande baan bij Vaanplein, Sophiatunnel en Zevenaar

### Opbouw bovenleiding in spanningssluizen, bogen en doorgaande baan

In de bogen (bovenste deel van figuur) zijn de doorgaande 25 kVac en 1500 Vdc rijdraden via leidingonderbrekers en een neutrale sectie met elkaar verbonden. Op deze locaties is het niet mogelijk geweest om draden af te spannen. Door het gebruik van een neutrale sectie wordt voorkomen dat een leidingonderbreker een onderbreking moet vormen tussen 25 kVac en 1500 Vdc.

Ter plekke van de kortsluitsectie is de detectiedraad aan de 25 kVac zijde verbonden met aarde en aan de 1500 Vdc zijde met minus zodat er kortsluiting<sup>2</sup> gereden wordt als een trein ten onrechte met opstaande pantograaf de spanningssluis in rijdt.

In de doorgaande sluisen is gekozen voor een andere oplossing. De spanningvoerende rijdraden worden ieder apart afgespannen; ze hoeven derhalve niet door een neutrale sectie gescheiden te worden. De detectiedraad is een aparte inkomende en weer uitgaande draad, verbonden met aarde respectievelijk minus.

<sup>2</sup> Als alternatieve oplossing is detectie van een opstaande pantograaf mogelijk door middel van een detectiesysteem zonder dat er kortsluiting optreedt.