

P-8.01.00.B2
Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding
 Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

B755MVAyse Amerikaanse overall Enexis



Vlamvertragende antistatische Amerikaanse overall

De Amerikaanse overall is voorzien van:

- gulp met ritssluiting
- knoopsluiting aan beide zijden
- 2 steekzakken
- borstzak met klep met drukknopsluiting
- 2 achterzakken met klep
- duimstokzak
- FR schouderbanden verstelbaar d.m.v. fixlocksluiting
- enveloppezakken op knieën afsluitbaar d.m.v. klittenband
- horizontale reflectie aan onderzijde pijpen

Normering:

- EN340 (algemeen)
- EN ISO11612: 2008 A1A2 B1 C1 D0 E2 F1 (beschermende kleding voor industriearbeiders)
- NEN-EN-ISO11611:2007 A1A2 Class 1 (beschermende kleding voor lassen)
- NEN-EN 1149-5: 2008 (antistatische kleding)
- EN13034:2005 / A1: 2009, type PB (6) (chemicaliën)
- IEC 61482-2:2009 class 1 (lichtboog)
- NEN-ISO 20471: 2013, klasse 1 (zichtbaarheidskleding)

Materiaal : 51% modacryl / 42% lyocell / 5% pararamide / 1% static control
 Kleur : fluorgeel / marine

P-8.01.00.B2
Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding
Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

B753MVAISE Werkjas Enexis



Vlamvertragende antistatische werkjas.

De werkjas is voorzien van:

- ritssluiting verdekt door overslag met verdekte drukknopsluiting
- 2 steekzakken met klittenbandsluiting
- 2 borstzakken afsluitbaar d.m.v. klep met klittenbandsluiting
- 1 mouwzak afsluitbaar d.m.v. klep met drukknopsluiting
- manchetten verstelbaar d.m.v. drukknopsluiting
- rugplooien
- horizontale reflectie op corpus en mouwen
- elastiek in de taille

Normering:

- EN340 (algemeen)
- EN ISO11612: 2008 A1A2 B1 C1 D0 E2 F1 (beschermende kleding voor industriearbeiders)
- NEN-EN-ISO11611:2007 A1A2 Class 1 (beschermende kleding voor lassen)
- NEN-EN 1149-5: 2008 (antistatische kleding)
- EN13034:2005 / A1: 2009, type PB (6) (chemicaliën)
- IEC 61482-2:2009 class 1 (lichtboog)
- NEN-ISO 20471: 2013, klasse 2 (zichtbaarheidskleding)

Materiaal : 51% modacryl / 42% lyocell / 5% pararamide / 1% static control
Kleur : fluorgeel / marine

P-8.01.00.B2

Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

B754MVAISE Werkbroek met reflectie Enexis



Vlamvertragende antistatische werkbroek.

De werkbroek is voorzien van:

- rits en knoopsluiting voor de tailleband
- 2 steekzakken
- 2 achterzakken met klep
- duimstokzak afsluitbaar d.m.v. drukknoopsluiting
- riemlussen
- elastiek in tailleband
- enveloppezakken op knieën afsluitbaar d.m.v. klittenband
- horizontale reflectie aan onderzijde pijpen

Normering:

- EN340 (algemeen)
- EN ISO11612: 2008 A1A2 B1 C1 D0 E2 F1 (beschermende kleding voor industriearbeiders)
- NEN-EN-ISO11611:2007 A1A2 Class 1 (beschermende kleding voor lassen)
- NEN-EN 1149-5: 2008 (antistatische kleding)
- EN13034:2005 / A1: 2009, type PB (6) (chemicaliën)
- IEC 61482-2:2009 class 1 (lichtboog)
- NEN-ISO 20471: 2013, klasse 1 (zichtbaarheidskleding)

Materiaal : 51% modacryl / 42% lyocell / 5% pararamide / 1% static control
Kleur : fluorgeel / marine

P-8.01.00.B2

Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

B756MVAISE Bodywarmer Enexis



Vlamvertragende antistatische bodywarmer.

De bodywarmer is voorzien van:

- ritssluiting verdekt door overslag met verdekte drukknopsluiting
- 2 steekzakken met klittenbandsluiting
- 2 borstzakken afsluitbaar d.m.v. klep met klittenbandsluiting
- horizontale reflectie op corpus en mouwen
- wattine voering

Normering:

- EN340 (algemeen)
- EN ISO11612: 2008 A1A2 B2 C2 D0 E2 F2 (beschermende kleding voor industriearbeiders)
- NEN-EN-ISO11611:2007 A1A2 Class 1 (beschermende kleding voor lassen)
- NEN-EN 1149-5: 2008 (antistatische kleding)
- EN13034:2005 / A1: 2009, type PB (6) (chemicaliën)
- NEN-ISO 20471: 2013, klasse 2 (zichtbaarheidskleding)

Materiaal : 51% modacryl / 42% lyocell / 5% pararamide / 1% static control
Vulling : polyester
Binnenzijde : 36% katoen / 32% viscose / 32% modacryl
Kleur : fluorgeel / marine

P-8.01.00.B2

Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

G136WPMGSE Commando trui Enexis



Materialen

Buitenzijde : 50% Wol/30% acryl/20% Polyamide Superwash

Maatvoering : S t/m 5EL

Normering:

- EN340 (algemeen)

Commandotruï met ronde hals. Het boord, de manchetten en de col zijn dubbel uitgevoerd. De trui is verder voorzien van epauletten met klittenbandsluiting, een mouwzak met 3 compartimenten en versterkingen op de schouders en ellebogen.

P-8.01.00.B2
Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding
Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

G171KPNDSE Sweater Enexis



Materialen

Buitenzijde : 50% katoen / 50% polyamide

Maatvoering : S t/m 5EL

Normering:

- EN340 (algemeen)

Het boord, de manchetten en de col van deze sweater zijn dubbel uitgevoerd. Ronde hals. Kraag, tailleband en manchetten zijn voorzien van elastaan

P-8.01.00.B2

Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

G170KPNDSE T-shirt Enexis



Materialen

Buitenzijde : 65% katoen / 35% polyester 145 gr/m2

Maatvoering : S t/m 5EL

Normering:

- EN340 (algemeen)

Rondgebreid T-shirt voorzien van een dubbel ribboord. Hals afgewerkt met een nektape van schouder tot schouder.

P-8.01.00.B2

Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

G169KPNDSE Poloshirt Enexis



Materialen

Buitenzijde : 65% katoen / 35% polyester, Piqué 175 gr/m²

Maatvoering : S t/m 5EL

Normering:

- EN340 (algemeen)

Poloshirt met korte mouw en voorzien van een platgebreide kraag. Hals wordt gesloten door middel van 3 knoopjes.

P-8.01.00.B2

Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

G204KPNGSE Overhemd lange mouw Enexis



Materialen

Buitenzijde : 50% Katoen / 50% Polyester, 1/1 Keperbinding, 125 gr/m², **NON-IRON-finish**

Maatvoering : S t/m 4EL

Normering:

- EN340 (algemeen)

Overhemd met lange mouw voorzien van knoopsluiting, 2 borstzakken met plooi afsluitbaar d.m.v. klep met knoopsluiting, manchetten met split en knoopsluiting De rug is voorzien van dubbel uitgevoerd jukstuk. De linker borstzakklep is voorzien van een opening voor een pen.

P-8.01.00.B2
Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding
 Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

G205KPNGSE Overhemd korte mouw Enexis



Materialen

Buitenzijde : 50% Katoen / 50% Polyester, 1/1 Keperbinding, 125 gr/m²,
NON-IRON-finish

Maatvoering : S t/m 4EL

Normering:

- EN340 (algemeen)

Overhemd met korte mouw voorzien van knoopsluiting, 2 borstzakken met plooi afsluitbaar d.m.v. klep met knoopsluiting, manchetten met split en knoopsluiting. De rug is voorzien van dubbel uitgevoerd jukstuk. De linker borstzakklep is voorzien van een opening voor een pen.

P-8.01.00.B2

Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

A112KNSJSX Spijkerbroek Bram's Paris



Materialen

Buitenzijde : 100% katoen DENIM 14 Oz.

Maatvoering

A112KNSJS : Breedte 30 t/m 46 lengtematen : 30,32,34,36 en 38

Normering:

- EN340 (algemeen)

Whitelabel spijkerbroek. Pasvorm: recht model.

Zakkenpakket, riemlussen gulp afgewerkt als reguliere spijkerbroek.

P-8.01.00.B2

Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

A258KNSJSX Spijkerbroek Wrangler



Materialen

Buitenzijde : 100% katoen DENIM 14 Oz.

Maatvoering

A258KNSJS : Breedte 30 t/m 44 lengtematen : 30,32,34 en 36

Normering:

- EN340 (algemeen)

Whitelabel spijkerbroek. Pasvorm: recht model.

Zakkenpakket, riemlussen gulp als reguliere spijkerbroek.

P-8.01.00.B2
Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding
 Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

B749PUBYSE Regenjas Enexis



Oude foto

Materialen

Buitenzijde : 55% Polyurethane / 45% modacryl, 185 gr/m2

Maatvoering : S t/m 4EL

Normering:

- EN343 3-1 (bescherming tegen regen)
- NEN-EN-ISO 14116:2008 1/12H/60 (beperkte vlamverspreiding)
- NEN-EN 1149-5 : 2008 (antistatische kleding)
- EN340 (algemeen)
- EN471 2 2 (zichtbaarheidskleding)

De jas is voorzien van een ritssluiting verdekt door een dubbele overslag met klittenbandsluiting, een capuchon met koordsluiting, 2 onderzakken afsluitbaar d.m.v. klep met klittenbandsluiting en een koordsluiting in de onderzoom. De mouwen zijn afsluitbaar dmv drukknoopsluiting.

P-8.01.00.B2
Overzicht van Persoonsbeschermende Kleding
Versie 19-04-2016 onderdeel van het VGWM-zorgsysteem Enexis

B759PUBGS Regenbroek Enexis



Oude foto

Materialen

Buitenzijde : 55% Polyurethane / 45% modacryl, 185 gr/m²

Maatvoering : S t/m 4EL

Normering:

- EN343 3-1 (bescherming tegen regen)
- NEN-EN-ISO 14116:2008 1/12H/60 (beperkte vlamverspreiding)
- NEN-EN 1149-5 : 2008 (antistatische kleding)
- EN340 (algemeen)

De broek is voorzien van een elastische band en de pijpwijsde is verstelbaar d.m.v. koordelastiek.

Station	VeldNr	UitgevallenVeld	UitvalTeller	Onderhouds-indicatie	NsmNr	Datum	Regio	District	Hoofdstation	Blok
[014.008]	5	[014.233]	1	1						
Hoogstraat		Maagdtheater			20130073	20-2-2013	Brabant West	ENBWE	Woensdrecht	Blok A



SANITAS LABORATORIUM SERVICES B.V.

RAPPORTAGE KLEEFMONSTERS ASBEST SEM

Enexis B.V.

Document nr. :1628402/1/1.1

T.a.v. **10.2.e**

Postbus 6

8000 AA Zwolle

NEDERLAND

Datum rapportage : 26-09-2016

Uw referentie :station 014.008

Datum analyse : 26-09-2016

41185506

Datum ontvangst : 26-09-2016

Aantal monsters :4

Datum monstername:

Vergroting :600x

Onderzochte beeldvelden :80

Beeldveldoppervlakte :0,21280

Pagina :1 van 1

Analyse methode : conform ISO 14966 (Scanning Elektronen Microscopie) (Q) en NEN 2991:2005 (Q) Aangeboden door : Enexis B.V.

Monstergegevens : E-station 014.008
 Hoogstraat 14
 4611 MG Bergen op Zoom

M	Monsteromschrijving	Opp (mm2)	type asbest aangetroffen / conc. gebied				Conc. gebied
			CHR	AMO	CRO	OVE	
1	A14176; rechts achter in de hoek	17,02	0	0	0	0	-

- Q = analyse valt onder de scope van de RvA Testen accreditatie onder nr. L568
- de resultaten hebben uitsluitend betrekking op de aangeboden monsters
- dit rapport mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd

Sanitas Laboratorium Services B.V.

10.2.e

2	A14196; links voor in de hoek bij trafo 3	17,02	0	0	0	0	-
3	A14156; rechts vooraan in de hoek	17,02	0	0	0	0	-
4	A14186; links achter in de hoek	17,02	0	0	0	0	-

Toelichting bij de tabel:

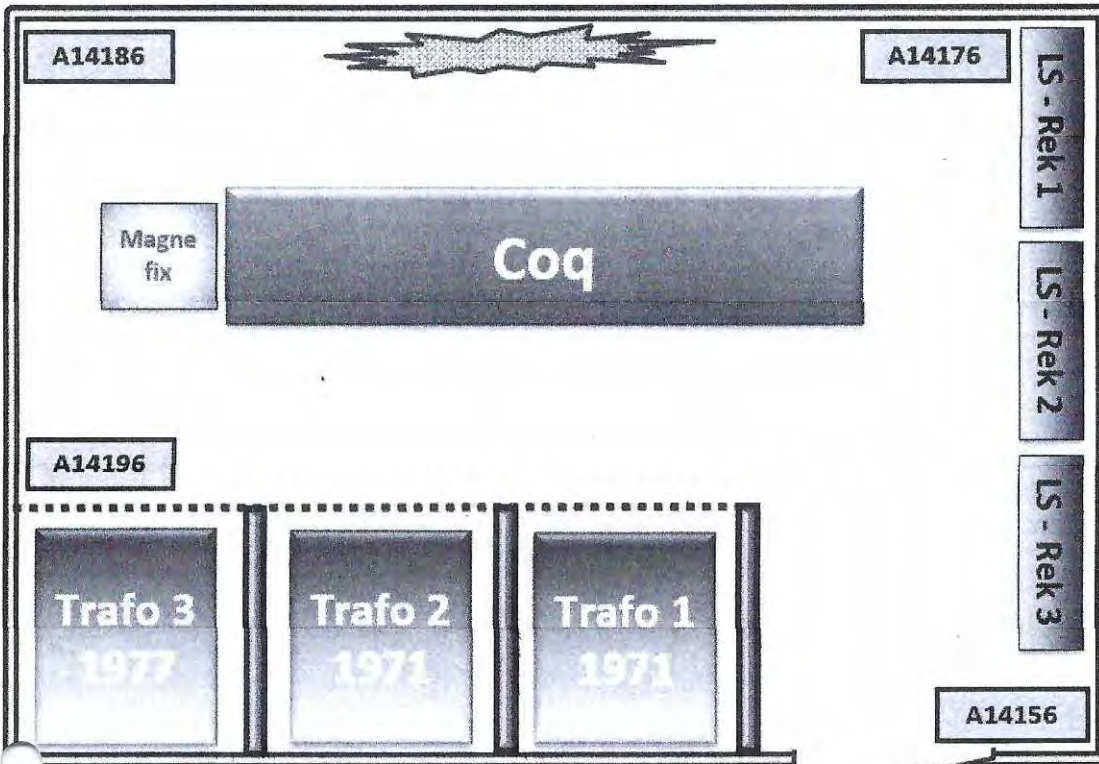
Weergave	conc (v/cm2)	Omschrijving
++	> 1000	zeer veel asbest aangetroffen.
+	100 - 1.000	duidelijk asbest aangetroffen.
+/-	10 - 100	sporen asbest aantoonbaar.
-	< 10	geen asbest aangetroffen.

*** Concentratie gebied**

M = monsternummer OVE = overige soorten (Tremoliet, Actinoliet, Anthofyllie)
 CHR = Chrysotiel nvt = niet van toepassing
 AMO = Amosiet Opp = onderzocht oppervlak stripmonster CRO = Crocidoliet

Opmerkingen:

Locatie-gegevens		Regio *)		brabant west		Gas		CODE		
Discipline *)		Elekt.		014.008						
Stationsnummer		014.008		Hoogstraat						
Straat		4611 MT Bergen op zoom								
Plaats										
omcirkelen *)										
Opnamegegevens		DTAér		10.2 e		Mobiel		Paraaf		
Ruimte nr.	Bron nr.	Overzichtsfoto's	1 T/M	5	Aantal zichtbaar ja/nee	Bron	Foto's per bron	Fotonr.	Fotonr.	
		Code	Omschrijving bron (indien geen code)							
1	B1		Zekering asbesthoudend (licht verweerd)		15	nee	28 T/M	37		
1	B2		Zekering asbesthoudend (licht verweerd)		15	nee	28 T/M	37		
1	B3		Zekering asbesthoudend (licht verweerd)		6	nee	28 T/M	37		
1	B4		Trafo verdacht		1	nee	9	10	11	
1	B5		Trafo verdacht		1	nee	12 T/M	15		
1	B6		Trafo verdacht		1	nee	16 T/M	19		
1	B7		Conel installatie met asbestkoord (licht verweerd)		7	nee	21 T/M	25		
	B8						F	F		
	B9						F	F		
	B10						F	F		
	B11						F	F		
	B12						F	F		
Totaal aantal genomen kleefmonsters:					4	Opmerkingen				



E-station 014.008

Kiwa Compliance
Hongkongstraat 5
3047 BR Rotterdam
Nederland



Kiwa Inspection & Testing
Hongkongstraat 5
3047 BR Rotterdam

T: +31 (0)88 998 38 00
E: info@kiwa-inte.com

www.kiwa-inte.com

Analyserapport

<i>Datum rapportage:</i>	13-11-18
<i>Aantal pagina's (inclusief dit voorblad):</i>	10
<i>Uw referentie:</i>	CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)
<i>Locatie monsterneming:</i>	Hoogstraat t.h.v 1A te Bergen op Zoom
<i>Monsterneming door:</i>	Opdrachtgever
<i>Datum ontvangst monsters:</i>	13-11-18
<i>Aantal monsters:</i>	4
<i>Analyse conform norm:</i>	NEN-ISO 16000-27
<i>Analyse locatie:</i>	Mobiel
<i>Methode/identificatienummer/merk:</i>	SEM/EDX* SEM16100001 Jeol / Jeol
<i>Datum analyse:</i>	13-11-18
<i>Onze referentie:</i>	2018.031759.1
<i>Versie:</i>	1

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyseresultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw referentie: CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)

Kiwa Inspection & Testing is niet aansprakelijk voor interpretaties of conclusies die gedaan zijn naar aanleiding van de verkregen resultaten. Alleen vermenigvuldigen van het gehele rapport is toegestaan. Bij monsterneming door "Opdrachtgever" kan geen uitspraak gedaan worden over de verkregen data, herkomst, representativiteit en veiligheid tijdens de monsterneming. De door Kiwa Inspection & Testing uitgevoerde analyses zijn, indien niet anders vermeld, geaccrediteerd onder L140 door de raad voor accreditatie. Een lijst van verrichtingen is opgenomen op de site van de raad voor accreditatie <http://www.rva.nl>. Indien gewenst kunnen wij u de verrichtingenlijst toesturen. Op dit analyserapport zijn onze algemene voorwaarden van toepassing. Het analyserapport vormt één geheel en moet als zodanig worden gehanteerd.

Hoogachtend,

10.2.e

*Scanning Electron Microscopy coupled with Energy Dispersive X-ray ofwel Scanning Elektronenmicroscopie met behulp van Röntgen microanalyse.

Alle documenten behorende bij deze rapportage zijn gecontroleerd en geautoriseerd door de manager laboratorium of diens vervanger. Indien twijfel bestaat over de echtheid van dit document kunt u dit verifiëren via verificatie@kiwa-inte.com o.v.v. onze referentie en versie.

BANK: Rabobank 1532.73.763 - IBAN: NL36 RABO 0153273763 - BIC: RABONL2U - BTW: NL813868634B01 - KVK: 24370016

Resultaat kleeft monsters:

Monster nummer	Monsteromschrijving	Gewogen telling	Klasseindeling NEN 2991
781567	KM01, stof	0	- (Geen asbest aangetroffen)
781568	KM02, stof	-	Geen indeling - kleeftmonster overbeladen
781569	KM03, stof	-	Geen indeling - kleeftmonster overbeladen
781570	KM04, stof	-	Geen indeling - kleeftmonster overbeladen

NEN-ISO 16000-27 Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van de neergestreken stofvezels op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie)																	
(directe methode)																	
SEM / EDX		SEM16100001 Jeol / Jeol			Datum analyse:		13-11-2018										
Uw Referentie		CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)															
Onze referentie		2018.031759.1			Overbeladen:		Nee										
Monsternummer:		781567															
Monsterschrijving:		KM01, stof															
Deel 1: analyse van 10 mm ² op een werkelijke vergroting van: 370X										Oppervlakte per beeldveld: 0,473 mm ²							
Monster geschikt voor analyse: Ja																	
Beeldveld	Geteld	Chrysotiel					Amfibool					MMMM					Opmerking
		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	
1	X																
2	X																
3	X																
4	X																
5	X																
6	X																
7	X																
8	X																
9	X																
10	X																
11	X																
12	X																
13	X																
14	X																
15	X																
16	X																
17	X																
18	X																
19	X																
20	X																
21	X																
22	X																
23	X																
24	X																
25	X																
Σ1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Geanalyseerd oppervlak (deel 1): 11,83 mm ²										Aantal geanalyseerde beeldvelden (deel 1): 25							

NEN-ISO 16000-27 Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van de neergestreken stofvezels op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie)																	
(directe methode)																	
SEM / EDX		SEM16100001 Jeol / Jeol				Datum analyse:		13-11-2018									
Uw referentie		CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)															
Onze referentie		2018.031759.1				Overbeladen:		Nee									
Monsternummer:		781567															
Monsteromschrijving:		KM01, stof															
Deel 2: analyse van 1 mm ² op een werkelijke vergroting van: 980X										Oppervlakte per beeldveld: 0,068 mm ²							
Monster geschikt voor analyse:										Ja							
Beeldveld	Geteld	Chrysotiel					Amfibool					MMMMF					Opmerking
		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		
1	X																
2	X																
3	X																
4	X																
5	X																
6	X																
7	X																
8	X																
9	X																
10	X																
11	X																
12	X																
13	X																
14	X																
15	X																
16																	
Σ2		0	0	0	0	1/8	0	0	0	0	1/8	0	0	0	0	1/8	
Σ1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Σ1+2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Σtotaal		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Geanalyseerd oppervlak (deel 2): 1,02 mm ²										Aantal geanalyseerde beeldvelden (deel 2):							15

Resultaat monsters:

781567	KM01, stof	Asbest		MMMMF	
Aantal vezelstructuren gevonden op lage vergroting en hoge vergroting		0	0	0	0
Totaal vezelstructuren (ongewogen)		0		0	
Totaal vezelstructuren (gewogen)		0		0	
Gewogen telling		0		0	
95% betrouwbaarheidsinterval (ongewogen) ondergrens en bovengrens		0	4	0	4
95% betrouwbaarheidsinterval (gewogen geschatte waarde) ondergrens en bovengrens		0	4	0	4
Totaal bekeken oppervlakte: 12,85 mm ² Totaal aantal bekeken beeldvelden:		40			

Indeling vezelbesmetting vanaf oppervlakken in categorieën conform NEN-ISO 16000-27

Asbest	MMMMF
Geen vezels aangetroffen (Klasse 0)	Geen vezels aangetroffen (Klasse 0)
Indeling van de gevonden asbestconcentraties in kleefmonsters in vier verontreinigingsniveaus conform NEN 2991	
- (Geen asbest aangetroffen)	

Klasseindeling NEN-ISO 16000-27

Klasse	concentratie (aantal vezelstructuren/cm ²)	omschrijving	Klasse	concentratie (aantal asbeststructuren/cm ²)	omschrijving
0	0	Geen vezels aangetroffen	-	0	Geen asbest aangetroffen
1	>0 tot 100	Vezels aangetroffen	+/-	1-100	sporen asbest aangetroffen
2	>100 tot 500	Oppervlakte verontreinigd	+	101-500	Oppervlak duidelijk met asbest verontreinigd
3	>500	Oppervlakte zwaar verontreinigd	++	>500	Oppervlakte zeer sterk met asbest verontreinigd

NEN-ISO 16000-27 Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van de neergestreken stofvezels op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie)																	
(directe methode)																	
SEM / EDX		SEM16100001 Jeol / Jeol			Datum analyse:		13-11-2018										
Uw Referentie		CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)															
Onze referentie		2018.031759.1			Overbeladen:		Ja										
Monsternummer:		781568															
Monsterschrijving:		KM02, stof															
Deel 1: analyse van 10 mm ² op een werkelijke vergroting van: 370X										Oppervlakte per beeldveld: 0,473 mm ²							
Monster geschikt voor analyse:		Nee, oorzaak:			Overbeladen:												
Beeldveld	Geteld	Chrysotiel					Amfibool					MMM					Opmerking
		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	
1	X																
2	X																
3	X																
4	X																
5	X																
6	X																
7	X																
8	X																
9	X																
10	X																
11	X																
12	X																
13	X																
14	X																
15	X																
16	X																
17	X																
18	X																
19	X																
20	X																
21	X																
22	X																
23	X																
24	X																
25	X																
Σ1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geanalyseerd oppervlak (deel 1): - mm ²							Aantal geanalyseerde beeldvelden (deel 1): -										

NEN-ISO 16000-27 Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van de neergestreken stofvezels op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie) (directe methode)																	
SEM / EDX		SEM16100001 Jeol / Jeol				Datum analyse:		13-11-2018									
Uw referentie		CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)															
Onze referentie		2018.031759.1				Overbeladen:		Ja									
Monsternummer:		781568															
Monsteromschrijving:		KM02, stof															
Deel 2: analyse van 1 mm ² op een werkelijke vergroting van: 980X										Oppervlakte per beeldveld: 0,068 mm ²							
Monster geschikt voor analyse:						Nee, oorzaak:					Overbeladen:						Opmerking
Beeldveld	Geteld	Chrysotiel					Amfibool					MMMf					
		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		
1	X																
2	X																
3	X																
4	X																
5	X																
6	X																
7	X																
8	X																
9	X																
10	X																
11	X																
12	X																
13	X																
14	X																
15	X																
16																	
Σ2		0	0	0	0	1/8	0	0	0	0	1/8	0	0	0	0	1/8	
Σ1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Σ1+2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Σtotaal		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Geanalyseerd oppervlak (deel 2): 1,02 mm ²										Aantal geanalyseerde beeldvelden (deel 2):						15	

Resultaat monsters:

781568	KM02, stof	Asbest		MMMM	
Aantal vezelstructuren gevonden op lage vergroting en hoge vergroting		-	-	-	-
Totaal vezelstructuren (ongewogen)		-	-	-	-
Totaal vezelstructuren (gewogen)		-	-	-	-
Gewogen telling		-	-	-	-
95% betrouwbaarheidsinterval (ongewogen) ondergrens en bovengrens		-	-	-	-
95% betrouwbaarheidsinterval (gewogen geschatte waarde) ondergrens en bovengrens		-	-	-	-
Totaal bekeken oppervlakte: - mm ² Totaal aantal bekeken beeldvelden:		-	-	-	-

Indeling vezelbesmetting vanaf oppervlakken in categorieën conform NEN-ISO 16000-27

Asbest	MMMM
Geen indeling - kleeftmonster overbeladen	Geen indeling - kleeftmonster overbeladen
Indeling van de gevonden asbestconcentraties in kleeftmonsters in vier verontreinigingsniveaus conform NEN 2991	
Geen indeling - kleeftmonster overbeladen	

Klasseindeling NEN-ISO 16000-27

Klasse	concentratie (aantal vezelstructuren/cm ²)	omschrijving	Klasse	concentratie (aantal asbeststructuren/cm ²)	omschrijving
0	0	Geen vezels aangetroffen	-	0	Geen asbest aangetroffen
1	>0 tot 100	Vezels aangetroffen	+/-	1-100	sporen asbest aangetroffen
2	>100 tot 500	Oppervlakte verontreinigd	+	101-500	Oppervlak duidelijk met asbest verontreinigd
3	>500	Oppervlakte zwaar verontreinigd	++	>500	Oppervlakte zeer sterk met asbest verontreinigd

Klasseindeling NEN 2991

NEN-ISO 16000-27 Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van de neergestreken stofvezels op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie) (directe methode)																	
SEM / EDX		SEM16100001 Jeol / Jeol		Datum analyse:		13-11-2018											
Uw Referentie		CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)															
Onze referentie		2018.031759.1		Overbeladen:		Ja											
Monsternummer:		781569															
Monsteromschrijving:		KM03, stof															
Deel 1: analyse van 10 mm ² op een werkelijke vergroting van: 370X										Oppervlakte per beeldveld: 0,473 mm ²							
Monster geschikt voor analyse:		Nee, oorzaak: Overbeladen:															
Beeldveld	Geteld	Chrysotiel					Amfibool					MMMMF					Opmerking
		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	
1	X																
2	X																
3	X																
4	X																
5	X																
6	X																
7	X																
8	X																
9	X																
10	X																
11	X																
12	X																
13	X																
14	X																
15	X																
16	X																
17	X																
18	X																
19	X																
20	X																
21	X																
22	X																
23	X																
24	X																
25	X																
Σ1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geanalyseerd oppervlak (deel 1): - mm ²										Aantal geanalyseerde beeldvelden (deel 1): -							

NEN-ISO 16000-27 Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van de neergestreken stofvezels op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie) (directe methode)																	
SEM / EDX		SEM16100001 Jeol / Jeol				Datum analyse:		13-11-2018									
Uw referentie		CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)															
Onze referentie		2018.031759.1				Overbeladen:		Ja									
Monsternummer:		781569															
Monsteromschrijving:		KM03, stof															
Deel 2: analyse van 1 mm ² op een werkelijke vergroting van: 980X										Oppervlakte per beeldveld: 0,068 mm ²							
Monster geschikt voor analyse:						Nee, oorzaak:					Overbeladen:						
Beeldveld	Geteld	Chrysotiel					Amfibool					MMMF					Opmerking
		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		
1	X																
2	X																
3	X																
4	X																
5	X																
6	X																
7	X																
8	X																
9	X																
10	X																
11	X																
12	X																
13	X																
14	X																
15	X																
16																	
Σ2		0	0	0	0	1/8	0	0	0	0	1/8	0	0	0	0	1/8	
Σ1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Σ1+2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Σtotaal		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Geanalyseerd oppervlak (deel 2): 1,02 mm ²										Aantal geanalyseerde beeldvelden (deel 2):							15

Resultaat monsters:

781569	KM03, stof	Asbest		MMMF	
Aantal vezelstructuren gevonden op lage vergroting en hoge vergroting		-	-	-	-
Totaal vezelstructuren (ongewogen)		-	-	-	-
Totaal vezelstructuren (gewogen)		-	-	-	-
Gewogen telling		-	-	-	-
95% betrouwbaarheidsinterval (ongewogen) ondergrens en bovengrens		-	-	-	-
95% betrouwbaarheidsinterval (gewogen geschatte waarde) ondergrens en bovengrens		-	-	-	-
Totaal bekeken oppervlakte: - mm ² Totaal aantal bekeken beeldvelden:		-	-	-	-

Indeling vezelbesmetting vanaf oppervlakken in categorieën conform NEN-ISO 16000-27

Asbest	MMMF
Geen indeling - kleeftmonster overbeladen	Geen indeling - kleeftmonster overbeladen
Indeling van de gevonden asbestconcentraties in kleeftmonsters in vier verontreinigingsniveaus conform NEN 2991	
Geen indeling - kleeftmonster overbeladen	

Klasseindeling NEN-ISO 16000-27

Klasse	concentratie (aantal vezelstructuren/cm ²)	omschrijving	Klasse	concentratie (aantal asbeststructuren/cm ²)	omschrijving
0	0	Geen vezels aangetroffen	-	0	Geen asbest aangetroffen
1	>0 tot 100	Vezels aangetroffen	+/-	1-100	sporen asbest aangetroffen
2	>100 tot 500	Oppervlakte verontreinigd	+	101-500	Oppervlak duidelijk met asbest verontreinigd
3	>500	Oppervlakte zwaar verontreinigd	++	>500	Oppervlakte zeer sterk met asbest verontreinigd

Klasseindeling NEN 2991

NEN-ISO 16000-27 Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van de neergestreken stofvezels op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie) (directe methode)																	
SEM / EDX		SEM16100001 Jeol / Jeol		Datum analyse:		13-11-2018											
Uw Referentie		CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)															
Onze referentie		2018.031759.1		Overbeladen:		Ja											
Monsternummer:		781570															
Monsteromschrijving:		KM04, stof															
Deel 1: analyse van 10 mm ² op een werkelijke vergroting van: 370X										Oppervlakte per beeldveld: 0,473 mm ²							
Monster geschikt voor analyse:		Nee, oorzaak:		Overbeladen:													
Beeldveld	Geteld	Chrysotiel					Amfibool					MMMF					Opmerking
		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	Vezel	Cluster	Bundel	Matrix	1/8 veld	
1	X																
2	X																
3	X																
4	X																
5	X																
6	X																
7	X																
8	X																
9	X																
10	X																
11	X																
12	X																
13	X																
14	X																
15	X																
16	X																
17	X																
18	X																
19	X																
20	X																
21	X																
22	X																
23	X																
24	X																
25	X																
Σ1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geanalyseerd oppervlak (deel 1): - mm ²							Aantal geanalyseerde beeldvelden (deel 1): -										

NEN-ISO 16000-27 Binnenlucht - Deel 27: Bepaling van de neergestreken stofvezels op oppervlakken door SEM (scanning elektronenmicroscopie) (directe methode)																		
SEM / EDX		SEM16100001 Jeol / Jeol		Datum analyse:		13-11-2018												
Uw referentie		CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)																
Onze referentie		2018.031759.1		Overbeladen:		Ja												
Monsternummer:		781570																
Monsteromschrijving:		KM04, stof																
Deel 2: analyse van 1 mm ² op een werkelijke vergroting van: 980X										Oppervlakte per beeldveld: 0,068 mm ²								
Monster geschikt voor analyse:										Nee, oorzaak:		Overbeladen:					Opmerking	
Beeldveld	Geteld	Chrysotiel					Amfibool					MMMM						
		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix		Vezel	Cluster	Bundel	Matrix			
1	X																	
2	X																	
3	X																	
4	X																	
5	X																	
6	X																	
7	X																	
8	X																	
9	X																	
10	X																	
11	X																	
12	X																	
13	X																	
14	X																	
15	X																	
16																		
Σ2		0	0	0	0	1/8	0	0	0	0	1/8	0	0	0	0	1/8		
Σ1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Σ1+2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Σtotaal		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Geanalyseerd oppervlak (deel 2): 1,02 mm ²										Aantal geanalyseerde beeldvelden (deel 2):					15			

Resultaat monsters:

781570	KM04, stof	Asbest		MMMM	
Aantal vezelstructuren gevonden op lage vergroting en hoge vergroting		-	-	-	-
Totaal vezelstructuren (ongewogen)		-	-	-	-
Totaal vezelstructuren (gewogen)		-	-	-	-
Gewogen telling		-	-	-	-
95% betrouwbaarheidsinterval (ongewogen) ondergrens en bovengrens		-	-	-	-
95% betrouwbaarheidsinterval (gewogen geschatte waarde) ondergrens en bovengrens		-	-	-	-
Totaal bekeken oppervlakte: - mm ² Totaal aantal bekeken beeldvelden:		-	-	-	-

Indeling vezelbesmetting vanaf oppervlakken in categorieën conform NEN-ISO 16000-27

Asbest	MMMM
Geen indeling - kleeftmonster overbeladen	Geen indeling - kleeftmonster overbeladen
Indeling van de gevonden asbestconcentraties in kleeftmonsters in vier verontreinigingsniveaus conform NEN 2991	
Geen indeling - kleeftmonster overbeladen	

Klasseindeling NEN-ISO 16000-27

Klasse	concentratie (aantal vezelstructuren/cm ²)	omschrijving	Klasse	concentratie (aantal asbeststructuren/cm ²)	omschrijving
0	0	Geen vezels aangetroffen	-	0	Geen asbest aangetroffen
1	>0 tot 100	Vezels aangetroffen	+/-	1-100	sporen asbest aangetroffen
2	>100 tot 500	Oppervlakte verontreinigd	+	101-500	Oppervlak duidelijk met asbest verontreinigd
3	>500	Oppervlakte zwaar verontreinigd	++	>500	Oppervlakte zeer sterk met asbest verontreinigd



Kiwa Compliance
Hongkongstraat 5
3047 BR Rotterdam
Nederland

Kiwa Inspection & Testing
Hongkongstraat 5
3047 BR Rotterdam

T: +31 (0)88 998 38 00
E: info@kiwa-inte.com

www.kiwa-inte.com

VERTROUWELIJK

SEM Analyserapport

Rapport Datum rapportage: 13-11-18
Aantal pagina's: 3

Uw kenmerk Contactpersoon: n.v.t.
Referentie: CAL-75508, Trafostation 114008 (Enexis)
Object: Hoogstraat t.h.v 1A te Bergen op Zoom

Ons kenmerk Projectnummer: 2018.031759.2

Analyse Op: asbest
Datum monstername: 13-11-18
Monstername door: Opdrachtgever
Spoedanalyse: Ja
Plaats van analyse: Mobiele SEM
SEM: SEM16100001
Datum analyse: 13-11-18
Naam analist: 10.2.e
Techniek: Scanning Electronen Microscopie
Norm: ISO 14966

Indien u meer informatie wenst betreffende dit rapport, dan kunt u contact met ons opnemen via:

Tel.: 088-102e

email: 10.2.e

@kiwa-inte.com

Dit rapport mag op geen enkele wijze gereproduceerd worden, behalve in zijn geheel, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Kiwa Inspection & Testing.

De heer 10.2.e
10.2.e

Alle documenten behorende bij deze rapportage zijn gecontroleerd en geautoriseerd door de manager laboratorium of diens vervanger. Indien twijfel bestaat over de echtheid van dit document kunt u dit verifiëren via verificatie@kiwa-inte.com o.v.v. het certificaatnummer.

Hongkongstraat 5, 3047 BR, ROTTERDAM, telefoonnummer: 088 998 38 00, e-mail: info@kiwa-inte.com

BANK: Rabobank 1532.73.763 - IBAN: NL36 RABO 0153273763 - BIC: RABONL2U - BTW: NL813868634B01 - KVK: 24370016

SEM-lucht MMMF asbest versie 20, 28-09-2018

Algemene gegevens monster

Dossiernummer 2018.031759.2
Monsternummer 2018.031759.2 /781571
Omschrijving monster LM01, lucht



Kiwa Inspection & Testing
Hongkongstraat 5
3047 BR Rotterdam

T: +31 (0)88 998 38 00
E: info@kiwa-inte.com

www.kiwa-inte.com

Analyseparameters

Bemonsterd volume lucht (m³) 0,510
Vergroting (telling) 2090X
Vergroting (identificatie) 8000x tot 16000x
Aantal onderzochte velden 750
Oppervlak van 1 veld (mm²) 0,0150
Gehanteerde norm ISO 14966

Resultaten van de telling en identificatie

Type vezel	Aantal vezels	Concentratie (vezels/m ³)	VR0M* equivalentiefactor	Concentratie (vezelequivalenten/m ³)
Chrysotiel ¹ lengte ≤ 5 µm	0	< detectielimiet	0,1	< detectielimiet
Chrysotiel ¹ lengte > 5 µm	0	< detectielimiet	1,0	< detectielimiet
Amosiet ² lengte ≤ 5 µm	0	< detectielimiet	1,0	< detectielimiet
Amosiet ² lengte > 5 µm	0	< detectielimiet	10,0	< detectielimiet
Crocidoliet ² lengte ≤ 5 µm	0	< detectielimiet	1,0	< detectielimiet
Crocidoliet ² lengte > 5 µm	0	< detectielimiet	10,0	< detectielimiet
Actinoliet ² lengte ≤ 5 µm	0	< detectielimiet	1,0	< detectielimiet
Actinoliet ² lengte > 5 µm	0	< detectielimiet	10,0	< detectielimiet
Tremoliet ² lengte ≤ 5 µm	0	< detectielimiet	1,0	< detectielimiet
Tremoliet ² lengte > 5 µm	0	< detectielimiet	10,0	< detectielimiet
Anthofylliet ² lengte ≤ 5 µm	0	< detectielimiet	1,0	< detectielimiet
Anthofylliet ² lengte > 5 µm	0	< detectielimiet	10,0	< detectielimiet
MMMF ³ lengte ≤ 5 µm	0	< detectielimiet	n.v.t.	n.v.t.
MMMF ³ lengte > 5 µm	0	< detectielimiet	n.v.t.	n.v.t.

Opmerkingen:

De analysegevoeligheid is 66 vezels/m³

Per definitie is de bepalingsgrens de berekende concentratie aan vezels in de lucht die overeenkomt met 2,99 vezels in de analyse (d.i. het 95% betrouwbaarheidsinterval van de Poisson-verdeling voor 0 vezels).

Vezelconcentratie**:

Concentratie aan chrysotiel asbestvezels (lengte > 5 µm) in vezels/m³ lucht: < 199
(95%-betrouwbaarheidsinterval)

Concentratie aan amfibolen asbestvezels (lengte > 5 µm) in vezels/m³ lucht: < 199
(95%-betrouwbaarheidsinterval)

Concentratie aan MMMF (lengte > 5 µm) in vezels/m³ lucht: < 199
(95%-betrouwbaarheidsinterval)

Concentratie aan asbestvezels in vezelequivalenten/m³ lucht:
(95%-betrouwbaarheidsinterval)

Opmerkingen:

GEEN

¹ serpentijnasbest ² amfiboolasbest ³ man made mineral fibre

* Uitgedrukt in vezelequivalenten conform de VR0M richtlijnen.

** Daar waar geen vezels zijn vastgesteld, werd de detectielimiet opgegeven, waarbij een equivalentiefactor van 1,0 werd gehanteerd.

De door Kiwa Inspection & Testing uitgevoerde analyses zijn geaccrediteerd onder L140. Een lijst van verrichtingen is opgenomen op de site van de Raad voor Accreditatie www.rva.nl. Indien gewenst, kunnen wij u de verrichtingenlijst toesturen.

Hongkongstraat 5, 3047 BR, ROTTERDAM, telefoonnummer: 088-998 38 00, e-mail: info@kiwa-inte.com

BANK: Rabobank 1532.73.763 - IBAN: NL36 RABO 0153273763 - BIC: RABONL2U - BTW: NL813868634B01 - KVK: 24370016

SEM-lucht MMMF asbest versie 20, 28-09-2018

RAPPORT STORINGSONDERZOEK - DEFINITIEF

Vervolgonderzoek storing 10kV ruimte Hoogstraat (Bergen op Zoom)

Inspectie SZW

Rapport nr.: 19-2529

Datum: 13-09-2019



Projectnaam: Rapport storingsonderzoek – Definitief
Rapport titel: Vervolgonderzoek storing 10kV ruimte
Hoogstraat (Bergen op Zoom)
Klant: Inspectie SZW
Contactpersoon: 10.2.e
Datum: 13-09-2019
Project nr.: 10130568
Organisatie unit: EA-AM
Rapport nr.: 19-2529

DNV GL – Energy
Energy Advisory
Postbus 9035
6800 ET ARNHEM

Tel: +31 26 356 9111
KvK 09006404

Geschreven door:

Beoordeeld door:

Goedgekeurd door:

10.2.e – 10.2.e – 10.2.e

Copyright © DNV GL 2019 All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distributie:

- ☐ Onbepaalde distributie (intern en extern)
- ☐ Onbepaalde distributie binnen de DNV GL Groep
- ☐ Onbepaalde distributie binnen DNV GL Netherlands B.V.
- ☒ Geen distributie (vertrouwelijk)

Revisie	Datum	Revisieomschrijving	Verdient	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	24-05-2019	Eerste concept uitgave	10.2.e	10.2.e	10.2.e
0	13-09-2019	Definitieve uitgave			

DNV GL Netherlands B.V.

Inhoud

1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	6
2.1	Voorgeschiedenis	6
2.2	Scope	6
2.3	Onderzoeksvraag	6
2.4	Onderzoeksaanpak	7
2.5	Leeswijzer	8
2.6	Begrippenlijst	9
3	SITUATIEBESCHRIJVING	12
3.1	Netsituatie	12
3.2	Schakelmogelijkheden in het net	13
3.3	Opbouw van station Hoogstraat	14
3.4	De COQ-installatie	15
3.5	Beveiligingen	17
3.6	Signaalregistratie en automatisering	17
3.7	Historie componenten	17
4	VOLGORDELIJKHEID VAN GEBEURTENISSEN	20
4.1	Algemeen	20
4.2	Bevindingen Sequence of Eventlijst	20
4.3	Bevindingen beveiligingen	21
4.4	Weersituatie	26
5	BEVINDINGEN VAN DE UITGEVOERDE INSPECTIES EN ONDERZOEKEN	27
5.1	Bevindingen COQ-installatie	27
5.2	Bevindingen laagspanningsrek	38
5.3	Bevindingen transformatoren	39
5.4	Bevindingen onderzoek kabeleindsluitingen	39
5.5	Analyse van oliekwiteit en lekkage	40
6	ANALYSE VAN HET STORINGSVERLOOP	47
6.1	De eerste kortsluiting	47
6.2	De tweede kortsluiting	48
6.3	De explosie	49
7	STORINGSHYPOTHESEN	50
7.1	Overspanningen in het net	50
7.2	Fout in kabeleindsluiting	51
7.3	Verstoring vanuit laagspanningsnet	51
7.4	Vocht in olie	52
7.5	Lekkage schakelkolommen	55
7.6	Chemische incompatibiliteit tussen olie en coating	58
7.7	Imperfecties isolatiemateriaal	59
7.8	Overzicht Hypothesen	61
8	VERKLARING VAN HET STORINGSVERLOOP	62

8.1	Escalatie in het storingsverloop tot de eerste kortsluiting	62
8.2	Escalatie tot de tweede kortsluiting	65
9	CONCLUSIES.....	67
9.1	Beantwoording onderzoeksvragen	67
10	REFERENTIES.....	71
Bijlage A	Inleiding voor de niet elektrotechnische lezer	
Bijlage B	Kortsluitregistraties beveiligingsrelais	
Bijlage C	Details van de bevindingen van de site inspecties	
Bijlage D	Details van de bevindingen van het onderzoek in het DNV GL laboratorium	
Bijlage E	Details van de bevindingen van de inspectie van het rail- en kabelcompartiment	
Bijlage F	Details van de bevindingen van de inspectie van de kabeleindsluitingen	

1 SAMENVATTING

Op maandag 12 november 2018 is een storing opgetreden in een 10kV-ruimte van netbeheerder Enexis gelegen aan de Hoogstraat in Bergen op Zoom. Als gevolg van aardfoutindicatie-meldingen zijn storingsmonteurs van Enexis ter plaatse geweest en hebben sproei- en borrel geluiden waargenomen in de 10kV-COQ-installatie op dit station. Terwijl de monteurs buiten de ruimte wachtten op het noodstroomaggregaat trad een (eerste) storing op. De monteurs namen een knal en een drukgolf waar waarbij stof en vuil door de kieren rond de gesloten toegangsdeur naar buiten werd geblazen. Tegelijkertijd viel op meerdere plaatsen in het laagspanningsnet, dat vanuit dit station gevoed wordt, de spanning uit. Circa 90 s na de eerste storing trad een tweede storing op, waarbij de deur van het gebouw open geblazen werd en er een **10 kV** ontstond die zich uitstrekte over de openbare weg. Hierbij werden drie medewerkers van Enexis en een toevallige voorbijganger verwond.

Vanwege de ernst van dit incident is de ruimte aangewezen als een plaats delict, en is in opdracht van de officier van justitie een onderzoek ingesteld door de Inspectie SZW van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (hierna 'SZW' genoemd). SZW heeft DNV GL als onafhankelijke deskundige ingeschakeld om het technisch onderzoek naar de toedracht van dit incident uit te voeren. SZW heeft hiertoe de onderzoeksvraag geformuleerd, bestaande uit een hoofdvraag en meerdere deelvragen.

In het kader van dit onderzoek heeft DNV GL een informatieverzoek opgesteld en de ontvangen informatie bestudeerd. Tevens zijn de elektrische componenten op de plaats delict onderzocht. Onderdelen van de betreffende COQ-installatie en enkele 10kV-kabeldelen en eindsluitingen zijn door DNV GL veiliggesteld en nader onderzocht. De COQ-installatie is een olie geïsoleerde installatie. De olie is bemonsterd en in het laboratorium van DNV GL onderzocht. Op basis van de onderzoeken is een volgorde van gebeurtenissen vastgesteld en is met behulp van hypothesen de meest waarschijnlijke grondoorzaak vastgesteld.

DNV GL komt hierbij tot de volgende beantwoording van de door SZW gestelde vragen:

Hoofdvraag:

Welke achterhaalbare (technische) oorzaak is aan te wijzen voor het falen van deze COQ-schakelinstallatie en beschrijf deze.

De meest waarschijnlijke technische grondoorzaak van het incident is het lekken van door schakelhandelingen verontreinigde olie uit de schakelkolommen van de COQ-installatie op de railisolatoren van de COQ-installatie. Als gevolg van de lekkage heeft zich bezinksel afgezet op het isolatoroppervlak waardoor de isolatiekwaliteit afnam en deelontladingen zijn ontstaan. Hierdoor is het isolatoroppervlak gedegradieerd. Er zijn ook aanwijzingen dat het vochtgehalte in de installatie hoger was dan normaal, hetgeen mogelijk heeft bijgedragen aan deze storing.

Ter plaatse van de ontladingen ontleeft de isolatieolie en ontstaat gasvorming. Dat is waargenomen door de monteurs ter plaatse in de vorm van 'borrel'- en 'sproei'-geluiden. Het gas heeft zich op diverse plaatsen in de installatie opgehoopt en heeft een kortsluiting veroorzaakt in het veld Transformator 3, die zich uitbreidde naar veld Transformator 2.

De drukgolf die gepaard is gegaan met deze kortsluiting is waargenomen op de videobeelden. De transformatorbeveiliging van beide afgaande velden hebben deze kortsluiting snel afgeschakeld. De installatie zelf is hierbij nog niet spanningsloos geworden.

De beschreven (eerste) kortsluiting heeft door de combinatie van vervuiling in de olie en de drukgolf van de kortsluiting de installatie versneld verder doen gedegradieerd, waardoor ter hoogte van de rail korte tijd later een tweede kortsluiting kon ontstaan. Deze tweede kortsluiting heeft 0.7 s geduurd en is afgeschakeld door het voedende veld in 10kV-station HVS-1.

Tijdens deze tweede kortsluiting is door de snel toenemende druk olie uit de installatie geperst. Deze olie was zeer waarschijnlijk oververhit als gevolg van [REDACTED]

[REDACTED]. Voor meer detail wordt verwezen wordt naar hoofdstuk 7, met name 7.5 en hoofdstuk 8 voor een grafische uitwerking van oorzaak en gevolg.

Deelvragen:

1) Wat is het oordeel van de deskundige over de aangetroffen schadesporen op de bewijsstukken en foto's?

De waarnemingen met bewijsstukken worden in detail besproken in Hoofdstuk 5 en in de Appendices C t/m F. In hoofdstuk 7 wordt de relatie beschreven tussen de waarnemingen en de mogelijke faaloorzaken. De schadesporen en bewijsstukken zijn in lijn met, de eerdergenoemde meest waarschijnlijke storingsoorzaak.

2) Was het naar redelijk oordeel van de deskundige mogelijk geweest om de COQ-schakelinstallatie, in het schakelstation Hoogstraat, spanningsloos te kunnen schakelen direct na constateren "sproei" en "borrelen olie"?

De installatie is binnen afzienbare tijd spanningsloos te schakelen. Hierbij dient de vermogensschakelaar in het voedend veld in 10kV-station HVS-1 uitgeschakeld te worden én dienen de afgaande richtingen spanningsloos geschakeld te worden (velden Keizerstraat, Lindebaan en Penstraat). DNV GL acht het mogelijk om binnen circa 20 minuten het veld in station HVS-1 uit te schakelen. De afgaande velden zullen binnen 1 à 2 uur spanningsloos geschakeld kunnen worden. In dit antwoord is meegenomen dat conform het oordeel van DNV GL vanwege onveiligheid in het 10kV-station Hoogstraat niet in dit station geschakeld kan worden, zie ook antwoord vraag 3.

3) Beschrijf de mogelijke consequenties hiervan

Het uitschakelen van het voedende veld in 10kV-station HVS-1 heeft als consequentie dat alle klanten die gevoed worden vanuit 10kV-station Hoogstraat spanningsloos worden gedurende onbepaalde tijd. Het betreft de volgende 10kV-stations: Hoogstraat, Maagdtheater, st. Annastraat, Markiezenhof, st. Antoniusstraat, Huize st. Catharina.

Het spanningsloos schakelen van de afgaande velden heeft normaliter geen directe consequenties, maar door veiligheidsmaatregelen, in verband met de sproei en borrelgeluiden, zullen drie 10kV-strengen tijdelijk (DNV GL verwacht circa 15 minuten¹) spanningsloos geschakeld moeten worden. Het betreft de 10kV-stations: Tante Louise, Jumbo, HEMA, Thaliaplein, Huybergsestraat, Achter de Koevoet, Keizerstraat, Vlaszak, Lindebaan, Fluwenbroekstraat, Potterstraat en Penstraat.

4) In welke mate voldoet/voldeed de isolatieolie, in de gefaalde sectie van de installatie (railcompartiment en schakelaars), aan de specificaties en waar blijkt dat uit?

De COQ-Installatie bevat in hoofdlijnen twee type isolatie:

- a De olie: DNV GL heeft afwijkingen gevonden in het vochtgehalte, maar er kan na dit incident niet eenduidig worden aangetoond of dit vóór of na het incident is ontstaan. Daarnaast heeft DNV GL 'sludge' (bezinksel) in de olie waargenomen op de bodem van de installatie. Dat is een teken van oliedegradatie. Er is niet met 100% zekerheid vast te stellen of deze afwijking vóór of na het incident is opgetreden, maar er zijn sterke aanwijzingen dat de sludge al voor het incident aanwezig was. Dit duidt op waarschijnlijke degradatie van de olie voorafgaand aan het incident.
- b Vast isolatiemateriaal. DNV GL heeft elektrische boomvorming op Coqolite kokers en op railisolatoren aangetroffen. Boomvorming van deze omvang verlaagt sterk de isolerende werking van de installatie

¹ Gebaseerd op werkelijke schakelhandelingen tijdens het veiligstellen na het incident

en heeft lange tijd nodig om zich tot deze omvang te ontwikkelen. Om die reden concludeert DNV GL dat deze isolatie niet meer voldeed aan de houdspanningsspecificaties van 12 kV (IEC standaard spanningsniveaus).

5) Wat is de oorzaak geweest van het borrelen van de isolatieolie?

Het borrelen werd veroorzaakt door gasontwikkeling als gevolg van doorslagen (met toenemende intensiteit) van het contact naar aarde langs de raildoorvoerisolatoren, met name maar niet alleen optredend bij het veld Transformator 3.

6) Wat is de oorzaak geweest van de sproei in deze installatie?

De sproei is het hoorbare effect van intense ontladingen en doorslagen van het contact naar aarde langs de raildoorvoerisolatoren van onder andere veld Transformator 3. Dit soort elektrische ontladingen kan men waarnemen als knetterend of sproeiend geluid.

7) Welke oorzaken zijn er aan te wijzen voor het exploderen van deze COQ schakelinstallatie?

De explosie is het gevolg van het ontsteken van olie die door de optredende drukgolf uit de installatie werd geperst. De drukgolf ontstond als gevolg van een kortsluiting in de installatie.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de eerste en de tweede kortsluiting. Het eerste incident is qua omvang en intensiteit relatief beperkt gebleven doordat de kortsluiting binnen 0,1 seconden is afgeschakeld. Bij het tweede incident werd de kortsluiting na circa 0,7 s afgeschakeld. Hierdoor was de toegevoerde elektrische energie aanzienlijk groter, waardoor de drukgolf krachtiger was en olie uit de installatie werd geperst.

8) Ten gevolge waarvan en op welke wijze heeft de vuurbal kunnen ontstaan en was dit voorzienbaar?

Op basis van de hoofdstukken 6 en 7 zijn de volgende oorzaken aan te wijzen, die tezamen tot de vuurbal hebben geleid:

- Het ontstaan van een vlamboog op een locatie die niet door de voedende schakelaar op HVS-1 wordt afgeschakeld maar de lokale COQ-schakelaars. Hierdoor bleef de spanning op de overige velden aanwezig, en kon de isolatie versneld verder degraderen, gevoed door de interne drukgolf en door de aanwezige ontbrandingsproducten
- Het ontstaan van een tweede kortsluiting die een tweede drukgolf veroorzaakt. Olie wordt uit de installatie geperst en deels verneveld. De olie is door zijn eigen hitte licht ontvlambaar en is ofwel spontaan ontbrand, ofwel ontstoken door vlambogen intern in de installatie in de zojuist ontstane sterk verhitte gas-olie-nevel.

De voorzienbaarheid van de vuurbal kan op twee relevante momenten teruggrijpen. Deze worden hieronder afzonderlijk behandeld:

- na het vaststellen van borrel- en sproeigeluiden om 6:27 uur: Ja, het was voorzienbaar dat er een vuurbal kon komen, het was echter niet te verwachten dat deze uit het gebouw zou treden. De COQ-installatie is een oliegevulde installatie. In de elektriciteitswereld is bekend dat oliegevulde componenten in uitzonderlijke gevallen tot gevaarlijke storingssituaties kunnen leiden. Nationaal gezien zijn er enkele incidenten bekend waarbij een COQ-installatie tot explosief falen heeft geleid. Bij directe aanwijzingen, zoals de genoemde borrel- en sproeigeluiden, mag aangenomen worden dat deze installatie een potentiële explosie tot gevolg kan hebben. De omvang en het tijdstip van de potentiële explosie is daarbij onbekend. Vaak blijft de schade als gevolg van een explosie beperkt tot de ruimte waarin de apparatuur is opgesteld. In slechts een klein aantal gevallen treedt een explosie op die groot genoeg is om schade aan te richten buiten de ruimte waarin de apparatuur is opgesteld

- na de eerste storing om 10:09:12 uur: Nee, het was niet voorzienbaar dat na de eerste storing een tweede storing zou optreden met een dergelijk grote vuurbal.

Het is gebruikelijk dat elektriciteitsstoringen na één kortsluiting eventueel gepaard gaande met een vlamboog afgeschakeld worden. Het is mogelijk dat een dergelijke kortsluiting direct opgevolgd wordt door een kleine of grotere explosie. De structuur van het elektriciteitsnet in midden- en laagspanningsnetten met bijbehorende beveiliging zorgt ervoor dat het probleemgebied wordt afgeschakeld, waardoor een tweede explosie na circa 90 seconden zeer ongebruikelijk is.

9) Welke stroom heeft er vooraf / ten tijde van het ongeval gelopen over de COQ installatie en is deze van invloed geweest op het falen van deze installatie?

Deze vraag moet in delen beantwoord worden:

- 1 de normale belastingstroom vlak voor het incident over de COQ-installatie is niet gemeten. Maar er zijn geen aanwijzingen dat deze groter is dan de nominale stroom. (Beveiligingen en signalen van overbelasting)
- 2 de aardfouten die opgetreden zijn hebben een grotere amplitude en in enkele gevallen is de beveiliging aangesproken, maar die hebben geen uitschakelcommando gegeven omdat de duur van de aardfouten te kort was. Dit betekent ook dat er nauwelijks opwarming heeft plaatsgevonden als gevolg van de aardfouten
- 3 de kortsluitstromen tijdens de explosies zijn wel gemeten en weergegeven in hoofdstuk 4. Deze stromen hebben niet het falen veroorzaakt, maar hebben uiteraard wel de olie sterk verhit.

Tevens merken we op dat de beveiligingsinstellingen van het voedende veld (300 A) en van de transformatorvelden (40 A op 10kV-niveau) lager stonden ingesteld dan de nominale stroom waarvoor de installatie gespecificeerd is (respectievelijk 630 A en 400 A). Dat wil zeggen dat de beveiligingen de schakelaars doen uitschakelen voordat een mogelijke overbelasting van deze installatie kan optreden.

10) Was er in de 24 uur of direct vooraf aan de storing een schakelhandeling geweest in het betreffende netwerkdeel? (waar blijkt dat uit en welke gevolgen had dat?)


De beschikbare geregistreerde informatie gaat terug tot 1 week voorafgaand aan de explosie en laat geen schakelhandelingen zien in het betreffende netdeel.

11) Is er schade te zien op onder andere de schakelstiften en of hoofdcontact en of tulpcontacten en waardoor is deze schade ontstaan?

De waargenomen schade aan de schakelstiften en de hoofdcontacten komt overeen met een normaal schadebeeld als gevolg van het afschakelen van de kortsluiting die de eerste explosie heeft veroorzaakt. De waargenomen schade aan 'prikcontacten' van de rail en kabelaansluitingen kan verklaard worden door de vastgestelde doorslagen van de spannings-voerende geleiders op deze locaties naar aarde. Dit zijn de doorslagen die de storing hebben ingeleid.

12) Welke andere aandachtspunten zijn er, die door de deskundige als relevant worden beschouwd?

De lekkage van olie vanuit de schakelkolom naar het railcontact is onomstotelijk vastgesteld en waarschijnlijk de technische grondoorzaak van de explosie, mogelijk in combinatie met een hoog vochtgehalte dat onder meer het gevolg kan zijn van daklekkage (mogelijk inwatering), vastgesteld uit de onderhoudsgeschiedenis. De onderhoudsregistratie geeft onvoldoende inzicht of al het benodigde onderhoud is uitgevoerd dat nodig is om vocht in olie en degradatie in de vorm van sludge-vorming tijdig te herkennen, en de gevolgen te mitigeren.



Opgemerkt wordt dat de ontladingssporen op de railisolatoren zeer moeilijk waarneembaar zijn zonder de installatie spanningsloos te maken.

13) Welke andere opmerkelijke zaken werden tijdens het onderzoek van de deskundige waargenomen?

Zie het antwoord op vraag 12. Hoofdstuk 5 en Appendices A t/m E geven een uitvoerig overzicht van alle vastgestelde bijzonderheden.

2 INLEIDING

2.1 Voorgeschiedenis

Op maandag 12 november 2018 is een storing opgetreden in een 10kV-ruimte van netbeheerder Enexis gelegen aan de Hoogstraat in Bergen op Zoom. Een 10kV-ruimte is een verdeelstation waar het vermogen wordt herverdeeld over de verschillende verbindingen.

Om 05:04:44 uur zijn vanuit het station diverse meldingen van de AardSluitIndicator (ASi) waargenomen. De AardSluitIndicator is een meetinstrument dat (ongewenste) stromen naar aarde detecteert. Hierop zijn Enexis storingsmonteurs naar de locatie gegaan en hebben daar 'borrel'- en 'sproei'-geluiden waargenomen. Hiervan is melding gedaan om 6:27 uur. Deze leken afkomstig te zijn van de het railcompartiment van de COQ-schakelinstallatie (type O-1/4-10) die in deze ruimte is opgesteld.

Vervolgens werd om circa 6:35 uur besloten om de COQ-installatie voor inspectie uit bedrijf te nemen. Om de laagspanningspanelen, waarmee verbruikers worden gevoed, van spanning te kunnen blijven voorzien werd eerst opdracht gegeven om een noodstroomaggregaat ter plekke te laten komen. Terwijl de monteurs buiten de ruimte wachtten op het noodstroomaggregaat trad een (eerste) storing op om 10:09:12 uur. De monteurs namen een knal en een drukgolf waar waarbij stof en vuil door de kierren rond de gesloten toegangsdeur naar buiten werd geblazen. Tegelijkertijd viel op meerdere plaatsen in het laagspanningsnet, dat vanuit dit station gevoed wordt, de spanning uit.

Terwijl de monteurs de storing meldden en voorbereidingen troffen om de ruimte te betreden, ervan uitgaande dat als gevolg van deze storing de hele COQ-installatie spanningsloos was, trad, circa 90 seconden na de eerste storing, een tweede storing op. Hierbij werd de deur van het gebouw open geblazen en trad een steekvlam (0018) naar buiten die zich uitstreckte over de openbare weg. (0112)

Vanwege de ernst van dit incident is de ruimte aangewezen als een plaats delict, en is in opdracht van de officier van justitie een onderzoek ingesteld door de Inspectie SZW van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (hierna 'SZW' genoemd). SZW heeft DNV GL als onafhankelijke deskundige ingeschakeld om het technisch onderzoek naar de toedracht van dit incident uit te voeren. SZW heeft hiertoe de onderzoeksvraag geformuleerd, bestaande uit een hoofdvraag en meerdere deelvragen.

2.2 Scope

De scope van het onderzoek omvat de technische analyse van het incident. Meer in het bijzonder richt de analyse zich op de technische oorzaak van het falen van de installatie en het ontstaan van de explosies. Tevens zal DNV GL onderzoeken in hoeverre de gestoorde installatie uitgeschakeld had kunnen worden vóór de explosies, en wat hiervan de implicaties zouden zijn. DNV GL spreekt zich niet uit over de schuldvraag of andere juridische aspecten.

DNV GL laat zich bij het onderzoek leiden door de onderstaande onderzoeksvraag van SZW, zoals besproken in het overleg op 29 november 2018 en vastgelegd in /1/.

2.3 Onderzoeksvraag

De volgende hoofdonderzoeksvraag is door SZW geformuleerd /1/:

- welke achterhaalbare (technische) oorzaak is aan te wijzen voor het falen van deze COQ-schakelinstallatie en beschrijf deze.

Ter onderbouwing van de hoofdonderzoeksvraag heeft SZW een aantal deelvragen geformuleerd waar DNV GL zich bij het verder technisch onderzoek op diende te richten:

- wat is het oordeel van de deskundige over de aangetroffen schadesporen op de bewijsstukken en foto's?
- was het naar redelijk oordeel van de deskundige mogelijk geweest om de COQ-schakelinstallatie, in het schakelstation Hoogstraat, spanningsloos te kunnen schakelen direct na constateren "sproei" en "borrelen olie"?
- beschrijf de mogelijke consequenties hiervan
- in welke mate voldoet/voldeed de isolatieolie, in de gefaalde sectie van de installatie (railcompartiment en schakelaars), aan de specificaties en waar blijkt dat uit?
- wat is de oorzaak geweest van het borrelen van de isolatieolie?
- wat is de oorzaak geweest van de sproei in deze installatie?
- welke oorzaken zijn er aan te wijzen voor het exploderen van deze COQ-schakelinstallatie?
- ten gevolge waarvan en op welke wijze heeft de vuurbal kunnen ontstaan en was dit voorzienbaar?
- welke stroom heeft er vooraf / ten tijde van ongeval gelopen over de COQ-installatie en is deze van invloed geweest op het falen van deze installatie?
- was er in de 24 uur of direct vooraf aan de storing een schakelhandeling geweest in het betreffende netwerkdeel? (waar blijkt dat uit en welke gevolgen had dat?)
- is er schade te zien op onder andere de schakelstiften en of hoofdcontact en of tulpcontacten en waardoor is deze schade ontstaan?
- welke andere aandachtspunten zijn er, die door de deskundige als relevant worden beschouwd?
- welke andere opmerkelijke zaken werden tijdens het onderzoek van de deskundige waargenomen?

2.4 Onderzoeksaanpak

Inspectie en technisch onderzoek

Op donderdag 13 december 2018 heeft DNV GL een 1^e technische inspectie uitgevoerd om de foutlocatie te schouwen en beschikbare informatie vast te leggen voor aanvang van andere werkzaamheden zoals schoonmaak en demontage. Op diezelfde dag is een plan van aanpak voor het verdere technisch onderzoek opgesteld.

Vervolgonderzoek aan de COQ-installatie heeft plaatsgevonden op 17 en 18 januari 2019. Naar aanleiding hiervan zijn vier schakelaars voor nader onderzoek naar DNV GL overgebracht. Het betreft de schakelaars van de volgende velden (met tussen haakjes de datum van onderzoek bij DNV GL):

- Maagdtheater (11 februari 2019)
- Transformator 3 (30 januari 2019)
- Transformator 2 (12 februari 2019)
- Transformator 1 (31 januari 2019).

Op 19 februari zijn het railsysteem en de hiermee verbonden railcontacten op het station Hoogstraat in Bergen op Zoom geïnspecteerd door DNV GL en zijn de 10kV-kabeleindsluitingen van de transformatoren veiliggesteld voor verder onderzoek bij DNV GL, inclusief een 10kV-kabeldeel van transformator 1 dat in de kabelkelder heeft gelegen. De overgebleven delen van de installatie zijn op 21 maart op locatie geïnspecteerd door DNV GL.

Documentatie

Daarnaast heeft DNV GL via Inspectie SZW informatie van Enexis opgevraagd en verkregen die relevant is voor dit onderzoek. Dit betreft met name:

- uitlezingen van beveiligingsrelais /2/
- loglijsten van geregistreerde gebeurtenissen en handelingen (de "Sequence of Event" lijst) /3/

- onderhoudsorders en onderhoudsmeldingen omtrent station Hoogstraat /4,5/
- test en beoordeling van de olie-isolatie in de middenspannings-installaties /6/
- algemene beschrijving van de hoogspannings-schakelinstallaties van COQ, en in het bijzonder van de geheel gesloten uitvoering van het type O-¼-10 /9,10/.

Een compleet overzicht van verkregen documenten is opgenomen in het DNV GL rapport aan de Inspectie SWZ betreffende het bezoekverslag van de 1^e inspectie van de 10kV ruimte Hoogstraat /8/.

Tevens is informatie van het KNMI verkregen over de weersomstandigheden ten tijde van het incident /7/.

Volgorde van gebeurtenissen

Op basis van de geregistreeerde gebeurtenissen, handelingen en beveiligingsmeldingen is allereerst de volgorde van gebeurtenissen gereconstrueerd en geanalyseerd.

Opstellen en toetsen van hypothesen

Vervolgens is aan de hand van observaties en bevindingen van inspecties op locatie en onderzoek in het DNV GL laboratorium een aantal hypothesen opgesteld die een mogelijke verklaring bieden voor de opgetreden storing. Deze zijn vervolgens getoetst aan de hand van de volgende vragen:

- 1 biedt de hypothese een verklaring voor de opgetreden storing?
- 2 is de hypothese consistent met al het verkregen bewijsmateriaal?

Op basis hiervan wordt ingeschat wat de waarschijnlijkheid is dat deze hypothese daadwerkelijk de toedracht verklaard, op een schaal van "zeer onwaarschijnlijk" tot "zeer waarschijnlijk".

Het (meest waarschijnlijke) storingsverloop

Tot slot wordt aan de hand van het verloop van gebeurtenissen en de resultaten van het onderzoek het meest waarschijnlijke storingsverloop geschetst. Hierbij wordt beschreven:

- hoe de meest waarschijnlijke oorzaak van de storing kon escaleren tot de eerste kortsluiting
- hoe de eerste kortsluiting kon escaleren tot de tweede kortsluiting.

2.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van de situatie van het station Hoogstraat ten tijde van het incident. Naast de positie in het net en het type installatie wordt ook de recente relevante historie omschreven voor wat betreft onderhoud, storingen, schakelhandelingen en belasting, op basis van de beschikbare informatie.

Hoofdstuk 4 geeft een analyse en beschrijving van de volgorde van gebeurtenissen. In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste bevindingen van inspecties op locatie en onderzoek in het DNV GL laboratorium weergegeven. Hoofdstuk 6 beschrijft een nadere analyse van de gebeurtenissen tijdens en voorafgaand aan de storing. In hoofdstuk 7 worden de storingshypothese geformuleerd en getoetst, en in hoofdstuk 8 tot slot wordt het meest waarschijnlijke storingsverloop geschetst en verklaard.

De conclusies worden beschreven in hoofdstuk 9. Hier worden de hoofd-onderzoeksvraag en de deelvragen van SZW beantwoord.

Voor de leesbaarheid van het rapport is een deel van de informatie in de volgende bijlagen vervat.

Bijlage A	Inleiding voor de niet-elektrotechnische lezer
Bijlage B	Kortsluitregistraties beveiligingsrelais
Bijlage C	Details van de bevindingen van de site inspecties
Bijlage D	Details van de bevindingen van het onderzoek in het DNV GL laboratorium
Bijlage E	Details van de bevindingen van de inspectie van het rail- en kabelcompartiment

2.6 Begrippenlijst

Voor meer informatie wordt verwezen naar de "Inleiding voor de niet-technische lezer in Bijlage A.

Begrip / afkorting	Betekenis
Aardfout, aardsluiting	Kortsluiting tussen een onder spanning staande geleider en aarde (zie ook kortsluiting).
Aardingstransformator	Een speciale transformator in zigzag schakeling die een sterpunt creëert. De aardingstransformator wordt toegepast in netten waar geen natuurlijk sterpunt aanwezig is, doordat de aangesloten transformatoren allen in driehoek zijn geschakeld. Via de sterpunttransformator kan dit net alsnog geaard worden, waardoor er bij een aardfout toch een beperkte kortsluitstroom vloeit.
AC	Alternating Current ofwel wisselstroom. Hierbij is de spannings- of stroomrichting wisselend.
Alarm- en eventlijst	Een lijst van meldingen van alarmsignalen, activiteiten (zoals schakelhandelingen) en (schakel)commando's die wordt bijgehouden in een SCADA (DMS). Zie ook SCADA (DMS).
ASi	Aardsluitindicator. Een meetinstrument in het net dat stromen naar aarde detecteert in het sterpunt van de aardingstransformator. Dit instrument geeft een alarm melding in het SCADA (DMS) indien er een aardfout van voldoende omvang in het net aanwezig is.
Beveiliging	Het systeem dat overbelasting en/of kortsluiting registreert en ten tijde van de storingssituatie de overbelaste en/of gefaalde component(en) afschakelt en isoleert van de rest van het net.
Beveiligingsinstelling	De ingestelde waarden en regels voor het aanspreken van de beveiliging.
Beveiligingsrelais	Deel van het beveiligingssysteem dat de overbelasting en/of kortsluiting detecteert en binnen gedefinieerde tijden automatische activiteiten aanstuurt om de gefaalde component(en) te isoleren.
COQ-installatie	Schakelinstallatie van leverancier Hazemeijer, type COQ.
CT-kern	De ijzeren kern van de stroomtransformator die de magnetische flux geleidt. Veelal wordt de totale ringkerntransformator bedoeld met deze term.
Deelnet	Een net dat gevoed wordt vanuit één transformatorstation.
Deelontlading	Als zeer lokaal de maximaal toelaatbare elektrische veldsterkte wordt overschreden in een gasvormig, vloeibaar of vast isolatiemedium, dan zal hier een kleine ladingsuitwisseling plaatsvinden. Zolang de resterende isolatie intact is, zal het niet tot een volledige ontlading (doorslag) komen; langdurige deelontladingen kunnen een isolator echter dusdanig degraderen dat een volledige ontlading (doorslag) wel mogelijk is. Dit effect kan ook op het grensvlak van twee isolatiemedia optreden, bijvoorbeeld het oppervlak van een gietharsisolator in olie.
Doorslag	Als de isolatie tussen twee fasen in een systeem of tussen fase en aarde volledig faalt, dan kan er onbedoeld een stroom lopen tussen de fasen of naar aarde. Dit heet een doorslag en resulteert in een kortsluiting.
Doorvoer(ing)	Een geïsoleerde elektrische verbinding door een (geleidend) materiaal van een andere potentiaal, meestal aard potentiaal. Zo zijn diverse typen doorvoeringen: muurdoorvoeringen, transformator doorvoeringen en in de COQ-installatie worden doorvoeringen gebruikt voor verbindingen naar andere compartimenten, zoals de rail en de kabel.
Driehoekschakeling	Schakelconfiguratie van de drie fasen in een component, bijvoorbeeld een transformator. Bij een driehoekschakeling van de transformator worden de wikkelingen in een driehoeksvorm met elkaar verbonden. Hierdoor ontstaat een situatie zonder sterpunt.
Eén-fasig en driefasig	Het elektriciteitsnet in Nederland bestaat uit drie fasen, onderling 120° verschoven. Indien alle fasen betrokken zijn spreekt men van driefasig of driefase. Indien één fase betrokken is spreekt men van één-fasig of één-fase.
Elektrische veldsterkte	De sterkte van het elektrische veld dat veroorzaakt wordt door een spanningsverschil tussen twee of meerdere elektrisch geladen delen, bijvoorbeeld geleiders. De veldsterkte wordt beïnvloed door het spanningsverschil, de afstand tussen en de vorm van de geleiders en door de verdeling van isolatie media.
Enkellijnsschema	Een grafische weergave van een netwerk inclusief standen van schakelaars en/of scheiders waarbij de drie fasen van een verbinding als één lijn worden weergegeven.
Houdspanningsspecificaties	Specificaties van een component waarbij de duur en hoogte van de aangelegde spanning worden vastgesteld.
Impedantiegeaard net	Net waarin het sterpunt niet star met aarde verbonden is, maar met een zekere impedantie, veelal om de optredende foutstromen bij een aardfout te beperken.
Intermitterende kortsluiting	Een repeterende kortsluiting: een kortsluiting die met tussenpozen ontsteekt en weer dooft.

Isolatie	Niet geleidend materiaal tussen geleidende delen met verschillende spanning, bedoeld om de spanning voerende delen elektrotechnisch van elkaar te isoleren.
Kortsluiting - kortsluitstroom	Een kortsluiting is een onbedoelde elektrische verbinding tussen twee geleiders waartussen een spanningsverschil bestaat. De stroom die bij kortsluiting vloeit heet de kortsluitstroom, deze is doorgaans vele malen groter dan de bedrijfsstroom. Een kortsluiting kan ontstaan door een metallische verbinding, maar het kan ook ontstaan door een vlamboog.
Kabelcompartiment	Zie schakelinstallatie – compartiment.
Kabel	Een elektrische verbinding bestaande uit een geleider omgeven door isolatie. Kabels worden doorgaans ondergronds of in zogenaamde kabelgoten gelegd.
Kabel-eindsluiting	Verbinding tussen een kabel en een station / apparaat waar de kabel op is aangesloten.
Kabel-mof	Een geïsoleerde verbinding tussen twee kabeldelen.
Magnefix	Een compacte, door vaste isolatie (giethars) omhulde schakelinstallatie, bedoeld om componenten te koppelen of te ontkoppelen. Deze installatie bestaat in de regel uit een aantal enkelfasige handbediende lastscheiders al dan niet gecombineerd met hoogspannings-smeltveiligheden.
Maximumstroom-tijdrelais	Een type beveiligingsrelais dat een uitschakelcommando geeft bij overschrijding van een vooraf ingestelde stroom- en tijdwaarde.
Netopening	Punt in het elektriciteitsnet dat normaal open staat, maar tijdens werkzaamheden of storingssituaties gesloten kan worden om de energie van een andere kant te voorzien.
Lastscheider	Schakelend element dat een scheiding tussen twee netdelen kan realiseren en daarbij een stroom maximaal ter grootte van de nominale belastingstroom kan afschakelen.
Ontlading	Een fenomeen waarbij zeer lokaal de maximale toelaatbare elektrische veldsterkte wordt overschreden. Dit kan bijvoorbeeld in een isolator zijn of hierop. Lokaal ontstaat er hierdoor zeer kleine ladingsverschuivingen, die zich op diverse manieren kunnen uiten. Bij ontladingen kunnen lokaal zeer hoge temperaturen voordoen, die de omgeving kunnen ontleden en/of kunnen carboniseren.
Open driehoek	Een driehoekschakeling waarbij één van de verbindingen op de hoeken van de driehoek niet gesloten is. De spanning die hier eventueel kan ontstaan kan gemeten worden en kan dienen als indicator voor een aardfout.
Rail (systeem)	Starre geleidende verbinding waarop vermogenscomponenten worden aangesloten om het te verdelen over de afgaande velden / groepen. We onderscheiden stations met een enkel railsysteem en stations met een dubbel railsysteem.
Railcompartiment	Zie schakelinstallatie – compartiment.
Redundant / redundantie	Een situatie waarbij componenten uit mogen vallen, zonder dat de functionaliteit van het systeem wordt aangetast (de functionaliteit wordt overgenomen door andere componenten).
SCADA DMS	SCADA staat voor "Supervisory Control And Data Acquisition". Een SCADA systeem is een computersysteem om industriële processen te beheren, en procesdata op te slaan. DMS staat voor "Distributie Management Systeem". Een DMS is een SCADA systeem waarmee een distributienetwerk wordt gemonitord en beheerd.
Schakelkolom	Een vermogensschakelaar heeft in de regel een individuele eenheid per fase om de stroom te onderbreken. De generieke term hiervoor is schakelaarpool. Voor de COQ-installatie wordt vanwege het langwerpige en verticale ontwerp door de fabrikant specifiek de term 'schakelkolom' gehanteerd. De termen zijn onderling uitwisselbaar.
Schakelstation	Station waarin met behulp van een schakelinstallatie inkomende en uitgaande verbindingen kunnen worden verbonden of onderbroken.
Schakelstation - velden	Een veld in een station is het gebied waar elektrisch vermogen wordt ingevoerd of uitgevoerd. We spreken van inkomende of voedende velden, en uitgaande velden.
Schakelinstallatie	De installatie waarin de schakelaars zijn ondergebracht, samen met de railsystemen en secundaire apparatuur.
Schakelinstallatie compartiment	Een schakelinstallatie bestaat uit verschillende compartimenten die van elkaar gescheiden zijn, met ieder een eigen functie. In het kabelcompartiment wordt een inkomende of uitgaande kabel aangesloten. In een het railcompartiment bevindt zich in het railsysteem, schakelaars worden ondergebracht in een schakelcompartiment.
Schakelruimte	De ruimte waar de schakelinstallatie is ondergebracht, en waar eventuele handmatige schakelacties kunnen worden uitgevoerd.
Scheider	Een scheider is een schakelaar waarmee componenten elektrisch aan elkaar verbonden of losgekoppeld kunnen worden wanneer geen vermogen getransporteerd wordt (in tegenstelling

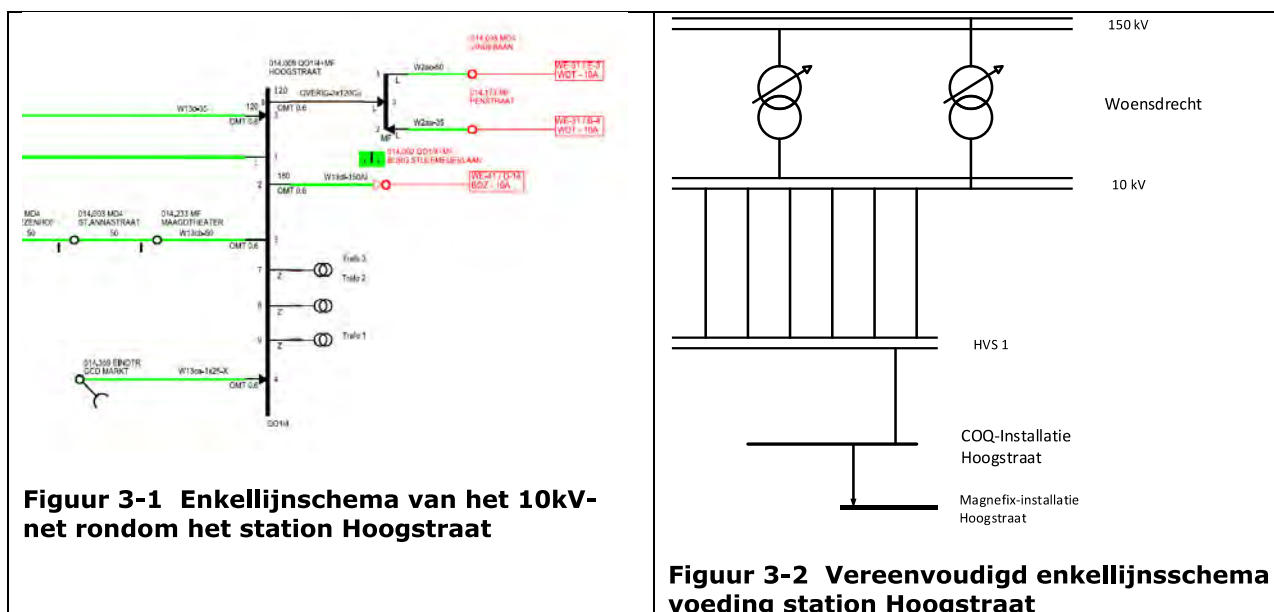
	tot de vermogensschakelaar en lastscheider), of waarmee delen van de installatie veilig worden gesteld tijdens onderhoud. Zie ook vermogensschakelaar en lastscheider.
Secundaire apparatuur	Apparatuur die zelf geen grote vermogens kan voeren of schakelen, maar nodig is om het primaire systeem naar behoren te laten functioneren (monitoren, bedienen, veiligstellen, beveiligen).
Sequence of Events list (SOE)	Lijst van opeenvolgende gebeurtenissen (schakelhandelingen, alarmen) zoals gedetecteerd door en opgeslagen in het SCADA en/of beveiligingssysteem.
Sludge	Bezinsel in olie met hoge viscositeit, afkomstig van diverse mogelijke oorzaken: Oxidatie (veroudering) van de olie, hetgeen versneld wordt door vocht; Verzameling van ontledings- en verbrandingsproducten en/of verzameling van verontreinigingen. Sludge heeft een andere chemische samenstelling dan de olie waar het uit voort komt en kan anders reageren met de materialen die ermee in aanraking komen. De elektrische eigenschappen wijken ook af van de eigenschappen van de olie. Doorgaans is de isolatiewaarde lager.
Smeltveiligheid	Een beveiligingselement waardoor de hoofdstroom vloeit. Bij een te grote stroom in combinatie met tijd smelt de smeltdraad of smeltband waardoor het hoofdstroomcircuit onderbroken wordt. Smeltpatronen worden in diverse vormen toegepast (Veelal Diazed- en Mes-patronen), meestal in laagspanning, maar bij beperkte vermogens worden ze ook toegepast in de middenspanning.
Stations-automatisering	Secundaire apparatuur dat het mogelijk maakt om automatisch schakelhandelingen en/of registraties te doen van gebeurtenissen in en om het station.
Sterschakeling	Schakelconfiguratie van de drie fasen in een component, bijvoorbeeld een transformator. Bij een sterschakeling van de transformator worden de wikkelingen in een stervorm met elkaar verbonden. Hierdoor ontstaat een sterpunt.
Sterpunt	Het punt waar de drie fasen van het driefasig elektriciteitsnet aan elkaar gekoppeld zijn. Een sterpunt kan in de elektriciteitsvoorziening voorkomen bij de wikkelingen van transformatoren.
Sterpuntsaarding	De voorziening die ervoor zorgt dat het sterpunt van de wikkelingen van een transformator met aarde verbonden is. Niet alle elektriciteitsnetten worden voorzien van sterpuntsaarding. In dat geval wordt er gesproken van een zwevend net.
Stroomtransformator (CT)	Een transformator gebruikt voor het omzetten van stroomsignalen op hoge, gevaarlijke, spanning en of hoge stroom naar een veilige en meetbare grootte.
Tertiaire wikkeling	De derde wikkeling van de transformator. Deze wikkeling kan gebruikt worden voor vermogenstransport en is in dat geval op het laagste spanningsniveau aangesloten. Een tertiaire wikkeling wordt ook toegepast om bij te dragen aan symmetrie in spanningen en stromen. Bij spanningstransformatoren wordt de tertiaire wikkeling ook vaak gebruikt voor aardfout detectie via een open driehoekschakeling.
Tracking	Als door een te hoge spanning, vervuiling of veroudering (of een combinatie hiervan) deelontladingen op een isolatoroppervlak ontstaan, dan wordt het isolatoroppervlak aangetast (ontleding en/of carbonisatie). Dit uit zich in eerste instantie meestal in een verkleuring van het isolatoroppervlak, maar verdergaande degradatie uit zich in zichtbare en voelbare spoorjes in het oppervlak van het isolatiemateriaal. Vanwege het stochastische karakter van de ontladingen, ontstaan vaak karakteristieke geometrische patronen, veelal boomstructuren.
Verdeelstation	Een station in het elektriciteitsnet waar met behoud van hetzelfde spanningsniveau, vermogensstromen kunnen worden verdeeld, en in- en uitgeschakeld kunnen worden.
Vermogensschakelaar	Een schakelaar die in staat is om de normale vermogensstroom in- en uit te schakelen, en die grote vermogens kan onderbreken die ontstaan als gevolg van een kortsluiting.
Vermogensschakelaar – schakelcontact	De bewegende contacten van een vermogensschakelaar die door de aandrijving worden verbonden / gescheiden om een stroom in / uit te schakelen.
Vermogenstransformator	Component om elektrisch vermogen om te zetten naar een ander spanningsniveau.
Vlamboog	Een ontleding in een gas van zeer hoge temperatuur tussen twee geleiders waartussen een spanningsverschil bestaat. Door de zeer hoge temperatuur is het gas deels geïoniseerd en geleidend. De vlamboog vormt een geleidend pad en kan een forse stroom geleiden.
Vlamboogsporen	Schade en of sporen die als gevolg van (de hitte van) de vlamboog achterblijven op materialen in de nabijheid van een vlamboog. Voorbeelden zijn: voetpunten, smelten van materialen, verkleuren van materialen, etc.
Voetpunt	De plaats waar de vlamboog contact maakt met de metalen stroom-voerende delen. Voetpunten kunnen herkend worden aan de schade die ontstaat door sterke lokale verhitting.
VS	Zie vermogensschakelaar.
Zwevend net	Een net waarin het sterpunt niet geaard is.

3 SITUATIEBESCHRIJVING

3.1 Netsituatie

Figuur 3-1 toont het enkellijnschema van het 10kV-net rondom station Hoogstraat. De linkse verticale (vette) zwarte lijn representeert de 10kV-COQ-schakelinstallatie. De rechtse verticale (vette) zwarte lijn representeert de 10kV-Magnefix-installatie. De linkse horizontale (vette) groene lijn op veld 1 van de COQ-installatie stelt de voedende kabel voor vanuit het 10kV-station HVS-1 1. Een zwart driehoekje symboliseert een geopende verbinding (een netopening). Netopeningen worden bewust in het net aangebracht om in geval van storingen of werkzaamheden de energievoorziening via alternatieve paden in stand te houden. Bij normaal bedrijf staan de schakelaars op deze locaties in het net dus open.

Figuur 3-2 toont schematisch het voedende 10kV-net van waaruit het 10kV-station Hoogstraat gevoed wordt. Op station Woensdrecht wordt met twee 150/10kV-vermogenstransformatoren de spanning gereduceerd van 150kV naar 10kV. Vandaar is het station verbonden met 10kV-station HVS-1 (station nummer 014.499) middels zes 10kV-kabelverbindingen. Enexis heeft aangegeven dat vijf van deze kabels in bedrijf zijn en één kabel buiten bedrijf is en als reserve aanwezig is. De kabelverbindingen zijn 6,5 à 7 km lang. Vanuit 10kV-station HVS-1 wordt het 10kV-station Hoogstraat gevoed door één 10kV-kabelverbinding met een lengte van circa 1 km.



Een 10kV-station als Hoogstraat kan in principe ook deels gevoed worden vanuit de laagspanningszijde bijvoorbeeld door zogenaamde terug-voeding vanuit zonnepanelen. Volgens opgave van netbeheerder Enexis is hier nauwelijks sprake van, om die reden wordt voeding vanuit de laagspanningszijde in dit onderzoek niet in aanmerking genomen.

Het 10kV-station Hoogstraat beschikt over de mogelijkheid om verbinding te maken met andere 10kV-netdelen. De schakelaars naar deze verbindingen staan echter permanent open (zogenoemde netopeningen), zodat er geen elektrische koppeling is met deze andere 10kV-netdelen. Dit betreft twee lastscheiders op de Magnefix-schakelinstallatie (velden 2 en 3) welke zich achter veld 6 van de Coq-installatie bevinden, en de schakelaar in veld 3 van de COQ-installatie (het veld richting Keizerstraat). De Magnefix wordt gevoed vanuit 10kV-station Lindebaan via Magnefix veld 1. Magnefix veld 2 (richting 10kV-station Penstraat) en veld 3 (richting de COQ-installatie op station Hoogstraat) zijn niet gekoppeld

(netopeningen). De 10kV-kabel richting Grote Markt (veld 4 van de COQ-installatie) is in normale situatie permanent uitgeschakeld en geaard. Alleen in het geval van een festiviteit op de Markt wordt deze verbinding in bedrijf genomen. Enexis heeft mondeling toegelicht dat het 10kV-net geaard is met een zigzag aardingstransformator op het 150/10kV-station Woensdrecht, welke de aardfoutstroom (I_0) beperkt tot maximaal 2500 A.

3.2 Schakelmogelijkheden in het net

De netsituatie zoals hierboven beschreven, in combinatie met het type schakelaars dat geïnstalleerd is, dicteert de mogelijkheden van schakelen gedurende normale bedrijfsvoering en storingssituaties. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden naar type schakelaars:

- 1 **vermogensschakelaar:** Deze schakelaar is ontworpen om alle stroomsterktes tot en met de nominale kortsluitstroom af te schakelen. Afschakelen geschiedt simultaan voor alle fasen. Vanwege deze eigenschappen is het mogelijk een vermogensschakelaar automatisch te laten afschakelen als een afwijkende netconditie optreedt, bijvoorbeeld als een kortsluitstroom geregistreerd wordt. Na het afschakelen vormt de geopende vermogensschakelaar niet noodzakelijkerwijs een veilige elektrische barrière tussen het zojuist afgeschakelde deel en het net aan de andere zijde van de schakelaar
- 2 **lastscheiders:** Deze schakelaar is ontworpen om maximaal de normale bedrijfsstroom af te schakelen. Deze schakelaars mogen dus niet gebruikt worden om kortsluitstromen af te schakelen. Om deze reden kunnen lastscheiders alleen op commando bediend worden en niet onderdeel zijn van een automatische beveiliging. Na het afschakelen vormt de lastscheider een veilige elektrische barrière.

Lastscheiders kunnen afstand-bediend zijn, maar zijn vaak handmatig bediend. Daarnaast is er een onderscheid in lastscheiders die gelijktijdig driefasig schakelen en lastscheiders die enkelfasig schakelen. Het type Magnefix MD4 of MF, een veel voorkomend type installatie in het Nederlandse net, is een handmatig bediende enkelfasig-schakelende lastscheider. De bediener staat hierbij recht voor de installatie. Om die reden worden er vaak specifieke veiligheidsmaatregelen gehanteerd bij het schakelen van een Magnefix lastscheider en gelden specifieke procedures voor het schakelen van dit type installatie tijdens storingssituaties.

Het inkomende veld (veld 1) van de COQ-installatie in station Hoogstraat is uitgerust met een lastscheider, en kan dus geen kortsluitingen afschakelen. Indien nodig gebeurt dat in het voedende 10kV-station HVS-1. De afgaande velden van de COQ-installatie (velden 2 t/m 9) zijn uitgerust met vermogensschakelaars. Deze kunnen kortsluitingen afschakelen die optreden achter de betreffende schakelaar. Opmerking, doordat de energie vanuit het inkomende veld komt, kunnen de schakelaars in de afgaande velden niet de COQ-installatie beveiligen. De installaties in de 10kV-stations die door station Hoogstraat gevoed worden zijn uitgerust met installaties van het type Magnefix MF. Dit betekent dat er sprake is van handmatig bediende enkelfasig schakelende lastscheiders met specifieke veiligheidsprocedures die beperkingen aangeven met schakelen indien er installaties in het net aanwezig zijn met een sterke mate van degradatie.

In dit rapport gaat het over de COQ-installatie in station Hoogstraat. Om deze installatie vanuit naburige stations spanningsloos te maken moeten de volgende stappen doorlopen worden:

- 1 het voedende veld in station HVS-1 afschakelen:
Het gevolg hiervan is dat de rail van de COQ-installatie spanningsloos wordt, dat station Hoogstraat en de aangesloten klanten spanningsloos worden, en dat het afgaande veld 5 richting station Maagdttheater tot en met station Catharina en de aangesloten klanten spanningsloos worden

- 2 het afgaand veld 3 richting station Keizerstraat spanningsloos schakelen² in station Keizerstraat: Als gevolg van deze schakelactie worden alle onderdelen van de COQ-installatie spanningsloos. Hierbij worden geen extra aangesloten klanten spanningsloos. Opgemerkt dient te worden, dat omwille van veiligheidsprocedures het schakelen van deze Magnefix-installaties mogelijk niet is toegestaan is in verband met een mogelijke kortsluiting in de achterliggende COQ-installatie. Als veiligheidsmaatregel dient dan de gehele voedende streng tijdelijk spanningsloos geschakeld worden, waardoor de aangesloten klanten ook tijdelijk spanningsloos zullen zijn. Het betreft de 10kV-stations Tante Louise, Jumbo, Hema, Thaliaplein, Huybergsestraat, Achter de Koevoet en Keizerstraat³
- 3 magnefix installatie in station Hoogstraat spanningsloos schakelen: Dit betreft de volgende stations:
- a Station Lindebaan: kabel richting station Hoogstraat
 - b Station Penstraat: kabel richting station Hoogstraat.
- Met deze schakelactie zijn alle onderdelen van de Magnefix-installatie in station Hoogstraat spanningsloos. Door deze schakelhandelingen worden geen extra aangesloten klanten spanningsloos. Opgemerkt dient te worden, dat omwille van veiligheidsprocedures het schakelen van deze Magnefix-installaties mogelijk niet toegestaan is in verband met een mogelijke kortsluiting in de achterliggende COQ-installatie. Als veiligheidsmaatregel dient dan de gehele voedende streng tijdelijk spanningsloos geschakeld worden, waardoor de aangesloten klanten ook tijdelijk spanningsloos zullen zijn. Het betreft de 10kV-stations Geertruidaplein, Vlaszak, Lindebaan, Fluwelenbroekstraat, Potterstraat en Penstraat³.

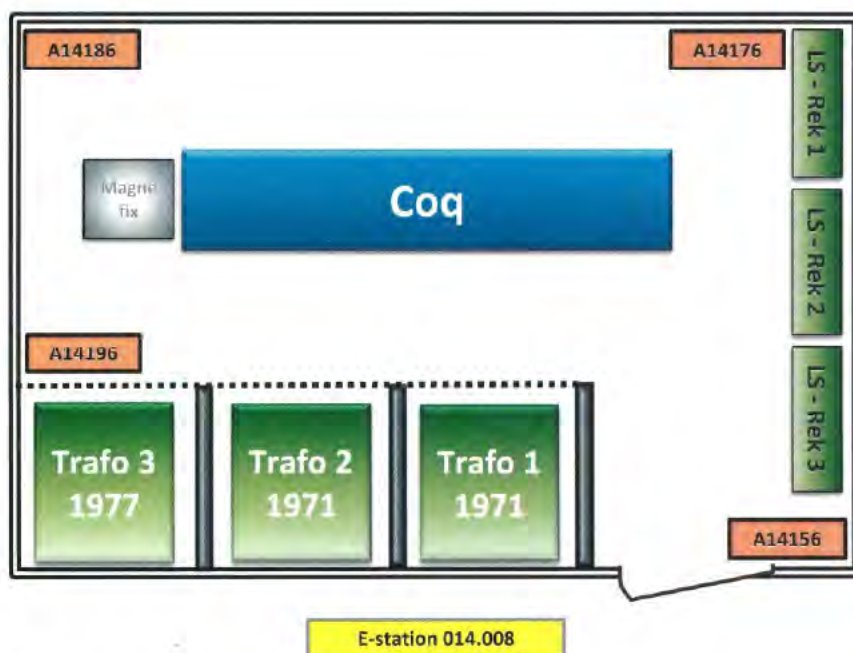
3.3 Opbouw van station Hoogstraat

De opbouw van het 10kV-station Hoogstraat is weergegeven in Figuur 3-3. De toegangsdeur bevindt zich rechtsonder. Niet zichtbaar op deze tekening is dat bij de ingang een klein trapje aanwezig is. Rechts staan de drie laagspanningsrekken. Links van de toegangsdeur staan de drie transformatoren in opgesteld in separate cellen. Elke transformator is overkapt met een multiplex plaat. In het midden bevindt zich de 10kV-COQ-installatie (blauw) met links daarvan de 10kV-Magnefix-installatie (grijs). Onder de installatie bevindt zich een kabelkelder.

De voedende spanning komt binnen op de COQ-installatie. Hierop zijn drie 10kV/400V transformatoren van elk 400 kVA aangesloten met elk een eigen 3-fasige GPLK-kabel. Elke transformator voedt aan laagspanningszijde een eigen laagspanningsrek, vanwaar de laagspanningsnetten en klanten worden gevoed. De laagspanningsrekken staan naast elkaar, maar zijn elektrisch niet met elkaar verbonden.

² De velden 2, 4 en 9 zijn al spanningsloos, omdat de netopening aan de andere zijde van de verbinding is geplaatst.

³ DNV GL heeft deze procedures niet opgevraagd en geanalyseerd, maar Enexis heeft in de storingsverhelping na het incident wel gehandeld door eerst de gehele 10kV-streng uit bedrijf te nemen en daarna op de betreffende Magnefix-installatie het kabelveld richting station Hoogstraat uitgeschakeld. Na het vrijschakelen zijn de 10kV-strengen weer onder spanning gebracht en is de energievoorziening in die strengen hervat.



Figuur 3-3 Opbouw van station Hoogstraat

3.4 De COQ-installatie

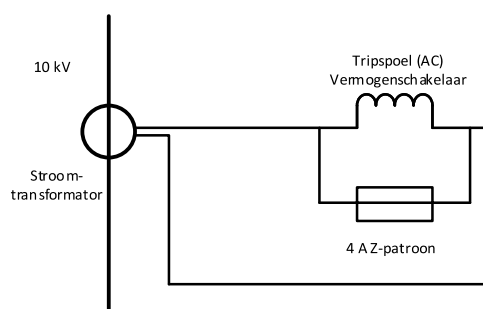
De basisgegevens van de COQ-installatie zijn als volgt:

Fabrikant	COQ (tegenwoordig Eaton Electric)
Type	O- ¹ / ₄ -10
Bouwjaar	1966
Bedrijfsspanning	10 kV
Nominale spanning	17,5 kV
Nominale frequentie	50 Hz
Nominale stroom	400 A (rail en voedend veld: 630 A)
Kortsluitstroom symmetrisch	14,5 kA

Figuur 3-4 geeft schematische doorsnede van een vermogensschakelaarveld. Figuur 3-5 laat een 3D-aanzicht van een COQ-installatie zien.

3.5 Beveiligingen

De afgaande velden worden gevoed vanuit de laagspanningsrekken. Deze zijn beveiligd met smeltpatronen (ook genoemd smeltveiligheden). De transformatoren zijn aan de laagspanningszijde eveneens beveiligd met smeltveiligheden (mespatronen). Aan 10kV-zijde zijn de transformatoren op elke fase individueel beveiligd met 4A-smeltveiligheden achter een stroomtransformator (met een overzetverhouding van 50/5A), conform het concept zoals weergegeven in Figuur 3-6. Indien de smeltveiligheid aanspreek (doorsmelt) wordt de stroom uit de stroomtransformator door de uitschakelspoel (tripspoel) geleid waardoor de vermogensschakelaar uitschakelt. Elke fase is uitgerust met dit systeem.



Figuur 3-6 Werking van de 10kV-transformatorveld beveiliging

De overige afgaande velden van de COQ-installatie zijn 10kV-velden, deze zijn beveiligd met een maximumstroom-tijdrelais in combinatie met een vermogensschakelaar. Deze relais signaleren de stroom die door het veld loopt, en bij een te hoge waarde zal na een vastgestelde tijd een uitschakelcommando (tripsignaal) aan de vermogensschakelaar gegeven worden, waardoor deze het veld afschakelt.

Het voedende veld (veld 1) van de COQ-installatie heeft geen beveiliging. De COQ-installatie zelf wordt beveiligd door het maximumstroom-tijdrelais in het voedende 10kV-station HVS-1.

De Magnefix installatie heeft geen vermogensschakelaars en heeft geen eigen beveiliging. De beveiliging wordt gerealiseerd door de beveiliging van de aangesloten 10kV-kabelverbindingen.

3.6 Signaalregistratie en automatisering

Het 10kV-station Hoogstraat heeft geen stations-automatisering en geen registrerende componenten. Er zijn vanuit het station dus geen registraties beschikbaar die informatie kunnen leveren van de storing.

Het SCADA/DMS-systeem van Enexis heeft wel registraties van het 150/10kV-station Woensdrecht en van het 10kV-station HVS-1. Tevens zijn er door het gebruik van moderne beveiligingsrelais in deze stations registraties beschikbaar van de storing.

3.7 Historie componenten

De historie van de stations-componenten omvat de onderhoudshistorie, de storings- en onderhoudsmeldingen, schakelhandelingen en de belastingshistorie. Alleen de relevante aspecten voor dit onderzoek worden in onderstaande paragrafen vermeld.

3.7.1 Onderhoud

In /4/ is al het uitgevoerde onderhoud sinds het tweede kwartaal 2005 in station Hoogstraat opgenomen. De voor dit onderzoek belangrijkste items zijn hieronder weergegeven.

40488862	EPO1	10 kV-station 3e orde vermogensschakelaar	01-03-2010	E51	AFSL AFDR AFRV GMCP VOCA	MS-030006-M01-VE07-VS1
40488863	EPO1	10 kV-station 3e orde vermogensschakelaar	01-03-2010	E51	AFSL AFDR AFRV GMCP VOCA	MS-030006-M01-VE08-VS1
40488864	EPO1	10 kV-station 3e orde vermogensschakelaar	01-03-2010	E51	AFSL AFDR AFRV GMCP VOCA	MS-030006-M01-VE09-VS1
41159120	PIN1	Doorstromen 2.3e orde trafoveld 3J	24-02-2016	E71	AFSL DTRU AFRV GMCP VOCA	MS-030006-M01-VE07
41159121	PIN1	Doorstromen 2.3e orde trafoveld 3J	24-02-2016	E71	AFSL DTRU AFRV GMCP VOCA	MS-030006-M01-VE08
41159122	PIN1	Doorstromen 2.3e orde trafoveld 3J	24-02-2016	E71	AFSL DTRU AFRV GMCP VOCA	MS-030006-M01-VE09

- Op 1-3-2010 is zogenaamd "periodiek onderhoud 3^e orde" aan de velden 7 t/m 9 uitgevoerd (respectievelijk Transformator 3, 2 en 1).
- Op 24-2-2016 zijn dezelfde velden "doorgestroomd".

"Periodiek onderhoud 3e orde" en "Doorstromen" zijn standaardprocedures uit het onderhoudsvoorschrift van Enexis /6/. Beide standaardprocedures beschrijven dat de isolatie olie in de bak van de installatie en in de bluskamers geïnspecteerd moet worden. Bij het bereiken van de betreffende afkeurnorm dient de olie vervangen te worden. Er zijn geen gegevens over de toestand van de olie aangetroffen en er is geen melding aangetroffen dat de olie is vervangen.

3.7.2 Storingen/onderhoudsmeldingen

In /5/ zijn alle onderhoudsmeldingen (storingen of afwijkingen vastgesteld tijdens inspectie) sinds januari 2005 opgenomen. De enige meldingen die de primaire installatie betreffen zijn:

4/19 juli 2011 Vervangen eindsluiting Transformator 1
24 februari 2016 Doorstromen van de velden Transformator 1, 2 en 3
Bijvullen olie vermogensschakelaar veld Transformator 3.

Conform het onderhoudsvoorschrift van Enexis /6/ dient in dit geval de olie in de installatie geïnspecteerd te worden. Bij het bereiken van de betreffende afkeurnorm dient de olie vervangen te worden. Er is melding gemaakt van het bijvullen van olie, maar geen melding dat de olie is vervangen. Omdat de onderhoudsopmerkingen veldgericht zijn merkt DNV GL op dat het hier zeer waarschijnlijk de olie in de schakelkolommen betreft en niet de olie in de installatiebak.

3.7.3 Schakelhandelingen

De COQ-schakelaars zijn niet uitgerust met een schakelteller. De schakelhandelingen wordt schriftelijk bijgehouden op een schakellijst die op elke schakelaar in de installatie aangebracht is. Helaas zijn deze kaarten bij de brand grotendeels verloren zijn gegaan dan wel zodanig beschadigd dat ze niet meer leesbaar zijn. DNV GL heeft hierdoor geen informatie over het aantal schakelaar-handelingen en kortsluitschakelhandelingen kunnen verkrijgen.


3.7.4 Belasting

Er is ten tijde van het schrijven van deze rapportage geen informatie beschikbaar over de belasting van de COQ-installatie in Hoogstraat.

Via de beveiligingsinstellingen van de transformatoren kunnen we nagaan dat de stroombelasting per transformator zeer waarschijnlijk niet hoger is geweest dan 40 A op 10kV-niveau. Bij te hoge belasting zal de beveiliging herhaaldelijk aanspreken en de transformator uitschakelen. DNV GL heeft geen informatie dat dergelijke situaties zich in het verleden heeft voorgedaan.

3.7.5 Tijdens de storing

Tijdens de storing op 12 november 2018 om 10:10 uur is brand ontstaan in/aan de Coq-installatie. De brandweer heeft de brand geblust met bluspoeder. Er is niet geblust met schuim.



De beveiligingsrelais van de afgaande velden zijn uitgerust met mechanische verklidders die middels een rode markering aangeven of het relais een uitschakelcommando heeft gegeven. De relais zijn rechtstreeks op de COQ-installatie gemonteerd. Door deze wijze van montage zijn de relais blootgesteld aan mechanische schokken als gevolg van de twee kortsluitingen in de COQ-installatie die aanzienlijke drukgolven veroorzaakt hebben.

DNV GL heeft tijdens de inspectie waargenomen dat van veel relais van de afgaande velden de verklipper was aangesproken, maar de schakelaars niet waren uitgeschakeld. Zelfs van velden die al uit stonden waren verklippers aangesproken. Proefondervindelijk is vastgesteld dat de verklippers ook door een mechanische schok kunnen verdraaien. Om die reden is door DNV GL geen verder onderzoek uitgevoerd naar het aanspreken van de verklippers, maar wordt aangenomen dat de verklippers zijn aangesproken door de mechanische schokken van de twee explosies en bijbehorende drukgolven.

4 VOLGORDELIJKHEID VAN GEBEURTENISSEN

4.1 Algemeen

Op maandag 12 november 2018 is een storing opgetreden in de 10kV-ruimte van netbeheerder Enexis gelegen aan de Hoogstraat in Bergen op Zoom. In dit hoofdstuk wordt de volgorde van gebeurtenissen tijdens de storing gereconstrueerd.

Allereerst zijn tussen 05:04:44 uur en 05:57:02 uur 15 AardSluitIndicator (ASI) meldingen waargenomen vanaf 150/10kV-station Woensdrecht in het gebied dat gevoed wordt door transformator T2 (Bergen op Zoom). De AardSluitIndicator is een meetinstrument dat (ongewenste) stromen naar aarde detecteert. De storingsmonteurs van Enexis werden op onderzoek gestuurd en om 6:02 uur werd vastgesteld in 10kV-station HVS1 dat er richting 10kV-station Hoogstraat een aardfoutmelding actief is. Hierop zijn Enexis storingsmonteurs naar de locatie gegaan en hebben daar 'borrel'- en 'sproei'-geluiden waargenomen om 6:27 uur. Deze leken afkomstig te zijn van de het railcompartiment van de COQ-schakelinstallatie (type O-1/4-10) die in deze ruimte is opgesteld.

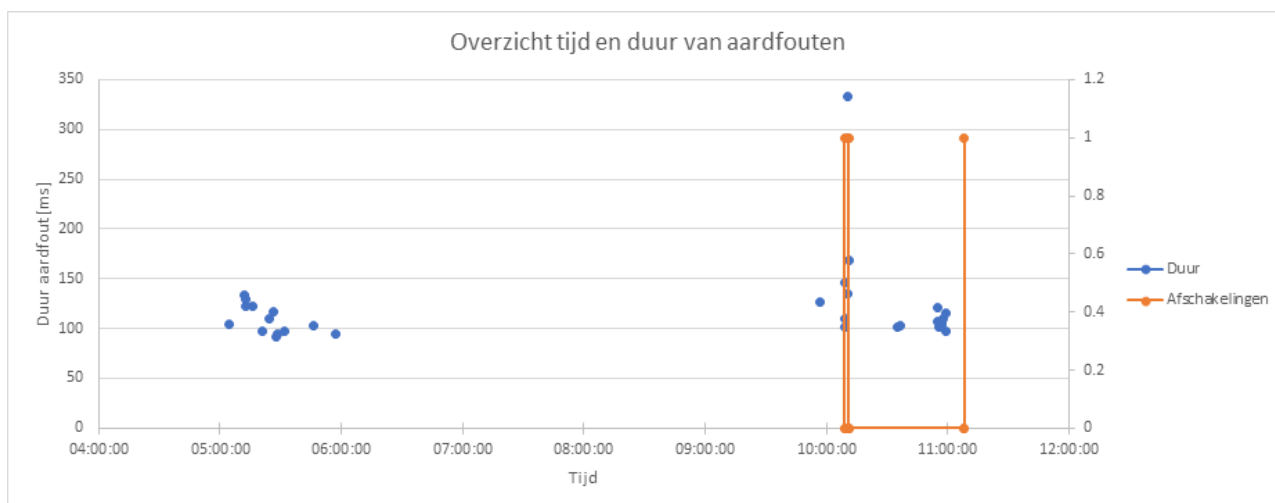
Vervolgens is om 6:35 uur besloten om de COQ-installatie voor inspectie uit bedrijf te nemen. Om de laagspanningspanelen, waarmee verbruikers worden gevoed, van spanning te kunnen blijven voorzien werd eerst opdracht gegeven om een noodstroomaggregaat ter plekke te laten komen. Terwijl de monteurs buiten de ruimte wachtten op het noodstroomaggregaat trad een (eerste) storing op om 10:09:12 uur. De monteurs namen een knal en een drukgolf waar waarbij stof en vuil door de kier rond de gesloten toegangsdeur naar buiten werd geblazen. Tegelijkertijd viel op meerdere plaatsen in het laagspanningsnet, dat vanuit dit station gevoed wordt, de spanning uit.

Terwijl de monteurs de storing meldden en voorbereidingen troffen om de ruimte te betreden, ervan uitgaande dat als gevolg van deze storing de hele COQ-installatie spanningsloos was, trad, circa 90 seconden na de eerste storing, een tweede storing op om 10:10:55 uur. Hierbij werd de deur van het gebouw open geblazen en ontstond een steekvlam (10.1.d) die zich uitstreckte over de openbare weg.

10.1.d

4.2 Bevindingen Sequence of Eventlijst

In de loglijst van het SCADA/DMS-systeem van Enexis (generiek 'Sequence of Events' of SOE-lijst) staan alle meldingen die in het betreffende netwerk geregistreerd worden. Uit deze loglijst /3/ zijn alle meldingen gefilterd die van belang kunnen zijn voor de storing, en weergegeven in onderstaande figuur. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld geregistreerde aardsluitingen, kortsluitingen en schakelhandelingen.



Figuur 4-1 Overzicht tijdstip en duur van geregistreeerde aardfouten (blauw) en tijdstippen schakelacties (amber)

De blauwe stippen geven het tijdstip en de duur van alle geregistreeerde aardfouten weer. De duur is bepaald uit het verschil uit de tijdstippen waarop de aardfout geregistreeerd wordt ('aardsluitstroom op') en weer afgemeld wordt ('aardsluitstroom af'). Deze tijdsduur is niet identiek aan de daadwerkelijke duur van de aardfouten, doordat het relais waaruit het signaal afkomstig is, aldus Enexis, een reactietijd heeft van circa 70 ms. De amberkleurige lijnen geven de geregistreeerde afschakelingen in het 10kV-netwerk weer.

In de periode tussen 05:00 uur en 06:00 uur zijn diverse aardfouten geregistreeerd. Hierna zijn geen aardfouten meer geregistreeerd tot vlak voor de eerste automatische uitschakeling om 10:09:12 uur (overeenkomend met het tijdstip van de eerste explosie). In de week voorafgaand aan het incident zijn geen aardfouten geregistreeerd in dit 10kV-netdeel. Uit nadere analyse is gebleken dat op dit tijdstip de schakelaars van transformator T2 en T3 zijn uitgeschakeld op de COQ-installatie in station Hoogstraat.

Tussen de eerste en tweede automatische schakelhandeling (corresponderend met de eerste en tweede explosie) zijn diverse aardfouten geregistreeerd waarvan sommigen met significant langere duur dan de aardfouten tussen 05:00 uur en 06:00 uur.

Na de tweede explosie zijn diverse aardfouten geregistreeerd met een vergelijkbare duur als de registraties vóór de eerste explosie. Na het handmatig afschakelen van de lastscheider in station Keizerstraat richting station Hoogstraat om circa 11:10 uur zijn geen aardfouten meer geregistreeerd.

4.3 Bevindingen beveiligingen

4.3.1 Transformatorbeveiligingen

De transformatoren in station Hoogstraat worden beveiligd met smeltveiligheden, zoals beschreven in paragraaf 3.5. De volgende beveiligingen zijn aangesproken:

- Transformator 1: Fase L2. De vermogensschakelaar staat nog IN
- Transformator 2: Fase L1. De vermogensschakelaar staat UIT
- Transformator 3: Fase L2 en L3. De vermogensschakelaar staat UIT.

De volgende velden stonden nog in:

- Veld 1 (Inkomend veld met lastscheider)
- Veld 2 richting Burg. Stulemeijerlaan)
- Veld 5 richting Maagdtheater

- Veld 6 richting de Magnefix.

Veld 3 richting Keizerstraat stond uit en veld 4 richting de Grote markt stond uit en geaard, conform de normale schakelsituatie.

4.3.2 Registratie beveiligingsrelais

Er waren ten tijde van de storing vanuit station Woensdrecht 5 verbindingen naar station HVS-1 in bedrijf. Dit blijkt uit de analyse van de relaisuitlezing door Enexis /2/ en wordt bevestigd door het feit dat in de velden 10 t/m 14 van 150/10kV-station Woensdrecht aardfouten en kortsluitingen zijn geregistreerd. Om deze reden wordt de daadwerkelijk opgetreden kortsluitstroom circa 5 maal hoger ingeschat dan de stroom die elk relais op 150/10kV-station Woensdrecht individueel heeft geregistreerd. Er zijn immers 5 verbindingen, met ongeveer eenzelfde impedantie. Daardoor kan aangenomen worden dat de totale stroom evenredig verdeeld wordt over de 5 verbindingen.

Wanneer de registraties van het 150/10kV-station Woensdrecht (WDT) en het 10kV-station HVS-1 met elkaar vergeleken worden moet er rekening mee worden gehouden dat de fasen L1 en L3 om historische redenen gedraaid zijn. Dit is een gevolg van de fasedraaiing tussen het 150kV- en 10kV-netwerk op station Woensdrecht (WDT). Op basis van mondelinge informatie van Enexis mag worden aangenomen dat deze fasedraaiing fysiek is gerealiseerd op de 10kV-kabelaansluitingen op station Woensdrecht. Er wordt derhalve van uitgegaan dat de registraties op 10kV-station HVS-1 de correcte fasevolgorde voor het 10kV-netwerk weergeven.

Tussen de door het SCADA/DMS-systeem geregistreerde tijden en de door de beveiligingsrelais geregistreerde tijden zit één uur tijdsverschil. Dit is het gevolg van een incorrecte conversie van zomer- naar wintertijd. DNV GL hanteert de tijdsregistratie van het SCADA/DMS-systeem als uitgangspunt. De tijdstippen in onderstaande beveiligingsrelais registraties moeten met 1 uur verlaagd worden.

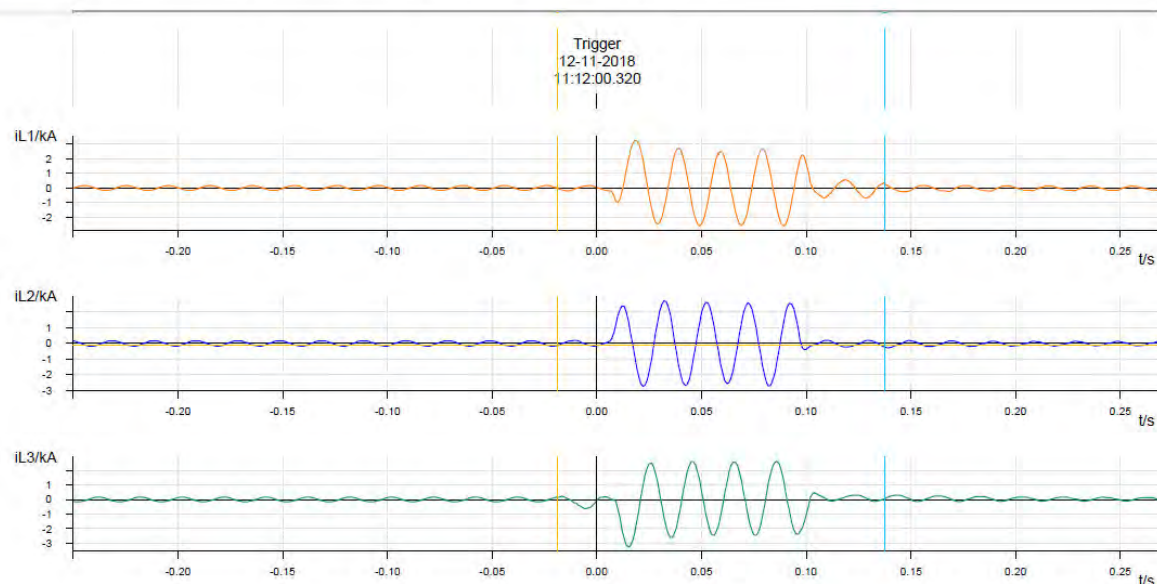
4.3.2.1 Registratie eerste kortsluiting

Onderstaande Figuur geeft de geregistreeerde spanningen en stromen weer tijdens de eerste kortsluiting.

HSS Woensdrecht / HVS 1 Veld 5 HSS WDR W11 7SA610 V4.6 Var

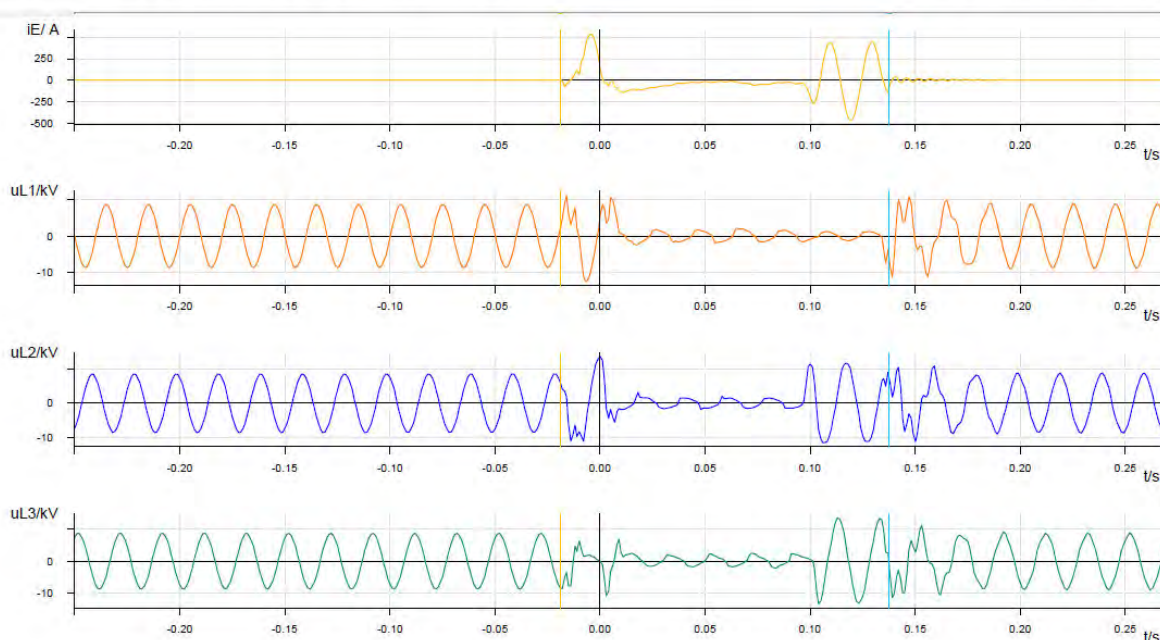
12-11-2018 / 11:12:00.320

	Time in ms	Measuring Signal	Instantaneous	R.M.S.
Cursor 1:	-18.9	IL2	-0.1294 kA	0.1227 kA



HSS Woensdrecht / HVS 1 Veld 5 HSS WDR W11 7SA610 V4.6 Var

12-11-2018 / 11:12:00.320



Figuur 4-2 Geregistreeerde spanningen en stromen tijdens kortsluiting 1

Uit het verloop van spanning en stroom kan het volgende worden afgeleid:

- de kortsluiting is begonnen met een éénfase-aarde kortsluiting op fase L3 ⁴
- de kortsluiting gaat na een halve periode over in een driefasen-kortsluiting die circa 100 ms aanhoudt
- vervolgens worden de kortsluitingen in fasen L2 en L3 afgeschakeld. Er blijft een éénfase-aarde kortsluiting staan tussen fase L1 en aarde
- na wederom 2 perioden (40 ms) wordt ook de éénfase-aarde kortsluiting op fase L1 afgeschakeld.

Omdat alle vijf verbindingen tussen 150/10kV-station Woensdrecht en 10kV-station HVS-1 ongeveer eenzelfde stroom voeren bedraagt de totale driefasige kortsluitstroom circa 10 kA_{eff}. Bij een dergelijke stroomwaarde is het zeer onwaarschijnlijk dat de stroom spontaan (zonder schakelen) blust (bijvoorbeeld in de COQ-oliebak). Hieruit kan met een zekerheid grenzende waarschijnlijkheid worden afgeleid dat:

- circa 100 ms na de start van de driefasen-kortsluiting de fasen L2 en L3 automatisch worden afgeschakeld door de vermogensschakelaar van veld Transformator 3. Dit betekent dat de kortsluiting tussen de fasen L2 en L3 zich bevindt in het veld van transformator 3, achter de vermogensschakelaar.
- circa 140 ms na de start van de driefasen-kortsluiting de resterende kortsluiting tussen fase L1 en aarde automatisch wordt afgeschakeld door de vermogensschakelaar van het veld Transformator 2. Dit betekent dat de fase L1-aarde fout zich bevindt in het veld van transformator 2 achter de vermogensschakelaar.

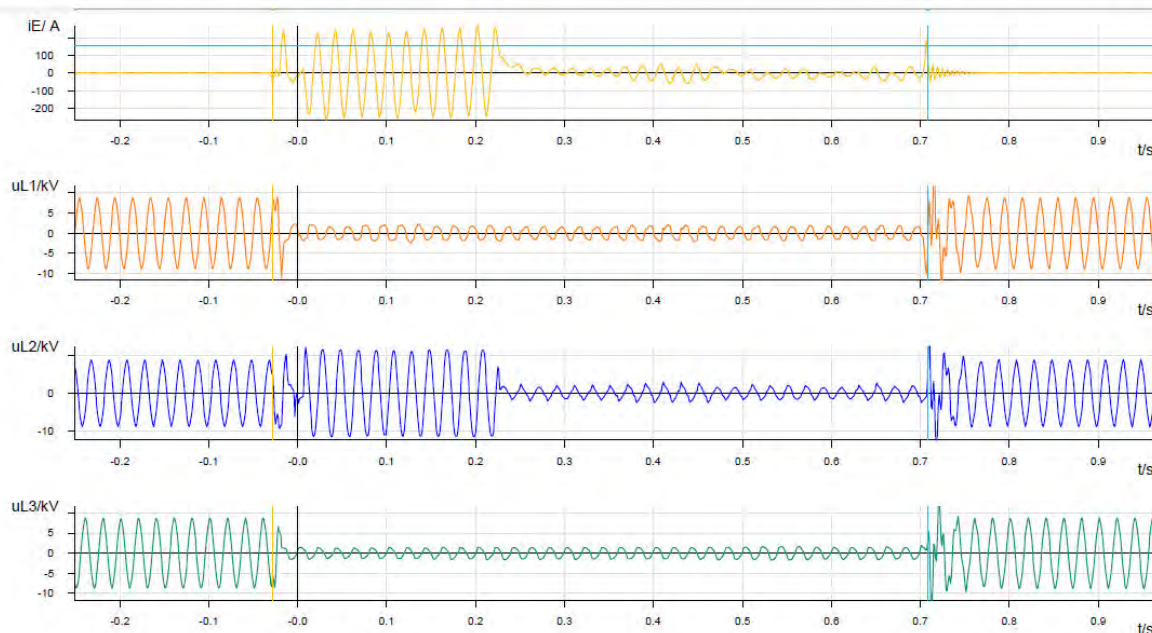
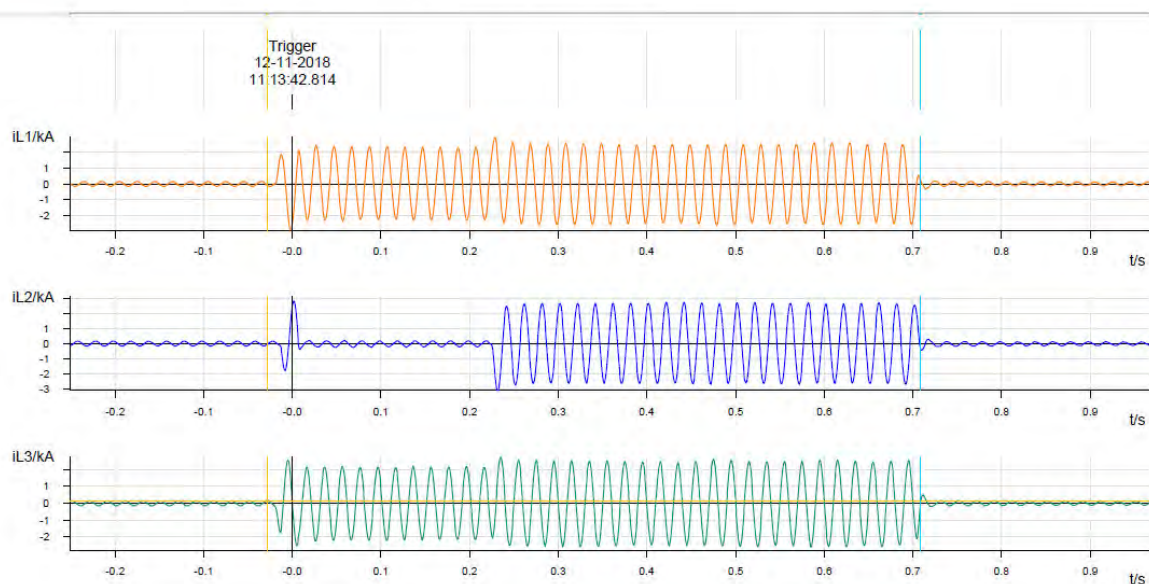
Kortsluitingen op de railzijde van de COQ-installatie worden immers niet door de beveiligingen in station Hoogstraat geregistreerd, maar door het voedend veld in 10kV-station HVS-1 en ook hier (doorgaans) afgeschakeld. Na deze eerste kortsluiting is er echter niet afgeschakeld door het voedend veld van 10kV-station HVS-1, doordat de beveiligingsinstelling van het relais op het voedende veld in station HVS-1 een langere staffeltijd (wachttijd) had dan de beveiligingsrelais in de afgaande velden van de COQ-installatie. Dat is conform verwachting, omdat hierdoor een selectieve uitschakeling plaats vond. De kortsluiting vond immers plaats achter de vermogensschakelaar van de afgaande velden.

4.3.2.2 Registratie tweede kortsluiting

Onderstaande Figuur geeft de geregistreerde spanningen en stromen weer tijdens de tweede kortsluiting.

⁴ Uitgaande van correctie klokgetallen van het beveiligingsrelais op HVS-1.

	Time in ms	Measuring Signal	Instantaneous	R.M.S.
Cursor 1:	-28.8	iL3	0.1688 kA	0.1056 kA
Cursor 2:	708.0	iE	153.11 A	66.555 A
C2 - C1	736.8	iE - iL3	-15.70 A	-39.025 A



Figuur 4-3 Geregistreeerde spanningen en stromen tijdens kortsluiting 2

Uit het verloop van spanning en stroom kan het volgende worden afgeleid:

- de kortsluiting is begonnen met een éénfase-aarde kortsluiting op fase L3
- binnen 10 ms gaat deze éénfase-aarde kortsluiting over in een driefasen-kortsluiting die circa 10 ms aanhoudt
- hierna dooft de kortsluiting op fase L2

- gedurende circa 220 ms blijft een tweefasen-aarde-kortsluiting staan op de fasen L1 en L3
- vervolgens breidt de kortsluiting zich uit met fase L2
- de nu ontstane driefasen-aardfout houdt circa 480 ms aan. De foutstroom naar aarde is hierbij zeer beperkt omdat het sterpunt zich in deze situatie vrijwel op aardpotentiaal bevindt. Zie de grafiek met het gele signaal. De stroom is kleiner dan 50 A_{eff}.
- na in totaal circa 700 ms wordt de driefasen kortsluiting automatisch afgeschakeld door de beveiliging in station HVS-1.

De afschakeltijd van 700 ms komt overeen met de verwachte – en mondeling door Enexis medegedeelde – afschakeltijd van het voedend veld 5 op station HVS-1.

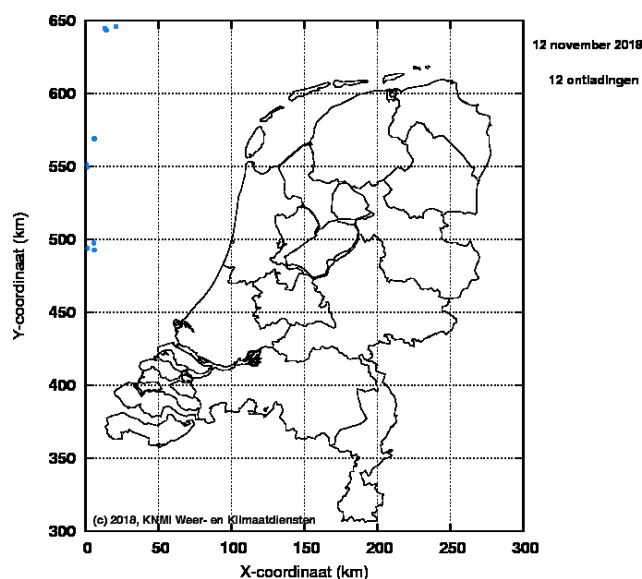
4.4 Weersituatie

Onderstaande tabel toont het weer op de incidentdatum (12 november 2018) zoals geregistreerd door het meteorologisch weerstation Woensdrecht.

Tabel 4-1 Weergegevens Woensdrecht incidentdatum 12-11-2019

Het weer op maandag 12 november 2018 te Woensdrecht				© KNMI	
Temperatuur				Neerslag	
Gemiddelde	10.3 °C			Hoeveelheid	8.0 mm
Maximum	11.4 °C			Duur	8.8 uur
Minimum	9.3 °C				
Zon, bewolking & zicht				Wind	
Duur zonneschijn	- uur			Gemiddelde snelheid	2.0 m/s (2 Bft)
Rel. zonneschijnduur	- %			Maximale uurgemiddelde snelheid	3.0 m/s (2 Bft)
Gem. bedekkingsgraad	8 octa's			Maximale stoot	6.0 m/s
	Geheel bewolkt				
Minimaal zicht	2.1 km			Overheersende richting	192 ° (Z)
Relatieve luchtvochtigheid				Luchtdruk	
Gemiddelde	93 %			Gemiddelde luchtdruk	1013.8 hPa

Nevenstaande figuur toont de bliksemontlading-activiteit op de incidentdatum, 12 november 2018, zoals geregistreerd door het KNMI /7/. Boven de Noordzee zijn 12 ontladingen geregistreerd. In de provincie Brabant is geen enkele bliksemontlading geregistreerd.



Figuur 4-4 Onweersactiviteit op incidentdatum 12-11-2018 (bron: /7/)

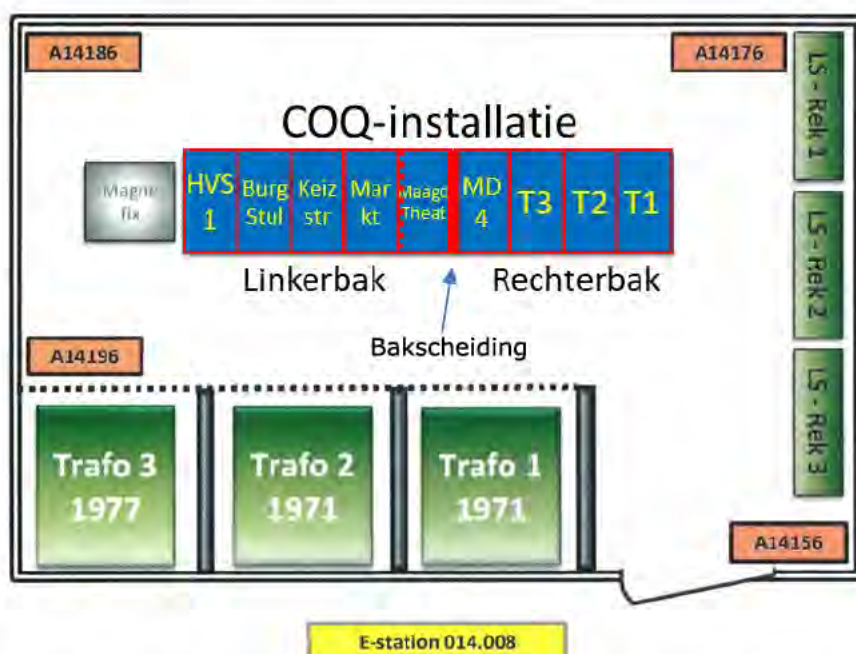
5 BEVINDINGEN VAN DE UITGEVOERDE INSPECTIES EN ONDERZOEKEN

In dit hoofdstuk worden de feitelijke bevindingen van de inspecties en technische onderzoeken aan de diverse componenten samengevat en voorzien van fotografisch bewijsmateriaal. De bevindingen worden in meer detail gepresenteerd in Appendices C t/m F.

Tevens zijn in dit hoofdstuk de resultaten van uitgevoerde metingen opgenomen (paragraaf 5.5) alsook de analyse ten aanzien van oliekwaliiteit en olie lekkage (paragraaf 5.5).

5.1 Bevindingen COQ-installatie

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste observaties aan de COQ-installatie. Ter illustratie geeft onderstaande Figuur nogmaals de opbouw van station Hoogstraat.



Figuur 5-1 Opstelling van de installatie in het station Hoogstraat

De termen 'links' en 'rechts' geven de linker- respectievelijk rechterzijde aan voor een persoon die aan de bedienzijde van de COQ-installatie staat, d.w.z. de zijde met de bedienhendel voor de schakelaars, de stand-indicatoren en de beveiligingsrelais. De COQ-installatie bestaat uit 9 velden verdeeld over twee compartimenten (links en rechts), ook genaamd linkerbak en rechterbak. De velden zijn van links naar rechts genummerd, van veld 1 tot en met veld 9. De drie meest rechtse velden van de COQ-installatie zijn de transformatorvelden. Veld 9 is aangesloten op transformator 1, veld 8 op transformator 2 en veld 7 op transformator 3. De voeding vanuit het 10kV-station HVS-1 1 is aangesloten op veld 1. Dit veld is uitgerust met een lastscheider en heeft geen eigen beveiliging in station Hoogstraat. De COQ-installatie zelf wordt dus beveiligd vanaf het 10kV-station HVS-1 1.

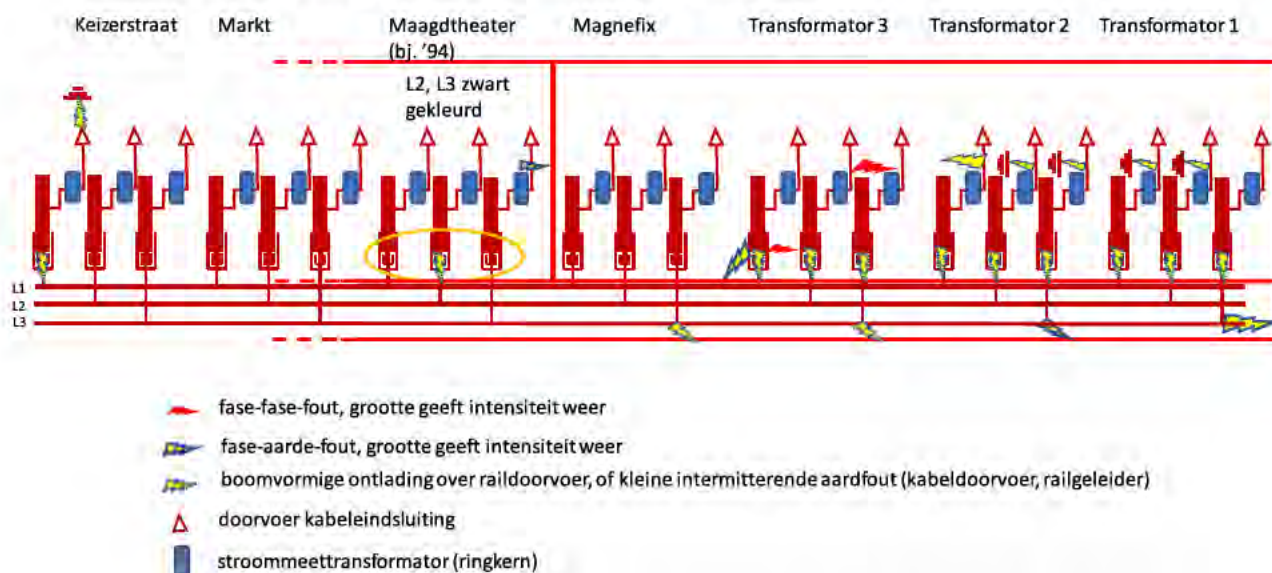
De waarnemingen aan het inwendige van de schakelinstallatie worden in de paragrafen 5.1.2 t/m 5.1.3 beschreven. Onderstaande figuur geeft een grafische samenvatting van de waarnemingen.

Weergegeven zijn een aantal schakelaars in de linkerbak en de schakelaars van de rechterbak. Het railcompartiment met de drie railgeleiders is als doorlopend compartiment onder beide bakdelen

weergegeven. De doorvoeren van de kabeleindsluitingen zijn omwille van de leesbaarheid in de figuur naar boven gericht. In werkelijkheid zijn deze doorvoeren naar beneden gericht; de kabeleindsluitingen bevinden zich aan de voorzijde van het railcompartiment.

In de Figuur 5-2 zijn de locaties gemarkeerd waar sporen van kortsluitingen of ontladingen zijn waargenomen:

- fase-fase-kortsluitingen zijn in rood weergegeven
- fase-aarde-kortsluitingen zijn in geel weergegeven
- intermitterende verschijnselen zijn gestippeld weergegeven:
 - boomvormige ontladingssporen over raildoorvoerisolatoren
 - doorslagen van kabelcontact naar bakwand
 - doorslagen van bovenzijde CT-kernen naar geaarde delen. Indien dit niet naar de bakwand geschiedt, is er een aardingssymbool weergegeven om aan te geven dat de doorslag naar een ander geaard object in de nabijheid heeft plaatsgevonden.



Figuur 5-2 Weergave van de locaties waar de belangrijkste sporen van kortsluitingen of ontladingen zijn waargenomen tijdens de inspectie COQ-installatie

In dit hoofdstuk worden de relevante bevindingen kort weergegeven. Voor meer detail wordt verwezen naar Appendices C t/m F.

5.1.1 Algemeen beeld

De belangrijkste bevindingen uit het eerste locatiebezoek (/8/) kunnen als volgt worden samengevat:

- de ruimte vertoont sterke sporen van brand en blusmateriaal. Er zijn, zij het zeer weinig, olieresten aangetroffen op de grond en omliggende apparatuur
- het olieniveau in de bak van de COQ-installatie is circa 24 cm lager dan normaal, hetgeen overeenkomt met circa 300 l olieverslies⁵
- de COQ-installatie vertoont grote mechanische schade. De achterwand van de rechterbak vertoont een sterke bolling naar achteren / buiten (locatie a in Foto 5-1). De mate van bolling is niet opgemeten. De linkerbak is ook ontzet, maar in mindere mate

⁵ Berekening gebaseerd op inschatting dimensies van de enkelrail COQ 0-1/4-10 installatie met een veldbreedte van 375 mm en een geschatte velddiepte van 377,5 mm. Bron appendix K van Algemene beschrijving Hoogspanningsinstallaties, N.V. COQ - Utrecht, maart 1961

- de rechterzijwand van de rechterbak is ontzet. Er is een ruime kier tussen de zijwand en de afdekplaat van de schakelaar van transformator 1 (locatie b in Foto 5-1). De maten van de kier zijn geschat op enkele centimeters. Door deze kier is zeer waarschijnlijk onder hogedruk olie uit de bak geperst.



Foto 5-1 Voor- en achterzijde COQ-installatie 10kV-ruimte Hoogstraat

5.1.2 Bevindingen schakelaars

Op 17 en 18 januari 2018 zijn alle schakelaars op locatie door DNV GL geïnspecteerd. Op basis van het schadebeeld zijn de schakelaars van de volgende velden naar DNV GL getransporteerd voor nader onderzoek (de overige schakelaars hadden geen zichtbare noemenswaardige schade):

- 1 veld 9: Transformator 3
- 2 veld 7: Transformator 1
- 3 veld 5: Maagdtheater
- 4 veld 8: Transformator 2.

Hieronder volgt per veld een samenvatting van de belangrijkste bevindingen ten aanzien van de schakelaars. Tevens worden de resultaten van het onderzoek in het DNV GL laboratorium besproken. Voor meer detail wordt verwezen naar Appendices C (site inspecties) en D (onderzoek bij DNV GL).

Veld 3 (Keizerstraat)

- Bij het lichten van de schakelaar is door de zwarte streep op de schakelkolommen zichtbaar tot waar het oliepeil in de bak staat.
- Bij de monsternamen van de olie uit de linkerbak ter hoogte van de verwijderde vermogensschakelaar uit veld 3 is zichtbaar dat de olie geheel zwartgekleurd is.
- Het Pertinax isolatieschotje van de CT-doorvoer aan de railzijde is gebarsten of afgebroken voor de meeste vermogensschakelaars uit de rechterbak (Foto 5-2).
- Na het wegpompen van de olie zijn ter hoogte van het kabelcontact van fase L3 twee duidelijke boogvoetpunten zichtbaar op de bakwand (Foto 5-3).



Foto 5-2 Gebarsten pertinax isolatieshot, zie gele markering

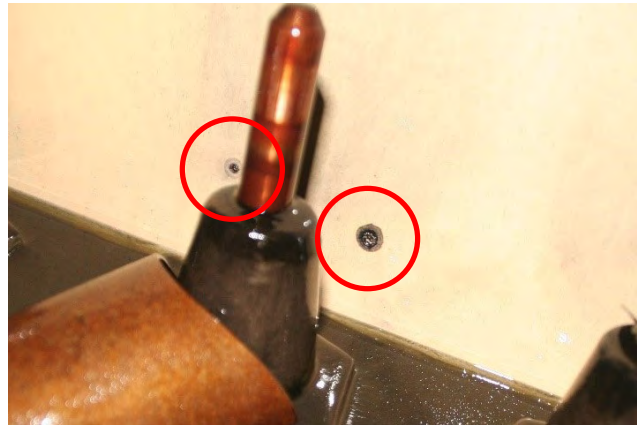


Foto 5-3 Vlamboogvoetpunten op de bakwand nabij kabelcontact L3

Veld 4 (Markt)

- Geen aanvullende bijzonderheden vastgesteld.

Veld 5 (Maagdtheater)

- Op de primaire geleider van fase L3 zijn boven de stroomtransformator diverse vlamboogvoetpunten zichtbaar (Figuur 5-4). Langs de doorvoer van de geleider is een spoor van een doorslagkanaal zichtbaar, de doorvoer is hier ook gebarsten. Langs deze doorvoer heeft herhaaldelijk een doorslag plaatsgevonden. Op de rechter bakwand, grenzend aan fase L3, is een duidelijk boogvoetpunt zichtbaar.
- Er is een duidelijke zwartkleuring zichtbaar van de contacten van de kabelmof en de bakwand direct achter de kabelmof (Figuur 5-5).

Vanwege de genoemde bevindingen is deze schakelaar nader onderzocht in het DNV GL. Bij nader onderzoek op 11-2-2019 zijn geen aanvullende relevante bevindingen gedaan.

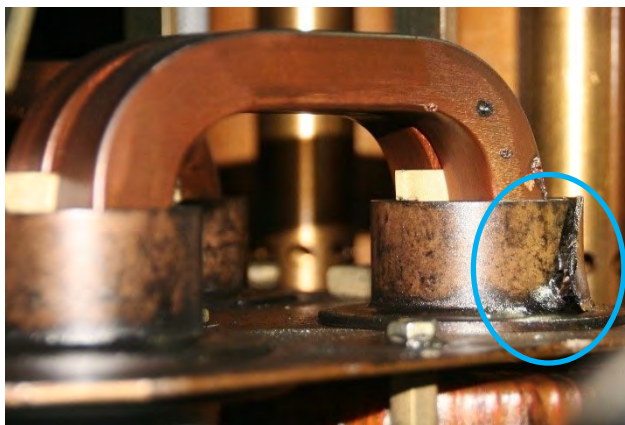


Foto 5-4 Boogvoetpunt primaire geleider stroomtransformator L3 zijde, zie blauwe markering

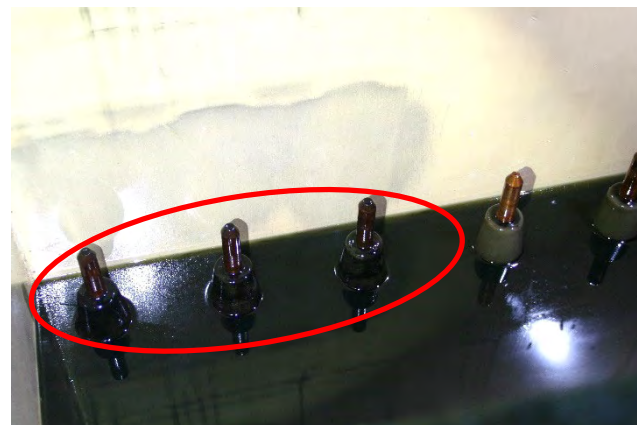


Foto 5-5 Zwartkleuring rondom kabelcontacten, zie rode markering

Veld 7 (Transformator 3)

- Ter hoogte van de onderkant van de schakelkolom van fase L1 is een zeer duidelijk boogvoetpunt zichtbaar op de achterwand van de oliebak (Foto 5-6).

- De Coqolite koker van fase L1 is volledig losgescheurd. Omdat Coqolite drijft in olie, is het restant ter hoogte van het olieniveau om de schakelkolom aangetroffen (Foto 5-7, pijl).
- Het olieresidu op het zwartgeblakerde gedeelte van de schakelkolommen van fasen L1 en L2 (aan de kant van L1) heeft een gewelfde, schuimachtige structuur (Foto 5-7).
- Er is een duidelijke afbranding waarneembaar op de koperen verbinding aan de onderzijde van de schakelkolommen van fasen L1 en L2, juist boven het tulpcontact (Foto 5-7, omcirkeld). Daarnaast is op fase L1 ook duidelijk afbrand zichtbaar aan de linkerzijde (van fase L2 weggericht).
- Op de locatie waar de primaire geleider door de stroomtransformatorkern gaat is afbrandschade zichtbaar tussen de primaire geleider van fase L3 en het geaarde koperen pijpje van de oliedemping⁶ (Bijlage C, foto #17). Tevens is afbrand zichtbaar bij fase L2. Er heeft dus via het pijpje een boog gestaan tussen fasen L2 en L3. De Pertinax schotten tussen al deze aansluitingen zijn volledig afgebroken en elders in de installatie aangetroffen.



Foto 5-6: Boogvoetpunt achterwand L1 fase

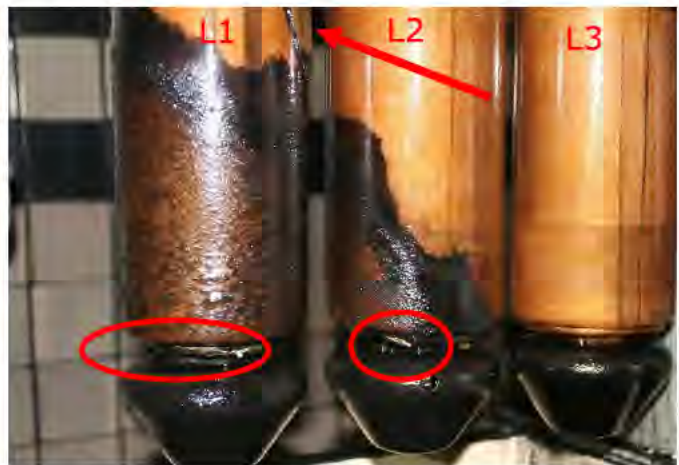


Foto 5-7: schakelkolommen met restant koker (pijl) en afbrand (omcirkeld)

Vanwege de genoemde bevindingen is deze schakelaar nader onderzocht in het DNV GL laboratorium op 30-1-2019. Hierbij zijn de volgende bevindingen gedaan (zie voor meer detail Bijlage D):

- de tulpcontacten van de schakelkolommen zijn niet beschadigd. Ook is de koperkleur nog zichtbaar
- de toestand van de vaste contacten van de vermogensschakelaar komt overeen met die van de schakelstiften. De waarnemingen zijn als volgt:
 - L1: de stift en het contact zijn in zeer goede conditie en tonen geen afbrand. De olie helder en honingkleurig
 - L2: de stift en het contact zijn in goede conditie maar tonen wel duidelijke sporen van afbrandspoor. De olie bevat koolsporen
 - L3: de stift en het contact zijn in matige goede conditie en vertonen meerdere grote afbrandplekken op de stift, en een grote beschadiging op het vaste contact. De olie is zwart
 - in de schakelkolom van fase L3 is nauwelijks olie aangetroffen. Onderzoek wijst uit dat olie uit de onderzijde van de kolom gelekt is. Bij verdere demontage blijkt dat de contacthouder slechts hand-vast in de schroefraad van de kolom zit. Het beetje olie dat is aangetroffen was zwart,

⁶ Om te hoge mechanische belastingen bij het schakelen te voorkomen, wordt in de COQ-installatie oliedemping toegepast: twee verticale koperen pijpjes, waarin zich elk een zuiger bevindt die met de aandrijving verbonden is, bevinden zich in het oliecompartiment links en rechts van de stroomtransformator van de middelste fase. Aan de onderzijde zijn de pijpjes gesloten op enkele kleine perforaties na. Zodoende worden de zuigers en daarmee de aandrijving vertraagd omdat de oliestroom door de perforaties gestremd wordt. De pijpjes zijn met de geaarde aandrijving verbonden.

maar dit is verklaarbaar doordat bij een lekkage vooral de zwarte koolresten als bezinksel ('sludge') achterblijven in de kolom

- bij inspectie van de doorvoeren van de stroomtransformatoren blijkt dat deze een metallische binnenlaag hebben. Dit geldt zowel voor de onderste als de bovenste doorvoer. Deze binnenlagen zijn aan de zijde van de schakelkolommen middels een gesoldeerde draadverbinding met de primaire geleider verbonden. Hierdoor wordt de binnenzijde op hoogspanningspotentiaal gebracht hetgeen zorgt voor een gunstige verdeling van de veldsterkte in en rondom de doorvoer. De constructie met twee doorvoeren is nodig om de primaire geleider tweemaal door de stroomtransformator te voeren. Daardoor levert de stroomtransformator voldoende vermogen om de tripspoel te bekrachtigen (zie ook paragraaf 3.5). De genoemde gesoldeerde draadverbinding van de potentiaalsturing is losgeraakt bij de fasen L1 en L2:
 - Fase L1: het draadje is geheel verdwenen
 - Fase L2: het draadje is losgeraakt, en het uiteinde vertoont smeltsporen.



Foto 5-8 Metallische binnenlaag van de doorvoer van de stroomtransformator van fase L3 (pijlen) en de locatie waar de draadverbinding gesoldeerd is (omcirkeld)

Veld 8 (Transformator 2)

- Bij fase L1 is een duidelijk boogvoetpunt zichtbaar en wordt afbrand waargenomen tussen de geleider door de CT en het geaarde frame. Op de CT doorvoer is de locatie van de boogontlading zichtbaar gestaan heeft. Het Coqolite van de schakelkolom is zwartgeblakerd en vertoont blaarvorming, ten teken van blootstelling aan zeer hoge temperaturen.
- Bij nader onderzoek in het laboratorium van DNV GL op zijn geen aanvullende zaken vastgesteld

Veld 9 (Transformator 1)

- Voor fase L1 zijn boogvoetpunten zichtbaar op de geleiders door de CT kern en het koperen frame. Over de isolator is het spoor van de boogontlading zichtbaar. De Pertinax isolatieschotten zijn deels afgebroken.

Deze schakelaar is nader onderzocht in het DNV GL laboratorium op 31-1-2019. Hierbij zijn de volgende bevindingen gedaan (zie voor meer detail Bijlage D):

- omdat deze schakelaar nog “IN” staat, is allereerst geverifieerd of de uitschakelspoel correct werkt. Hiervoor is een wisselstroombron op de spoel van fase L2 aangesloten. Bij ca. 1,2 A wordt de spoel bekrachtigd en is een duidelijk brommen hoorbaar. Bij circa 2,4 A wordt de vermogensschakelaar uitgeschakeld. Bij een kortsluiting zal bij een stroomwaarde van tenminste 4 A de zekering doorsmelten, waarna er meer dan 4 A door de uitschakelspoel loopt⁷. Een correct functionerende uitschakelspoel zal dus bij een wisselstroom van 4 A of lager moeten aanspreken. Daar de spoel aanspreekt bij een lagere waarde en de schakelaar uitschakelt, kunnen we concluderen dat de uitschakelspoel werkt en er ook geen sprake is van een mechanisch defect aan de schakelaar
- naast de reeds op locatie vastgestelde doorslagen over de doorvoer van de stroomtransformator voor fase L1 is, na verdere demontage van de Pertinax schotten, waarneembaar dat ook op fase L2 duidelijke afbranding van de geleider aanwezig is (Bijlage D, foto #28). Op de doorvoer is een boogspoor zichtbaar. Zowel voor fase L1 als voor fase L2 is de verbindingdraad die de spanningssturing van de doorvoer van de stroomtransformator moet waarborgen losgeraakt
- de tulpcontacten naar de rail zijn niet beschadigd, maar de buitenzijde van het contact en de contacthouder zijn donker verkleurd (Bijlage D, foto #30).

5.1.3 Bevindingen inspectie rail- en kabelcompartiment

Deze inspectie van de rail- en kabelcompartimenten is op 21 maart 2019 door DNV GL uitgevoerd op station Hoogstraat. In deze paragraaf worden de relevante bevindingen kort weergegeven en ondersteund met fotografisch materiaal. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de bevindingen met aanvullend fotomateriaal wordt verwezen naar Bijlage E.

Waarnemingen railcontacten en raildoorvoerisolatoren

- Na het verwijderen van de Coqolite kokers van het linker gedeelte van de rail en grondig reinigen zijn op de doorvoeren van de railcontacten kruip- en doorslagsporen zichtbaar geworden. Op alle locaties waar deze boomvormige sporen eindigen op de messing bevestigingsring zijn hierop eveneens voetpunten zichtbaar van vlambogen (boogvoetpunten). Onderstaande tabel geeft een overzicht van de betreffende waarnemingen aan de railcontacten en raildoorvoerisolatoren:

Tabel 5-1 Sporen van ontladingen en doorslagen op railcontacten en doorvoerisolatoren

Veld	Fase	Observaties
Veld 5: Maagdtheater	L1	Boogvoetpunten op het prikcontact van de rail op een cirkel evenwijdig aan de bovenkant van de doorvoer (zie bijvoorbeeld Foto 5-9 op bladzijde 36)
	L3	Idem als Fase L1
Veld 7: Transformator 3	L1	<p>Zeer duidelijke en diepe doorslagsporen over de railisolator. Boogvoetpunten op het prikcontact van de rail op een cirkel evenwijdig aan de bovenkant van de doorvoer. De hoeveelheid boogvoetpunten op het contact is dusdanig dat rondom koper verdwenen is (hierdoor is de contactstift ‘ingesnoerd’.</p> <p>Veelvuldige grote boogvoetpunten op de messing ring met smeltsporen van het metaaloppervlak. De boogvoetpunten</p>

⁷ Spoel en zekering zijn parallel aangebracht, zodat er in de normale situatie ook een kleine stroom door de spoel loopt. Een beveiligingszekering met een nominale waarde van 4 A zal pas (direct) doorsmelten bij een stroomwaarde boven de 4 A. In dat geval loopt deze stroom additioneel door de spoel, waardoor in geval van kortsluiting de totale stroom door de spoel te allen tijde meer dan 4 A zal bedragen.

		bevinden zich ook aan de buitenzijde van de ring, waar deze aansluit op de Coqolite koker. De voet van de doorvoer is op meerdere plekken afgebroken. (zie Foto 5-10)
	L2	Boogvoetpunten op het prikcontact van de rail op een cirkel evenwijdig aan de bovenkant van de doorvoer. Geringe doorslagsporen over het isolatoroppervlak.
	L3	Diepe doorslagsporen op het isolatoroppervlak. De boogvoetpunten op de messing ring bevinden zich voornamelijk op de binnenkant van deze ring.
Veld 8: Transformator 2	L1	Diepe doorslagsporen op het isolatoroppervlak. De boogvoetpunten op de messing ring bevinden zich voornamelijk op de binnenkant van deze ring. De positie van de boogvoetpunten is herleidbaar naar de locatie waar de doorslagsporen stoppen.
	L2	Boogvoetpunten en doorslagsporen aangetroffen
	L3	Boogvoetpunten en doorslagsporen aangetroffen
Veld 9: Transformator 1	L1	Boogvoetpunten en doorslagsporen aangetroffen. Op de uiteinden van de doorslagsporen zijn de overeenkomstige boogvoetpunten op de messing ring waarneembaar.
	L2	Boogvoetpunten en doorslagsporen aangetroffen
	L3	Boogvoetpunten en doorslagsporen aangetroffen

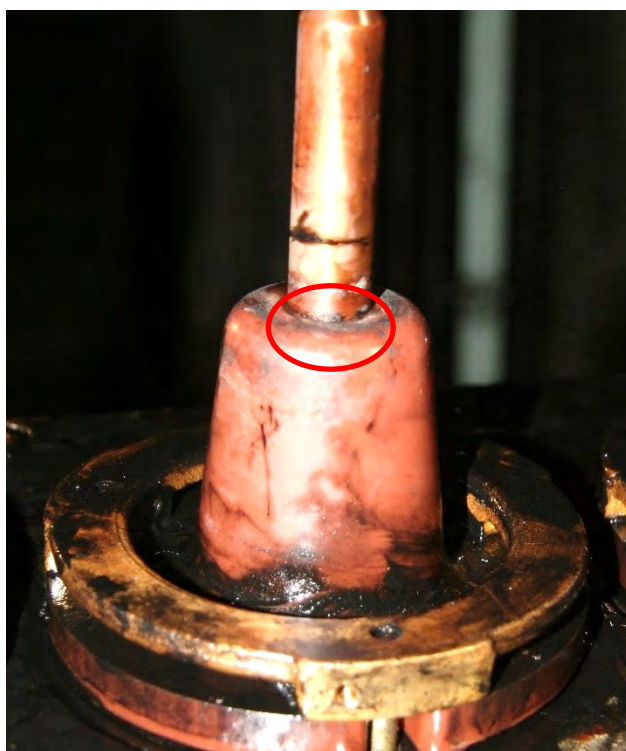


Foto 5-9 Voorbeeld van boogvoetpunten op het prikcontact van de rail

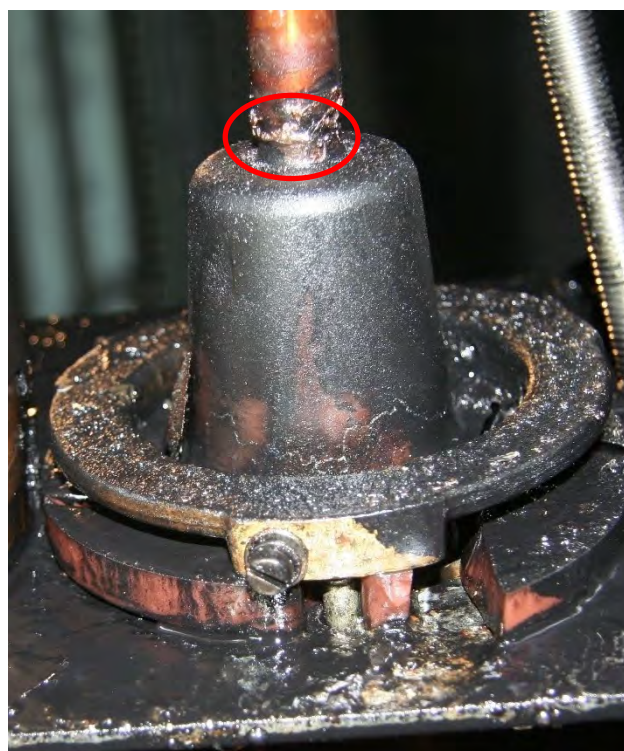


Foto 5-10 Afbrand ('insnoering') van het contact en diepe doorslagsporen op isolator van Transformator 3, fase L1

Onderstaande tabel geeft de overige waarnemingen weer die (na het verwijderen van aanslag en vet) gedaan zijn aan de railisolatoren van de linkerbak (velden 1 t/m 5).

Tabel 5-2 Overige waarnemingen aan railisolatoren linkerbak op 21-3-2019, alle foto's zijn opgenomen de bijlagen

Veld	Fase	Opmerking
Veld 1: Voedend veld	L1	Mechanische beschadiging; donkere verkleuring
	L2	Lijnvorming; lichte tracking
	L3	Zwarte vegen; lichte lijnvorming/tracking
Veld 2: Burg. Stulemeijerlaan	L1	Sproeisporen op stift ca. 7 mm boven isolatie
	L2	Verkleuring bovenkant isolator
	L3	-
Veld 3: Keizerstraat	L1	Duidelijke boomvormige ontlading; zwarte sporen op het oppervlak
	L2	Geelkleuring aan bovenzijde
	L3	-
Veld 4: GCD Markt	L1	Gele aanslag en beginnende tracking aan bovenzijde