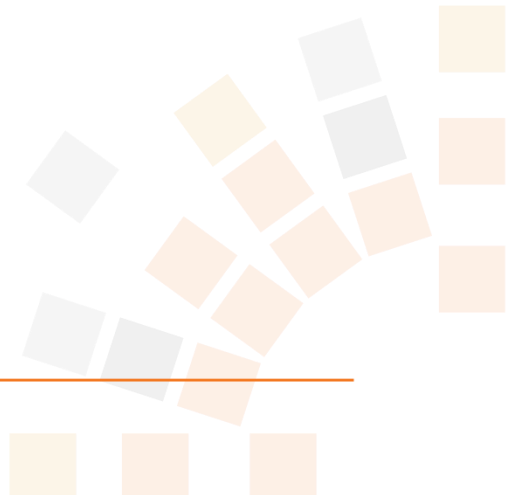


Ontwerpoverwegingen i.v.m. beïnvloeding PV park Farm Frites
Hellevoetsluis op buisleiding Gasunie
conform NEN 3654

Auteur	[REDACTED]
Datum	27 september 2019
Referentie	DB194000-R01
Status	definitief
Versie	2.0
Opdrachtgever	Encon

Gecontroleerd	:	[REDACTED]
Datum	:	27 september 2019



PRIVATE Copyright © Petersburg Consultants B.V., Doorwerth, the Netherlands. All rights reserved.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens Petersburg Consultants B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

Petersburg Consultants B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

Petersburg Consultants B.V.
Cardanuslaan 19
6865 HJ Doorwerth

+31 (0)26 303 25 00
info@petersburg.nl
www.petersburg.nl

KVK: 11042477
iban: NL94 RABO 0313 6552 35
btw: NL806706521B01

Inhoud

1. Inleiding.....	5
2. Uitgangspunten	6
2.1 Toetsing van aanraakspanningen.....	6
2.2 Toetsing van het risico op wisselstroomcorrosie	6
2.3 Beschadiging van buisleidingbekleding.....	6
2.4 Bodemweerstand.....	6
2.5 Gegevens zonnepark.....	6
2.6 Gegevens buisleiding	7
3. Ontwerprichtlijnen	8
3.1 Capacitieve beïnvloeding	8
3.2 Weerstandsbeïnvloeding	8
3.3 Inductieve beïnvloeding.....	9
3.4 Thermische beïnvloeding	11
4. Conclusie en advies	12
4.1 Elektrische beïnvloeding	12
4.2 Thermische beïnvloeding	12
5. Bronvermelding.....	13

Datum	Versie	Opmerkingen	Auteur
23-09-2019	0.1	Werkversie	P. Westerik
25-09-2019	0.2	Interne review	K. Eijnsink
25-09-2019	1.0	Concept	P. Westerik
27-09-2019	2.0	Definitief	P. Westerik

1. Inleiding

Encon bereidt de aanleg van een zonnepark in de nabijheid van Farm Frites Hellevoetsluis voor. Dit zonnepark zal uit twee (elektrisch gescheiden) delen bestaan die elk een 10 MVA-aansluiting krijgen. Eén van beide delen zal op de bestaande aansluiting van Farm Frites worden aangesloten, het andere deel op een nieuwe aansluiting. Beide kabelverbindingen zullen over een lengte van 200 meter parallel lopen met een bestaande buisleiding van Gasunie.

Wanneer hoogspanningssystemen (> 1 kV AC) worden aangelegd in de nabijheid van bestaande buisleidingen, vereist de NEN 3654 een beschouwing van zowel de elektrische als de thermische beïnvloeding van het systeem op bestaande buisleidingen. Door elektrische beïnvloeding kunnen onveilige situaties ontstaan door aanraakspanningen of kan de buisleiding worden beschadigd door wisselstroomcorrosie. Door thermische beïnvloeding kunnen buisleidingen nadelig worden beïnvloed indien de temperatuur van de omringende bodem sterk afwijkt van de normaal te verwachten bodemtemperatuur. Buisleidingen kunnen schade ondervinden in de vorm van verhoogde coatingdegradatie, verhoogde corrosiesnelheid en thermische spanningen.

Encon wil graag in de ontwerpfase al voorkomen dat ontoelaatbare beïnvloeding van de nieuw aan te leggen hoogspanningssystemen op de buisleiding van Gasunie kan ontstaan. Daartoe worden in dit rapport op basis van het stappenplan van de NEN 3654 ontwerprichtlijnen gegeven, zonder gebruik te maken van de laatste stap (gedetailleerde modellering van de beïnvloeding).

2. Uitgangspunten

2.1 Toetsing van aanraakspanningen

Voor het beoordelen van de veiligheid worden voor buisleidingen de in de NEN 3654 [1] gegeven toelaatbare overbruggingsspanningen gebruikt. De toelaatbare overbruggingsspanningen zijn gegeven als een functie van de tijdsduur dat deze spanning aanwezig is. De tijdsduur varieert tussen continue spanningen (≥ 1 seconde) en kortstondige spanningen veroorzaakt door foutsituaties in de beïnvloedingsbron. De door de NEN 3654 voorgeschreven waarden staan weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Toelaatbare overbruggingsspanningen volgens NEN 3654/NEN-EN 50431-3-15

Afschakeltijd [s]	Toelaatbare aanraakspanning [V]
$\leq 0,1$	1500
0,2	750
0,3	500
0,5	300
0,7	200
0,9	100
$\geq 1,0$	50
$\geq 1,0$ (strengere waarde volgens de NEN 3654 voor buisleidingen als geen sprake is van een kortsluitsituatie)	25

2.2 Toetsing van het risico op wisselstroomcorrosie

In de NEN 3654 is aangegeven dat de kans op wisselstroomcorrosie bij buisleidingen verwaarloosbaar is indien de langdurig gemiddelde wisselspanning op de buisleiding niet hoger wordt dan 4 V. Om deze reden is in de norm dan ook gesteld dat voor een nieuw ontwerp moet kunnen worden aangetoond dat (eventueel met maatregelen) kan worden voldaan aan de eis van 4 V. Als bovengrens wordt gesteld dat een langdurig gemiddelde wisselspanning op de buisleiding hoger dan 10 V niet is toegestaan. Bij langdurig gemiddelde wisselspanningen op de buisleiding van tussen de 4 V en 10 V, moet het risico worden beoordeeld in overeenstemming met de NEN EN 15280.

2.3 Beschadiging van buisleidingbekleding

Volgens NEN 3654 moet voor het bepalen van de toelaatbare overbruggingsspanning worden uitgegaan van een doorslagspanning van 5 kV wisselspanning voor PE- en epoxy bekledingen. Voor bitumen bekleding geldt een doorslagspanning van 1 kV wisselspanning.

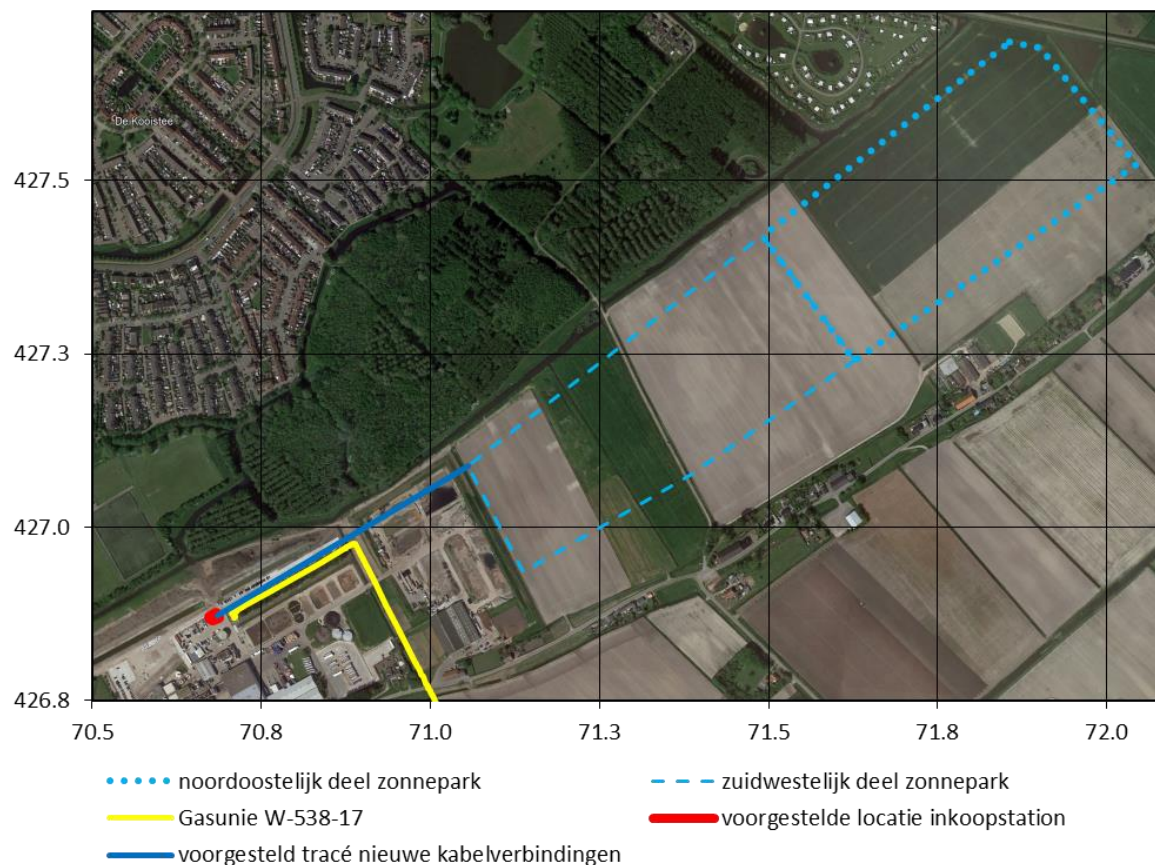
2.4 Bodemweerstand

In het rekenmodel is voor de bodemweerstand op enige diepte uitgegaan van 10 Ω m. Deze waarde is gebaseerd op gegevens afkomstig uit het DINOloket [2]. De waarde is gebruikt voor het bepalen van de mutuele impedanties in het rekenmodel.

2.5 Gegevens zonnepark

De ligging van het zonnepark is weergegeven in Figuur 1, conform opgave Overmorgen [3]. Het park zal bestaan uit twee delen met elk een aansluiting van 10 MVA. Eén van beide delen zal op de bestaande aansluiting van Farm Frites worden aangesloten. Het andere deel van het park krijgt een nieuwe aansluiting op

het net. Encon is voornemens beide verbindingen ongeveer via de aangegeven route naar het terrein van Farm Frites te leiden. Een en ander conform opgave Encon [4].



Figuur 1 - Locatie zonnepark nabij Hellevoetsluis, met buisleiding Gasunie en een deel van de voorgestelde nieuwe hoogspanningsinfrastructuur

Voor een 10 kV-aansluiting is conform opgave Stedin maximaal een 1-fasekortsluitstroom van 1 kA te verwachten, voor een 23 kV-aansluiting is dit 1,4 kA, conform opgave Stedin [5]. De maximale afschakeltijd is 0,9 s.

2.6 Gegevens buisleiding

De ligging van buisleiding W-538-18 van Gasunie is in Figuur 1 weergegeven, conform opgave Gasunie [6], en heeft een PE-bekleding.

3. Ontwerprichtlijnen

In dit hoofdstuk wordt per beïnvloedingsvorm gekeken in hoeverre richtlijnen gegeven kunnen worden op basis waarvan beïnvloeding zo veel mogelijk voorkomen kan worden.

3.1 Capacitieve beïnvloeding

Capacitieve beïnvloeding wordt veroorzaakt door elektrische velden van hoogspanningssystemen. Bij ondergrondse hoogspanningskabels of een ondergrondse buisleiding is er vanwege de afschermdende werking van de omringende grond geen sprake van hoge elektrische velden. Capacitieve beïnvloeding vindt dan ook alleen plaats als een metalen buisleiding boven de grond geïsoleerd is opgesteld in de nabijheid van een bovengronds hoogspanningssysteem. Hiervan is in de beschouwde situatie geen sprake, en hier hoeft in het ontwerp dus geen rekening mee gehouden te worden.

3.2 Weerstandsbeïnvloeding

Indien een stroom uit een installatie naar de bodem wegvloeit, ontstaat door de weerstand die de stroom in de bodem ondervindt, een potentiaalverloop in de bodem. Rond het intredepunt in de bodem ontstaat de zogenoemde 'potentiaaltrechter'. Potentiaaltrechters kunnen ontstaan ter plaatse van aardingsystemen van hoogspanningslijnen, -kabels, -stations en energievoorzieningen van tractie. In Tabel 2 is het stappenplan opgenomen voor het beoordelen van weerstandsbeïnvloeding conform de NEN 3654 [1].

Tabel 2: Beoordelingscriteria voor weerstandsbeïnvloeding conform de NEN 3654

	Stap 1	Stap 2	Stap 3	Stap 4
HS-kabels	Alleen in geval van afstand buisleiding tot hart kabeltracé < 30 m dan is vervolgstap noodzakelijk.	Alleen in geval van afstand buisleiding tot aarding kabelsysteem < 30 m dan is vervolgstap noodzakelijk.	Alleen in het geval van star/effactief geaard net en bekleding leiding bitumen/PE/epoxy en afstand tot aarding kabelsysteem < 30 m of slecht isolerende kabelmantels en afstand tot hart kabeltracé < 10 m dan is vervolgstap noodzakelijk.	Gedetailleerde berekening inclusief vaststelling van de potentiaaltrechter.
HS-stations	Alleen in geval van afstand buisleiding tot grens HSP-station < 500 m dan is vervolgstap noodzakelijk.	Alleen in geval van afstand buisleiding tot grens HSP-station < halve omtrek grens HSP-station dan is vervolgstap noodzakelijk.	Alleen in het geval van star/effactief geaard net en bekleding leiding bitumen en afstand grens HSP-station < halve omtrek grens HSP-station of afstand grens HSP-station < een derde van omtrek grens HSP-station dan vervolgstap noodzakelijk.	Gedetailleerde berekening inclusief vaststelling van de potentiaaltrechter.

3.2.1 Stap 1

Hoogspanningskabels: Een gedeelte van het voorkeurstracé van de kabelverbindingen bevindt zich op een afstand van circa 8 meter tot de bestaande buisleiding van Gasunie. Een beschouwing volgens stap 2 moet worden uitgevoerd.

Hoogspanningsstations: Aangenomen is dat de hoogspanningsstations in het park worden aangesloten op een aardnet dat door het hele park ligt. Daarom worden beide parken volledig als hoogspanningsstation beschouwd. Alleen het zuidwestelijke park bevindt zich binnen 500 m van de buisleiding. Ook de voorgestelde locatie voor het nieuwe inkoopstation bevindt zich binnen 500 m van de buisleiding. De beschouwing volgens stap 2 moet voor deze objecten worden uitgevoerd.

3.2.2 Stap 2

Hoogspanningskabels: De mantels van de hoogspanningskabels worden naar verwachting met het aardnet van het park en de aarding van het nieuwe inkoopstation verbonden. Conform opgave Encon zal het nieuwe inkoopstation op ten minste 30 m van de bestaande buisleiding geplaatst worden. Ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding door de kabel kan dan verder uitgesloten worden.

Hoogspanningsstations: De omtrek van het zuidwestelijke park is circa 1,5 km. De buisleiding bevindt zich binnen 0,75 km van het park. Een beschouwing volgens stap 3 moet hiervoor worden uitgevoerd.

3.2.3 Stap 3

Hoogspanningsstations: Er is geen ontoelaatbare beïnvloeding te verwachten als het park ten minste op een afstand van 0,5 km blijft of impedantie-aarding wordt toegepast.

3.2.4 Conclusie weerstandsbeïnvloeding

Voor zowel het nieuwe inkoopstation als het zuidwestelijke park geldt dat ontoelaatbare beïnvloeding voorkomen kan worden door impedantie-aarding toe te passen of door een minimale afstand aan te houden zoals hierboven gegeven. In plaats daarvan kan ook door een berekening van de daadwerkelijk te verwachten bodempotentialen bepaald worden of deze maatregelen daadwerkelijk nodig zijn. Op basis van deze berekening kan, indien nodig, als alternatieve maatregel ook het aardingsontwerp aangepast worden. Daarnaast is het theoretisch ook mogelijk de aarding van de hoogspanningsinstallatie in het park te scheiden van de aarding van de rest van het park. Als dit dusdanig gedaan kan worden dat ontoelaatbare stap- en aanraakspanningen in het park voorkomen kunnen worden zou dit ook een manier zijn om ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding ter hoogte van de buisleiding van Gasunie te voorkomen.

3.3 Inductieve beïnvloeding

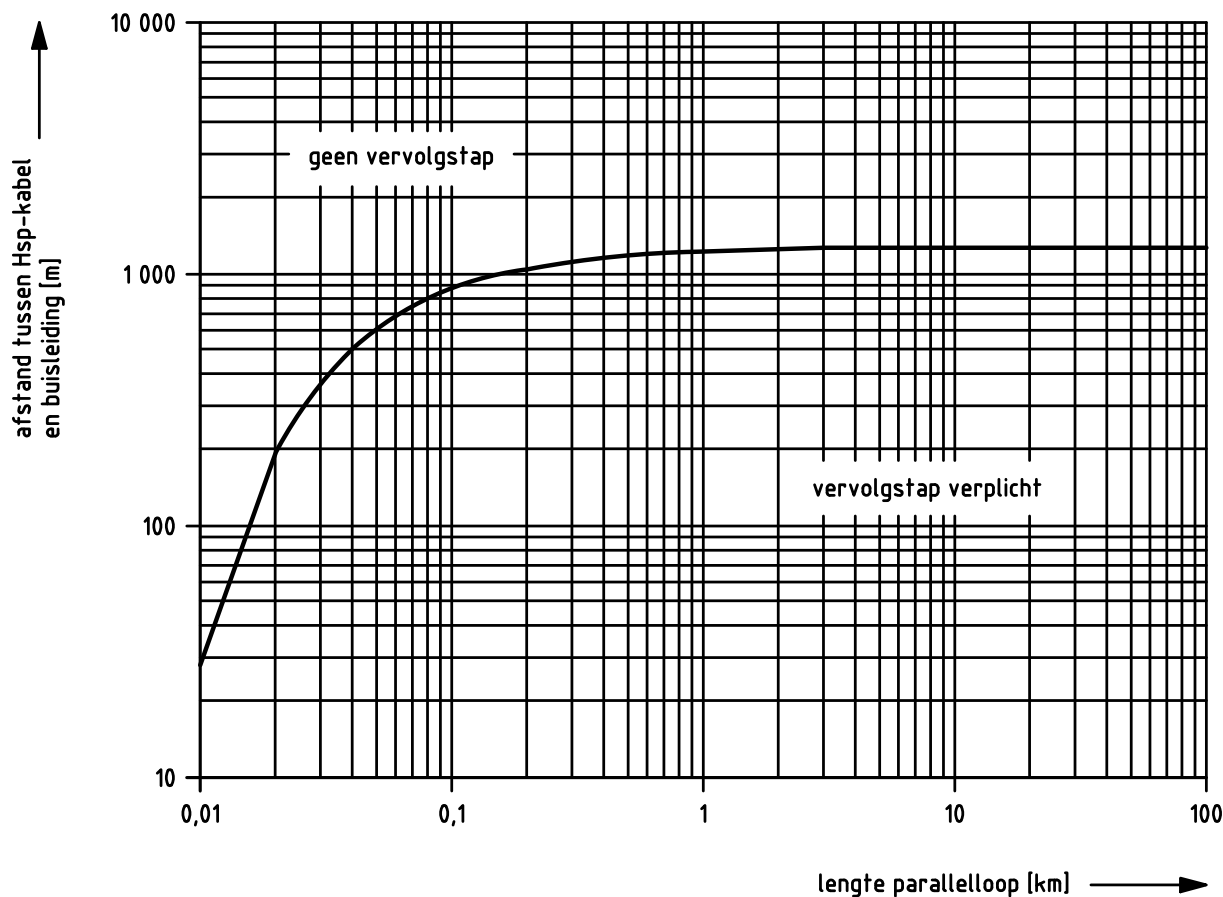
Inductieve beïnvloeding ontstaat door de elektromagnetische koppeling tussen een hoogspanningssysteem en een parallel liggende metalen buisleiding. Door deze koppeling wordt door de stroom in het hoogspanningssysteem een spanning in de buisleiding geïnduceerd. De mate van inductieve beïnvloeding wordt onder meer bepaald door de afstand tussen de buisleiding en het hoogspanningssysteem en de lengte van de parallelloop. In Tabel 3 is het stappenplan voor het beoordelen van inductieve beïnvloeding opgenomen voor kabelverbindingen conform de NEN 3654 [1].

Tabel 3: Beoordelingscriteria voor inductieve beïnvloeding conform de NEN 3654

	Stap 1	Stap 2	Stap 3	Stap 4
HS-kabels	Alleen in geval punt zich onder de lijn in de grafiek van figuur 2 (NEN 3654) bevindt dan is vervolgstap noodzakelijk.	Alleen in geval 'Unity Check' ≥ 1 dan vervolgstap noodzakelijk.	Studie op hoofdlijnen: resultaat 'Unity Check' bijstellen indien uitgangspunten gunstiger zijn dan aannamen in stap 2.	Gedetailleerde berekening inclusief vaststelling te treffen maatregelen.

3.3.1 Stap 1

De parallelloop met de buisleiding zal volgens het opgegeven voorkeurstracé voor de nieuwe kabelverbindingen 207 m zijn. Volgens Figuur 2 in de NEN 3654, hier weergegeven als Figuur 2, zou bij een dergelijke parallelloop een afstand van ruim 1 km aangehouden moeten worden, of moet de inductieve beïnvloeding in een vervolgstap beschouwd worden.



Figuur 2 - Figuur 2 uit de NEN 3654, "Criteria inductieve beïnvloeding door hoogspanningskabels"

3.3.2 Stap 2

In deze stap wordt de maximale Unity Check (UC) berekend voor de beoogde situatie met de onderstaande formule conform bijlage C in de NEN 3654:

$$UC = I \times K1 \times (\log(K2) - \log(a))$$

Waarin:

- I is de lengte van de parallelloop in km;
- a is de maatgevende onderlinge hart-op-hartafstand tussen buisleiding en hoogspanningssysteem in m;
- K1 is een constante, afhankelijk van het hoogspanningssysteem;
- K2 is het beïnvloedingsgebied van het hoogspanningssysteem in m.

De waarden voor K1 en K2 voor de te aan te leggen kabelverbinding zijn in Tabel 4 opgenomen.

Tabel 4: K1 en K2-waarden voor kabelverbindingen conform NEN 3654

Geometrie	Spanning	Normaal bedrijf		Corrosie		Eénfase kortsluiting		Onderhoud (N-1)	
		K1	K2	K1	K2	K1	K2	K1	K2
Kabel in driehoek	10-50kV	0,043	344	0,025	400	19,355	1276	0,043	344

Om op basis van deze waarden en een parallelloop van 207 m een UC-waarde < 1 te verkrijgen zou een minimale afstand van 703 m aangehouden moeten worden, of moet de inductieve beïnvloeding in een vervolgstap beschouwd worden.

3.3.3 Stap 3

In deze stap zijn de constanten K1 en K2 van de relevante belastingsscenario's in de UC-formule bijgesteld, conform NEN 3654, aan de hand van een studie op hoofdlijnen. In deze studie zijn vereenvoudigde rekenmodellen met ATP [7] opgesteld waarin de bodemweerstand in het projectgebied en de specifieke gegevens van de hoogspanningssystemen zijn verwerkt. Hierbij is uitgegaan van het slechtste geval waarbij de afschakeltijd 0,9 seconden is. Op basis hiervan is bepaald dat als het voorkeustracé gevolgd wordt, er geen ontoelaatbare beïnvloeding te verwachten is zo lang de maximale kortsluitstroom lager dan 3,1 kA is. Dit is het geval voor de maximale kortsluitstromen zoals die door Stedin zijn opgegeven. Zo lang er geen systemen ontworpen worden die tot een hogere kortsluitstroom kunnen leiden hoeft er dan ook verder geen rekening gehouden te worden met inductieve beïnvloeding. Wanneer toch hogere kortsluitstromen te verwachten zijn kan waarschijnlijk door het kiezen van de juiste beveiligingsinstellingen (afschakeltijd) alsnog voorkomen worden dat er ontoelaatbare aanraakspanningen optreden.

3.4 Thermische beïnvloeding

Conform de NEN 3654 kan thermische beïnvloeding van een kabelverbinding op een buisleiding en andersom worden uitgesloten als de kabel en buisleiding meer dan 10 m van elkaar gelegd zijn. Het voorkeustracé bevindt zich op circa 8 m van de bestaande buisleiding van Gasunie. Op basis van een gedetailleerde berekening van de verwachte opwarming van de bodem kan waarschijnlijk ontoelaatbare beïnvloeding uitgesloten worden. In plaats daarvan kan er voor gekozen worden de kabelverbindingen op ten minste 10 m afstand van de buisleiding van Gasunie te plaatsen.

4. Conclusie en advies

Encon bereidt de aanleg van een zonnepark in de nabijheid van Farm Frites Hellevoetsluis voor. Dit zonnepark zal uit twee (elektrisch gescheiden) delen bestaan die beide een 10 MVA-aansluiting krijgen. Één van beide delen zal op de bestaande aansluiting van Farm Frites worden aangesloten, het andere deel op een nieuwe netaansluiting. Beide kabelverbindingen zullen over een lengte van 200 meter parallel lopen met een bestaande buisleiding van Gasunie.

Wanneer hoogspanningssystemen (> 1 kV AC) worden aangelegd in de nabijheid van bestaande buisleidingen, vereist de NEN 3654 een beschouwing van zowel de elektrische als de thermische beïnvloeding van het systeem op bestaande buisleidingen. Door elektrische beïnvloeding kunnen onveilige situaties ontstaan door aanraakspanningen of kan de buisleiding worden beschadigd door wisselstroomcorrosie. Door thermische beïnvloeding kunnen buisleidingen nadelig worden beïnvloed indien de temperatuur van de omringende bodem sterk afwijkt van de normaal te verwachten bodemtemperatuur. Buisleidingen kunnen schade ondervinden in de vorm van verhoogde coatingdegradatie, verhoogde corrosiesnelheid en thermische spanningen.

Op basis van het stappenplan van de NEN 3654 is per beïnvloedingsvorm gekeken welke ontwerprichtlijnen gegeven kunnen worden voor het ontwerp van de nieuwe hoogspanningsinfrastructuur voor de zonneparken. De bevindingen zijn hieronder per beïnvloedingsvorm samengevat.

4.1 Elektrische beïnvloeding

4.1.1 Capacitieve beïnvloeding

Uit de uitgevoerde beschouwing is gebleken dat bij het ontwerp geen rekening gehouden hoeft te worden met capacitieve beïnvloeding.

4.1.2 Weerstandsbeïnvloeding

Uit de uitgevoerde beschouwing is gebleken dat bij de plaatsing/aarding van het nieuwe inkoopstation rekening gehouden moet worden met weerstandsbeïnvloeding. Ook bij de aarding van het park moet hier rekening mee gehouden worden. Geadviseerd wordt hiervoor de daadwerkelijk te verwachten bodempotentialen te berekenen.

4.1.3 Inductieve beïnvloeding

Uit de beschouwing is gebleken dat er bij het ontwerp waarschijnlijk geen rekening gehouden hoeft te worden met inductieve beïnvloeding, mits de maximaal te verwachten kortsluitstroom in de nieuwe kabelverbindingen voldoende laag is.

4.2 Thermische beïnvloeding

Uit de beschouwing is gebleken dat ontoelaatbare thermische beïnvloeding eenvoudig voorkomen kan worden door een iets grotere afstand tot de bestaande buisleiding van Gasunie aan te houden. Mocht een kleinere afstand wel gewenst zijn dan dient door middel van een gedetailleerde berekening van de te verwachten opwarming van de bodem vastgesteld te worden of de thermische beïnvloeding toelaatbaar is.

5. Bronvermelding

- [1] *NEN 3654: Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspannings-systemen*, 2014.
- [2] *Levering van informatie voor inventarisatie van bodemweerstand binnen Nederland voor 3147 locaties*, DINO-loket, 24 september 2015.

