

WSP

BEÏNVLOEDING OP AAN TE LEGGEN BUISLEIDING BINNEN PROJECT WARMTELIJN DOOR BESTAANDE HOOGSPANNINGSSYSTEMEN

BESCHOUWING CONFORM DE NEN 3654

18 OKTOBER 2022

WSP
UTRECHTSEWEG 310, GEBOUW B50,
6812 AR ARNHEM

+31 (0)88 910 20 00
wsp.com

PROJECTNUMMER
WL VV

DOCUMENTNUMMER
WS221400-R01, versie 2.0



AUTORISATIE

PROJECTNUMMER	DOCUMENTNUMMER	VERSIE	STATUS
WLVV	WS221400-R01	2.0	definitief

OPGESTELD DOOR	DATUM	ONDERTEKENING
B. Westerveld	18-10-2022	

GECONTROLEERD DOOR	DATUM	ONDERTEKENING
W. van der Gaag	18-10-2022	

RAPPORTHISTORIE

0.1	11-10-2022	Werkversie
0.2	11-10-2022	Interne review
1.0	11-10-2022	Concept
2.0	18-10-2022	Definitief – e-mail A. Nederlof d.d. 17-10-2022

INHOUDS- OPGAVE

1	INLEIDING	4
1.1	Omschrijving	4
1.2	Veiligheid boven alles	4
2	UITGANGSPUNTEN	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Normatief	5
2.2.1	Toetsing van aanraakspanningen	5
2.2.2	Toetsing van het risico op wisselstroomcorrosie	5
2.2.3	Beschadiging van buisleidingbekleding	6
2.3	Projectspecifiek	6
2.3.1	Situatieoverzicht	6
2.3.2	gegevens kabels en buisleidingen	6
2.3.3	Bodemweerstand	6
3	BESCHOUWING BEÏNVLOEDING	8
3.1	Algemeen	8
3.2	Capacitieve beïnvloeding	8
3.3	Weerstandsbeïnvloeding	8
3.3.1	HS-kabels	9
3.3.2	HS-stations	9
3.4	Inductieve beïnvloeding	10
4	SAMENVATTING EN CONCLUSIE	13
4.1	Elektrische beïnvloeding	13
	BRONVERMELDING	14
	BIJLAGE A PROJECTSPECIFIEKE UITGANGSPUNTEN	15
	Bijlage A-1 uitgangspunten aan te leggen buisleiding	15
	Bijlage A-2 uitgangspunten hoogspanningssystemen Stedin	15
	Generieke Uitgangspunten	15
	Kabelspecifieke uitgangspunten 10kV-net Stedin	15
	Bijlage A-3 Uitgangspunten hoogspanningssystemen RET	17
	Bijlage A-4 Uitgangspunten hoogspanningssystemen Shell	17

1 INLEIDING

1.1 OMSCHRIJVING

WSP is binnen het WarmtelinQ project betrokken bij de engineering van een tweetal warmteleidingen in Rotterdam, tracé Vondelingenplaat-Vlaardingen. De te leggen buisleidingen hebben elk een lengte van circa 6,3 kilometer en komen deels parallel te liggen aan hoogspanningsverbindingen van Stedin, de RET en Shell. Ook kruisen de te leggen buisleidingen deze kabels.

Bij de aanleg van een nieuwe (metalen) buisleiding vereist de NEN 3654 een beschouwing van zowel de elektrische als de thermische beïnvloeding van bestaande hoogspanningssystemen (>1 kV) op de nieuwe metalen buisleiding. Bij deze beschouwing wordt vastgesteld hoe buisleidingen en hoogspanningssystemen elkaar nadelig beïnvloeden vanuit het oogpunt van veiligheid en integriteit. De (veiligheids-)risico's en daarmee samenhangende gevolgen die bij opvolging van dit advies worden afgedekt, worden verder toegespitst in de volgende paragraaf.

In dit rapport is de beschouwing gerapporteerd van de elektrische beïnvloeding op de te leggen buisleidingen binnen het beïnvloedingsgebied van de bestaande hoogspanningssystemen. In het geval van ontoelaatbare beïnvloeding worden de te nemen maatregelen waarmee de beïnvloeding kan worden teruggebracht naar een aanvaardbaar niveau beschreven.

1.2 VEILIGHEID BOVEN ALLES

De voornaamste directe veiligheidsrisico's die worden afgedekt door te werken volgens de eisen van de NEN 3654 hebben betrekking op ontoelaatbare aanraakspanningen en opwarming. De aan ontoelaatbare aanraakspanning gerelateerde risico's en daarmee samenhangende gevolgen zijn:

- Elektrisering of elektrocutie, met verwondingen of soms zelfs de dood tot gevolg.
- Vonken, die kunnen leiden tot het ontsteken van gevaarlijke stoffen. Dit vormt met name een direct gevaar voor uitvoerende partijen die werkzaamheden uitvoeren aan gasleidingen.
- Schrikreacties, die onvoorspelbare acties teweeg kunnen brengen met uiteenlopende mogelijke gevolgen.

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 ALGEMEEN

In dit hoofdstuk zijn de gehanteerde uitgangspunten opgenomen, zowel normatief als projectspecifiek. In de volgende paragrafen worden deze verder toegelicht.

2.2 NORMATIEF

2.2.1 TOETSING VAN AANRAAKSPANNINGEN

Voor het beoordelen van de veiligheid worden 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.

Tabel 1: Toelaatbare overbruggingsspanningen volgens de NEN 3654

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

2.2.2 TOETSING VAN HET RISICO OP WISSELSTROOMCORROSIE

In de NEN 3654 is aangegeven dat de kans op wisselstroomcorrosie 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 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.

2.2.3 BESCHADIGING VAN BUISLEIDINGBEKLEDING

Volgens de 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 bitumenbekleding geldt een doorslagspanning van 1 kV wisselspanning.

2.3 PROJECTSPECIFIEK

2.3.1 SITUATIEOVERZICHT

Het tracé van de te leggen buisleidingen conform opgave WSP [3], alsmede de aanwezige bestaande hoogspanningsverbindingen zijn weergegeven in Figuur 1. Uit inventarisatie blijkt dat in de nabijheid van de te leggen buisleiding meerdere hoogspanningssystemen aanwezig zijn, deze zijn opgesomd in Tabel 2.

2.3.2 GEGEVENS KABELS EN BUISLEIDINGEN

Voor de te leggen buisleidingen zijn uitgangspunten gehanteerd conform de opgave van WSP [3], deze zijn opgenomen in Bijlage A. In de onderstaande Tabel 2 zijn alle relevante hoogspanningssystemen en daarbij gehanteerde gegevens en bronnen vastgelegd. Het bleek niet mogelijk om binnen de gegeven tijd voor dit project specifieke gegevens van de 10kV-kabel van Shell te bemachtigen [6]c. In overleg met de opdrachtgever is besloten om een conservatieve aanname gedaan voor de kortsluitstroom en afschakeltijd van de kabel. Deze aanname is gebaseerd op typische waarden voor kabels van dit spanningsniveau in het gebied waar de buisleidingen aangelegd zullen worden.

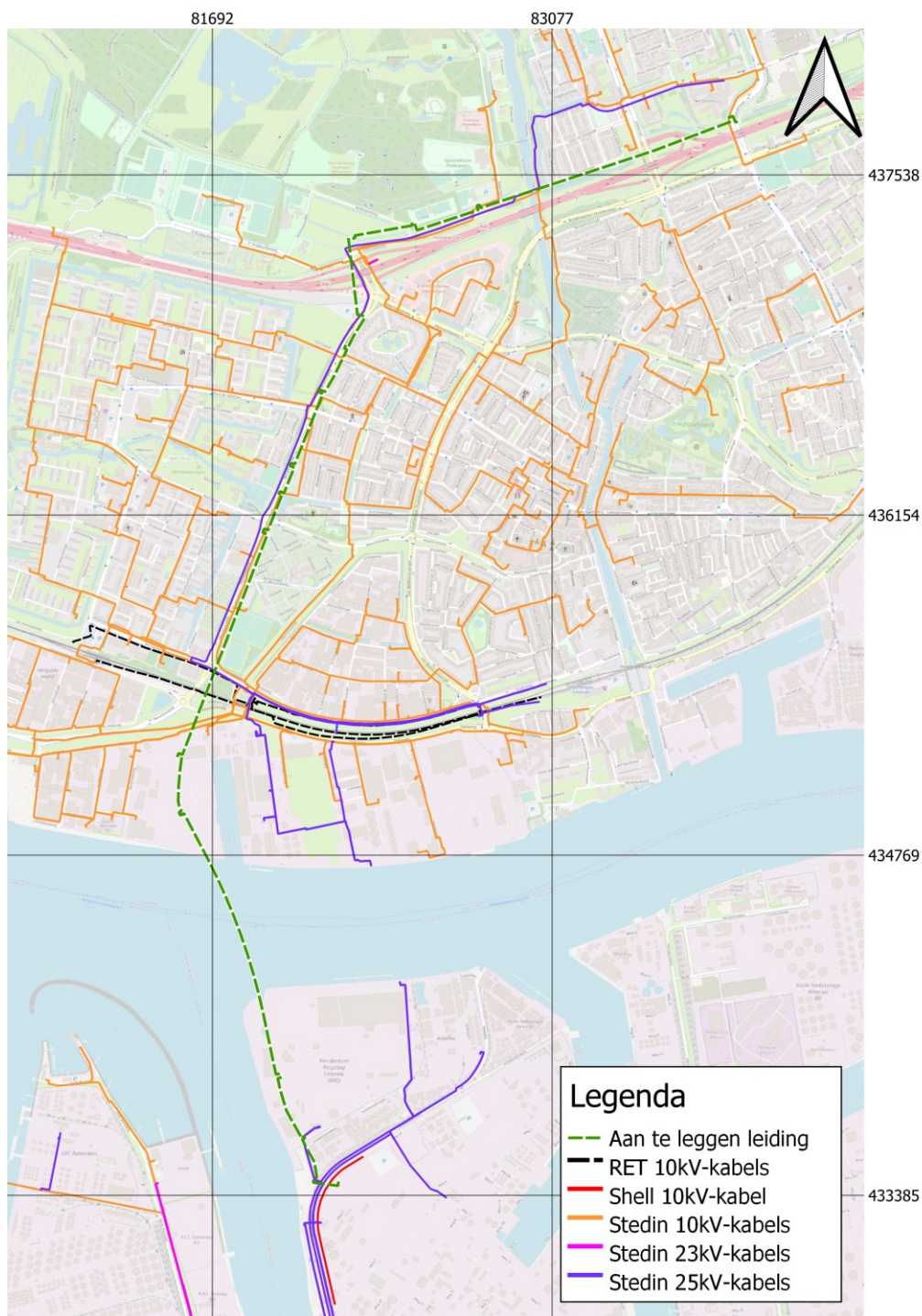
Tabel 2: Relevante netbeheerders en gehanteerde gegevens

Netbeheerder	Hoogspanningssysteem	Gegevens
RET	10kV-kabels	KLIC
Stedin	10kV-, 23kV- en 25kV-kabels	KLIC, Asset Management Stedin
Shell	10kV-kabel	KLIC

Voor de aanwezige buisleidingen waarvoor detailberekeningen zijn uitgevoerd, zijn de specifiek gehanteerde uitgangspunten opgenomen in separaat opgestelde notities welke in Bijlage A benoemd worden.

2.3.3 BODEMWEERSTAND

In het rekenmodel is voor de elektrische bodemweerstand op enige diepte uitgegaan van 15 Ω -m. Deze indicatieve waarde is gebaseerd op gegevens afkomstig uit het DIN-loket [5]a en is gebruikt voor het bepalen van de mutuele impedanties in het rekenmodel.



Figuur 1: Geografische weergave van de te leggen buisleiding(en) en bestaande relevante hoogspanningsverbindingen

3 BESCHOUWING BEÏNVLOEDING

3.1 ALGEMEEN

In dit hoofdstuk is de elektrische beïnvloeding op de buisleidingen beschouwd volgens het stappenplan in de NEN 3654. Onderstaand is per beïnvloedingsvorm het resultaat van de beschouwing gegeven.

3.2 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. In het geval van ondergrondse buisleidingen hoeft dus geen rekening te worden gehouden met capacitieve beïnvloeding.

3.3 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 3 is het stappenplan voor het beoordelen van weerstandsbeïnvloeding bij hoogspanningskabels en -stations opgenomen, conform de NEN 3654 [1].

Tabel 3: 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 én 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 én 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.

In de volgende deelparagrafen zijn de te leggen buisleidingen beschouwd op weerstandsbeïnvloeding volgens het stappenplan in Tabel 3.

3.3.1 HS-KABELS

Tabel 4 geeft de beoordeling voor weerstandsbeïnvloeding van nabijgelegen bestaande hoogspanningskabels op de te leggen buisleiding(en).

Tabel 4: Beoordeling weerstandsbeïnvloeding voor HS-kabels

Netbeheerder	Netwerk	Uitgesloten bij stap	Reden
Stedin	10kV-kabels	3	De kabel is geen onderdeel van star/effactief geaard net
Stedin	23kV-kabels	1	Afstand tot hart kabeltracé > 30 m
Stedin	25kV-kabels	2	Afstand tot aarding kabelsysteem > 30 m, anders dan de mantelaarding aan de uiteindes van de kabel op het aanwezige aardingssysteem van de hoogspanningsstations
Shell	10kV-kabels	2	Afstand tot aarding kabelsysteem > 30 m, anders dan de mantelaarding aan de uiteindes van de kabel op het aanwezige aardingssysteem van de hoogspanningsstations
RET	10kV-kabels	2	Afstand tot aarding kabelsysteem > 30 m, anders dan de mantelaarding aan de uiteindes van de kabel op het aanwezige aardingssysteem van de hoogspanningsstations

Zoals blijkt uit Tabel 4 zijn de te leggen buisleidingen reeds uitgesloten van ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding door de nabijgelegen hoogspanningskabels.

3.3.2 HS-STATIONS

In Tabel 5 is de beoordeling vastgelegd voor weerstandsbeïnvloeding van nabijgelegen bestaande hoogspanningsstations op de te leggen buisleiding(en).

Tabel 5: Beoordeling weerstandsbeïnvloeding voor HS-stations

Netbeheerder	Netwerk	Uitgesloten bij stap	Reden
Stedin	10kV-netwerk	3	Het station is geen onderdeel van star/effactief geaard net
Stedin	23kV-netwerk	1	Afstand tot grens station > 500 m
Stedin	25kV-netwerk	2	Afstand tot grens station > halve omtrek
Shell	10kV-netwerk	2	Afstand tot grens station > halve omtrek
RET	10kV-netwerk	2	Afstand tot grens station > halve omtrek

Zoals blijkt uit Tabel 5 de te leggen buisleidingen reeds uitgesloten van ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding door de reeds aanwezige nabijgelegen hoogspanningsstations.

3.4 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 6 is het stappenplan voor het beoordelen van inductieve beïnvloeding opgenomen voor kabelverbindingen conform de NEN 3654 [1].

Tabel 6: 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.

Stap 1:

In plaats van het specifiek beoordelen van iedere afzonderlijke parallelloop is ervoor gekozen om alle aanwezige buisleidingen binnen het maximale beïnvloedingsgebied (voor kabels maximaal ca. 1300 m en voor hoogspanningslijnen maximaal ca. 2600 m) te toetsen volgens stap 2.

Stap 2:

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

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

Waarin:

l 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 hoogspanningssystemen zijn in Tabel 7 opgenomen.

Tabel 7: $K1$ en $K2$ waarden voor de betreffende hoogspanningssystemen conform de NEN 3654

Geometrie	Code	Spanning	Normaal bedrijf		Corrosie		Eénfase-kortsluiting		Onderhoud (N-1)	
			$K1$	$K2$	$K1$	$K2$	$K1$	$K2$	$K1$	$K2$
Kabel in plat vlak	K01	10-50 kV	0,248	379	0,153	379	19,115	1296	0,248	379
Kabel in driehoeksligging	K03	10-50 kV	0,043	344	0,025	400	19,355	1276	0,043	344

Aan de hand van de UC-formule en de liggingsgegevens van de buisleidingen (parallelloop en onderlinge afstand) zijn de UC-waarden berekend. De maximaal berekende UC-waarden volgens stap 2 met bijbehorend belastingscenario zijn in Tabel 8 opgenomen.

Tabel 8: Maximale berekende UC-waarden volgens stap 2

Hoogspanningsnetwerk	Maatgevend belastingscenario	Maximale UC
Stedin 10kV-net	1-fase kortsluiting	21,9
Stedin 23kV-net	1-fase kortsluiting	1,0
Stedin 25kV-net	1-fase kortsluiting	99,0
Shell 10kV-net	1-fase kortsluiting	1,4
RET 10kV-net	1-fase kortsluiting	2,5

Uit Tabel 8 blijkt dat de maximaal berekende UC-waarde voor alle hoogspanningsnetwerken groter is dan 1. Een toetsing conform stap 3 van het stappenplan is noodzakelijk.

Stap 3a:

In deze stap zijn de constanten $K1$ en $K2$ van de relevante belastingscenario's in de UC-formule bijgesteld ten opzichte van stap 2, conform de NEN 3654, aan de hand van een studie op hoofdlijnen. In deze studie zijn vereenvoudigde rekenmodellen met ATP [2]b opgesteld. Hierin is de waarde voor $K1$ bijgesteld aan de hand van de specifiekere kenmerken van de hoogspanningssystemen, zoals opgenomen in Bijlage A. De waarde voor $K2$ wordt in stap 2 bepaald met een bodemweerstand van 100 Ω m op representatieve diepte. De waarde voor $K2$ wordt in stap 3 gecorrigeerd met behulp van de indicatieve bodemweerstand in betreffend projectgebied, conform de uitgangspunten in hoofdstuk 2.

Voor kabelverbindingen is een éénfase kortsluiting het maatgevende belastingscenario. Omdat de 10kV-netten van Stedin en de RET zwevende netten zijn is een cross-country sluiting (welke zich gedraagt als een éénfase kortsluiting) gehanteerd waarvoor 85% van de 3-fase kortsluitstroom wordt toegepast met de bijbehorende afschakeltijd. De bijgestelde constanten $K1$ en $K2$ voor de maatgevende toetsing zijn gegeven in Tabel 9.

Tabel 9: Bijgestelde $K1$ en $K2$ waarden

Verbinding	Normaal bedrijf		Corrosie		Eénfase kortsluiting		Onderhoud (N-1)	
	$K1$	$K2$	$K1$	$K2$	$K1$	$K2$	$K1$	$K2$
Stedin 10kV-kabels	0,200	209	0,135	200	36,494	550	n.v.t.	n.v.t.
Stedin 23kV-kabels	0,200	209	0,135	200	1,237	550	n.v.t.	n.v.t.
Stedin 25kV-kabels	0,200	209	0,135	200	0,063	550	n.v.t.	n.v.t.
Shell 10kV-net	0,200	209	0,135	200	6,626	550	n.v.t.	n.v.t.
RET 10kV net	1,214	225	0,750	233	2,134	562	n.v.t.	n.v.t.

De maximale UC-waarden van de buisleidingen met de bijgestelde constanten $K1$ en $K2$ is in Tabel 10 opgenomen.

Tabel 10: Maximale berekende UC-waarden volgens stap 3a

Hoogspanningsnetwerk	Maatgevend belastingscenario	Maximale UC
Stedin 10kV-net	1-fase kortsluiting	115,4
Stedin 23kV-net	1-fase kortsluiting	< 0,1
Stedin 25kV-net	1-fase kortsluiting	0,5
Shell 10kV-net	1-fase kortsluiting	0,4
RET 10kV-net	1-fase kortsluiting	0,1

Stap 3b:

Uit Tabel 10 blijkt dat de maximaal berekende UC-waarde voor alle hoogspanningsverbindingen behalve het 10kV-net van Stedin kleiner is dan 1. Dit betekent dat ontoelaatbare inductieve beïnvloeding kan worden uitgesloten voor deze netten. Voor het 10kV-netwerk van Stedin is nog een extra stap uitgevoerd waarbij de constanten $K1$ en $K2$ opnieuw worden bijgesteld aan de hand van kabel specifieke eigenschappen.

Voor 53 verschillende kabels uit het 10kV-net van Stedin wordt de UC waarde van 1 overschreden. Deze kabels zijn weergegeven in Tabel 13 (Bijlage A). Van deze kabels zijn de specifieke kortsluitstromen en afschakeltijden opgevraagd bij Stedin [6]a. Gezien de aangeleverde eigenschappen veel gunstiger zijn dan de origineel gebruikte net generieke eigenschappen kunnend de waarden voor $K1$ en $K2$ voor deze kabels nogmaals bijgesteld worden. De bijgestelde waarden voor de constanten $K1$ en $K2$, alsmede de hieruit volgende UC waarden zijn per kabel ook weergegeven in Tabel 13 (Bijlage A). De maximale UC-waarde voor alle kabels is weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11: Maximale UC-waarde na stap 3b

Hoogspanningsnetwerk	Maatgevend belastingscenario	Maximale UC
Stedin 10kV-net	1-fase kortsluiting	0,8

Uit Tabel 11 blijkt dat ook de UC-waarde voor het 10kV-net van Stedin kleiner is dan 1. Om deze reden is er geen risico op ontoelaatbare inductieve beïnvloeding en is het uitvoeren van stap 4, de gedetailleerde berekening, niet nodig.

4 SAMENVATTING EN CONCLUSIE

WSP is binnen het WarmtelinQ project betrokken bij de aanleg van een tweetal warmteleidingen in Rotterdam, tracé Vondelingenplaat-Vlaardingen. De te leggen buisleidingen hebben elk een lengte van circa 6,3 kilometer en komen deels parallel te liggen aan hoogspanningsverbindingen van Stedin, de RET en Shell. Ook kruisen de te leggen buisleidingen deze kabels.

Bij de aanleg van een nieuwe (metalen) buisleiding vereist de NEN 3654 een beschouwing van zowel de elektrische als de thermische beïnvloeding van bestaande hoogspanningssystemen (>1 kV) op de nieuwe metalen buisleiding. Bij deze beschouwing wordt vastgesteld hoe buisleidingen en hoogspanningssystemen elkaar nadelig beïnvloeden vanuit het oogpunt van veiligheid en integriteit.

In dit rapport is de beschouwing gerapporteerd van de elektrische beïnvloeding op de te leggen buisleidingen binnen het beïnvloedingsgebied van de bestaande hoogspanningssystemen. De beïnvloeding is beschouwd conform het stappenplan volgens de NEN 3654.

4.1 ELEKTRISCHE BEÏNVLOEDING

- Capacitieve beïnvloeding:

Vanwege de ondergrondse ligging van de geplande buisleidingen en de ondergrondse ligging van de bestaande kabels hoeft er geen rekening te worden gehouden met capacitieve beïnvloeding.

- Weerstandsbeïnvloeding:

Uit de uitgevoerde eerste beschouwing volgens het stappenplan blijkt dat er geen sprake is van ontoelaatbare weerstandsbeïnvloeding. Er zijn geen maatregelen benodigd om te voldoen aan de gestelde eisen in de NEN 3654.

- Inductieve beïnvloeding:

Uit de uitgevoerde eerste beschouwing volgens het stappenplan blijkt dat er geen sprake is van ontoelaatbare inductieve beïnvloeding. Er zijn geen maatregelen benodigd om te voldoen aan de gestelde eisen in de NEN 3654.

BRONVERMELDING

- [1] Normen en richtlijnen:
 - a. NEN 3654 2014: "Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen".
- [2] Literatuur en software:
 - a. Cigré Working Group 36.02: "Guide on the influence of high voltage AC power systems on metallic pipelines", 1995.
 - b. Hermann W. Dommel e.a.: "Electromagnetic Transients Program – Reference Manual (EMTP Theory Book)", ref. DE-AC79-81BP31364, August 1986.
 - c. Ir. L. Verbeek: "Een methode voor het berekenen van door bovengrondse hoogspanningssystemen geïnduceerde spanningen op een stalen pijpleiding", Electrotechniek 57 (1979) nr. 11 (november) p. 769 t/m 776.
- [3] Opdrachtgever, WSP:
 - a. E-mail van dhr. A. Nederlof van WSP met shapefiles van het tracé en routekaarten waarop de locaties van de isolatiekoppelingen zijn opgenomen, d.d. 05-07-2022.
 - b. E-mail van dhr. H. de Jong van Gasunie over toegepaste isolatiekoppelingen in het aan te leggen tracé, d.d. 20-9-2022.
- [4] Kadaster:
 - a. KLIK oriëntatieverzoeken 220099182 tot en met 220099186 geleverd op 05-08-2022.
- [5] Openbare bronnen:
 - a. DINoloket:
 - i. Levering van informatie voor inventarisatie van bodemweerstand binnen Nederland voor 3147 locaties, d.d. 24-09-2015.
- [6] Netbeheerders:
 - a. Stedin:
 - i. E-mail van T. van der Meer met diverse kortsluitstromen van verbindingen in het 10kV-net van Stedin, d.d. 31-08-2022.
 - b. RET:
 - i. E-mail van T. Taoufiq met kortsluitgegevens van een verbinding in het 10kV-net van de RET, d.d. 06-09-2022.
 - c. Shell:
 - i. Diverse E-mails van D. Barbier en J. Bol over de ligging- en stroomgegevens van de relevante 10kV-kabel, d.d. 13-09-2022, 23-09-2022 en 06-10-2022.

BIJLAGE A PROJECTSPECIFIEKE UITGANGSPUNTEN

BIJLAGE A-1 UITGANGSPUNTEN AAN TE LEGGEN BUISLEIDING

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing op het warmtetracé Vondelingenplaat-Vlaardingen:

- Leidingssystemen DN700/900 Staal-PUR-PE (VPS) en SIS worden toegepast.
- Er worden isolatiekoppelingen opgenomen aan de zuidzijde van 't Scheur (KR-003) en bij aansluiting knoop K (KR-023).
- Buiten de hierbovengenoemde isolatiekoppelingen worden er geen isolatiekoppelingen opgenomen in het tussenliggende tracé.
- Er zijn op voorhand geen additionele aardingsvoorzieningen voorzien in het tracé.

BIJLAGE A-2 UITGANGSPUNTEN HOOGSPANNINGSSYSTEMEN STEDIN

GENERIEKE UITGANGSPUNTEN

Tabel 12: Generieke stroomwaarden MS-netwerken Stedin in regio Rijnmond.

Spanningsniveau [kV]	Aardingswijze net	Maximale 1-fase KSS [A]	1-fase afschakeltijd [s]	Maximale 3-fasen kss [kA]	3-fasen afschakeltijd [s]
10kV	Zwevend	14	1,5 s	16,2 kA	1,5 s
23kV	Geaard	1,4	0,9 s	15,1 kA	1,5 s
25kV	Geaard	1,4	0,04 s	34,6 kA	0,04 s

KABELSPECIFIEKE UITGANGSPUNTEN 10KV-NET STEDIN

Tabel 13: Gehanteerde kabelspecifieke kortsluitstromen en afschakeltijden, alsmede de daaruitvolgende K-waarden voor stap 3b en UC waarden.

Naam kabelverbinding	3fasen - kss [kA]	3-fasen afschakeltijd [s]	K1 Stap 3b	K2 Stap 3b	UC Stap 3a	UC Stap 3b
B-H7304 - H7309 ()	13,49	0,3	0,240	550	115,35	0,8
B-H7042 - H7282 (965)	4,56	0,3	0,081	550	40,65	0,1
B-H7165 - H7333 ()	3,82	0,3	0,068	550	31,73	< 0,1
B-TT015 - TZ014 ()	4,46	0,3	0,079	550	16,27	< 0,1
B-H7027 - TT015 ()	16,42	0,3	0,292	550	14,38	0,1
B-H7027 - H7309 ()	14,5	0,3	0,258	550	12,93	0,1
B-H7063 - H7165 (475)	3,30	0,3	0,059	550	8,01	< 0,1
B-H7063 - H7296 ()	4,27	0,3	0,076	550	7,68	< 0,1
B-H7068 - TT015 (1995)	9,94	0,3	0,177	550	6,52	< 0,1
B-H7076 - TT015 (1198)	12,77	0,3	0,227	550	5,88	< 0,1
B-H7042 - H7067 (687)	7,27	0,3	0,129	550	5,26	< 0,1

Naam kabelverbinding	3fasen - kss [kA]	3-fasen afschakeltijd [s]	K1 Stap 3b	K2 Stap 3b	UC Stap 3a	UC Stap 3b
B-H7165 - H7191 (468)	3,31	0,3	0,059	550	5,06	< 0,1
B-H7042 - H7196 ()	6,22	0,3	0,111	550	4,68	< 0,1
B-H7081 - H7123 (1010)	3,46	0,3	0,062	550	4,67	< 0,1
B-H7295 - TT015 ()	13,00	0,3	0,231	550	4,23	< 0,1
B-H7045 - H7086 (330)	17,93	0,3	0,319	550	4,07	< 0,1
B-H7287 - TT015 ()	17,41	0,3	0,310	550	4,06	< 0,1
B-H7244 - H7249 ()	5,91	0,3	0,105	550	3,47	< 0,1
B-H7083 - H7164 ()	4,67	0,3	0,083	550	3,45	< 0,1
B-H7311 - TT015 ()	12,93	0,3	0,230	550	3,27	< 0,1
B-H7325 - TT015 ()	12,33	0,3	0,219	550	3,25	< 0,1
B-H7155 - TT015 (901)	14,78	0,3	0,263	550	3,23	< 0,1
B-H7122 - H7135 (364)	6,36	0,3	0,113	550	3,15	< 0,1
B-H7122 - H7315 ()	6,81	0,3	0,121	550	3,15	< 0,1
B-H7265 - TT015 ()	10,72	0,3	0,191	550	3,00	< 0,1
B-H7319 - TT015 (K1)	13,67	0,6	0,513	550	2,99	< 0,1
B-H7319 - TT015 (K2)	13,67	0,6	0,513	550	2,98	< 0,1
B-H7085 - TT015 (331)	18,10	0,3	0,322	550	2,97	< 0,1
B-H7082 - H7115 (612)	3,64	0,3	0,065	550	2,95	< 0,1
B-H7011 - H7196 ()	5,46	0,3	0,097	550	2,84	< 0,1
B-H7136 - H7147 (542)	8,61	0,3	0,153	550	2,75	< 0,1
B-H7392 - TT015 ()	15,64	0,3	0,278	550	2,72	< 0,1
B-H7121 - H7316 ()	7,61	0,3	0,135	550	2,72	< 0,1
B-H7083 - H7184 (376_178)	4,68	0,3	0,083	550	2,71	< 0,1
B-H7250 - H7263 ()	6,78	0,3	0,121	550	2,70	< 0,1
B-H7027 - H7077 (439)	16,41	0,3	0,292	550	2,66	< 0,1
B-H7070 - H7077 ()	17,11	0,3	0,304	550	2,57	< 0,1
B-H7168 - H7287 (781)	12,87	0,3	0,229	550	2,4	< 0,1
B-H7168 - H7339 ()	17,20	0,3	0,306	550	1,94	< 0,1
B-H7198 - TT015 (943)	14,67	0,3	0,261	550	1,80	< 0,1
B-H7123 - H7126 (437)	6,17	0,3	0,110	550	1,75	< 0,1
B-H7314 - TT015 ()	11,04	0,3	0,196	550	1,74	< 0,1
B-H7050 - H7115 (333)	4,82	0,3	0,086	550	1,57	< 0,1
B-H7085 - H7086 (208)	17,92	0,3	0,319	550	1,47	< 0,1
B-H7086 - H7110 (503_155 -	14,28	0,3	0,254	550	1,41	< 0,1
B-H7100 - H7159 ()	12,53	0,3	0,223	550	1,34	< 0,1
B-H7006 - H7082 (282)	4,17	0,3	0,074	550	1,30	< 0,1
B-H7086 - H7099 (503_155)	14,28	0,3	0,254	550	1,16	< 0,1
B-H7164 - H7192 (380)	5,56	0,3	0,099	550	1,11	< 0,1
B-H7123 - H7135 (173)	6,17	0,3	0,110	550	1,11	< 0,1

BIJLAGE A-3 UITGANGSPUNTEN HOOGSPANNINGSSYSTEMEN RET

Tabel 14: Stroomwaarden beschouwde RET-kabels

Spanningsniveau [kV]	Liggingconfiguratie	Aardingswijze	Maximale 3-F kortsluiting [kA]	Afschakeltijd [s]
10	Plat vlak	Zwevend	14,52	0,4

BIJLAGE A-4 UITGANGSPUNTEN HOOGSPANNINGSSYSTEMEN SHELL

Tabel 15: Conservatieve aanname stroomwaarden Shell, zoals beschreven in paragraaf 2.3.2.

Spanningsniveau [kV]	Liggingconfiguratie	Aardingswijze	Maximale 3-F kortsluiting [kA]	Afschakeltijd [s]
10	Driehoek	Impedantie geaard	2,5	>1,0