Evides Waterbedrijf Leidingen van voor 1972

Onderzoek naar sterkte en gedrag van Evides Waterbedrijf Leidingkruisingen met niet - primaire waterkeringen met een diameter >500mm

evides waterbedrijf

evides waterbedrijf

De heer Ir. R.A.J. de Kock
Van Alkemadelaan 38
2597 AM 'S-GRAVENHAGE

contactpersoon:	J.J. Vermeulen
afdeling:	bedrijfsbureau
telefoon/fax:	010 - 2936555 / 6509
e-mail:	K.Vermeulen@evides.nl
uw kenmerk:	
ons kenmerk:	U04/NRZ-1693 / 22 december 2004
bijlagen:	2
onderwerp:	Eindrapport veiligheidstoetsing waterleidingen

postadres
postbus 59999, 3008 RA Rotterdam

bezoekadres
Netbeheer Rijnmond Zuid
Jan van der Heijdenstraat 27, 3261 LE Oud-Beijerland

Hierbij zenden wij u in enkelvoud

- ☐ tekening(en) nummers
- ☒ rapport(en)
- ☐ notulen
- ☐ verslag(en)
- ☐ documentatie
- ☒ kopie(ën) van brief aan Waterschap IJsselmonde, kenmerk U04/NRZ-1692
- ☐

- ☐ op uw verzoek d.d.
- ☐ ter informatie
- ☐ ter behandeling
- ☐ ter goedkeuring
- ☒ ter inzage
- ☐ ter bespreking op/voor
- ☐ ter doorzending aan
- ☐ om advies
- ☐ ter vervanging van
- ☐ met verzoek om terugzending voor aanstaande
- ☐
- ☐

Opmerkingen:

Hoogachtend,

Ing. K. Kreber

evides
waterbedrijf

Aan de secretaris-directeur van
Waterschap IJsselmonde
De heer ing. A. de Koning
p/a/ Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden
Postbus 469
3300 AL Dordrecht

contactpersoon:	J.J. Vermeulen
afdeling:	Bedrijfsbureau
telefoon/fax:	010 - 2936555 / 6509
e-mail:	K. Vermeulen@evides.nl
uw kenmerk:	301173/402091
ons kenmerk:	U04/NRZ-1692 / 23 december 2004
bijlagen:	1
onderwerp:	Eindrapport veiligheidstoetsing waterleidingen

postadres
postbus 59999, 3008 RA Rotterdam

bezoekadres
Netbeheer Rijnmond Zuid
Jan van der Heijdenstraat 27, 3261 LE Oud-Beijerland

Geachte heer De Koning,

In maart 2003 is onze rapportage over de veiligheid van leidingen in waterkeringen[1] aan de betrokken Hoogheemraad-en waterschappen afgegeven. In de begeleidende brief met kenmerk U03/R3-0129 wordt een toelichting gegeven op het verrichte onderzoek en vastgesteld dat de geïnventariseerde leidingen voldoen aan de gestelde veiligheidscriteria.

Naar aanleiding van uw reactie (brief met kenmerk301173/402091 d.d.7 mei 2004) en het overleg met alle vergunningverleners is afgesproken om met name kruisingen met secundaire waterkeringen, boezemkaden en provinciale wegen- en vaarwegen opnieuw te beoordelen.
Voor deze beoordeling zal gebruik worden gemaakt van de zgn. "vereenvoudigde toetsing", welke methode inmiddels ook opgenomen is in de NEN 3651:2003, bijlage E, met als doel te onderzoeken of de nieuwe vereenvoudigde beoordeling voldoende veiligheid geeft bij kruisingen met waterstaatswerken, waarbij de leiding is uitgevoerd met mijterbochten en/of de leiding het waterstaatswerk kruist d.m.v. zgn. 'staande boog'.
Onderdeel van deze toetsing is tevens het kwantificeren van de spanningsconcentratie in de mijterbochten. Om deze reden is met name gekeken naar de grootte van de mijterbochten en de gevolgen hiervan op het spanningsniveau.
Daarnaast is afgesproken dat er aanvullend materiaal- en lasonderzoek zal worden verricht naar de rekcapaciteit van lassen in mijterbochten (knikhoek 30 °) van leidingen.

Het doet ons genoegen u hierbij het eindrapport aan te bieden.
De studies en berekeningen hebben de volgende conclusies opgeleverd.

- alle kruisingen en parallelliggingen van waterleidingen van Waterbedrijf Evides (voormalig Waterbedrijf Europoort incl. leidingen gelegen binnen het Waterschap Goeree- Overflakkee) met een diameter ≥ 500 mm en aangelegd vóór 1972, voldoen aan de veiligheidscriteria, die gesteld worden aan kruisingen met primaire en secundaire waterkeringen, boezemkaden, provinciale wegen en provinciale vaarwegen.

[1] Onderzoek naar sterkte en gedrag van WBE-leidingkruisingen met een diameter groter of gelijk aan 500 mm

- uit de vergelijking tussen de resultaten van de uitgebreide beoordeling van de TL24 met het Pernisse Hoofd kan worden afgeleid dat de vereenvoudigde beoordeling een ongunstige en dus veilige benadering van de problematiek is
- Door het Laboratorium voor Technische Materiaalwetenschappen van de TU in Delft zijn proeven uitgevoerd op vergelijkbaar buismateriaal uit dezelfde materiaalproductieperiode als van de beschouwde leidingkruisingen. Uit dit onderzoek blijkt dat de rekcapaciteit en sterkte van het lasmateriaal in grote mijterbochten groter is dan die van het moedermateriaal.
  De breuken, die uiteindelijk na grote vervormingen in de proefstukken optraden, ontstonden tijdens de proeven altijd *buiten* de lassen, ook al waren er kunstmatige fouten in aangebracht, die veel groter waren dan in normaal laswerk worden geaccepteerd.

Samenvattend kan worden gesteld dat de beschouwde WBE-leidingkruisingen voldoen aan de vereiste veiligheidscriteria met een zakkingshorizon van 30 jaar en een (toekomstige) bedrijfsdruk van max. 5 bar. Tevens is vastgesteld dat de nieuwe algemene toetsingsformules voldoende conservatief zijn om te gebruiken bij een eerste veiligheidstoets van zgn. "lagedrukleidingen" met mijterbochten.

Wij danken u voor de plezierige samenwerking en de ruimte die u ons hebt gegeven om dit project gedegen te kunnen aanpakken.

Hoogachtend,
Evides N.V.

Ing. J. Verburg
Manager Netbeheer Rijnmond Zuid

Gemeentewerken
Gemeente Rotterdam

Ingenieursbureau

Evides Waterbedrijf leidingen van voor 1972

Onderzoek naar sterkte en gedrag van Evides Waterbedrijf leidingkruisingen met niet-primaire waterkeringen met een diameter ≥ 500 mm

Projectcode
KPP43

Datum
7 december 2004

Rapport:
SP2004 - 014

Status/versie:
A

Opdrachtgever:
Evides Waterbedrijf

Projectleider opdrachtgever
Ing. J. Kreber

Opsteller:
ir H.M. Ufkes

Paraaf Opsteller::
16/12/2004

Inhoudsopgave

1. Inleiding en doelstelling 3

2. Samenvatting en conclusies 5

3. Vergelijking resultaten uitgebreide en vereenvoudigde beoordeling 8

3.1 Algemeen 8

3.2 Uitgebreide beoordeling 8

3.3 Vereenvoudigde beoordeling kruising TL24 met Pernisse Hoofd 8

3.4 Extrapolatie van $2\alpha = 9°$ naar $2\alpha = 30°$ 9

3.5 Kruisingen die niet direct voldoen aan de vereenvoudigde beoordeling 9

4. Bijlagen 11

1. Inleiding en doelstelling

In het kader van de wet op de waterkeringen, die van kracht werd op 1 januari 1996, dienen de leidingen die een hoofdwaterkering kruisen of parallel aan de hoofdwaterkering binnen de veiligheidszone liggen te voldoen aan een veiligheidstoetsing, die onderdeel is van de toetsing van de hoofdwaterkering. Voor de lagedruk transportleidingen van Evides Waterbedrijf is in dit kader in eerste instantie een inventarisatie van alle kruisingen van de transportleidingen met een diameter ≥ 500 mm met alle waterstaatswerken gemaakt door het toenmalige Waterbedrijf Europoort (WBE), waaruit door fusie het huidige Evides Waterbedrijf is voortgekomen, in samenwerking met de betrokken waterschappen als beheerders van de waterkeringen en de Provincie Zuid-Holland (PZH) als beheerder van de provinciale wegen.
Door de Provincie Zuid-Holland is de toetsing van de kruisingen met de hoofdwaterkeringen uitgebreid met de toetsing van leidingen, die binnen de veiligheidszone van de overige waterkeringen, secundaire waterkeringen (SWK) en boezemkaden)BK), provinciale primaire wegen (PW) en secundaire wegen (SW), liggen en zijn aangelegd voor 1972. Door Provincie Zuid-Holland (PZH), als adviseur van de waterschappen, is gesteld dat, in analogie met de "Leidraad Toetsen op Veiligheid", uitgave augustus 1999 (LToV99) van de Technische Adviescommissie Waterkeringen (T.A.W.), eveneens alle andere kruisende en parallel liggende leidingen met waterstaatswerken gelegd voor 1972 met een diameter ≥ 500 mm eveneens zouden moeten worden getoetst aan de criteria gesteld in de LToV99.
Er is daarbij van uitgegaan dat de leidingkruisingen die na 1972, het jaar van de eerste uitgave van de Pijpleidingcode (PC) Zuid-Holland, zijn aangelegd, liggen met een vergunning, waarvoor indertijd bij de vergunningaanvraag sterkteberekeningen zijn gemaakt, waarvan de resultaten zijn getoetst volgens de PC. Die leidingen voldoen op grond van die toetsing zonder meer aan de toetsing volgens de LToV99.
Het project betreffende de toetsing van de kruisingen van lagedruk watertransportleidingen van Evides Waterbedrijf met primaire waterkeringen (PWK), boezemwaterkeringen (BK), secundaire waterkeringen (SWK) en provinciale rij- en waterwegen is gestart met een inventarisatie van alle kruisingen in het beheersgebied van het toenmalige WBE. De kruisingen met de waterkeringen zijn gelegen in de beheersgebieden van het Hoog Heemraadschap van Delfland, het Hoog Heemraadschap van Schieland, Waterschap IJsselmonde en Waterschap De Brielse Dijkring.

Voor een eerste toetsing van alle kruisingen is een vereenvoudigde toetsingsmethode gebruikt, die ontleend is aan de "Leidraad Toetsen op Veiligheid" van de T.A.W. uitgegeven in 1999. Tevens zijn met behulp van het computerprogramma PLE, gebaseerd op dezelfde uitgangspunten als voor de vereenvoudigde toets voor een aantal kruisingen berekeningen gemaakt. Uit de toetsing resulteerde dat de kruisingen van de transportleidingen met $\varnothing_u$ 1272/11 mm met de primaire waterkeringen maatgevend waren wat betreft de overschrijding van de toelaatbare spanningen en met name de kruising van de transportleiding TL24 met de primaire waterkering het Pernisse Hoofd.

Voor de kruising van de TL24 met het Pernisse hoofd, is via de zogenaamde "herkansing" een uitgebreide herberekening gemaakt, waarin o.m. materiaal-niet-lineariteit en vervangende

bochten voor de mijterbochten waren verdisconteerd.
Op basis van plaat-trekproeven, speciaal door TU-Delft uitgevoerd voor dit project, is uitgegaan van een ongunstige toelaatbare waarde van 2 % voor de rekcapaciteit van het leidingmateriaal. Momenteel worden door TU-Delft vergelijkbare trek- en buigproeven uitgevoerd op de lassen van mijterbochten, met als voorlopig resultaat dat de lassen, ook na het aanbrengen van kunstmatige kerven, veel groter dan toelaatbare lasfouten in het werk, niet bezweken in de trek- en buigproeven. Bij de trekproeven bezweek uiteindelijk het moedermateriaal. Voor de rekcapaciteit van tweezijdig gelaste buizen, gemaakt met ST37.2 materiaal, blijkt op basis van het rapport van TU-Delft een veilige waarde van 4 % te kunnen worden aangenomen. Voor eenzijdig gelaste leidingen kan een veilige waarde van 2 % voor de toelaatbare rekcapaciteit worden gehanteerd (bijlage 5).
De maatgevende kruising van de TL24 met de primaire waterkering het Pernisse Hoofd voldoet uiteindelijk aan de veiligheidstoetsing voor de waterkering en daarmee, omdat het de maatgevende kruising betrof, voldoen tevens alle geïnventariseerde leidingkruisingen met waterkeringen (Henk, we hebben toch gesteld dat alle kruisingen zouden voldoen??) aan de gestelde veiligheidseisen. De resultaten zijn weergegeven in rapport SP2001-022, d.d. 6 maart 2003 van IGWR.

Op verzoek van de betrokken vergunningverleners zijn vervolgens alle overige kruisingen met secundaire waterkeringen, boezemkaden en provinciale rij- en vaarwegen opnieuw beoordeeld. Ditmaal is gebruikgemaakt van de in het kader van deze exercitie aangepaste vereenvoudigde toetsing, die inmiddels ook is opgenomen in NEN 3651:2003, bijlage E, met als doel te onderzoeken of de nieuwe vereenvoudigde beoordeling voldoende veiligheid geeft bij met name kruisingen met mijterbochten en zgn. staande boog kruisingen. Onderdeel van de bewuste exercitie was het kwantificeren van de spanningsconcentratie in de mijterbochten ,die regelmatig zijn en worden toegepast in de onderhavige lagedruk leidingen. In verband met de aanwezigheid van de mijterbochten is de oorspronkelijke inventarisatie in detail uitgebreid om de grootte van de bochthoeken van de mijterbochten en de consequenties voor het spanningsniveau te kunnen toevoegen. In dit rapport zijn de resultaten van deze vereenvoudigde beoordeling weergegeven.

2. Samenvatting en conclusies

De vereenvoudigde beoordeling van de lagedruk leidingen met $\varnothing_u \geq 500$ mm en gelegd voor 1972 en liggend in de veiligheidszone van waterstaatswerken, niet zijnde primaire waterkeringen, kan in de volgende fasen worden onderverdeeld:

1. Nadere inventarisatie van de kruisingen op basis van het tekeningen en vergunningen archief van Evides Waterbedrijf. In totaal 30 kruisingen zijn in dit onderzoek betrokken. Met name de aanwezigheid en afmetingen van mijterbochten, knikhoeken aantal segmenten per bocht en de onderlinge afstand tussen de knikken in een bocht, zijn nader onderzocht De resultaten ten aanzien van de maximale knikhoek zijn weergegeven in bijlage 1. Tijdens de inventarisatie is gebleken dat een goede structurele archivering van leiding- en omgevingsgegevens van groot belang is voor een adequate beoordeling van leidingen, waarbij de benodigde tijd voor de inventarisatie geoptimaliseerd kan worden. Daar waar geen gegevens zijn gevonden op tekeningen is voor de mijterbochten uitgegaan van een extreme knikhoek van 30°;

2. Door Evides Waterbedrijf is het te beschouwen gebied inmiddels uitgebreid met het voormalige eiland Goeree, dat door de fusie van WBE met Delta tot Evides Waterbedrijf, ook tot het beheergebied van Evides Waterbedrijf binnen de provincie Zuid-Holland behoort. In het gebied van Goeree liggen twee aanvoerleidingen met een diameter van ∅ 500 mm. De overige leidingen in dat gebied hebben diameters kleiner dan 500 mm en vallen dus niet onder deze beoordeling. De twee leidingen met ∅ 500 mm zijn gelegd in 1982. Voor wat betreft de kruising van deze twee leidingen met de hoofdwaterkering van Goeree zijn ze ontworpen en getoetst op basis van de Pijpleidingcode en vallen daardoor dus ook niet onder de onderhavige beoordeling;

3. Berekening van de leidingen op basis van de in NEN 3651:2003, bijlage E, omschreven uitgangspunten, randvoorwaarden en belastingen. De spanningsberekening is uitgevoerd met de formules uit NEN 3651:2003, bijlage E, die ondergebracht zijn in spreadsheets in EXCEL. De resultaten zijn weergegeven in bijlage 2;

4. Met behulp van de inventarisatie (zie punt 1) en de resultaten van de berekeningen (zie punt 3) zijn per kruising de aanwezige schadefactoren bepaald voor zowel de rechte leidinggedeelten als voor de bochten. Deze berekende schadefactoren zijn daarna getoetst aan de vereiste schadefactoren voor de betreffende kruising of parallelligging. De resultaten zijn eveneens weergegeven in bijlage 1;

5. Uit de resultaten blijkt dat een 11-tal kruisingen, secundaire waterkeringen (SWK) en boezemkaden (BK), niet rechtstreeks aan de criteria voor de vereiste schadefactor voldoen. Voor de 11 kruisingen, is dit 37 % van het aantal onderhavige kruisingen en langsliggingen, zou een "herkansing" moeten worden gemaakt met een meer nauwkeurige berekening. Hieruit blijkt tevens dat de nieuw ontwikkelde formules voor de vereenvoudigde toetsing, genoemd in NEN 3651:2003 bijlage E, een vergelijkbaar aantal kruisingen oplevert, die niet direct voldoen, als bij de toetsing van de hogedruk leidingen in het verleden, wat ook het streven was;

6. In overleg (bijlage 3) is besloten dat "herkansing door nauwkeurige herberekening" kan worden voorkomen, indien kan worden aangetoond, dat deze kruisingen voldoen op basis van de zeer uitgebreide berekeningen die uitgevoerd zijn voor de kruising van de TL24 met primaire waterkering het Pernisse Hoofd. Hiertoe is de situatie van het Pernisse Hoofd ook beoordeeld d.m.v. de vereenvoudigde beoordeling uit NEN 3651:2003, bijlage E. In die

vereenvoudigde beoordeling is de zetting (500 mm en 250 mm) gevarieerd om het resultaat vergelijkbaar te maken met de secundaire waterkering (SWK) en boezemkade (BK) beoordelingen die niet voldoen. In bijlage 4 zijn in de eerste twee rijen de resultaten van de vereenvoudigde beoordeling van de kruising van TL24 met het Pernisse Hoofd weergegeven.
In de overige 11 rijen zijn de resultaten voor de SWK en BK, die niet voldoen aan de vereenvoudigde beoordeling, weergegeven (zie punt 5). Het blijkt dat in alle gevallen alleen de tangentiële spanningen in de mijterbochten leiden tot berekende schadefactoren, die niet voldoen. De langsspanningen leiden tot berekende schadefactoren die voldoen aan het criterium!;

7. De resultaten van de vereenvoudigde beoordeling van de kruising van de TL24 met het Pernisse Hoofd zijn vergeleken met de resultaten van de uitgebreide berekeningen,die voor deze kruising zijn gemaakt en waarvan de resultaten zijn weergegeven in rapport SP2001-022B van maart 2003. De uitwerking en resultaten van de vergelijking zijn weergegeven in hoofdstuk 3 en leiden tot de onderstaande conclusies.

Conclusies:

De algemene conclusies ten aanzien van de uitwerking van de vergelijking van de vereenvoudigde beoordeling van de 11 kruisingen met de resultaten van de berekeningen, uitgebreid en vereenvoudigd, voor de kruising van de TL24 met het Pernisse Hoofd luiden:

1. **In de uitgebreide beoordeling weergegeven in rapport SP2001-022,versie B, d.d. 6maart 2003 wordt geconcludeerd dat alle kruisingen van de waterleidingen van Evides Waterbedrijf met een diameter ≥ 500 mm en aangelegd voor 1972 voldoen aan de veiligheidseisen die gesteld worden aan kruisingen met primaire waterkeringen!;**

2. **Uit de vergelijking van de resultaten van de berekeningen voor de kruising van de TL24 met de primaire waterkering het Pernisse Hoofd met de resultaten van de vereenvoudigde beoordeling van de kruisingen met secundaire waterkeringen (SWK), boezemkaden (BK), provinciale wegen en provinciale vaarwegen blijkt dat alle kruisingen in alle gevallen zullen voldoen aan de gestelde criteria, indien voor deze kruisingen uitgebreide berekeningen zouden worden gemaakt op dezelfde wijze als voor de kruising van de TL24 met het Pernisse Hoofd!;**

3. **Hiermee is tevens aangetoond dat alle kruisingen en parallelliggingen van waterleidingen van Evides Waterbedrijf met een diameter ≥ 500 mm en aangelegd voor 1972 voldoen aan de veiligheidscriteria die gesteld worden aan kruisingen met primaire en secundaire waterkeringen, boezemkaden, provinciale wegen en provinciale vaarwegen voldoen aan de veiligheidseisen die gesteld worden!;**

4. **Uit de vergelijking tussen de resultaten van de uitgebreide beoordeling van de kruising van de TL24 met het Pernisse Hoofd kan worden afgeleid dat de vereenvoudigde beoordeling een ongunstige benadering van de problematiek is en daardoor een veilige benadering is!**

5. **Uit de proeven, uitgevoerd door TU-Delft op vergelijkbaar buismateriaal uit**

dezelfde materiaalproductieperiode als van de onderhavige leidingkruisingen, blijkt dat de rekcapaciteit en sterkte van het lasmateriaal groter is dan van het moedermateriaal. De breuken, die uiteindelijk na grote vervormingen in de proefstukken optraden, ontstonden tijdens de proeven altijd buiten de lassen ook al waren er kunstmatige fouten in aangebracht, die veel groter waren dan in normaal laswerk worden geaccepteerd!

3. Vergelijking resultaten uitgebreide en vereenvoudigde beoordeling

3.1 Algemeen

Uit de vereenvoudigde beoordeling van de niet-primaire waterkering kruisingen volgens NEN 3651:2003, bijlage E blijkt, dat alleen de berekende tangentiële schadefactoren niet voldoen aan de criteria (bijlage 1). Daarom wordt voor de verdere aanpak alleen op de schadefactoren voor tangentiele spanningen gefocust;

3.2 Uitgebreide beoordeling

Voor de uitgebreide beoordeling wordt verwezen naar rapport SP2001-022, d.d. 6 maart 2003. Voor de kruising van de watertransportleiding TL24 met de primaire waterkering, het Pernisse Hoofd, zijn zeer uitgebreide berekeningen gemaakt, waarin naast de belastingfactoren inclusief de reciproque waarde van de schadefactor (= 1.33) onder meer ook het plastische gedrag van het leidingmateriaal is verdisconteerd. Door het plastische gedrag van het leidingmateriaal in de berekeningen te verdisconteren moest dan ook getoetst worden aan de toelaatbare rek in het leidingmateriaal. De resultaten van deze berekeningen en de toetsing van de rekken zijn o.m. vermeld in rapport SP2001-022.
Op basis van plaat-trekproeven, uitgevoerd door TU-Delft op monsters genomen uit rechte leidinggedeelten met daarin een rondlas van vergelijkbaar leidingmateriaal uit dezelfde periode als waarin de TL24 is aangelegd, is een ongunstige benadering van de toelaatbare rek van 2 % bepaald. De 2 % toelaatbare rek is toen mede ingegeven op basis van onbekendheid met het materiaalgedrag ter plaatse van de las in een mijterbocht. Momenteel worden vergelijkbare plaat-trekproeven en buigproeven uitgevoerd door TU-Delft op monsters genomen uit vergelijkbaar leidingmateriaal met daarin opgenomen een las ter plaatse van een mijterbocht. Voorlopige resultaten (bijlage 5) geven aan dat de voornoemde toelaatbare rek zeker niet onderschreden zal worden en dat dus nog steeds kan worden uitgegaan van een ~~toelaatbare~~ grens rek van ten minste 2 % (=CHKEPS) (zie rapport SP2001-022, hfdst 2, punt 10);

3.3 Vereenvoudigde beoordeling kruising TL24 met Pernisse Hoofd

In de uitgebreide berekeningen voor de kruising van de TL24, $\varnothing_u$1272/11, met het Pernisse Hoofd zijn vervangende bochtstralen en spanningswegingsfactoren verdisconteerd die overeenkomen met een enkelvoudige mijterbocht met een maximale knikhoek $2\alpha = 9°$. De bijbehorende toeslagfactor voor deze hoek in de beoordeling van lage druk leidingen volgens NEN 3651:2003, figuur E.1 bedraagt:

$$2\alpha = 9° \Rightarrow \gamma_y = 1.45$$

De resulterende maximale tangentiële rekken uit de uitgebreide berekeningen, inclusief schadefactor S = 0.75 bedraagt (zie rapport SP2001-022, hfdst 2, punt 10) :

$$eFS\text{-}M_{max} = 72.2\ \%\ CHKEPS$$

Gesteld kan worden dat de berekende schadefactor dan bedraagt:

$$S_{ber.\ uitgebr.} = 0.722 \times 0.75 = 0.542$$

Gesteld kan worden dat beoordeling van de kruising van de TL24 met het Pernisse Hoofd volgens NEN 3651:2003, bijlage E.2.1.2 inclusief de toeslagfactor $\gamma_y = 1.45$, resulterend in een

schadefactor van $S_{ber\ (PWK)}$ = 1.19 (zie bijlage 4), door uitgebreide berekening kan worden gereduceerd tot een berekende schadefactor $S_{ber.\ uitgebr.}$ = 0.542. Met andere woorden een reductie van 0.542/1.19 = 0.46

3.4 Extrapolatie van 2α = 9° naar 2α = 30°

Door te lineariseren, hetgeen in dit geval een ongunstige benadering is, zal voor een knikhoek van 2α = 30° met γ_y = 1.80 een bijbehorende schadefactor S_{ber} = (1.80/1.45) x 0.542 = 0.673 ontstaan, hetgeen nog ruimschoots binnen de vereiste schadefactor S = 0.75 voor de kruising met de primaire waterkering ligt!;

Bij een vereenvoudigde beoordeling van de kruising van de TL24 met het Pernisse hoofd, waarbij ervan wordt uitgegaan alsof het een secundaire waterkering (SWK) betreft met een zettingsverschil van 250 mm i.p.v. 500 mm, zoals voor een primaire waterkering, bedraagt de berekende schadefactor:

$S_{ber\ (SWK)\ 9°}$ = 1.04 (zie bijlage 4)

Door de aangenomen wijziging in de grootte van de zetting vindt een reductie plaats van:

$S_{ber\ (SWK)\ 9°}/S_{ber\ (PWK)\ 9°}$ = 1.04/1.19 = 0.87

Ten opzichte van de uitgebreide berekening resulteert dit in een reductie factor van:

0.46 x 0.87 = 0.40

Dit is dus eveneens de berekende schadefactor voor het Pernisse Hoofd als secundaire waterkering indien zou worden uitgegaan van de uitgebreide berekening.

Dus $S_{interpolatie\ (SWK)\ 9°}$ = 0.40

Indien in de als secundaire waterkering beschouwde kruising van de TL24 met het Pernisse Hoofd de toeslagfactor van 1.80 voor een mijterbocht met een knikhoek van 30° zou worden verdisconteerd, dan wordt de berekende schadefactor:

$S_{uitgebr\ ber\ (SWK)\ 30°\ ∅1272}$ = (1.80/1.45) x 0.40 = 0.50

3.5 Kruisingen die niet direct voldoen aan de vereenvoudigde beoordeling

Per leidingdiameter is de maximale knikhoek in de leidingen, die niet voldoen aan de toets voor niet-primaire waterkering kruisingen volgens NEN 3651, bijlage E, bepaald.

Uit bijlage 4 blijkt dat een beperkt aantal leidingen $∅_u$1272/11 en $∅_u$1426/13 niet voldoen aan de vereenvoudigde toets volgens NEN 2651:2003, bijlage E. De maximale knikhoeken (2α) die hier bij horen bedragen:

$∅_u$1272/11⇒ 2α = 30°

$∅_u$1426/13⇒ 2α = 30°

De bijbehorende berekende schadefactoren in bijlage 4 zijn:

$∅_u$1272/11⇒ 2α = 30° ⇒ $S_{ber\ (SWK)\ 30°}$ = 1.30

$∅_u$1426/13⇒ 2α = 30° ⇒ $S_{ber\ (SWK)\ 30°}$ = 1.21

(uit deze getallen blijkt opnieuw dat de $∅_u$1272/11 leiding maatgevend is t.o.v. de andere diameter/wanddikte leidingen)

Door te extrapoleren vanuit **$S_{interpolatie\ (SWK)\ 9°}$ = 0.40** kan de schadefactor voor deze leidingen worden bepaald op:

$∅_u$1272/11⇒ 2α = 30° ⇒ $S_{ber\ (SWK)\ 30°}$ = 1.30 ⇒ $S_{extrapolatie\ (SWK)\ 1272/11\ 30°}$ = 1.30/1.04 x 0.40 = 0.50

Voor de $\varnothing_u$1426/13$\Rightarrow$ $2\alpha = 30°$ leidingen moet een extra interpolatieslag worden gemaakt om het verschil in diameter en wanddikte goed te maken. Daartoe wordt naar rato van de berekende schade factoren voor de rechte leidingdelen de $S_{interpolatie}$ aangepast:

$S_{extrapolatie\ (SWK)\ 1426/13} = 0.67/0.72 \times 0.40 = 0.37$

$\varnothing_u$1426/13$\Rightarrow$ $2\alpha = 30° \Rightarrow S_{ber\ (SWK)\ 30°} = 1.21 \Rightarrow S_{extrapolatie\ (SWK)\ 1426/13\ 30°} = 1.21 \times 0.37 = 0.45$

Uit het bovenstaande blijkt dat de SWK en BK in alle gevallen zullen voldoen aan de rek-criteria, indien voor deze kruisingen uitgebreide berekeningen zouden worden gemaakt op dezelfde wijze als voor de kruising van de TL24 met het Pernisse Hoofd!

Hiermee is dan tevens aangetoond dat alle kruisingen voldoen aan de veiligheidscriteria die voor deze kruisingen gesteld kunnen worden indien ~~de~~ dezelfde beschouwingswijze wordt gevolgd als voor de kruisingen met primaire waterkeringen, zoals verwoord in NEN 3651:2003 bijlage E.3!

4. Bijlagen

1. Inventarisatie van kruisingen met:
   - Secundaire waterkeringen WBE regio 1;
   - Wegen en waterwegen WBE regio 1;
   - Secundaire waterkeringen WBE regio 3;
   - Wegen en waterwegen WBE regio 3;
   - Secundaire waterkeringen WBE regio 4;
   - Wegen en waterwegen WBE regio 4;

2. Berekeningen vereenvoudigde beoordeling volgens NEN 3651:2003, bijlage E;
   - Zetting Fk = 500 Klei H = 1.00 m;
   - Zetting Fk = 250 Klei H = 1.00 m;
   - Zetting Fk = 250 Zand H = 1.00 m;

3. Besprekingsverslag 27 augustus 2004;

4. Resultaten vereenvoudigde beoordeling, die niet rechtstreeks voldoen aan de criteria voor de schadefactor, alsmede vereenvoudigde beoordeling kruising Pernisse Hoofd;

5. Rapportage materiaalbeproevingen van twee waterleidingbochten