
Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen

Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen

Januari 1971

Staatsuitgeverij 's-Gravenhage

E R R A T U M

Het telefoonnummer, vermeld in de voetnoot op bladzijde 7, is gewijzigd.

Het nieuwe nummer is: 070-648920.

Erratum:

Bladzijde 20 bovenste gedeelte dient als volgt te worden gelezen:

Totale rek optreedt die gelijk is aan 0,5% van de oorspronkelijke meetlengte. (meestal ruwweg 'vloei grens' genoemd).

Bovengenoemde waarden dienen bij 20°C te worden bepaald. Hiervoor mag niet meer dan 75% van de breukgrens worden ingevoerd.

Indien bepaalde eigenschappen van het materiaal zijn verkregen als gevolg van koud vervormen en de leiding tot boven 300°C wordt verhit (lassen uitgezonderd) is de toelaatbare spanning $\frac{3}{4} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{2}$ van de gegarandeerde minimum rekgrens.

De voetnoot onderaan de bladzijde komt te vervallen.

Ten geleide

In september 1966 verzocht de Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen hem van advies te dienen over een aantal Ontwerp-richtlijnen voor oliepijpleidingen, opgesteld door de Benzinecommissie 1927 [thans Commissie Opslag Gevaarlijke Stoffen].

Deze richtlijnen waren voornamelijk bedoeld om ondernemers aanwijzingen te geven voor het ontwerpen, aanleggen, beproeven en gebruiken van pijpleidingen.

Zij waren naar het oordeel van de Technische Adviescommissie echter minder geschikt en op bepaalde punten ontoereikend om te worden geraadpleegd bij het opstellen van de voorwaarden die beheerders van waterkeringen aan vergunningen tot het leggen van vloeistofleidingen dienen te verbinden.

De Technische Adviescommissie heeft gemeend de door haar noodzakelijk geachte aanvulling het best te kunnen verstrekken door het samenstellen van de hier volgende leidraad voor de constructie en het beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen.

Het volgen van deze leidraad zal naar haar mening kunnen leiden tot beperking van het gevaar, dat de aanwezigheid en het gebruik van dergelijke leidingen voor het waterkerend vermogen van waterkeringen kan opleveren.

De Technische Adviescommissie stelt zich voor deze leidraad te herzien wanneer voortgezet onderzoek daartoe aanleiding mocht geven.

Inhoud

	blz.
1 Inleiding	
1.1. Aanleiding tot het opstellen van een leidraad	7
1.2. Bezwaren tegen vloeistofleidingen in waterkeringen. Vergunningsvoorwaarden	7
1.3. Beperking van het gebruik van de leidraad	8
2 Leidingen in de lengterichting van een waterkering	
2.1. Leiding in een waterkering	10
2.2. Leiding langs en evenwijdig aan een waterkering; veiligheidszone	10
3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen	
3.1. Plaats van kruisen, veiligheidszone	12
3.2. Invloedszone	12
3.3. Wijzen van kruisen	13
3.4. Fundering van de leiding	14
3.5. Sterkteberekening	14
3.6. Bijkomende konstrukties	22
4 Uitvoering en beheer	
4.1. Uitvoering	26
4.2. Proefbelasting	26
4.3. Controle en alarmering	26

Inhoud

	blz.
Bijlagen	
A Ontgrondingen bij lek of breuk van een vloeistofleiding	28
B Breedte van de terreinstrook langs de waterkering die ongestoord moet blijven	31
C Reductie van de toelaatbare spanning afhankelijk van het belang van de waterkering	33
D Spuiten, boren en persen van leidingen door waterkeringen	36
E Zakkingen	39

1

Inleiding

1.1. Aanleiding tot het opstellen van een leidraad

In en nabij vele dijken en kaden in Nederland treft men vloeistofleidingen aan. Zij kunnen onder bepaalde omstandigheden het waterkerend vermogen nadelig beïnvloeden en breuk van een leiding kan zelfs een ramp veroorzaken.

Mede omdat in de laatste decennia de diameters van nieuwe leidingen sterk zijn toegenomen [b.v. 2 m voor drinkwaterleidingen] en omdat in sommige leidingen zeer hoge drukken worden toegelaten [b.v. 85 atmosfeer in olietransportleidingen] zijn duidelijke richtlijnen voor hun constructie noodzakelijk geworden ter waarborging van de veiligheid van de door de waterkeringen beschermde gebieden.

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen heeft daarom ten behoeve van de beheerders van waterkeringen als bedoeld in de eerste alinea de hiernavolgende leidraad opgesteld. Deze zal gebruikt kunnen worden bij het formuleren van voorwaarden voor de aanleg en de exploitatie van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen.

De Adviescommissie gaf aan het onder haar ressorterend Centrum voor Onderzoek Waterkeringen¹ opdracht de beheerders van waterkeringen op hun verzoek te adviseren over alle technische problemen die zich bij het ontwerpen van leidingen in of nabij waterkeringen kunnen voordoen.

1.2. Bezwaren tegen vloeistofleidingen in waterkeringen

Vergunningsvoorwaarden

In het algemeen zijn vloeistofleidingen in of nabij een waterkering ongewenst omdat:

zowel bij het leggen als bij het onderhoud en de eventuele vervanging

1 Inleiding

van een leiding graafwerk in de waterkering moet worden uitgevoerd;

extra krachten op de waterkering kunnen worden uitgeoefend wanneer een deel van de constructie buiten de waterkering valt;

de waterdichtheid en de stabiliteit van de waterkering worden bedreigd door mogelijke lekkage van de leiding en/of ongelijke zakking van leiding en grondlichaam, waardoor ruimte onder en/of naast de leiding kan ontstaan.

Daar de zorg voor de waterkering toeneemt met het aantal daarin aangebrachte leidingen, dient dit aantal zoveel mogelijk te worden beperkt.

Steeds moet worden nagegaan of er een alternatief tracé gevonden kan worden, waarbij de waterkering niet wordt beroerd.

Wanneer het leggen van een vloeistofleiding in de waterkering redelijkerwijze niet te vermijden is, zullen zodanige voorzieningen moeten worden getroffen dat het waterkerend vermogen van de kering niet wordt aangetast.

Op de beheerder van de waterkering rust de taak zich ervan te overtuigen, dat het complex van alle te nemen maatregelen hiertoe voldoende waarborgen schept. Eerst dan kan een vergunning tot het leggen van de leiding worden afgegeven.

In de vergunningsvoorwaarden moeten onder meer bepalingen worden opgenomen voor een controle van b.v. de exploitatiewijze van de leiding en de eigenschappen van drukbegrenzingsinrichtingen, indien ten aanzien van deze punten bepaalde aannamen zijn gedaan bij de berekening volgens § 2.2., 3.1. of 3.5.2. van deze leidraad.

1.3. Beperking van het gebruik van de leidraad

De leidraad kan worden gebruikt voor de beoordeling van alle vloeistofleidingen. Zij geldt niet voor normale duikers en stroomsluizen. Het is niet de bedoeling in deze leidraad voor alle denkbare gevallen

1 Inleiding

volledig aan te geven welke eisen aan constructie en beheer moeten worden gesteld.

In verband met de zeer bijzondere maatregelen die genomen moeten worden bij kruisingen van zgn. leidingstraten met waterkeringen, is de leidraad daarop niet zonder meer van toepassing.

De leidraad kan ook worden gebruikt om na te gaan of reeds aanwezige vloeistofleidingen aan door de beheerders van de waterkeringen te stellen eisen voldoen.

Indien dit niet het geval is, kan het nodig zijn om de constructie bij deze eisen aan te passen, of aan het toekomstig gebruik van de leiding beperkende bepalingen te verbinden. Dat kan bijvoorbeeld betekenen dat de vloeistofdruk in de leiding moet worden verlaagd.

2

Leidingen in de lengterichting van een waterkering

2.1. Leiding in een waterkering

Het leggen van een leiding in de lengterichting in het profiel van een waterkering moet niet worden toegestaan, wegens de daaraan verbonden onaanvaardbare risico's.¹

2.2. Leiding langs en evenwijdig aan een waterkering; veiligheidszone

Een leiding evenwijdig aan een waterkering dient in principe te worden gelegd buiten de terreinstrook die zich langs de waterkering uitstrekt en die 'veiligheidszone' wordt genoemd. De breedte van de veiligheidszone moet gelijk zijn aan de afstand tot de leiding waarbinnen ontgrondingen t.g.v. lekkage kunnen optreden, vermeerderd met de breedte van de langs de waterkering gelegen terreinstrook die in verband met de stabiliteit van de waterkering ongestoord moet blijven.

Voor de afstand R_B tot de leiding waarbinnen ontgrondingen door een lek in de leiding kunnen optreden kan worden aangehouden:

$$R_B = 7 \sqrt[3]{\frac{Q_u \cdot V_u}{g}}$$

waarin:

Q_u = debiet van de uittredende vloeistof

V_u = snelheid van de uittredende vloeistof

g = versnelling van de zwaartekracht

In bijlage A is aangegeven op welke wijze deze formule kan worden toegepast.

¹ Ook op het profiel van de waterkering aanwezige leidingen kunnen onaanvaardbare risico's met zich brengen.

[b.v. tijdelijke persleidingen ten behoeve van opspuitingen].

2 Leidingen in de lengterichting van een waterkering

De breedte van de langs de waterkering gelegen terreinstrook die ongestoord moet blijven hangt af van de eigenschappen van de ondergrond en de afmetingen van de waterkering. Deze breedte kan d.m.v. een grondmechanisch onderzoek worden bepaald. Indien echter blijkt dat er geen bijzondere omstandigheden zijn die gemakkelijk kunnen leiden tot evenwichtsverlies van de grondslag, kan de breedte van deze terreinstrook zonder nader onderzoek worden bepaald op 4 maal de hoogte h van de waterkering, boven het maai-veld.¹

Bij normale omstandigheden kan dus voor de breedte van de veiligheidszone $4h + R_B$ worden aangehouden.

Als men naar het oordeel van de beheerder van de waterkering niet kan vermijden dat een deel van de leiding binnen de veiligheidszones in de lengterichting van een dijk wordt gelegd, kan dit worden toegestaan op voorwaarde dat het betrokken deel voldoet aan de eisen die bij een kruising van de leiding met de waterkering zouden worden gesteld.

3

Kruisingen van leidingen met waterkeringen

3.1. Plaats van kruisen; veiligheidszone

Als een kruising van een leiding met een waterkering noodzakelijk is dient de leiding de waterkering zoveel mogelijk loodrecht te kruisen op de voor de waterkering minst ongunstige plaats. Tevens moet de leiding voldoende ver verwijderd liggen van reeds aanwezige leidingen die eveneens de waterkering kruisen, opdat de uitvoering van de kruising [b.v. ontgraving, rijden met werktuigen en bergen van grond] geen gevaar van beschadigingen aan deze leidingen kan opleveren.

Bij toepassen van de navolgende punten 3.4., 3.5., 3.6.2, 3.6.3 en hoofdstuk 4 moet ook het leidinggedeelte in de veiligheidszone als deel van de kruising worden beschouwd. De breedte van de veiligheidszone kan worden bepaald zoals in punt 2.2. is omschreven. De berekende afstand R_B moet hiertoe echter met $7/4$ worden vermenigvuldigd, omdat een ontgroning in de lengterichting bij totale afschuiving van de leiding even zoveel maal groter kan zijn. Als totale afschuiving uitgesloten is [b.v. bij stalen leidingen] kan worden volstaan met R_B .

3.2. Invloedszone

Mechanische invloeden [verplaatsing, krachten] op een leidinggedeelte buiten de veiligheidszone kunnen nog uitwerking hebben op het gedeelte binnen deze zone. Derhalve moet er een invloedszone worden bepaald die zich eveneens langs de waterkering uitstrekt, maar die breder is dan de veiligheidszone. De invloedszone moet zo breed zijn dat mechanische invloeden buiten de invloedszone praktisch geen uitwerking kunnen hebben op het leidinggedeelte in de veiligheidszone. Deze breedte is te bepalen met een rekenmethode die o.a. uitgaat van de veronderstelling dat de buis kan worden voorgesteld als een elastisch ondersteunde ligger.

Men kan dan b.v. bij stalen leidingen voorschrijven dat de zgn. 'tie-in'

3 Krusingen van leidingen met waterkeringen

lassen¹ buiten de invloedzone moeten liggen. De tussen beide lassen besloten leidingstrekking moet bij ontwerp en uitvoering als één geheel worden beschouwd. Speciale aandacht dient hierbij te worden besteed aan spanningsvrije montage, een goede uitvoering van het grond- en baggerwerk en een juiste maatvoering voor wat betreft het horizontaal en verticaal verloop van de pijpleiding.

3.3. Wijzen van kruisen

Er bestaan voor de wijze van kruisen in principe de volgende mogelijkheden:

A De leiding wordt over de waterkering heengevoerd. Daarbij kan men nader onderscheiden:

A₁: Vrije- of luchtkruising,

A₂: De leiding ligt in een grondaanvulling.

B De leiding wordt door de waterkering gevoerd, waarbij de as van de leiding in een vertikaal plat vlak ligt. Daarbij kan men nader onderscheiden:

B₁: De onderkant van de leiding ligt over enige lengte boven het ontwerppeil².

B₂: De onderkant van de leiding ligt nergens boven het ontwerppeil.

C De leiding wordt door de waterkering gevoerd, waarbij de as van de leiding niet in een vertikaal plat vlak ligt, maar zodanig, dat belastingen door zettingsverschillen van grondlagen onder de leiding mede door torsie kunnen worden opgenomen [fundering op staal].

De onder A genoemde methoden van kruising hebben het voordeel dat de waterkering nauwelijks wordt aangetast. Bij methode A₁, be-

¹ Dit zijn de lussen die als laatste worden gemaakt om het gereedgekomen kruisingsgedeelte aan de terreingedeelten te verbinden.

² Het ontwerppeil is de waterstand waarop de waterkerende konstrukties moeten worden ontworpen; dit peil is voor veel wateren officieel vastgesteld.

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

staat de kans op beschadiging van de leiding door aanrijding, aanvaring, ijsgang, moedwillige beschadiging e.d., waardoor indirect een beschadiging van de waterkering mogelijk is. Indien om deze of andere redenen een meer beschermde ligging van de leiding noodzakelijk is, komt één van de onder A₂, B of C genoemde methoden voor uitvoering in aanmerking.

Doorvoeren boven het ontwerppeil is gunstig omdat de gevolgen van slechte uitvoering of onvoorspelbaar gedrag van de leiding minder ernstig zullen zijn. De onder B₂ genoemde methode kan slechts de voorkeur verdienen boven die onder B₁ en C, wanneer de diameter van de leiding relatief groot is ten opzichte van de afmetingen van de waterkering [b.v. bij boezemkaden] of wanneer de druk zo hoog is dat scherpe bochten in de leiding moeten worden vermeden.

3.4. Fundering van de leiding

Ter plaatse van de kruising met een waterkering kan een leiding door palen worden ondersteund of op staal worden gefundeerd. Een voordeel bij fundering op palen is dat het gedrag van de constructie goed voorspelbaar is, omdat de zakkingsverschillen zeer gering zijn. Het verdient daarom aanbeveling een paalfundering toe te passen in alle gevallen waarin zakkingsverschillen een belangrijke spanningsbijdrage in de leiding kunnen leveren en er grote onzekerheid bestaat over de grootte van de zakkingsverschillen. Het laatste kan onder meer het gevolg zijn van de wijze van uitvoering omdat zakkingsverschillen ten gevolge van grondroering moeilijk te voorspellen zijn [in het bijzonder bij uitvoering in den natte].

Fundering op staal komt in aanmerking als de te verwachten zakkingsverschillen klein zijn of als de diameter van de leiding klein is.

3.5. Sterkteberekening

3.5.1 Algemeen

De invloed van een leiding op het waterkerend vermogen van de

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

waterkering en de vervorming die, o.a. door zakkingen van de waterkering, in de leiding wordt teweeggebracht hangen van zeer veel factoren af. Voor een kruising met inbegrip van de veiligheidszones, moet daarom een sterkteberekening worden verlangd, waarin wordt uitgegaan van gegevens die uit een grondmechanisch onderzoek zijn verkregen.

De inwendige belastingen op de leiding die in rekening moeten worden gebracht bestaan uit krachten ten gevolge van de inwendige vloeistofdruk en van temperatuurverandering van de leiding.

De uitwendige belastingen bestaan uit krachten die het gevolg zijn van het gewicht van de bovenliggende grond, eigen gewicht van de leiding, eigen gewicht van de vulling, verkeersbelasting en van ongelijke zettingen van de ondergrond¹.

3.5.2 *Inwendige belastingen*

A Inwendige overdruk

1 Een hydraulische berekening moet aantonen dat de druk die voor de sterkteberekening van het leidinggedeelte in de kruising wordt aangehouden niet kan worden overschreden. Hierbij dient in het bijzonder op waterslagverschijnselen te worden gelet. Drukstoten kunnen in een kruising groter zijn dan in de terreinstrekkingen.

Het verdient aanbeveling alle leidingen op waterslag te berekenen. Bij deze berekening dient niet alleen rekening te worden gehouden met verkeerde manipulaties met afsluiters en het plotseling uitvallen van een of meer pompen, maar ook met drukgolven die ontstaan na een breuk elders in de leiding.

In de vergunningsvoorwaarden dient de bepaling te worden opgenomen, dat bij iedere wijziging van de uitgangspunten van deze berekening opnieuw een vergunning moet worden aangevraagd.

¹ Bij leidingen van kleine diameter en geringe inwendige druk zal het vaak mogelijk zijn een grondmechanisch onderzoek te vermijden en de berekening te baseren op de ongunstigst denkbare belastingen, zodat men er toch zeker van kan zijn, dat de toelaatbare spanning in de buiswand niet wordt overschreden.

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

2 De kruisende leidingstrekking dient ten aanzien van de inwendige druk sterker te zijn dan de terreinstrekkingen. Dit kan worden bereikt door bij de gegeven wanddikte de maximaal toelaatbare inwendige druk te bepalen voor de leidingstrekkingen in het terrein en vervolgens de ontwerpdruk voor de kruisingen 20% hoger te stellen. Bij stalen leidingen kan men voor berekening van de sterkte in de terreinstrekkingen uitgaan van de 'vloedruk' als bezwijk criterium¹. Onder vloedruk wordt verstaan: de inwendige vloeistofdruk p_{v1} waarbij de tangentiële spanning in de buiswand de gegarandeerde minimum rekgrens σ_{v1} zou bereiken. [Voor definitie van de gegarandeerde minimum rekgrens zie 3.5.4].

Men kan deze druk berekenen met de formule:

$$p_{v1} = \frac{2t\sigma_{v1}}{D_u} \quad [1]$$

waarin: t = de nominale wanddikte

D_u = de uitwendige diameter

De ontwerpdruk voor de kruising [behoudens de onder A_1 gevonden uitkomst] bedraagt dan:

$$1,2 \times 2/3 \times p_{v1} = 0,8p_{v1} \quad [2]$$

waarin: $2/3$ = de gebruikelijke veiligheidsfactor voor staal t.o.v. vloeidruk
 p_{v1} = de volgens [1] berekende vloedruk in de terreinstrekking

¹ Bij lagedrukleidingen kan een belangrijk deel van de spanning worden veroorzaakt door grondbelasting, vulling en eigen gewicht van de leiding. Dit kan tot gevolg hebben dat de leiding in het terrein altijd bij een lagere druk zal bezwijken dan de druk berekend volgens formule [1], deze lagere druk mag dan in de berekening worden ingevoerd.

3 **Kruisingen van leidingen met waterkeringen**

3 Als het [b.v. bij bestaande leidingen] redelijkerwijze niet mogelijk is dat de kruising voldoet aan het gestelde onder 2, zou men door het aanbrengen van betrouwbare drukbegrenzingsapparatuur kunnen bereiken dat de druk bij de kruising het berekende maximum niet overschrijdt.

Het is dan wel gewenst dat een daartoe aangewezen overheidsinstantie de goede werking en de juiste afstelling van deze apparatuur garandeert en dat overigens ten genoegen van de beheerder van de waterkering wordt aangetoond dat de toelaatbare druk in de kruising niet kan worden overschreden¹.

Dit houdt in dat deze instantie controle blijft uitoefenen zolang de leiding in bedrijf is. Een continue registratie van de druk in de leiding kan hierbij een belangrijk hulpmiddel zijn.

B Temperatuurspanningen

Spanningen t.g.v. temperatuursveranderingen zijn doorgaans zeer goed te voorspellen. Hierop zijn twee uitzonderingen:

- a bij verpompen van verwarmde vloeistoffen en
- b bij vrijliggende leidingen [zie 3.3].

C Inwendige onderdruk

De leidingsectie moet met een tweevoudige veiligheid bestand zijn tegen vacuüm. Bij kunststoffen moet bij vacuüm een viervoudige veiligheid worden aangehouden, omdat de E-waarde van het materiaal met de tijd afneemt.

3.5.3 Uitwendige belastingen

Verscheidene in de sterkteberekeningen in te voeren grootheden, en wel die volgen uit de grondgesteldheid, zijn nooit exact bekend. Daarom dienen de uit het door een onafhankelijk deskundig instituut

¹ Beheerders van waterkeringen kunnen hierover advies vragen aan het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen [zie 1.1].

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

in te stellen grondmechanisch onderzoek afgeleide grootheden in de sterkteberekening met factoren te worden vermenigvuldigd of erdoor gedeeld, waarin de mate van onzekerheid tot uitdrukking komt. De grootte van deze factoren kan pas goed worden vastgesteld als ruime ervaring over het gedrag van leidingen in kruisingen is verkregen. Nu deze ervaring er nog niet is, kunnen onderstaande factoren als richtsnoer dienen. De beheerder van de waterkering is evenwel vrij, in bijzondere gevallen hiervan af te wijken, bijvoorbeeld wanneer de eigenschappen van de grond zeer goed bekend zijn, of wanneer deze eigenschappen bijzonder moeilijk zijn te bepalen.

Onzekerheidsfactoren voor grondmechanische grootheden

neutrale grondbelasting t.o.v. de gemiddelde waarde 1,1

passieve grondbelasting t.o.v. de maximale waarde 1,3

zettingen t.o.v. de gemiddelde waarde 1,5

zettingen t.o.v. de maximale waarde 1,3

beddingsconstante t.o.v. de gemiddelde waarde 1,4

evenwichtsdraagvermogen voor zand t.o.v. de gemiddelde waarde 1,2

evenwichtsdraagvermogen voor klei en veen t.o.v. de gemiddelde waarde 1,5

grondwrijving t.o.v. de gemiddelde waarde 1,4

Bij de bepaling van de toelaatbare paalbelastingen zal de grondmechanisch adviseur gewoonlijk in zijn advies reeds met onzekerheden rekening hebben gehouden.

In bovenstaande tabel worden onder zettingen slechts de normale zettingen door verhoging van de belasting op de ondergrond verstaan. Er is weinig bekend over zakkingen ten gevolge van grondroering bij de uitvoering en ten gevolge van dynamisch gedrag van de leiding. Daarom dienen [in ieder geval aan de uitvoeringwijze aangepaste] reserves in de constructie te worden ingebouwd¹.

¹ Bij fundering op staal zijn gevallen bekend waarbij t.g.v. zakkingen door grondroering bij de uitvoering en dynamisch gedrag van de leiding de berekende spanningen met 25% werden overschreden [zie bijlage E].

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

Bij het controleren of een bestaande kruisingskonstructie aan de eisen voldoet kan, wanneer betrouwbare gegevens van de opgetreden zettingen beschikbaar zijn, de onzekerheidsfactor voor de zettingen lager worden gesteld.

Indien belastingen van verschillende aard elkaar tegenwerken moet de grootste met de betreffende factor worden vermenigvuldigd en de kleinste erdoor gedeeld.

3.5.4 Toelaatbare materiaalspanningen

De algebraïsche som van de berekende spanningen in respectievelijk axiale en tangentiële richting ten gevolge van de meest ongunstige combinatie die kan optreden van de aldus vastgestelde in- en uitwendige belastingen mag nu nergens de hieronder aangegeven toelaatbare spanning overtreffen.

De toelaatbare spanning moet worden vastgesteld als produkt van de berekeningsfactoren die in onderstaand overzicht zijn vermeld en een 'schadefactor'. De schadefactor dient om de toelaatbare spanning te bepalen, afhankelijk van de gevolgen van een doorbraak van de waterkering. Als regel kan men voor deze schadefactor een waarde kiezen die kan variëren van 1 tot $3/4$ ¹.

Berekeningsfactoren [ongereducerd]

Staal

Voor stalen leidingen is de toelaatbare spanning in tangentiële richting gelijk aan $2/3$ van de gegarandeerde minimum rekgrens van het materiaal [berekend bij nominale wanddikte].

De gegarandeerde minimum rekgrens is de materiaalspanning, waarbij na ontlasting een blijvende rek overblijft, die gelijk is aan $0,2\%$ van de oorspronkelijke meetlengte.

De rekgrens kan ook de spanning zijn, waarbij onder belasting een

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

totale rek optreedt die gelijk is aan 0,5% van de oorspronkelijke meetlengte. [meestal ruwweg 'vloeigrens' genoemd].

Bovengenoemde waarden dienen bij 20 °C te worden bepaald.

Hiervoor mag niet meer dan 75% van de breukgrens worden ingevoerd. In axiale richting is de toelaatbare spanning slechts $\frac{3}{4} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{2}$ van de gegarandeerde minimum rekgrens.¹

Gietijzer

a Grijs gietijzer is bros bij trek of buigtrek.

De toelaatbare spanning = $\frac{2}{5}$ van de breukgrens.

b Nodulair (ductile) gietijzer heeft wel een vloeitraject.

De toelaatbare spanning = $\frac{1}{2}$ van de breukgrens.

Beton

In verband met de eis van vloeistofdichtheid van de leiding en corrosiebescherming van het wapeningsstaal is scheurvorming in betonbuizen ontoelaatbaar. Hieraan wordt tegemoet gekomen door de gewapende betonbuizen te berekenen met ongescheurde trekzône en door het toepassen van voorgespannen beton. Voor de berekening van gewapend beton en voorgespannen beton wordt verwezen naar de G.B.V. Gewapend Beton Voorschriften, en de R.V.B., Richtlijnen voor Voorgespannen Beton.

In de praktijk doen zich echter gevallen voor waarbij voorgespannen betonbuizen onverklaarbare scheurvorming vertonen.

Bovendien mag de bij het ontwerp van voorgespannen betonbuizen normaliter als reserve voor onverwacht hoge drukstoten in beschouwing genomen ventielwerking niet in de berekening worden opgenomen.

¹ Indien bepaalde eigenschappen van het materiaal zijn verkregen als gevolg van koud vervormen en de leiding tot boven 300 °C wordt verhit [lassen uitgezonderd] is de toelaatbare spanning ook in tangentiële richting $\frac{3}{4} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{2}$ van de gegarandeerde minimum rekgrens.

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen.

Koper

Voor het bepalen van de breukgrens in koperen buizen kan worden verwezen naar: Keuringseis no. 57 van het K.I.W.A.

Koper heeft een vloeitraject.

De toelaatbare spanning = $\frac{1}{2}$ van de breukgrens.

Asbest-cement

Buizen van asbest-cement moeten met voorzichtigheid worden getransporteerd en gelegd vanwege het gevaar van brosse breuk. Voor asbest-cement moet worden aangehouden N.E.N. 3262, kwaliteitseisen voor asbest-cementbuizen bestemd voor transport onder druk van drinkwater, rioolwater en gas.

Kunststoffen

Kunststofleidingen mogen niet op palen worden gefundeerd.

Voor de toelaatbare spanning in enige thermoplastische kunststoffen kan worden verwezen naar: NEN 2670 'Algemene richtlijnen voor het toepassen van kunststofleidingen'. Leidingen van deze materialen dienen in verband met koudbroosheid vorstvrij te worden gelegd. Bij hogere temperaturen dan 20 °C [verwarmde vloeistoffen] moeten de toelaatbare spanningen drastisch worden verlaagd.

De toelaatbare tangentiële spanningen in enige thermohardende kunststoffen zijn [volgens KIWA]:

voor met glasvezel gewapend polyester: $38,5 \text{ N/mm}^2$ (385 kgf/cm²)

voor met glasvezel gewapend epoxy: 50 N/mm^2 (500 kgf/cm²)

Glasvezels kunnen gevaarlijk in sterkte achteruitgaan bij binnendringen van vocht. Voor de bovengenoemde waarden is daarom de helft van de dynamische elasticiteitsgrens van de kunststof gekozen.

3.5.5 *Materiaal-keuze*

Stalen leidingen met gelaste verbindingen zijn algemeen bruikbaar. Bij niet al te grote zettingen, of als een paalfundering wordt toegepast, komen leidingelementen van gewapend of voorgespannen

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

beton of van nodulair gietijzer eveneens in aanmerking. [Voor nadelen van voorgespannen beton zie 3.5.4]

De koppelingen tussen deze buiselementen moeten trekvast en buigzaam zijn. Ook voor leidingen van andere materialen worden in punt 3.5.4 toelaatbare spanningen genoemd. De technische ontwikkeling op dit gebied is snel. Momenteel hebben kunststoffen en grijs gietijzer echter nog eigenschappen, die voor toepassing in waterkeringen ongunstig kunnen zijn. [zie 3.5.4]. Bij ontwerp en uitvoering moet terdege met deze eigenschappen rekening worden gehouden. De toepassing van asbest-cement en lood moet in het algemeen worden ontraden.

3.5.6 Sterkte-eisen voor koppelingen

De vergunningverlenende instantie zal grote aandacht moeten schenken aan waterdichtheid en treksterkte van de verbindingen van buiselementen. Voor relatief stijve elementen [van beton, asbestcement e.d.] is het belangrijk dat enige hoekverdraaiing in de verbinding mogelijk is in verband met mogelijke geringe zettingsverschillen. De hoekverdraaiing moet binnen de door de fabrikant genoemde, en door een bevoegde instantie gecontroleerde toelaatbare hoekverdraaiing blijven. Bij aansluiting van op staal gefundeerde buizen op een starre constructie in de dijk en de veiligheidszone dienen speciale flexibele koppelingen te worden toegepast [deze overgang echter bij voorkeur buiten de veiligheidszone, zie 3.6.2].

3.6. Bijkomende constructies

3.6.1 Kwelschermen, damwanden enz.

Als de onderkant van de leiding nergens in de waterkering reikt tot boven het ontwerppeil, moet zij worden voorzien van een of meer kwelschermen, die waterdicht met de leiding of met de mantelbuis, indien deze wordt toegepast, dienen te worden verbonden. Wanneer de kruisingsconstructie wordt onderheid, moet extra aandacht aan

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

de aansluiting van het kwelscherm op de buis worden geschonken, omdat de leiding mogelijke zettingen van het dijkslichaam niet zal volgen. De afmetingen van het kwelscherm moeten zodanig zijn dat het waterkerend vermogen van de waterkering door de aanleg van de leiding niet wordt verminderd.

In veel gevallen zal het aanbeveling verdienen in de waterkering een damwandconstructie aan te brengen, of damwanden die voor de uitvoering nodig waren te laten zitten, en de leiding door een gat in de damwand te voeren. Deze damwandconstructie kan dan als een soort vervangende waterkering worden beschouwd. Als extra maatregel ten behoeve van de instandhouding van de waterkering kan namelijk worden geëist dat de damwand bestand is tegen een zekere ontgronding, direct voor of achter de wand, ontstaan ten gevolge van een lek in de leiding.

Tussen leiding en damwand moet een waterdichte afsluiting worden aangebracht, die bij fundering op staal geen krachten opneemt.

Bij een vrije kruising van een leiding met een waterkering [zie punt 3.3] kan de waterkering extra worden beschermd door deze onder de leiding over enige afstand te bekleden, of door de leiding in een goot te leggen.

3.6.2 Afsluiters, ventielen enz.

A Bij kruisingen van doorgaande transportleidingen met waterkeringen moet de mogelijkheid bestaan de leiding op een zodanige wijze af te sluiten dat het leidinggedeelte in de waterkering [inclusief het deel in de veiligheidszone] binnen de korst mogelijke tijd drukloos wordt.

Hulpstukken en appendages zoals afsluiters, spruitstukken, ventielen, speciale flexibele koppelingen e.d. kunnen een zwakke plaats in de leiding vormen en dienen daarom bij voorkeur niet te worden aangebracht in het deel van de leiding dat tot de kruising behoort [inclusief het deel in de veiligheidszone]. Het kan echter in bepaalde gevallen [tot b.v. 5 ato] zijn nut hebben op het hoogste punt van een kruising

3 Kruisingen van leidingen met waterkeringen

beluchtingsventielen, ontluchters of speciale flexibele koppelingen aan te brengen.

B Bij kruisingen onder het ontwerppeil van persleidingen van gemalen, hevels e.d. verdient het aanbeveling de afsluitmiddelen aan beide zijden van de waterkering aan te brengen.

Wanneer een leiding in open verbinding staat met het buitenwater en slechts van een terugslagklep op het eind van de leiding is voorzien, verdient het aanbeveling een extra afsluitconstructie aan de kerende zijde van de waterkering aan te brengen. [De afsluitmiddelen moeten ook bij hoge buitenwaterstanden bediend kunnen worden.]

3.6.3 Kathodische bescherming

Stalen leidingen en stalen mantelbuizen moeten indien het geleidend vermogen van de grond daartoe aanleiding geeft kathodisch worden beschermd [zie ook 4.3]. Vreemde geleiders, zoals damwanden zullen van de werking van een kathodische bescherming schade ondervinden. Als vuistregel kan worden gehanteerd dat bij de kleine installaties [2 Ampère] de afstand tussen anodebedden en vreemde geleiders minstens 30 meter moet zijn, terwijl bij grotere stroomsterkten, bijvoorbeeld 50 A. aan minstens 100 m moet worden gedacht.

3.6.4 Mantelbuizen

Een mantelbuis kan bij een kruising van een leiding en een waterkering verschillende functies hebben:

- a het afvoeren van lekwater. Hierbij moet de mantelbuis zover worden doorgevoerd, dat de uitstromende vloeistof geen gevaar voor de waterkering kan opleveren.
- b het opvangen van verkeers- en zettingsbelastingen. Hierbij kan de mantelbuis ruim buiten de zone waarin de belastingen invloed hebben worden beëindigd.

3 **Kruisingen van leidingen met waterkeringen**

De mantelbuis moet aan de kerende kant van de waterkering vloeistofdicht op de leiding worden aangesloten, en zelf dicht zijn; aan de andere kant moet een inrichting, die het constateren van lekken in de binnenbuis mogelijk maakt, worden aangebracht. Deze kan bestaan uit een zichtbare uitstroomopening. De mantelbuis moet in staat zijn de gronddruk, de belastingen door zettingsverschillen en de eventuele verkeersdruk op te nemen. Wanneer de mantelbuis daarbij steun ontleent aan de leiding, moeten deze krachten zowel voor de leiding als ook voor de mantelbuis in rekening worden gebracht. De belangrijkste voordelen, die het gebruik van een mantelbuis in een kruising met zich meebrengt, zijn:

- a de mogelijkheid tot het vaststellen van kleine lekken in de leiding.
- b de geringe kans op beschadiging van de waterkering, als in het kruisende deel van de leiding lek optreedt.

Nadelen — die voor grotere leidingen in het algemeen zwaarder zullen wegen dan de voordelen — zijn:

- a de onzekerheid die bestaat over het op de juiste plaats komen van de afstandhouders tussen leiding en mantelbuis, waardoor de wijze waarop de belasting van de mantelbuis op de leiding wordt overgedragen ongunstiger kan zijn dan in de berekeningen is aangenomen, terwijl het bij stalen leidingen niet is uitgesloten dat de mantelbuis toch nog een metallisch contact maakt met de leiding hetgeen corrosie tot gevolg heeft.
- b de moeilijkheden die het blijvend kathodisch beschermen van de binnenbuis met zich meebrengt.
- c de onzekerheid wat betreft blijvende waterdichtheid van de afdichting van de mantelbuis onder andere door onderlinge beweging van mantel- en transportbuis en veroudering van het afdichtingsmateriaal.

4

Uitvoering en beheer

4.1. Uitvoering

Men moet zorg dragen voor een goede uitvoering. Het bij een kruising te verrichten graafwerk in de waterkering moet zoveel mogelijk worden beperkt. Uitvoering door middel van boren of spuiten moet echter niet worden toegestaan. Voor uitvoering door middel van persen wordt verwezen naar bijlage D.

Het tijdstip van uitvoering van werken in een waterkering moet buiten het jaargetijde met voor de waterkering ongunstige omstandigheden worden gehouden, teneinde het risico bij de uitvoering te beperken en de kwaliteit van het werk zo hoog mogelijk op te voeren. De buizen die worden gelegd behoren gekeurd te zijn door een onafhankelijk deskundig instituut opdat zeker is dat de materiaaleigenschappen overeenkomen met wat in de berekeningen is aangenomen. Alle lassen in stalen leidingen moeten worden geröntgend.

4.2. Proefbelasting

Het tot de kruising behorende deel van de leiding [inclusief het deel in de veiligheidszone] moet na aanaarden worden proefbelast door afpersen met water tot minimaal $1,3 \times$ de ontwerpdruk. Bij stalen leidingen moet het buismateriaal hierdoor worden belast tot 90% van zijn gegarandeerde minimum rek grens.

4.3. Controle en alarmering

In de vergunning moeten ook de volgende punten worden vastgelegd. Na het gereedkomen van de kruising moet het gehele werk nauwkeurig worden beschreven [de horizontale en verticale ligging moet worden gemeten].

De leiding in de kruising moet halfjaarlijks worden geïnspecteerd, waarbij onder meer de eventueel aanwezige kathodische bescherming door een onafhankelijk instituut wordt gecontroleerd, de ligging van

4 Uitvoering en beheer

de leiding wordt gemeten¹ [o.a. door zakbaken die aan de buis zijn bevestigd] en de afsluitmiddelen worden gecontroleerd. Indien daartoe aanleiding bestaat kan men de wanddikte en/of de aanwezigheid van lekken laten controleren met elektromagnetische, nucleaire of akoestische methoden.

De resultaten van alle inspecties moeten worden overgelegd aan de beheerder van de waterkering.

De beheerder van de leiding dient een programma van te nemen maatregelen op te stellen dat wordt gevolgd bij eventueel lekken van het leidinggedeelte dat in de waterkering ligt.

¹ Het verdient aanbeveling bij elke leiding te controleren in hoeverre het gedrag van de leiding overeenkomt met de gemaakte zettingsprognose.

A

Ontgroningen bij lek of breuk van een vloeistofleiding

Bij een lek of een breuk van een transportleiding kan door de uitstromende vloeistof een kuil worden geërodeerd. De grootte van deze ontgroning is door het Waterloopkundig Laboratorium onderzocht. In model en op praktijkschaal werd daartoe het lekken van een leiding in grond bestudeerd. Daarbij werden de vloeistofsnelheid, de buisdiameter, de gronddekking, de grootte van het lek en de plaats van het lek gevarieerd.

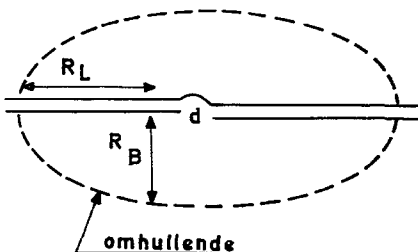
De grondeigenschappen variëren in de natuur zeer sterk. Veiligheids-halve is daarom in het model uitgegaan van een weinig erosiebestendig materiaal: fijn zand.

De afmetingen van de ontstane ontgroning werden gemeten wanneer ze na enige tijd pompen met een constant debiet niet meer zichtbaar toenamen.

De horizontale afmetingen werden weinig beïnvloed door de grootte van de gronddekking [deze werd gevarieerd tot 5 maal de buisdiameter]. In de figuur is de omhullende van de opgetreden ontgroningsafmetingen aangegeven.

Het bleek dat de afmetingen van het gat hoofdzakelijk werden bepaald door snelheid en debiet van de vloeistofstraal.

Als maximum voor de breedte R_B van de ontgroning ten opzichte van de leidingas voor alle richtingen van de vloeistofstraal werd door het W.L. aangegeven:



$$R_B = 7 \sqrt[3]{\frac{Q_u V_u}{g}} \quad [1]$$

waarin:

Q_u = uitstromend debiet

V_u = uitstroomsnelheid

g = versnelling van de zwaartekracht

A Ontgroning bij lek of breuk van een vloeistofleiding

De grootste lengte R_L is ongeveer $7/4$ maal zo groot [toe te passen in punt 3.1.].

Het hangt van zeer veel factoren af, welke Q_u en V_u men in formule [1] zal moeten invullen. Men zal dus bij verschillende afmetingen van het lek met de gegevens van de leiding, de pomp, etc. een Q_u en V_u moeten bepalen. Het uittreidend debiet zal na ontstaan van het lek aanvankelijk fluctueren. Men kan uitgaan van het permanente debiet dat zich daarna instelt, indien de fluctuaties slechts in een tijd van enkele minuten na ontstaan van het lek voorkomen. Dit bleek bij de meeste leidingen waarvoor een berekening is uitgevoerd ook inderdaad het geval te zijn. De ontgroningen hebben echter maximale afmetingen bereikt voordat eventuele automatische uitschakelinrichtingen en afsluiters effect sorteren.

Uit de proeven volgde eveneens dat bij volledige afschuiving van de leiding slechts rekening behoeft te worden gehouden met het grootste debiet dat uit een van de twee pijpeinden stroomt. Voor lange leidingen kan een kleiner lek echter weleens een grotere ontgroning teweeg brengen. Het verdient dus aanbeveling enkele waarden voor de grootte van het lek aan te nemen om de grootst mogelijke ontgroning te vinden.

Bovengenoemde berekening vereist, evenals de bepaling van de ontwerpdruk conform 3.5.2 A1, een voldoende zekerheid dat de uitgangspunten ten aanzien van de leiding en de leidingexploitatie niet worden gewijzigd. Indien de beschreven berekeningsmogelijkheid niet wordt benut, moet men uitgaan van de ongunstigste aanname die men voor Q_u en V_u kan doen, namelijk dat bij volledige afschuiving de druk in de leiding bij het lek gelijk is en blijft aan de ontwerpdruk H van de leiding in het terrein.

A Ontgroning bij lek of breuk van een vloeistofleiding

Dan is:

$$V_u = \sqrt{2gH} \quad \text{en}$$

$$Q_u = \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2gH}, \quad \text{waarin } D = \text{diameter van de leiding, zodat volgt:}$$

$$R_B = 7 \sqrt[3]{\frac{\pi}{4} \frac{D^2 \cdot 2gH}{g}} = 8 \sqrt[3]{HD^2} \quad [2]$$

Indien men geen gebruik wil maken van formule [1] en [2] moet de berekening voor het bepalen van de ontgroningen bij lek of breuk van een vloeistofleiding gebaseerd zijn op een verantwoord onderzoek.

B

Breedte van de terreinstrook langs de waterkering die ongestoord moet blijven

De breedte van de langs de waterkering gelegen terreinstrook waar in geval van lek van de leiding de grond ongestoord moet blijven, hangt af van grondslag en afmetingen van de waterkering.

Het Laboratorium voor Grondmechanica heeft op verzoek van de commissie enige stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. Daarbij werd verondersteld dat een homogeen dijklichaam rust op een homogene ondergrond van hetzelfde materiaal. Voor verschillende grondeigenschappen heeft men het ongunstigste [cirkelvormige] glijvlak bepaald. Men heeft dus onderzocht in welk glijvlak de verhouding van optredende en toetaalbare schuifspanningen het grootst was. Vervolgens heeft men eenzelfde berekening uitgevoerd, waarbij werd verondersteld dat op verschillende afstanden van de dijk een ontgroning aanwezig was. Een ontgroning op een afstand uit de teen van de dijk gelijk aan 4 maal de hoogte van de dijk bleek de veiligheid tegen afschuiving nagenoeg niet meer te beïnvloeden.

Dit resultaat geldt natuurlijk niet zonder meer onder omstandigheden, afwijkend van die waarvoor de stabiliteitsberekeningen werden uitgevoerd.

Afwijkende resultaten kunnen bijvoorbeeld verwacht worden wanneer:

- a zeer slappe lagen in de ondergrond voorkomen,
- b de spanningstoestand nog niet aan de bestaande belastingstoestand is aangepast,
- c voortgaande deformaties van de waterkering optreden,
- d een sterke omhooggerichte grondwaterstroming [bijvoorbeeld t.g.v. kwel] optreedt.

In dergelijke afwijkende gevallen is voor het bepalen van de breedte van de ongestoord te laten zone een grondmechanisch onderzoek noodzakelijk [tenzij bij voorgaande onderzoeken in dezelfde omgeving voldoende gegevens zijn verkregen].

Een grondmechanisch onderzoek kan ook in normale gevallen dienstig zijn, namelijk om vast te stellen of de boven aangegeven waarde

B Breedte van de terreinstrook langs de waterkering die ongestoord moet blijven

van $4 \times$ de hoogte van de waterkering voor de breedte van de veiligheidszone wellicht kan worden verminderd.

Bij het vaststellen van de afstand moet er dan van worden uitgegaan dat de veiligheidscoëfficiënt tegen afschuiving van het ongunstigste glijvlak niet lager wordt dan de coëfficiënt die voor de aanleg van de leidingkruising aanwezig was.

C

Reductie van de toelaatbare spanning afhankelijk van het belang van de waterkering

De 'schadefactor' te variëren van 1 tot 0,75 op grond van de grootte van het risico van verdrinking en materiële schade.

I Waterkeringen, die continu of regelmatig moeten functioneren:

Personele risicofactoren:

- A geen reëel levensgevaar
- B levensgevaar voor enkele mensen
- C levensgevaar voor vele mensen

Materiële risicofactoren:

	schade door inundatie	schade aan de waterkering	hinder scheepvaart	verstoring waterhuishouding
D	betreft: agrarisch gebied met weinig bebouwing	betreft: waterkeringen langs kleine wateren, b.v. binnenboezems	geen	gering
E	klein stedelijk gebied of gebied met dorpsbebouwing, weinig industrie	grote boezem- of kanaaldijken	geringe of matige hinder	enige stagnatie van wateraan- en afvoer
F	belangrijke bebouwing, veel industrie	b.v. hoofdwaterkering als schaadrijk, kade aan grote boezem zonder boezemscheidingen	zeer belangrijke hinder	ernstige verstoring b.v. in verband met drinkwatervoorziening

C Reductie van de toelaatbare spanning afhankelijk van het belang van de waterkering

Personele risicofactor

C	0,75	0,75	0,75
B	0,90	0,85	0,80
A	1	0,95	0,85

D	E	F	materiële risicofactor
---	---	---	------------------------

2 Voor waterkeringen, die uitsluitend bij doorbraak van een andere waterkering water moeten keren geldt schadefactor = 1.

Voorbeelden bij het bepalen van schadefactoren.¹

	Personele risico- factor	materiële risico- factor	schade- factor
Rechter IJsseldijk bij Windesheim	B	FFEE	B-F 0,80
Noordelijke dijk van de Overijsselse Vecht beneden- strooms van Dalfsen	B	DEDD	B-D 0,90
Kaden van het Waterschap Wollegaast bij Sloten [Friesland]	A	DDDD	A-D 1
Zeedijk Harlingen-Afsluitdijk	C		C 0,75
Afsluitdijk Lauwerszee	B	DFDF	B-E 0,85
Dijken rond Lauwerszee			2 1
Eemskanaaldijken	B	EEFE	B-E 0,85
Dijk O-Flevoland langs kleine IJsselmeer	C		C 0,75
Dijk O-Flevoland langs Veluwemeer	B	FFEE	B-F 0,80

¹ De beheerder van de waterkering is uiteraard vrij van genoemde schadefactoren af te wijken.

C Reductie van de toelaatbare spanning afhankelijk van het belang van de waterkering

	Personele risico- faktor	materiële risico- faktor	schade- faktor
Dijk langs kanaal door Walcheren	B	EEEE	B-E 0,85
Dijk Vlissingen-Sloe langs Westerschelde	C		C 0,75
Ringdijk Haarlemmermeer	B	FEFF	B-F 0,80
Kade Zweilandenpolder 1,50 m diepe polder langs de Kaag	B	DDDD	B-D 0,90
Laker polder in Kagerplassen, geen bebouwing	A	DDDD	A-D 1,00
Kade Lisser Poelpolder langs ringvaart Haarlemmermeer	C		C 0,75
Kade van de Meer- of Buurt- watering bij Stompwijk [Z-H]	B	FDEE	B-E 0,85
Kade Stom- en Hornmeer- polder [Aalsmeer] langs Braassemermeer	C		C 0,75
Kade Stom- en Hornmeer- polder langs Molenboezem	B	FDDD	B-E 0,85

D

Sputen, boren en persen van leidingen door waterkeringen

Definities

- A Bij sputen wordt de grond door een waterstraal losgemaakt en met het water afgevoerd.
- B Bij boren wordt een gat gemaakt door een mechanisch werktuig. De buis wordt daarna in het gat aangebracht.
- C Bij persen wordt een buis door het grondlichaam gedrukt, waarbij de grond die in de buis geraakt wordt verwijderd.

Algemene voordelen van deze methoden

Er vindt zo weinig mogelijk grondroering plaats, zodat de waterkering zijn oorspronkelijke samenstelling en eigenschappen slechts zeer plaatselijk verliest. Dit betekent ook dat de buis geen grote zakkingen behoeft te doorstaan en dat wellicht minder bochten behoeven te worden aangebracht.

Algemene nadelen

Men kan slechts controle uitoefenen op de voortgang van de werktuigen in de grond, de weerstand die ze ontmoeten en de grondverwijdering.

Inhomogeniteiten van de grond en het voorkomen van voorwerpen als boomstronken, stukken puin, oude beschoeiingen etc. kunnen ernstige moeilijkheden geven.

Rondom het pijpgedeelte dat op zodanige wijze wordt aangebracht kunnen geen kwelschermen e.d. worden aangebracht.

Kwaliteit van de uitvoering

Ad A: Sputen

De hoeveelheid grond die wordt verwijderd kan moeilijk tot een minimum worden beperkt en onmogelijk worden gecontroleerd. Bij deze methode zullen de grondwaterspanningen in de dijk plaat-

D Spuiten, boren en persen van leidingen door waterkeringen

selijk worden vergroot, hetgeen gevaarlijk kan zijn voor de stabiliteit van de dijk.

Ad B: Boren

De hoeveelheid grond die wordt verwijderd kan worden beperkt, mits:

- de cohesie van de grond voldoende is,
- de boring boven het freatisch vlak plaats vindt.

Aan de laatste voorwaarde wordt vooral bij boezemkaden niet voldaan.

Controle op de afmetingen van het geboorde gat is ook bij deze methode vrijwel onmogelijk.

Ad C: Persen

Bij een goede uitvoering wordt bij deze methode niet meer grond verwijderd dan noodzakelijk is.

De grond om de buis wordt mogelijk nog enigermate verdicht, zodat een goede waterdichte aansluiting ontstaat, indien de buis volledig glad is.

Aan de methode zijn, ook bij goede uitvoering de volgende gevaren verbonden:

- a doorbraak van water naar de buis,
- b de grote krachten, die bij het persen moeten worden uitgeoefend, kunnen scheurvorming of stabiliteitsverlies veroorzaken.

In het verleden werd meestal eerst een onbeklede mantelbuis doorgeperst, omdat de bekleding bij doorpersen toch zou worden beschadigd. De transportbuis moet wel worden bekleed vanwege het gevaar van corrosie. Er bestaat thans een bekleding van polyetyleen die bestand is tegen doorpersen. Gezien de nadelen van mantelbuizen [zie 3.6.4], is het dus het beste, de aldus beklede transportbuis zelf door te persen.

D Spuiten, boren en persen van leidingen door waterkeringen

Toepassing

Spuiten en boren is ontoelaatbaar in waterkeringen. Bij persen doen zich in de praktijk bij de uitvoering nog veel onzekerheden en gebreken voor. Als omvangrijke voorzorgsmaatregelen worden genomen, kunnen met persen wel goede resultaten worden verkregen. Voor waterkeringen waar geen risico van doorbraak tijdens de uitvoering aanwezig is, kan wanneer de grondslag zich ertoe leent persen worden overwogen.

E

Zakkingen

Indien voor een kruising een fundering op staal wordt toegepast, vormen zakkingen een belangrijk randgegeven en zij kunnen als volgt worden onderscheiden:

- 1 zakkingen door consolidatie van waterkering en ondergrond als gevolg van ophoging t.p.v. de kruising en naaste omgeving.
- 2 zakkingen t.g.v. het seculair effect van in het verleden uitgevoerde dijkverzwaringen.
- 3 zakkingen t.g.v. de grondroering bij de uitvoering.
- 4 zakkingen t.g.v. de dynamische invloed van de leiding op de omringende grond onder invloed van fluctuaties in bedrijfsdruk en temperatuur.

Ad 1

Deze zakkingen zijn theoretisch te benaderen en worden 'zettingen' genoemd.

Ad 2

Deze zakkingen zijn naast theoretische benadering mede af te leiden uit de onderhoudservaringen van de waterkeringbeheerder en worden eveneens 'zettingen' genoemd.

Ad 3

Bij de bepaling van deze zakkingen spelen diepte en breedte van de ontgraven c.q. gebaggerde sleuf een rol.

A diepte

In verband met de werktolerantie van de diverse graaf- en baggermachines wordt een overdiepte toegepast, terwijl een vlak afgewerkte sleufbodem illusoir is. Wordt de sleuf smal gehouden, dan kan een zakking van 'klinkpercentage \times overdiepte' worden aangenomen.

B breedte

Wanneer bij de uitvoering een bredere sleuf ontstaat dan ongeveer $2 \times$ de buisdiameter gemeten over de top van de buis, kan nega-

E Zakkingen

tieve kleeft optreden door een verschil in klink van de aanvu-specie boven en naast de buis. De zooldruk van de buis wordt hierdoor hoger dan de oorspronkelijk aanwezige korreldruk met als gevolg 'zetting' van de onderliggende lagen met als absoluut maximum 'klinkpercentage \times buisdiameter' [het klinkverschil zal dan n.l. zijn opgeheven en ten gevolge daarvan de negatieve kleeft zijn verdwenen].

Ad 4

In theorie is het denkbaar, dat een kruisingsconstructie door intermitterende expansie gepaard gaande met grondbreuk [d.w.z. overschrijding van maximaal leverbare [passieve] grondbelasting c.q. evenwichtsdraagvermogen] in de grond blijvend van positie verandert, omdat bij grondbreuk irreversibele [plastische] gronddeformaties optreden. Over een eventueel effect van deze aard is momenteel niets bekend.

Verwerking van de beschreven verschijnselen in de sterkteberekening

'Zettingen' dienen door de grondmechanisch adviseur te worden bepaald [1 en 2]. De totale zettingen moeten worden vermenigvuldigd met de onzekerheidsfactoren sub 3.5.3. alvorens in de sterkteberekening te worden ingevoerd.

'Zakkingen' hangen meestal nauw samen met de wijze van uitvoering en zijn derhalve moeilijk bij het grondmechanisch onderzoek te betrekken [met uitzondering van 4].

De zakkingen [3 en 4] kunnen op grond van de huidige praktijkervaring worden getaxeerd op ca. 20 cm [bij zorgvuldige uitvoering]. Bij onzorgvuldige uitvoering [onnodig diepe ontgravingen] zijn zakkingen geconstateerd van meer dan $\frac{1}{2}$ m.

Voorshands adviseert de commissie bij fundering op staal uit te gaan van een zakkingsverschil van 10 cm ter versterking van het [de] eventuele zettingsverschil[en].

