

Leidraad voor te treffen maatregelen
bij onderzoek in de bodem in en
nabij waterkeringen.

Oktober 1979
Concept

<u>Inhoud</u>	<u>blz.</u>
I. Inleiding	1
II. Grondboringen en sonderingen in en nabij waterkeringen	2
II.1. Inleiding en probleemstelling	2
II.2. Gevolgen van sonderingen en boringen voor de waterkering	3
II.3. Maatregelen om de nadelige gevolgen van sonderingen en boringen voor de waterkering te ondervangen	4
III. Seismisch onderzoek nabij waterkeringen	5
III.1. Inleiding en probleemstelling	5
III.2. Gevolgen van seismisch onderzoek voor de waterkering	6
III.3. Maatregelen om nadelige gevolgen van seismisch onderzoek voor de waterkering te ondervangen	8
III.3.1. Stabiliteitszone aan weerszijden van de dijk	10
III.3.2. Aan te houden afstanden tot de rand van de stabiliteitszone	11
IV. Exploratie- en exploitatieboringen nabij waterkeringen	12
IV.1. Inleiding	12
IV.2. Probleemstelling	13
IV.3. Aanbeveling in verband met de mogelijke gevolgen van exploratie- en exploitatieboringen	14

<u>Figuren</u>	<u>blz.</u>
Figuur 1 Doorbreking binnendijkse afsluitende laag.	15
Figuur 2 Doorbreking buitendijkse afsluitende laag	16
Figuur 3 Krater, breukzone en plastische zone	17
<u>Tabellen</u>	
Tabel 1 (3 bladen): Overzicht explosieverschijnselen met bijbehorende vereiste afstanden tot waterkeringen (exclusief stabiliteitszone).	18 19 20
Tabel 2 (2 bladen): Vereiste afstand tot de stabiliteitszone langs de de waterkering bij explosie van 20 kg springstof in de bodem of 4 kg springstof in of op de bodem.	21 22
<u>Bijlagen</u>	
Bijlage I Het dichten van boorgaten en sondeergaten in en nabij waterkeringen.	23

I. Inleiding

Tegenwoordig wordt om velerlei redenen onderzoek in de bodem uitgevoerd. Met name kunnen in dit verband genoemd worden onderzoek naar draagkracht en mechanisch gedrag van de grond, maar evenzo de onderzoeken naar de geologische opbouw en samenstelling van de grond en de eventuele aanwezigheid van voor de mens belangrijke stoffen in de grond zoals b.v. olie, zout, grondwater etc. Hiertoe wordt vaak gebruik gemaakt van sonderingen voor de draagkrachtbepaling van de ondergrond, van boringen voor de vaststelling van de geologische opbouw van de grond en het verkrijgen van monsters ter bepaling van de mechanische eigenschappen van de grond en van seismisch onderzoek ter bepaling van een aanwezige lagenstructuur in de bodem. Tevens moeten hierbij vermeld worden de exploratieboringen naar delfstoffen welke tot zeer grote diepte kunnen gaan.

Al deze methoden leiden in principe tot een verstoring van de ondergrond, die zich kan beperken tot de directe omgeving van de plaats van onderzoek maar die in sommige gevallen ook effecten op grotere afstand kan hebben.

Gelet op de grote zorg en aandacht welke momenteel aan een goed functioneren van de waterkeringen in Nederland worden besteed, heeft de TAW gemeend ook op dit terrein een leidraad te moeten samenstellen, daar enerzijds juist voor het verbeteren van bestaande waterkeringen en bij de bouw van nieuwe waterkeringen vooraf ter plaatse een grondonderzoek wordt uitgevoerd en anderzijds voor onderzoeken uit ander oogmerk vaak niet voldoende ruimte beschikbaar is om een bij voorbaat veilige afstand tot de waterkering in acht te nemen.

In deze leidraad is getracht aan te geven wat de effecten van de diverse onderzoeksmethoden op het functioneren van de waterkering kunnen zijn en hoe schadelijke effecten kunnen worden voorkomen of tenietgedaan. Daar de zich hierbij voordoende vraagstukken nog lang niet alle volledig zijn opgelost vanwege het vaak complexe karakter van de materie, is de leidraad gebaseerd op de in de loop der jaren opgedane ervaringen bij het onderzoek in de bodem en op theoretische kennis voorzover deze beschikbaar was. Nadrukkelijk zij gesteld dat deze leidraad niet pretendeert volledig te zijn en voor alle vraagstukken een oplossing te geven. Resultaten van nader onderzoek en het verschijnen van nieuwe informatie zal aanleiding kunnen zijn om tot een herziening c.q. uitbreiding van de leidraad over te gaan.

II. Grondboringen en sonderingen in en nabij waterkeringen

II.1. Inleiding en probleemstelling

In de ondergrond van Nederland komen op veel plaatsen moeilijk waterdoorlatende lagen voor. Deze vormen een scheiding tussen verschillende watervoerende lagen. De lagen onder en boven de moeilijk doorlatende laag zijn in het algemeen verschillend qua samenstelling, temperatuur en stijghoogte van het water.

Door uit te voeren onderzoeken in de bodem middels sonderingen en boringen (ook die voor seismisch onderzoek) kunnen de afsluitende grondlagen worden doorbroken en dit kan vele ongewenste gevolgen hebben. Deze leidraad beperkt tot zich tot de gevolgen voor (nabij gelegen) waterkeringen. Welke de gevolgen zijn en welke maatregelen hiertegen genomen moeten worden, is in de volgende twee paragrafen aangegeven.

II.2. Gevolgen van sonderingen en boringen voor de waterkering

Bij doorbreking van een afsluitende laag door boringen en sonderingen in of nabij een waterkering, zijn er twee gevallen te onderscheiden n.l. perforatie van een binnendijs- en perforatie van een buitendijs gelegen afsluitende laag (zie figuren 1 en 2).

a. perforatie van een binnendijs gelegen afsluitende laag (fig.1).

In dit geval kan in de watervoerende laag onder de afsluitende slecht-doorlatende laag een wateroverdruk aanwezig zijn b.v. door een hoge rivierstand.

Na het doorbreken van de afsluitende laag zal het water uit gaan stromen door de perforatie. Dit werkt als een soort drainage: de waterdruk onder de afsluitende laag zal afnemen en de korrelspanning in het zand en dus ook de schuifweerstand zal toenemen, wat in principe gunstig is voor de stabiliteit van de waterkering. Ook de freatische lijn in de waterkering kan gunstig worden beïnvloed; deze kan lager komen te liggen wat gunstig is in verband met de stabiliteit van het binnentalud.

Nadrukkelijk zij echter in deze situatie gewezen op het gevaar van vorming van zandmeevoerende wellen ter plaatse van de perforaties. Het grondwater zal vanwege de aanwezige overdruk naar boven toe uitstromen en indien de uitstroomsnelheid voldoende is, ook zand meevoeren. Dit kan op kortere of langere termijn onder ongunstige omstandigheden leiden tot een ondermijning van de waterkering.

b. perforatie van een buitendijs gelegen afsluitende laag (fig. 2)

Ook hier kan onder de afsluitende laag achter de waterkering een wateroverdruk aanwezig zijn, die echter afneemt naar mate de afstand tot het intredepunt b.v. een rivier toeneemt. Wordt nu buitendijs in de nabijheid van een waterkering deze slecht doorlatende laag doorbroken, dan kan dit de waterdruk onder de afsluitende laag ter plaatse van de waterkering aanzienlijk doen stijgen, wat resulteert in een verlaging van de korrelspanning en dus ook van de schuifweerstand in de watervoerende laag. Dit kan tot stabiliteitsverlies van de waterkering leiden. Verder bestaat de mogelijkheid van het ontstaan of verergeren van kwel en mogelijk zandmeevoerende wellen achter de waterkering, indien de afsluitende laag daar niet of niet voldoende aanwezig is.

II.3. Maatregelen om nadelige gevolgen voor de waterkering te ondervangen

De genoemde bezwaren kunnen in het algemeen afdoende worden ondervangen door het dichten van de ontstane gaten met ondoorlatend materiaal over de gehele lengte van het gat of in ieder geval over zodanige lengte dat het gat over de gehele dikte van de slecht doorlatende laag met dit materiaal is opgevuld. Zie hiervoor bijlage I.

Het aanvullen van gaten in slecht doorlatende lagen moet worden beschouwd als specialistisch werk.

In gevallen waarin onvoldoende afdichting tot ernstige gevolgen voor de waterkering kan leiden of als weinig ervaring aanwezig is verdient het aanbeveling advies te vragen aan een deskundig grondmechanisch adviseur.

Daar de kwaliteit van de afdichting van een boorgat zeker bepaald wordt door de kwaliteit van het boorgat zelf, zij hier met nadruk gewezen op het belang van goed toezicht op de uitvoering van boringen en sonderingen, met name puls- en steekboringen in en nabij waterkeringen.

III. Seismisch onderzoek nabij waterkeringen

III.1. Inleiding en probleemstelling

Voor geologisch onderzoek wordt veel gebruik gemaakt van in de bodem opgewekte trillingen om zodoende inzicht te verkrijgen in de opbouw van de ondergrond.

Veelal worden deze trillingen opgewekt door het tot ontploffing brengen van explosieven op de bodem of zover in de bodem dat geen explosiekraters meer ontstaan. De hierbij gebruikte ladingen variëren tot ca. 8 kg T.N.T. Een momenteel veel gebruikte ladinggrootte bedraagt 1 à 1,5 kg T.N.T. Soms wordt nog gebruik gemaakt van slagkoord, waarbij de lading gelijkmatig langs een snoer is verdeeld. Meestal worden dan een aantal snoeren (b.v. 6) evenwijdig aan elkaar gelegd op onderlinge afstanden van b.v. 2 m en op een diepte van 0,5 m onder maaiveld, en gelijktijdig ontstoken.

Deze methode is echter de laatste jaren in onbruik geraakt in verband met de geringe inploegdiepte, waardoor vooral in droge zandige gebieden de bodem openbarst, wat aanleiding geeft tot grote materiële schade.

De laatste tijd wordt in gebieden waar geen diepe gaten geboord mogen worden (bv. in verband met zoute kwel) gebruik gemaakt van z.g. "pop shots". Een al of niet symmetrisch patroon van maximaal 5 x 5 gaten, elk geladen met 100 à 125 gram springstof wordt gelijktijdig afgeschoten, zodat over een oppervlakte van 100 à 150 m² een lading van ca. 3 kg wordt afgevuurd.

Bij ontploffingen komt in korte tijd een grote hoeveelheid energie vrij, welke aan de omgeving wordt afgegeven. De hierbij optredende effecten zoals trillingen en eventueel kratervorming kunnen nadelige gevolgen hebben voor de waterkering.

Welke gevolgen seismisch onderzoek kan hebben voor een waterkering en welke maatregelen getroffen dienen te worden om deze te voorkomen, wordt in de nu volgende paragrafen III.2. en III.3. behandeld.

Het in deze paragrafen behandelde geldt uiteraard ook voor andere toepassingen van explosieven in de bodem dan voor seismisch onderzoek.

III.2. Gevolgen van seismisch onderzoek voor de waterkering

Deze gevolgen laten zich onderverdelen in de volgende twee groepen:

a. Doorbreking van slecht doorlatende lagen door een explosie in de nabijheid van een waterkering. Bij geringe afstand van de lading tot zo'n laag kan door de ontploffing deze laag worden verstoord en in het uiterste geval worden doorbroken. De gevolgen van de doorbreking, welke hiervoor reeds zijn omschreven in paragraaf II.2. zijn in het algemeen niet aanvaardbaar.

b. Directe aantasting van de stabiliteit van de waterkering door de explosie en opgewekte trillingen.

Hierbij zijn weer de volgende gevallen te onderscheiden:

1. Het geheel of gedeeltelijk bezwijken van de waterkering door de vorming van een explosiekrater met daaromheen een zone van grondbreuk en plastische gronddeformaties, waardoor de weerstand tegen stabiliteitsverlies van de waterkering teniet gedaan kan worden (zie fig. 3). Opgemerkt zij hierbij dat het geheel of gedeeltelijk bezwijken van een waterkering door de vorming van een explosiekrater in de praktijk niet gauw voor zal komen.

In de eerste plaats mag volgens de "Nadere regelen Mijnreglement seismische onderzoeken" het onderzoek niet worden uitgevoerd binnen een afstand van 300 m van waterkerende dijken en in de tweede plaats staat in de vergunning voor het uitvoeren van mijnbouwkundige onderzoeken met gebruikmaking van explosieven, dat de minimale diepte waarop een lading van 2 kg tot ontploffing mag worden gebracht 10 m is. Deze grote diepte voorkomt het vormen van een krater.

2. Het bezwijken van de waterkering door het optreden van bodemverweking en/of zettingsvloeiing in een met water verzadigde bodem. Dit kan gebeuren als de gronddeeltjes een dichtere pakking willen innemen onder invloed van de trillingen, maar het aanwezige water tussen de korrels niet snel genoeg kan afstromen.

Ook een verhoging van de waterspanning, als gevolg van het passeren van een schokgolf in het grondwater, kan tot een vermindering van de schuifweerstand in de grond leiden en in het ergste geval tot een volledige opheffing van de schuifweerstand. Juist aan deze verschijnselen dient grote aandacht geschonken te worden, daar sommige waterkeringen in Nederland zeer gevoelig zijn voor zettingsvloeiingen.

3. Het verlies van stabiliteit van de waterkering of onderdelen daarvan door trillingen in een al dan niet met water verzadigde bodem, waarbij door de optredende verticale versnellingen van de gronddeeltjes de contactdruk tussen deze gronddeeltjes tijdelijk wordt verminderd of opgeheven, waardoor de opneembare schuifweerstand van de grond geheel of gedeeltelijk wordt opgeheven.

III.3. Maatregelen om nadelige gevolgen van seismisch onderzoek voor de waterkering te ondervangen.

Bij seismisch onderzoek moet worden voorkomen, dat het waterkerend vermogen van de waterkering wordt verminderd.

Het tijdstip van uitvoering van seismisch onderzoek nabij een waterkering dient buiten het jaargetijde met voor de waterkering ongunstige omstandigheden te vallen, teneinde het risico te beperken.

Daar er weinig bekend is van het effect van ontploffingen als functie van de ladinggrootte en de ladingdiepte op de in de bodem aanwezige (klei) lagen, worden hier praktijkregels gegeven die bij de thans gebruikelijke ladinggrootten met succes toegepast worden.

Bij het plaatsen van de springlading in het boorgat dient zo mogelijk een afstand van 2 m in acht te worden genomen, zowel tot de bovenkant van de eronder als tot de onderkant van de erboven gelegen slecht waterdoorlatende laag.

Boorgaten ten behoeve van seismisch onderzoek dienen altijd direct en in ieder geval vóór de ontploffing te worden aangevuld, daar aanvulling van deze boorgaten na de explosie niet goed uitvoerbaar is. Alleen boorgaten voor explosies op het land waarbij het boorgat alleen een aan de oppervlakte gelegen moeilijk waterdoorlatende laag perforiert, kunnen na de explosie worden aangevuld, maar dan wel zo spoedig mogelijk daarna (bijvoorbeeld binnen 24 uur).

Voor de wijze van aanvulling van boorgaten wordt verwezen naar II.3.

In de praktijk is veelal bij seismisch onderzoek een afstand van de explosies tot waterkeringen van 300 m veilig gebleken.

Aanbevolen wordt dan ook eenvoudigheidshalve 300 m aan te houden als minimum afstand tot de kruin van de waterkering, indien bij het onderzoek niet met ladingen groter dan 20 kg geschoten wordt, het desbetreffende gebied niet gevoelig is voor zettingsvloeiingen en er geen slappe lagen voorkomen, wat zonodig door een grondmechanisch onderzoek moet worden aangetoond.

Voor het geval dichterbij de waterkering seismisch onderzoek gewenst is of zwaardere ladingen dan 20 kg toegepast worden, zijn in paragraaf III.3.1. en III.3.2. aanbevelingen gedaan op grond waarvan geval voor geval onderzocht kan worden wat de minimum afstanden dienen te zijn. Deze minimum afstanden blijken afhankelijk te zijn van de hoogte van de waterkering, de grondmechanische eigenschappen van de grond in waterkering en aangrenzende gebieden en van de grootte van de lading. Daar volgens de "Nadere regelen Mijnreglement seismische onderzoeken" een afstand van 300 m tot de waterkering in acht genomen moet worden

is een ontheffing van de Inspecteur-Generaal der Mijnen noodzakelijk wanneer binnen genoemde afstand van 300 m gesprongen wordt.

Het verdient aanbeveling alvorens deze ontheffing aan te vragen contact op te nemen met het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen.

III.3.1. Stabiliteitszone aan weerszijden van de dijk

Aan weerszijden van een waterkering moet een voldoende brede terreinstrook ongestoord blijven, zodat de veiligheid tegen stabiliteitsverlies niet vermindert. De breedte van deze stabiliteitszone hangt onder meer af van de grondslag en de afmetingen van de waterkering en dient door middel van grondmechanisch onderzoek bepaald te worden. Bij afwezigheid van omstandigheden, die gemakkelijk kunnen leiden tot evenwichtsverlies van de grondslag (zoals b.v. slappe lagen; aanwezigheid van een diepe vooroever), kan de breedte van deze terreinstrook zonder nader onderzoek worden gesteld op 4 maal de hoogte van de dijk boven het maaiveld (zie "Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen", Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Staatsuitgeverij 's-Gravenhage, 1971).

Bij seismisch onderzoek kan daarom gesteld worden dat de afstand van de lading tot de waterkering zo groot moet zijn dat de verstoring van de grondslag aan de rand van de stabiliteitszone slechts een te verwaarlozen vermindering van de veiligheid tegen stabiliteitsverlies veroorzaakt. Stabiliteitsverlies kan door een aantal verschijnselen veroorzaakt worden, zoals bodemverweking, zettingsvloeiingen, trillingen in bodem en grondwater. Het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen heeft naar deze verschijnselen, optredend als gevolg van explosies, een literatuuronderzoek verricht (rapport nr. A-73.036 van het C.O.W.: "Explosies in de nabijheid van waterkeringen"). In dit rapport zijn criteria geformuleerd voor de toelaatbare grootte van bovengenoemde verschijnselen. Dit rapport is op aanvraag bij het C.O.W. verkrijgbaar¹⁾.

¹⁾ Centrum voor Onderzoek Waterkeringen
Hooftskade 1 te Den Haag
tel. 070-889370

III.3.2. Aan te houden afstanden tot de rand van de stabiliteitszone

De grootte van de verschijnselen die zich bij ontploffingen kunnen voordoen, zijn afhankelijk van de afstand tot en de grootte van de lading. Voor deze verschijnselen (zie tabellen 1 en 2) is met behulp van experimenteel bepaalde schaalwetten berekend, op welke afstand van de explosie het desbetreffende verschijnsel de gestelde grens overschrijdt (zie rapport A-73.036 van het COW "Explosies in de nabijheid van waterkeringen"). Deze afstanden zijn van de vorm αW^β (W = ladinggrootte, α en β zijn coëfficiënten). Hierin zijn veiligheden "ingebouwd" om de onzekerheden te compenseren. De afstanden zijn echter geldig voor de criteria en onder de beperkingen als aangeduid in bovengenoemd rapport.

De aan te houden afstanden zijn voor de verschillende omstandigheden (op het land, in het water enz.) en verschijnselen (draagkrachtvermindering, deeltjesversnelling enz.) bijeengebracht in tabel 1 voor onbepaalde grootte van W en in tabel 2 voor $W = 4$ kg, respectievelijk 20 kg. In tabel 2 zijn de maatgevende afstanden onderstreept. Voor het verkrijgen van de afstand tot de teen van de dijk moeten de waarden in deze tabellen nog vergroot worden met de breedte van de stabiliteitszone van de waterkering.

Bij toepassing van slagkoord in plaats van puntladingen kan in het algemeen als schotpunt het zwaartepunt van het snoer (of van de snoeren) worden aangehouden, als de lengte van het snoer (of de breedte tussen de snoeren) in de richting loodrecht op de dijk kort is vergeleken met de afstand van het zwaartepunt van de snoeren tot de teen van de dijk. Daar het hier om zeer gecompliceerde materie gaat verdient het aanbeveling om in geval van twijfel het advies van het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen in te winnen.

IV. Exploratie- en exploitatieboringen nabij waterkeringen

IV.1. Inleiding

Onder de in dit hoofdstuk te behandelen exploratie- en exploitatieboringen dient te worden verstaan volgens artikel 1 van het Mijnreglement 1964:

"een geheel van werken, bestemd tot de machinale vervaardiging, de instandhouding en het gebruik van één of meer gaten in de aardbodem ten behoeve van het winnen of, door middel van het naar de oppervlakte voeren van grondmonsters, opsporen van delfstoffen als in artikel 9, eerste lid van de Mijnwet 1903 bedoeld, alsmede de bij die werken behorende inrichtingen en terreinen."

IV.2. Probleemstelling

Het uitvoeren van exploratie- en exploitatieboringen tot grote diepte in de ondergrond brengt, mede doordat de geologische gesteldheid daarvan slechts gedeeltelijk bekend is, zekere risico's met zich mee:

- a. het grootste gevaar is dat een grondlaag wordt bereikt waarin vloeistof en/of gas onder zodanige druk aanwezig is dat vloeistof en/of gas met grote kracht via de perforatie uit de grond wordt gestoten tot boven het maaiveld. Men spreekt dan van een "blow-out". De mogelijke gevolgen van blow-out zijn:
 - evenwichtsverstoringen van de grond in de omgeving waardoor schade aan waterkeringen kan optreden en moeilijk-waterdoorlatende lagen over een groot oppervlak kunnen worden verstoord of vernield.
 - verontreiniging van de omgeving. De grasmatten op een waterkering kan ernstig worden aangetast door olie, gas of pekels. Indien olie in de grond infiltreert, moet rekening gehouden worden met een mogelijke afname van de schuifweerstand van de grond van 10 tot 30 procent.
- b. het doorbreken van slecht doorlatende lagen (zie II.1.).

IV.3. Aanbeveling in verband met de mogelijke gevolgen van exploratie- en exploitatieboringen.

Blijkens calamiteiten in het buitenland en ook in Nederland (b.v. Sleen 1965, Schoonebeek 1976) is blow-out niet uit te sluiten. Dit kan ontstaan door menselijk falen dan wel doordat de geologische omstandigheden verkeerd beoordeeld zijn. Door technische voorzieningen kan de kans op een blow-out wel worden verminderd, maar niet gelijk aan nul worden. Bovendien zijn onvoldoende kwantitatieve gegevens over de gevolgen van blow-out beschikbaar.

Deze gevolgen kunnen zo desastreus zijn dat niet kan worden toegestaan dat op korte afstand van een hoofdwaterkering wordt geboord. Door gebrek aan gegevens kan de breedte van de strook langs waterkeringen waarbinnen niet mag worden geboord niet exact worden aangegeven. Hiervoor wordt in deze leidraad 500 m aangehouden. Deze uit de praktijk stammende maat lijkt voldoende om de waterkering in geval van een evenwichtsverstoring van de ondergrond door blow-out voor bezwijken te behoeden.

Tevens moet deze afstand van 500 m voldoende worden geacht om nadelige gevolgen voor de waterkering door verontreiniging en doorbreking van afsluitende lagen te ondervangen.

Indien het gewenst is binnen bovengenoemde afstand van een waterkering te boren, zal door een nader onderzoek aangetoond moeten worden dat dit geen gevaar voor de waterkering oplevert.

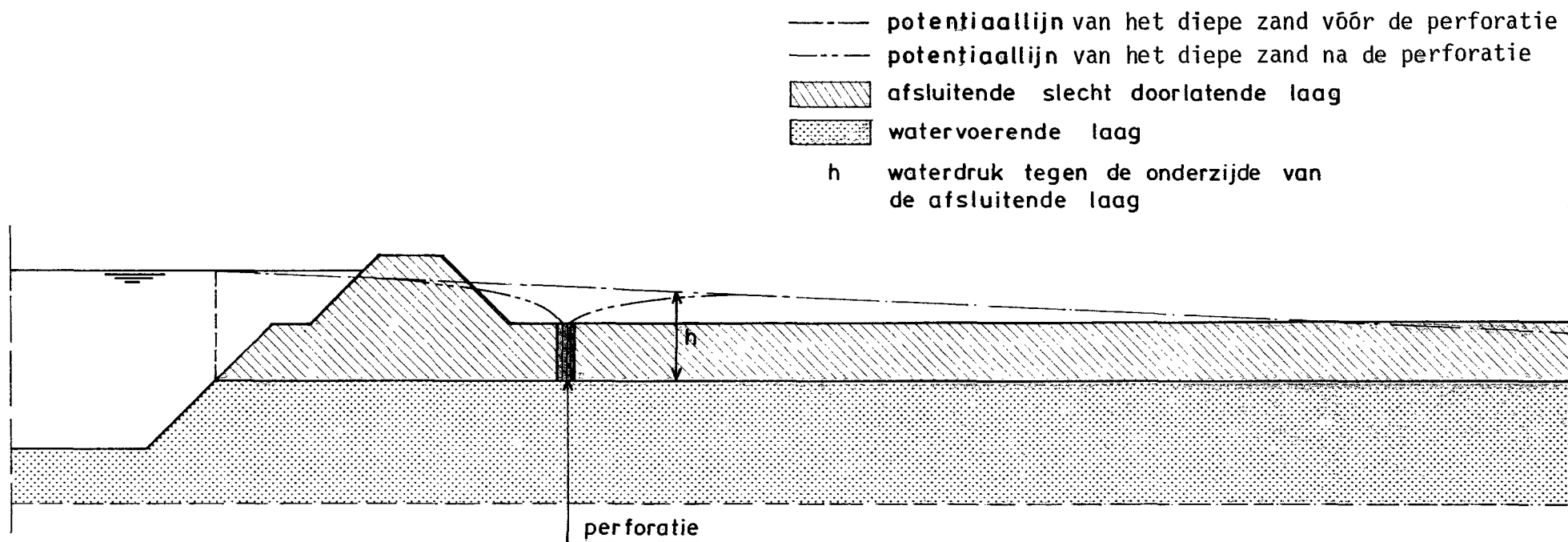


Fig. 1 DOORBREKING BINNENDIJKSE
AFSLUITENDE LAAG

-  afsluitende slecht doorlatende laag
-  watervoerende laag
- h waterdruk tegen de onderzijde van de afsluitende laag
- — — — — potentiaallijn van het diepe zand vóór de perforatie
- · — · — · — potentiaallijn van het diepe zand na de perforatie

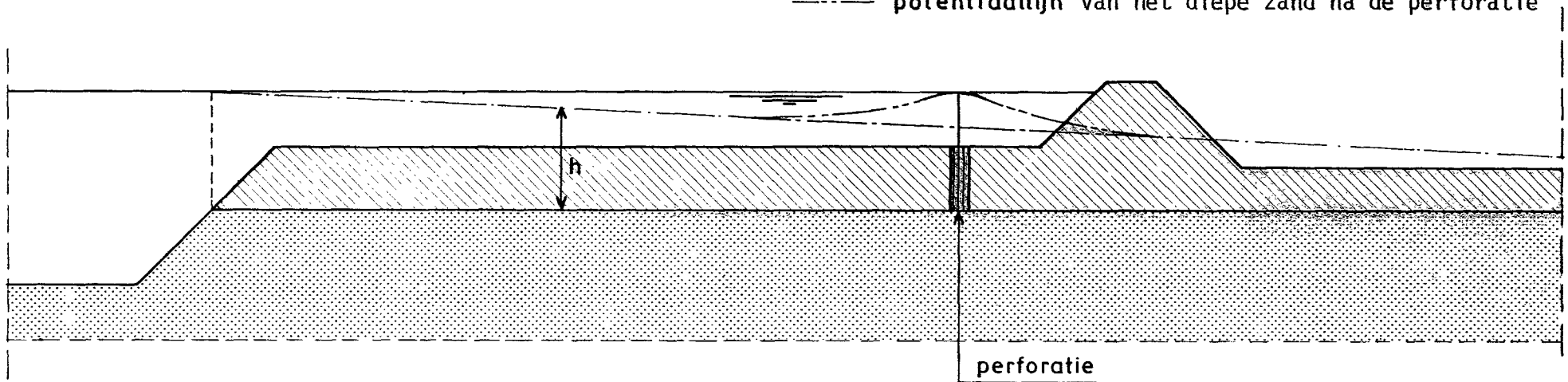
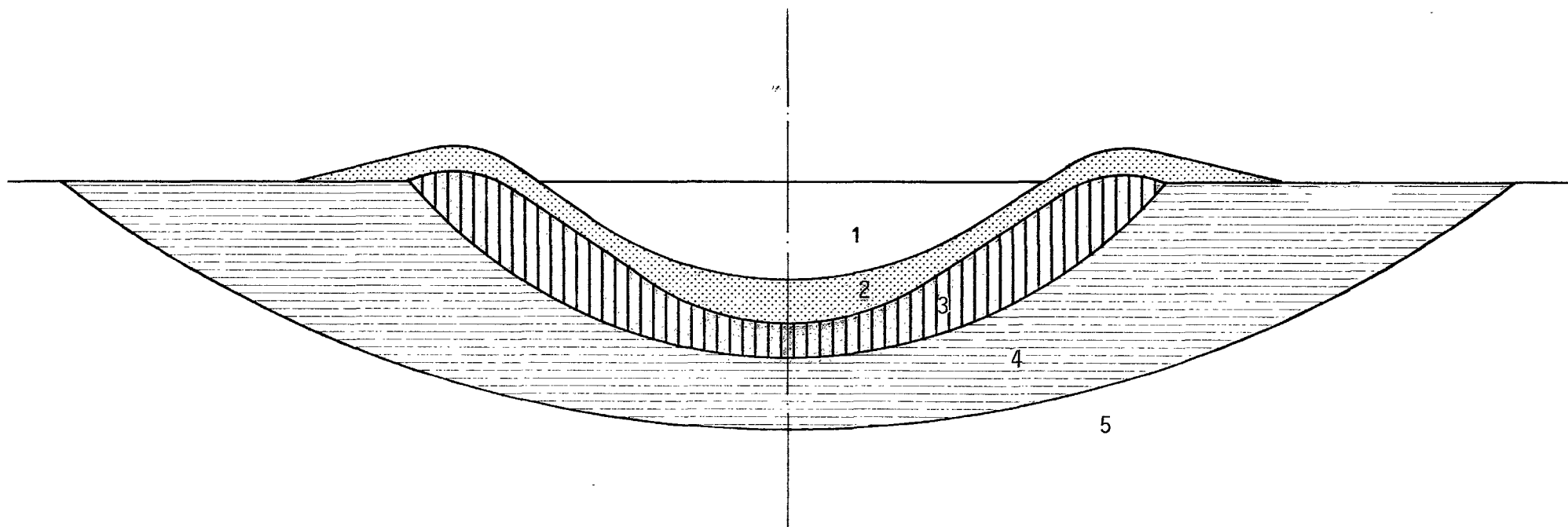


Fig. 2 DOORBREKING BUITENDIJKSE
AFSLUITENDE LAAG



- 1 Krater
- 2 Na de explosie in de krater teruggevalle materiaal
- 3 Breukzone
- 4 Plastische zone
- 5 Elastische zone

FIG. 3

Tabel 1

Overzicht explosie-verschijnselen met bijbehorende vereiste afstanden in meters tot wa-
terkeringen exclusief stabiliteitszone.

Op het land op/boven maaiveld						
	droge grond		waterverzadigde grond			
			vastgepakt		losgepakt	
	zand	klei/veen	zand	klei/veen	zand	klei/veen
kraterstraal	$0,4 W^{1/3}$	$0,4 W^{1/3}$	$0,6 W^{1/3}$	$0,6 W^{1/3}$	$0,8 W^{1/3}$	$0,8 W^{1/3}$
straal breukzone	$0,6 W^{1/3}$	$0,6 W^{1/3}$	$0,9 W^{1/3}$	$0,9 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$
straal plastische zone	$1,2 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$	$1,8 W^{1/3}$	$1,8 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$
bodemverweking grondschock (draagkracht- vermindering 5%)	-	-	$9,0 W^{1/3}$	$7,2 W^{1/3}$	$12,0 W^{1/3}$	$9,6 W^{1/3}$
zettingsvloeiing	-	-	$(15 W^{2/3})$	-	$15 W^{2/3}$	-
bodemtrilling:						
- deeltjesversnelling $<0,02 \text{ g m/s}^2$	$(7 W^{1/3})$	$(40 W^{1/3})$	$(7 W^{1/3})$	$(40 W^{1/3})$	$(7 W^{1/3})$	$(40 W^{1/3})$
- deeltjessnelheid $<0,01 \text{ m/s}$	$(4 W^{2/3})$	$(20 W^{2/3})$	$(4 W^{2/3})$	$(20 W^{2/3})$	$(4 W^{2/3})$	$(20 W^{2/3})$
- amplitude $<0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	$(2 W)$	$(10 W)$	$(2 W)$	$(10 W)$	$(2 W)$	$(10 W)$

1) $W < 100 \text{ kg}$

W = ladinggrootte in kg. T.N.T.

Tabel 1 vervolg 1

Overzicht explosie-verschijnselen met bijbehorende vereiste afstanden in meters tot waterkeringen exclusief stabiliteitszone.

	Op het land onder maaiveld					
	droge grond		waterverzadigde grond			
			vastgepakt		losgepakt	
	zand	klei/veen	zand	klei/veen	zand	klei/veen
kraterstraal	$0,8 W^{1/3}$	$0,8 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$	$1,6 W^{1/3}$	$1,6 W^{1/3}$
straal breukzone	$1,2 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$	$1,8 W^{1/3}$	$1,8 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$
straal plastische zone	$2,4 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$	$3,6 W^{1/3}$	$3,6 W^{1/3}$	$4,8 W^{1/3}$	$4,8 W^{1/3}$
bodemverweking grondschock (draagkrachtvermindering 5%)	-	-	$12,0 W^{1/3}$	$9,6 W^{1/3}$	$16,0 W^{1/3}$	$12,8 W^{1/3}$
zettingsvloeiing	-	-	$(20 W^{2/3})$	-	$20 W^{1/3}$	-
<u>bodemtrilling :</u>						
- deeltjesversnelling $<0,02 \text{ g m/s}^2$	$(7 W^{1/3})$	$(40 W^{1/3})$	$(7 W^{1/3})$	$(40 W^{1/3})$	$7 W^{1/3}$	$40 W^{1/3}$
- deeltjessnelheid $<0,01 \text{ m/s}$	$(4 W^{2/3})$	$(20 W^{2/3})$	$(4 W^{2/3})$	$(20 W^{2/3})$	$4 W^{2/3}$	$20 W^{2/3}$
- amplitude $<0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	$(2 W)$	$(10 W)$	$(2 W)$	$(10 W)$	$2 W$	$10 W$

1) $W < 100 \text{ kg}$

W = ladinggrootte in kg. T.N.T.

Tabel 1 vervolg 2

Overzicht explosie-verschijnselen met bijbehorende vereiste afstanden in meters tot waterkeringen exclusief stabiliteitszone.

	in het water op/boven de bodem				in het water onder de bodem			
	vastgepakt		losgepakt		vastgepakt		losgepakt	
	zand	klei/veen	zand	klei/veen	zand	klei/veen	zand	klei/veen
kraterstraal	$1,2 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$	$1,6 W^{1/3}$	$1,6 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$	$1,2 W^{1/3}$	$1,6 W^{1/3}$	$1,6 W^{1/3}$
straal breukzone	$1,8 W^{1/3}$	$1,8 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$	$1,8 W^{1/3}$	$1,8 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$	$2,4 W^{1/3}$
straal plastische zone	$3,6 W^{1/3}$	$3,6 W^{1/3}$	$4,8 W^{1/3}$	$4,8 W^{1/3}$	$3,6 W^{1/3}$	$3,6 W^{1/3}$	$4,8 W^{1/3}$	$4,8 W^{1/3}$
bodemverweking grondschok (draagkrachtvermindering 5%)	$12,0 W^{1/3}$	$9,6 W^{1/3}$	$16,0 W^{1/3}$	$12,8 W^{1/3}$	$12,0 W^{1/3}$	$9,6 W^{1/3}$	$16,0 W^{1/3}$	$12,8 W^{1/3}$
zettingsvloeiing	$(20 W^{2/3})$	-	$20 W^{2/3}$	-	$(20 W^{2/3})$	-	$20 W^{2/3}$	-
bodemtrilling :								
- deeltjesversnelling $< 0,02 \text{ g m/s}^2$	$7 W^{1/3}$	$40 W^{1/3}$	$7 W^{1/3}$	$40 W^{1/3}$	$7 W^{1/3}$	$40 W^{1/3}$	$7 W^{1/3}$	$40 W^{1/3}$
- deeltjessnelheid $< 0,01 \text{ m/s}$	$4 W^{2/3}$	$20 W^{2/3}$	$4 W^{2/3}$	$20 W^{2/3}$	$4 W^{2/3}$	$20 W^{2/3}$	$4 W^{2/3}$	$20 W^{2/3}$
- amplitude $< 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	$2 W$	$10 W$	$2 W$	$10 W$	$2 W$	$10 W$	$2 W$	$10 W$

1) $W < 100 \text{ kg}$

W = ladinggrootte in kg. T.N.T.

Tabel 2

Overzicht explosieverschijnselen met bijbehorende afstanden tot de waterkering exclusief stabiliteitszone bij explosie van 20 kg springstof in de bodem of 4 kg T.N.T. op de bodem

	4 kg op het land, op/boven maaiveld						20 kg op het land, onder maaiveld					
	droge grond		waterverzadigde grond				droge grond		waterverzadigde grond			
			vastgepakt		losgepakt				vastgepakt		losgepakt	
	zand	klei/ veen	zand	klei/ veen	zand	klei/ veen	zand	klei/ veen	zand	klei/ veen	zand	klei/ veen
kraterstraal	0,65 m	0,65 m	0,95 m	0,95 m	1,30 m	1,30 m	2,20 m	2,20 m	3,25 m	3,25 m	4,35 m	4,35 m
straal breukzone	0,95 m	0,95 m	1,45 m	1,45 m	1,90 m	1,90 m	3,25 m	3,25 m	4,90 m	4,90 m	6,50 m	6,50 m
straal plastische zone	1,90 m	1,90 m	2,90 m	2,90 m	3,80 m	3,80 m	6,50 m	6,50 m	9,80 m	9,80 m	13,00m	
bodemverweking grondschock (draagkrachtvermindering 5%)	-	-	14,20m	11,40m	19,00m	15,20m	-	-	32,50m	26,00m	43,40m	34,70m
zettingsvloeiing	-	-	(40m)	-	40m	-	-	-	(150m)	-	150m	-
<u>bodemtrilling:</u>												
-deeltjesversnelling <0,02g m/s ²	(1,10m)	(6,35m)	(1,10m)	(6,35m)	(1,10m)	(6,35m)	(19m)	(108m)	19m	108m	19m	108m
-deeltjessnelheid <0,01 m/s	(10m)	(50m)	(10m)	(50m)	(10m)	(50m)	(30m)	(148m)	30m	148m	30m	148m
-amplitude <0,5.10 ⁻³ m	(8m)	(40m)	(8m)	(40m)	(8m)	(40m)	(20m)	(200m)	20m	200m	20m	200m

Tabel 2 vervolg

Overzicht explosieverschijnselen met bijbehorende afstanden tot de waterkering exclusief stabiliteitszone bij explosie van 20 kg springstof in de bodem of 4 kg T.N.T. op de bodem

	4 kg in het water op/boven de bodem				20 kg in het water, onder de bodem			
	vastgepakt		losgepakt		vastgepakt		losgepakt	
	zand	klei/veen	zand	klei/veen	zand	klei/veen	zand	klei/veen
kraterstraal	1,90 m	1,90 m	2,55 m	2,55 m	3,25 m	3,25 m	4,35 m	4,35 m
straal breukzone	2,90 m	2,90 m	3,80 m	3,80 m	4,90 m	4,90 m	6,50 m	6,50 m
straal plastische zone	5,80 m	5,80 m	7,60 m	7,60 m	9,80 m	9,80 m	13,00 m	13,00 m
bodemverweking grondschock (draagkrachtvermindering 5%)	19,00 m	15,20 m	25,40 m	20,30 m	32,50 m	26,00 m	43,40 m	34,70 m
zettingsvloeiing	(50m)	-	50m	-	(150 m)	-	150 m	-
bodemtrilling:								
-deeltjesversnelling $<0,02g \text{ m/s}^2$	1,10 m	6,35 m	1,10 m	6,35 m	19 m	108 m	19 m	108 m
-deeltjessnelheid $<0,01 \text{ m/s}$	10 m	50m	10 m	50 m	30 m	148 m	30 m	148 m
-amplitude $<0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	8 m	40m	8 m	40 m	20 m	200 m	20 m	200 m

Bijlage I

Het dichten van boorgaten en sondeergaten in en nabij waterkeringen

Voor het dichten van boorgaten en sondeergaten kan gebruik gemaakt worden van een afdichtend materiaal zoals b.v. bentoniet of een cement/bentonietsuspensie.

Bentoniet is de naam van een bepaalde kleisoort die sterk zwellende eigenschappen bezit.

De benaming wordt ook gebruikt voor een suspensie van bentonietklei met water. In rust vertoont een dergelijk mengsel opstijvende eigenschappen.

Cement/bentonietsuspensie is een suspensie van water, cement en bentoniet, dat zodanig is samengesteld dat het mengsel goede verhardende en afdichtende eigenschappen bezit. De samenstelling van de suspensie dient per geval te worden vastgesteld.

Een gebruikte samenstelling voor de afdichting van boorgaten is bijvoorbeeld:

water	885 l
bentoniet	31 kg
cement	265 kg
waterglass	18 l

Dit komt neer op de volgende verhoudingen:

Gewicht water/gewicht cement : $\sim 3,33$
Gewicht water/gewicht cement + bentoniet (of klei) : $\sim 3,00$

Voor de uitvoering van het dichten van boor- of sondeergaten hebben boorfirma's vaak hun eigen methoden.

Enige door het Laboratorium voor Grondmechanica veel gebruikte uitvoeringsmethoden zijn de volgende:

- a) Afdichting sondeergaten: Direct na het trekken van de sondeerbuis wordt in hetzelfde gat een kunststofbuis met een iets kleinere diameter dan de sondeerbuis weggedrukt. Dit kan meestal met de hand. Aan de onderzijde is de kunststofbuis met een houten punt afgesloten (zie figuur 1) zodat er geen water in kan komen. Als de buis

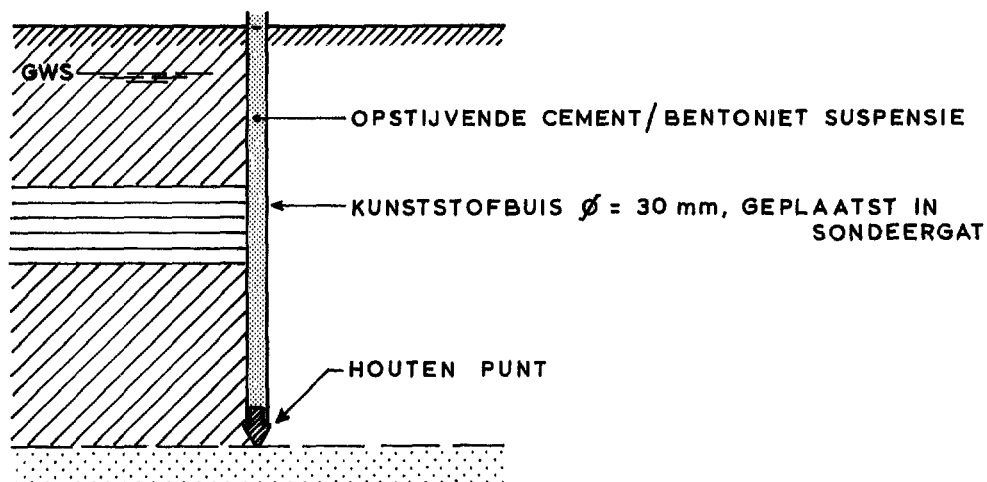


FIG. 1

op de gewenste diepte is dan wordt deze gevuld met een opstijvende cement/bentonietsuspensie. Daarna wordt de kunststofbuis getrokken. De houten punt blijft in de grond achter en het gat wordt gevuld met de cement/bentonietsuspensie.

- b) Pulsboringen: Vóór het trekken van de op diepte gebrachte en geheel met water gevulde boorbuis wordt van onderen af, door middel van een kleinere buis, opstijvende cement/bentonietsuspensie in de boorbuis gebracht (zie figuur 2).

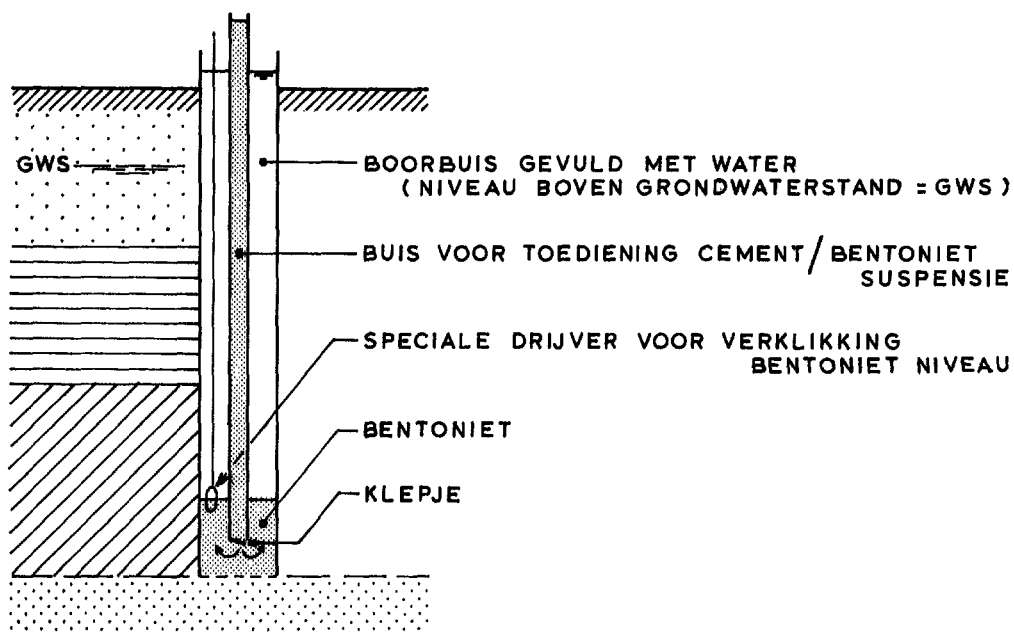


FIG. 2

Deze kleine buis die leeg wordt ingebracht, is aan de onderzijde afgesloten door een klep die door de waterdruk in de boorbuis wordt dichtgedrukt. Als de onderkant van de kleine buis zich nabij de bodem van het boorgat bevindt wordt ze gevuld met de cement/bentoniet-suspensie. Deze suspensie is zwaarder dan water.

De klep opent dan en de bentoniet stroomt in het boorgat. De kleine buis wordt daarbij langzaam getrokken totdat er geen suspensie meer uitstroomt. Onderkant buis moet in deze fase onder het niveau van de suspensie in het boorgat blijven. Het niveau van de suspensie wordt verklit door middel van een speciale drijver die iets zwaarder is dan water maar lichter dan de suspensie. Als de suspensie niet verder meer uit de kleine buis in het boorgat stroomt wordt de kleine buis geheel getrokken.

De volgende stap is het gedeeltelijk trekken van de boorbuis tot een hoogte iets onder het niveau van de suspensie. Daarna wordt de bewerking zoveel malen herhaald als nodig is om een afsluitende laag van voldoende dikte te krijgen. Telkens vóór het aanbrengen van een nieuwe suspensielaa dient de bovenkant van de reeds aanwezige laag goed te worden opgeschoond voor de verkrijging van een goede aansluiting.

Dit is nodig omdat zich anders een eventuele wateroverdruk kan opbouwen tussen de verschillende lagen (zie figuur 3).

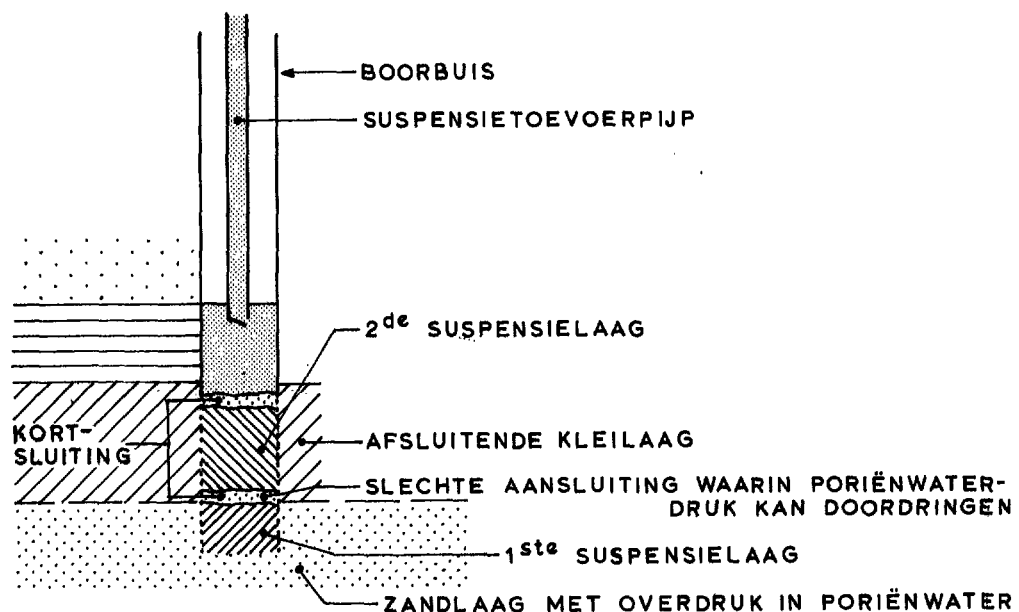


FIG. 3

Bovendien is er ook gevaar voor kortsluiting langs de afscheiding tussen de korte bentonietproppen.

Het is ook mogelijk om in één bewerking een suspensieprop van voldoende lengte te maken. De kleine buis kan daarvoor worden aangesloten op een hoger geplaatst vat met een voldoende hoeveelheid suspensie of op een pomp.

c) Continuboringen: Hierbij kan het aanbrengen een probleem vormen.

In de regel moet namelijk voor het winnen van het continu gestoken monster het stelsel buizen worden getrokken.

Bij de continuboringen ϕ 25 mm is het mogelijk om de "grondworst" uit het buizenstelsel te trekken als deze zich nog in de grond bevindt. Door de nu open boorbuis kan vervolgens cement/bentonietspecie in het boorgat worden gebracht bij gelijktijdig trekken van de boorbuizen.

Bij continuboringen ϕ 65 mm kan deze procedure niet worden toegepast.

In dit geval zou een soortgelijke afdichtingsprocedure als bij de sonderingen kunnen worden gevolgd. Als gevolg van de grote diameter zal de plastic buis echter niet meer met de hand in de grond kunnen worden weggedrukt.

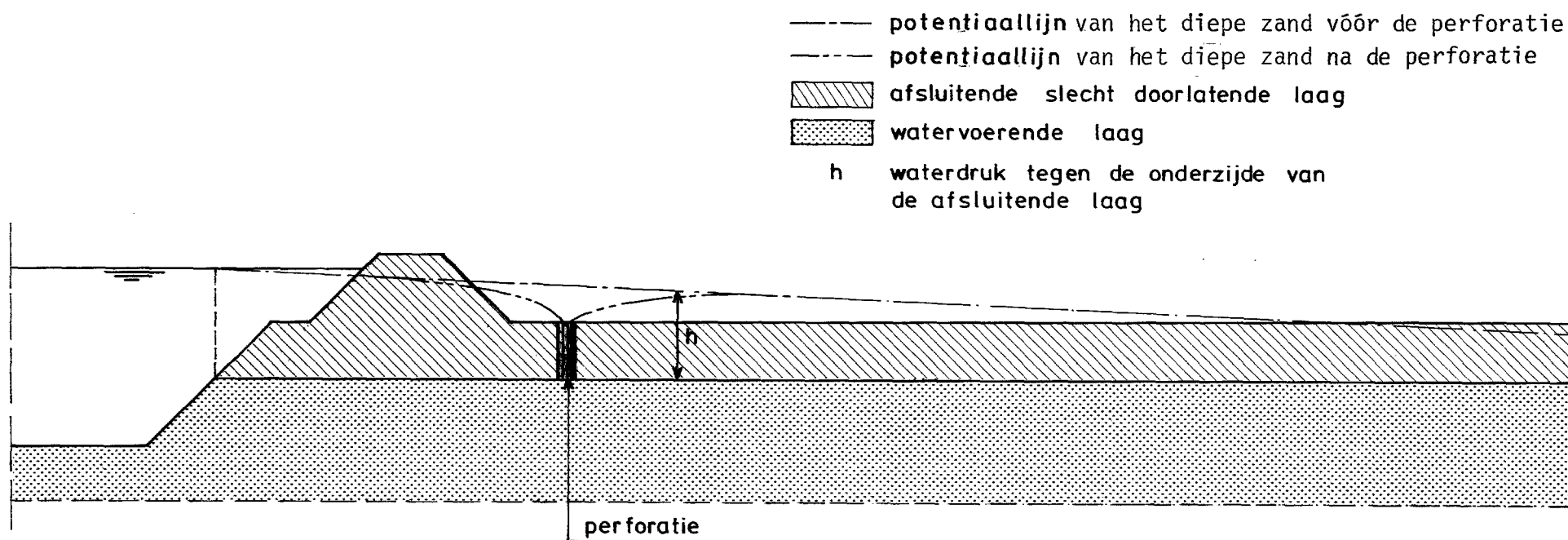


Fig. 1 DOORBREKING BINNENDIJKSE
AFSLUITENDE LAAG

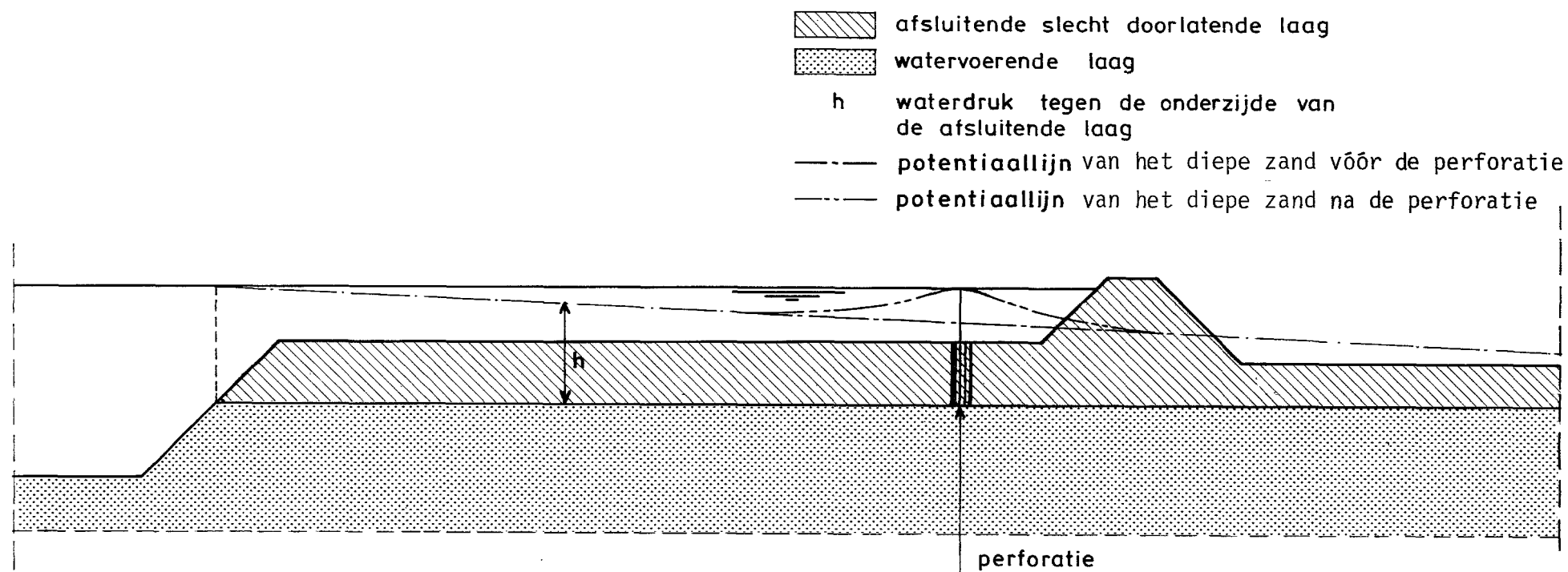
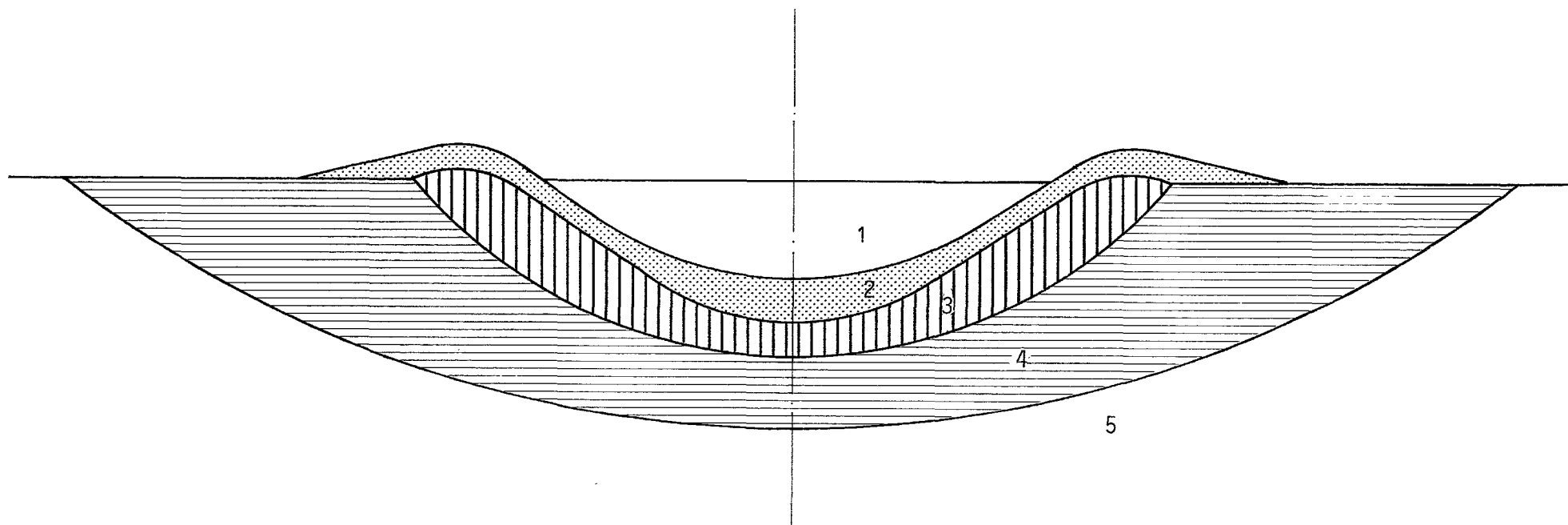


Fig. 2 DOORBREKING BUITENDIJKSE AFSLUITENDE LAAG



- 1 Krater
- 2 Na de explosie in de krater teruggevallen materiaal
- 3 Breukzone
- 4 Plastische zone
- 5 Elastische zone

FIG. 3