VII. I.g.h. CG-93-03

Waterschap IJsselmonde

Waterschapshuis
Rijnstraat 3
2991 AH Barendrecht

Postbus 5
2990 AA Barendrecht

Telefoon 01806-45200
Telefax 01806-12875

Postbank rek.nr. 644168
Ned. Waterschapsbank N.V.
rek.nr. 63.67.52.151

Prov. Bestuur van Zuid-Holland
Dienst Water en
Ingekomen cd. Reg. nr.
21 SEP. 1992 D.M
Klass.nr. Zaak nr.
Afd. Bur. Stapnr.
Projectnr. le stapstuknr.

AAN Provincie Zuid-Holland,
DWM, afd. Waterstaatszaken,
t.a.v. dhr. ing. W. v.d. Geest,
Postbus 90602,
2509 LP 's-Gravenhage.

Uw brief van:
Uw kenmerk :
Ons kenmerk : 8900102/9203957

Contactpersoon: ing.M.Westerlaken
Doorkiesnummer: 45241
Bijlage(n) : 2

Onderwerp: evaluatie en notitie horizontaal gestuurde boringen t.b.v. Studiegroep Pijpleidingen.

Barendrecht, 17 SEP. 1992

Geachte heer Van der Geest,

Hierbij stuur ik u zoals afgesproken de evaluatie en de notitie betreffende horizontaal gestuurde boringen ten behoeve van de leden van de Studiegroep Pijpleidingen.

De evaluatie is opgesteld naar aanleiding van de in 1990 uitgevoerde dubbele boring onder de Waalhavendijk te Rotterdam en geeft een beeld van de vele problemen die tijdens de uitvoering zijn opgetreden. Het werk fungeerde als proefproject. Niet eerder was op IJsselmonde een horizontaal gestuurde boring onder een hoofdwaterkering uitgevoerd. In de aanbevelingen van de evaluatie wordt aangegeven aan welke onderdelen bij een boring aandacht geschonken moet worden.

In de notitie wordt het gehele proces nader bezien en de elementen die voor de betrokken beheerder van belang zijn worden nader aangegeven. Deze elementen kunnen in de voorbereiding (vergunning) en uitvoering ter sprake komen.
Beide stukken dienen ter informatie van beheerders die met deze boorprocessen te maken krijgen en kunnen mogelijk van dienst zijn bij de voorbereiding en begeleiding van deze projecten.

Ik hoop u met het bovenstaande van dienst te zijn en ben gaarne tot nadere toelichting bereid.

Het hoofd van de technische dienst,

Ing. A. de Koning.

WATERSCHAP IJSSELMONDE

HORIZONTAAL GESTUURDE BORINGEN

Algemeen.

Het stellen van voorwaarden aan een zo complex proces als het uitvoeren van een horizontaal gestuurde boring kan leiden tot een uitgebreide opsomming van handelingen met het doel door de compleetheid van regels de controle op de boring te vergroten. De praktijk geeft inmiddels echter aan dat niet alle elementen van even groot belang zijn voor het beheersen van het proces. Het interpreteren van de uiteenlopende informatie en het ernaar handelen is een zaak van de aannemer. De verantwoordelijkheid voor het boorproces ligt bij de aannemer.

De beheerder (vergunningverlener) heeft slechts belang bij een zo soepel mogelijk verlopend werk, waarbij geen of nauwelijks schade aan zijn object(en) ontstaat. Met het oog hierop is het slechts zinvol voor een beheerder die elementen uit het boorproces te volgen en in regels te omschrijven die hier direct op van invloed zijn.

Hieronder volgen aan de hand van een recent uitgevoerde dubbele boring de elementen in het boorproces waar de aandacht zich met name op moet richten. Volstaan wordt met een summiere omschrijving per element.

Daaronder worden de elementen genoemd die zeker bij het voorbereiden van een vergunning aan de orde gesteld moeten worden. De formulering van vergunningvoorwaarden kan per project op basis hiervan worden uitgewerkt.

Conclusies naar aanleiding van de boringen Waalhavendijk in 1990.

- **Samengestelde boringen.**
  Samengestelde boringen zonder mantelbuis slechts toestaan als de berekening dit toelaat. In verband met de in de praktijk gebleken onvoldoende vulling van het boorgat dienen de leidingen zonder ondersteuning te worden berekend (ondersteuning alleen door afstandhouders). Als de leiding hieraan niet voldoet, dient een mantelbuis te worden toegepast. Deze buis dient ook te worden berekend.

- **Muddruk.**
  Het meten van de muddruk tijdens de gehele operatie is slechts van belang voor de controle van de maximale druk, welke afhankelijk van de grondsoort in het grondmechanisch rapport, is vastgesteld. Het is nauwelijks een instrument ter controle van de goede voortgang van het werk en geeft geen indicatie voor het optreden van blow-outs.

- **Controle op muddruk en mudsamenstelling.**
  Voortdurende controle op mudreturn en mudsamenstelling. De mudreturn is de belangrijkste aanwijzing dat het boorproces goed verloopt. Bij het stagneren van de afvoer ontstaan er problemen (blow-outs). De muddruk is een afgeleide van de mudreturn en is daarom minder interessant.
  De mudsamenstelling (s.g.) laat zien of er grond wordt afgevoerd.
  Afhankelijk van de grondsoort bestaat er een verband tussen de boorsnelheid, de mudsamenstelling en de mudreturn. De muddruk mag de maximale druk niet overschrijden, maar kan desondanks blow-outs tot

gevolg hebben.

- **Calamiteitenscenario.**
  Scenario voor het treffen van maatregelen bij het ontstaan van calamiteiten, zoals blow-outs (veelal gericht op het voorkomen of beperken van muduitbraken in watergangen).

- **Extra voorzieningen.**
  Voorzieningen treffen om ongewenste effecten tegen te gaan, zoals het beperken van de langsloopsheid (kwel) door het aanbrengen van kleikisten.

Vooraf te stellen voorwaarden (vergunning).

- (Uitgebreid) grondmechanisch rapport.

- Het plaatsen van waterspanningsmeters is voor het begeleiden van het boorproces van minder gewicht. De waarnemingen spelen nauwelijks een rol in het interpreteren van de voortgang van de boring.
  De mate en omvang van de verhoging van de waterspanningen is wel van belang voor de controle van de stabiliteit van het dijklichaam.

- Onderzoek van de ondergrondse infrastructuur (kabels, leidingen, constructies), inclusief historisch onderzoek (funderingsrestanten).

- Vaststellen van de boortechniek en het ontwerp van de leiding.

- Berekening voor de intrekmethode en de hulpconstructies.

- Leidingberekening.

- Continu schrijvende registratie van de muddruk is alleen van belang om de controle op het niet overschrijden van de maximale muddruk achteraf te kunnen uitvoeren (zie ook hierboven).

- Controle op mudreturn en mudsamenstelling tijdens het (boor)proces (zie ook hierboven).

- Calamiteitenscenario.

- Extra voorzieningen.

Controle tijdens uitvoering.

- Mudreturn, mudsamenstelling en muddruk tijdens het gehele proces.

- Optreden van blow-outs.

- Kwel.

- Intrekkrachten (spanningsoverschrijding leidingmateriaal).

Evaluatie HDD-boringen

(Horizontal Directional Drilling)

Distripark - Eemhaven te Rotterdam

Provincie Zuid-Holland
Regio De Delta
H.C. ten Hooven

INHOUD

1. Inleiding 3

2. Ontwerp-voorbereidingsfase 3

3. Uitvoeringsaspecten 4

4. Boorproces 4
   4.1. Boorplan: 4
   4.2 Uitvoering 6
      4.2.1 Pilotpipe/boorkop 6
      4.2.2 Mudmotor 6
      4.2.3 Washpipe 7
      4.2.4 Voorruimen 8
      4.2.5 Pullback 8
   4.3 Grouten 9
      4.3.1 Doel 9
      4.3.2 Voorbereiding 10
      4.3.3 Methode 10
      4.3.4 Uitvoering 10
      4.3.5 Druk bij grouten 11

5. Metingen 11
   5.1 "Sharewell true tracker" systeem 11
   5.2 Waterspanningen 11
   5.3 Trekkracht boorkop 11
   5.4 Muddruk 11

6. Conclusie 11

7. Aanbevelingen 12

1. Inleiding

Met de HDD-methode, zijn in maart 1990 ten behoeve van de aanleg van electriciteitskabels en een rioolpersleiding, twee boringen op een onderlinge afstand van 5.00 m, uitgevoerd.
Hierbij werden enkele NS-spoorbanen, een hoofdwaterkering en de rijksweg A15, gekruist.
Na een lange periode van voorbereiding werd in overleg met de diverse betrokken beheerders (gemeente Rotterdam, NS, Rijkswaterstaat, Waterschap IJsselmonde en de provincie Zuid-Holland), tot deze uitvoeringsmethode besloten.
De uitvoering van dit project heeft onder toepassing van de gebruikte methode tot diverse problemen geleid.
In deze notitie wordt in het kort de gang van zaken van de voorbereidingsfase tot en met het boorproces, geëvalueerd.

2. Ontwerp-voorbereidingsfase

De volgende kabels en leidingen dienden te worden gelegd:
3 - 150 kv-kabels
3 - 20 kv-kabels
1 - rioolpersleiding

Ten aanzien van de uitvoering zijn de volgende mogelijkheden overwogen:
- leidingentunnel
- afzonderlijke - c.q. gedeeltelijk gecombineerde boringen.

De voorkeur ging uit naar een leidingentunnel, wat technisch goed realiseerbaar bleek. De risico's van de combinatie gasleidingen (nadien aan te brengen) en 150 kv-kabels in één tunnel, was hoofdzakelijk de oorzaak dat hiervan werd afgezien.
Eén alles omvattende stalen mantelbuis zou volgens de vergunninghouder onoverkomelijke problemen geven. Het toelaatbare vermogen van het 150 - kv-net, zou teveel afnemen. De stalen mantelbuis zou te warm kunnen worden en langsluitingssituaties tot gevolg kunnen hebben.
In overleg met de vergunningverleners is afgezien van een allesomvattende mantelbuis en is gekozen voor bundeling van de leidingen, uit te voeren in een tweetal boringen, op een onderlinge afstand van 5.00 m.
- één boring voor 3 mantelbuizen ten behoeve van 150 kv-kabels;
- één boring voor 4 mantelbuizen ten behoeve van 3 - 20 kv-kabels en een rioolpersleiding;

Deze leidingenbundels zouden als testcase dienen voor latere leidingenbundels. Het vervallen van de allesomvattende mantelbuis zou gecompenseerd worden door het injecteren met een groutmengsel, na het aanbrengen van de bundel.

Als mantelbuis ten behoeve van de leidingenbundel werd voor polypropeen (PP) gekozen. Dit materiaal behoudt ten opzichte van de hoge dichtheid-polyetheen (HDPE), bij hogere temperaturen een grotere sterkte en stijfheid. Een grotere treksterkte was onder andere gewenst bij de "intrek operatie".
De mantelbuizen werden met rubberen afstandhouders (om de 3.00 m) en door middel van nylonspanbanden gefixeerd.

Ten behoeve van het grouten, werden een tweetal groutinjectieleidingen meegebundeld. Om het terugtrekken van deze groutinjectieleidingen mogelijk te maken, werd hiervoor een 0.50 m lang mantelbuisje ø 50, ter hoogte van de afstandhouders aangebracht;
Een belangrijk aspect, dat nader onderzoek en enkele proeven noodzakelijk maakte, was de kwaliteit en samenstelling van het grout. Met name de sterkte-/stijfheid eigenschappen en het vermogen tot verdringing van de boorvloeistof, was hierbij van belang.

3. Uitvoeringsaspecten

Aan de hand van het geotechnisch onderzoek werd bepaald dat het pleistoceen op een diepte van N.A.P.-16.00 m lag, en dat hierboven de grondlaag hoofdzakelijk bestond uit een schakering van klei, afgewisseld met veen en zand.
Het uitgangspunt van de aannemer was om met de boring zo snel en zo lang mogelijk in de kleilaag boven het pleistoceen te komen en te blijven. Dit betekende dat de leidingen op het diepste punt een dekking van ± 14.00 m zouden verkrijgen. De laagdikte ten opzichte van het pleistoceen was 2.00 m. Vanaf de zuid-westhoek van de Waalhaven, werd de boring met de grote rig (boorstelling) uitgevoerd, om hierbij achtereenvolgens de NS-sporen, de hoofdwaterkering en de A15, te kruisen.
De lengte van de boringen bedroeg 345 meter.

4. Boorproces

4.1. Boorplan:

- boren pilotpipe ø 90 met mudmotor;
- besturing door middel van 1.5° knik in boorkop;
- boren wash-overpipe ø 150, ruimend tot ø 250;
- ruimen vanuit uittrede punt door middel van flycutter ø 960 en reamer ø 600;
- trekken leidingenbundel ø 550, vanuit uittredepunt door middel van barrelreamer ø 600, een trekkop ø 600;

	effectieve voortgang	verwachte bentoniet drukken bij pomp	max. druk bij pomp	bentoniet hoeveelheden per minuut	viscositeit bentoniet
stuurbuis	0.5 - 3.0 m/min	20 bar	41 bar	175 - 300 l/min	40 - 80
spoelbuis	0.5 - 1.5 m/min	15 bar	21 bar	200 - 950 l/min	28 - 80
ruimen	0.5 - 1.5 m/min	15-20 bar	21 bar	400 - 2000 l/min	28 - 80
trekken	0.5 - 3.0 m/min	10-20 bar	21 bar	400 - 2000 l/min	28 - 80

- Grouten
  Voor het verdringen van het bentoniet mengsel door grout in het boorgat, is zowel aan de rigzijde als aan de pijpzijde een meng-/vul installatie opgesteld.

Na het intrekken van de bundel wordt de staaldraad ⌀ 12 mm verwijderd. Alle groutleidingen (2 x 2 stuks) worden ± 2 m opgetrokken, zodat de uitstroom openingen vrij zijn van de steunbuis ⌀ 75.

R1 P1 ⌀ 50 groutleidingen

Rig zijde

R2 P2 Pijp zijde

± 4 m

De pompen worden aangesloten op 2 tegenover elkaar liggende groutleidingen (R1 en P2).

Zolang de druk voor het grouten niet oploopt zal door de leidingen R1 en P1 gepompt worden. De andere 2 leidingen R2 en P1 zullen overeenkomstig de vulsnelheid het boorgat uitgetrokken worden (leidingen leeg).

Bundel west terugsnelheid 1 m per 0,514 m3 vulling.

Bundel oost terugsnelheid 1 m per 0,563 m3 vulling.

Mocht de druk in de vulleidingen R1 en P2 te hoog oplopen zal er gevuld gaan worden via R2 en P1, waarbij R1 en P2 dan teruggetrokken worden tot het vulniveau in het boorgat.

De voorgestelde vulsnelheid bedraag 2 à 3 m/min, hetgeen een vul volume geeft van 9.1 m3/uur à 13.60 m3/per uur.

Daar er van 2 zijden gegrout zal worden, betekent dit dat de tijdsduur van deze operatie:

$\frac{200}{2}$ = 11 uren of $\frac{200}{2.13,6}$ = 7,5 uur

zal bedragen.

Worden hierbij de storingen, onderbrekingen etc. betrokken, betekent dit dat deze operatie ± 16 à 12 uur zal duren.

De samenstelling van het groutmengsel is als volgt:
1 m3 water
50 kg bentoniet
20 kg HO.A cement

- Controle diepteligging en richting boorkop door middel van het Sharewell True-Tracksysteem:
registratie van de volgende gegevens:

- buisnummer; buislengte; totale buislengte; aanvangstijd boren joint; eindtijd boren joint; totale boortijd; mudgebruik in barrels/sec; muddruk in PSI (1/14 bar) bij pomp; mudviscositeit; trekkracht in PSI; draaimoment; diepte boorkop; inclinatie (helling boorbuis); zijdelingse afwijking boorkop;
- trekkracht tijdens pullback;
- waterspanning gedurende het gehele boorproces.

4.2 Uitvoering

4.2.1 Pilotpipe/boorkop

De eerste boring is geheel uitgevoerd met de mudmotor en de tweede boring voor een klein gedeelte door middel van het Lubricated Trustsystem (spuit- c.q. verdringingsmethode) en het overige deel met de mudmotor.
De mudmotor bleek het beste te voldoen.

4.2.2 Mudmotor

Een tweetal aspecten bleek bij deze methode van essentieel belang te zijn. De spoed van het boren en de muddruk.
De spoed is afhankelijk van de grondslag en de wijze van werken van de boormeester. De spoed kan zodanig worden opgevoerd, dat het in feite een soort van verdringingsmethode wordt. Afhankelijk van de grondslag kan deze wijze van boren goed worden toegepast.
De beheersing van de boorsnelheid is van belang om een bepaalde fijnheid van het weggeboorde materiaal te verkrijgen en hiermee een goede afvoer c.q. return te bevorderen.
De benodigde muddruk is afhankelijk van:
- benodigd vermogen mudmotor;
- vermogen ten behoeve van opstarten mudreturn na elke nieuw aangebrachte of afgekoppelde buislengte;
- grondslag;
- lengte- en aantal graden van bochtboorgang;
- afstand washpipe ten opzichte van boorkop;
- samenstelling bentoniet/mud.

Als boorvloeistof werd een lichte boorspoeling gebruikt waaraan, op een gedeelte na, bij de eerste boring Mica werd toegevoegd.
De druk ten behoeve van het opstarten c.q. op gang brengen van de mudreturn in de boorgang, bleek niet controleerbaar. De druk bij de pomp is bekend, de druk bij de boorkop echter niet. De druk bleek zich in de boorgang zodanig op te bouwen ten gevolge van een niet of onvoldoende aanwezige return, dat dit grondbreuk tot gevolg had en de mud zich een uitweg zocht in de slappere grondlagen. Ook via oude boorgaten, scheuren en zandpalen onder de weg, zocht de mud zich een uitweg.
Dit resulteerde, zowel in het traject zonder als met meevoering van de washpipe, in diverse muduitbraken (blow-outs). Onder andere nabij het spoor, hierbij was de gronddekking echter nog minimaal gezien de afstand ten opzichte van het

intredepunt. Maar dit kwam ook voor in de kruin van de waterkering, waarbij de gronddekking maximaal was en ± 15.00 m bedroeg en via de zandpalen onder de rijksweg. Door middel van het toedienen van mica in de boorspoeling werd getracht de muduitbraken te stoppen. Door middel van het aanbrengen van een release naast de rijksweg, werd getracht nieuwe muduitbraken te voorkomen.
Het resultaat hiervan bleek echter minimaal te zijn. Door de boorsnelheid, afstand boorkop-washpipe zo nauwkeurig mogelijk op elkaar af te stemmen, werd getracht de muduitbraken te beperken. Het voorkomen ervan bleek niet mogelijk, echter wel het reduceren ervan.
Het Lubricated Trustsystem werd bij de aanvang van de tweede boring toegepast (81 m). Verwacht werd met deze verdringingsmethode de muddruk bij de boorkop en de hoeveelheid benodigde boorvloeistof te kunnen beperken. In de boorkop zat een knik van 2° ten behoeve van de besturing en één nozzel (spuitgat ten behoeve van boorvloeistof). Al spoedig bleek dat met dit systeem een gelijke hoeveelheid boorvloeistof benodigd was. De boorkop werd hiertoe aangepast door er twee extra nozzels in aan te brengen. Dit gaf vrijwel geen verbetering en er werd weer overgeschakeld op de mudmotor.

1e boring - pilotpipe -	muddruk gemiddeld	270 PSI	(19.3 bar)
	muddruk maximum	325 PSI	(23.2 bar)
2e boring - pilotpipe -	muddruk gemiddeld	250 PSI	(17.8 bar)
	muddruk maximum	300 PSI	(21.4 bar)

4.2.3 Washpipe

De washpipe is noodzakelijk om een goede mudreturn te waarborgen.
Hierbij spelen de volgende aspecten een rol:
- moment van meevoeren washpipe;
- afstand washpipe ten opzichte van boorkop pilotpipe;
- spoed c.q. boorsnelheid washpipe;
- constructie kop washpipe;
- mate van ruimen;
- grondslag;
- samenstelling boorvloeistof;
  als boorvloeistof werd een lichte boorspoeling gebruikt (viscositeit < 40 sec/quant). Om balvorming van de klei te voorkomen werd er een klei-inhibitor toegevoegd. Op een gedeelte nabij de eerste boring werd er tevens Mica aan toegevoegd.

De aannemer bleek dan pas de washpipe aan te brengen c.q. op goede afstand te houden ten opzichte van de boorkop, als dit strikt noodzakelijk was. Het boorproces wordt er namelijk sterk door vertraagd. Deze handelswijze geeft een verhoogd risico tot muduitbreken.
De afstand van de washpipe ten opzichte van de boorkop kan niet te klein worden genomen, om de besturing en uit te voeren correcties met betrekking tot de boorrichting niet te belemmeren.

De afstand varieerde tussen 8 en 30 m.
Evenals bij de pilotpipe is de boorsnelheid van het grootste belang. Een fijne vermaling van de grond is noodzakelijk om een goede return te verkrijgen. De boorsnelheid lag gemiddeld te hoog, hetgeen verstopping van het boorgat, blokkade van de return en muduitbraken tot gevolg had.
De te kiezen constructie van de kop van de washpipe, met name de lengte, stand en afstand van de bits, is in relatie met de grondslag van belang.
Bij de eerste boring was de verhouding ø buis - ruimen 150 - 250 en bij de tweede boring 150 - 400.
Het functioneren van de washpipe verliep bij de tweede boring veel beter ten gevolge van een meer gecontroleerd boren.
Controle van de return bleek continu noodzakelijk te zijn om direct bij een blokkade maatregelen te kunnen treffen en muduitbraken te voorkomen.
Bij stagnatie van de return werd het boorgat geschoond door middel van het terughalen van de washpipe. Het verhogen van de muddruk werd eveneens als middel toegepast, met alle gevolgen van dien. Het terughalen van de washpipe dient tot het hoogstnoodzakelijke te worden beperkt om beschadiging c.q. instorten van het boorgat te voorkomen. Het vermoeden bestaat dat dit bij de zandpalen onder de rijksweg heeft plaatsgevonden, gezien het zand dat bij de release naar boven kwam.
Controle op de samenstelling van de return, verhouding bentoniet/grond is ten behoeve van de grondbalans noodzakelijk.
Het welslagen van deze boorfase is sterk afhankelijk van de zorgvuldigheid en vakbekwaamheid van de aannemer en, zoals bij deze boringen het geval was, continu toezicht.

4.2.4 Voorruimen
Hiertoe werd besloten gezien de gewenste diameter van het boorgat, de grondslag, het risico van stagnatie van de return bij de intrekoperatie en het risico van vastlopen van de leidingenbundel.
Hierbij werd een flycutter gebruikt voor de voorruimer. De flycutter ruimde tot ± ø 960 en de voorruimer bij de eerste boring tot ø 600.
Bij de tweede boring was de ø van de voorruimer 760 in verband met een grotere diameter van de leidingenbundel.
Het voorruimen verliep vrijwel probleemloos, waaraan een goede return debet was.
Ook in deze fase bleek de spoed van ruimen en de ruime tijd tot vermaling van de weggeruimde grond van essentieel belang.

4.2.5 Pullback
Het trekken van de leidingenbundel gebeurde bij de eerste boring met een ruimer ø 600, zonder bits aan de buitenzijde van de mantel, een trekkop van ø 600 en daaraan de leidingenbundel ø 550.
In de trekkop zaten bij beide boringen een drietal drukdozen om de druk bij de kop te kunnen bepalen. Bij beide intrek-

operaties varieerde deze van 2.5 - 3 bar. Aangezien het technisch nog niet mogelijk was drukdozen te plaatsen voor de voorruimer, gaven de metingen niet meer dan een indicatie van de werkelijke drukkracht voor de kop.
Bij de intrekoperaties (± 14 ton trekkracht) traden diverse blow-outs op. Zowel door de blow-outopeningen, ontstaan tijdens het boren, als op nieuwe plaatsen.
Het wegdek van de rijksweg A15 werd ± 15 cm omhooggeperst.
Uit het feit dat tijdens de intrekoperatie de return vrijwel nihil was, kan geconcludeerd worden, dat voor de ruimer of achter de trekkop de boorgang ingestort c.q. versperd moest zijn.
Als oorzaken kunnen hiervoor worden aangemerkt:
- geen of onvoldoende geschoonde boorgang na de voorruimoperatie;
- instorten boorgang voor en/of achter voorruimer en trekkop;
- instorten zandpalen van de rijksweg in boorgang;
- foute constructie ruimer, waarmee namelijk geen grond in de boorgang verwijderd kon worden, alleen maar verdrongen; de ruimer had namelijk een gelijke diameter als de trekkop (ø 600) en geen bits of andere constructie op de mantel, waarmee de te ruimen boorgang een grotere diameter zou verkrijgen dan de te volgen trekkop; de afvoer van de boorspoeling, ingebracht via de ruimer, werd daardoor eveneens geblokkeerd, daar de ruimer en trekkop als een stop in de boorgang fungeerden; de boorvloeistof zocht zich een weg van de minste weerstand via de zwakkere grondlagen en zandpalen;
- te snel uitgevoerde intrekoperatie en te hoge trekkracht.

Bij de tweede boring werd op al deze mogelijkheden geanticipeerd; de ruimer had bij deze operatie een diameter van ø 760, met twee rijen, 5 cm hoge bits op de mantel en een trekkop van ø 700. Deze intrekoperatie verliep vrijwel zonder problemen.
Na de pullback bleken de leidingenbundels gedraaid in de boorgang te liggen.
Geconcludeerd kan worden dat in principe de diameter van de ruimer groter moet zijn dan de trekkop en deze op zijn beurt weer groter dan de diameter van de bundel.

4.3 Grouten

4.3.1 Doel

De open ruimten tussen en rond de mantelbuizen zo volledig mogelijk en blijvend te dichten om langsloopsheid te voorkomen en als fundatie c.q. versterking van de mantelbuizen.
Onder fundatie wordt onder andere verstaan bevordering van de belastingoverdracht tussen de leidingen onderling om de zogenaamde puntbelasting bij de afstandhouders te beperken.
Bentoniet is hiervoor niet geschikt, daar bentoniet in rusttoestand uitzakt waarbij open ruimten ontstaan.

Uit proeven bleek dat de samenstelling van het grout, namelijk 16-uur gerijpte bentoniet, water en cement, in de verhouding 50-1-200, geschikt was.
Het grout moet goed injecteerbaar zijn en de mud uit de boorgang kunnen verdringen.

4.3.2 Voorbereiding
Eén van de componenten van grout is 16-uur gerijpte bentoniet. Dit moet aan beide zijden van de boring gereed staan. Een pompinstallatie van voldoende capaciteit, om een continu injecteren en hiermee het verdringingsproces in stand te houden, is vereist.

4.3.3 Methode
De twee groutinjectieleidingen zijn zodanig aangebracht, dat deze van twee zijden teruggehaald kunnen worden.
Vanuit het midden van het boortracé wordt met grouten aangevangen en per helft afgewerkt.
Met één injectieleiding wordt het grouten uitgevoerd, waarbij de andere als reserveleiding tijdens het injecteren mee teruggehaald wordt, achter de ander aan.

4.3.4 Uitvoering
De mate en wijze van terughalen van de injectieleidingen is van belang. De uitmonding van de injectieleiding moet in het grout blijven, om een homogene vulling van de boorgang te bevorderen.
Een continue registratie van het aantal geïnjecteerde m3 is vereist, om de lengte van het geïnjecteerde deel te kunnen bepalen. Hieraan kan de mate van terughalen worden bepaald.
Het te lang laten zitten van de uitmonding van de injectieleiding op één en hetzelfde punt, kan blow-outs tot gevolg hebben. De druk nabij het injecteerpunt wordt dan zodanig opgevoerd, dat grondbreuk optreedt en het grout via de zwakkere grondlagen zich een uitweg zoekt. Een continue controle op de mudreturn is dan ook noodzakelijk.
De tijd tussen de pullback en het groutproces moet zo kort mogelijk zijn. Hoe langer wordt gewacht, hoe moeilijker het verdringen van de mud wordt.
Vastgesteld is dat het uiteindelijke doel, een homogene vulling van grout, niet haalbaar is.
Uit berekeningen kon worden opgemaakt, dat tussen de 40 à 50% aan mud (grond, zand en bentoniet) in de boorgang is achtergebleven. Na een verhardingsperiode van 56 dagen zou het grout blijvend plastisch moeten zijn en een druksterkte van 1 kg Newton moeten hebben.
Zoals al was geconcludeerd, bleek bij opgravingen dat het grout wel tussen de mantelbuizen zat, echter niet homogeen. Van enige verharding was nog geen sprake. Het alsnog aanbrengen van kleikisten bij het intrede- en uittredepunt werd dan ook noodzakelijk geacht. wordt.
Geconcludeerd kan worden dat het uiteindelijke doel niet is bereikt en er grote vraagtekens bestaan ten aanzien van de uitgangspunten van de sterkteberekening en afsluiting.

4.3.5 Druk bij grouten

De druk wordt onder andere bepaald door de samenstelling van het grout; diameter, lengte en bochtstraal van de boorgang; constructie leidingenbundel; mate van geruimd c.q. geschoond boorgat; tijd tussen pullback en grouten; op gang brengen en houden van de mudreturn.
Continue registratie van de druk is tijdens het groutproces noodzakelijk om adequaat te kunnen reageren bij het te hoog oplopen van de druk.

5. Metingen

5.1 "Sharewell true tracker" systeem

Hiermee wordt de nauwkeurigheid van boren en de vrijwel exacte plaats van de boorkop bepaald. Dit systeem, waarbij met magnetische velden wordt gewerkt, voldeed goed.
Ter controle van de ligging is na de boring een meting met de gyrokompas uitgevoerd.

5.2 Waterspanningen

Op een drietal plaatsen langs het tracé van de boring, waren continu schrijvende waterdrukmeters geplaatst op ca. 30 m, 90 m en 150 m uit het intredepunt.
Per locatie betrof het een drietal, op respectievelijk 1.5 m, 2.5 m en 3.5 m, uit het geplande tracé geplaatste waterspanningsmeters.
Door het ontbreken van alle meetgegevens is het niet mogelijk het resultaat van de metingen te geven.
Volgens de vergunninghouder was er nauwelijks sprake van verhoogde waterspanningen tijdens het boorproces.

5.3 Trekkracht boorkop

Deze werd op de rig gemeten en bedroeg $\pm$ 14 ton.

5.4 Muddruk

Op de rig wordt continu de muddruk geregistreerd. De pompdruk nabij de rig geeft echter geen juiste indicatie over de muddruk bij de boorkop, ruimer/voorruimer en trekkop, bij de diverse operaties. Zodra dit technisch tot de mogelijkheden behoort, dient ter bevordering van de controleerbaarheid een continue registratie van de muddruk, ter plaatse van de boorkop, ruimer/ voorruimer en trekkop, te worden voorgeschreven.

6. Conclusie

Uit het bovenstaande blijkt dat verschillende uitgangspunten niet goed of onvoldoende waren ingeschat. Bij de uitvoering van het werk bleek dat tijdens het boorproces te weinig waarborgen konden worden gegeven ten behoeve van een verantwoorde en gecontroleerde uitvoering van het werk. Zonder voldoende waarborgen is een soortgelijke boring niet meer verantwoord.
Het grouten, als alternatief van een mantelbuis, is gezien de resultaten niet geschikt gebleken.

7. Aanbevelingen

Een goede aanzet tot het verkrijgen van een verantwoorde wijze van uitvoering zou zijn:

A. Continu schrijvende registratie van:
- pompdruk bentoniet op de rig;
- muddruk nabij de boorkop, ruimer/voorruimer en/of trekkop;
- druk voor leidingenbundel;
- tijd boren per buislengte ter bepaling van de spoed;
- waterspanningen.

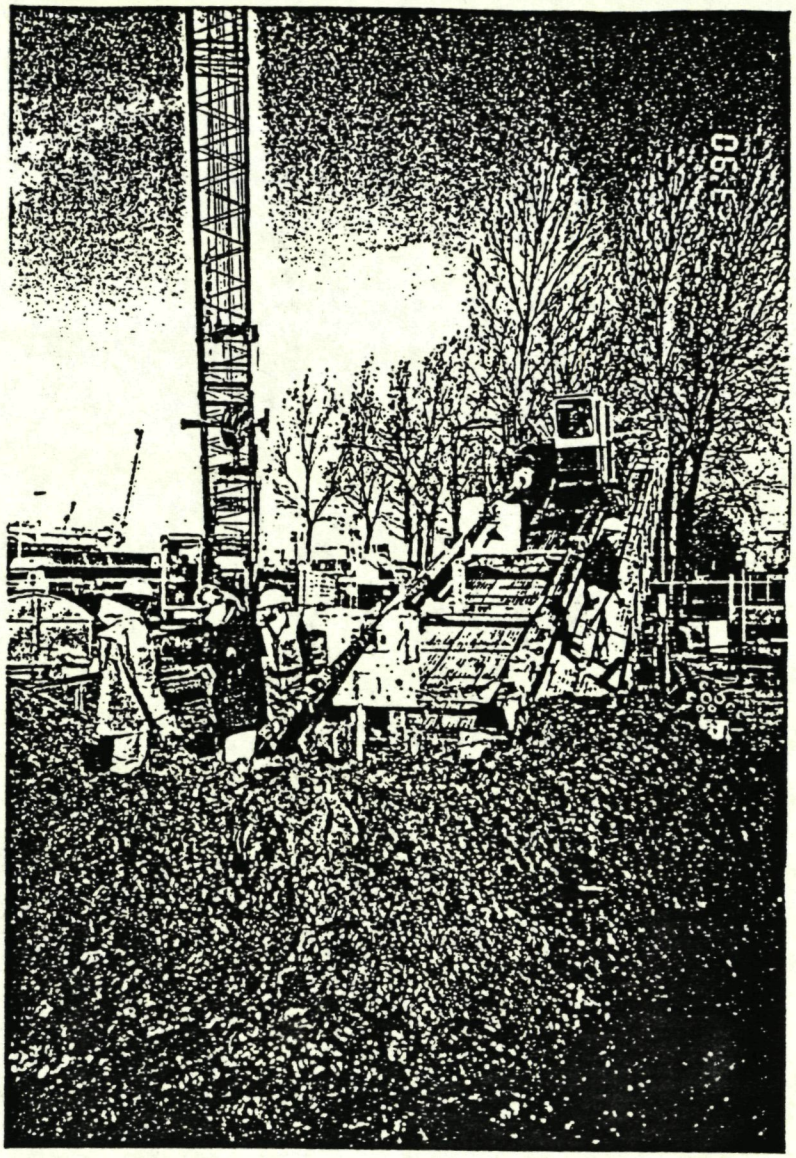
B. Monstername:
monstername van return tijdens boor- en ruimproces, bij intrede- en/of uittredepunt, ter vaststelling van:
- grondbalans;
- mudreturnsamenstelling bij het boren, ruimen en intrekken;

C. Continu visuele controle op:
- return bij alle operaties;
- eventuele blow-outs.

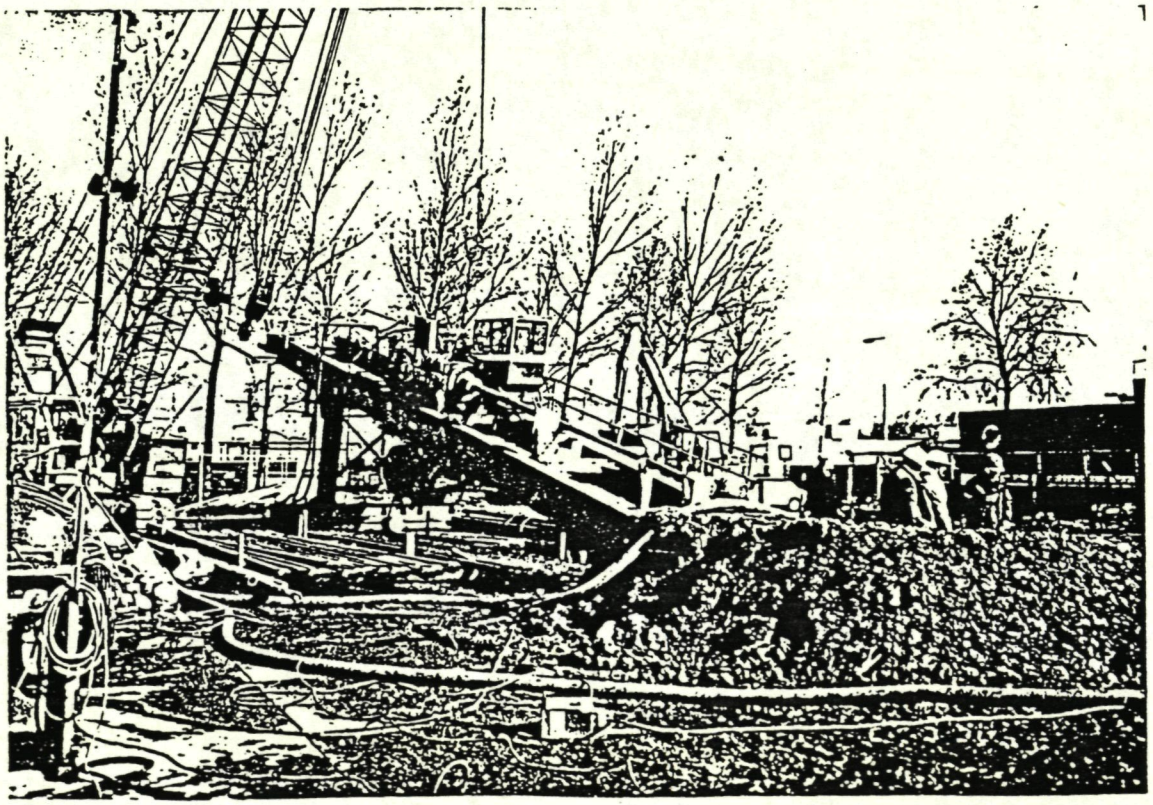
D. Checken van:
- boor-, ruim- en intrekmethode en constructies;
- werkwijze en installatie ten behoeve van het groutproces;
- maatregelen ten behoeve van eventuele calamiteiten, zoals blow-outs;
- onderzoek naar ondergrondse constructies van werken in het boortracé.

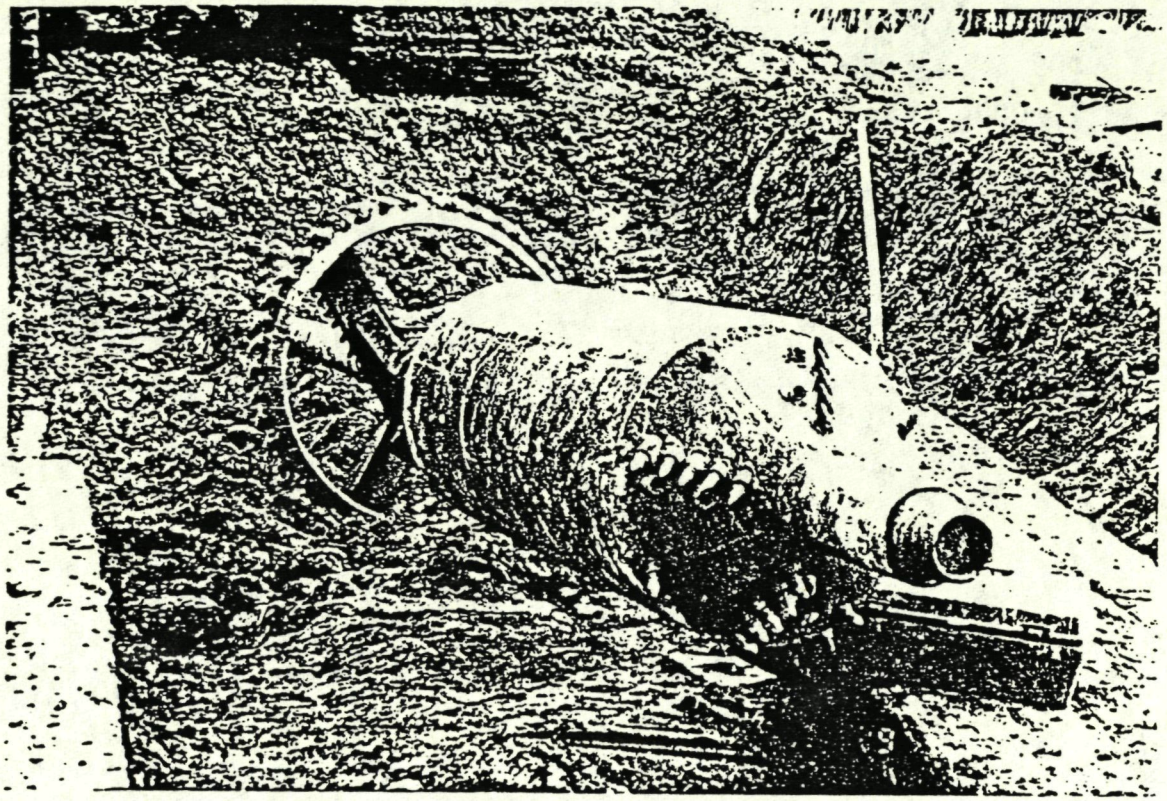
In overleg met de beheerders zal aan bovenstaande zaken vooraf een invulling gegeven dienen te worden.

Brielle, 10 februari 1992

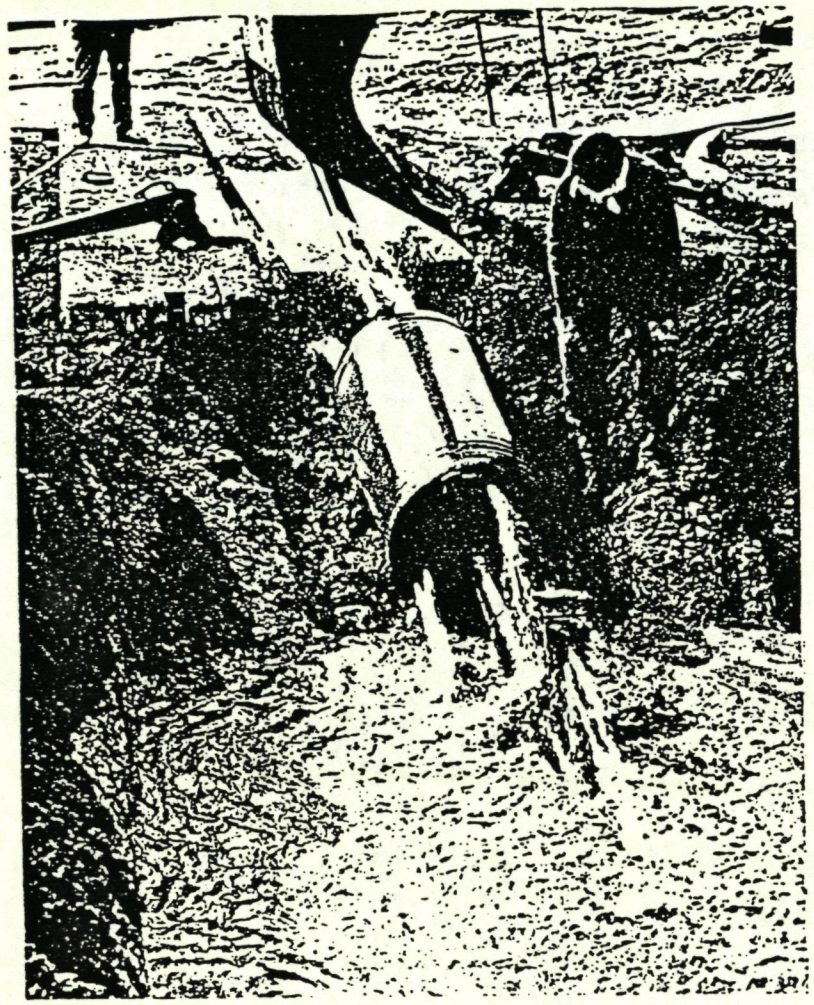


RIG





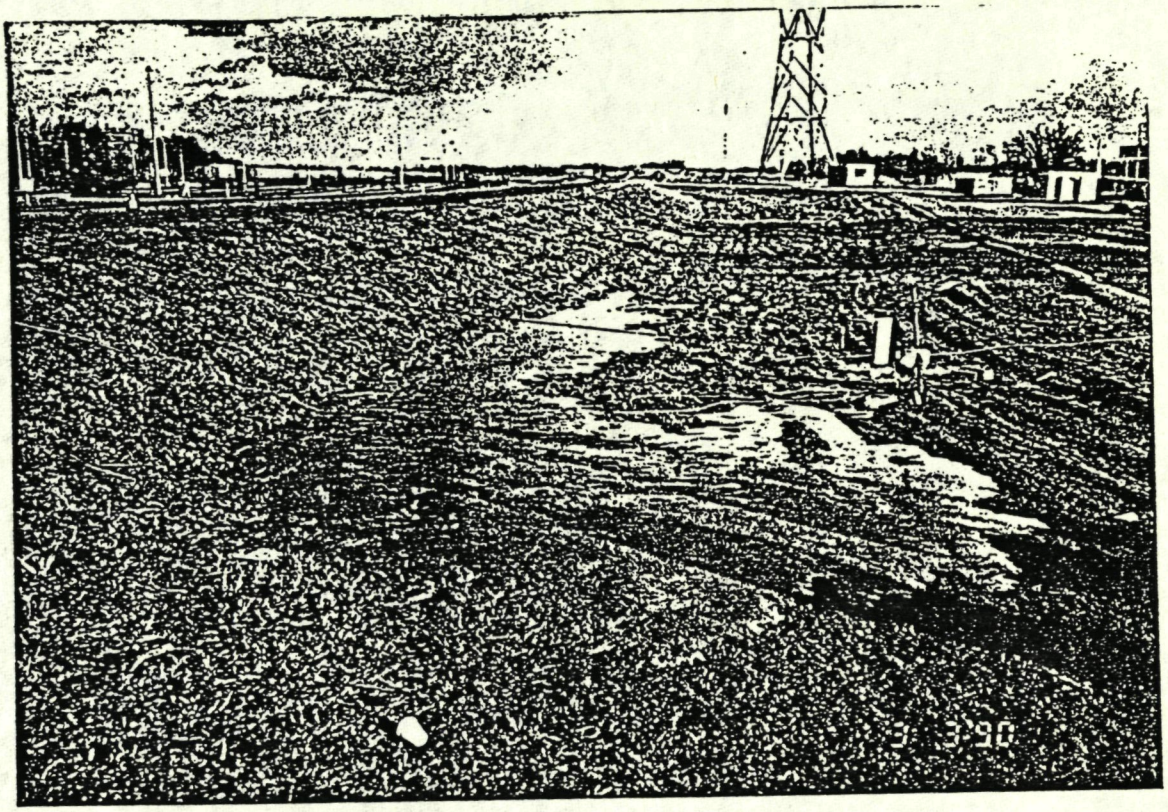
FLY-CUTTER EN PRE-REAMER ⌀ 600



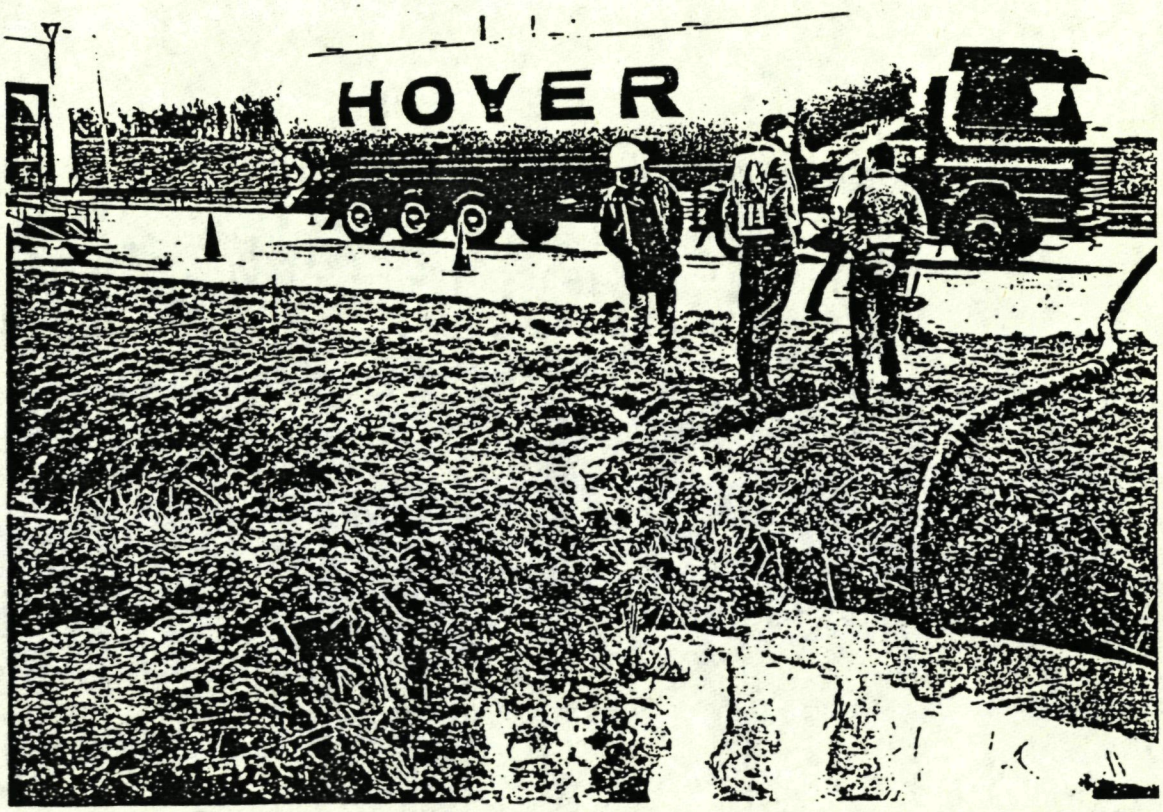
FLY-CUTTER EN
PRE-REAMER ϕ 760

BLOW-OUT KRUIN HOOFDWATERKERING

BLOW-OUT BINNENBELOOP HOOFDWATERKERING

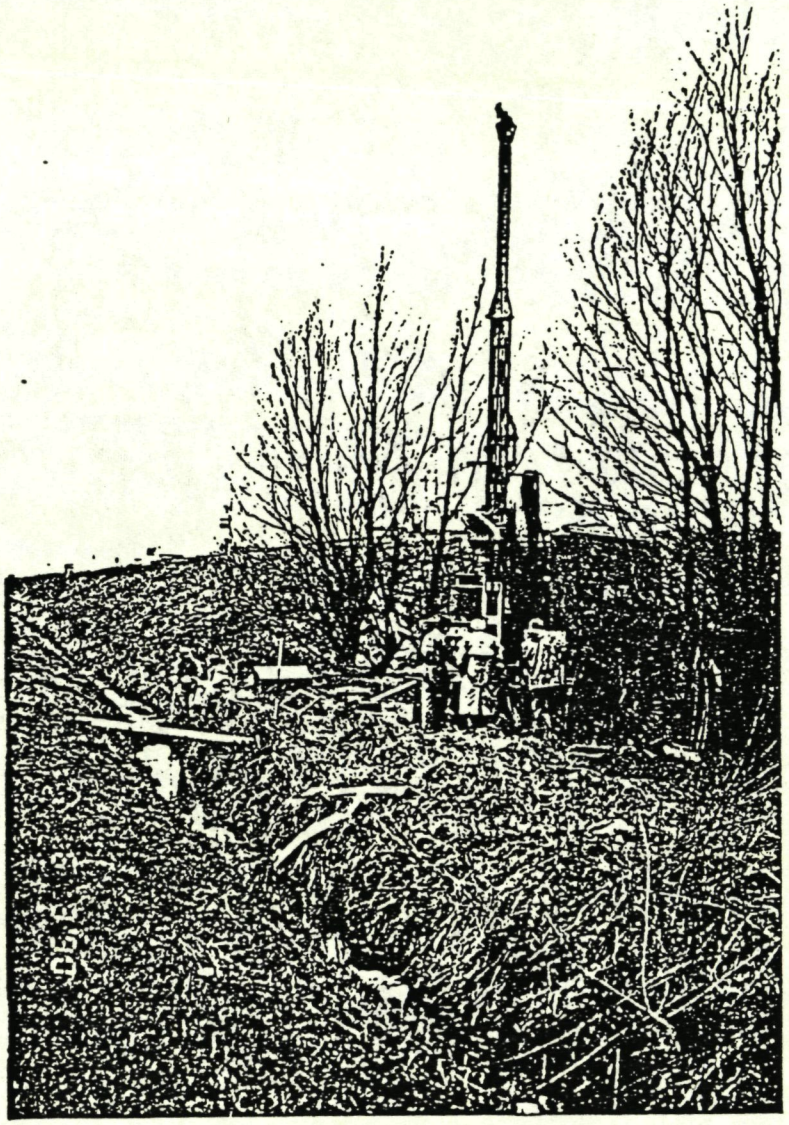


BLOW-OUT NOORDZIJDE RIJKSWEG A15

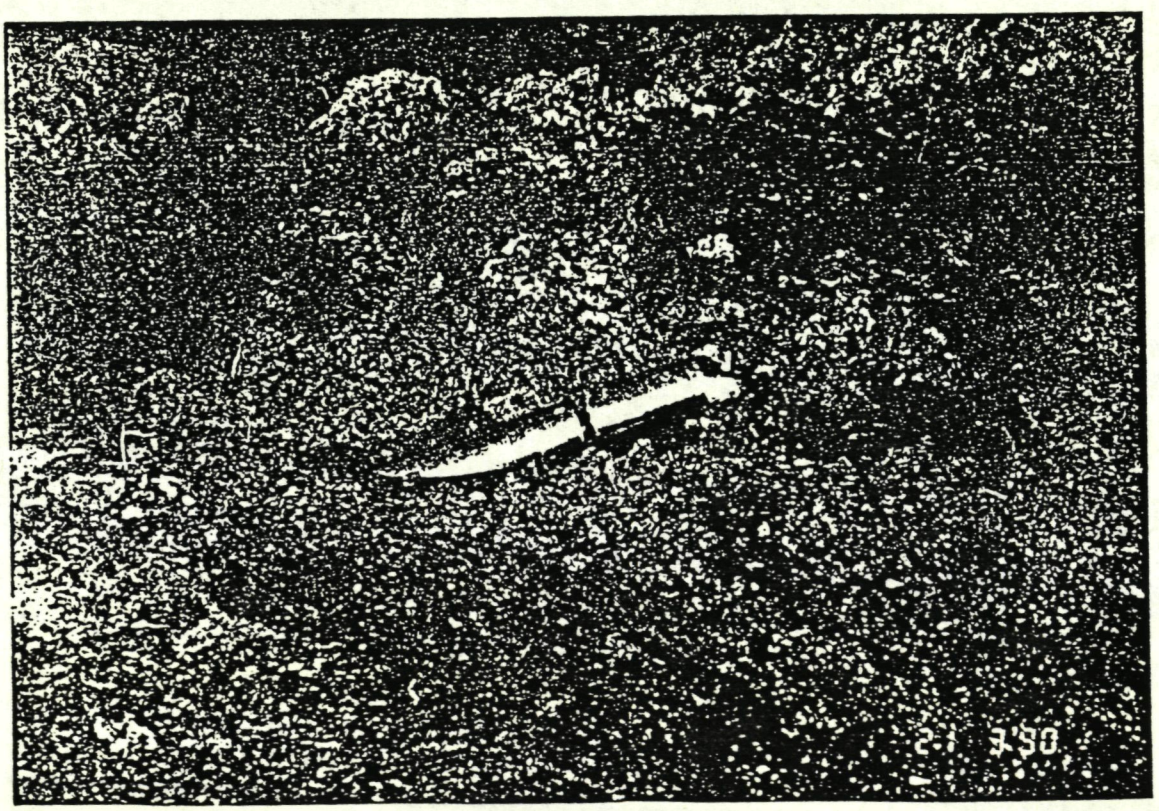


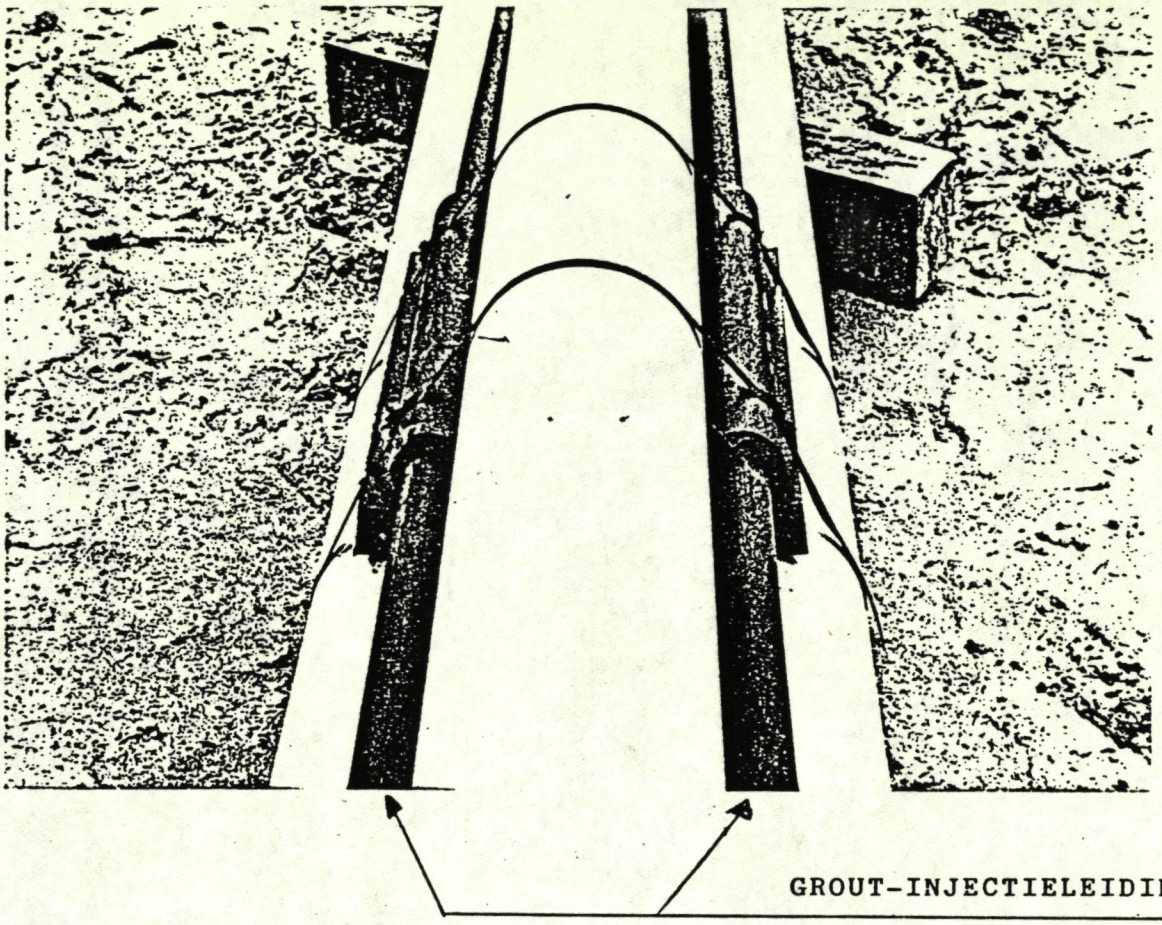
BOREN RELEASE NOORDZIJDE

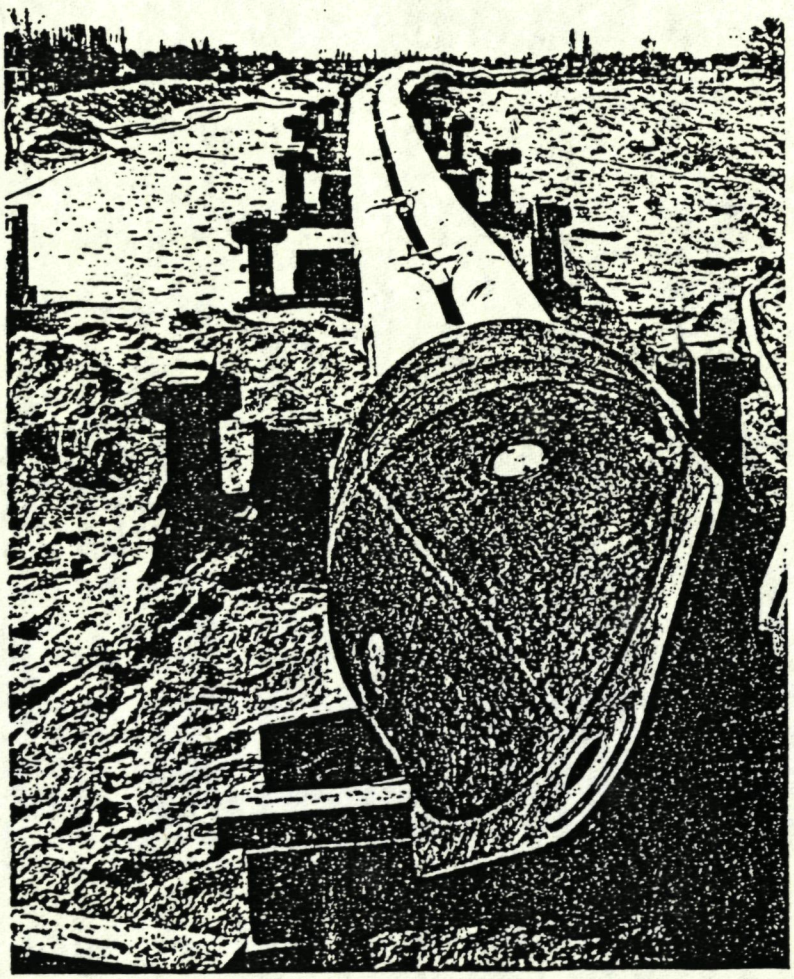
RIJKSWEG A15



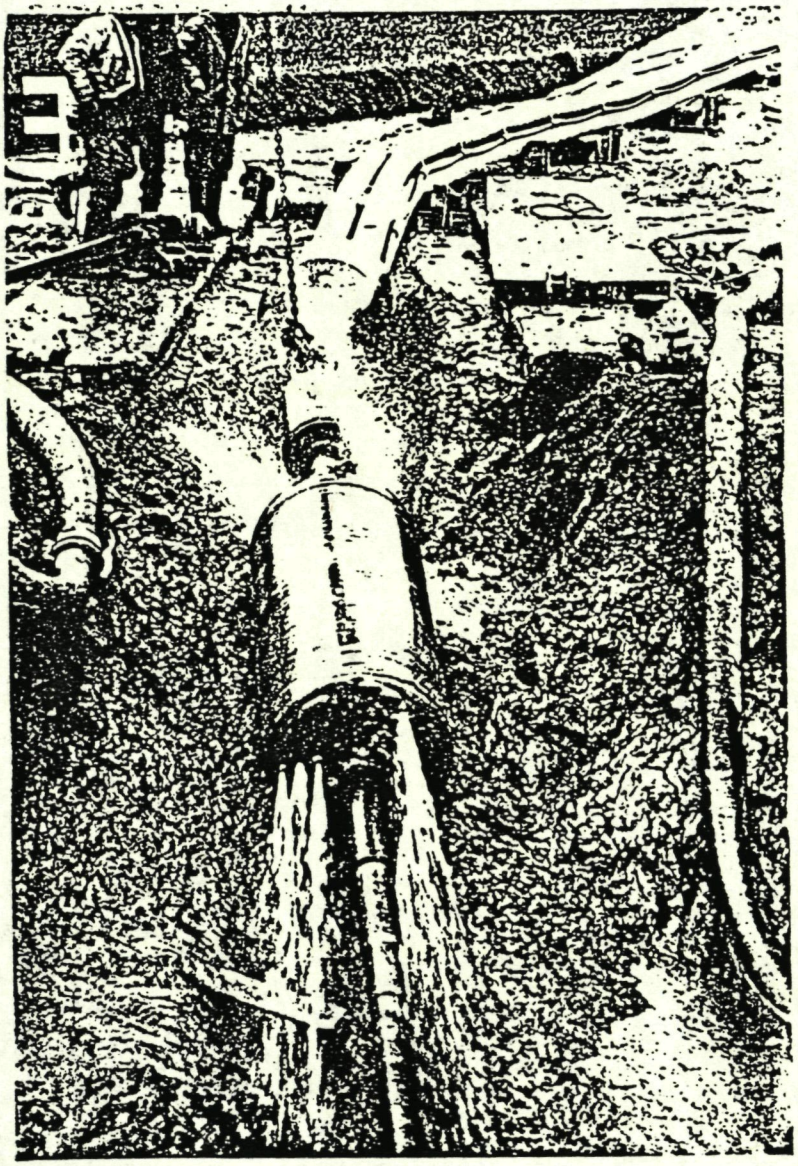
UITTREDE MUDMOTOR







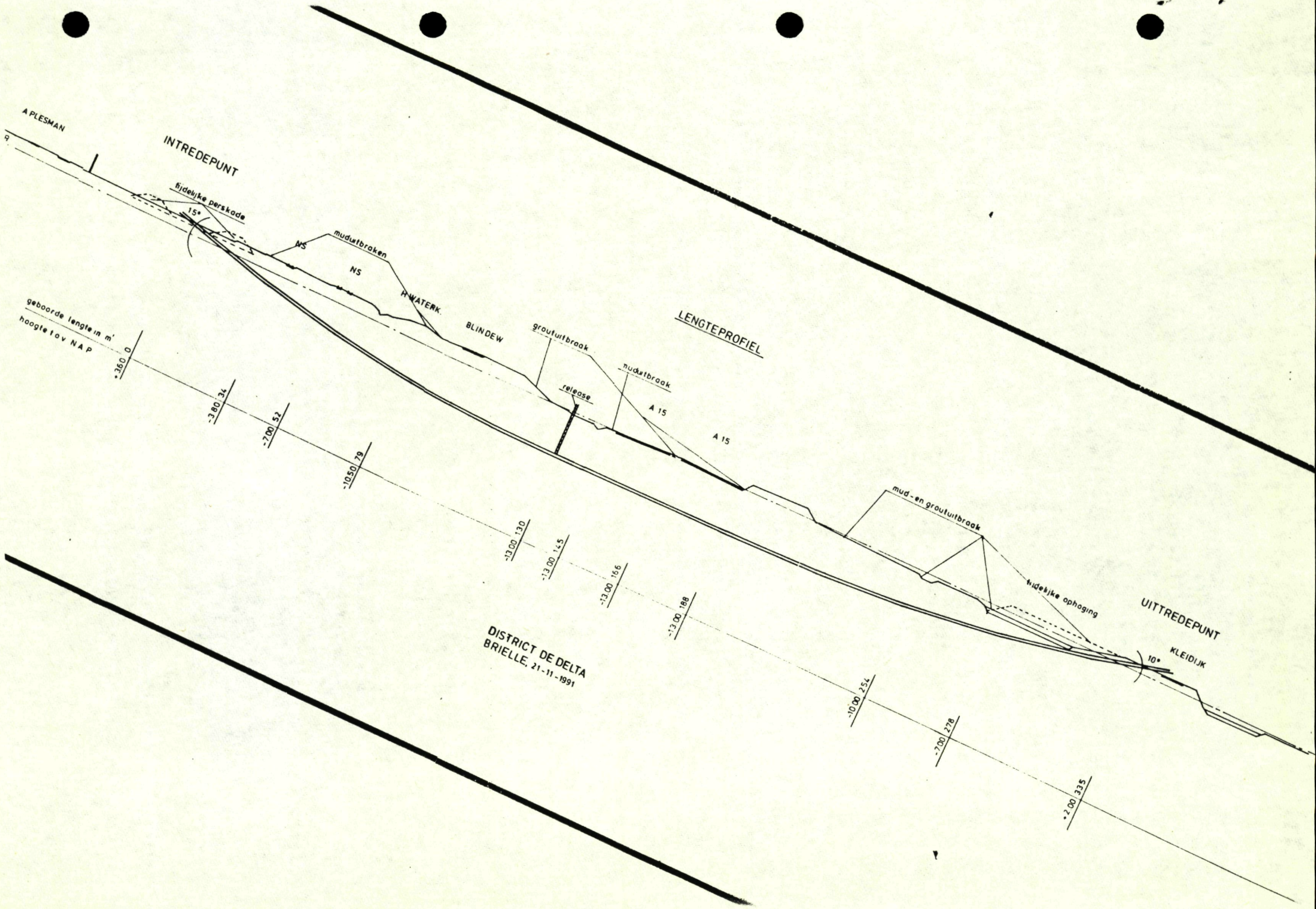
TREKKOP LEIDINGENBUNDEL MET DRUKDOZEN



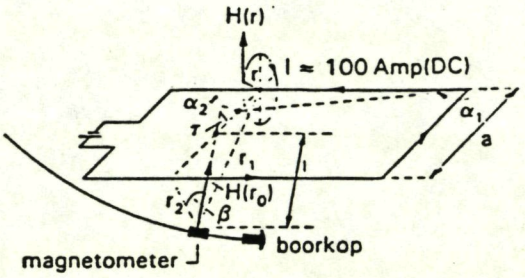
BARRELREAMER ϕ 760 en

LEIDINGENBUNDEL.

" START PULLBACK "


A PLESMAN
INTREDEPUNT
tijdelijke perskade
15°
NS
mudutbraken
NS
H WATERK.
BLINDEW
grout uitbraak
release
mudutbraak
A 15
A 15
LENGTEPROFIEL
geboorde lengte in m'
hoogte t.o.v NAP
+3.60 0
-3.80 34
-7.00 52
-10.50 79
-13.00 130
-13.00 145
-13.00 166
-13.00 188
-10.00 254
-7.00 278
-2.00 335
mud- en grout uitbraak
tijdelijke ophoging
UITTREDEPUNT
KLEIDIJK
10°
DISTRICT DE DELTA
BRIELLE, 21-11-1991

Tru-Tracker-systeem



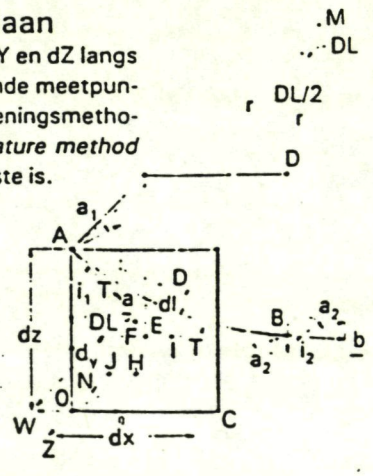
Formules:

- $H(r) = I\{\cos(\alpha_2) - \cos(\alpha_1)\}/(4 \cdot \pi \cdot r) = I/(2 \cdot \pi \cdot r)$ voor een oneindig lange draad en een magnetisch isotroop medium
- $H(r_o)^2 = H(r_1)^2 + H(1r_2)^2 - 2H(r_1) \cdot H(r_2) \cdot \cos(\beta)$
- $a^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 \cdot r_2 \cdot \cos(\beta)$
- $r_1 \cdot r_2 = a \cdot I/(2 \cdot \pi \cdot H(r_o))$
- $I^2 = .5 \cdot a^2 \cdot [\cos^2(\tau) - .5] + .5 \cdot \sqrt{a} \cdot \cos^2(\tau) \cdot \{\cos^2(t) - 1\} + 4(r_1 \cdot r_2)^2$

Op het aardoppervlak wordt, boven de voorgeschreven baan van de boring, een elektrische geleider in een rechthoekige vorm gelegd. De lengte van deze spoel, langs de baan van de boring, is veel groter dan de breedte. De smalle zijde van de rechthoek wordt zo dicht mogelijk bij het te kruisen object gelegd. Door de draad wordt een gelijkstroom (I) van ca. 100 Ampère gestuurd, waardoor om de draad een magneetveld H(r) wordt opgewekt. Dit veld is cirkelvormig als de omgeving van de draad in alle richtingen dezelfde magnetische eigenschappen bezit. Ter plaatse van de magnetometer heerst de vectoriële som van $H(r_1)$, $H(r_2)$ en H_o. Op een afstand van bijvoorbeeld r = 10 m van de draad geldt H(r) = 1.6 A/m. In Nederland is de horizontale component van H_o circa 14 A/m (3 à 4 naar het astronomische Noord-Westen gericht) en de verticale component ca. 33 A/m (naar boven gericht; de hoek tussen H_o en het horizontale vlak is dus zo'n 67). Men kan zich derhalve afvragen of het Tru-Tracker-systeem het signaal van de magnetometer in voldoende mate beïnvloedt. Is de gevoeligheid van de magnetometer voldoende groot, dan kan men de grootte en de richting (τ) van de resulterende veldsterkte ($H(r_o)$) bepalen door bij één of meerdere standen van de magnetometer de stroom I in- en uit te schakelen. Door de stroomrichting om te keren wordt ter plaatse van de magnetometer het aardmagnetisch veld versterkt of verzwakt. Vergroting van de veldsterkte geeft een verhoging van de meetnauwkeurigheid. Aangetoond kan worden dat de drager van de vector $\underline{H}(r_o)$ de afstand a middendoordeelt. Omdat τ en de afstand (l) tussen de magnetometer en het midden van a bekend zijn, is de postie van de magnetometer bekend. In de praktijk gebruikt men, om voldoende nauwkeurigheid te verkrijgen, de vuistregel dat de afstand a ongeveer gelijk moet zijn aan de helft van de te verwachten diepteligging. De effectieve 'zoek'-breedte ligt dan tussen a op het maaiveld en 2 · a op een diepte a.

Berekeningsmethode voor de pilotbaan

Uit dl, i en a kunnen de afgelegde afstanden dX, dY en dZ langs de gekozen coördinaten tussen twee opeenvolgende meetpunten worden berekend. Daartoe staan enkele berekeningsmethoden ter beschikking, waarvan de *minimum curvature method* (de minimum-kromtestraalmethode) de belangrijkste is.



Formules:

- $T = r \cdot tg(DL/2)$
- $dl = r \cdot DL$
- $D = 2 \cdot r \cdot \sin(DL/2)$
- $D^2 = (dX)^2 + (dY)^2 + (dZ)^2$
- $dX = T \cdot [\sin(i_1) \cdot \sin(a_1) + \sin(i_2) \cdot \sin(a2)]$
- $dY = T \cdot [\sin(i_1) \cdot \cos(a_1) + \sin(i_2) \cdot \cos(a2)]$
- $dZ = T \cdot [\cos(i_1) + \cos(i_2)]$
- $\cos(DL) = 0{,}5(D/T)^2 - 1 = \cos(i_1) \cdot \cos(i_2) + \sin(i_1) \cdot \sin(i_2) \cdot \cos(a_1 - a_2)$