



Eindverslag - Bijlagen

VERRUIMING PASSAGE ZEEBURG

ONDERZOEK NAAR UITVOERINGSMETHODE SIFON

ENLARGEMENT PASSAGE ZEEBURG RESEARCH FOR WAY OF REALISATION SIPHON

BIBLIOTHEEK
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Postbus 20.000
3502 LA Utrecht

BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT

NR. C 6984 BDU Bijlage

Afstudeeronderzoek:
Janneke van Dusseldorp

In opdracht van:
Hogeschool van Utrecht

In samenwerking met:
Bouwdienst Rijkswaterstaat

Eindverslag - Bijlagen

VERRUIMING PASSAGE ZEEBURG ONDERZOEK NAAR UITVOERINGSMETHODE SIFON

BIJLAGE 1. TECHNISCH PROGRAMMA VAN EISEN

Het globale projectresultaat betreft een voorontwerp met raming van kosten van een aantal waterbouwkundige werken in de Passage Zeeburg, wat voldoet aan de doelstelling van de opdrachtgever.

De eisen en wensen ten aanzien van het projectresultaat worden verdeeld in 4 groepen:

- randvoorwaarden
- operationele eisen
- functionele eisen
- ontwerpbeperkingen

Randvoorwaarden zijn vaste eisen die niet vanuit het project te beïnvloeden zijn. Hier worden tevens de instanties genoemd die de diverse delen van de infrastructuur in beheer hebben waar onderhavig project op ingrijpt.

Functionele eisen beschrijven in hoofdzaak primair wat de opdrachtgever verwacht van het projectresultaat. Tevens kan hier eventueel de prioriteit van de verschillende werkzaamheden worden aangegeven.

Operationele eisen komen voort uit het gebruik en beheer van de kunstwerken. Deze worden bepaald door:

- de beheerders van de kunstwerken i.v.m. bediening en toekomstig onderhoud,
- de gebruikers van het Amsterdam-Rijnkanaal (scheepvaartverkeer),
- het wegverkeer van de op de kruin van de waterkeringen gesitueerde wegen,
- de beheerders van de waterkeringen,
- het door de Dienst Waterbeheer en Riolering (DWR) gevoerde waterbeheer en kwaliteitsbeheer van de Amstelboezem.

De ontwerpbeperkingen komen onder meer voort uit de keuze van de toe te passen materialen en uitvoeringsmethoden. Dit betreft milieuvriendelijke en duurzame materialen, het zo min mogelijk gebruik maken van milieubelastende technieken, ruimtebeslag en landschap en het op kunnen nemen van belastingen, inclusief de mogelijkheden van gebruik van de bestaande infrastructuur en installaties.

Ook zullen belangen van omwonenden, scheepvaart en wegverkeer tijdens de toekomstige uitvoeringsfase afgewogen worden.

Na de besluitvorming aan het einde van deze voorontwerpfase worden de eisen aangescherpt voor de ontwerpfase. De meest gedetailleerde beschrijving van de geformuleerde eisen vertaalt zich uiteindelijk in het opstellen van een bestek.

Randvoorwaarden

1. Huidige situatie

- De hoogte van de voorkomende waterkeringen.
- Het gebruik van infrastructuur voor weg- en scheepvaartverkeer.

2. Waterstanden

Buiten-IJ

Winterstreefpeil: 0,40 m⁻NAP.

Zomerstreefpeil: 0,20 m⁻NAP.

Overschrijdingskans:

0,00 m⁻NAP (frequentie 10 dagen per jaar)

0,20 m⁻NAP (frequentie 1 keer per 10 jaar)

ARK, voorboezem en Amsterdamse grachten

Streefpeil: 0,40 m⁻NAP.

3. Grondwaterstanden

Door de aanwezigheid van veel oppervlaktewater stroomt het ondiepe grondwater voornamelijk horizontaal af. Omdat er geen gegevens van peilbuizen voorhanden zijn, kan er van worden uitgegaan dat de grondwaterstand gelijk verloopt met het peil van het oppervlaktewater

4. Bodemgesteldheid

Ten behoeve van de toekomstige dijkverplaatsing zijn in 1997 door Fugro sonderingen en grondboringen aan weerszijden van het ARK ter plaatse van de Passage gemaakt. In 1990 is door Grondmechanica Delft grondonderzoek uitgevoerd ter plaatse van de huidige dijken. Ter plaatse van de nieuwe sifon zijn oude boorgegevens (uit 1895) aanwezig en is historisch grondonderzoek uitgevoerd. Het grondprofiel ter plaatse van de nieuwe sifon staat in bijlage 5. Voor het definitieve ontwerp is nader grondonderzoek van de kanaalbodem gewenst.

5. Gebruik en beheer gemaal en sifon

- De capaciteit van de sifon is afhankelijk van de capaciteit van gemaal Zeeburg.
Inlaat: max. 40 m³/sec.
Uitlaat: max. 57 m³/sec.
- Inlaat gebeurt zomers, indien nodig, vier maal in de week en in de winter gemiddeld twee maal per week. Per jaar wordt er, gedurende 2.900 uur, 300 miljoen m³ water ingelaten ten behoeve van de waterverversing (= gem. 29 m³/sec).
- Uitlaat gebeurt bij een waterstand in Amsterdam van 0,25 m⁻NAP of hoger. Dit is gemiddeld 150 uur per jaar. Per jaar wordt er gemiddeld 30 miljoen m³ water gespuid op het Buiten-IJ (= gem. 56 m³/sec).
- De schuiven van de sifon zijn geopend bij gebruik gemaal.

- De kunstwerken zijn in bezit en beheer van verschillende instanties.

Kunstwerk	Eigendom	Beheerder	Opmerkingen
Sifon	RWS dir. Utrecht	DWR	
Gemaal Zeeburg	DWR/ RWS	DWR	De grootste pomp is eigendom van RWS dir. Utrecht. Stroomkosten: RWS.

6. Waterkeringen

- De beide dijken langs de Passage maken deel uit van primaire waterkeringen. De westdijk (Westelijke Merwedekanaaldijk) maakt deel uit van dijkkring 14 met een overschreidingskans van 1/10.000. De oostdijk (Zuider IJdijk en Diemer Zeedijk) maken deel uit van dijkkring 44 welke een veiligheidsniveau van 1/4000 krijgt.
- Bij dijkverplaatsing, wordt voor de oostelijke dijk een kruinhoogte aangehouden van 2,50 m⁺NAP. De Westelijke Merwedekanaaldijk heeft ter plaatse van de nieuwe sifon een hoogte van 1,90 m⁺NAP.
- De waterkeringen zijn in beheer van RWS directie Utrecht. Toezicht wordt gehouden door Dienst Waterbeheer en Riolering en Provincie Noord-Holland.

7. Gebruik Amsterdam-Rijnkanaal

Het ARK wordt voornamelijk gebruikt voor aan- en afvoer van water en als hoofdtransportas.

- Het streefpeil van het ARK is gesteld op 0,40 m⁻NAP. Gemiddeld eens in de twee à drie jaar is er sprake van overschrijding van 0,60 m⁻NAP. Bij een waterstand van 0,30 m⁻NAP wordt een maalbeperking ingesteld voor omliggende beheerders en bij een waterstand van 0,00 m⁺NAP een maalstop.
- Het debiet in de Passage is noordwaarts gericht met een minimum van 10 m³/sec en een gemiddelde van circa 30 m³/sec.

jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	gem
27	25	37	27	28	35	36	37	28	32	41	39	32

Tabel: debiet ARK in 1992 (m³/sec).

- Het kanaal heeft in de Passage een bakprofiel met een breedte van 76 meter en een waterdiepte van 6,0 meter.
- De totale omvang van het scheepvaartverkeer bij Zeeburg staat in de onderstaande tabel.

	1996	2010	index 2010	2020	index 2020
Binnenvaart	73.935	82.238	111	100.744	136
Zeevaart	857	1.194	139	1.502	175
Beroepsvaart totaal	74.792	83.432	112	102.246	137
Bijzondere vaartuigen	4.674	4.674	100	4.674	100
Recreatievaart	10.367	13.684	132	16.674	161
Totaal	89.833	101.790		123.594	
Extra TiB		1.182		1.619	
Regio ontwikkelingen		11.318		13.597	
Totaal		114.290		138.810	

Tabel: Totale omvang scheepvaartverkeer bij Zeeburg in 1996, 2010 en 2020 per type scheepvaart. (Bron: NEA)

8. Ruimtebeslag en milieu

- De werkzaamheden uitvoeren op een wijze waarbij de vereiste milieubeschermingsmaatregelen in acht worden genomen, hierbij ruimtebeslag zoveel mogelijk beperken.
- De volgende oppervlaktewateren en terreinen zijn in beheer van verschillende instanties:

<i>Oppervlaktewater/terrein</i>	<i>Beheerder</i>	<i>Opmerkingen</i>
Amsterdam-Rijnkanaal	RWS, dienstkring ARK	
Buiten-IJ	RWS, directie IJsselmeergebied	
Voorboezem	DWR	Peil gelijk aan ARK
Amsterdamse grachten	DWR	

- De werken moeten passen in de bestaande streek- en bestemmingsplannen.

Functionele eisen

1. Transporteren van het spuiwater van gemaal Zeeburg van de voorboezem naar het Buiten-IJ en vice versa.
2. Functionele maatregelen: Verwijderen huidige sifon en aanleg nieuwe sifon, bestaande uit een leidinggedeelte van 130 meter met aan weerszijden een uitstroomopening.
3. De westelijk uitstroomopening moet worden gesitueerd aan de buitenzijde van de Westelijke Merwedekanaaldijk.
4. De oostelijke uitstroomopening moet worden gesitueerd aan de buitenzijde van de Zuider IJdijk, rekening houdend met de dijkverlegging in oostelijke richting tot een kanaalbreedte van 130 meter.
5. Op de uitstroomopeningen moet een schuivengebouw worden gesitueerd waarin ruimte wordt gehouden voor de schuiven in geopende stand, de bewegingswerken en het bedienend personeel.
6. De minimale gronddekking op de leiding ter plaatse van de kanaalbodem en de aansluitende taluds is 3000 mm. Voor een betonnen koker mag een gronddekking van 1000 mm worden aangehouden, mits bodembescherming wordt toegepast.
7. Het ontwerpdebiet bedraagt 57 m³/sec. bij een maximaal verval van 500 mm.
8. Weg- en scheepvaartverkeer mag geen hinder ondervinden van de sifon en/of de schuivengebouwen in de gebruiksfase.
9. De ontwerplevensduur van het civiele deel van de constructies afstemmen op 100 jaar. De ontwerplevensduur van de bewegende delen afstemmen op 50 jaar. Vervangbare componenten ontwerpen op optimale investerings- versus exploitatiekosten.
10. Constructies ontwerpen op basis van minimale totale aanleg- en gekapitaliseerde exploitatiekosten gedurende een periode van 30 jaar.
11. Rekening houden met te water geraakte personen aan de instroomzijden van de sifon.

Operationele eisen

1. Rekening houden met toegangsmogelijkheden van de sifon voor inspectie en onderhoud.
2. Uit beheersoogpunt moet de sifon bestaan uit minimaal twee kokers.
3. De uitstroomconstructies uitvoeren als gewapend betonconstructie.
4. De uitstroomopeningen voorzien van een installatie ten behoeven van het opvangen van drijvend en zwevend vuil.
5. De kokers moeten aan beide zijden worden voorzien van schuiven, welke onafhankelijk van elkaar geopend of gesloten kunnen worden.
6. Elke schuif moet voorzien zijn van een bewegingswerk, welk zowel elektrisch als met handkracht te bedienen is.
7. Daar waar uit veiligheidsoverwegingen noodzakelijk, leuningen plaatsen op het kunstwerk.
8. Aansluitend aan de uitstroomopeningen bodem- en taludbekleding aanbrengen voor zover als volgens de berekening noodzakelijk is.
9. Onder en naast de uitstroomopeningen onder- en achterloopheidschermen toepassen.
10. Tijdens de uitvoeringsfase mag de sifon maximaal 6 maanden buiten gebruik zijn, bij voorkeur in de periode maart tot augustus. Het gemaal moet dan ten alle tijde kunnen inlaten van het ARK.
11. Mogelijke optredende stroomsnelheden dwars op de scheepvaart ten gevolge van afwatering van gemaal Zeeburg op het ARK beperken tot max 0,3 m/s. Bij inlaat mag een stroomsnelheid van 0,5 m/s worden aangehouden.
12. Tijdens uitvoeringsfase de veiligheid van de waterkeringen waarborgen.
13. Ten behoeve van de scheepvaart moet ten allen tijde een vaarstrook van 30 meter beschikbaar zijn. Gedeeltelijk stremming is toegestaan gedurende een periode van max. één maand aaneengesloten. Een volledige stremming is bespreekbaar tot een periode van 48 uur aaneengesloten.
14. Stremming van het wegverkeer op de Zuider IJdijk is niet toegestaan, met uitzondering van de periode waarin een hulpbrug moet worden geplaatst en verwijderd. Stremming van de verkeersweg op de Westelijke Merwedekanaaldijk is toegestaan ten noorden van de Amsterdamse brug, mits het gemaal toegankelijk blijft.
15. De bij ontgraving vrijgekomen grond tijdelijk of definitief opslaan in depots. De grond scheiden naar grondsoort en milieuklasse.
16. Rekening houden met het winterseizoen voor wat betreft het werken aan de primaire waterkeringen.

Ontwerpbeperkingen

1. Stimuleren van alternatieve milieuvriendelijke bouwstoffen en/ of hergebruik van materialen.
2. Rekening houden met vigerende bouwvoorschriften.
3. Constructies eventueel (kosteneffectief) behandelen tot gewenste levensduur wordt gegarandeerd.
4. Stabiliteit en sterkte van bestaande constructies en dijklichamen waarborgen.
5. Rekening houden met onbemande bouwlocaties.
6. Streven in het ontwerp naar meest milieuvriendelijke oplossingen, mede in relatie tot de kosten van aanleg en exploitatie.
7. In stand houden, behoudens korte onderbrekingen, van natuurwaarden van de dijken en langs de oevers van het ARK en het Buiten-IJ.
8. Rekening houden met bestaand kabel- en leidingenverloop.
9. De vormgeving van de gebouwen moet passen in de bestaande omgevingswaarde.

BIJLAGE 2. HYDRAULISCHE BEREKENINGEN

Energieverliezen

De sifon is te schematiseren als een leiding tussen twee wateren met verschillende waterstanden. Door het drukverschil gaat het water stromen van hoogwater naar laagwater. Het snelheid waarmee dat gebeurt is afhankelijk van het drukverschil en de optredende energieverliezen. Deze energieverliezen zijn onder te verdelen in wrijvingsverliezen en vertragsverliezen en zijn afhankelijk van de vorm en het materiaal van de leiding en de in- en uitstroomopeningen.

Het energieverval over de leiding is als volgt uit te drukken:

$$\Delta H = \xi * v^2 / 2g$$

Hierin is:

ΔH = het energieverlies veroorzaakt door vertraging of wrijving [m];

ξ = de nader te bepalen verliescoëfficiënt, afhankelijk van de mate van vertraging of de mate van wrijving [-];

$v^2/2g$ = de snelheidshoogte [m].

Wrijvingsverlies:

Bij een eenparige turbulente stroming is de verliescoëfficiënt ten gevolge van wrijving:

$$\xi_w = \lambda * l / 4R$$

Hierin is:

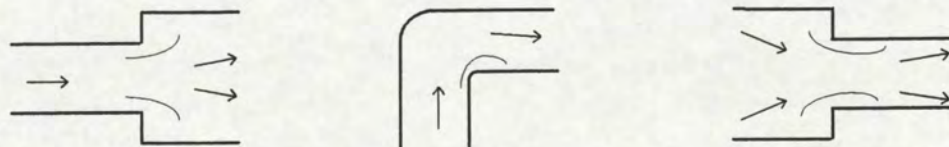
$\lambda = 0,128 * (k/R)^{1/3}$ = de wrijvingsfactor die afhankelijk is van de wandruwheid [-];

k = de oneffenheid van het wandmateriaal [m];

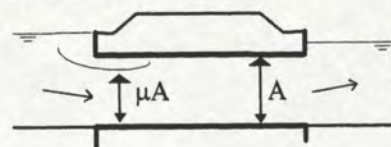
l = de lengte van het beschouwde leidingtraject [m];

R = de hydraulische straal van de leiding [m].

Behalve wrijvingsverliezen treden bij vloeistofstromingen ook vertragsverliezen op. Deze vertragingen doen neren ontstaan, welke energie aan de hoofdstroom onttrekken. Vertragingen treden onder andere op bij verandering van de buisdiameter en de aanwezigheid van bochten en afsluiters, zoals hieronder aangegeven.



Intreeverlies:



Intree- of uittreeverliezen treden op als een vloeistof een buis of kanaal in- resp. uitstroomt. Bij het instromen van het water treedt contractie op, d.w.z. verkleining van de doorsnede van de binnenstromende vloeistofstraal tot $\mu \cdot A$. μ is hierbij de contractiecoëfficiënt. Het optredende energieverlies wordt veroorzaakt door de vertraging die na de contractie ontstaat, dus als gevolg van de extractie van $\mu \cdot A$ naar A .

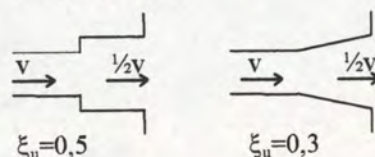
De verliescoëfficiënt ten gevolge extractie is:

$$\xi_i = (A/\mu A - 1)^2$$

ξ_i varieert met de uitvoering van de instroming. De tabel hieronder geeft een aantal typen instromingen met de daarbij behorende waarden van ξ_i weer.

Uitvoering	scherpe hoeken	naar binnen uitstekend	afgeschuinde hoek	afronding met kleine straal	afronding met grote straal	scherp en onder een hoek α
ξ_i	0,4 à 0,5	0,8 à 1,0	0,2 à 0,3	0,1	0,0	$0,5 + 0,3\cos\alpha + 0,2\cos^2\alpha$

Uittreeverlies:



Bij een ongehinderde uitstroming van de vloeistof in het Buiten-IJ gaat de snelheid plotseling volledig verloren ($\xi_u=1$). Door een getrapte of geleidelijke verwijding kan dit uittreeverlies worden gereduceerd. Wordt de snelheid eerst tot de helft teruggebracht dan treedt een energieverlies op van $\Delta H=0,5 \cdot v^2/2g$. In dit geval is $\xi_u=0,5$. De verliescoëfficiënt ten gevolge van uittreeverlies bij een conische verwijding is ongeveer $\xi_u=0,3$.

Bochtverliezen:

De verliescoëfficiënt ξ_b van een bocht is voornamelijk afhankelijk van de verhouding r/D , de hoek α tussen de hartlijnen van de twee buizen en de ruwheid van de leidingwand. Een goede benadering is te maken met de volgende formule:

$$\xi_b = \sin \alpha * 0,44D^2/r^2 + 6\lambda$$

Het totale energieverlies in een docht is het bochtverlies vermeerderd met het wrijvingsverlies van de ontwikkelde bochtlengthte. Ligger twee bochten direct achter elkaar dan is het totale verlies het dubbele van de som van elke bocht afzonderlijk.

Knikverliezen:

De grootte van de knikcoëfficiënt ξ_k is voornamelijk afhankelijk van de knikhoek α en in mindere mate van de wandruwheid. Voor een ronde buis mogen bij benadering de waarden van de onderstaande tabel worden aangehouden.

α	5°	10°	15°	30°	45°	60°	90°
ξ_k	0,02	0,04	0,05	0,15	0,28	0,55	1,20

De waarden bij een vierkante koker liggen iets hoger. Bij $\alpha = 90^\circ$ is $\xi_k \approx 1,40$.

In tegenstelling tot het bochtverlies is het totale energieverlies bij twee knikken direct achter elkaar, kleiner dan de som van de verliezen van elke knik afzonderlijk. Het knikverlies kan daarom aanzienlijk beperkt worden door een grote knik te splitsen in een aantal kleinere. Men spreekt dan van een samengestelde knik. Dit geldt ook als de knikken een tegengestelde richting hebben. Het energieverlies is minimaal als de afstand tussen twee knikken gelijk is aan 8 à 10D.

Verlies bij schuifafsluiters:

Bij de sifon wordt de afvoer mede geregeld door afsluiters aan beide zijden van de leiding. Als deze afsluiters helemaal open staan treed een licht energieverlies op door het ontstaan van kleine wervelingen in de schuifspanningen van de afsluiters. De verliescoëfficiënt ξ_s ligt tussen de 0,1 en 0,2 per afsluiter.

GVK Leiding

De ontwikkelde lengte van de kunststof leiding is 130 meter. De inwendige diameter is 2457 mm en er zitten aan beide zijden twee samengestelde knikken van $22\frac{1}{2}^\circ$. De lengte van de betonnen uitstroomopeningen is 20 meter. Het inwendige doorstroomprofiel is 2500x2500 mm. Het debiet per leiding $q = 14,25 \text{ m}^3/\text{s}$. De optredende wrijvings- en vertragingverliezen zijn:

Wrijvingsverliezen:

$$\begin{aligned} \xi_{w,k} &= \lambda \cdot l_k / 4R = 0,21 & \xi_{w,b} &= \lambda \cdot l_b / 4R = 0,14 \\ \lambda &= 0,128 \cdot (k/R)^{1/3} = 0,004 & \lambda &= 0,128 \cdot (k/R)^{1/3} = 0,009 \\ k &= 0,02 \text{ mm} & k &= 0,2 \text{ mm} \\ R &= \frac{1}{4}D = 614 \text{ mm} & R &= A/O = 625 \text{ mm} \\ l_k &= 130 \text{ m} & l_b &= 40 \text{ m} \\ 4R &= D = 2457 \text{ mm} & 4R &= 2500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Vertragingverliezen:

Intreeverlies	afschuining met ronde hoeken	$\xi_i = 0,1$
Uittreeverlies	afschuining met ronde hoeken	$\xi_u = 0,3$
Knikverliezen	4 samengestelde knikken	$\xi_k = 4 \cdot 0,05 = 0,2$
Verlies bij afsluiters	2 afsluiters	$\xi_s = 2 \cdot 0,1 = 0,2$

Het energieverval over de kunststof leiding is:

$$\Delta H = \xi_{\text{tot}} * v^2 / 2g = 1,15 * 3,00^2 / 20 = \mathbf{0,52 \text{ meter.}}$$

$$\xi_{\text{tot}} = \xi_w + \xi_i + \xi_u + \xi_k + \xi_s = 0,21 + 0,14 + 0,1 + 0,3 + 0,2 + 0,2 = 1,15;$$

$$v = q/A = 14,25 / \frac{1}{4}\pi D^2 = 3,00 \text{ m/s;}$$

Dit voldoet niet aan de eis van een maximaal verval van 500 mm, maar de afwijking valt wel binnen de 5%. Omdat grotere diameters (nog) niet leverbaar zijn wordt deze afwijking getolereerd.

Persleiding

De lengte van de betonnen leiding is 130 meter. De inwendige diameter is 4000 mm. De lengte van de betonnen uitstroomopeningen is 20 meter. Het inwendige doorstroomprofiel is 4000x4000 mm. In de landhoofden bevinden zich twee samengestelde knikken van 45°. Het debiet per leiding $q = 28,50 \text{ m}^3/\text{s}$. De optredende wrijvings- en vertragsingsverliezen zijn:

Wrijvingsverliezen:

$$\xi_{w,l} = \lambda * l_k / 4R = 0,33$$

$$\lambda = 0,128 * (k/R)^{1/3} = 0,010$$

$$k = 0,5 \text{ mm}$$

$$R = \frac{1}{4}D = 1000 \text{ mm}$$

$$l_k = 130 \text{ m}$$

$$4R = D = 4000 \text{ mm}$$

$$\xi_{w,u} = \lambda * l_b / 4R = 0,10$$

$$\lambda = 0,128 * (k/R)^{1/3} = 0,010$$

$$k = 0,5 \text{ mm}$$

$$R = A/O = 1000 \text{ mm}$$

$$l_b = 40 \text{ m}$$

$$4R = 4000 \text{ mm}$$

Vertragsingsverliezen:

Intreeverlies

afschuining met ronde hoeken

$$\xi_i = 0,1$$

Uittreeverlies

afschuining met ronde hoeken

$$\xi_u = 0,3$$

Knikverliezen

4 samengestelde knikken

$$\xi_k = 4 * 0,15 = 0,6$$

Verlies bij afsluiters

2 afsluiters

$$\xi_s = 2 * 0,1 = 0,2$$

Het energieverval over de kunststof leiding is:

$$\Delta H = \xi_{\text{tot}} * v^2 / 2g = 1,63 * 2,27^2 / 20 = \mathbf{0,42 \text{ meter.}}$$

$$\xi_{\text{tot}} = \xi_w + \xi_i + \xi_u + \xi_k + \xi_s = 0,33 + 0,10 + 0,1 + 0,3 + 0,6 + 0,2 = 1,63;$$

$$v = q/A = 28,50 / \frac{1}{4}\pi D^2 = 2,27 \text{ m/s;}$$

Dit voldoet aan de eis van een maximaal verval van 500 mm.

Schuifkoker

De lengte van het doorstroomprofiel is 170 meter. Het inwendige doorstroomprofiel is 4000*3000 mm. In de landhoofden bevinden zich twee knikken van 30°. Het debiet per koker $q = 28,50 \text{ m}^3/\text{s}$. De optredende wrijvings- en vertragsingsverliezen zijn:

Wrijvingsverliezen:

$$\xi_{w,l} = \lambda * l_k / 4R = 0,53$$

$$\lambda = 0,128 * (k/R)^{1/3} = 0,011$$

$$k = 0,5 \text{ mm}$$

$$R = A/O = 857 \text{ mm}$$

$$l_k = 170 \text{ m}$$

$$4R = 3428 \text{ mm}$$

Vertragsingsverliezen:

Intreeverlies afschuining met ronde hoeken

$$\xi_i = 0,1$$

Uittreeverlies afschuining met ronde hoeken

$$\xi_u = 0,3$$

Knikverliezen 4 knikken van 30°

$$\xi_k = 4 * 0,15 = 0,60$$

Verlies bij afsluiters 2 afsluiters

$$\xi_s = 2 * 0,1 = 0,2$$

Het energieverval over de kunststof leiding is:

$$\Delta H = \xi_{\text{tot}} * v^2 / 2g = 1,73 * 2,38^2 / 20 = 0,49 \text{ meter.}$$

$$\xi_{\text{tot}} = \xi_w + \xi_i + \xi_u + \xi_k + \xi_s = 0,53 + 0,1 + 0,3 + 0,60 + 0,2 = 1,73;$$

$$v = q/A = 28,50 / b * h = 2,38 \text{ m/s};$$

Dit voldoet aan de eis van een maximaal verval van 500 mm.

Bodembescherming

Bij het ontwerpen van watergangen is het een eis dat een uitgevoerd werk in stand blijft. Daarom mag er geen uitschuring van de bodem plaatsvinden. Het uitschuren van de bodem is afhankelijk van een aantal factoren:

1. korrelgrootte van het bodemmateriaal
2. waterdiepte (hydraulische straal)
3. turbulentie
4. taludhelling
5. cohesie (samenhang van het bodemmateriaal)
6. snelheidsgradiënt van het water

1/2 De gemiddelde stroomsnelheid waarbij het materiaal op een horizontale bodem in beweging komt kan met de onderstaande formule worden berekend:

$$v_e = a \cdot C_k \cdot \sqrt{d_{50}}$$

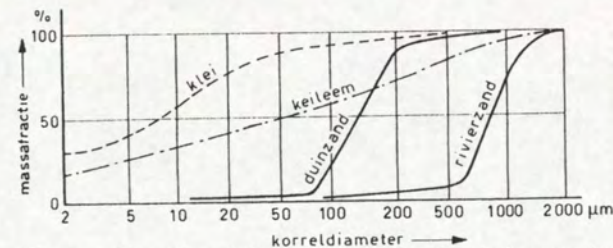
Hierin is:

a = een empirisch bepaalde factor = $0,22 \cdot \sqrt{(\rho_{\text{mat}} - \rho_{\text{water}}) / \rho_{\text{water}}}$

C_k = de coëfficiënt van Chézy = $18 \log 12R/d_{90}$

d_{50} = een maat voor de korrelverdeling.

De korrelverdeling van een aantal grondsoorten en stortsteen staat hieronder vermeld



Figuur: Korrelverdelingsdiagram voor enkele grondsoorten

materiaal	massa	d_{10}	d_{50}	d_{90}
zeer lichte stortsteen	5-40	140	230	280
lichte stortsteen	10-80	175	290	350
zware stortsteen	80-200	350	420	480
zeer zware stortsteen	1000-6000	815	1250	1480

Figuur: Gebruikelijke steenaafmetingen van blokken natuursteen.

3. Bij turbulent water wordt aan de bovenstaande formule een correctiefactor toegevoegd die afhankelijk is van de mate van turbulentie:

$$v_{et} = f_t * a * C_k * \sqrt{d_{50}}$$

Hierin is:

f_t = de turbulentie factor. Deze varieert van 1,0 (bij een turbulentie $\leq 0,2 v_{gem}$) tot 0,5 (bij een turbulentie $\geq 0,7 v_{gem}$). Voor de sifon wordt een factor aangehouden van 0,6.

4. Een korrel op een hellend vlak verkeert in een ongunstiger evenwicht dan een korrel op een vlak deel. Daarom wordt voor een korrel op een hellend vlak een taludfactor aan de formule toegevoegd:

$$v_{eh} = t * f_t * a * C_k * \sqrt{d_{50}}$$

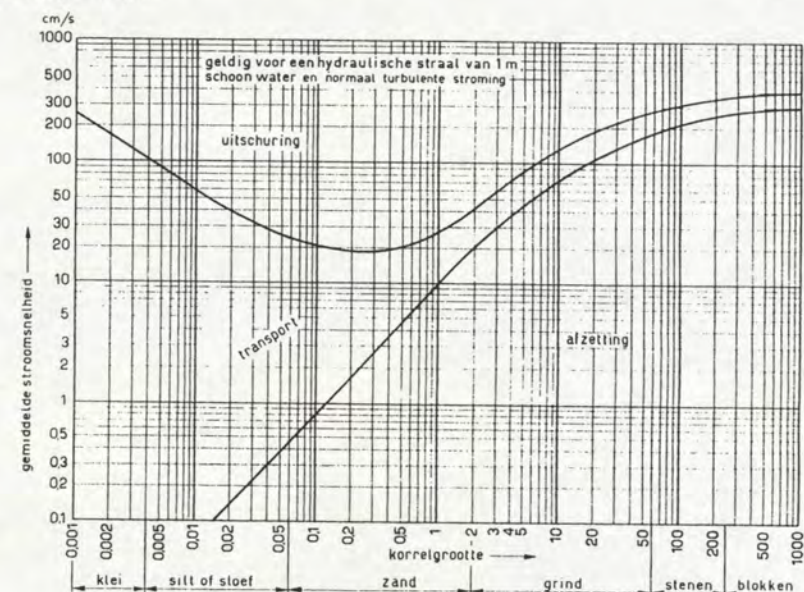
Hierin is:

$$t = \text{de talud factor} = (1 - \sin^2 \alpha / \sin^2 \varphi)^{1/4}$$

α = taludhelling

φ = inwendige wrijvingshoek van het materiaal

5. Door de cohesiekrachten bij samenhangende grond (klei, leem, veen) schuurt de bodem minder snel uit dan je gezien de korreldiameter zou verwachten. De nevenstaande grafiek geeft een globale indicatie voor het beoordelen van de invloed van verschillende stroomsnelheden op klei-, zand- en grindbodems. De invloed van de waterdiepte en turbulentie zijn hierin niet meegenomen.



Figuur: De invloed van de stroomsnelheid op klei-, zand- en grindbodems

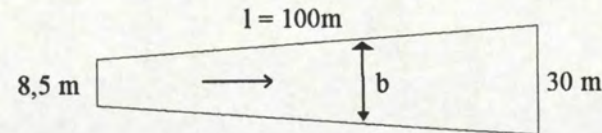
6. Er is een grens aan het materiaaltransporterend vermogen van het water. Bij gelijkblijvende stroomsnelheid zal de uitschuring over de afstand steeds minder worden. Daar tegenover zal het materiaal in het water bij een afnemende stroomsnelheid zelfs sedimenteren. De mate van erosie en sedimentatie is dus afhankelijk van de snelheidsgradiënt tussen twee punten.

Zeer globaal geldt: De stroomsnelheden die worden toegelaten op een bodembescherming van lichte stortsteen bedragen 3,5 à 4,0 m/s. Voor zware stortsteen rekent men met toelaatbare snelheden van 4,5 à 5,0 m/s. Fijnere berekeningen kunnen worden uitgevoerd met de bovenstaande formules.

GVK leiding

De stroomsnelheid bij uitlaat is 3,0 m/s. Een kleibodem gaat uitschuren bij een stroomsnelheid van 1,0 m/s. Daarom moet ter plaatse van de uitstroomopeningen bodembescherming worden toegepast om uitschuring te voorkomen.

Daar waar de snelheid in de waterdoorvoerende doorsnede $A = 2,5\text{m} \cdot b$ kleiner is dan $v = f_t \cdot 1,0 = 0,6 \text{ m/s}$ zal geen uitschuring van de kleigrond meer plaatsvinden.



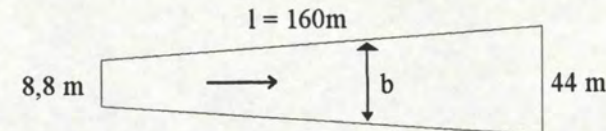
$$v = q/A = 57 / 2,5 \cdot b \leq 0,6 \text{ m/s}$$
$$b \geq 38 \text{ m}$$

Dit treedt op vanaf ca. 140 meter van de uitstroomopening. Over deze afstand zal lichte stortsteen op een zinkstuk als bodembescherming moeten worden toegepast.

Persleiding

De stroomsnelheid bij uitlaat is 2,27 m/s. Een kleibodem gaat uitschuren bij een stroomsnelheid van 1,0 m/s (zie bijlage 3). Daarom moet ter plaatse van de uitstroomopeningen bodembescherming worden toegepast om uitschuring te voorkomen.

Daar waar de snelheid in de waterdoorvoerende doorsnede $A = 4,0 \cdot b$ kleiner is dan $v = f_t \cdot 1,0 = 0,6 \text{ m/s}$ zal geen uitschuring van de kleigrond meer plaatsvinden.



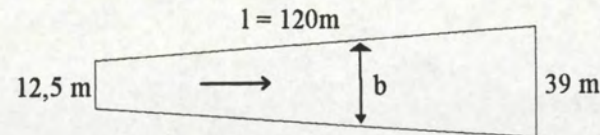
$$v = q/A = 57 / 4,0 \cdot b \leq 0,6 \text{ m/s}$$
$$b \geq 24 \text{ m}$$

Dit treedt op vanaf ca. 70 meter van de uitstroomopening. Over deze afstand zal lichte stortsteen op een zinkstuk als bodembescherming moeten worden toegepast.

Schuifkoker

De stroomsnelheid bij uitlaat is 2,38 m/s. Een kleibodem gaat uitschuren bij een stroomsnelheid van 1,0 m/s (zie bijlage 3). Daarom moet ter plaatse van de uitstroomopeningen bodembescherming worden toegepast om uitschuring te voorkomen.

Daar waar de snelheid in de waterdoorvoerende doorsnede $A = 3,0 \cdot b$ kleiner is dan $v = f_t \cdot 1,0 = 0,6$ m/s zal geen uitschuring van de kleigrond meer plaatsvinden.



$$v = q/A = 57 / 3,0 \cdot b \leq 0,6 \text{ m/s}$$
$$b \geq 32 \text{ m}$$

Dit treedt op vanaf ca. 90 meter van de uitstroomopening. Over deze afstand zal lichte stortsteen op een zinkstuk als bodembescherming moeten worden toegepast.

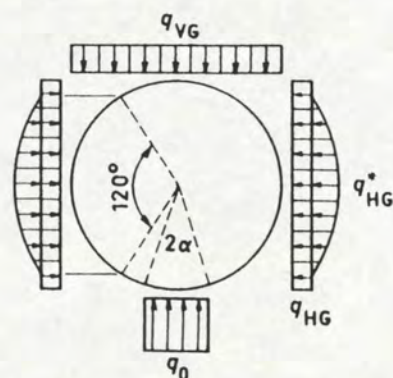
BIJLAGE 3. STERKTEBEREKENINGEN

GVK leiding

De doorsnede wordt alleen berekend op sterkte in de gebruiksfase. De doorsnede ter plaatse van de oostelijke dijk is maatgevend. Het maaiveld van de oostelijke dijk ligt op 3,7 m⁻NAP. Het grondwaterpeil ligt op 0,2 m⁻NAP. Omdat de leiding wordt afgezonken en de dijk ter plaatse van de leiding wordt ontgraven bestaat de bovengrond alleen uit aangevuld kleiig zand. De bovenzijde van de leiding ligt op 9,4 m⁻NAP. De ondergrond van de leiding bestaat tot 12½ m⁻NAP uit kleiig zand met laagjes veen, van 12½ m⁻NAP tot 18½ m⁻NAP uit klei- en zandlagen en vanaf 18½ m⁻NAP uit vast zand. Voor het afzinken van de leiding wordt de ondergrond tot 12½ m⁻NAP afgegraven en aangevuld met zand tot 11,9 m⁻NAP.

Grondbelasting

Volgens de CUR 122 (lit.26) moeten de grondbelastingen op de leiding als volgt worden gedimensioneerd:



$$q_{vg} = \lambda_{hg} \cdot \kappa \cdot \gamma \cdot H$$

$$q_{hg} = \lambda_{hg} \cdot \kappa \cdot \gamma \cdot H$$

$$q_{hg}^* = \text{steundruk t.g.v. ovalisatie. Wordt verwaarloosd.}$$

Hierin is :

$$\lambda_{vg} = 1,0 + (\alpha' \cdot H/D_u) / (4,0 + 2,4 \cdot E_1/E_4 + (0,55 + 1,88 \cdot E_1/E_4) \cdot H/D_u)$$

$$\alpha' = \alpha \cdot E_1/E_2$$

α = percentage van de hoogte waarover factor E_2 wordt aangehouden.

E_1, E_2, E_4 = elasticiteitsmodulus van grond boven, naast en onder de buis.

κ = reductiefactor bij grondbelasting ten gevolge van silowerking

$\gamma \cdot H$ = gewicht van de grond boven de buis

$$\lambda_{hg} = (4 - \lambda_{vg}) / 3 \cdot K_2$$

K_2 = grondconstante = 0,4 voor niet of weinig samenhangende grond

$$2\alpha = \text{de opleghoek} = 30^\circ$$

Figuur: Schematisering van de grondbelasting

Omdat de grond rondom de leiding volledig is aangevuld, kan ervan worden uitgegaan dat $E_1 = E_2 = E_4$.

$$2\alpha = 30^\circ \rightarrow b = 2 \cdot r \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 1,25 \cdot \sin 15^\circ = 0,65 \text{ meter,}$$

$$h = r - r \cdot \cos \alpha = 1,25 - 1,25 \cdot \cos 15^\circ = 0,04 \text{ meter}$$

$$\lambda_{vg} = 1,0 + ((1 - 0,04/2,5) \cdot 1 \cdot (3,7 + 9,4)/2,5) / (4,0 + 2,4 \cdot 1 + (0,55 + 1,88 \cdot 1) \cdot (3,7 + 9,4)/2,5)$$

$$= 1,0 + (0,983 \cdot 13,1/2,5) / (6,4 + 2,43 \cdot 13,1/2,5) = 1,27$$

$$\kappa = 1$$

$$\gamma \cdot H = (3,7 + 0,2) \cdot 18 + (9,4 - 0,2) \cdot (20 - 10) = 162,2 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{vg} = \lambda_{vg} \cdot \kappa \cdot \gamma \cdot H = 1,27 \cdot 162,2 = 206,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{HG} = (4 - \lambda_{VG})/3 * K_2 * \kappa * \gamma * H = (4 - 1,27)/3 * 0,4 * 162,2 = 59,0 \text{ kN/m}^2$$

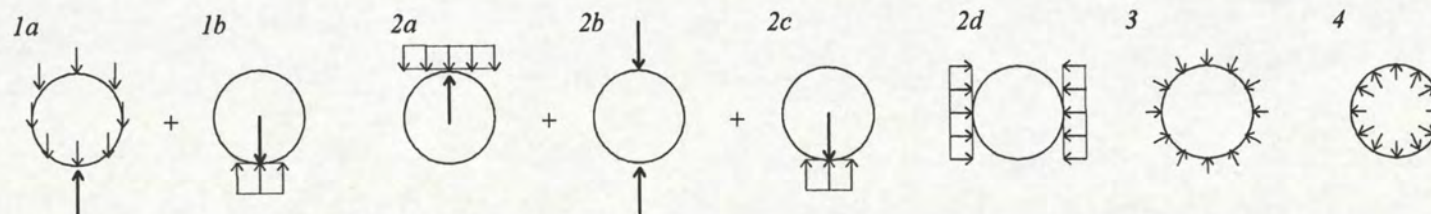
Eigen gewicht

Het eigen gewicht van de gvk leiding is $8,27 \text{ kN/m}^1 = 8,27/2,5\pi = 1,05 \text{ kN/m}^2$

Inwendige en uitwendige waterdruk.

Voor de eenvoud van de berekening wordt de inwendige en uitwendige waterdruk alom gelijk gehouden op $9,4+1,3-0,2 = 105 \text{ kN/m}^2$

Met behulp van de formules van R.J. Roark (lit.25) wordt de volgende schematisering aangehouden:



1a eigen gewicht = $1,05 \text{ kN/m}^2$

1b oplegging = $8,27/0,65 = 1,27 \text{ kN/m}^2$

2a verticale grondbelasting = $206,0 \text{ kN/m}^2$

2b oplegreactie = $206,0 * 2,5 = 515,0 \text{ kN/m}^1$

2c oplegging = $515,0/0,65 = 792,3 \text{ kN/m}^2$

2d horizontale grondbelasting = $59,0 \text{ kN/m}^2$

3 uitwendige druk = 105 kN/m^2

4 inwendige druk = 105 kN/m^2

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3	4
M_{boven}	0,8	0,0	108,5	204,9	1,1	-23,0	0	0
M_{onder}	2,5	0,1	15,9	204,9	38,0	-23,0	0	0
T	0,7	-0,0	-27,3	0	-1,8	-73,8	-131,3	131,3
V_{boven}	0	0	404,5	0	0	0	0	0
V_{onder}	-4,8	0,1	0	0	67,4	0	0	0
V_{midden}	-0,7	0,0	27,3	0	1,8	42,0	0	0

Voor de leiding zijn een drietal belastingcombinaties maatgevend, namelijk representatieve belastingen, gevulde leiding en lege leiding. Deze belastingcombinaties verschillen onderling in de toegepaste veiligheidsfactoren. De grote van deze veiligheidsfactoren en de optredende krachten staan in de onderstaande tabellen vermeld.

	1	2	3	4
rep	1,0	1,0	1,0	1,0
vol	0,9	0,9	0,9	1,2
leeg	1,2	1,5	1,2	0

	M_{boven}	M_{onder}	T	V_{boven}	V_{onder}	V_{midden}
rep	292,3	238,4	-102,2	404,5	62,7	70,4
vol	263,1	214,6	-52,6	364,1	56,4	63,4
leeg	438,2	356,8	-311,1	606,8	95,5	105,8

De maatgevende waarde van de krachten staan vet gedrukt.

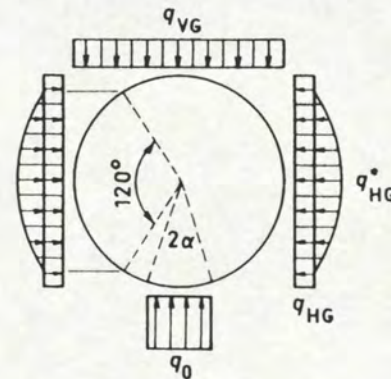
Persleiding

De doorsnede wordt alleen berekend op sterkte in de gebruiksfase. De doorsnede ter plaatse van de oostelijke dijk is maatgevend. Het maaiveld van de oostelijke dijk ligt op 3,7 m⁺NAP. Het grondwaterpeil ligt op 0,2 m⁻NAP. Voor het aanbrengen van de leiding hoeft de dijk niet te worden afgegraven, waardoor het bestaande grondprofiel in tact blijft.

De bovenzijde van de leiding ligt ter plaatse van de dijk op 12,3 m⁻NAP. De bovengrond bestaat tot 2½ m⁻NAP uit opgebracht zand. Van 2½ m⁻NAP tot 7 m⁻NAP bestaat de grond uit veen, van 7 m⁻NAP tot 9 m⁻NAP uit een kleiige zandlaag en van 9 m⁻NAP tot 12½ m⁻NAP uit kleiig zand met laagjes veen. De ondergrond bestaat van 12½ m⁻NAP tot 18½ m⁻NAP uit klei- en zandlagen en vanaf 18½ m⁻NAP begint de vaste zandlaag, welke doorloopt tot 27 m⁻NAP.

Grondbelasting

Volgens de CUR 122 (lit.26) moeten de grondbelastingen op de leiding als volgt worden gedimensioneerd:



Figuur: Schematisering van de grondbelasting

$$q_{VG} = \lambda_{VG} \cdot \kappa \cdot \gamma \cdot H$$

$$q_{HG} = \lambda_{HG} \cdot \kappa \cdot \gamma \cdot H$$

$$q_{HG}^* = \text{steundruk t.g.v. ovalisatie} = 0 \text{ kN/m}^2$$

Hierin is :

$$\lambda_{VG} = 1,0 + (\alpha' \cdot H/D_u) / (4,0 + 2,4 \cdot E_1/E_4 + (0,55 + 1,88 \cdot E_1/E_4) \cdot H/D_u)$$

$$\alpha' = \alpha \cdot E_1/E_2$$

α = percentage van de hoogte waarover factor E_2 wordt aangehouden.

E_1, E_2, E_4 = elasticiteitsmodulus van grond boven, naast en onder de buis.

κ = reductiefactor bij grondbelasting ten gevolge van silowerking

$\gamma \cdot H$ = gewicht van de grond boven de buis

$$\lambda_{HG} = (4 - \lambda_{VG}) / 3 \cdot K_2$$

K_2 = grondconstante = 0,2 voor samenhangende menggrond

2α = de opleghoek = 30°

Omdat de grond rondom de leiding ongeroerd is, kan ervan worden uitgegaan dat $E_1 = E_2 = E_4$.

$$2\alpha = 30^\circ \rightarrow b = 2 \cdot r \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 2,4 \sin 15^\circ = 1,24 \text{ meter,}$$

$$h = r - r \cdot \cos \alpha = 2,4 - 2,4 \cos 15^\circ = 0,08 \text{ meter}$$

$$\lambda_{VG} = 1,0 + ((1 - 0,08/4,8) \cdot 1 \cdot (3,7 + 12,3)/4,8) / (4,0 + 2,4 \cdot 1 + (0,55 + 1,88 \cdot 1) \cdot (3,7 + 12,3)/4,8)$$

$$= 1,0 + (0,983 \cdot 16,0/4,8) / (6,4 + 2,43 \cdot 16,0/4,8) = 1,23$$

$$\kappa = 1$$

$$\gamma \cdot H = (3,7 + 0,2) \cdot 17 + (2,5 - 0,2) \cdot 9 + (7,0 - 2,5) \cdot 3 + (9,0 - 7,0) \cdot 10 + (12,3 - 9,0) \cdot 5 = 137,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{VG} = \lambda_{VG} \cdot \kappa \cdot \gamma \cdot H = 1,23 \cdot 137,0 = 168,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{HG} = (4 - \lambda_{VG})/3 \cdot K_2 \cdot \kappa \cdot \gamma \cdot H = (4 - 1,23)/3 \cdot 0,2 \cdot 137,0 = 25,3 \text{ kN/m}^2$$

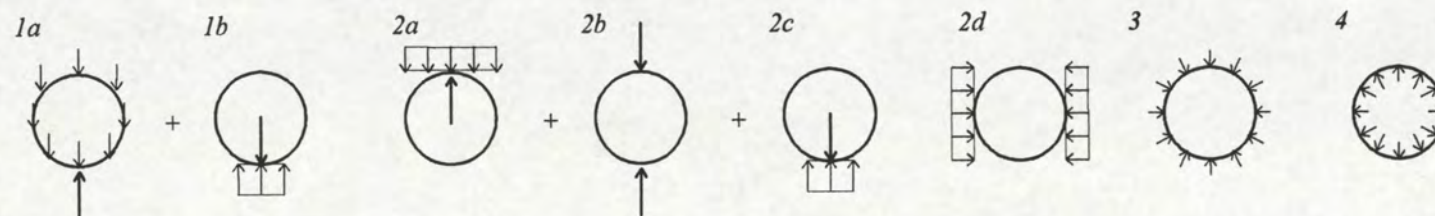
Eigen gewicht

$$\text{Het eigen gewicht van de gvk leiding is } 24\pi(2,4^2 - 2,0^2) \text{ kN/m}^1 = 132,7/4,8\pi = 8,8 \text{ kN/m}^2$$

Inwendige en uitwendige waterdruk.

Voor de eenvoud van de berekening wordt de inwendige en uitwendige waterdruk alom gelijk gehouden op $12,1 + 2,4 = 145 \text{ kN/m}^2$

Met behulp van de formules van R.J. Roark (lit.25) wordt de volgende schematisering aangehouden:



$$1a \text{ eigen gewicht} = 8,8 \text{ kN/m}^2$$

$$1b \text{ oplegging} = 8,8/1,24 = 7,1 \text{ kN/m}^2$$

$$2a \text{ verticale grondbelasting} = 168,5 \text{ kN/m}^2$$

$$2b \text{ oplegreactie} = 168,5 \cdot 4,8 = 808,8 \text{ kN/m}^1$$

$$2c \text{ oplegging} = 808,8/1,24 = 652,3 \text{ kN/m}^2$$

$$2d \text{ horizontale grondbelasting} = 25,3 \text{ kN/m}^2$$

$$3 \text{ uitwendige druk} = 145 \text{ kN/m}^2$$

$$4 \text{ inwendige druk} = 145 \text{ kN/m}^2$$

	1a	1b	2a	2b	2c	2d	3	4
M_{boven}	25,3	0,0	327,3	617,9	3,4	-36,4	0	0
M_{onder}	76,0	1,3	47,9	617,9	115,3	-36,4	0	0
T	10,6	-0,0	-42,9	0	-2,8	-60,7	-348,0	348,0
V_{boven}	0	0	635,2	0	0	0	0	0
V_{onder}	-66,4	1,2	0	0	106,6	0	0	0
V_{midden}	-10,6	0,0	42,9	0	2,8	34,7	0	0

Voor de leiding zijn een drietal belastingcombinaties maatgevend, namelijk representatieve belastingen, gevulde leiding en lege leiding. Deze belastingcombinaties verschillen onderling in de veiligheidsfactoren van grote van deze veiligheidsfactoren en de optredende krachten staan in de onderstaande tabellen vermeld

	1	2	3	4
rep	1,0	1,0	1,0	1,0
vol	0,9	0,9	0,9	1,2
leeg	1,2	1,5	1,2	0

	M_{boven}	M_{onder}	T	V_{boven}	V_{onder}	V_{midden}
rep	937,5	822,0	-95,8	635,2	41,4	69,8
vol	843,8	739,8	18,2	571,7	37,3	62,8
leeg	1398,7	1209,8	-564,5	952,8	81,7	107,9

De maatgevende waarde van de krachten staan vet gedrukt.

Schuifkoker

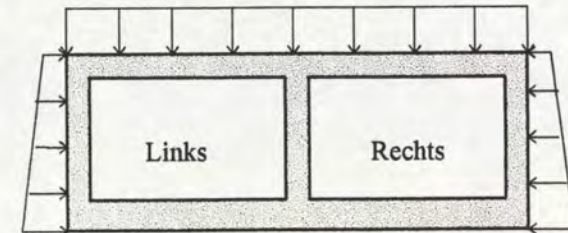
De doorsnede van de schuifkoker wordt alleen berekend op sterkte in de gebruiksfase. De doorsnede ter plaatse van de oostelijke dijk is daarbij maatgevend. Het maaiveld ter plaatse van de oostelijke dijk ligt op 3,7 m⁺NAP. Het grondwaterpeil ligt op 0,2 m⁻NAP. Omdat de schuifbaan wordt afgezonken wordt de dijk ter plaatse van de koker afgegraven en bestaat de bovengrond alleen uit kleiig zand. De bovenzijde van de koker ligt op 7,6 m⁺NAP. De ondergrond van de leiding bestaat tot 18½ m⁻NAP uit klei- en zandlagen en van 18½ m⁻NAP tot 27 m⁻NAP uit vast zand.

Grondbelasting

De grondbelasting op de koker wordt gedimensioneerd als het grondgewicht op de koker als verticale last en de horizontale gronddruk als horizontale last

$$q_{VG} = (3,7+0,2)*18 + (7,6-0,2)*10 = 144,2 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{HG;\text{boven}} = \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi) * q_{VG} = \tan^2(45^\circ - 30^\circ/2) * 144,2 = 48,1 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{HG;\text{onder}} = \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi) * q_{VG} = \tan^2(45^\circ - 30^\circ/2) * (144,2 + 4,3*10) = 62,4 \text{ kN/m}^2$$


Eigen gewicht

Het eigen gewicht van de leiding = $(9,5*4,3 - 2*4*3)*24 = 404,4 \text{ kN/m}^1$

Inwendige en uitwendige waterdruk

De inwendige en uitwendige waterdruk zijn gelijk doordat de waterstand van het Buiten-IJ en het ARK ongeveer gelijk zijn. Wel moet één van de beide kokers droog gezet kunnen worden. Hierdoor ontstaan een drietal belastinggevallen: buiten, links en recht, waarvan de laatste twee gelijk zijn, maar waardoor bij het wegvallen van een van beide, de koker asymmetrische belast wordt.

Buiten:

$$V_{\text{boven}} = H_{\text{boven}} = (7,6-0,2)*10 = 74 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{\text{onder}} = H_{\text{onder}} = (7,6+4,3-0,2)*10 = 117 \text{ kN/m}^2$$

Links/Rechts:

$$V_{\text{boven}} = H_{\text{boven}} = (8,1-0,2)*10 = 79 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{\text{onder}} = H_{\text{onder}} = (8,1+3,0-0,2)*10 = 109 \text{ kN/m}^2$$

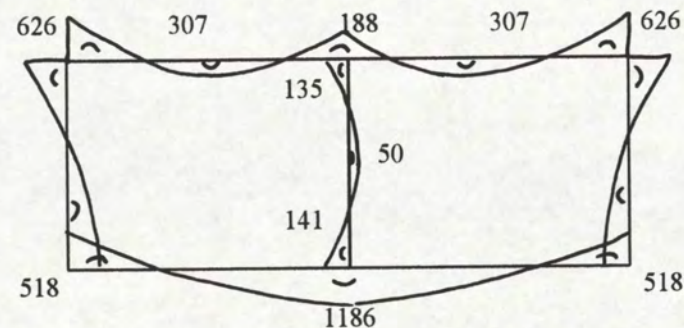
Deze belastingen zijn ingevoerd in W&B Raamwerk. De oplegging is op twee manieren ingevoerd, namelijk op palen of op een bedding. Dit is gedaan omdat de doorsnede in eerst instantie op de schuifbaan wordt opgelegd, maar door het onderspoelen ook gedeeltelijk op het zand kan komen te liggen. De grootte van de beddingsconstante van onderspoeld zand is $5000 \text{ kN/m}^2/\text{m}^1$

Doordat één van de beide kokers leeg kan staan zijn er een zestal belastingcombinaties mogelijk:

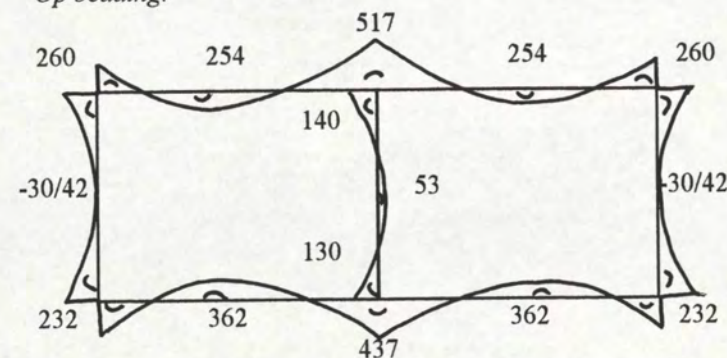
b.c. \ b.g.	eigen	water	grond	links	rechts
vol rep	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
vol max	1,2	0,9	1,2	1,2	1,2
vol min	0,9	1,2	0,9	0,9	1,2
leeg rep	1,0	1,0	1,0	1,0	-
leeg max	1,2	0,9	1,2	1,2	-
leeg min	0,9	1,2	0,9	0,9	-

De maximale momenten die hieruit komen staan in de onderstaande figuren:

Op palen:



Op bedding:



Om de wapening te berekenen moeten de volgende gegevens bekend zijn:

Betonkwaliteit = B35
Staalkwaliteit = FeB500
Milieuklasse 2

Na de berekening van de benodigde wapening, moet de wapening volgens NEN 6720 aan de volgende eisen voldoen:

Minimale wapening (art. 9.9):

B35: min. wapeningspercentage: 0,18 %

$h = 500 \text{ mm} \rightarrow A_{s_{\min}} = 900 \text{ mm}^2$

$h = 800 \text{ mm} \rightarrow A_{s_{\min}} = 1440 \text{ mm}^2$

Scheurvorming (art 8.7):

als $M_{\text{rep}} \geq W \cdot f_{\text{bm}} \rightarrow$ volledig ontwikkeld scheurpatroon.

$H = 500 \rightarrow M_{\text{rep}} \geq 1/6 \cdot 1000 \cdot 500^2 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} = 117 \text{ kNm}$

$H = 800 \rightarrow M_{\text{rep}} \geq 1/6 \cdot 1000 \cdot 800^2 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} = 299 \text{ kNm}$

In geval van een volledig ontwikkeld scheurpatroon, moet de wapening voldoen aan één van de volgende eisen:

$$\phi_{\text{km}} \leq k_1 \cdot \xi / \sigma_s$$

$$k_1 = 3750$$

$$\xi = 1,0$$

$$\sigma_s = M_{\text{rep}} / M_u \cdot f_s$$

$$M_u = A_{s_a} / A_{s_b} \cdot M_d$$

$$f_s = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$s \leq 100 \cdot (k_2 \cdot \xi / \sigma_s - 1,3)$$

$$k_2 = 750$$

$$\xi = 1,0$$

$$\sigma_s = M_{\text{rep}} / M_u \cdot f_s$$

$$M_u = A_{s_a} / A_{s_b} \cdot M_d$$

$$f_s = 435 \text{ N/mm}^2$$

De wapening wordt in tabelvorm berekend:

Op palen:

M_d	h	d	M/bd^2	k_s	As_b	wap	As_a
50	500	449	248	0,433	257	12-125	905
135	500	449	670	0,427	707	12-125	905
141	500	449	699	0,427	735	12-125	905
188	500	449	987	0,424	988	16-175	1149
307	500	449	1523	0,418	1636	20-175	1795
518	500	449	2628	0,405	2849	25-150	3272
626	800	749	1116	0,423	1976	20-150	2094
1186	800	744	2143	0,411	3979	25-125	3927

Controle scheurwijdte:

M_{rep}	M_u	σ_{km}	s	wap	As_a
0	176			12-150	905
0	173			12-150	905
0	174			12-150	905
-21	219			12+16-300	1047
204	337	14,2	155	16+20-300	1717
374	595	13,7	144	20-100	3142
440	633	12,4	118	16-100	2011
908	1170	11,1	92	20+25-200	4025

Min. wap:

As_{min}
900
900
900
900
900
900
1440
1440

Op bedding:

M_d	h	d	M/bd^2	k_s	As_b	wap	As_a
130	500	449	645	0,428	676	12-125	905
140	500	449	694	0,427	730	12-125	905
232	500	449	1151	0,422	1224	16-150	1340
254	500	449	1260	0,421	1344	16-150	1340
260	500	449	1290	0,421	1375	16-150	1340
362	800	749	645	0,428	1129	16-125	1608
437	800	744	789	0,426	1379	16-125	1608
517	800	749	922	0,425	1624	16-125	1608

Controle scheurwijdte:

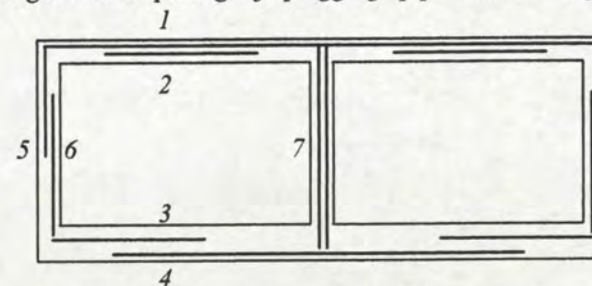
M_{rep}	M_u	σ_{km}	s	wap	As_a
0	174			12-150	905
0	174			12-150	905
110	254	19,9	268	16-150	1340
157	253	13,9	148	16-150	1340
127	253	17,2	213	16-150	1340
227	516	19,6	262	16-125	1608
273	510	16,1	192	16-125	1608
335	512	13,2	134	16-125	1608

Min. wap:

As_{min}
900
900
900
900
900
1440
1440
1440

De verdeelwapening is minimaal 20 % van de hoofdwapening met een minimum van $\varnothing 12-200$.

De gekozen wapening bij oplegging op palen is als volgt:



	hoofdwapening	verdeelwapening
1	$\varnothing 16-100$	$\varnothing 12-200$
2	$\varnothing 16+20-300$	$\varnothing 12-200$
3	$\varnothing 20-100$	$\varnothing 12-200$
4	$\varnothing 20+25-200$	$\varnothing 12-150$
5	$\varnothing 16-100$	$\varnothing 12-200$
6	$\varnothing 20-100$	$\varnothing 12-150$
7	$\varnothing 12-150$	$\varnothing 12-200$

BIJLAGE 4. BEREKENING BOUWPUTTEN

Damwanden

De berekening van de damwanden is gedaan in een viertal fasen. In de eerste fase is de bouwput ontgraven tot de grondwaterstand op 0,2 m⁻NAP. Dit is een ½ meter onder de aan te brengen stempellaag. Na het aanbrengen van de stempels wordt de bouwput nat ontgraven tot de onderzijde van de aan te brengen onderwaterbetonvloer (owb vloer). Dit is de tweede fase. In de derde fase is de owb vloer gestort en verhard. De vierde fase is de definitieve fase waarin de bouwput is droog gepompt. In de meeste gevallen is de vierde fase voor de optredende momenten. De berekening is uitgevoerd met behulp van het programma MSheet.

Het aangehouden grondprofiel is als volgt:

			γ_{dr}	γ_{sat}	c'	ϕ'
tot 2,5	m ⁻ NAP	zand	17	19	0	30
2,5 - 7,0	m ⁻ NAP	slap veen	13	13	5	15
7,0 - 9,0	m ⁻ NAP	kleilig zand	18	20	0	25
9,0 - 12,0	m ⁻ NAP	klei/ veen	15	15	2	15
12,0 en verder	m ⁻ NAP	vast zand	19	21	0	35

GVK Leiding

Het afgezonken gedeelte van de leiding bestaat uit een recht gedeelte van 100 meter en twee opstaande gedeelten van 10 meter. De diepte van de zinksleuf is 6,1 meter. De onderzijde komt hiermee op 6,4+6,1 = 12,5 m⁻NAP. In de opstaande gedeelten wordt het doorstroomprofiel omhoog gevoerd tot 3,5 m⁻NAP b.o.k. De diepte van de bouwputten komt hiermee op 5,4 m⁻NAP. De kerende hoogte aan de oostzijde komt hiermee op 5,4-1,0 = 4,4 meter. Voor de bouwput aan de westzijde is een kerende hoogte van 5,4 +1,9 = 7,3 meter. De beide bouwkuipen hebben een lengte van 20 meter en een breedte van 16 meter.

De damplanken van de bouwkuip aan de oostzijde hebben een lengte van 14 meter en wordt gestempeld met behulp van een stempellaag op 0,3 m⁺NAP en de owb vloer. De damplanken van de bouwkuip aan de oostzijde hebben een lengte van 15 meter. Deze lengte is zo groot gekozen om de onderzijde in een zandlaag op te leggen. Zou dit niet gebeuren, dan 'zwemt' de damwand in de slechte ondergrond en zijn de verplaatsingen niet te controleren. Uit de uitdraai MSheet volgt voor de bouwkuip aan de oostzijde een maximaal optredend moment van 55 kNm/m¹. De bouwkuip aan de westzijde heeft, mede door de grotere kerende hoogte, een maximaal optredend moment van 275 kNm/m¹ (rekenwaarde). Het benodigde damwandprofiel voor de beide bouwkuipen is AZ13 (staalkwaliteit Fe360) met een opneembaar moment van 305 kNm/m¹.

Persleiding

De minimale verticale boogstraal is 600 meter. Over een afstand van 130 meter geeft dit een vertikaal hoogteverschil van 3,5 meter. De gronddekking in het midden van de leiding komt daardoor op $4+3,5-0,5 = 7$ meter.

Het persen gebeurt vanuit de oostelijke bouwput. De breedte van deze put is minimaal 17 meter. De bouwputten hebben een lengte van 20 meter. De onderzijde van de owb vloer komt op 16,2 m⁻NAP. Hierdoor komt de kerende hoogte op $16,2-1,0 = 14,2$ meter. Hetzelfde geldt voor de bouwput aan de westzijde. De kerende hoogte daar is $16,2+1,9 = 18,1$ meter.

De damplanken van de bouwkuip aan de oostzijde hebben een lengte van 23 meter en wordt gestempeld met behulp van een stempel-laag op 0,3 m⁺NAP en een de owb vloer. De damplanken van de bouwkuip aan de westzijde hebben een lengte van 24,5 meter. In bijlage 5 staat de uitdraai berekening van de damwanden van de beide bouwputten. Hieruit volgt voor de bouwkuip aan de oostzijde een maximaal optredend moment van 1970 kNm/m¹. De bouwkuip aan de westzijde heeft, mede door de grotere kerende hoogte, een maximaal optredend moment van 2586 kNm/m¹ (rekenwaarde). Het benodigde damwandprofiel aan de oostzijde is een combiwand met dubbele damplank 1420x15 (staalkwaliteit Fe510) met een opneembaar moment van 2099 kNm/m¹. Het benodigde damwandprofiel aan de westzijde is een combiwand met dubbele damplank 1620x16 (staalkwaliteit Fe510) met een opneembaar moment van 2702 kNm/m¹.

Schuifkoker

Er wordt geschoven met een boogstraal van 10.000 meter. Over een afstand van 130 meter geeft dit een hoogteverschil van 0,21 meter. De dekking in het midden van de leiding is dus 1,21 meter. Het schuiven gebeurt vanuit de oostelijke bouwput. De breedte van de put is minimaal 17 meter, de lengte is 30 meter. De onderzijde van de owb vloer komt op 13,5 m⁻NAP. Hierdoor komt de kerende hoogte op $13,5-0,2 = 13,3$ meter. De kerende hoogte aan de westzijde is $13,5+1,9 = 15,4$ meter. De lengte van de westelijke put is 20 meter.

De damplanken van de bouwkuip aan de oostzijde hebben een lengte van 21 meter en wordt gestempeld met behulp van een stempel-laag op 0,3 m⁺NAP en een de owb vloer. De damplanken van de bouwkuip aan de oostzijde hebben een lengte van 22,5 meter. Uit de uitdraai van MSheet volgt voor de bouwkuip aan de oostzijde een maximaal optredend moment van 1099 kNm/m¹. De bouwkuip aan de westzijde heeft, mede door de grotere kerende hoogte, een maximaal optredend moment van 1566 kNm/m¹ (rekenwaarde). Het benodigde damwandprofiel aan de oostzijde is een combiwand met dubbele damplank 1120x11 (staalkwaliteit Fe510) met een opneembaar moment van 1106 kNm/m¹. Het benodigde damwandprofiel aan de westzijde is een combiwand met dubbele damplank 1320x13 (staalkwaliteit Fe510) met een opneembaar moment van 1647 kNm/m¹.

Stempeling

De stempellaag wordt aangebracht boven de (grond)waterstand op 0,3 m⁺NAP. De berekening van de stempels is hierachter bijgevoegd.

GVK Leiding

De stempels worden h.o.h. 5,0 meter aangebracht. De stempelkracht van de bouwput aan de oostzijde is 26 kN/m¹. Bij een lengte van 17 meter voldoet het buisprofiel 318x7,1. De stempels worden afgestempeld op een gording, welke bestaat uit een dubbel profiel HE160B. De bouwput aan de westzijde heeft een stempelkracht van 154 kN/m¹. Het gekozen stempelprofiel is 323,9x25 met een gording dubbel HE300B. De staalkwaliteit van de stempels en gordingen is Fe510.

Persleiding

De stempels worden h.o.h. 5,0 meter aangebracht. De stempelkracht van de bouwput aan de oostzijde is 311 kN/m¹. Bij een lengte van 17 meter voldoet het buisprofiel 419x20. De stempels worden afgestempeld op een gording, welke bestaat uit een dubbel profiel HE450B. De bouwput aan de westzijde heeft een stempelkracht van 555 kN/m¹. Het gekozen stempelprofiel is 419x36 met een gording dubbel HE600B. De staalkwaliteit van de stempels en gordingen is Fe510.

Schuifkoker

De stempels worden h.o.h. 5,0 meter aangebracht. De stempelkracht van de bouwput aan de oostzijde is 228 kN/m¹. Bij een lengte van 17 meter voldoet het buisprofiel 406,4x16. De stempels worden afgestempeld op een gording, welke bestaat uit een dubbel profiel HE360B. De bouwput aan de westzijde heeft een stempelkracht van 408 kN/m¹. Het gekozen stempelprofiel is 406,4x30 met een gording dubbel HE500B. De staalkwaliteit van de stempels en gordingen is Fe510.

Projekt : Sifon Zeeburg
 Onderdeel : Stempeling damwanden
 Opsteller : J. van Dusseldorp
 Bestand : U:\Afstuderen\Stempel.xls\A
 Datum : 04/07/00

* $f_{y,d} = 355$ N/mm²; Staalsoort: Fe 510 (NEN 6770; par. 9.1.2.1.1)

	gamma	ten behoeve van:
belastingsfactor stempelkracht voor stempel :	1,25	N(c;s;d)
belastingfactor eigen gewicht voor stempel :	1,20	M(y;equ;s;d)
belastingfactor var. belasting voor stempel :	1,50	M(y;equ;s;d)
belastingsfactor stempelkracht voor gording :	1,10	M(gord;d;norm) t.b.v. W(el)
belastingsfactor stempelkracht voor gording :	1,00	M(gord;d;extr) t.b.v. W(pl) (stempeluival)

- * Alle doorbuigingen (δ_{buis} , ΔL , δ_{gord}) in het gebruiksstadium.
- * Kracht Msheet : komt uit Msheet damwandenprogramma
- * $N_{c,s;d} = 1,25 \cdot [Kracht Msheet] \cdot [hoh]$
- * $N_{pl,d} = A \cdot f_{y,d}$ (NEN 6770; par. 12.3.1.2.1)
- * $M_{y,u;d} = M_{y,e;d} = f_{y,d} \cdot W_{y,el}$ (NEN 6770; par. 11.2.3)
- * $M_{y,equ;s;d} = 0,125 \cdot ((1,5 \cdot q_{vb}) + (1,2 \cdot q_{eg})) \cdot l^2$
 $q_{vb} = 1,0$ kN/m' (is maatgevend tov. een puntlast van 10 kN; Prestatiebestek blz. 101);
 $q_{eg} = A \cdot 10^{-6} \cdot 78,5$ (kN/m')
- * $\lambda_{rel} = (lengte stempel / i) / (\pi \cdot \sqrt{E_d / f_{y,d}})$ (bij $f_{y,d} = 355$ N/mm² is $\lambda_e = 76,4$) (NEN 6770; par. 12.1.1.2)
- * lengte stempel 17 meter
- * $\Omega_{kip} = 1,0$ (ronde buisprofielen)
- * u.c. conform NEN 6770, par. 12.3.1.2.1

- * Profiel gording enkel/dubbel? d
- * $M_{gord,d;norm} = F_{a,d;norm} \cdot a_{norm}^2 / x1$; $x1 = 8,0$ (8; 10)
 $F(a;d;norm) = 1,1 \cdot [Kracht Msheet]$ (kN/m');
 $a_{norm} = [hoh]$
- * $W_{el,ben} = M_{gord,d;norm} / f_{y,d}$
- * $M_{gord,d;extr} = F_{a,d;extr} \cdot a_{extr}^2 / x2$; $x2 = 12,8$ (12,8; 16)
 $F_{a,d;extr} = 1,0 \cdot [Kracht Msheet]$ (kN/m');
 $a_{extr} = 2 \cdot [hoh]$ (tbv. stempeluival)
- * $W_{pl,ben} = M_{gord,d;extr} / f_{y,d}$

NEN 6770 Tabel 25

Instabiliteitskromme				
	a	b	c	d
α_k	0,21	0,34	0,49	0,76
λ_0	0,20	0,20	0,20	0,20

- * bepaling omega mbv. kromme a (warmgewalst profiel) conform NEN 6770, par. 12.1.1; Tabel 24
- * Instabiliteitskromme a
- * $\alpha_k = 0,21$
- * $\lambda_0 = 0,20$

(u.c. <= 1,0)

(toets <= 1,0)

Positie	Kracht Msheet [kN/m']	Buis met afmeting: [mm] * [mm]	h.o.h. [m]	i [mm]	W [mm ³]	E [N/mm ²]	A [mm ²]	$N_{c;s;d}$ [kN]	ΔL [mm]	$N_{pl,d}$ [kN]	$M_{y,u;d}$ [kNm]	$M_{y,equ;s;d}$ [kNm]	λ_{rel}	Ω_{buc}	u.c.	δ_{buis} [mm]	2e orde M [kNm]	toets
pers-w	554,9	419 x 36,0	5,0	136,0	3824678	2,1E+05	43316,3	3468	6,5	15377	1358	202	1,64	0,32	0,94	28	125	1,04
pers-o	311,3	419 x 20,0	5,0	141,2	2387340	2,1E+05	25069,9	1946	6,3	8900	848	139	1,58	0,34	0,88	31	78	0,98
schuif-w	407,6	406,4 x 30,0	5,0	133,5	3111404	2,1E+05	35474,9	2548	5,8	12594	1105	175	1,67	0,31	0,89	31	101	0,99
schuif-o	228,4	406,4 x 16,0	5,0	138,1	1842954	2,1E+05	19623,6	1428	5,9	6966	654	121	1,61	0,33	0,89	35	66	1,00
gvk-w	154,3	323,9 x 25,0	5,0	106,0	1630138	2,1E+05	23475,6	964	3,3	8334	579	134	2,10	0,20	0,88	56	70	1,01
gvk-o	26,2	318 x 7,1	5,0	109,9	527241,7	2,1E+05	6934,72	164	1,9	2462	187	78	2,02	0,22	0,79	95	22	0,92

$$W_{gek} > W_{maatg} = \max W_{el,ben} / 2 \text{ of } W_{pl,ben} / (2 \cdot 1,12)$$

Positie	$M_{gord,d;norm}$ [kNm]	$W_{el,ben}$ [cm ³]	$M_{gord,d;extr}$ [kNm]	$W_{pl,ben}$ [cm ³]	Minimaal profiel (2°)	W_{maatg} [cm ³]	W_{gekoz} [cm ³]	I_{gord} [mm ⁴]	δ_{gord} [mm]
pers-w	1907	5373	4335	12212	HE 600 B	5452	5700	1,71E+09	2,5
pers-o	1070	3014	2432	6851	HE 450 B	3058	3550	7,99E+08	3,0
schuif-w	1401	3947	3184	8970	HE 500 B	4004	4290	1,07E+09	2,9
schuif-o	785	2212	1784	5026	HE 360 B	2244	2400	4,32E+08	4,1
gvk-w	530	1494	1205	3396	HE 300 B	1516	1680	2,52E+08	4,8
gvk-o	90	254	205	577	HE 160 B	257	311	2,49E+07	8,1

Onderwaterbeton

Alle bouwkuipen worden gestempeld met behulp van een stempellaag op 0,3 m*NAP en een owb vloer. Deze owb vloer is in MSheet ingevoerd als een grondlaag met een cohesie van 15 MN, een λ_p van 1,0 en een beddingsconstante van $2,5^E6 \text{ kNm}^2/\text{m}^1$. Omdat er niet bemalen wordt bevindt zich aan de onderzijde een wateroverspanning. De kracht van de trekpalen wordt verwerkt in een bovenbelasting die gelijk is aan de wateroverspanning aan de onderzijde van de owb vloer. De oplegkrachten die volgen uit de uitvoer van Msheet zijn gebruikt voor de berekening van de owb vloer.

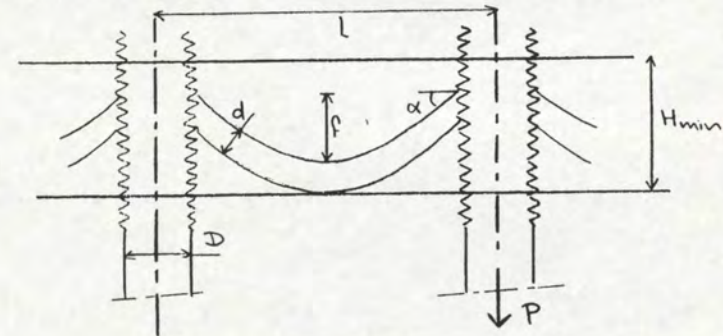
De berekeningsmethode van een ongewapende owb vloer bestaat uit drie onderdelen. In eerste instantie wordt de berekening van de dikte van de vloer gedaan met behulp van drukbooganalogie. Omdat niet zeker is of er wel drukbogen ontstaan, moet de vloer ook voldoen aan de eisen van de buigtrekspanningen volgens NEN 6720. Daarnaast wordt de mantelwrijving bij de trekpalen gecontroleerd.

De drukbogen moeten aan de volgende eisen voldoen:

- de pijl van de drukboog is max. 75% van de minimale dikte van de o.w.b.
- de dikte van de drukboor is min. 10% van de minimale dikte van de o.w.b.
- $\alpha = \arctan 4*f / L_{\max} * D$

de drukspanning in de drukboog is:

$$\sigma_d = P / \sin\alpha * 4 * D * d = p * l_x * l_y / \sin\alpha * 4 * D * d$$



De buigtrekspanningen worden berekend met behulp van VBC 1990, tabel 19:

$$M_{xx} = c_x * q * l_x^2$$

$$M_{yy} = c_y * q * l_x^2$$

$$c_y = 0,132(l_y/l_x)^{1,725}$$

$$W_{\text{gem}} = 1/6 * 1000 * H_{\text{gem}}^2 \rightarrow \sigma_{\text{gem}} = M_{yy} / W_{\text{gem}} \leq 0,30 \text{ N/mm}^2$$

$$W_{\text{min}} = 1/6 * 1000 * H_{\text{min}}^2 \rightarrow \sigma_{\text{min}} = M_{yy} / W_{\text{min}} \leq 0,50 \text{ N/mm}^2$$

randafstand r:

$$M_{xx} = k * 0,5 * q * r^2$$

$$k = 0,585(l_y/l_x)^{0,29}$$

Voor de mantelwrijving bij trekpalen met ribbels aan twee zijden is de volgende formule van toepassing:

$$\tau_d = P / 2 * D * H_{\text{min}} = p * l_x * l_y / 2 * D * H_{\text{min}}$$

Het meenemen van de horizontale drukkracht heeft een gunstige invloed op de optredende buigtrekspanningen in de vloer:

$$\sigma_{\text{gem}} = M/W_{\text{gem}} - \frac{1}{2}N/H_{\text{gem}} \leq 0,30 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = M/W_{\text{min}} - \frac{1}{2}N/H_{\text{min}} \leq 0,50 \text{ N/mm}^2$$

De uitdraai van de berekening is hierachter ingevoegd .

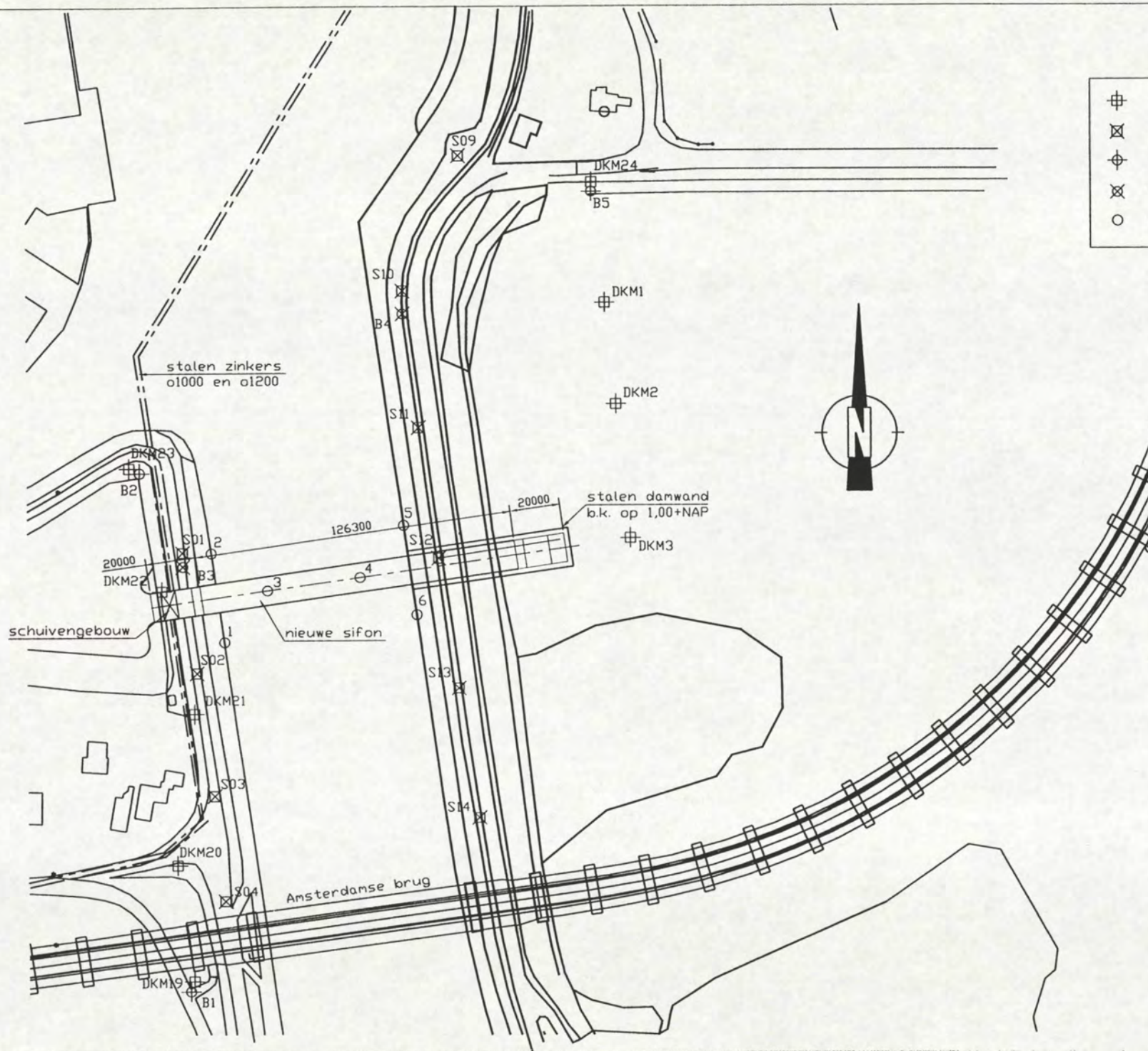
BIJLAGE 5. GEGEVENS GRONDONDERZOEK

Voor deze variantenstudie is geen grondonderzoek verricht. In het verleden is echter wel grondonderzoek verricht voor de dimensionering van de dijken en de aanleg van het Merwedekanaal. Het meest actuele onderzoek stamt uit 1997. Dit onderzoek is uitgevoerd door Fugro ingenieursbureau ten behoeve van de verruiming van de Passage. De gegevens die voor dit onderzoek bruikbaar zijn staan in de bijlage.

In 1990 is door Grondmechnica Delft een grondonderzoek uitgevoerd ter plaatse van de huidige dijken. Dit in verband met de toenmalige verdieping van het kanaal. Ook ter plaatse van de huidige en nieuwe sifon zijn sonderingen uitgevoerd. De resultaten hiervan staan in de bijlage.

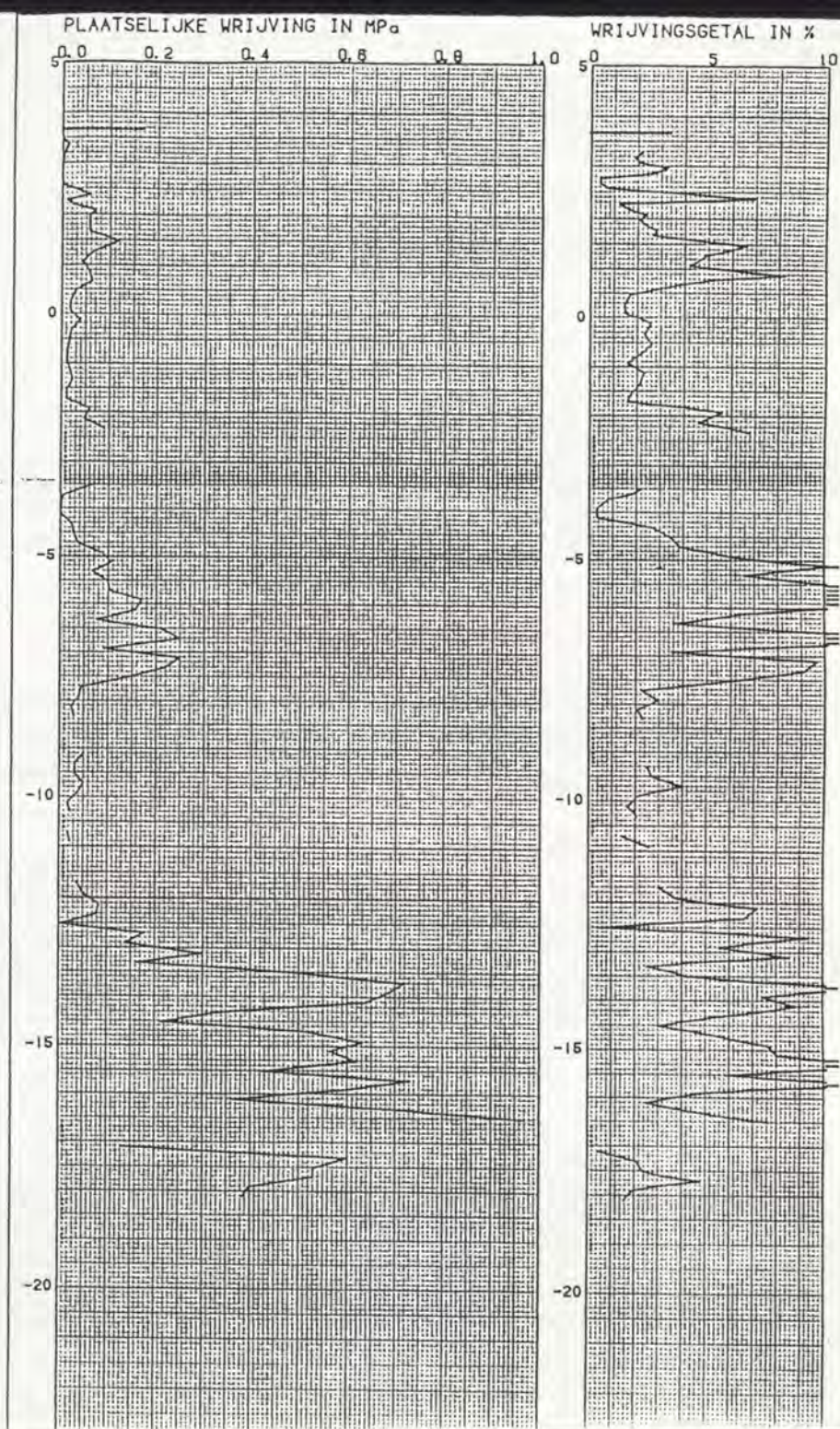
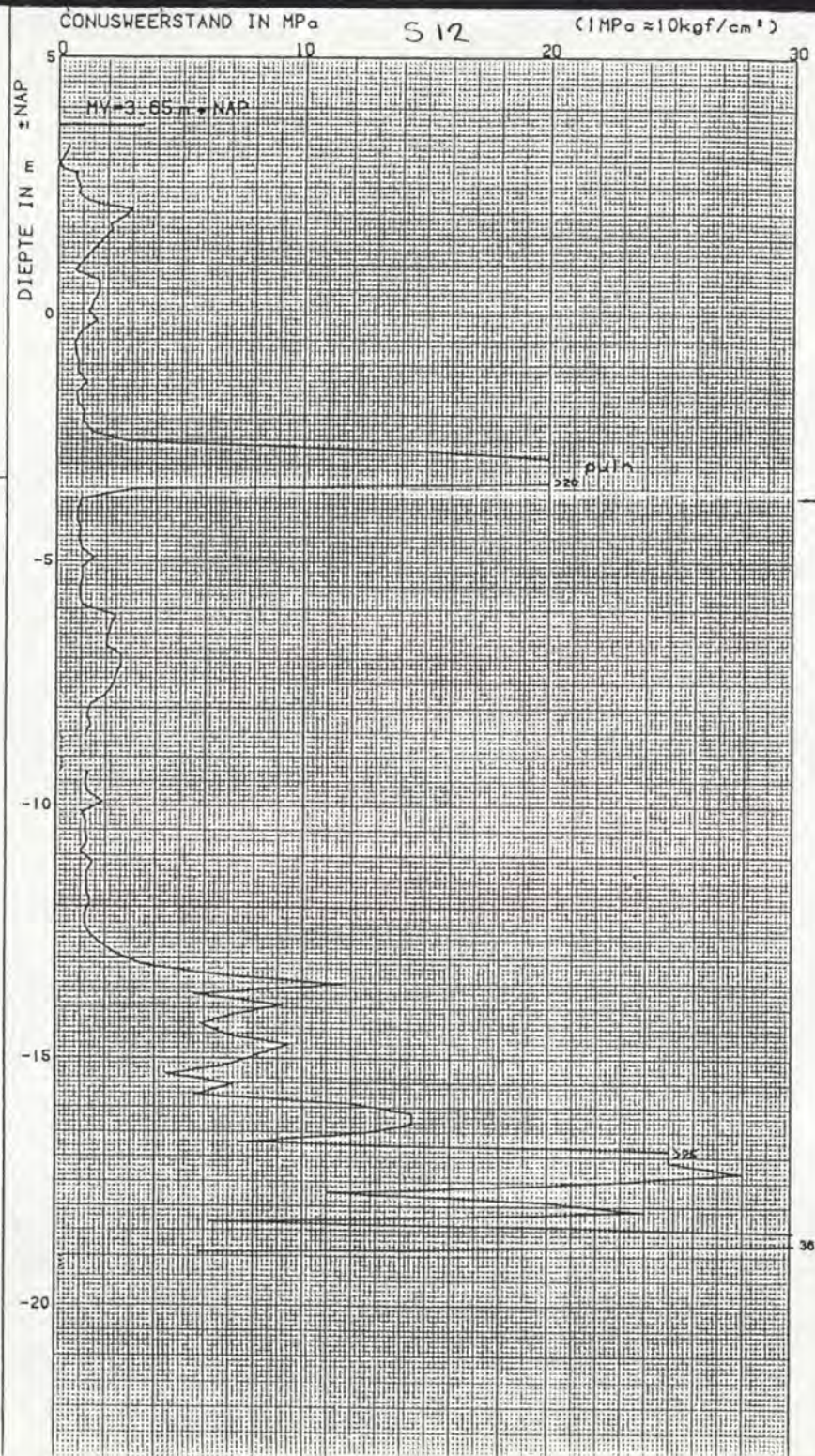
Van het grondprofiel ter plaatse van het kanaal zijn alleen gegevens beschikbaar uit 1895. Et zijn toen grondboringen genomen ten behoeve van de aanleg van de eerste sifon. Vanwege het naderhand verwijderen van de zandstorting en de aanpassing van het kanaalprofiel in de loop der jaren, wordt er getwijfeld aan de betrouwbaarheid van de gegevens. Toch zijn de toenmalige onderzoeksgegevens in dit rapport gevoegd voor de volledigheid van het te verwachten grondprofiel. Bij een nadere uitwerking van de sifon is nader onderzoek ter plaatse van het kanaal echter gewenst.

Voor de lokatie van de boringen en sonderingen wordt verwezen naar de overzichtskaart waar de lokaties van de verschillende boringen zijn samengevoegd.



- | | |
|---|----------------|
| ⊕ | sondering 1997 |
| ⊗ | sondering 1989 |
| ⊕ | boring 1997 |
| ⊗ | boring 1989 |
| ○ | boring 1895 |





Deelgebied 5

B5/DKM24

MV = NAP +2.02 m.

Wrijvingsgetal (%)
0 2 4 6 8 10 12
Conusweerstand [MPa]
0 5 10 15 20 25 30

DKM1

BODEM = NAP -1.33 m.

Wrijvingsgetal (%)
0 2 4 6 8 10 12
Conusweerstand [MPa]
0 5 10 15 20 25 30

DKM2

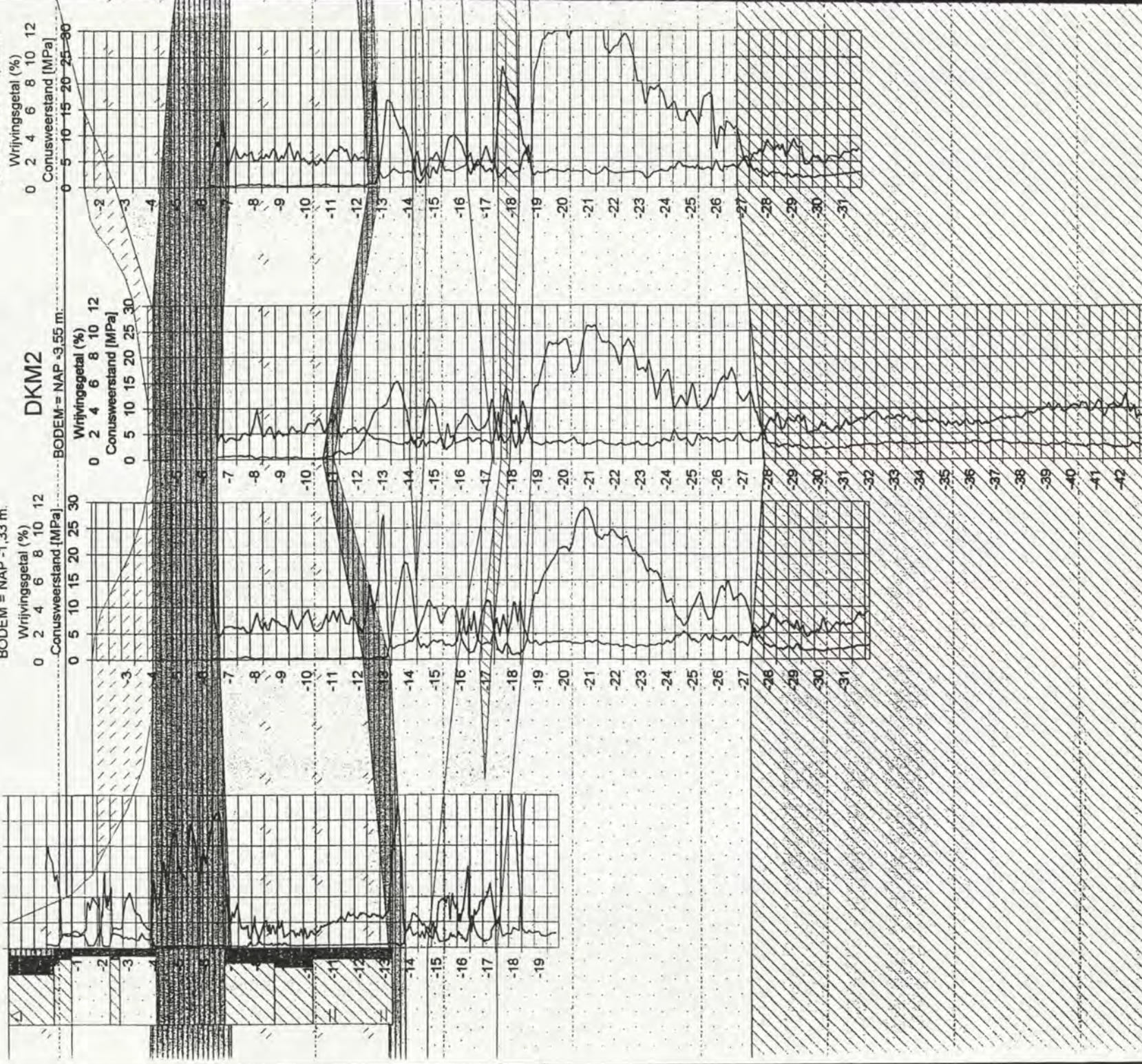
BODEM = NAP -3.55 m.

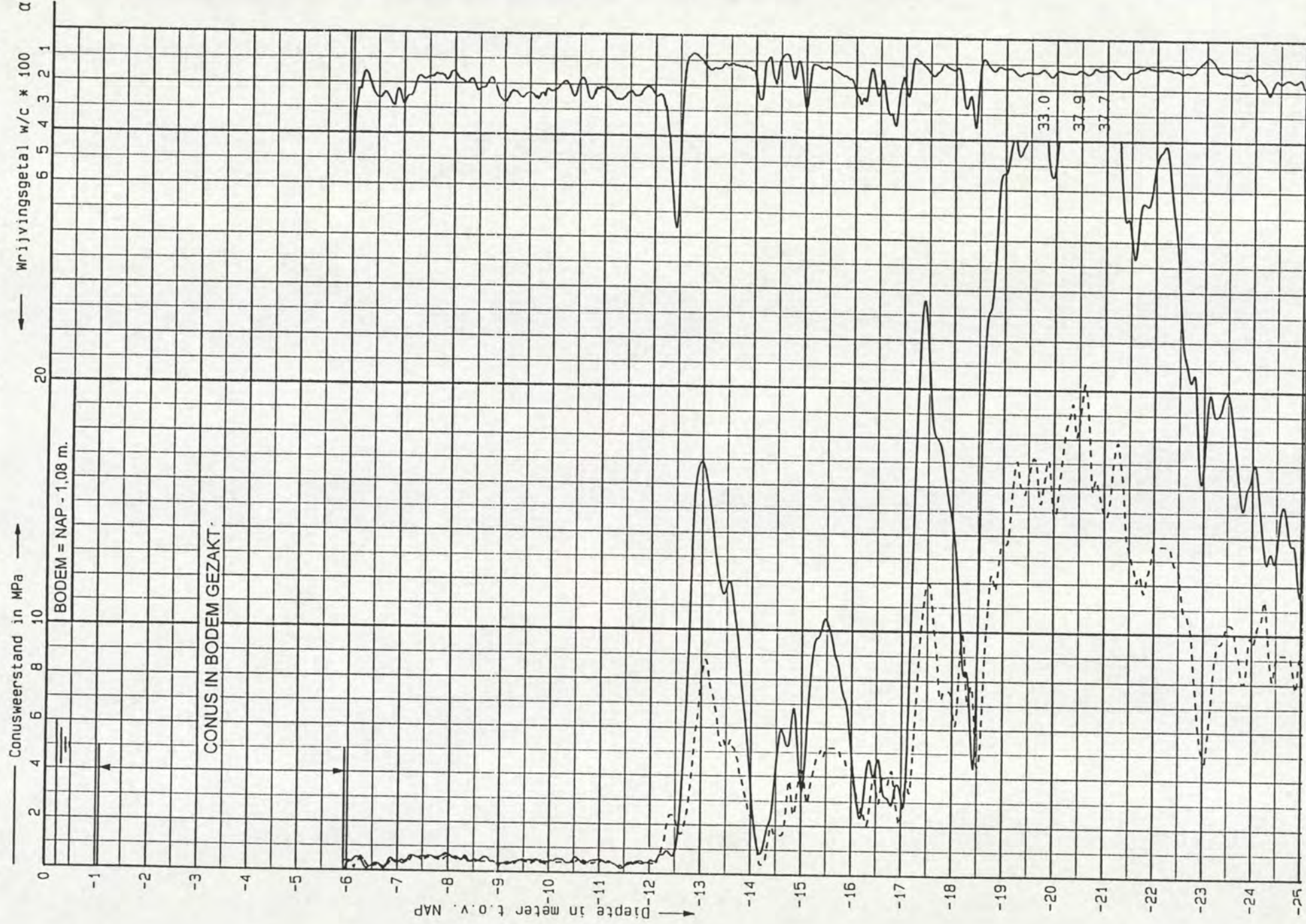
Wrijvingsgetal (%)
0 2 4 6 8 10 12
Conusweerstand [MPa]
0 5 10 15 20 25 30

DKM3

BODEM = NAP -1.06 m.

Wrijvingsgetal (%)
0 2 4 6 8 10 12
Conusweerstand [MPa]
0 5 10 15 20 25 30





SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

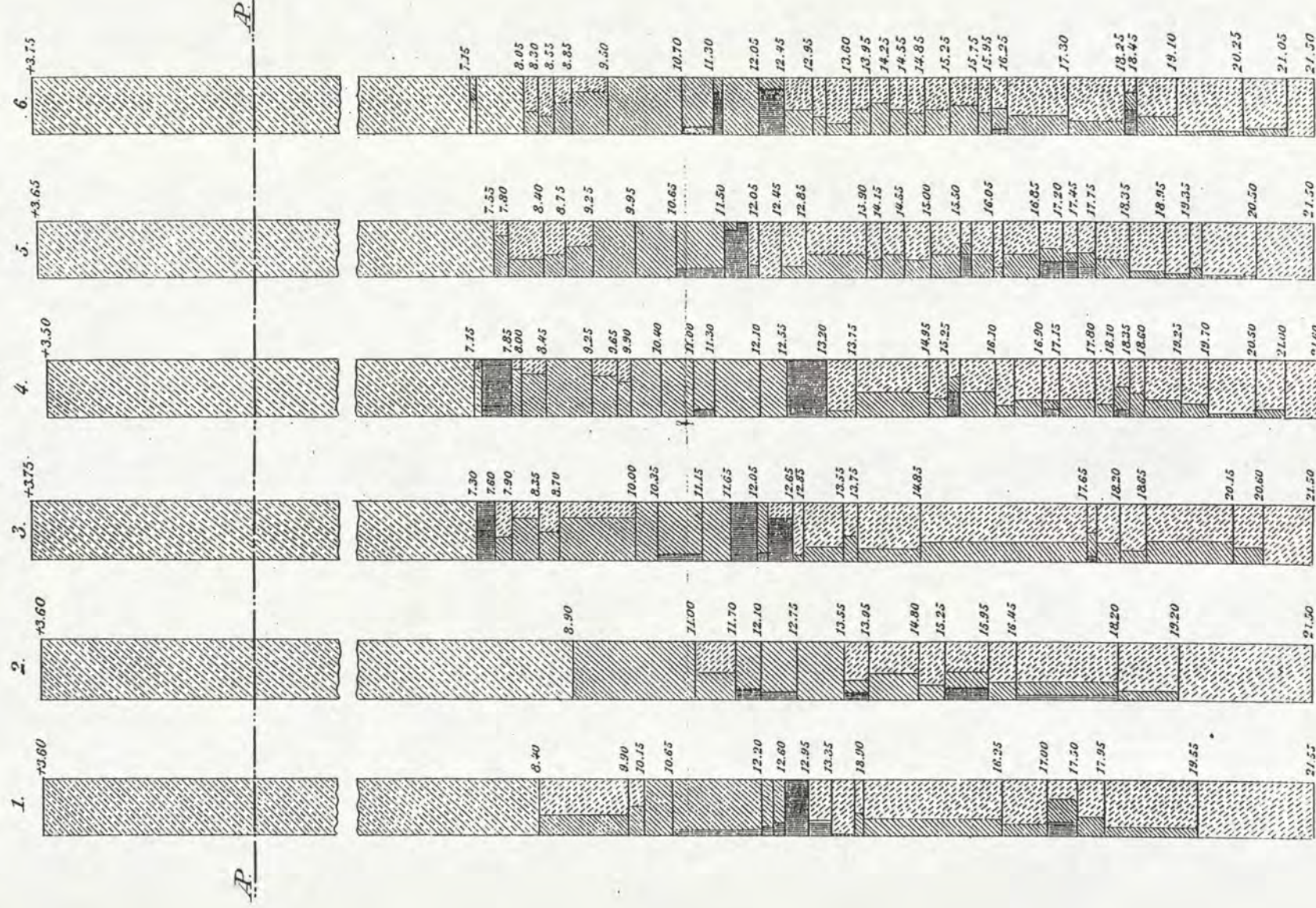
VERRUIMING PASSAGE ZEEBURG TE AMSTERDAM

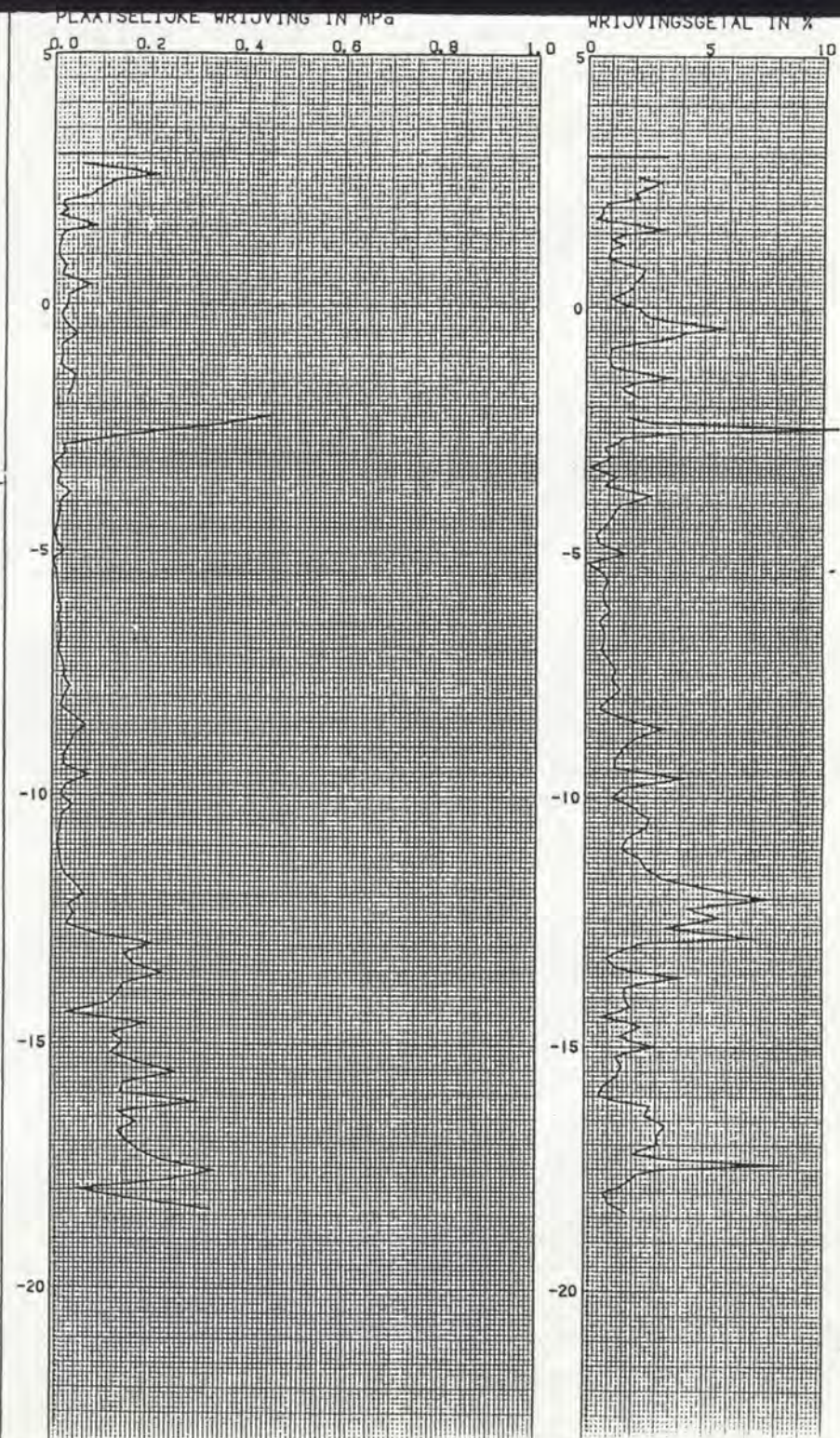
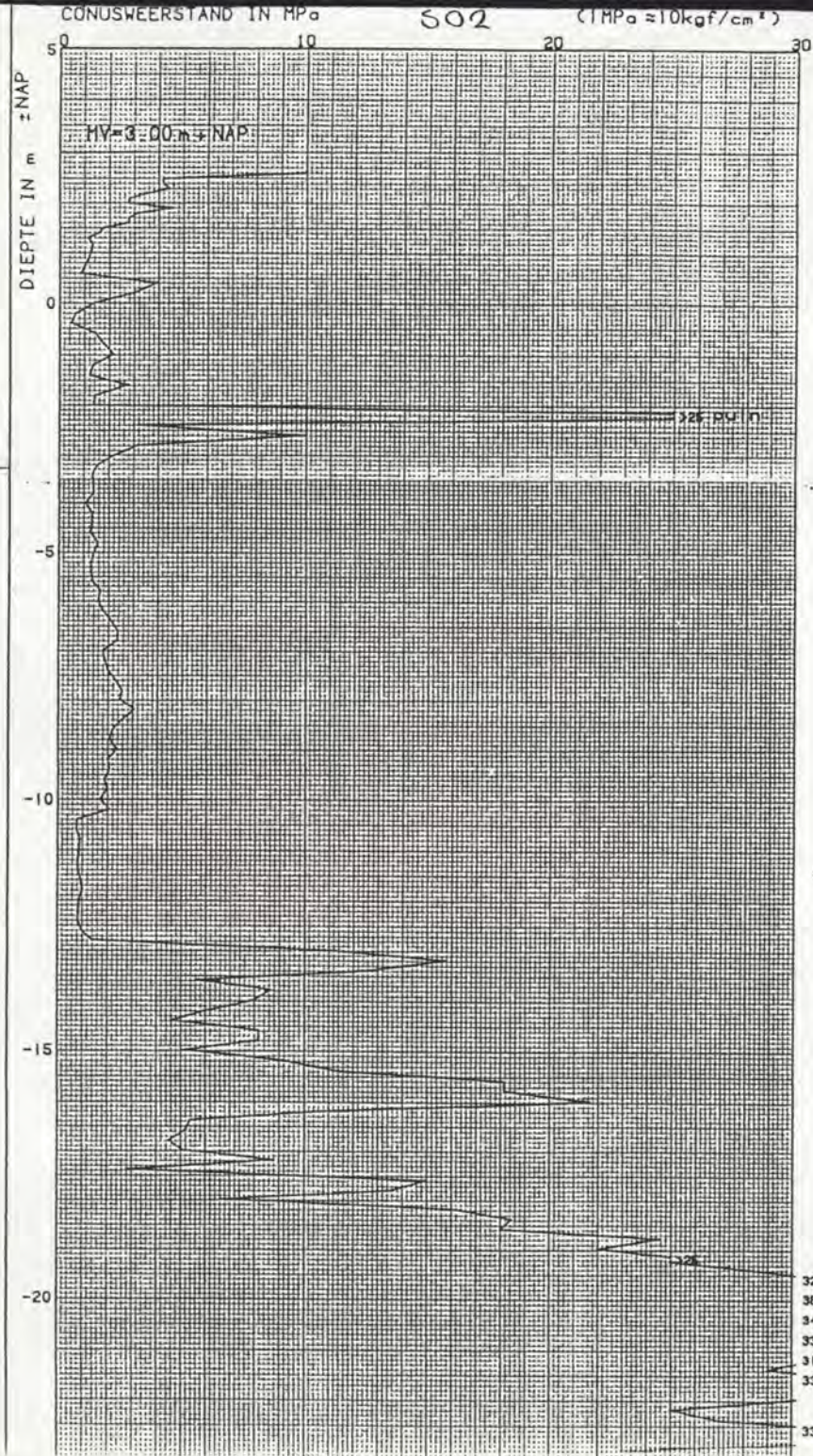
RD X=125828 Opdr. M-0616
RD Y=496685 Sond. NvM 3

Fig. 4.

Grondboringen

na de xandstorting.





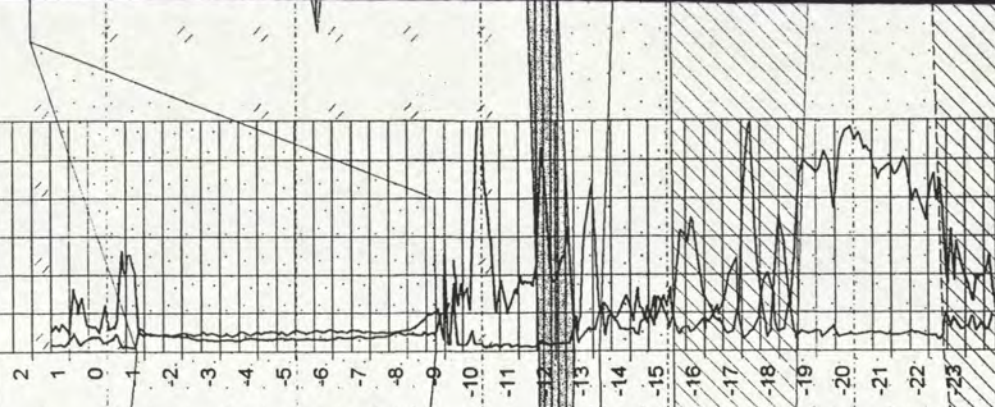
rd

Deelgebied 2

DKM21

MV = NAP +3,19 m.

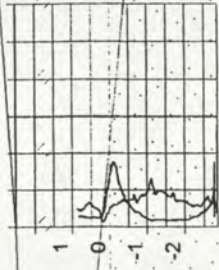
Wrijvingsgetal (%)
0 2 4 6 8 10 12
Conusweerstand [MPa]
0 5 10 15 20 25 30



DKM22

MV = NAP +2,53 m.

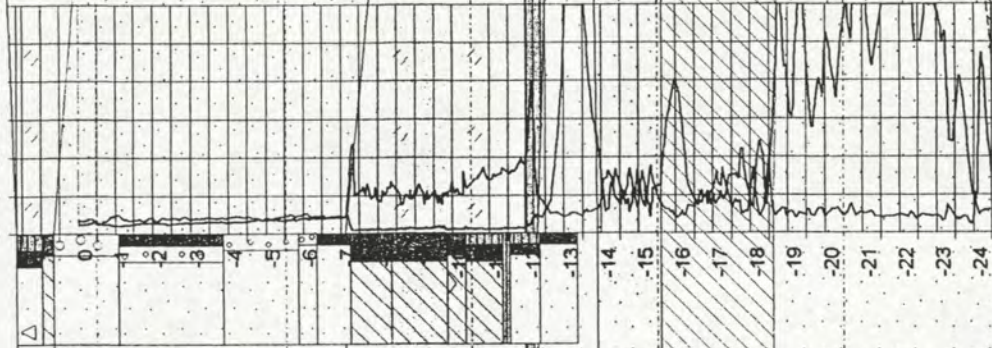
Wrijvingsgetal (%)
0 2 4 6 8 10 12
Conusweerstand [MPa]
0 5 10 15 20 25 30



B2/DKM23

MV = NAP +2,15 m.

Wrijvingsgetal (%)
0 2 4 6 8 10 12
Conusweerstand [MPa]
0 5 10 15 20 25 30



NAP

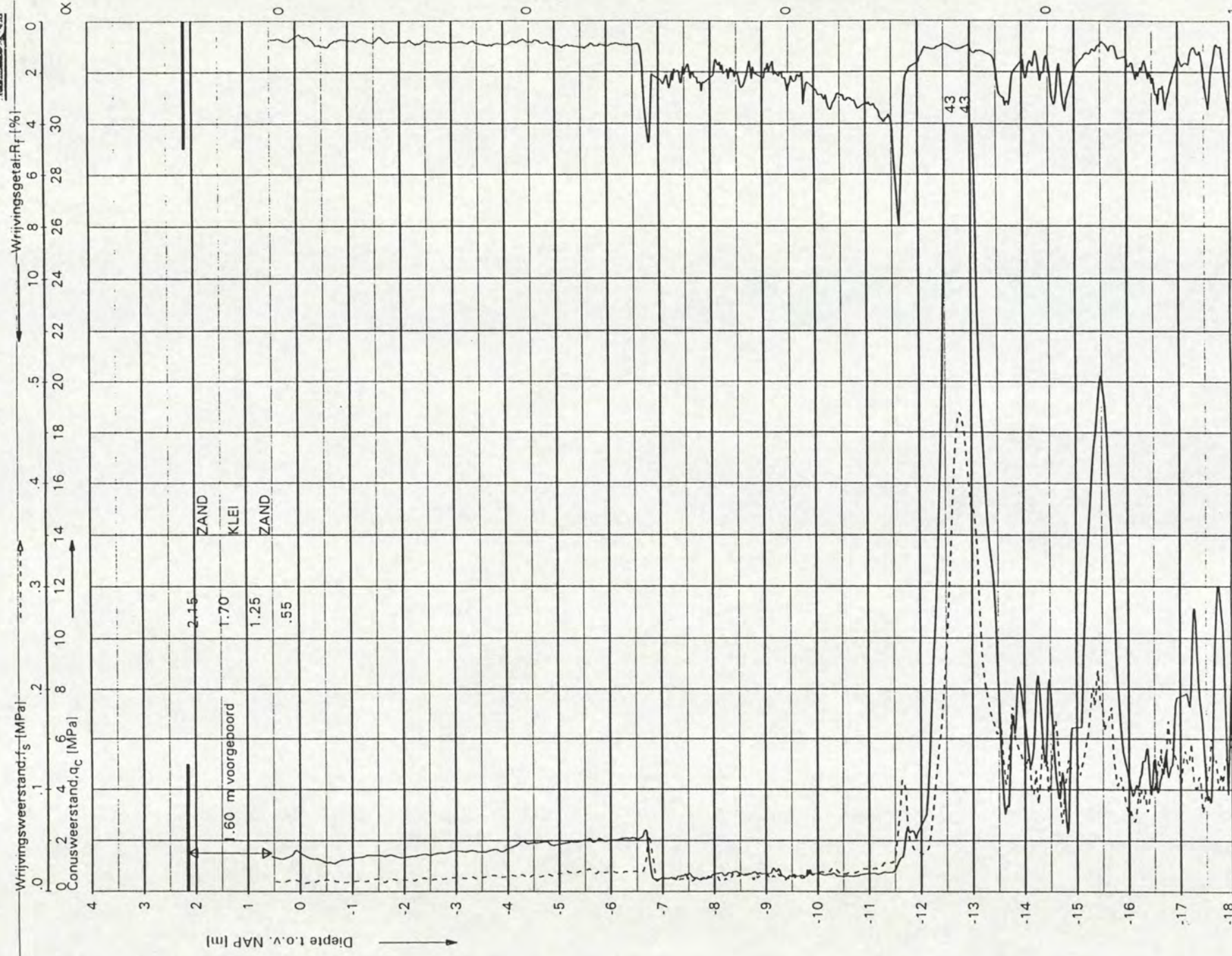
-5

-10

-15

-20

-25



Sondering volgens norm NEN 3680
conus type cvindisch elektrisch
OX: afwijking van de vertikaal

Opg.: RBM/CK d.d. 18-Sep-1997
Get.: bkr d.d. 23-Sep-97

conus: F5CKE/V
MV = NAP +2.15 m

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

VERRUIMING PASSAGE ZEEBURG TE AMSTERDAM.

Opdr. M-0616
Sond. DKM 23

BIJLAGE 6. BEREKENING TREKPALEN

Volgens NEN 6743 moeten de trekpalen worden gecontroleerd op maximale paalschachtwrijving en het kluitgewicht. Hoewel voor paalgroepen de laatste meestal maatgevend is, worden, in verband de in de grond voorkomende veenlagen, de palen ook op schachtwrijving gecontroleerd. De sonderingen die voor de berekening zijn gebruikt zijn DKM23 voor de westzijde en DKM3 voor de oostzijde.

De paalgegevens staan hieronder in tabelvorm bij elkaar:

	<i>Pers-w</i>	<i>Pers-o</i>	<i>Schuif-w</i>	<i>Schuif-o</i>	<i>Gvk-w</i>	<i>Gvk-o</i>
F_{rep}	572	592	460	462	284	284
F_d ($\gamma=1,2$)	686	710	552	554	341	341
o.z. OWB	16,20-	16,23-	13,55-	13,56-	5,42-	5,42-
d	2,3	2,41	2,34	2,34	3,39	3,39

De resultaten van de berekening zijn de volgende:

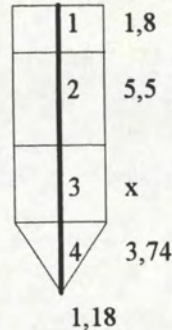
	<i>Pers-w</i>	<i>Pers-o</i>	<i>Schuif-w</i>	<i>Schuif-o</i>	<i>Gvk-w</i>	<i>Gvk-o</i>
paallengte	16	16	14	12	8	10
aantal	8x8	8x8	8x8	8x13	5x6	5x6
totale lengte	1024	1024	896	1248	240	300

Pers-w

Kluitgewicht

Gegevens:

16,2 - 18,0	m-NAP	kleiig zand	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$	Als $L = 17 \text{ meter} \rightarrow \text{eigen gewicht} = 92,5 \text{ kN}$ $\rightarrow F_d = 686 - 92,5 = 603,4 \text{ kN}$
18,0 - 23,5	m-NAP	zand	$\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$	
23,5 \rightarrow	m-NAP	klei	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$ $\varphi = 17,5^\circ$	



$$G_1 = \pi * 1,18^2 * 1,8 * 10 = 78,74 \text{ kN}$$

$$G_2 = \pi * 1,18^2 * 5,5 * 11 = 264,65 \text{ kN}$$

$$G_3 = \pi * 1,18^2 * x * 10 = 43,74 \text{ x kN}$$

$$G_4 = 1/3 * \pi * 1,18^2 * 3,74 * 10 = 54,53 \text{ kN}$$

$$43,74 \text{ x} + 397,92 > 603,4$$

$$\text{x} > 4,7 \text{ meter}$$

$$\rightarrow L > 15,74 \text{ m} = 16 \text{ meter}$$

Schachtwrijving

4,0 100%	1	16,2- 18,0-	1. kleiig zand, $l = 1,80 \text{ meter}$, $q_{c,gem} = 7.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$ $100\% * q_c * \alpha_s = 70 \text{ kN/m}^2$ $A = 1,8 * 1,80 = 3,24 \text{ m}^2$ $\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 3,24 * 70 = 226,8 \text{ kN}$
	2	20,2-	2. zand, $l = 2,20 \text{ meter}$, $q_{c,gem} = 22.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$ $\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 * 22.000 * 0,010 * 1,8 * 2,20 = 871,2 \text{ kN}$
8,0 33%	3	23,5-	3. zand, $l = 3,30 \text{ meter}$, $q_{c,gem} = 24.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$ $\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 0,33 * 24.000 * 0,010 * 1,8 * 3,30 = 475,2 \text{ kN}$
	4	28,2-	4. klei, $l = 4,70 \text{ meter}$, $q_{c,gem} = 5.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,035$ $\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 0,33 * 5.000 * 0,035 * 1,8 * 4,70 = 493,5 \text{ kN}$
4,0 100%	5	32,2-	5. klei, $l = 4,00 \text{ meter}$, $q_{c,gem} = 3.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,035$ $\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 * 3.000 * 0,035 * 1,8 * 4,00 = 756,0 \text{ kN}$

$$F_{r,tr,max,rep} = 226,8 + 871,2 + 475,2 + 493,5 + 756,0 + (0,45^2 * 16 * 14) = 2868,1 \text{ kN}$$

$$F_{r,tr,max,d} = 2868,1 / 1,4 = 2048,6 \text{ kN} >> 603,4 \text{ kN}$$

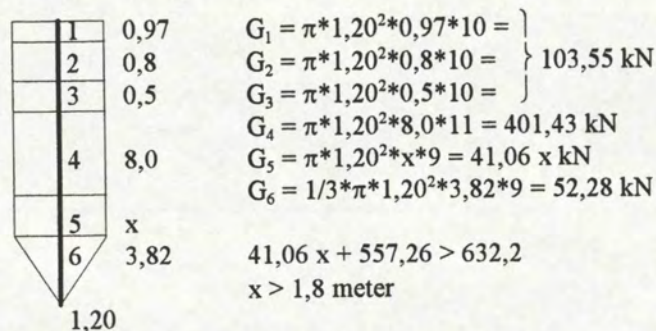
\rightarrow kluitgewicht is maatgevend

Pers-o

Kluitgewicht

Gegevens:

16,2 - 17,2	m ⁻ NAP	zandige klei	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$	Als L = 16 meter \rightarrow eigen gewicht = 77,8 kN $\rightarrow F_d = 710 - 77,8 = 632,2 \text{ kN}$
17,2 - 18,0	m ⁻ NAP	kleiig zand	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$	
18,0 - 18,5	m ⁻ NAP	zandige klei	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$	
18,5 - 26,5	m ⁻ NAP	zand	$\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$	
26,5 \rightarrow	m ⁻ NAP	klei	$\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$ $\varphi = 17,5^\circ$	



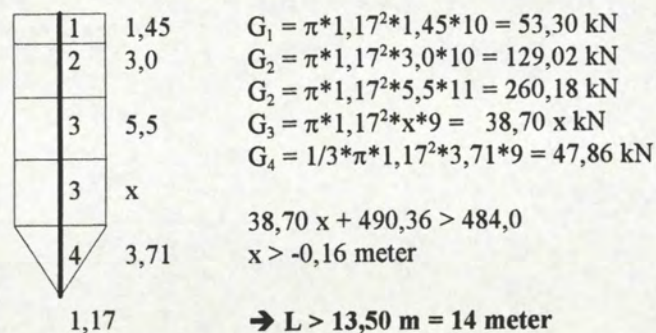
$\rightarrow L > 15,9 \text{ m} = 16 \text{ meter}$

Schuif-w

Kluitgewicht

Gegevens:

13,55 - 15,0	m ⁻ NAP	kleiig zand	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$	Als L = 14 meter \rightarrow eigen gewicht = 68,0 kN $\rightarrow F_d = 552 - 68,0 = 484,0 \text{ kN}$
15,0 - 18,0	m ⁻ NAP	kleiig zand	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$	
18,0 - 23,5	m ⁻ NAP	zand	$\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$	
23,5 \rightarrow	m ⁻ NAP	klei	$\gamma_{sat} = 29 \text{ kN/m}^3$ $\varphi = 17,5^\circ$	



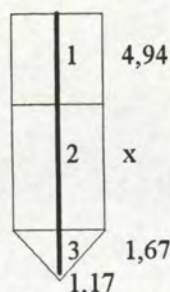
$\rightarrow L > 13,50 \text{ m} = 14 \text{ meter}$

Schuif-o

Kluitgewicht

Gegevens:

13,56 - 18,5	m-NAP	klei / zand	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$		Als L = 13 meter \rightarrow eigen gewicht = 63,2 kN
18,5 - 26,5	m-NAP	zand	$\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 35,0^\circ$	$\rightarrow F_d = 710 - 77,8 = 632,2 \text{ kN}$
26,5 \rightarrow	m-NAP	klei	$\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 17,5^\circ$	



$$G_1 = \pi * 1,17^2 * 4,94 * 10 = 212,45 \text{ kN}$$

$$G_2 = \pi * 1,17^2 * x * 11 = 47,31 x \text{ kN}$$

$$G_3 = 1/3 * \pi * 1,17^2 * 1,67 * 11 = 26,33 \text{ kN}$$

$$47,31 x + 238,75 > 490,8$$

$$x > 5,33 \text{ meter}$$

$$\rightarrow L > 11,94 \text{ m} = 12 \text{ meter}$$

Schachtwrijving

		13,65-	1. kleiig zand, l = 0,24 meter, $q_{c,gem} = 10.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$
3,0	1	13,80-	$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 * 10.000 * 0,010 * 1,8 * 0,24 = 43,2 \text{ kN}$
100%	2	14,40-	2. zandige klei, l = 0,60 meter, $q_{c,gem} = 3.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,035$
	3	16,00-	$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 * 3.000 * 0,035 * 1,8 * 0,6 = 113,4 \text{ kN}$
	4	16,56-	3. zand, l = 1,60 meter, $q_{c,gem} = 7.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$
	5	17,20-	$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 * 7.000 * 0,010 * 1,8 * 1,60 = 201,6 \text{ kN}$
6,0	6	18,00-	4/5. zandige klei, l = 1,20 meter, $q_{c,gem} = 3.500 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,035$
33%	7	18,50-	$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 0,69 * 3.500 * 0,035 * 1,8 * 1,20 = 181,9 \text{ kN}$
	8	22,56-	6. kleiig zand, l = 0,80 meter, $q_{c,gem} = 18.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$
			$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 0,33 * 18.000 * 0,010 * 1,8 * 0,80 = 86,4 \text{ kN}$
3,0			7. zandige klei, l = 0,50 meter, $q_{c,gem} = 8.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,035$
100%	9	25,56-	$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 0,33 * 8.000 * 0,035 * 1,8 * 0,50 = 84,0 \text{ kN}$
			8. zand, l = 4,06 meter, $q_{c,gem} = 30.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$
			$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 0,33 * 30.000 * 0,010 * 1,8 * 4,06 = 730,8 \text{ kN}$
			9. zand, l = 3,00 meter, $q_{c,gem} = 16.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$
			$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 * 16.000 * 0,010 * 1,8 * 3,00 = 864,0 \text{ kN}$

$$F_{r,tr,max,rep} = 43,2 + 113,4 + 201,6 + 181,9 + 86,4 + 84,0 + 730,8 + 864,0 + (0,45^2 * 12 * 14) = 2339,3 \text{ kN}$$

$$F_{r,tr,max,d} = 2339,3 / 1,4 = 1671 \text{ kN} \gg 491 \text{ kN}$$

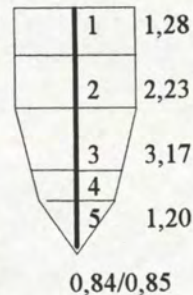
\rightarrow kluitgewicht is maatgevend

Gvk-w

Kluitgewicht

Gegevens:

5,42 - 7,70	m ⁻ NAP	zand	$\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 30^\circ$	Als L = 8 meter \rightarrow eigen gewicht = 38,9 kN $\rightarrow F_d = 341 - 38,9 = 302,1 \text{ kN}$
7,70 - 11,50	m ⁻ NAP	siltige klei	$\gamma_{sat} = 15 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 15^\circ$	
11,50 - 12,10	m ⁻ NAP	veen	$\gamma_{sat} = 12 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 15^\circ$	
12,10 - 13,30	m ⁻ NAP	zand	$\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 35^\circ$	
13,30 - 15,00	m ⁻ NAP	zandige klei	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 22,5^\circ$	
15,00 - 18,00	m ⁻ NAP	kleilig zand	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 25^\circ$	



$$G_1 = \pi \cdot 1,69^2 \cdot 1,28 \cdot 9 = 184,12 \text{ kN}$$

$$G_2 = \pi \cdot 1,69^2 \cdot 2,23 \cdot 5 = 55,18 \text{ kN}$$

$$G_{3/4} = 1/3 \pi \cdot (1,69^2 + 0,84^2 + 1,69 \cdot 0,84) \cdot 3,18 \cdot 4 = 66,14 \text{ kN}$$

$$G_5 = 1/3 \pi \cdot 0,84^2 \cdot 1,20 \cdot 11 = 9,75 \text{ kN}$$

$$G = 184,12 + 55,18 + 66,14 + 9,75 = 315,19 > 302,1 \text{ kN} \rightarrow \text{voldoet}$$

$$\rightarrow L > 7,9 \text{ m} = 8 \text{ meter}$$

Schachtwrijving

2,0	100%	5,42-	1
4,0	33%	7,42-	2
2,0	100%	7,70-	3
		11,42-	4
		11,50-	5
		12,10-	6
		13,42-	

1. zand, l = 2,0 meter, $q_{c,gem} = 1.800 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$

$$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 \cdot 1800 \cdot 0,010 \cdot 1,8 \cdot 2,0 = 64,80 \text{ kN}$$

2. zand, l = 0,28 meter, $q_{c,gem} = 1.800 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$

$$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 0,33 \cdot 1800 \cdot 0,010 \cdot 1,8 \cdot 0,28 = 3,02 \text{ kN}$$

3. siltige klei, l = 3,72 meter, $q_{c,gem} = 600 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,045$

$$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 0,33 \cdot 600 \cdot 0,045 \cdot 1,8 \cdot 3,72 = 60,26 \text{ kN}$$

4. siltige klei, l = 0,08 meter, $q_{c,gem} = 600 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,045$

$$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 \cdot 600 \cdot 0,045 \cdot 1,8 \cdot 0,08 = 4,75 \text{ kN}$$

5. veen \rightarrow wordt niet meegenomen

5. klei, l = 1,32 meter, $q_{c,gem} = 12.000 \text{ kN/m}^2$ (afgesloten volgens art. 5.3.3.2), $\alpha_s = 0,010$

$$\rightarrow p_{r,tr,max,rep} = 1,0 \cdot 12.000 \cdot 0,010 \cdot 1,8 \cdot 1,32 = 285,11 \text{ kN}$$

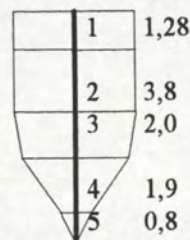
$$F_{r,tr,max,d} = 64,80 + 3,02 + 60,26 + 4,75 + 285,11 + (0,45^2 \cdot 8 \cdot 14) = 440,6 / 1,4 = 315 \text{ kN} > 302,1 \text{ kN} \rightarrow \text{kluitgewicht is maatgevend}$$

Gvk-o

Kluitgewicht

Gegevens:

5,42 - 6,70	m ⁻ NAP	veen	$\gamma_{\text{sat}} = 12 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 15^\circ$	Als L = 10 meter → eigen gewicht = 43,7 kN → $F_d = 341 - 43,7 = 297,3 \text{ kN}$
6,70 - 12,20	m ⁻ NAP	siltige klei	$\gamma_{\text{sat}} = 15 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 15^\circ$	
12,20 - 12,50	m ⁻ NAP	veen	$\gamma_{\text{sat}} = 12 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 15^\circ$	
12,50 - 13,80	m ⁻ NAP	zand	$\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 32,5^\circ$	
13,80 - 14,40	m ⁻ NAP	zandige klei	$\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 22,5^\circ$	
14,40 - 16,00	m ⁻ NAP	zand	$\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi = 32,5^\circ$	



$$G_1 = \pi * 1,69^2 * 1,28 * 2 = 22,97 \text{ kN}$$

$$G_2 = \pi * 1,69^2 * 3,8 * 5 = 170,48 \text{ kN}$$

$$G_3 = 1/3 \pi * (1,69^2 + 1,16^2 + 1,69 * 1,16) * 2,0 * 5 = 64,53 \text{ kN}$$

$$G_4 = 1/3 \pi * (1,16^2 + 0,33^2 + 1,16 * 0,33) * 1,9 * 10 = 36,56 \text{ kN}$$

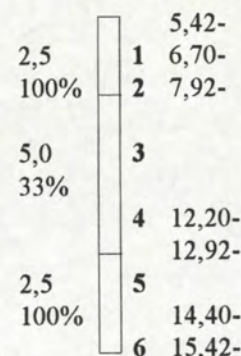
$$G_5 = 1/3 \pi * 0,33^2 * 0,80 * 10 = 0,91 \text{ kN}$$

$$G = 22,97 + 170,48 + 64,53 + 36,46 + 0,91 = 295,35 < 297,3 \text{ kN} \rightarrow \text{voldoet net niet}$$

0,33/0,83/0,53

→ L > 9,8 m = 10 meter

Schachtwrijving



1. veen → wordt niet meegenomen
2. siltige klei, l = 1,52 meter, $q_{c, \text{gem}} = 400 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,025$
→ $p_{r, \text{tr}, \text{max}, \text{rep}} = 1,0 * 400 * 0,025 * 1,8 * 1,52 = 27,36 \text{ kN}$
3. siltige klei, l = 3,98 meter, $q_{c, \text{gem}} = 500 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,045$
→ $p_{r, \text{tr}, \text{max}, \text{rep}} = 0,33 * 500 * 0,045 * 1,8 * 3,98 = 53,73 \text{ kN}$
4. veen → wordt niet meegenomen
5. zand, l = 1,9 meter, $q_{c, \text{gem}} = 10.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,010$
→ $p_{r, \text{tr}, \text{max}, \text{rep}} = 0,85 * 10.000 * 0,010 * 1,8 * 1,9 = 290,70 \text{ kN}$
6. zandige klei, l = 1,02 meter, $q_{c, \text{gem}} = 3.000 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_s = 0,035$
→ $p_{r, \text{tr}, \text{max}, \text{rep}} = 1,0 * 3.000 * 0,035 * 1,8 * 1,02 = 192,78 \text{ kN}$

$$F_{r, \text{tr}, \text{max}, \text{d}} = 27,36 + 53,73 + 290,70 + 192,78 + (0,45^2 * 10 * 14) = 658,5 / 1,4 = 470 \text{ kN} > 297,3 \text{ kN}$$

→ kluitgewicht is maatgevend

BIJLAGE 7. RAMING VAN KOSTEN

Afzinken kunststof leiding

Omschrijving	Eenheid	Prijs per eenheid	Hoeveelheid	Kosten	Opmerkingen
<i>Bemaling</i>					
• bronbemaling aanbrengen	st	3600,-	2	7.200	
• huren en instandhouden	st/dag	30,-	2/50	3.000	opvoerhoogte tot 21 meter
<i>Grondwerken</i>					
• grond ontgraven, droog	m ³	9,50	1280	12.160	inclusief transporteren (40 km) en verwerken
• grond ontgraven, nat	m ³	19,-	44.550	846.450	
• grond aanvullen, nat	m ³	11,50	22.690	260.935	
• grond aanvullen, droog	m ³	7,50	1370	275	
<i>Bodembescherming</i>					
• zinkstuk	m ²	36,-	10.710	385.560	leveren+aanbrengen
• bestorting (10/80), nat	ton	44,-	4284	188.500	leveren+aanbrengen
<i>Leidingwerk</i>					
• leiding	m ¹	1.500,-	520	780.000	
• koppelingen	st	2.400,-	92	220.800	
• opdrijven	st	36.000,-	1	36.000	
• transport	st	107.000,-	1	107.000	
• afzinken	st	115.000,-	1	115.000	
<i>Funderingstechnieken</i>					
• trekpalen	m ¹	290,-	540	156.600	leveren+aanbrengen
• koppen snellen	st	60,-	60	3.600	
<i>Damwanden</i>					
• profiel AZ13	ton	1450,-	465	674.250	
• heien	m ²	30,-	4342	130.260	
• afbranden	m ¹	90,-	144	12.960	geen restwaarde
• trekken	m ²	30,-	2254	67.620	
• stempels	ton	1400,-	85	119.000	leveren+aanbrengen
• verwijderen stempelconstructie	ton	500,-	85	42.500	met restwaarde
<i>Betonwerk</i>					
• bekisting	m ²	160,-	4100	656.000	leveren+aanbrengen
Omschrijving	Eenheid	Prijs per	Hoeveelheid	Kosten	Opmerkingen

		eenheid			
• betonstaal	kg	1,70	76.000	129.200	leveren+aanbrengen
• onderwaterbeton	m ³	400,-	576	230.400	leveren+aanbrengen
• grindbeton	m ³	285,-	950	270.750	leveren+aanbrengen
<i>Installatietechniek</i>					
• schuiven	m ²	4720,-	50	236.000	leveren+aanbrengen
• installaties	st	300.000,-	2	600.000	

Subtotaal directe kosten:

f6.292.020,-

Totale directe kosten (TDK):		6.292.020
Indirecte kosten (IK):		
• directiebehoeften:	3 %	188.761
• eenmalige kosten:	5 %	324.039
• uitvoeringskosten:	6 %	408.289
• algemene kosten:	7 %	504.918
• winst en risico:	5 %	385.901
• RAW systematiek:	0,15 %	12.156
		+
Totale kosten:		8.116.084
Bijkomende kosten:	7,5 %	608.706
		+
Totaal:		8.724.790
Diversen / Nadere detaillering:	10 %	872.479
		+
Totaal basisraming:		9.597.269
Object onvoorzien:	20 %	1.919.454
		+
Subtotaal (excl. BTW):		11.516.723
BTW (17,5%)	17,5 %	2.015.427
		+
Totale raming van kosten:		13.532.150

Tabel: Raming van kosten gvk leiding

Persen betonnen leiding

Omschrijving	Eenheid	Prijs per eenheid	Hoeveelheid	Kosten	Opmerkingen
<i>Bemaling</i>					
• bronbemaling aanbrengen	st	3600,-	2	7.200	opvoerhoogte tot 21 meter
• huren en instandhouden	st/dag	30,-	2/120	7.200	
<i>Grondwerken</i>					
• grond ontgraven, droog	m³	9,50	490	4.655	inclusief transporteren (40 km) en verwerken
• grond ontgraven, nat	m³	19,-	28.700	545.300	
• grond aanvullen, droog	m³	7,50	580	4.350	
<i>Bodembescherming</i>					
• zinkstuk	m²	36,-	5656	203.600	leveren+aanbrengen
• bestorting (10/80), nat	ton	44,-	2262	99.530	leveren+aanbrengen
<i>Leidingwerk</i>					
• elementen	m³	1.650,-	1450	1.740.000	prefab per schip
• transport	ton	100,-	3480	348.000	
• persinrichting	st	953.000,-	1	953.000	
• vijzels (6 st)	week	3.500,-	6	21.000	
• afdichting kuip	st	340.000,-	4	1.360.000	
• voegafdichting	m¹	300,-	1080	324.000	
<i>Funderingstechnieken</i>					
• trekpalen	m¹	290,-	2048	593.920	leveren+aanbrengen
• koppen snellen	st	60,-	128	7.680	
<i>Damwanden</i>					
• combiwand	ton	1557,-	920	1.432.440	restwaarde
• heien	m²	40,-	3.515	140.600	
• afbranden	m¹	90,-	144	12.960	
• stempels	ton	1400,-	93	103.200	leveren+aanbrengen
• verwijderen stempelconstructie	ton	500,-	93	46.500	restwaarde
<i>Betonwerk</i>					
• bekisting	m²	160,-	4100	656.000	leveren+aanbrengen
• betonstaal	kg	1,70	76.000	129.200	leveren+aanbrengen
• onderwaterbeton	m³	400,-	880	352.000	leveren+aanbrengen
• grindbeton	m³	285,-	950	270.750	leveren+aanbrengen
<i>Installatietechniek</i>					
• schuiven	m²	4720	60	283.200	
Omschrijving	Eenheid	Prijs per	Hoeveelheid	Kosten	Opmerkingen

		eenheid		
• installaties	st	300.000,-	2	600.000
Subtotaal directe kosten:			f10.246.285,	

Totale directe kosten (TDK):		10.246.285
Indirecte kosten (IK):		
• directiebehoeften:	3 %	307.389
• eenmalige kosten:	5 %	527.684
• uitvoeringskosten:	6 %	664.881
• algemene kosten:	7 %	822.237
• winst en risico:	5 %	628.424
• RAW systematiek:	0,15 %	19.795
		+
Totale kosten:		13.216.695
Bijkomende kosten:	7,5 %	991.252
		+
Totaal:		14.207.947
Diversen / Nadere detaillering:	10 %	1.420.795
		+
Totaal basisraming:		15.628.742
Object onvoorzien:	20 %	3.125.748
		+
Subtotaal (excl. BTW):		18.754.490
BTW (17,5%)	17,5 %	3.282.036
		+
Totale raming van kosten:		22.036.526

Tabel: Raming van kosten persleiding

Schuiven betonnen elementen

Omschrijving	Eenheid	Prijs per eenheid	Hoeveelheid	Kosten	Opmerkingen
<i>Bemaling</i>					
• bronbemaling aanbrengen	st	3600,-	2	7.200	
• bronbemaling instandhouden	st/dag	30,-	2/180	10.800	opvoerhoogte tot 21 meter
<i>Grondwerken</i>					
• grond ontgraven, droog	m ³	9,50	1.360	12.920	inclusief transporteren (40 km) en verwerken
• grond ontgraven, nat	m ³	19,-	57.990	1.101.810	
• grond aanvullen, nat	m ³	11,50	41.980	482.770	
• grond aanvullen, droog	m ³	7,50	1.420	10.650	
• onderstromen	m ³	67,20	680	45.700	
<i>Bodembescherming</i>					
• zinkstuk	m ²	36,-	7245	260.820	leveren+aanbrengen
• bestorting (10/80), nat	ton	44,-	2900	127.600	leveren+aanbrengen
• bestorting (80/200), nat	ton	47,-	5200	244.400	leveren+aanbrengen
<i>Leidingwerk</i>					
• grindbeton	m ³	255,-	3160	805.800	leveren+aanbrengen
• betonstaal	kg	1,70	252.800	429.760	leveren+aanbrengen
• systeemkist	m ²	130,-	750	97.500	leveren+aanbrengen
• schuifbaan	ton	8.500,-	61	518.500	leveren
• afzinken schuifbaan	ton	270,-	61	16.500	
• schuifinrichting	st	250.000,-	1	250.000	
• vijzels (6 st)	week	3.500,-	20	70.000	
• afdichting kuipen	st	340.000,-	2	680.000	
• sluitvoeg	st	90.000,-	1	90.000	
• afwerking voegen	m ¹	300,-	154	46.200	
<i>Funderingstechnieken</i>					
• trekpalen	m ¹	190,-	2196	417.240	leveren+heien
• koppen snellen	st	60,-	168	10.080	geen restwaarde
<i>Damwanden</i>					
• combiwand	ton	1557,-	1234	1.921.340	restwaarde
• heien	m ²	40,-	5894	235.760	
• afbranden	m ¹	90,-	168	15.120	
• trekken	m ²	40,-	2254	90.160	
• stempels	ton	1400,-	136	190.400	leveren+aanbrengen
Omschrijving	Eenheid	Prijs per	Hoeveelheid	Kosten	Opmerkingen

		eenheid				
• verwijderen stempelconstructie	ton	500,-	136	68.000		restwaarde
<i>Betonwerk</i>						
• bekisting	m ²	160,-	4100	656.000		leveren+aanbrengen
• betonstaal	kg	1,70	76.000	129.000		leveren+aanbrengen
• onderwaterbeton	m ³	400,-	970	388.000		leveren+aanbrengen
• grindbeton	m ³	285,-	950	270.750		leveren+aanbrengen
<i>Installatietechniek</i>						
• schuiven	m ²	4720,-	50	236.000		
• installaties	st	300.000,-	2	600.000		

Subtotaal directe kosten:

f10.536.780,

Totale directe kosten (TDK):		10.536.780
Indirecte kosten (IK):		
• directiebehoeften:	3 %	316.103
• eenmalige kosten:	5 %	542.644
• uitvoeringskosten:	6 %	683.732
• algemene kosten:	7 %	845.548
• winst en risico:	5 %	646.240
• RAW systematiek:	0,15 %	20.357
		+
Totale kosten:		13.591.404
Bijkomende kosten:	7,5 %	1.019.355
		+
Totaal:		14.610.759
Diversen / Nadere detaillering:	10 %	1.461.076
		+
Totaal basisraming:		16.071.835
Object onvoorzien:	20 %	3.214.367
		+
Subtotaal (excl. BTW):		19.286.202
BTW (17,5%)	17,5 %	3.375.085
		+
Totale raming van kosten:		22.661.287

Tabel: Raming van kosten schuifkoker

Colofon

Opdrachtgever:

Hogeschool van Utrecht

Faculteit Natuur & Techniek

Studierichting Civiele Techniek

Afstudeerder:

Janneke van Dusseldorp

Menadosstraat 18

3532 SM Utrecht

tel. 030-294 91 25

In samenwerking met:

Bouwdienst Rijkswaterstaat

Utrecht, juni 2000.