

gewissadeld voor beeld:
 $\phi 60 \text{ cm}$, $\rho = 50 \text{ at\%}$.

$$E_l = 7.9,6 \cdot \sqrt{50} = 29,7 \approx \underline{\underline{30 \text{ m}}}$$

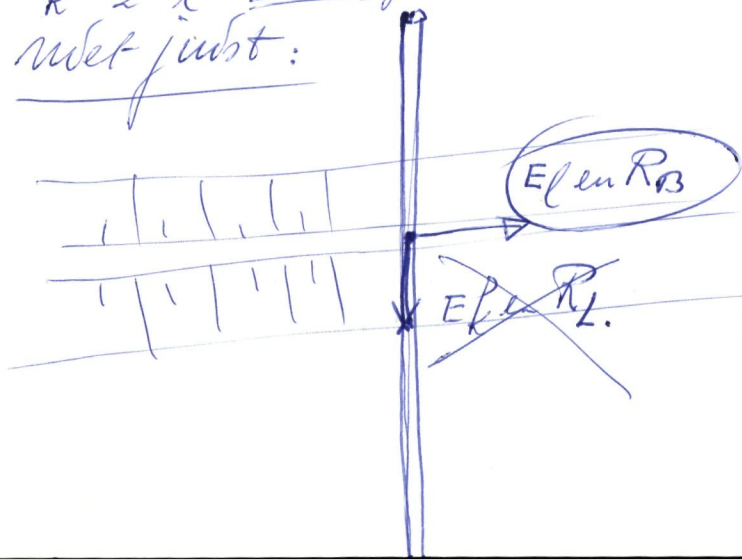
$$R_B = \frac{1}{4} \cdot 8 \sqrt[3]{500 \cdot 9,6^2} = \underline{\underline{11 \text{ m}}}$$

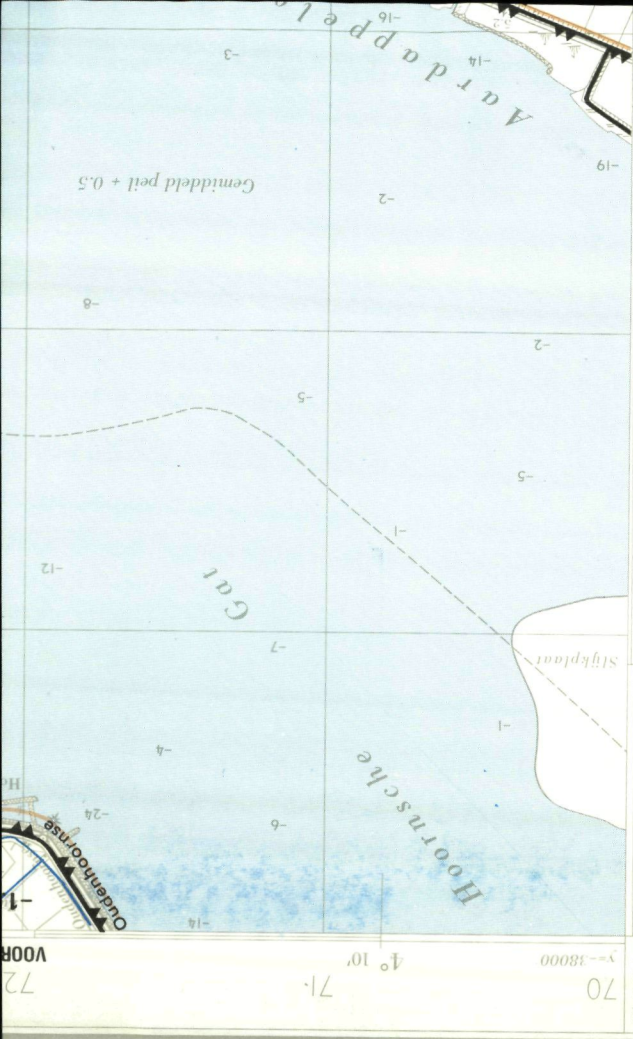
Met
gelijk
qua orde
v. grootte!

$$E_k = \frac{1}{2} E_l = \underline{\underline{15 \text{ m}}}$$

gebruikt?

Met juist:





422	423	424	425
x = 85000	x = 85000	x = 85000	x = 85000
70	70	70	70
Y = -38000	Y = -38000	Y = -38000	Y = -38000
N.B. 4° 09' 17" .31	N.B. 4° 09' 17" .31	N.B. 4° 09' 17" .31	N.B. 4° 09' 17" .31
51° 48' 29" .14	51° 48' 29" .14	51° 48' 29" .14	51° 48' 29" .14

Provinciale Waterstaat
in Zuid - Holland.

Onderafdeling: Waterschappen en Waterkeringen.

Bureau: Waterkeringen.

juli 1985.

Onderwerp : Pijpleidingcode;
Notitie betreffende afpersen stalen leidingen.

1. Huidige situatie.

Volgens de pijpleiding - code dient het tot de kruising behorende deel van de leiding na aanaarden, te worden afgeperst op 1,3 x de ontwerpdruk.

Waarom persé eerst aangeaard dient te worden is niet vermeld.

Voor de aan te houden ontwerpdruk moet voor leidingen met $HD^2 < 1$ of $\Psi < 600$ worden uitgegaan van de maximale bedrijfsdruk.

Voor leidingen met $HD^2 > 1$ of $\Psi > 600$ moet worden uitgegaan van het beginsel van relatieve sterkte.

In deze gevallen moeten stalen leidingen worden afgeperst op 0,9 x de vloeigrens en zijn eisen gesteld aan de lasconstrôle en moet bij hoofdwaterkeringen en boezemkaden een damwand worden toegepast $L \geq$ minstens 4 m en maximaal 10 m (éénzijdig).

Overigens wordt bij boezemkaden ook in de andere gevallen een damwand geëist. Slechts in bijzondere gevallen (hoog boezemland) wordt daarvan afgezien.

Voor binnenwaterkeringen wordt van het maken van een vervangende waterkering afgezien, daar deze waterkeringen eerst moeten functioneren na doorbraak van een andere waterkering. De kans op samengaan van doorbraak hoofdwaterkering en leidingbreuk in de tweede waterkering is zeer klein.

Voor wegen wordt geen damwand toegepast, daar deze geen waterkerende functie hebben en ter bescherming van de wegconstructie een damwand niet zinvol is. Hier zouden alleen mantelbuizen uitkomst bieden.

Voor het berekenen van de ontgrondingskuil en de lengte van de damwand wordt in alle gevallen de maximale bedrijfsdruk gehanteerd.

Voor leidingen van andere materialen dan staal zijn geen duidelijke voorschriften voor afpersen en lasconstrôle gegeven.

2. Problematiek.

In de praktijk bestaat met name voor lagedrukleidingen veel weerstand tegen afpersen op 90% van de vloeigrens. Dit wordt vooral veroorzaakt door de kosten welke hiermee gemoeid zijn (hoge afpersdrukken, ^Tdure bolfronten) terwijl daarnaast het afpersen meestal wordt gezien als een test op de dichtheid van de leiding, waarbij een samenhang wordt gezien met de maximale bedrijfsdruk.

T grote D's

Voorts zijn vaak appendages aanwezig welke de hoge druk niet kunnen weerstaan. Deze appendages zijn weliswaar in de kruising verboden, doch niet altijd te vermijden.

Teneinde te trachten aan de bezwaren welke tegen het afpersen bestaan, tegemoet te komen, is een voorstel ingebracht om op een andere wijze te werk te gaan.

3. Het voorstel en commentaar daarop.

Het voorstel behelst het volgende.

Afpersen van lagedrukleidingen tot 10 bar zou mogen geschieden op b.v. 2 x de ontwerpdruk.

Voor de ontwerpdruk wordt hierbij uitgegaan van de absolute ontwerpdruk.

Gesteld wordt dat dit voorstel kan worden "onderbouwd" door het betreffende artikel uit NEN 1091 toe te passen.

Het voorstel zoals dat thans is gedaan heeft enkele nadelen welke hieronder worden genoemd.

Op de eerste plaats valt op te merken dat het voorstel zeker niet wordt onderbouwd door NEN 1091.

Integendeel. In de NEN norm bestaat een relatie tussen de ontwerpdruk en de afpersdruk.

Deze relatie wordt in het voorstel losgelaten. Dit kan ertoe leiden dat wordt afgeperst op een lagere druk dan in de berekening moet worden aangehouden. Hiertegen bestaan overwegende bezwaren.

Het voorliggende voorstel is in feite slechts een "greep" en stoelt niet op een filosofie. Dit laatste wordt gewenst geacht.

Anders dan in NEN 1091 is aangegeven bestaat volgens het voorstel geen ondergrens voor de afpersdruk. Ook dit wordt gewenst geacht teneinde in elk geval altijd een redelijke test te hebben t.a.v. de dichtheid van de leiding.

Op grond van bovenstaande argumenten wordt het voorstel afgewezen.

Daar dit echter het probleem niet oplost zal worden getracht een alternatief voorstel te doen dat enigszins aan de gesignaleerde bezwaren tegemoet komt.

4. Beschouwing.

Als alternatief voor het ingediende voorstel bestaan verschillende mogelijkheden. Twee mogelijkheden worden hier besproken.

Eén van de meest voor de hand liggende, is daarbij de mogelijkheid om de methode volgens NEN 1091 integraal over te nemen. Het enige verschil is dan de wijze waarop de ontwerpdruk wordt bepaald. Hierbij kan de pijpleiding-code gelden.

Het voordeel is dan dat een bestaande geaccepteerde methode wordt gebruikt.

Een (gering) nadeel is dan wel dat de gedachte achter het voorstel niet precies bekend is. Verder betekent dit dat de methode ook van toepassing moet worden verklaard voor leidingen met een lagere druk dan 1 bar en voor vloeistofleidingen. NEN 1091 geldt namelijk voor stalen gasleidingen met een bedrijfsdruk boven 1 bar.

Een andere mogelijkheid is zelf een gedachte te ontwikkelen en daarbij zoveel mogelijk aan te sluiten bij afpersdrukken volgens bestaande normen.

Voor deze variant zal moeten worden aangegeven tegen welke achtergrond het afpersen plaats vindt en welke grenzen voor verschillende afpersdrukken zullen moeten gelden.

Als uitgangspunt voor het bepalen van grenzen voor verschillende afpersprocedures kan worden genomen het effect dat een leidingbreuk kan hebben voor het gekruiste waterstaatswerk en de daaruit verder voortvloeiende consequenties. (b.v. bij doorbraak van een hoofdwaterkering of boezemkade de optredende inundatie).

Met deze benadering wordt enigszins aangesloten bij een benadering volgens risico-analyse. Namelijk uitgaande van een benadering van het risico als kans x effect, zal bij toenemend effect de kans kleiner moeten worden teneinde een gelijkblijvend risico te hebben.

Dit kan dan worden vertaald in een toenemende aandacht voor de leiding en de beproeving daarvan naarmate het gevolg (ontgronding, verweking) groter wordt.

Voor de testprocedures kan dan hetzelfde gelden.

De testprocedures kunnen worden beschouwd vanuit een verschillende invalshoek.

De mogelijkheden welke thans worden onderkend zijn de volgende:

a. een test op vloeistofdichtheid.

Deze test is vooral bedoeld voor de categorie leidingen met geringe gevolgen bij breuk of voor gelede leidingen;

b. een test op de constructie in relatie tot de gebruikstoestand en de daarbij optredende spanningen.

Hiermee wordt bedoeld dat in de gebruikstoestand (afgezien van de te hanteren schadefactor) bij elastisch rekenen maximaal een spanning van $0,67 \sigma_{\text{el}}$ wordt toegestaan.

Hierbij moet echter worden opgemerkt dat bij een afpersdruk gebaseerd op $0,67 \sigma_{\text{el}}$ de maximale ringspanning weliswaar wordt benaderd doch de langsspanning niet. In verband hiermee wordt deze test niet zo zinvol geacht. Deze zou hoogstens kunnen dienen als tussenstap.

c. een test op de constructie als geheel, om te bezien of deze aan de maximaal vereiste sterkte voldoet. Hiermee wordt bedoeld de test op $0,9 \sigma_{\text{el}}$. Hiermee is het bezwaar van de benadering van de maximale langsspanningen weliswaar niet geheel opgelost doch veel minder erg dan bij de procedures volgens b.

In het volgende wordt uitgegaan van de procedures volgens a en c.

5. Uitwerking.

De waterstaatswerken welke in het algemeen in het geding zijn betreffen:

- Hoofdwaterkeringen;
- Boezemkaden;
- Binnenwaterkeringen;
- Wegen.

Hoofdwaterkeringen.

In de pijpleidingcode wordt het belang van de hoofdwaterkeringen vooral veilig gesteld door het eisen van berekeningen, toepassing van schadefactoren en het treffen van waterstaatkundige voorzieningen.

Indien $HD^2 > 1$ of $\Psi > 600$, of het een hogedrukleiding betreft, behoort hiertoe ook een damwand-constructie. Deze damwand is minimaal 8 m lang (4 m aan één zijde van de leiding) en maximaal 20 m. De lengte wordt berekend uit $8 \sqrt{HD^2}$ of uit $\frac{\Psi}{150}$.

Indien nu bij leidingbreuk of explosie een ontgrondingskuil ontstaat of een verwekingszone welke breder is dan de damwand, kan worden gesproken van een ernstig incident waarbij extra aandacht nodig is.

Uit de "Verkenning inzake risico-analyse van hogedrukleidingen", kan worden gevonden dat een damwandconstructie juist niet meer als vervangende waterkering funktioneert bij $R_B = 7,5$ m.

De bijbehorende $HD^2 = \pm 50$.

Dit geldt voor vloeistofleidingen.

Voor gasleidingen is echter bekend dat weliswaar de erosiekuil kleiner is dan bij vloeistofleidingen doch bij leidingen van $\pm$ dezelfde diameter en inwendige druk, de verwekingszone nagenoeg overeenkomt met de ontgrondingskuil van een soortgelijke vloeistofleiding.

Voor gasleidingen kan de grens dan worden bepaald op $\Psi = 25.000$. Evenwel zou ook simpel de HD^2 kunnen worden bepaald door de max.bedrijfsdruk om te rekenen in m.waterkolom.

Voor gasleidingen kan dan eveneens HD^2 worden gebruikt.

Boezemkaden.

Voor boezemkaden waarbij slechts in bijzondere gevallen (hoog boezemland) wordt afgezien van een damwandconstructie geldt in feite hetzelfde als voor hoofdwaterkeringen.

Binnenwaterkeringen.

Voor binnenwaterkeringen behoeft geen schadefactor te worden toegepast, terwijl evenmin een damwandconstructie is vereist. Dit vloeit voort uit de aard van de waterkering. Uit de "Verkenning Risico-analyse" is af te leiden dat een binnenwaterkering reeds bij kleinere ontgrondingen dysfunctioneel wordt door het ontbreken van een damwand. Het gevolg echter voor het door deze waterkering beschermde gebied kan ook al is praktisch deze waterkering niet meer functioneel, toch worden ingeschat op hetzelfde risico

als bij het optreden van erosiekuilen kleiner dan 15 m bij hoofdwaterkeringen daar voor een calamiteit tevens doorbraak van de hoofdwaterkering nodig is. Daar een risico-analyse waaruit de juiste overeenkomstige grens zou kunnen worden bepaald, tot nu toe ontbreekt wordt gemakshalve ook hier de grens gelegd bij $HD^2 = 50$ en $\Psi = 25.000$,

Wegen.

Voor wegen behoeft ook geen schadefactor te worden toegepast evenmin als een damwandconstructie.

Ook in dit geval zal de weg reeds bij ontgrondingskuilen kleiner dan 15 m onbruikbaar worden (reeds bij ca 7 m). Gevolgen voor het achterland zijn echter niet aanwezig. Overigens is op te merken dat ter bescherming van de weg een damwandconstructie niet bruikbaar is en in feite alleen mantelbuizen uitkomst zouden bieden.

Om praktische redenen wordt ook voor wegen dezelfde grens voor het bepalen van de ernst van het incident gekozen. Feitelijk kan dit alleen in combinatie met een mantelbuis. In feite is dit dus niet geheel consistent, doch indien geen mantelbuizen mogen worden toegepast zal elk voorstel dat een verlaging van de eisen betekent inconsistent zijn met waterkeringen.

Resume.

Uit het bovenstaande wordt als grens voor de bepaling van ernstige en minder ernstige incidenten aangehouden $HD^2 = 50$ of $\Psi = 25.000$.

Indien de waarde lager is kan worden uitgegaan van een test op vloeistofdichtheid en bij een grotere waarde van de test op de constructie volgens 0,9 σ_{ult} .

Overigens kan nog worden overwogen in bijzondere gevallen b.v. bij hoog en breed voorland of bij zeer smalle dijken een andere eis te stellen.

Dit zou ook het geval moeten zijn indien bij hoofdwaterkeringen en/of boezemkaden een zodanige constructie wordt gekozen (b.v. horizontale boormethode) dat geen damwand kan worden toegepast.

Vervolgens kan nog het psychologisch effect optreden dat hogedrukleidingen voor gas, door de aangegeven benadering een soepeler behandeling krijgen dan volgens NEN 1091. Dit dient te worden voorkomen.

Rekeninghoudend met deze aspecten kan het volgende voorstel worden gedaan waarbij wordt aangesloten bij de drukgrenzen vlgs. NEN 1091.

Afpersdrukken.

Gas- en vloeistofleidingen		grootste p_a aanhouden	
HD^2	p (bar)	p_a (bar)	p_a (bar) minimaal
≤ 50	≤ 10	$p_0 + 4$	-
≤ 50	> 10 en ≤ 20	$1,4 p_0$	-
≤ 50	> 20	$(0,9\sigma_{vl} - \sigma_q) \frac{20 \cdot t}{D}$	$1,3 p_0 + 2$ *
> 50	≤ 10	$(0,9\sigma_{vl} - \sigma_q) \frac{20 \cdot t}{D}$	$p_0 + 4$ *
> 50	> 10 en ≤ 20	$(0,9\sigma_{vl} - \sigma_q) \frac{20 \cdot t}{D}$	$1,4 p_0$
> 50	> 20	$(0,9\sigma_{vl} - \sigma_q) \frac{20 \cdot t}{D}$	$1,3 p_0 + 2$

Indien bij hoofd- of boezemwaterkeringen de kruising wordt gemaakt m.b.v. een boormethode, waardoor geen damwand kan worden toegepast, dient te worden afgeperst volgens

$$p_a = (0,9\sigma_{vl} - \sigma_q) \frac{20 \cdot t}{D} \quad \text{tenzij } HD^2 < 1.$$

*T en
boezemland*

* Bij hoog- en breed voorland *T* kan in overleg met vergunning-verlenende of goedkeurende instantie, bij waterkeringen de minimale afpersdruk worden aangehouden.

p = max.bedrijfsdruk in bar. $H = p$ uitgedrukt in m waterkolom.

p_0 = ontwerpdruk in bar. D = uitwendige diameter in m.

p_a = afpersdruk in bar. σ_q = optredende spanning uit de grondbelasting (direct en indirect t.g.v. aanaarden en t.g.v. uitvoeringszakking. tangentieel).

t = wanddikte in mm

σ_{vl} = vloeispanning in N/mm².

Conclusie.

Het reeds ingebrachte voorstel wordt om diverse redenen afgewezen.

Gekozen zou kunnen worden als alternatief tussen:

- het aanhouden van de NEN 1091 waarbij dan een nuancering dient te worden aangebracht i.v.m. de uitgangspunten volgens de pijpleidingcode (ontwerpdruk), terwijl voorts nader dient te worden aangegeven hoe de procedure wordt ingevuld wanneer de in tabel 14 (NEN 1091) genoemde

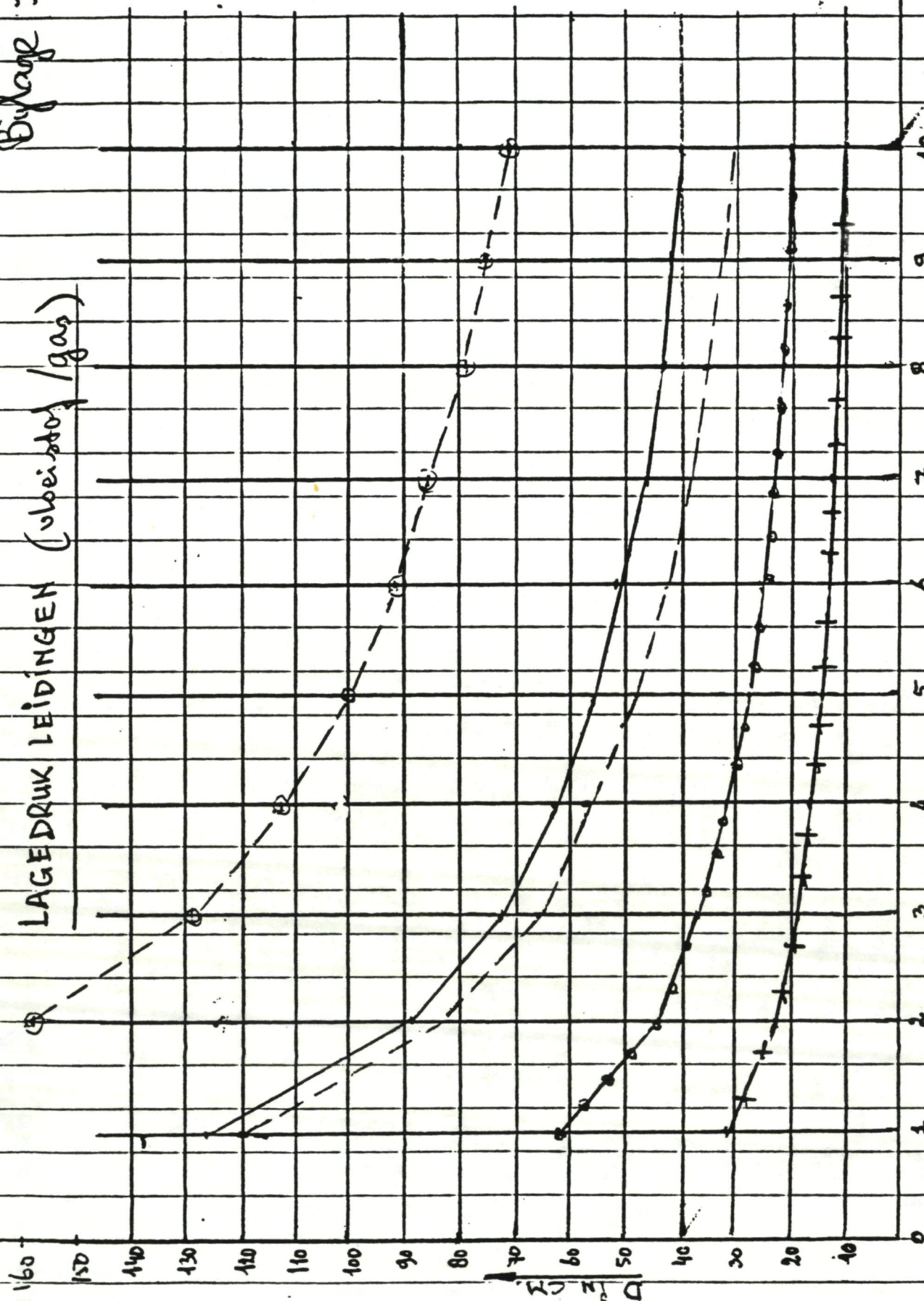
$s > 0,20$ bij $p_d \leq 10$ bar en

$s \leq 0,20$ bij $p_d > 10$ bar.

- b. Het hiervoor onder 5 aangegeven voorstel dat in feite slechts een nuancering en veralgemenisering van de procedure volgens NEN 1091 betekent.

Bilaga 1

LAGEDRUK LEIDINGEN (vloeistof / gas)



$HD^2 = 100$ $RO = 7.4$ $L = 10m$
 $HD^2 = 16$ $RO = 5$ $L = 10m$
 $HD^2 = 5$ $RO = 3.17$ $L = 10m$
 $HD^2 = 4$ $RO = 2$ $L = 8$
 $HD^2 = 1$ $RO = 1$ $L = 8$

$HD^2 = 100$ $RO = 7.4$ $L = 10m$
 $HD^2 = 16$ $RO = 5$ $L = 10m$
 $HD^2 = 5$ $RO = 3.17$ $L = 10m$
 $HD^2 = 4$ $RO = 2$ $L = 8$
 $HD^2 = 1$ $RO = 1$ $L = 8$

P in BAR

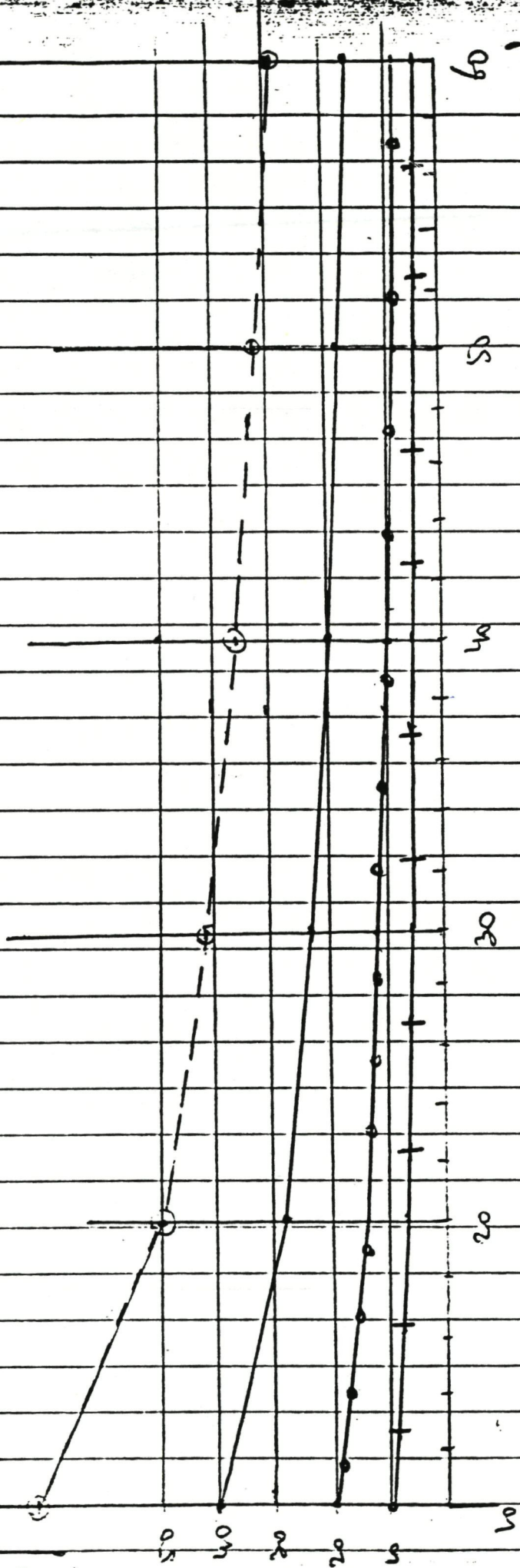
Bijlage 2

HOGEDRUK

Veranderingen

- $H_D^2 = 50$ $R_B = 74$ $L = 10 \text{ m}$
- $H_D^2 = 16$ $R_B = 5$ $L = 10 \text{ m}$
- $H_D^2 = 4$ $R_B = 3,17$ $L = 10 \text{ m}$
- $H_D^2 = 1$ $R_B = 2$ $L = 8$

D in cm



p in bar