

BRONNEN
Schiedsch!

STROOMBESTENDIGHEID SILEX 90 - 300

Nota W-76.020

Projektkode W.76.A.204.L

VRAAG GESTELD DOOR: Enci-Cemij-Robur
VAN: Verkooporganisatie
TE: Amsterdam.

MONDELING
TELEFONISCH AAN: ir. J.F. Agema
BIJ SCHRIJVEN NR.:

VRAAG: Stroombestendigheid Silex 90 - 300.

REDEN: Nagaan toepasbaarheid als bestorting in getijwateren.

BIJLAGEN:

zie bijlagenlijst blz. 7

GEZ. EN ACC.

AANGEBODEN BIJ SCHR.NR.:

MET
ZONDER OPMERKINGEN VAN HET HOOFD VAN DE
WATERLOOPKUNDIGE AFDELING

ANTWOORD:

STROOMBESTENDIGHEID SILEX 90-300

1. INLEIDING

In de mergelgroeven van Zuid-Limburg komen lagen voor die vnl. uit kiezel en kalksteen bestaan. Door een breker worden de stenen groter dan 300 mm. uit deze lagen gebroken; daarna vindt uitzieving plaats over een zeef met een maaswijdte van 90 mm. Het materiaal dat overblijft wordt dan Silex 90-300 genoemd.

Doel van deze nota is na te gaan in hoeverre dit materiaal stroomresistent is en bruikbaar is als bestortingsmateriaal t.b.v. bodembeschermingen in getijwateren. De materiaalgegevens voor de uitgevoerde berekeningen zijn ontleend aan bijlage 1. Gezien de betrekkelijkheid van berekeningen naar de stroombestendigheid is een vergelijking gemaakt met zgn. grof grind (grind 30/alles) en stortsteen 10/60 kg.

2. BEREKENINGSGRONDSLAGEN

Algemeen toegepast bij de bepaling van het begin van grof materiaal in een parallelstroom, is de formule van Shields:

$$\tau_{kr} = \psi (\rho_m - \rho_w) \cdot g \cdot d. \quad (1)$$

waarin: τ_{kr} = de schuifspanning waarbij het materiaal begint te bewegen (N/m^2)

ψ = een konstante waarin o.a. de vorm van de stenen en het gehanteerde criterium van begin van bewegen tot uiting komt.

ρ_m = dichtheid van het materiaal (kg/m^3)

ρ_w = dichtheid van water (kg/m^3)

g = zwaartekrachtsversnelling (m/sec^2)

d = karakteristieke afmeting van het materiaal (m)

Opmerkingen:

— t.a.v. ψ — De vorm van de Silex stenen mag als hoekig gekenmerkt worden (gebroken steen).

Grind 30/alles is rond, steen 10-60 kg. hoekig.

Een objectief criterium voor het begin van bewegen is in feite niet te geven. Het gehanteerde criterium hangt bovendien af van het doel van de bestorting, de mate waarin enige verplaatsing van individuele stenen geaccepteerd wordt etc. Afhankelijk van het gehanteerde criterium wordt voor hoekig materiaal $\psi = 0,04$ (geen verplaatsing van stenen) tot $\psi = 0,06$ (enkele stenen verplaatsen) aangehouden.

Voor rond materiaal zijn deze getallen resp. 0,03 en 0,05

— t.a.v. d — Als maatgevende afmeting worden vaak verschillende grootheden gehanteerd:

1 - d_{50} , de mediane diameter, gedefinieerd als die diameter waarbij de helft van het gewicht van de stenen groter of kleiner is. Dit is toelaatbaar als d_{95}/d_5 (overeenkomstig gedefinieerd) kleiner is dan 5.

In deze definitie betekent diameter de maaswijdte van een zeef. Aangezien hier geen zeven gebruikt zijn, maar de afmetingen van de individuele stenen door meting zijn bepaald, moet een keuze gemaakt worden uit de 3 hoofdafmetingen van de stenen.

Bij de silexstenen is één afmeting significant kleiner dan de beide andere. Uit het krachtsevenwicht van een enkele steen volgt dat in formule (1) de kleinste afmeting genomen moet worden. In bijl. 1 wordt dit aangege-
duid met de dikte.

2 - d_n , de nominale diameter, gedefinieerd als de 3e machts-
wortel uit het gemiddelde volume. Bij konstante dicht-
heid betekent dit:

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{\bar{m}}{\rho_m}}, \text{ waarbij } \bar{m} \text{ de gemiddelde massa in kg is.}$$

Praktisch moeten beide beschouwingen tot hetzelfde resul-
taat leiden.

Teneinde de kritieke schuifspanning om te rekenen naar
een kritieke snelheid wordt gebruik gemaakt van de relatie:

$$\tau = \rho_{w.g.} \frac{\bar{v}^2}{C^2} \quad (2), \text{ waarin:}$$

\bar{v} = gemiddelde snelheid in de vertikaal (m/sec)

C = ruwheidscoëfficiënt van Chezy ($\sqrt{m}/\text{sec.}$)
gegeven door:

$$C = 18 \log \frac{12 h}{k} \quad (3), \text{ waarin:}$$

h = waterdiepte (m)

k = d_{90} van het materiaal (m) bij een overigens
vlakke bodem (zie ook hfdst. 4, opmerking 1).

De kritieke snelheid kan ook direkt onderzocht worden in
een stroomgoot. Gezien de spreiding in de afmetingen van
het materiaal zal dan niet met één proef op één monster
kunnen worden volstaan. Het is dan ook zeer de vraag of
op deze wijze een bruikbaar resultaat verkregen wordt.

3. BESCHRIJVING MATERIAAL

Onderstaande gegevens zijn ontleend aan of gebaseerd op bijlage 1, Hierin wordt één monster van ruim 400 kg. beschreven.

Silex 90-300 bestaat uit een mengsel van vnl. silex (vuursteen) en tauw (kalksteen). Bij het onderzochte monster bedroeg de verhouding silex-tauw 72:28.

In de groeve schijnt de verhouding nogal wisselvallig te zijn.

Van het monster worden o.a. de volgende gegevens vermeld:

	$\bar{\rho}$ (kg/m ³)	laagste ρ (kg/m ³)	\bar{d} (mm)	\bar{G} (kgf)
Silex	2580	2540	86	2,45
Tauw (nat.)	2140	1960	78	1,49

M.b.v. de in het rapport vermelde gewichten en afmetingen van alle onderzochte stenen zijn de volgende gegevens bepaald:

alles in cm.	d_n	d_5	d_{50}	d_{90}	d_{95}	d_{95}/d_5
Silex	10	6	10	13	15	2,5
Tauw	9	6	9	12	14	2,5
Grind 30/alles	-	2,5	4	7,5	9	3,5
Steen 10-60 kg	-	15-20	20-25	30-35	30-35	-

De gegevens m.b.t. het grind zijn ontleend aan monsters van het voor de havendammen van Hoek van Holland gebruikte grind. Op bijlage 2 zijn de gegevens uitgezet, waarbij ook de spreiding in zeefkrommen van het grind gegeven zijn.

De bij steen 10-60 kg. vermelde getallen zijn bepaald aan de hand van de gewichtsgrenzen.

Gewichtsverdelingen van aangevoerde steen waren bij het uitbrengen van deze nota niet beschikbaar. Op grond van ervaringen met andere steenklassen is bekend, dat ook hierbij met een grote spreiding gerekend moet worden. Als soortelijke dichtheid is zowel voor het grind als voor de steen 2650 kg/m³ aangehouden.

4. RESULTATEN BEREKENING

Invullen van de gegevens in de formules levert (voor een waterdiepte van ca. 5 m)

	\bar{v}_{kr} (m/sec)	
	geen verplaatsing	enige verplaatsing
Silex	3,5	4,3
Tauw	2,7	3,3
Grind 30/alles	2,0	2,6
Steen 10-60 kg	4,6-5,0	5,6-6,2

Voor andere waterdiepten wordt verwezen naar bijlage 3.

Opmerkingen

- 1 - Deze getallen gelden voor een horizontale vlakke bodem en een "nette" parallelstroom.
Voor een horizontale, niet vlakke bodem (bijv. als gevolg van onregelmatig storten of aanwezige zandribbels) moet in form. (3) een andere waarde voor de ruwheid ingevoerd worden.
Voor een niet horizontale bodem moet een hellingcorrectie ingevoerd worden. Bij de aanwezigheid van wervelstraten (achter konstrukties, achter kribben e.d.) kunnen de gegeven kritieke snelheden tot ongeveer de helft reduceren.
- 2 - Het is niet goed mogelijk de kritieke stroomsnelheid te geven voor het mengsel silex-tauw. Als ondergrens kan de waarde voor tauw aangehouden worden. Een andere mogelijkheid is, gezien het feit dat het materiaal vnl. uit silex bestaat, de kritieke waarden van silex aan te houden en een gering verlies van tauwstenen te accepteren. Dit verlies kan ingekalkuleerd worden door bij het storten een overmaat aan te brengen. Deze overmaat hangt dan af van de verhouding silex-tauw. Door het verschil in uiterlijk van de beide steensoorten lijkt een globale visuele keuring mogelijk.

5. KONKLUSIES EEN AANBEVELINGEN

- 1) Aangezien slechts één, relatief klein, monster Silex 90-300 op afmetingen en gewichten onderzocht is, is d.m.v. berekening slechts een globale indruk van de stroombestendigheid te verkrijgen. Dit wordt versterkt doordat het materiaal in feite uit twee materialen bestaat, Silex en tauw, met verschillende dichtheid.
- 2) Berekeningen van de stroombestendigheid aan de hand van het onderzocht monster geven voor Silex bij een waterdiepte van 5 m een snelheid van 3,5 m/sec. waarbij nog geen beweging plaats vindt en 4,3 m/sec. waarbij enige verplaatsing van stenen optreedt.
Voor tauw zijn deze waarden resp. 2,7 en 3,3 m/sec. Deze getallen gelden voor een horizontale vlakke bodem en een parallelstroom. Voor het vaak als bestorting gebruikte materiaal grind 30/alles bedragen deze getallen resp. 2,0 en 2,5 m/sec, voor steen 10-60 kg resp. ca. 4,6 tot 5,6 m/sec.
- 3) Gezien de onder 2) genoemde getallen lijkt toepassing als bestortingsmateriaal t.b.v. bodembescherming in getijwateren en benedenrivieren zeker mogelijk.
- 4) Van geval tot geval zal de toepasbaarheid nagegaan moeten worden, waarbij het aanbeveling verdient meer inzicht te krijgen in het representatief zijn van het onderzochte monster. Daarbij kan tevens de verhouding Silex-Tauw nader onderzocht worden en de mogelijkheid van visuele schatting van de mengselverhouding.

Den Haag, 17 juni 1976.



(ir. G.J. Schiereck).

LIJST VAN BIJLAGEN

1. Nota RB/GW/40232/3

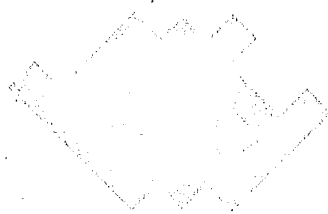
"Enige gegevens betreffende het Silexmateriaal
90 - 300", Drs. R.F.M. Bakker, 1 maart 1976,
Stichting Betonresearch Nederlandse Cement-
industrieën (S.B.N.C.), Maastricht.

2. Gewichtsverdelingen van Silex 90 - 300 en enkele
andere materialen.

DinA4 76W0350

3. Kritieke stroomsnelheden voor Silex 90 - 300
en enkele andere materialen (bij horizontale
vlakke bodem en rechte stroom)

DinA4 76W0351



stichting
betonresearch
nederlandse
cementindustrieën

postbus 303 lage kanaaldijk 114 maastricht

40232/3

*ENIGE GEGEVENS BETREFFENDE
HET SILEXMATERIAAL 90 - 300*

D.d.: 1 maart 1976

Drs. R.F.M. Bakker

ENIGE GEGEVENS BETREFFENDE HET SILEXMATERIAAL 90 - 300

Samenstelling:

Het silexmateriaal 90 - 300 is een mengsel van gesteenten bestaande uit voornamelijk silex en tauw.

Silex (vuursteen) is een zeer hard materiaal in hoofdzaak bestaande uit SiO_2 (kwarts). Het korrelvolumege-
wicht is nagenoeg gelijk aan het volumiek gewicht (soor-
telijk gewicht) (2650 kg/m^3).

Tauw (harde kalksteen) is materiaal dat in hoofdzaak be-
staat uit CaCO_3 (krijt). Het is vermoedelijk gevormd door
kalkafzetting (via koolzuurhoudend regenwater) in de zach-
te poreuze krijtlagen. Het volumiek gewicht van tauw is
iets hoger dan dat van silex (2710 kg/m^3). Door de in de
tauwstenen aanwezige holten en poriën is het korrelvolu-
megewicht lager dan het volumiek gewicht.

In tegenstelling tot silex neemt tauw afhankelijk van het
korrelvolumege-
wicht meer of minder water op. De kleur van
de tauwstenen is een indicatie voor het korrelvolumege-
wicht, de wateropname en de hardheid. Naarmate de steen
van geel naar wit kleurt is de wateropname geringer, de
hardheid groter en het korrelvolumege-
wicht hoger.

Daar silex en tauw in de groeve niet homogeen voorkomen,
is de verhouding silex/tauw nogal wisselvallig.

In het onderzochte monster bedroeg de silex-tauwverhou-
ding 72 : 28.

Naast de hoofdbestanddelen silex en tauw komen geringe
hoeveelheden berggrind voor.

Korrelvolumegegewicht:

Van een aantal silex en tauwstenen is het korrelvolumegegewicht bepaald (zie tabel 1).

	gemiddelde in kg/m ³	stand. afw. in kg/m ³	hoogste waarde	laagste waarde	aantal
silex	2580	20	2610	2540	25
tauw (droog)	2000	140	2260	1750	14
tauw (water- verz.)	2140	100	2310	1960	14

Tabel 1.

Incidenteel komen in de tauwstenen stenen voor met een korrelvolumegegewicht lager dan de onderzochte. De laagste waarde die door selectieve bemonstering (geelkleuring) werd gevonden was 1560 kg/m³.

Wateropname:

De gemiddelde waarde van de wateropname van de tauwstenen bedroeg 7%.

Bij selectieve bemonstering (geelkleuring) werd als hoogste wateropname 22% gevonden.

Korrelafmetingen:

Teneinde een inzicht te krijgen in de korrelgrootte in samenhang met het gewicht, zijn voor zowel silex als tauw van een groot aantal stenen het gewicht, de grootste afmeting (lengte) en de kleinste afmeting (dikte) bepaald. De regressielijnen, die het verband aangeven tussen dikte - gewicht en lengte - gewicht zijn weergegeven in de grafieken 1, 2, 3 en 4.

De gemiddelde waarden zijn weergegeven in tabel 2.

	gemiddelde lengte in mm	gemiddelde dikte in mm	gemiddeld gewicht in kg	aantal
silex	163	86	2,45	130
tauw	146	78	1,49	70

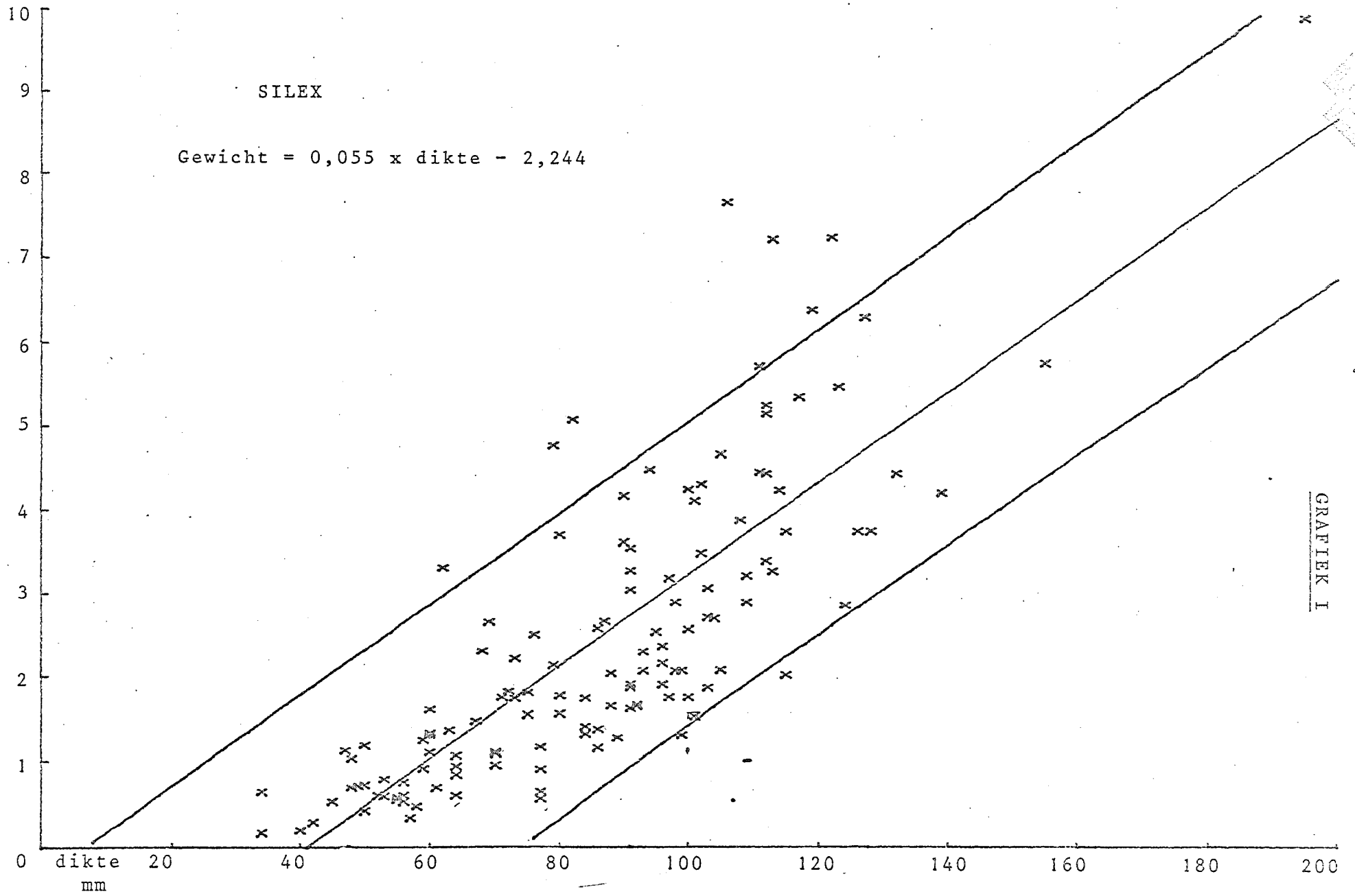
Tabel 2.

Afhankelijk van de monsternamen kunnen de waarden aangegeven in tabel 2 hoger of lager uitvallen.

Het trekken van een representatief monster uit een steenberg met korrels in het gebied 90 - 300 is praktisch onuitvoerbaar.

Vorstbestandheid:

Van een aantal tauwstenen is de vorstbestandheid bepaald. Na 5 vorst-dooicycli in zeewater kon geen destructie van de stenen worden vastgesteld. Gevoren werd tot -20°C .

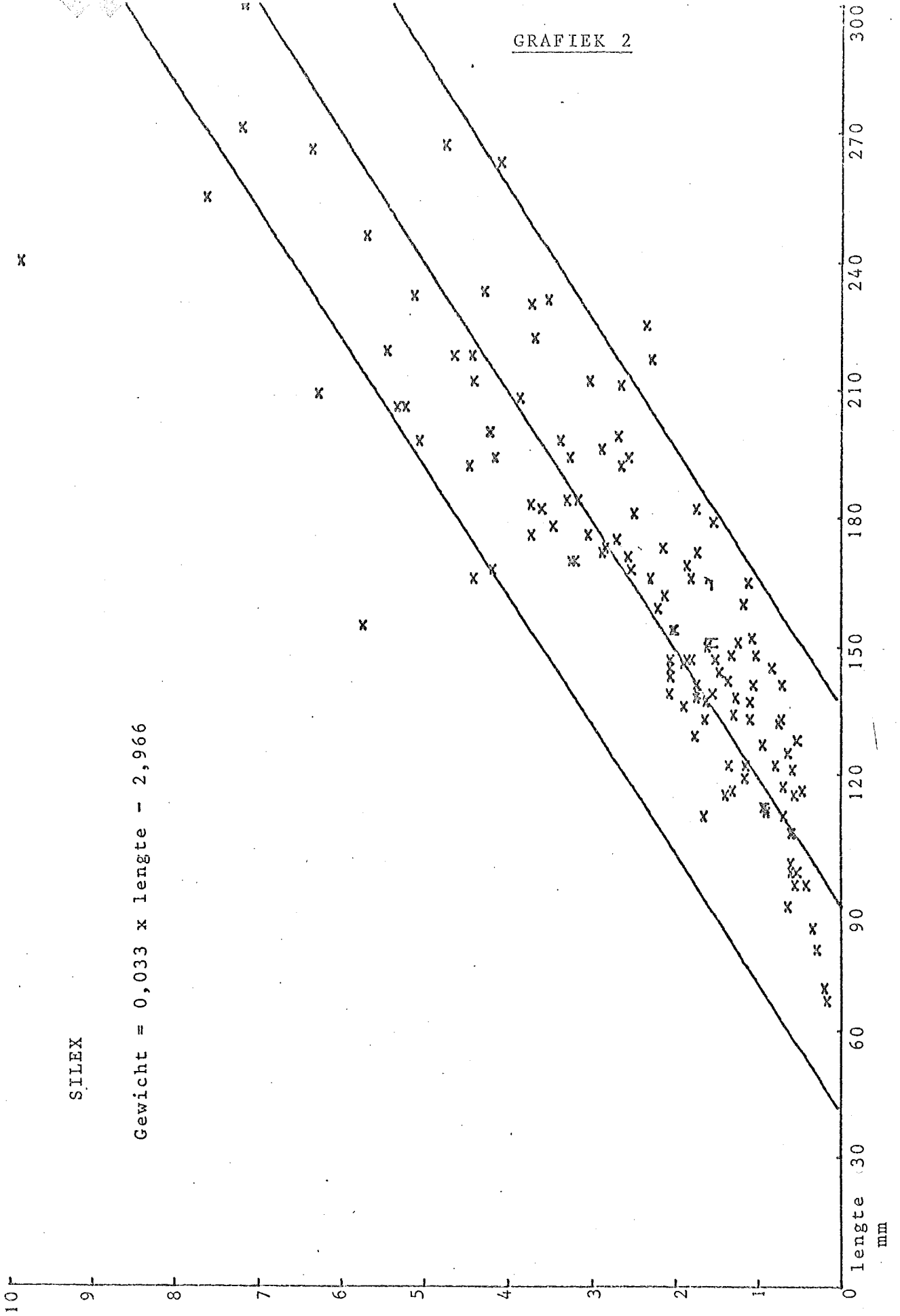


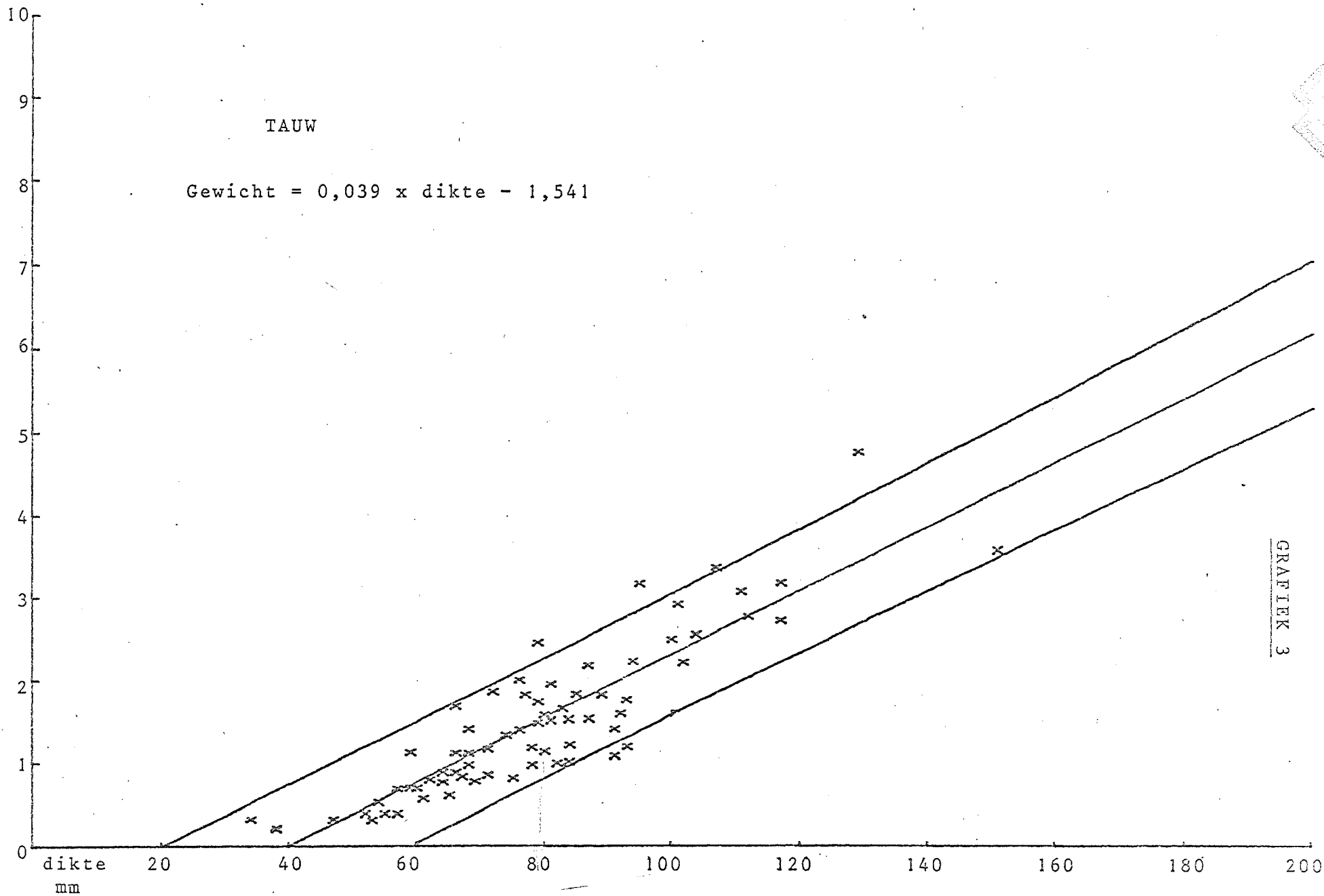


GRAFIEK 2

SILEX

Gewicht = 0,033 x lengte - 2,966



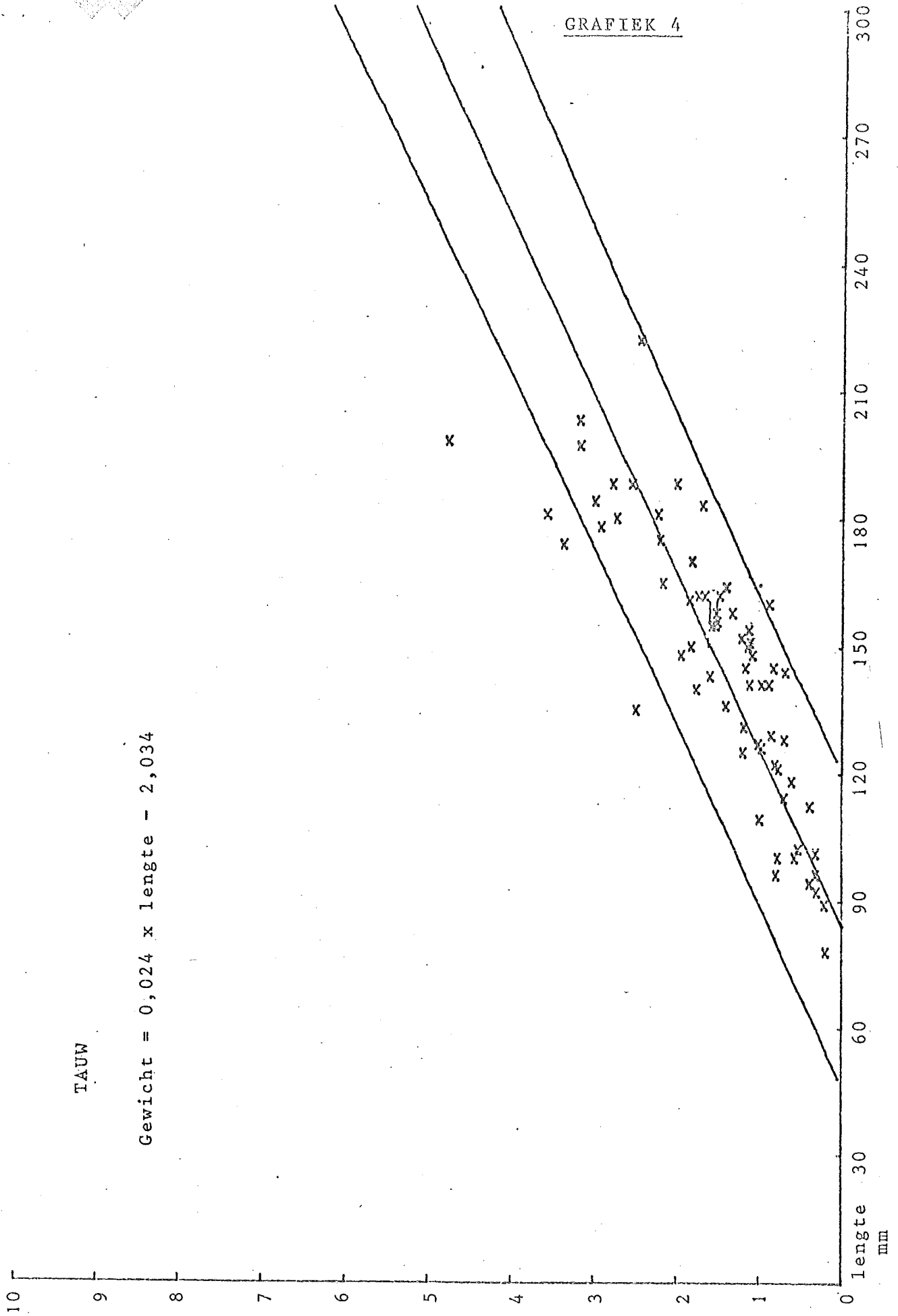




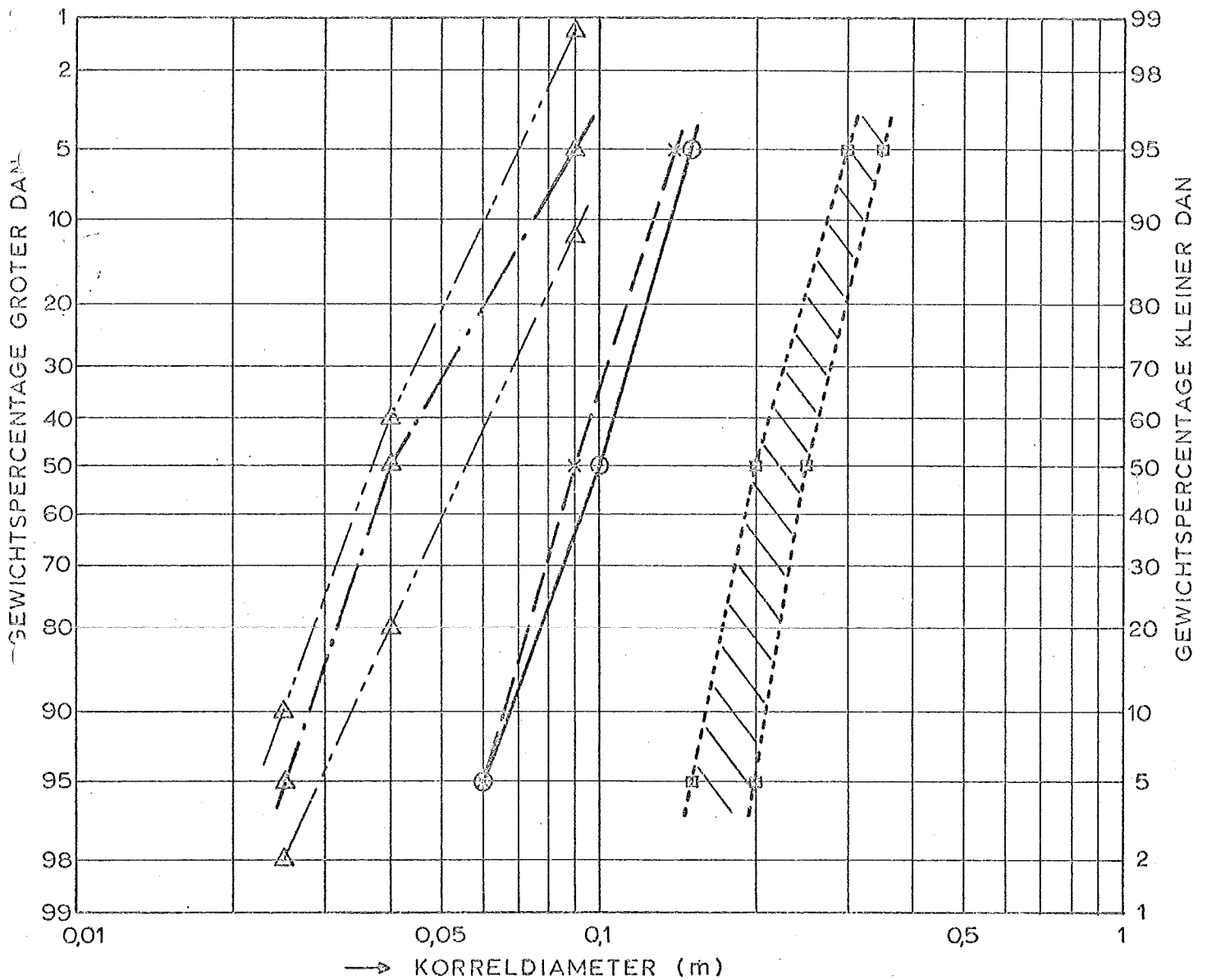
TAUW

Gewicht = 0,024 x lengte - 2,034

GRAFIEK 4



- ——— ○ SILEX } MONSTER UIT BIJLAGE 1
- × ——— × TAUW } MONSTER UIT BIJLAGE 1
- △ ——— △ GRIND 30/alles (GEM. UIT 10 MONSTERS)
- △ ——— △ GRIND 30/alles (UITERSTE GRENZEN BIJ 10 MONSTERS)
- - - - - - □ STEEN 10-60 kg



GEWICHTSVERDELINGEN VAN SILEX 90-300
EN ENKELE ANDERE MATERIALEN.

RIJKSWATERSTAAT
DELTADIENST
Waterloopkundige Afdeling

get.	gec.	gez.

Nota W-76.020

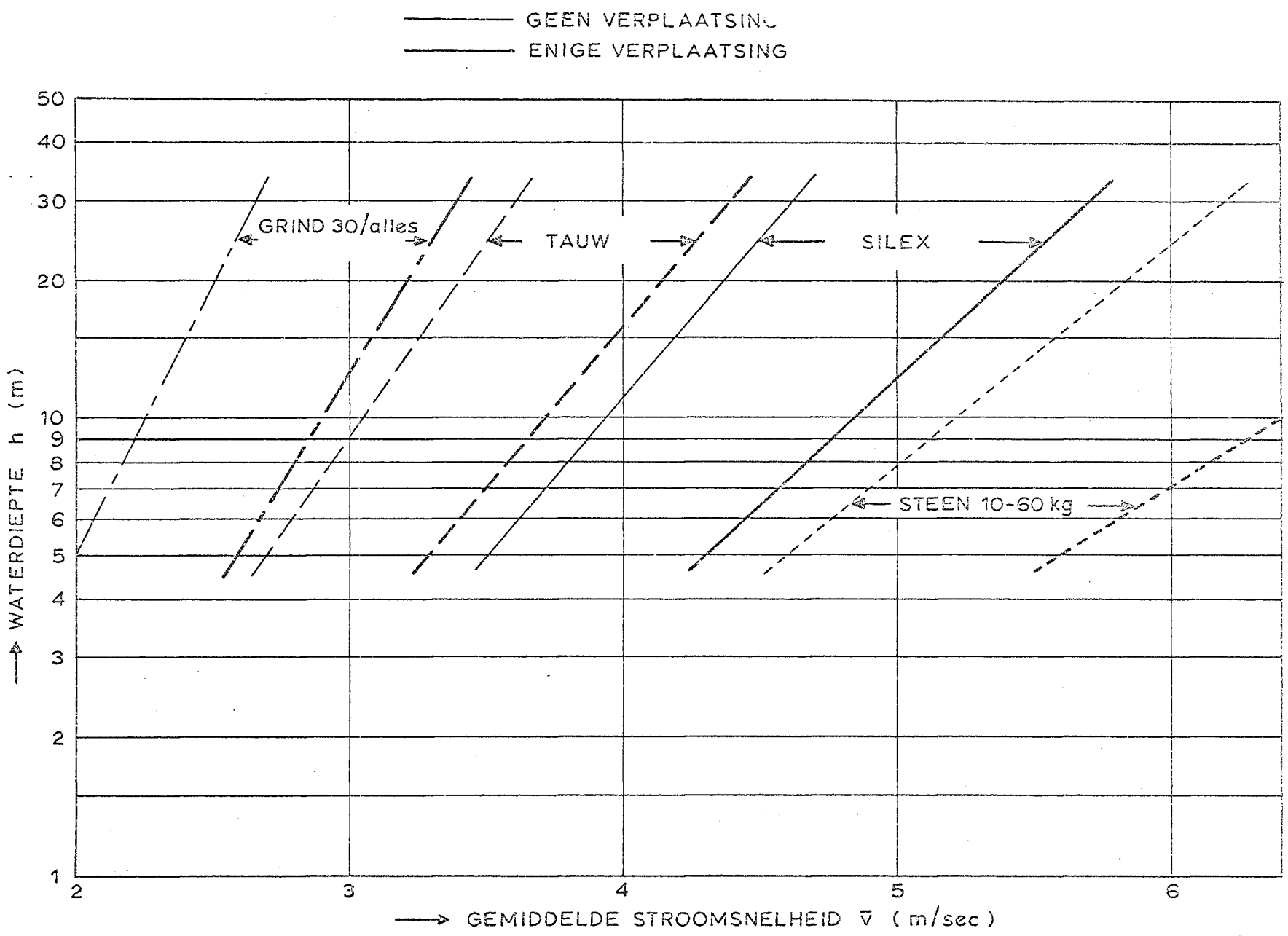
Bijlage 2

DIN A 4 Nr. 76W0350

**KRITIEKE STROOMSNELHEDEN VOOR SILEX 90-300 EN ENKELE
 ANDERE MATERIALEN.
 (BIJ HORIZONTALE VLAKKE BODEM EN RECHTE STROOM).**

RIJKSWATERSTAAT
 DELJAARDIENST
 Waterloopkundige Afdeling

	901	900	902	Nota W-78.000
				Bijlage 3
DIN A 4111. 76W0351				



RIJKSWATERSTAAT DELTADIENST	d.d.
-----------------------------	------

EXPEDITIE			
Aantal		Nr	d.d.
Brief	Bijlage		
1	1		
		Geadresseerde Minuut	
1		Hfd. Distr. Z.W. Dir. W. & W.	
1		hr. Schiereck	
Afschrift ter kennisneming Het Hoofd van de Waterloopk. Afd. voor deze,			

WATERLOOPKUNDIGE AFDELING
'S-GRAVENHAGE
Van Alkemadelaan 400
Telefoon (070)-264 101
Telex 31348

PARAAF GEZIEN				

AAN

ing. D.J. Beot,
Directiekantoor RWS,
Rijksstraatweg,
WIELDRECHT, gem. Dordrecht

Uw kenmerk:	Uw brief van:	Ons kenmerk: 2193	's-Gravenhage, 18 juni 1976.
Onderwerp:		Bijlagen ^{terug} _{nieuw}	

**Silexbestorting
Kiltunnel.**

Naar aanleiding van Uw telefoongesprek d.d. 15 juni m.b.t. de bestorting van de sleuf van de Kiltunnel, deel ik U het volgende mee.

1. Eventuele uitspoeling van zand onder de bestorting zal plaats kunnen vinden door de overtrekkende stroom. Het verhang op het grensvlak zand-stenen is hierbij zeer gering, het grootste gevaar vormen de turbulente drukfluctuaties in het water. Uit proeven met diverse grindsoorten ($d_{50} = 1,5$ tot $8,5$ cm) op zand van 140μ is gebleken dat een laag van ca. $3 \times d_{50}$ dikte voldoende is om de turbulentie (zofis bij wervelstraten) zodanig uit te dempen, dat het zand niet uitgespoeld wordt. Deze dikte van ca. $3 \times d_{50}$ is een theoretische maat die overal aanwezig moet zijn. Het hangt af van de uitvoeringswijze (strooien of klappen, in een maal of in meerdere lagen aanbrengen etc.) welke, op praktische gronden gebaseerde, gemiddelde laagdikte gehanteerd moet worden om de theoretische minimum laagdikte overal te kunnen realiseren. Bij toepassing van Silex 90 - 300, waarbij de totale laagdikte in tenminste twee keer strooiend storten aangebracht wordt, lijken twee lagen van gemiddeld ca. $0,3$ m voldoende. Hierbij verdient het aanbeveling de stortvlakken te laten verspringen. Wanneer de totale laagdikte in één keer gestort wordt moet gedacht worden aan een gemiddelde dikte van $0,8$ m.
2. Een oplossing waarbij onder een laag Silex 90 - 300 een filterlaag van fijner materiaal aangebracht wordt, is eveneens denkbaar. Daarbij kan theoretisch gesproken minder materiaal gebruikt worden. De toe te passen laagdikten zijn echter aan een minimum gebonden i.v.m. de uitvoering. Het is dan ook niet te verwachten dat een dergelijke opbouw tot besparingen van materiaal en handelingen leidt.

in beh. bij:
ir. Schiereck

Concept van:	Gezien:	Gelypt:	Gecoll.:	/..2
dd.	dd.	dd.	dd.	

3. Gezien de in nota W-76.020 (Stroombestendigheid Silox 90 - 300) genoemde kritieke stroomnelheden, is de stroombestendigheid van Silox 90 - 300 meer dan voldoende. De stabiliteit van de toplaag is derhalve minder kritisch dan de stabiliteit van het grensvlak zand-silox. Het verdient daarom wellicht aanbeveling silox tout-venant (0 - 300 mm.) toe te passen. De stabiliteit van het grensvlak noemt daardoor toe. I.v.m. de geringe d_{50} van tout-venant zou theoretisch minder materiaal nodig zijn dan onder 1 genoemd. Gezien echter de mogelijkheid van ontmenging tijdens storten en de geringere stroombestendigheid verdient het aanbeveling dezelfde laagdikten, als onder 1 genoemd, aan te houden.
4. Tenslotte doel ik U mede dat de behandeling van deze zaak plaats vindt in overleg met het district Zuid-West van de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, aan wie afschrift van deze brief is toegezonden.

Het Hoofd van de Hoofdafdeling Waterloopkunde

(ir. J.F. Agema).

cc. Verkoopassociatie Nederlands Cement
Encl-Gemij-Robur b.v.
t.a.v. de heer Th.W.A. Frowein
Herengracht 507,
Amsterdam.