

Historische rivierkundige parameters; Maas, Merwede, Hollandsch Diep en Haringvliet

RIZA werkdocument 2003.163x

auteurs: M.M. Schoor
R. van der Veen
E. Stouthamer

Historische rivierkundige parameters

**Maas, Merwede,
Hollandsch Diep en Haringvliet**

november 2003

RIZA werkdocument 2003.163X

M.M. Schoor
R. van der Veen
E. Stouthamer

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3

1 Inleiding 5

- 1.1 Achtergrond 5
- 1.2 Doelstelling en uitvoering 5
- 1.3 Historische rivierkundige parameters 5

2 Werkwijze 7

- 2.1 gebruikte kaarten 7
- 2.2 Methodiek kaarten voor 1880 (Merwede) 8
- 2.3 Methodiek kaarten na 1880 (Maas en Hollands Diep/Haringvliet). 10
- 2.4 Berekening historische rivierkundige parameters 14

3 Resultaat 17

- 3.1 Grensmaas 17
- 3.2 Roerdalslenkmaas (thans Plassenmaas) 18
- 3.3 Maaskant Maas 19
- 3.4 Heusdense Maas (thans Afgedamde Maas) 20
- 3.5 Boven Merwede 21
- 3.6 Hollandsch Diep en Haringvliet 21
- 3.7 Classificatiediagrammen morfodynamiek 22

Literatuur 25

Bijlagen 27

- Bijlage 1 Historische profielen Boven Merwede, 1802
 - Bijlage 2 Historische profielen Grensmaas, 1896
 - Bijlage 3 Historische profielen Roerdalslenkmaas, 1903
 - Bijlage 4 Historische profielen Maaskant Maas, 1898
 - Bijlage 5 Historische profielen Heusdense Maas, 1884
 - Bijlage 6 Historische profielen Haringvliet, 1886
 - Bijlage 7 Historische profielen Hollandsch Diep, 1886
-

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Dit werkdocument is een achtergronddocument bij de studie naar de morfologische potenties van het rivierengebied, zoals die in opdracht van het hoofdkantoor (WONS-inrichting, vanaf 2003 Stuurboord) wordt uitgevoerd. In het eindrapport van deze studie: Kansrijkdom voor rivierecotopen van historisch en geomorfologisch perspectief (Middelkoop *et al.* 2003) worden van een aantal trajecten langs de Rijntakken, de Maas en het Benedenrivierengebied historische rivierkundige parameters gebruikt. Daarmee wordt in beeld gebracht hoe de riviertrajecten in de 19^e eeuw onderling verschilden, wat voor veranderingen er sindsdien hebben plaatsgevonden en hoe de huidige verschillen aanleiding kunnen geven tot differentiatie in beleid en beheer langs de verschillende riviertrajecten.

1.2 Doelstelling en uitvoering

Doelstelling van dit werkdocument is de documentatie van de berekening van historische rivierkundige parameters van de Merwede, Grensmaas, Maaskant, Afgedamde Maas, Hollands Diep en Haringvliet. De berekening van historische rivierkundige parameters van de Waal en de Boven-IJssel is reeds gepubliceerd door Maas *et al.* (1997). De historische profielen van de Lek en de Beneden IJssel zijn eerder gepubliceerd door Lambeek & Mosselman (1998). De historische rivierkundige parameters van de Oude Maas staan vermeld in Middelkoop (2001).

De trajecten langs de Maas (Grensmaas, Roerdalslenkmaas, Maaskant en Heusdense Maas) zijn uitgewerkt door Rolf van der Veen. Het traject langs Merwede is uitgewerkt door Margriet Schoor en de trajecten langs Hollands Diep en Haringvliet zijn uitgewerkt door Esther Stouthamer met assistentie van Leo van Hal. De rapportage is verzorgd door Margriet Schoor.

1.3 Historische rivierkundige parameters

De parameters die gepresenteerd worden zijn:

- breedte-diepteverhouding.
- specifiek stroomvermogen
- verhouding natte geuldoorsnede/maximale natte doorsnede (in benedenrivierengebied)
- Shields-parameter (in bovenrivierengebied)

Aan de basis van al deze rivierkundige parameters staan historische profielen van de rivieren, zoals die op historische rivierkaarten aangetroffen zijn. De periode die beschreven wordt is die van 19^e eeuw. Van het begin van de 19^e eeuw zijn sporadisch kaarten beschikbaar waarop profielen en een referentiewaterstand aangegeven zijn. Het nadeel is dat deze kaarten alleen gemaakt zijn van riviertrajecten waar zich problemen voordeden bijvoorbeeld door de ligging van zandbanken in de geul. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de Merwede. Van het eind van de 19^e eeuw zijn gebiedsdekkende rivierkaarten

beschikbaar waarop dieptelijnen staan (de 1^e herziening van de rivierkaart). Het nadeel van deze kaarten is, dat de riviernormalisatie al begonnen is, het voordeel is beschikbaarheid van kaarten.

2 Werkwijze

2.1 gebruikte kaarten

Als bronnen zijn de volgende kaarten gebruikt:

Merwede:

Kaarten, tekeningen en modellen van de waterbouwkundige ingenieur Blanken(Jansz) 1802/1803: (Algemeen Rijks Archief Den Haag, verzameling BLF, Inventarisnummer 30).

De kaart van de Merwede tussen Loevenstein en Dordrecht bestaat uit 8 bladen, De 49 profielen staan op 10 bladen.

De volledige beschrijving van de kaart is als volgt:

Hydrografische kaart

dienende hoofdzakelijk om aan te toonen de juiste plaatschen en Raaijingen van de zeer naauwkeurige peijlingen der diepten in de rivieren de Noord en Merwede, volgens de daar van geformeerde profiel-Tekeningen No 1 t/m 49, hierbij behoorende. Ingevolge van geschreven instructie en order van den Commisaris Inspecteur J. Blankenjansz, gedateerd Sliedrecht den 19 October 1802, gedaan door den eersten opzichter bij 's Lands rivieren C. Wisboom, met assistentie van de opzichters E. Hoelendrager en B.J. Verheij in de Jaren 1802/1803.

Grensmaas:

Rijkswaterstaat (1896), Rivierkaart Maas 1^e en 2^e gedeelte, 1^e herziening, serie, 4+5 schaal 1:10.000, bladen 5 (Berg) en 6 Maaseijk. Archief Topografische Dienst Emmen

Roerdalslenkmaas

Rijkswaterstaat (1903), Rivierkaart Maas 1e en 2e gedeelte, 1e herziening, serie 4+5, schaal 1:10.000, blad 9 Horn. Archief Topografische Dienst Emmen.

Maaskant Maas

Rijkswaterstaat (1898), Rivierkaart Maas 1e en 2e gedeelte, 1e herziening, serie 4+5 schaal 1:100.000, blad 21 Grave. Archief Topografische Dienst Emmen

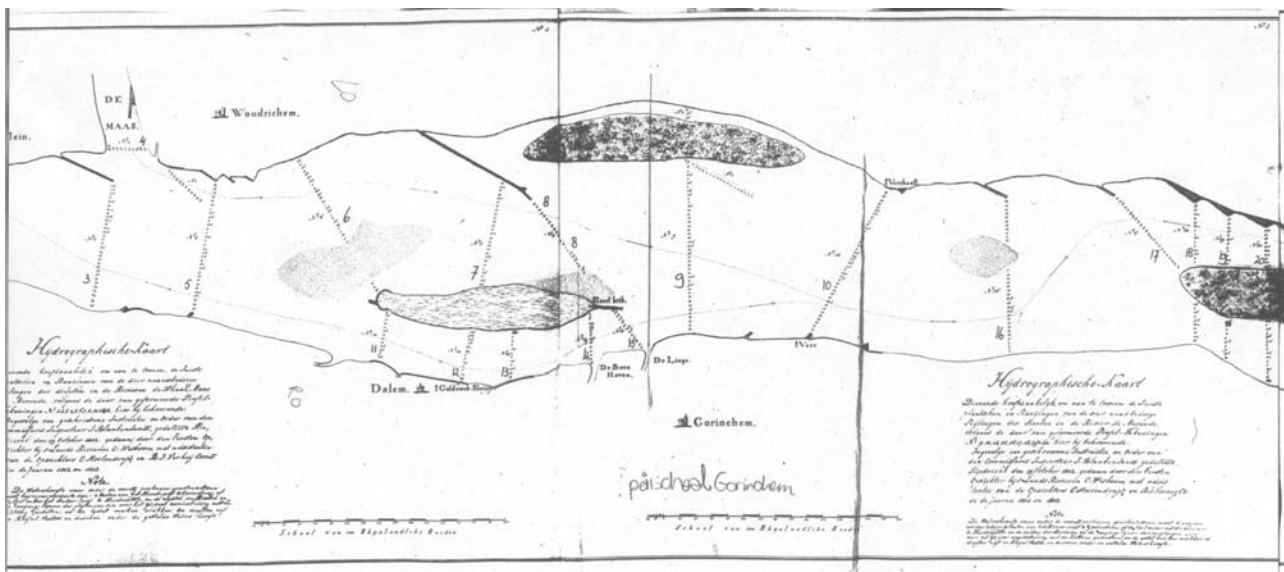
Heusdense Maas

Rijkswaterstaat (1884), Rivierkaart Maas 1e en 2e gedeelte, 1e herziening, serie 4+5 schaal 1:100.000, blad 34 Wijk. Archief Topografische Dienst Emmen.

Hollands Diep/Haringvliet

Rijkswaterstaat (1886), Rivierkaart Oude Maas, Amer, Hollandsch Diep en Haringvliet, 1e herziening, serie 6, schaal 1:10.000, bladen 19 Klundert, 20 Willemstad, 21 Z-Ooltgensplaat, 22 N-Ooltgensplaat 23 Den Bommel. Archief Topografische Dienst Emmen.

Figuur 2.1.a
 Kaart van de Boven Merwede tussen Woudrichem en Sleeuwijk [Blancken Jansz 1802]



2.2 Methodiek kaarten voor 1880 (Merwede)

De gebruikte methodiek bij kaarten van voor 1880, waarop peilingen vermeld staan ten opzichte van een bepaalde waterstand, is beschreven in Maas *et al.* (1997). Eerst zijn de waterhoogte en het verhang van de waterspiegel tijdens het doen van de peilingen bepaald en is de schaal omgezet naar meters. Vervolgens is de geulvullende waterstand bepaald en zijn breedte en gemiddelde diepte van de profielen berekend.

Door het optreden van eb en vloed in het benedenrivierengebied, is het verhang niet goed te bepalen uit de gemiddelde waterstanden. Op de gebruikte kaart van de Merwede is echter de waterstand op twee plaatsen (Gorinchem en Hardinxveld) vermeld, waardoor het mogelijk is het verhang ten tijde van de peilingen te berekenen.

Nota: De waterhoogte waaronder de voordz(?) peilingen genoteerd staan moet begrepen worden te zijn 2 voeten aan het rivierpeil te Gorinchem of 7½ voet onder het Ankerpeil te Hardinxveld en de wijdden der rivieren op de raaijnglijnen der peilingen zijn over het ijs(?), zeer naauwkeurig met de ketting gemaakt en de getalmerken drukken de diepten uit in Rhijnlandse voeten en duimen onder de gestelde waterhoogte.

Er is gemeten in Rijnlandse voeten en duimen (12 duimen in een voet)
 1 Rijnlandse voet = 31,4 cm 1 Rijnlandse duim = 2,62 cm (Verhoef 1983). Dat er gemeten is met 12 duimen in een voet en niet met 10 duimen, zoals later gebruikelijk werd, is te zien aan het feit dat er op de kaart veel waterdiepten staan met 6 achter de komma en enkelen met 10 achter de komma.

De waterstand tijdens de peilingen op 19 oktober 1802:

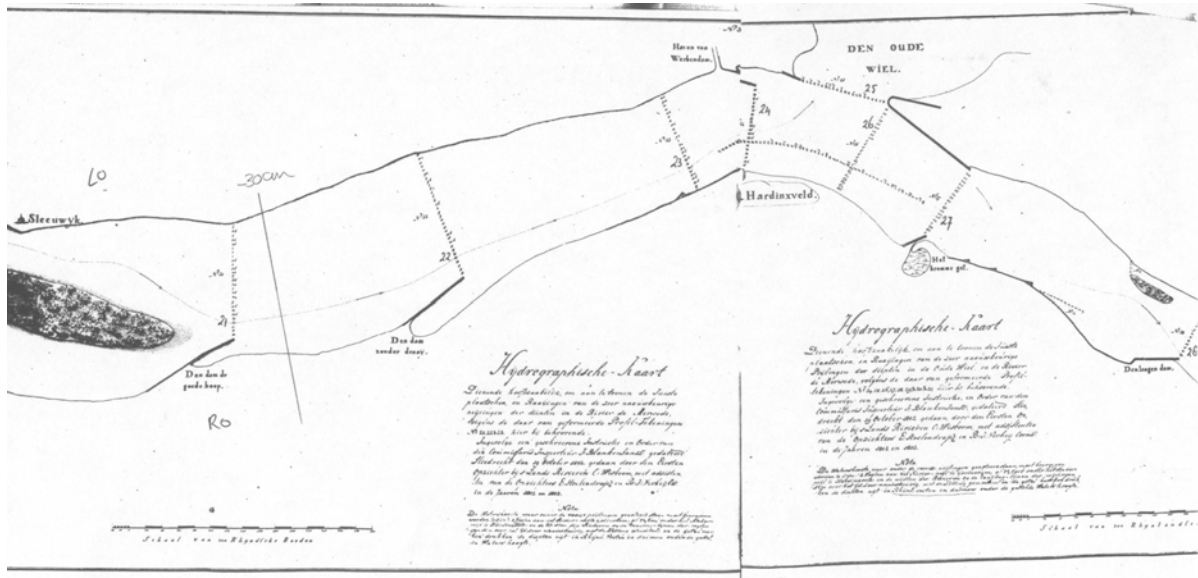
2 voeten aan het peil te Gorinchem

72 voet onder het Ankerpeil te Hardinxveld.

Hardinxveld ligt stroomafwaarts van Gorinchem, bij de splitsing van de Merwede en Den Oude Wiel.

.....
Figuur 2.1b

Kaart van de Boven Merwede tussen Sleeuwijk en Hardinxveld [Blancken Jansz, 1802]



Het nulpunt van de oude peilschaal te Gorinchem bedraagt 0,375 m A.P.¹ (Lely 1890, p.222). 2 voeten aan de peilschaal komt overeen met 0,375+0,628=1,00 m A.P. Het ankerpeil te Hardinxveld ligt op 2,64 m A.P. (Van der Kun, 1859, p.19). Zeven en een halve voet onder het ankerpeil is dan 2,64-2,36= 0,29 m A.P.

Van der Kun (1859) meldt dat het anker 50 m. stroomopwaarts van de peilschaal te Hardinxveld gelegen is. De afstand tussen de peilschalen Gorinchem en Hardinxveld bedraagt volgens van der Kun (1859) 6435 m. De afstand tussen de peilschaal te Gorinchem en het Ankerpeil te Hardinxveld bedraagt dan 6385 m. Het verval op 19 oktober 1802 bedraagt dan 100-29= 71 cm. Het verhang tijdens het doen van de peilingen bedraagt dan 71 cm/6,385 km = 11,1 cm/km

De waterstand bij Gorinchem op de kaart van Blancken Jansz (1,00 m. A.P.) ligt op dezelfde hoogte als een gemiddelde laagwaterstand tussen 1840 en 1849 (zie tabel 2.1). Dit is zeer aannemelijk.

De kaart laat 49 peilingen zien, vanaf het begin van de Merwede bij Loevenstein tot de splitsing met de Noord bij Dordrecht. (zie figuur 2.1). Alleen de peilingen tussen Gorinchem en Hardinxveld/Werkendam zijn gebruikt (de huidige boven Merwede), omdat van dit gedeelte het verhang bekend is. Met bovenstaande gegevens zijn de peilingen op de kaart omgezet in profielen t.o.v. A.P. Deze profielen staan vermeld in bijlage 1.

Overeenkomstig Maas et al. (1997) is de diepte berekend ten opzichte van de waterstand bij Gorinchem (periode 1840-1849), die bij hoogwater in 10% van de tijd wordt overschreden (zie tabel 2.2), rekenend houdend met het verhang.

¹ A.P. = Amsterdams Peil.

.Aangenomen wordt dat dit ongeveer overeen komt met de geulvullende diepte (Maas *et al.*; 1997).

.....
Tabel 2.1
percentielen overschrijdingsduren van de waterstanden te Gorinchem 1840-1849 (naar Middelkoop & Ruessink, 2000). HW = hoogwater, LW=Laagwater. In **vet** de waterstanden zoals die, gecorrigeerd met het verhang, in de profielen zijn ingetekend.

Waterstand Gorinchem 1840-1849 in cm A.P.				
percentiel	gemiddeld	HW	LW	
1	361	361	358	
5	281	286	276	
10	231	239	221	
20	182	196	169	
30	159	176	141	
40	140	162	121	
50	129	151	106	
60	116	144	88	
70	105	136	74	
80	95	126	63	
90	84	111	51	
95	76	103	41	
99	57	81	21	

2.3 Methodiek kaarten na 1880 (Maas en Hollands Diep/Haringvliet).

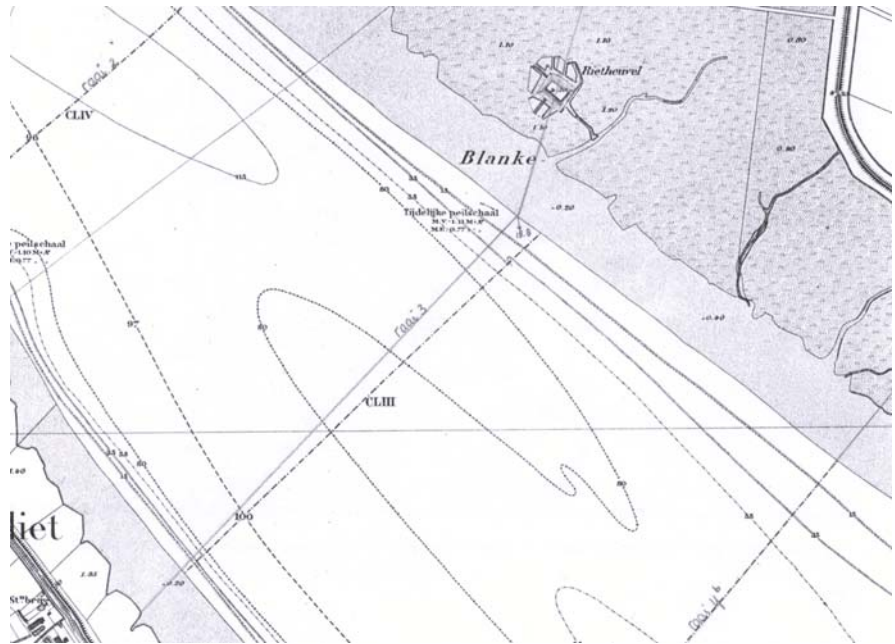
De gebruikte rivierkaarten zijn de 1e herziening (1873-1908) van de Goudriaan kaarten. Het zijn de eerste rivierdekkende kaarten waarop dieptelijnen staan. Voor de bovenrivieren (hier Maas) zijn de dieptelijnen weergegeven t.o.v. Middelbare Rivierstand (M.R.: de gemiddelde waterstand in de maanden mei t/m oktober). Op de kaarten van Hollandsch Diep en Haringvliet zijn de dieptegegevens weergegeven t.o.v. Middelbare Eb (gemiddelde laagwaterstand in de maanden mei t/m oktober). Op de kaarten is aangegeven hoe de Middelbare Rivier- of Ebstand was t.o.v. A.P. Naast dieptelijnen zijn op de rivierkaarten van de 1^e herziening hoogtepunten aangegeven t.o.v. A.P. (zie fig. 2.2).

Normalisatiewerkzaamheden aan de rivieren zijn gestart omstreeks 1850. Ten tijde van het maken van de kaarten, was men dus volop bezig met de aanleg van kribben. Van een gedeelte van de beschikbare kaarten zijn profielen getekend, zoveel mogelijk daar waar de normalisatiewerken nog niet zo ver gevorderd waren.

Per traject zijn raaien loodrecht op de stroomrichting gebruikt, waarbij de diepteligging is afgelezen. De profielen van Hollands Diep en Haringvliet liggen ongeveer 1 km uit elkaar (zie figuur 2.3). De profielen van de Maastrajecten liggen tussen de 150 m en 500 m uit elkaar (zie figuur 2.4 t/m 2.7). De profielen beslaan alleen de geul, de uiterwaard of gorzen worden niet in de profielen meegenomen, de eventueel aanwezige zandbanken en slikken wel. De profielen zijn afgedrukt in bijlage 2 t/m 7.

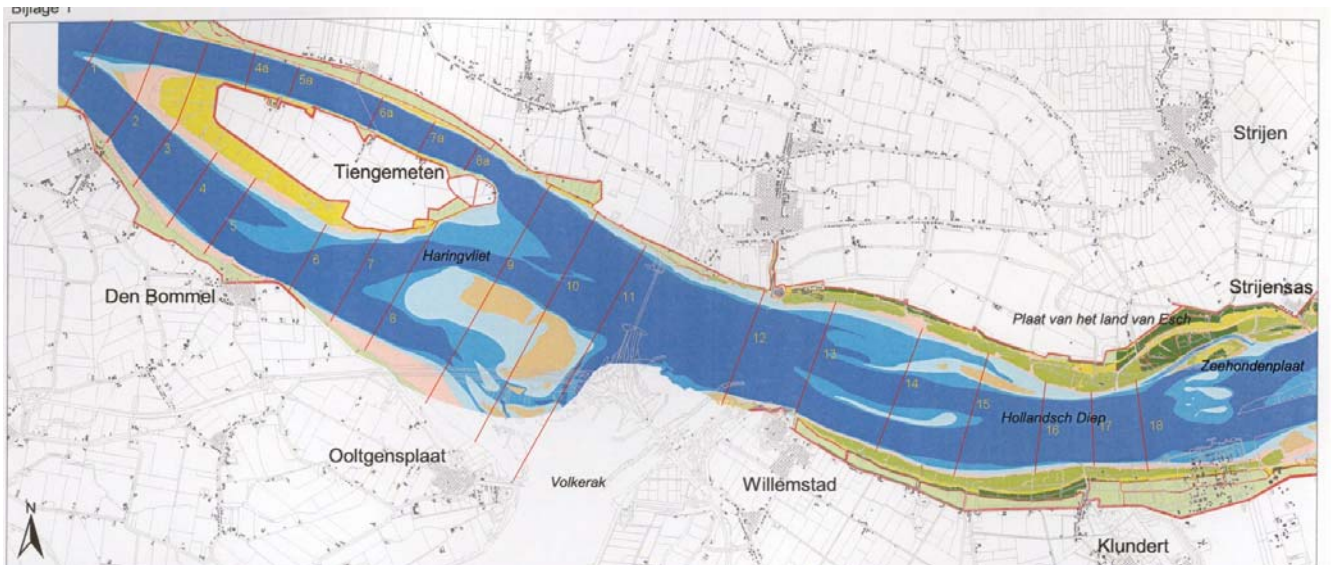
Figuur 2.2

Fragment van de rivierkaart Oude maas, Amer, Hollandsch Diep-Haringvliet, 1^e herziening, blad 23, Den Bommel, met daarop dieptelijnen t.o.v. middelbare eb en hoogtepunten t.o.v. A.P..

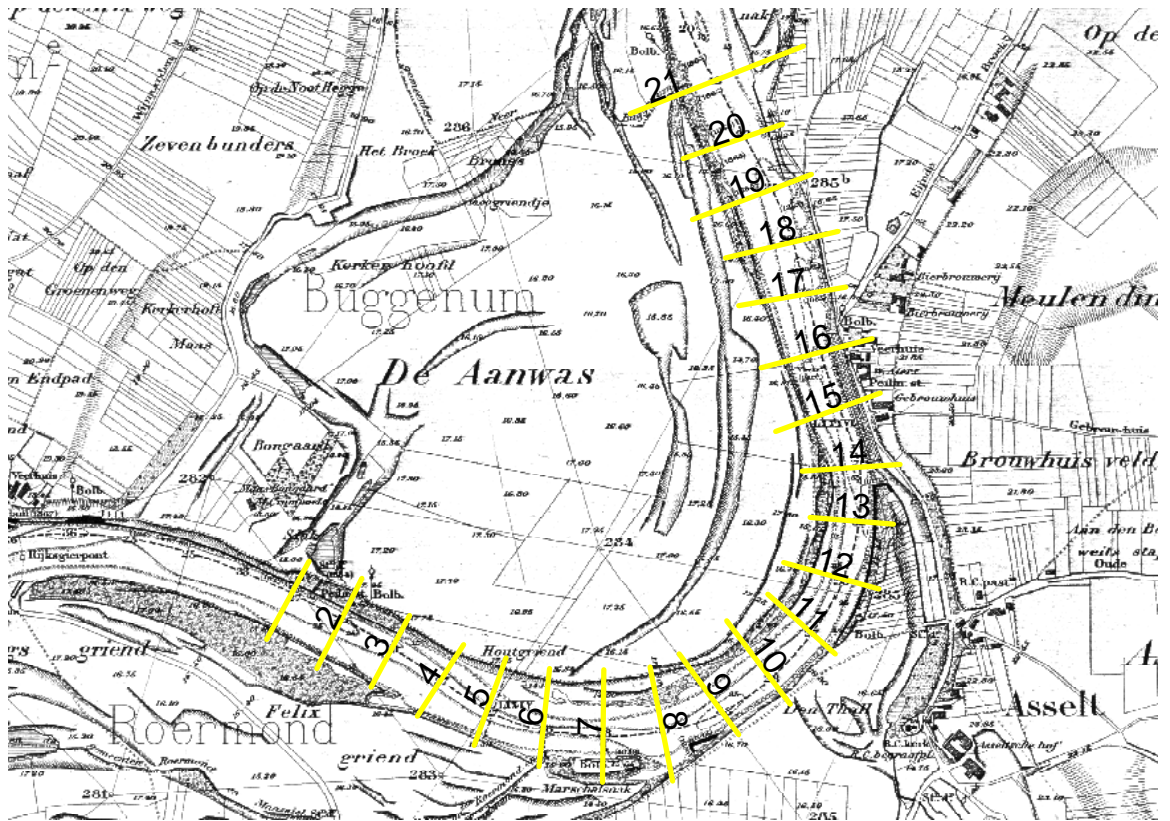


Figuur 2.3

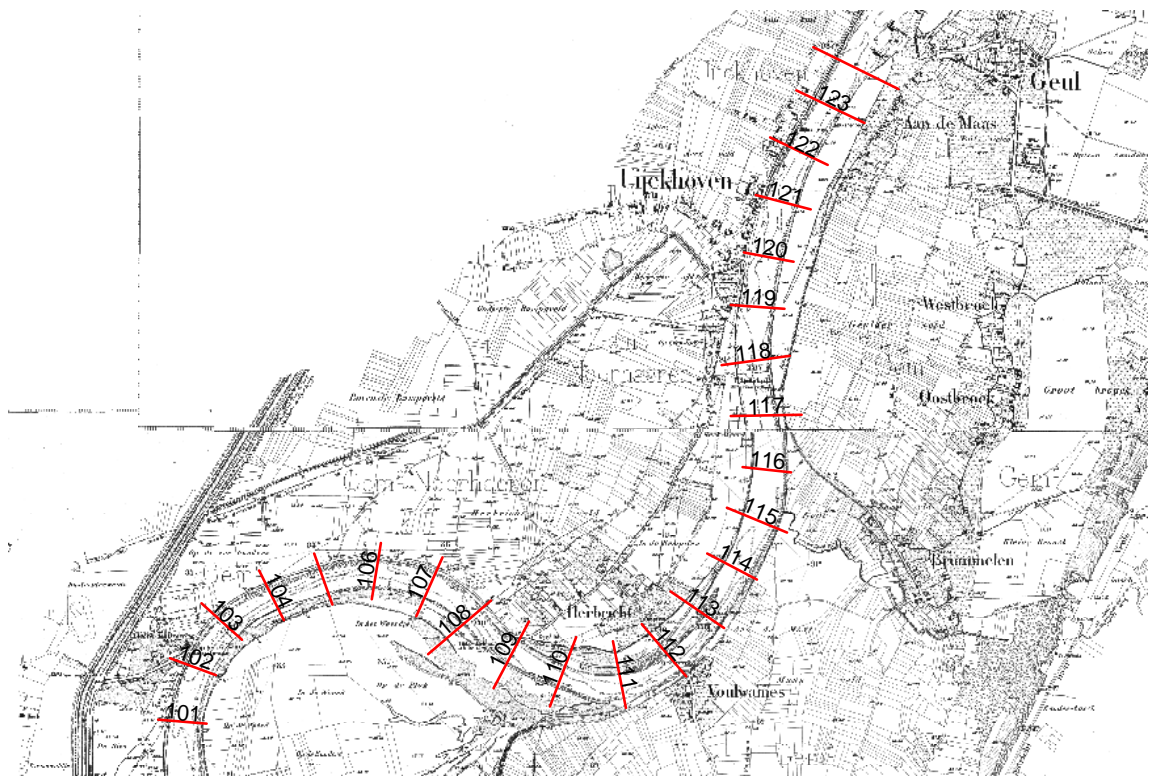
Ligging van de raaien in het Hollandsch Diep en Haringvliet



Figuur 2.4
Ligging van de raaien in de Roerdalslenkmaas bij Asslet



Figuur 2.5
Ligging van de profielen in de Grensmaas ten zuiden van Geul



2.4 Berekening historische rivierkundige parameters

Breedte-diepteverhouding

De breedte-diepteverhouding is berekend uit historische profielen, bij een geulvullende waterstand. De eventueel aanwezige zand- en grindbanken en slikken staan dan onder water en zijn meegerekend. Bedijkte eilanden (zoals Tiengemeten) zijn niet meegerekend.

Specifiek stroomvermogen

Het stroomvermogen van een rivier is gedefinieerd als de afname van de potentiële energie van een rivier per tijdseenheid en per eenheid van rivierlengte:

$$\Omega = \frac{\Delta E_{pot}}{\Delta t \Delta x} = \frac{\Delta(\rho V \cdot g \cdot \Delta z_w)}{\Delta t \Delta x} = \rho g \frac{\Delta V}{\Delta t} \frac{\Delta z_w}{\Delta x} = \rho g Q i$$

waarin:

Ω = stroomvermogen (W/m)

E_{pot} = potentiële energie (J)

t = tijd (s)

x = afstand langs de rivier (m)

ρ = massadichtheid van water (kg m^{-3})

V = volume van beschouwde pakket water (m^3)

g = zwaartekrachtsversnelling (m s^{-2})

z_w = niveau van waterspiegel (m+NAP)

i = waterspiegelverhang (-)

Q = geulvullend debiet rivier of de afgeleide van het ebdebiet (Q bij maximale stroomsnelheid tijdens eb, bij gemiddelde rivierafvoer) ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$).

Bij rivieren is het stroomvermogen gedefinieerd op basis van het geulvullend debiet, aannemende dat deze morfologisch het meest belangrijk is. Binnen het getijdengebied is het ebdebiet het grootste debiet dat tijdens een getijcyclus optreedt en daarom maatgevend voor het stroomvermogen. In het benedenrivierengebied wordt Q daarom afgeleid van het ebdebiet (bij gemiddelde rivierafvoer) onder aanname dat het getij met een cosinusfunctie beschreven kan worden:

$$h = (\text{GHW} + \text{GLW})/2 + (\text{GHW} - \text{GLW})/2 \cdot \cos(t \cdot \pi / (T/2))$$

waarin:

GHW = gemiddelde hoogwaterstand

GLW = gemiddelde laagwaterstand

t = tijdstip binnen een getijslag

T = duur van een getijslag (12 uur 25 minuten).

Voor het verhang in het benedenrivierengebied is het verhang bij de gemiddelde dagwaterstand genomen.

In geomorfologische studies waarbij men uit neerslagregime en terreingesteldheid het rivierpatroon (breedte, vlechting, meandering) wil voorspellen wordt het dalverhang gebruikt in de berekening van het stroomvermogen. Het dalverhang is dan namelijk een *onafhankelijke* parameter, dit in tegenstelling tot het geulverhang dat een van meandering *afhankelijke* parameter is. In de praktijk blijken spiegelverhang en dalverhang langs rechte Waaltrajecten weinig van elkaar te verschillen, bij de IJsselmeanders verschillen deze waarden wel van elkaar. De lokale sterkte van de stroming wordt het best aangegeven met het stroomvermogen per eenheid van geulbreedte, het specifiek stroomvermogen (ssp; 'unit stream power') $\text{ssp} = \omega = \Omega/B$ (in W/m^2):

$$ssp = \frac{\Omega}{B} = \frac{\rho g Q i}{B}$$

Met behulp van de Chezy vergelijking die het verband tussen stroming en bodemweerstand beschrijft:

$$u \approx C \sqrt{Bi}$$

$$\text{en } Q \approx B d C \sqrt{Bi}$$

en de vergelijking voor berekening van de bodemschuifspanning τ :

$$\tau = \rho g d i = \frac{\rho g u^2}{C^2}$$

waarin:

Q = debiet ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

u = stroomsnelheid (m s^{-1})

B = breedte van het zomerbed bij geulvullend debiet (m)

d = diepte van de geul (m)

i = gradient

C = Chézy coefficient ($\text{m}^{1/2} \text{s}^{-1}$)

kan het specifieke stroomvermogen geschreven worden als:

$$ssp = \frac{\Omega}{B} = \frac{\rho g u^3}{C^2}$$

Hiermee is het specifieke stroomvermogen Ω/B gelijk aan het product van twee maten voor de sterkte van de stroming, namelijk het product van bodemschuifspanning τ ($= \rho g u^2 / C^2$) en dieptegemiddelde stroomsnelheid (u).

Shields parameter

De Shields parameter θ is een dimensieloze maat voor het sedimenttransporterend vermogen van een rivier, vergeleken met eigenschappen (korrelgrootte) van het sediment in de rivierbedding. De parameter wordt berekend uit de stroomsnelheid en beddinggruwheid (of: hydraulische straal en verhang), en de mediane korrelgrootte van het sediment:

$$\theta = u^2 / (C^2 \Delta D_{50})$$

waarin

u = gemiddelde stroomsnelheid

C = Chézy coefficient ($\text{m}^{1/2} \text{s}^{-1}$)

Δ = relatieve sediment dichtheid $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w \sim 1.65$;

Met $C = u \sqrt{Ri}$ (waarin R = hydraulische straal en i = verhang) levert dit

$$\theta = Ri / (\Delta D_{50})$$

Deze drie parameters reflecteren samen de afhankelijkheid tussen ondergrond, waterstroming, sedimenttransport en de hieruit voortvloeiende morfologie van rivieren (Maas *et al.*, 1997). Voor het benedenrivierengebied is het niet mogelijk om op eenduidige wijze de Shields parameter te berekenen, omdat het sediment in het estuarium uit zowel zand als klei bestaat. Hierdoor heeft een mediane korreldiameter geen reële betekenis. De Shields parameter is daarom alleen voor het rivierengebied berekend.

Verhang

Het verhang wordt gebruikt in de berekening van streampower en Shieldparameter. Het verhang van de Historische Maas is berekend bij Middelbare Rivierstand (M.R.) volgens tabel 2.2.

tabel 2.2
Verhang van de Maas rond 1880
(naar Lely, 1890 en DONAR)

traject	station	M.R. 1874-1880 (cm)	verval (cm)	afstand tussen de peilschalen (m)	verhang (cm/km)
Grensmaas	Maastricht brug	42,88	9,56	21650	44
	Maasband	33,32			
Roerdalslenk Maas	Roermond	15,21	3,56	15275	23,3
	Kessel	11,65			
Maaskant Maas	Megen	9,64	1,68	22500	7,5
	Lith	7,96			
Heusdense Maas	Heesbeen	3,12	0,99	18675	5,3
	Gorinchem	2,13			

Voor het Hollands Diep en Haringvliet geldt dat je eigenlijk het verhang tijdens maximale stroomsnelheid willen weten. Aangenomen is, dat dit optreed midden tussen de hoogste stand (HW) en de laagste stand (LW). Van de 19^e eeuw zijn deze standen echter niet bekend. Daarom is voor de berekening gebruik gemaakt van het eb-verhang. Het is aannemelijk dat het verhang tijdens maximale stroomsnelheid groter is dan het berekende ebverhang. Er is bij het Hollands Diep en Haringvliet daarom sprake van onderschatting van het verhang en daarmee onderschatting van het historische specifieke stroomvermogen.

Korrelgrootte

De mediane korrelgrootte in de 19^e eeuw is niet bekend. Daarom wordt aangenomen dat de historische D50 deze gelijk is aan de huidige D50.

3 Resultaat

3.1 Grensmaas

De resultaten van de berekening van de historische rivierkundige parameters van de Grensmaas staan vermeld in tabel 3.1

Tabel 3.1
Historische rivierkundige parameters Grensmaas

profiel	h Bf	A Bf	Q bf	V Bf	B	d	B/d	R	C	D50	Shields	ssp
101	42.17	543	1270	2.34	130	4.16	31.34	3.91	56	0.039	0.027	42.1
102	42.01	538	1270	2.36	131	4.12	31.77	3.87	57	0.039	0.026	42.0
103	41.87	582	1270	2.18	148	3.93	37.72	3.73	54	0.039	0.025	37.1
104	41.82	537	1270	2.36	148	3.63	40.72	3.46	61	0.039	0.023	37.2
105	41.77	523	1270	2.43	147	3.56	41.23	3.40	63	0.039	0.023	37.4
106	41.72	469	1270	2.71	142	3.30	43.00	3.15	73	0.039	0.021	38.7
107	41.67	485	1270	2.62	138	3.50	39.49	3.33	68	0.039	0.023	39.7
108	41.63	440	1270	2.89	127	3.48	36.37	3.30	76	0.039	0.022	43.4
109	41.59	535	1270	2.37	126	4.25	29.66	3.98	57	0.039	0.027	43.6
110	41.55	563	1270	2.26	164	3.42	48.02	3.29	59	0.039	0.022	33.4
111	41.51	625	1270	2.03	210	2.98	70.52	2.89	57	0.039	0.020	26.2
112	41.47	530	1270	2.39	195	2.72	71.79	2.64	70	0.039	0.018	28.2
113	41.44	506	1270	2.51	164	3.09	53.14	2.97	69	0.039	0.020	33.5
114	41.30	522	1270	2.43	142	3.68	38.65	3.49	62	0.039	0.024	38.7
115	41.17	494	1270	2.57	138	3.58	38.58	3.40	66	0.039	0.023	39.8
116	41.05	478	1270	2.66	136	3.51	38.81	3.34	69	0.039	0.023	40.3
117	40.93	504	1270	2.52	129	3.90	33.17	3.68	63	0.039	0.025	42.5
118	40.83	507	1270	2.51	135	3.77	35.71	3.57	63	0.039	0.024	40.8
119	40.81	599	1270	2.12	133	4.49	29.69	4.21	49	0.039	0.029	41.2
120	40.80	659	1270	1.93	134	4.92	27.24	4.58	43	0.039	0.031	41.0
121	40.78	687	1270	1.85	125	5.52	22.56	5.07	39	0.039	0.034	44.1
122	40.76	636	1270	2.00	116	5.50	21.03	5.02	42	0.039	0.034	47.5
123	40.75	621	1270	2.05	114	5.46	20.82	4.98	44	0.039	0.034	48.4
124	40.62	646	1270	1.97	139	4.64	29.92	4.35	45	0.039	0.030	39.5
gem. profiel	41.33	551	1270	2.34	142	3.96	37.96	3.73	59	0.039	0.025	39.4

- h Bf = geulvullende (bankfull) waterstand [m]
- A Bf = profielinhoud [m²]
- Q Bf = geulvullende afvoer [m³/s]
- V Bf = gemiddelde stroomsnelheid bij geulvullende afvoer [m/s]
- B = geulvullende breedte [m]
- d = gemiddelde diepte bij geulvullende waterstand [d]
- B/d = breedte/diepte [-]
- R = hydraulische straal [m]
- C = chezy- coëfficiënt [m^{1/2}/s]
- D50 = mediane korrelgrootte [m]
- Shields = Shields parameter [-]
- ssp = specifiek stroomvermogen (specific stream power) [W/m²]

3.2 Roerdalslenkmaas (thans Plassenmaas)

De resultaten van de berekening van de historische rivierkundige parameters van de Roerdalslenkmaas staan vermeld in tabel 3.2

.....
Tabel 3.2
 Historische rivierkundige parameters Roerdalslenkmaas

	h Bf	A Bf	Q Bf	V Bf	B	d	B/d	R	C	d50	shields	ssp
profiel 1	16.82	503	620	1.23	135	3.73	36.2	3.53	43	0.02049	0.024	10.50
profiel 2	16.80	539	620	1.15	139	3.88	35.9	3.67	39	0.02049	0.025	10.19
profiel 3	16.77	569	620	1.09	134	4.24	31.6	3.99	36	0.02049	0.028	10.58
profiel 4	16.75	599	620	1.04	141	4.25	33.1	4.01	34	0.02049	0.028	10.07
profiel 5	16.72	540	620	1.15	136	3.98	34.1	3.76	39	0.02049	0.026	10.45
profiel 6	16.70	503	620	1.23	150	3.36	44.5	3.22	45	0.02049	0.022	9.48
profiel 7	16.67	616	620	1.01	205	3.00	68.5	2.91	39	0.02049	0.020	6.90
profiel 8	16.65	658	620	0.94	172	3.82	45.1	3.66	32	0.02049	0.025	8.23
profiel 9	16.63	520	620	1.19	137	3.81	35.9	3.60	41	0.02049	0.025	10.38
profiel 10	16.60	530	620	1.17	148	3.58	41.3	3.42	41	0.02049	0.024	9.58
profiel 11	16.58	482	620	1.29	131	3.68	35.6	3.49	45	0.02049	0.024	10.82
profiel 12	16.55	588	620	1.05	196	3.00	65.3	2.91	40	0.02049	0.020	7.24
profiel 13	16.53	498	620	1.24	145	3.44	42.1	3.29	45	0.02049	0.023	9.79
profiel 14	16.50	549	620	1.13	123	4.47	27.4	4.17	36	0.02049	0.029	11.54
profiel 15	16.48	485	620	1.28	115	4.21	27.3	3.93	42	0.02049	0.027	12.31
profiel 16	16.45	477	620	1.30	100	4.76	21.0	4.35	41	0.02049	0.030	14.17
profiel 17	16.43	547	620	1.13	123	4.43	27.8	4.13	37	0.02049	0.029	11.49
profiel 18	16.41	583	620	1.06	148	3.95	37.4	3.75	36	0.02049	0.026	9.60
profiel 19	16.38	590	620	1.05	151	3.90	38.8	3.71	36	0.02049	0.026	9.36
profiel 20	16.36	517	620	1.20	145	3.57	40.7	3.40	43	0.02049	0.023	9.78
profiel 21	16.33	551	620	1.12	200	2.76	72.4	2.69	45	0.02049	0.019	7.10
gem. profiel	16.58	545	620	1.15	146	3.80	40.1	3.60	40	0.02049	0.025	9.98

- h Bf = geulvullende (bankfull) waterstand [m]
- A Bf = profielinhoud [m²]
- Q Bf = geulvullende afvoer [m³/s]
- V Bf = gemiddelde stroomsnelheid bij geulvullende afvoer [m/s]
- B = geulvullende breedte [m]
- d = gemiddelde diepte bij geulvullende waterstand [d]
- B/d = breedte/diepte [-]
- R = hydraulische straal [m]
- C = chezy- coëfficiënt [m^{1/2}/s]
- D50 = mediane korrelgrootte [m]
- Shields = Shields parameter [-]
- ssp = specifiek stroomvermogen (specific stream power) [W/m²]

3.3 Maaskant Maas

De resultaten van de berekening van de historische rivierkundige parameters van de Maaskantmaas staan vermeld in tabel 3.3

Tabel 3.3

Historische rivierkundige parameters Maaskantmaas

profiel	h BF	A Bf	Q Bf	V Bf	B	d	B/d	R	C	D50	Shields	ssp
301	8.02	928	728	0.78	165	5.63	29.3	5.27	40	0.000682	0.35	3.23
302	7.98	777	728	0.94	149	5.20	28.7	4.86	49	0.000682	0.32	3.57
303	7.95	777	728	0.94	139	5.59	24.8	5.18	48	0.000682	0.34	3.84
304	7.91	834	728	0.87	148	5.64	26.3	5.24	44	0.000682	0.35	3.60
305	7.87	791	728	0.92	140	5.66	24.7	5.23	47	0.000682	0.35	3.81
306	7.84	763	728	0.95	120	6.36	18.9	5.75	46	0.000682	0.38	4.44
307	7.80	854	728	0.85	164	5.21	31.5	4.90	45	0.000682	0.32	3.25
308	7.76	953	728	0.76	194	4.92	39.4	4.68	41	0.000682	0.31	2.75
309	7.73	708	728	1.03	119	5.95	20.0	5.41	51	0.000682	0.36	4.48
310	7.69	878	728	0.83	148	5.93	25.0	5.49	41	0.000682	0.36	3.60
311	7.65	1017	728	0.72	164	6.20	26.5	5.76	35	0.000682	0.38	3.25
312	7.62	1070	728	0.68	227	4.72	48.0	4.53	37	0.000682	0.30	2.35
313	7.58	836	728	0.87	152	5.50	27.6	5.13	44	0.000682	0.34	3.51
314	7.54	1189	728	0.61	222	5.36	41.4	5.11	31	0.000682	0.34	2.40
315	7.51	967	728	0.75	160	6.04	26.5	5.62	37	0.000682	0.37	3.33
316	7.47	1028	728	0.71	181	5.68	31.9	5.34	35	0.000682	0.35	2.95
317	7.44	921	728	0.79	182	5.07	35.8	4.80	42	0.000682	0.32	2.93
318	7.40	1058	728	0.69	230	4.60	50.0	4.42	38	0.000682	0.29	2.32
319	7.36	872	728	0.83	169	5.16	32.8	4.86	44	0.000682	0.32	3.16
gem. profiel	7.69	906	728	0.82	167	5.50	31.0	5.14	42	0.000682	0.34	3.31

- h Bf = geulvullende (bankfull) waterstand [m]
- A Bf = profielinhoud [m²]
- Q Bf = geulvullende afvoer [m³/s]
- V Bf = gemiddelde stroomsnelheid bij geulvullende afvoer [m/s]
- B = geulvullende breedte [m]
- d = gemiddelde diepte bij geulvullende waterstand [d]
- B/d = breedte/diepte [-]
- R = hydraulische straal [m]
- C = chezy- coëfficiënt [m^{1/2}/s]
- D50 = mediane korrelgrootte [m]
- Shields = Shields parameter [-]
- ssp = specifiek stroomvermogen (specific stream power) [W/m²]

3.4 Heusdense Maas (thans Afgedamde Maas)

De resultaten van de berekening van de historische rivierkundige parameters van de Heusdense Maas staan vermeld in tabel 3.4

.....
Tabel 3.4

Historische rivierkundige parameters Heusdense Maas

profiel	h Bf	A Bf	Q Bf	V Bf	B	d	B/d	R	C	D50	Shields	ssp
201	3.08	907	562	0.62	317	2.87	110.5	2.81	51	0.00045	0.20	0.92
202	3.05	757	562	0.74	225	3.37	66.6	3.27	57	0.00045	0.23	1.30
203	3.03	859	562	0.65	237	3.63	65.3	3.52	48	0.00045	0.25	1.23
204	3.00	887	562	0.63	278	3.19	87.1	3.12	49	0.00045	0.22	1.05
205	2.97	742	562	0.76	187	3.96	47.2	3.80	53	0.00045	0.27	1.56
206	2.94	862	562	0.65	291	2.96	98.2	2.90	52	0.00045	0.21	1.00
207	2.92	1073	562	0.52	300	3.58	83.8	3.49	38	0.00045	0.25	0.97
208	2.89	690	562	0.81	255	2.70	94.5	2.65	69	0.00045	0.19	1.14
209	2.86	806	562	0.70	237	3.40	69.8	3.30	53	0.00045	0.24	1.23
210	2.83	760	562	0.74	234	3.25	72.2	3.16	57	0.00045	0.23	1.25
gem. profiel	2.96	834	562	0.68	256	3.29	79.5	3.20	53	0.00045	0.23	1.17

h Bf = geulvullende (bankfull) waterstand [m]

A Bf = profielinhoud [m²]

Q Bf = geulvullende afvoer [m³/s]

V Bf = gemiddelde stroomsnelheid bij geulvullende afvoer [m/s]

B = geulvullende breedte [m]

d = gemiddelde diepte bij geulvullende waterstand [d]

B/d = breedte/diepte [-]

R = hydraulische straal = $(B*d)/(2d+b)$ [m]

C = chezy- coëfficiënt [m^{1/2}/s]

D50 = mediane korrelgrootte [m]

Shields = Shields parameter [-]

ssp = specifiek stroomvermogen (specific stream power) [W/m²]

3.5 Boven Merwede

De resultaten van de berekening van de historische rivierkundige parameters van de Boven Merwede staan vermeld in tabel 3.5.

Tabel 3.5
Historische rivierkundige parameters Boven Merwede

profiel	Q10%	B	d	B/d	R	i	D50	Shields	ssp
5	5341	622	5.84	106	5.73	0.000111	0.0006	0.64	9.35
11&6	5341	1092	4.02	272	3.99	0.000111	0.0006	0.45	5.32
12&7	5341	979	3.47	282	3.45	0.000111	0.0006	0.39	5.93
15&8	5341	1168	4.23	276	4.20	0.000111	0.0006	0.47	4.98
9	5341	1074	3.87	277	3.84	0.000111	0.0006	0.43	5.41
10	5341	772	5.27	147	5.20	0.000111	0.0006	0.58	7.52
16	5341	735	4.58	160	4.53	0.000111	0.0006	0.51	7.91
18	5341	659	3.36	196	3.33	0.000111	0.0006	0.37	8.81
19	5341	678	4.15	164	4.10	0.000111	0.0006	0.46	8.57
20	5341	735	3.19	231	3.16	0.000111	0.0006	0.35	7.91
21	5341	527	4.89	108	4.80	0.000111	0.0006	0.54	11.02
22	5341	622	5.88	106	5.77	0.000111	0.0006	0.65	9.35
23	5341	471	6.45	73	6.28	0.000111	0.0006	0.70	12.34
24	5341	396	9.13	43	8.73	0.000111	0.0006	0.98	14.69
26	5341	471	2.34	201	2.32	0.000111	0.0006	0.26	12.34
27	5341	377	1.92	196	1.90	0.000111	0.0006	0.21	15.42
gem.profiel	5341	711	4.54	177	4.46	0.000111	0.0006	0.50	9.18

- Q 10% = Afvoer die 10% van de tijd overschreden wordt (ca geulvullende afvoer) [m³/s]
 B = breedte [m] bij Q10%
 d = gemiddelde diepte bij h10% [d]
 B/d = breedte/diepte [-]
 R = hydraulische straal = (B*d)/(2d+b) [m]
 D50 = mediane korrelgrootte [m] in 1966
 Shields = Shields parameter [-]
 ssp = specifiek stroomvermogen (specific stream power) [W/m²]

3.6 Hollandsch Diep en Haringvliet

De resultaten van de berekening van de historische rivierkundige parameters van het Hollandsch Diep en het Haringvliet staan vermeld in tabel 3.6. en 3.7

Tabel 3.6
Historische rivierkundige parameters Hollandsch Diep en Haringvliet

	eb-volume	vloed-volume	rivier-invloed	Q bij Vmax	ro	i
Haringvliet	193	115	0.25	13563	1012	0.000012
Hollands Diep	181	125	0.18	12719	1008	0.000012

- Eb-volume = volume van de ebstroom in 1 getijcyclus volgens Haring (1977)
 Vloed volume = volume van de vloedstroom in 1 getijcyclus volgens Haring (1977)
 Rivierinvloed = (ebvolume + vloedvolume)/(ebvolume – vloedvolume)
 Q bij Vmax = debiet bij maximale stroomsnelheid tijdens eb (zie 2.4)
 ro = dichtheid van water [kg/m³]
 i = geschat verhang bij maximale stroomsnelheid

Tabel 3.7

Historische rivierkundige parameters Hollandsch Diep en Haringvliet

Haringvliet	M.E.	M.V.	hVmax	Bgeul	d-gem	B/d	ssp	A platen	A geul	Aplaten/ Ageul
raai 1	-0.77	1.09	0.16	1950	0.93	2097	0.83	1535	18619	0.082
raai 2	-0.77	1.10	0.17	1772	0.94	1895	0.92	1292	16778	0.077
raai 3	-0.77	1.11	0.17	1935	0.94	2059	0.84	514	17751	0.029
raai 4	-0.77	1.12	0.18	2096	0.95	2218	0.77	579	17911	0.032
raai 5	-0.77	1.13	0.18	2094	0.95	2204	0.77	654	17246	0.038
raai 6	-0.77	1.17	0.20	2153	0.97	2220	0.75	269	17334	0.016
raai 7	-0.77	1.18	0.21	2713	0.98	2783	0.60	503	20507	0.025
raai 8	-0.77	1.19	0.21	3406	0.98	3476	0.48	769	20264	0.038
raai 9	-0.77	1.20	0.22	3650	0.99	3706	0.44	1775	20977	0.085
raai 10	-0.77	1.22	0.23	4284	1.00	4306	0.38	1084	20374	0.053
gem. profiel	-0.77	1.15	0.19	2605	0.96	2696	0.68	897	18776	0.047

Hollandsch Diep	M.E.	M.V.	hVmax	Bgeul	d-gem	B/d	ssp	A platen	A geul	Aplaten/ Ageul
raai 11	-0.77	1.26	0.25	2980	1.02	2936	0.38	229	19524	0.012
raai 12	-0.77	1.27	0.25	2150	1.02	2108	0.53	279	17789	0.016
raai 13	-0.77	1.27	0.25	2090	1.02	2049	0.54	396	17148	0.023
raai 14	-0.77	1.28	0.26	2550	1.03	2488	0.44	385	17058	0.023
raai 15	-0.77	1.29	0.26	2353	1.03	2284	0.48	934	17878	0.052
raai 16	-0.77	1.30	0.27	2087	1.04	2016	0.54	1191	16342	0.073
raai 17	-0.77	1.30	0.27	1408	1.04	1360	0.80	891	12674	0.070
raai 18	-0.77	1.31	0.27	1645	1.04	1582	0.69	734	13691	0.054
gem. profiel	-0.77	1.29	0.26	2158	1.03	2103	0.55	630	1651	0.040

- M.E. = middelbare eb [m]
- M.V. = middelbare vloed [m]
- hVmax = waterhoogte bij maximale stroomsnelheid, geschat als waterhoogte midden tussen M.E. en M.V.[m]
- Bgeul = breedte geul bij M.V.[m]
- d-gem = gemiddelde diepte bij hVmax[m]
- B/d = breedte-diepteverhouding bij hVmax[-]
- ssp = specifiek stroomvermogen (specific stream power) bij hVmax [W/m²]
- Aplaten = profieloppervlak boven platen bij M.V.[m²]
- Ageul = profieloppervlak boven geul bij M.V.[m²]
- Aplaten/Ageul = verhoudingsgetal profieloppervlak bij M.V.[-]

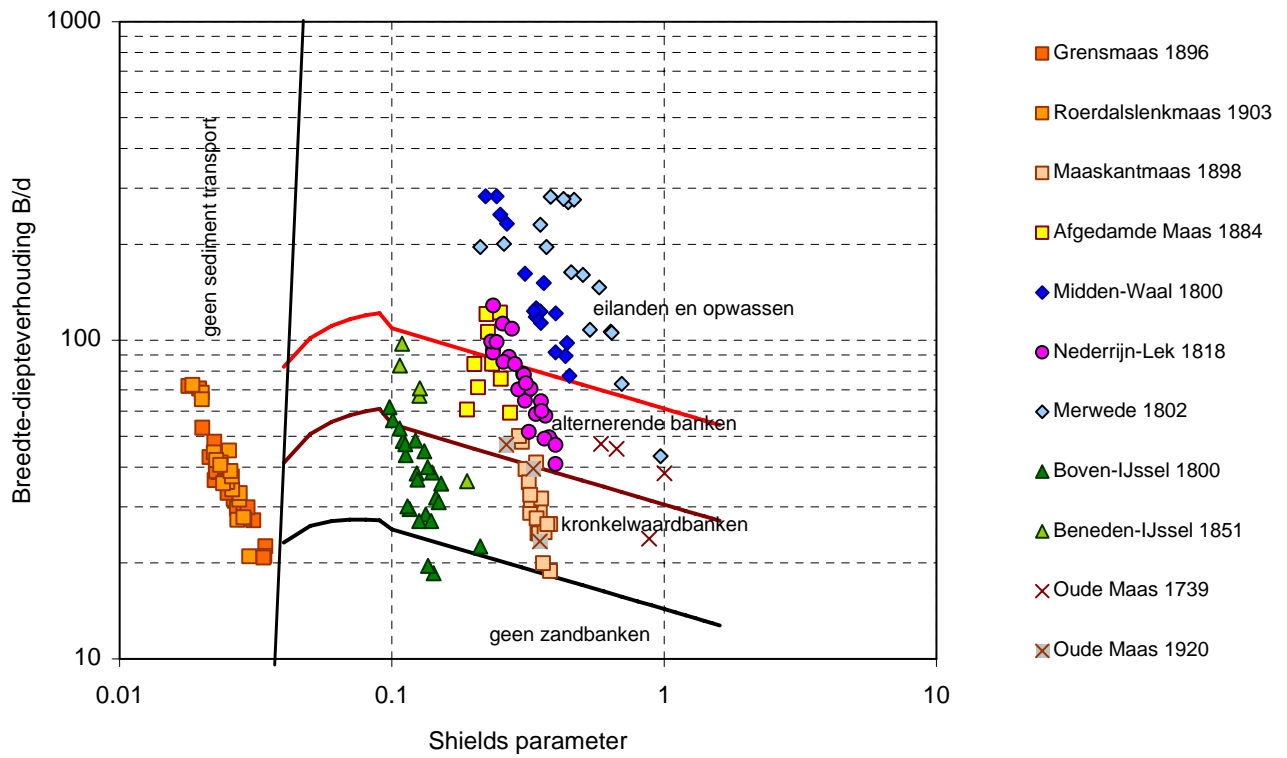
3.7 Classificatiediagrammen morfodynamiek

In figuur 3.1 en 3.2 staan de classificatiediagrammen morfodynamiek op basis van breedte-diepteverhouding, Shields parameter en specifiek stroomvermogen, zoals ze gepresenteerd zijn in Middelkoop et al, 2003. Naast historische waarden van de Maas, Boven Merwede, Haringvliet en Hollands Diep, zijn ook de gegevens van Waal, IJssel, Lek en Oude Maas in de grafiek gezet..

Ter vergelijking wordt in figuur 3.3 en 3.4 de huidige situatie weergegeven. Deze is berekend op basis van SOBEK.

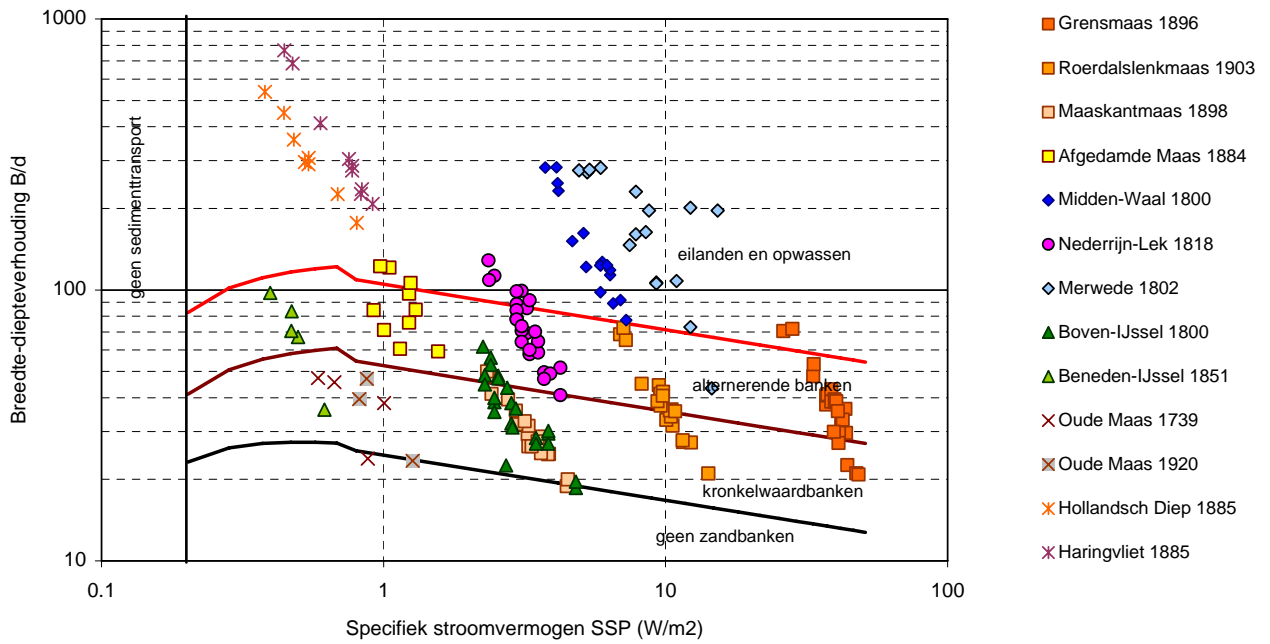
Figuur 3.1

Classificatiediagram morfodynamiek historische situatie op basis van breedte-diepte-verhouding en Shielsparameter



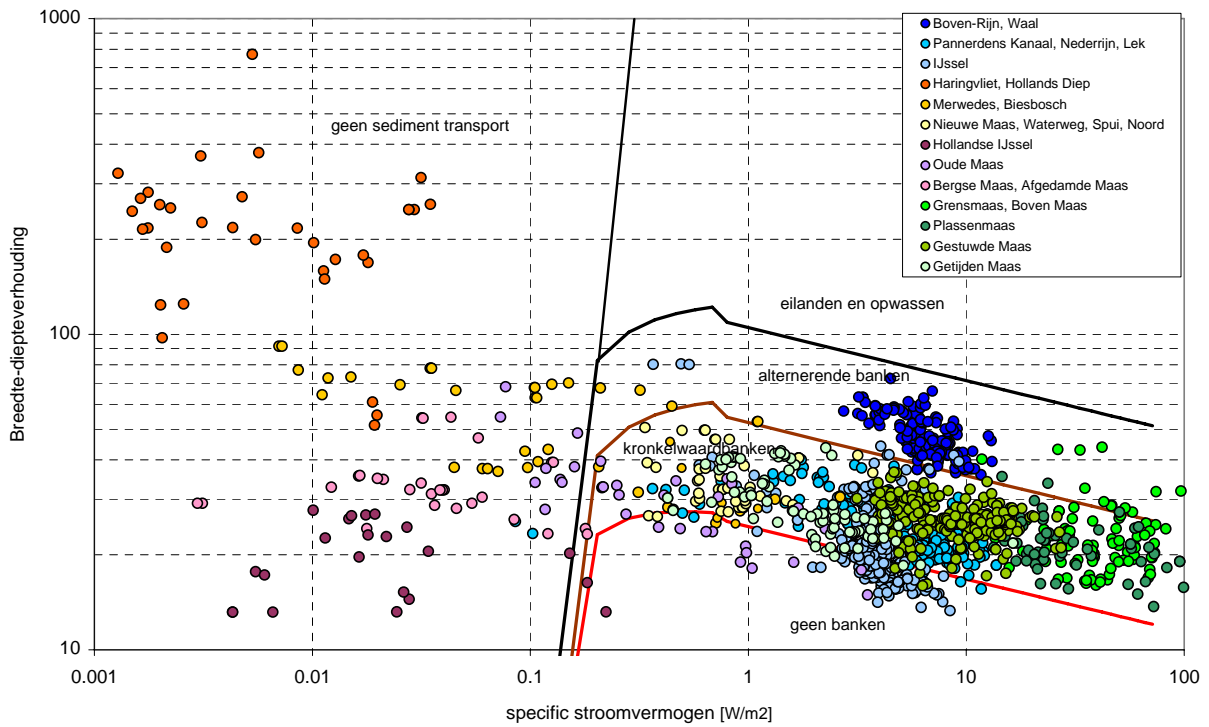
Figuur 3.2

Classificatie morfodynamiek historische situatie op basis van breedte-diepte-verhouding en specifiek stroomvermogen



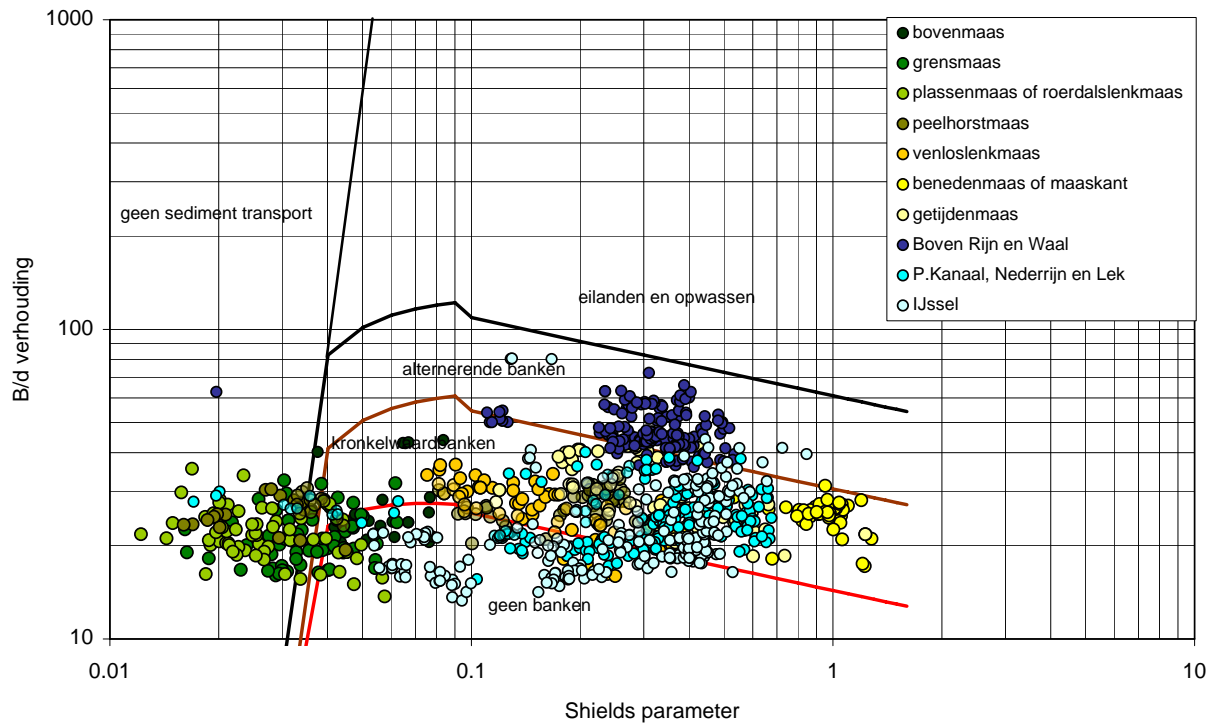
Figuur 3.3

Classificatiediagram morfodynamiek huidige situatie benedenriviereengebied op basis van breedte-diepte verhouding en specifiek stroomvermogen



Figuur 3.3

Classificatiediagram morfodynamiek huidige situatie bovenrivieren Rijntakken en Maas op basis van breedte-diepte verhouding en Shields parameter



Literatuur

- Maas, G.J., H.P. Wolfert, M.M. Schoor & H. Middelkoop (1997), Classificatie van riviertrajecten en kansrijkdom voor ecotopen. een voorbeeldstudie vanuit geomorfologisch-historisch perspectief. SC-DLO / RIZA, Wageningen - Arnhem.
- Middelkoop, H. 2001. Morfologische karakterisatie van het Nederlandse benedenrivierengebied; verkenning van parameters. Centre for Geo-ecological Research, ICG-rapport 01/5, Universiteit Utrecht.
- Middelkoop, H. , E. Stouthamer, M.M. Schoor, H.P. Wolfert & G.J. Maas (2003)., Kansrijkdom voor rivierecotopen vanuit historisch morfologisch en rivierkundig perspectief. Rijntakken – Maas – Benedenrivieren. NCR-publication 21-2003. UU/Alterra/RIZA, Utrecht/Wageningen/Arnhem.
- Lambeek, J.J.P & E. Mosselman (1998), Huidige en historische rivierkundige parameters van de Nederlandse Rijntakken. Verslag bureaustudie. WL rapport Q2382. WL, Delft.
- Lely 1890. Rivieren en Rivierwerken. Tweede deel, afd. XI, Waterbouwkunde, red: N.H. Henket, Ch. M. Schols en J.M. Telders, 's Gravenhage, De Gebroeders van Kleef. 519 pp.
- Van der Kun, 1859. Register IV, bevattende de beschrijving der peilschalen, hakkelbouten en andere verkenmerken langs den rivieren De Merwede, De Oude en Nieuwe Maas, van Gorinchem tot Brielle. 1^e gedeelte, De Merwede van Gorinchem tot Dordrecht 323 pp.
Bijlage No VII. Overzicht van de waterhoogten in de rivier de Merwede, waargenomen aan de peilschalen, te Gorinchem, Werkendam, Hardinxveld, Steenenhoek, Sliedrecht, Dordrecht, Hardenhoek, Louisapolder, Willemsdorp en Moerdijk. Van het jaar 1813 tot en het het jaar 1858. Herleid tot A.P. Register IV p. 297-302;
Bijlage No VIII. Nota betreffende het waterafvoerend vermogen van de Merwede en hare takken, in onderscheiden tijden. Register IV p. 303-306
- Van der Kun, 1860. Register IV, bevattende de beschrijving der peilschalen, hakkelbouten en andere verkenmerken langs den rivieren De Merwede, De Oude en Nieuwe Maas, van Gorinchem tot Brielle. 2^e gedeelte de Oude en Nieuwe Maas van Dordrecht tot Brielle. 39 pp.
-

Bijlagen

Bijlage 1	Historische profielen Boven Merwede, 1802
Bijlage 2	Historische profielen Grensmaas, 1896
Bijlage 3	Historische profielen Roerdalslenkmaas, 1903
Bijlage 4	Historische profielen Maaskant Maas, 1898
Bijlage 5	Historische profielen Heusdense Maas, 1884
Bijlage 6	Historische profielen Haringvliet, 1886
Bijlage 7	Historische profielen Hollandsch Diep, 1886

