

Verslag

**HOGE WATERSTANDEN
GREN SMAAS**

Dec 93 en Jan-Feb 95

**gerelateerd aan
vroegere hoge waterstanden**

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen

Afd. Waterbouwkundig Laboratorium
en Hydrologisch Onderzoek



dienst

HYDROLOGISCH ONDERZOEK

ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
departement Leefmilieu en Infrastructuur
administratie Waterwegen en Zeewezen
afdeling Waterbouwkundig Laboratorium
en Hydrologisch Onderzoek

dienst Hydrologisch Onderzoek
Simon Bolivarlaan 30
1210 Brussel

INHOUD

Inleiding	2
Hoofdstuk 1 - Verloop van de hoge waterstanden van december 1993 en januari-februari 1995	
1.1. Feitelijk verloop van de hoge waterstand van december 1993	3
1.2. Feitelijk verloop van de hoge waterstand van januari-februari 1995	5
Hoofdstuk 2 - De hoge waterstanden van december 1993 en januari-februari 1995, gerelateerd aan vroegere perioden van hoge waterstanden	
2.1. Periode tot en met de 19de eeuw	9
2.2. Periode van de hoge waterstand Dec 1925-Jan 1926	9
2.2.1. Verloop van de hoge waterstand Dec 1925-Jan 1926	10
2.2.2. Veranderingen in de hydrologische toestand van de Grensmaas	11
2.2.3. Vergelijking van de hoge waterstanden van Dec 1993 en Jan-Feb 1995 met deze van Dec 1925-Jan 1926	12
2.3. Periode van de 20ste eeuw	13
2.4. De herhalingsfrequentie van de topdebieten van de hoge waterstanden van Dec 1993 en Jan-Feb 1995	19
2.5. Het optreden van hoge waterstanden op de Grensmaas	
2.5.1. Enkele algemene beschouwingen	20
2.5.2. Twee extreem hoge waterstanden binnen een periode van slechts een goed jaar: Heeft men te doen met zuiver toeval of is er een trendverandering bezig?	20
2.5.3. Kan de verstedelijking een oorzaak zijn van een versnelde afvoer met hogere waterstanden?	21
Hoofdstuk 3 - De hydrometeorologische omstandigheden bij de hoge waterstanden van Dec 1925-Jan 1926, Dec 1993 en Jan-Feb 1995	
3.1. Algemeenheden	22
3.2. De hydrometeorologische omstandigheden bij de hoge waterstand van Dec 1993, gerelateerd aan deze van de hoge waterstand van Dec 1925-Jan 1926	22
3.3. De hydrometeorologische omstandigheden bij de hoge waterstand van Jan-Feb 1995	24
Hoofdstuk 4 - De H-Q relaties van de hydrometrische stations Maaseik en Lanaken-Smeermaas en het verband tussen de topwaterstanden op de Grensmaas	
4.1. De H-Q kromme van het hydrometrisch station Maaseik	26
4.2. De H-Q relatie van het hydrometrisch station Lanaken-Smeermaas	27
4.3. Het verband tussen de topwaterstanden op de Grensmaas	27
Hoofdstuk 5 - Algemeen besluit	28
Literatuur	29

INLEIDING

Een eerste keer in december 1993 en dan een tweede keer binnen slechts een periode van een goed jaar in januari-februari 1995 kreeg de Maas over haar ganse loop (bijlage 1) extreem grote hoeveelheden water te verwerken, waardoor er zich uiterst hoge waterstanden voordeden. Ook in Belgisch Limburg kwamen delen van de Maasvlakte onder water te staan.

Naast zeer veel menselijk leed was er een enorme materiële schade. Het zou allemaal nog veel erger geweest zijn, indien het zwellende water bressen had geslagen in de dijken en de rivier uit haar winterbed was getreden; enkel daar waar er geen dijken waren en de beken niet afgesloten waren, is het water landinwaarts gestroomd en kwamen landerijen en huizen onder water.

Voortreffelijk werk werd, vaak onder een onwezenlijke spanning, geleverd door het provinciaal coördinatie- en crisiscentrum van Maasmechelen.

De dienst Hydrologisch Onderzoek heeft telkens voor de nodige berichtgeving over waterstanden en debieten gezorgd en heeft hierdoor zijn bijdrage geleverd in de strijd, die tweemaal tegen het water moest gevoerd worden.

In dit verslag wordt het verloop van de hogervermelde hoge waterstanden besproken en geëvalueerd.

Regelmatig wordt nu de vraag gesteld of deze twee zo kort op elkaar volgende perioden van extreem hoge waterstanden nu een ongelukkig toeval zijn of een bepaalde trend naar een vaker voorkomen van hoge waterstanden op de Maas.

In dit verslag wordt daar kort op ingegaan.

Tenslotte dient eveneens vermeld te worden dat van dit verslag gebruik gemaakt wordt om de relevante informatie over de belangrijkste hoge waterstanden op de Grensmaas, in het bijzonder deze van de vijftien laatste jaren, bij elkaar te brengen.

HOOFDSTUK 1

VERLOOP VAN DE HOGE WATERSTANDEN VAN DECEMBER 1993 EN JANUARI-FEBRUARI 1995

1.1. FEITELIJK VERLOOP VAN DE HOGE WATERSTAND VAN DECEMBER 1993

Vanaf 30 november veroorzaakte gedurende de ganse maand december een ononderbroken reeks van depressies, die zich verplaatsten van west naar oost, maritieme luchtstromingen.

Zo kreeg men na 30 november, een relatief regenachtige dag, in het zuiden van België eerst een week van lage neerslag tussen 2 à 4mm per dag (Lit 1).

Op 7 december echter begon dan een periode van zeer veel neerslag, die slechts eindigde op 20 december.

Op de hoge delen van de Ardennen viel deze neerslag ook veel in de vorm van sneeuw, die echter nooit lang bleef liggen.

In de periode 7-19 december viel er boven de provincie Namen en het oostelijk deel van de provincie Henegouwen gemiddeld 114mm neerslag; boven de provincie Luik was dat gemiddeld 117mm, terwijl men voor de provincie Luxemburg met o.a. de Semoisvallei zo maar eventjes gemiddeld 201mm neerslag noteerde (Lit 1).

De hier en ook verder in voorliggend verslag vermelde gemiddelde gebiedsneerslagwaarden zijn de gemiddelden van de neerslagwaarden, die in de Maandberichten voor de pluviometers van de bovenvermelde provincies worden opgegeven.

Het gevolg van de hevige neerslag was dat het debiet van de Grensmaas te Maaseik van 13 tot 19 december bleef hangen tussen 1.000 en 1.250m³/s.

Oplettendheid was nu geboden want dit debiet betekende dat de bodem niet of nog nauwelijks water kon opnemen en alle verdere neerslag nu direct naar de Maas en haar bijrivieren zou afstromen. Binnen de kortste tijd zou een vrij grote hoeveelheid regen voor extreem hoge waterstanden en debieten kunnen zorgen.

Dit is ook gebeurd door de hevige regen van 20 december.

Boven de provincie Namen en het oostelijk deel van de provincie Henegouwen viel dat etmaal gemiddeld 34mm regen, boven de provincie Luik eveneens gemiddeld 34mm, terwijl boven de provincie Luxemburg gemiddeld 56mm viel (Lit 1).

Ook boven het Franse stroomgebied van de Maas was de neerslag op 20 december zeer hevig. Zo registreerden de pluviometers van Stenay, Verdun en Neufchâteau respectievelijk 39mm, 47mm en 26mm (Lit 2).

Ook op 21, 22 en 23 december bleef het nog goed regenen. Boven de provincie Namen en het oostelijk deel van de provincie Henegouwen viel er die periode 32mm regen, terwijl dit boven de provincies Luik en Luxemburg respectievelijk 42mm en 49mm was.

De waterstanden van de Maas en al haar bijrivieren stegen in korte tijd zeer snel. In de nacht van 19 op 20 december begonnen ook de waterstanden op de Grensmaas uiterst snel te stijgen.

In 48 uren steeg de waterstand te Lanaken-Smeermaas en te Maaseik met respectievelijk 2,44m en 2,70m.

Op beide plaatsen staan hydrometrische stations, die beheerd worden door de dienst Hydrologisch Onderzoek.

Deze twee stations liggen op de Belgische linkeroever van de Maas. Het station van Lanaken-Smeermaas is ingeplant op 1000m ten N van het gehucht Smeermaas aan km/Maas 18,350; dat van Maaseik bevindt zich op 320m stroomafwaarts van de brug aan km/Maas 52,75.

Ook te Dilsen-Rotem is een hydrometrisch station van de dienst Hydrologisch Onderzoek ingeplant. Dit station is gelegen aan het einde van de baan Rotem-Kellerweerd/Bichterweert (km/Maas 43,950).

Op **22 december 1993** werden de topwaterstanden op de Grensmaas geregistreerd.

In onderstaande tabel zijn de topwaterstanden, die geregistreerd werden in de stations van de dienst Hydrologisch Onderzoek en van Rijkswaterstaat / directie Limburg (NI) (Lit 3), bij elkaar gezet.

Locatie	km/Maas	Topwaterstand	
		m NAP*	m TAW
Borgharen-dorp (NI)	16,000	45,90	48,22
Lanaken-Smeermaas	18,350	-	47,30
Elsloo (NI)	29,405	40,50	42,82
Dilsen-Rotem	43,950	-	35,28
Grevenbicht (NI)	44,945	32,80	35,12
Maaseik	52,750	-	31,83
Stevensweert (NI)	61,570	25,36	27,68

* : Het Nederlandse referentievlak NAP ligt 2,32m boven het Belgische referentievlak TAW.

De topwaterstanden werden te Lanaken-Smeermaas en te Maaseik respectievelijk te 12h00 en te 19h00 geregistreerd, zodat de looptijd van de top tussen de twee locaties 7 uren bedroeg.

Het verhang tussen Lanaken-Smeermaas en Maaseik was op 22 december te 14h00 15,48m, d.w.z. gemiddeld 0,45m/km over de afstand van 34,4km tussen beide plaatsen.

De topwaterstand van 31,83m TAW te Maaseik gaf een topdebiet van **2.811m³/s**. Voor de topwaterstand van 45,90m NAP te Borgharen-dorp werd door Rijkswaterstaat / directie Limburg (NI) een topdebiet van 3.120m³/s aangenomen.

Op 22 december werden ook de topwaterstanden geregistreerd op de Maas aan de Belgisch-Franse grens te Chooz (F) met een topdebiet van 1.540m³/s (een dag vroeger was met een debiet van 550m³/s de topwaterstand op de Semois te Membre bereikt) en op de Ourthe te Angleur met een topdebiet van 828m³/s (inclusief debiet van de Vesder) (Lit 4).

De hiernavolgende debietsmetingen werden door de dienst Hydrologisch Onderzoek gedurende deze periode van hoge waterstanden uitgevoerd onder de brug van Maaseik:

21 Dec 93 / 11h00-14h00 : 1.865m³/s
 22 Dec 93 / 10h00-14h00 : 2.794m³/s
 23 Dec 93 / 10h30-14h30 : 2.640m³/s.

Op de Grensmaas bleven de topwaterstanden enkele uren aanhouden, waarna er zich een trage daling van 0,85 à 0,90cm/uur inzette tot 25 december. Daarna werd de daling sterker met 1,9 à 2,5cm/uur.

Op 30 december ging de Grensmaas dan weer wat zwellen door de neerslag van 29 en vooral 30 december. Gelukkig bleef deze waterstandstijging beperkt tot ca.1,00m en kreeg men tijdens de jaarwisseling een nieuwe top van 45,89m TAW te Lanaken-Smeermaas en van 29,80m TAW (1.573m³/s) te Maaseik.

Tenslotte volgde nog een laatste topwaterstand op 7 januari 1994 van 45,90m TAW te Lanaken-Smeermaas en van 29,89m TAW (1.609m³/s) te Maaseik.

Bijlage 2 geeft de gemiddelde uurlijkse waterstanden te Lanaken-Smeermaas voor de periode 09 Dec 1993-08 Jan 1994.

Bijlage 3a toont de grafiek met de gemiddelde uurlijkse waterstanden te Maaseik voor dezelfde periode, terwijl bijlage 3b naast de gemiddelde uurlijkse debieten te Maaseik ook de gemiddelde etmaalneerslag boven de provincies Namen, Luik en Luxemburg alsmede het oostelijk deel van de provincie Henegouwen geeft (Lit 1).

Op bijlage 4 vindt men het overstroomd gebied van de Grensmaas.

1.2. FEITELIJK VERLOOP VAN DE HOGE WATERSTAND VAN JANUARI-FEBRUARI 1995

Reeds eind 1994, begin 1995 steeg het debiet van de Grensmaas boven 1.000m³/s tengevolge van een eerste periode van veel regen van 27 december 1994 tot en met 2 januari 1995.

Boven de provincie Namen en het oostelijk deel van de provincie Henegouwen viel er die periode gemiddeld 72mm regen, terwijl dit voor de provincies Luik en Luxemburg respectievelijk gemiddeld 92 en 98mm was (Lit 5).

Het debiet van de Grensmaas te Maaseik steeg zo van gemiddeld $198\text{m}^3/\text{s}$ op 27 december naar een eerste topdebiet van $1.301\text{m}^3/\text{s}$ met een topwaterstand van 30,30m TAW op 31 december 1994.

Het debiet van de Grensmaas daalde weer, maar op 8 januari 1995 begon er een tweede regenperiode tengevolge van een depressie tussen IJsland en Polen, die voor maritieme en daarna voor polaire maritieme luchtstromingen over onze streken zorgde. De regenperiode duurde tot en met 14 januari en gaf boven de provincie Namen en het oostelijk deel van de provincie Henegouwen alsmede boven de provincies Luik en Luxemburg respectievelijk gemiddeld 38, 42 en 45mm neerslag (Lit 5).

Een tweede stijging van het Grensmaasdebiet deed zich voor met een topdebiet te Maaseik van $994\text{m}^3/\text{s}$ op 12 januari 1995.

Ondertussen was er in de eerste helft van januari op de hoge delen van de Ardennen ook 10 à 20cm sneeuw gevallen, die door de temperatuurverhoging smolt in de periode van 15-18 januari (Lit 5).

Ook nu weer was de situatie vrij zorgwekkend want de bodem was weer volledig verzadigd door zowel de neerslag als het sneeuwsmeltwater, waardoor alle water bij verdere hevige neerslag aanstonds naar de Maas en haar bijrivieren zou afstromen met zeer vlug uiterst hoge waterstanden en debieten tot gevolg.

Ongelukkig genoeg lag van 16 tot 23 januari een depressie, met centrum tussen IJsland en Schotland, aan de oorsprong van een sterk gestoorde westelijke luchtstroom. Op 24 januari, en dit tot het einde van de maand, was deze luchtstroom dan verbonden aan een uitgebreide depressie met een kern boven Scandinavië en een andere kern boven de Atlantisch oceaan.

De neerslagverwachtingen kwamen uit en in de periode van 17 tot en met 29 januari viel er uiterst veel regen.

De eerste vier dagen van deze periode bleef de neerslag nog beperkt tot 7 à 19mm.

Op 21 januari echter begon dan een periode van overvloedige neerslag, die eindigde met hevige regen op 29 januari.

Voor de periode 21-28 januari noteerde men voor de provincie Namen en het oostelijk deel van de provincie Henegouwen gemiddeld 105mm regen, terwijl dit voor de provincie Luik al 125mm was en voor de provincie Luxemburg met o.a. de Semoisvallei zo maar eventjes 203mm.

Tenslotte viel er op 29 januari boven de provincie Namen en het oostelijk deel van de provincie Henegouwen gemiddeld 19mm, terwijl de provincies Luik en Luxemburg nog respectievelijk gemiddeld 23 en 37mm neerslag te verwerken kregen (Lit 5).

Ook boven het Frans gedeelte van het Maasbekken viel er uiterst veel regen.

Plaatselijk viel er in januari 1995 in noordoostelijk Frankrijk tot drie keer de normale maandneerslagsom (Lit 6).

Het was dan ook niet te verwonderen dat de waterstanden van de Maas en al haar bijrivieren begonnen te stijgen en dat er zich op 22 januari ook een sterke stijging inzette op de Grensmaas.

Op 24 januari bereikte de waterstand op de Grensmaas een voorlopige hoogste stand, maar na een lichte daling gedurende ca. 24 uren steeg het water weer vrij snel verder om op 27 januari rond de middag te Lanaken-Smeermaas een waterstand van 47,03m TAW te bereiken; te Maaseik werd dan in de nacht van 27 op 28 januari een voorlopige topwaterstand van 31,59m TAW geregistreerd.

Door de voortdurende neerslag steeg de waterstand in de Grensmaas gedurende een periode van ca. 4 etmalen dan verder langzaam naar een tweede en laatste top op **31 januari 1995**.

Zulke uitzonderlijke lange periode met een waterstand, die vrijwel gelijk is aan de topwaterstand zelf, registreerde men nog nooit voordien.

Ondertussen waren op 27 januari de topdebieten bereikt op de Semois te Membre met 445m³/s en op te Ourthe te Angleur met 627m³/s (inclusief debiet van de Vesder); op 30 januari werd het topdebiet 1.574m³/s op de Maas te Chooz (F) geregistreerd (Lit 4).

Onderstaande tabel geeft de topwaterstanden, die geregistreerd werden in de hydrometrische stations van de dienst Hydrologisch Onderzoek en van Rijkswaterstaat / directie Limburg (NI) (Lit 6).

Locatie	km/Maas	Topwaterstand m NAP	m TAW
Borgharen-dorp (NI)	16,000	45,71	48,03
Lanaken-			
Smeermaas	18,350	-	47,12
Elsloo (NI)	29,405	40,23	42,55
Dilsen-Rotem	43,950	-	35,25
Grevenbicht (NI)	44,945	32,73	35,05
Maaseik	52,750	-	31,77
Stevensweert (NI)	61,570	25,30	27,62

De topwaterstanden werden te Lanaken-Smeermaas en Maaseik respectievelijk te 09h00 en 15h00 geregistreerd, zodat de looptijd van de top tussen de twee locaties 6 uren bedroeg.

Het verhang tussen Lanaken-Smeermaas en Maaseik was op 31 januari te 12h00 15,38m of gemiddeld 0,45m/km over de afstand van 34,4km tussen beide plaatsen.

Het topdebiet bedroeg te Maaseik bij de topwaterstand van 31,77m TAW **2.736m³/s**. Door Rijkswaterstaat / directie Limburg (NI) werd voor de topwaterstand van 45,71m NAP te Borgharen-dorp een topdebiet van 2.870m³/s aangenomen.

Wanneer men de topwaterstanden van de perioden van hoge waterstanden Dec 1993 en Jan-Feb 1995 naast elkaar zet, vindt men op de Grensmaas op 31 januari 1995 topwaterstanden, die slechts 19 tot 6cm lager liggen dan de topwaterstanden op 22 december 1993.

De verschillen zijn:

Borgharen-dorp:	19cm
Lanaken-Smeermaas:	18cm
Elsloo:	27cm
Grevenbicht:	7cm
Maaseik:	6cm
Stevensweert:	6cm.

Het kleiner wordend verschil in topwaterstand naar stroomafwaarts toe is te verklaren door de uitzonderlijke lange duur van de hoge waterstand in januari 1995.

Hierdoor was het winterbed meer dan vol geraakt en kon er gewoon geen bijkomend water meer opgeslagen worden met het gevolg dat de hoogwatergolf op een bepaald ogenblik nauwelijks nog een afvlakking door bijkomende komberging kende.

Wanneer men de Maas verder stroomafwaarts volgt, ziet men dat dit bovenvermelde verschil hoe langer, hoe kleiner wordt en dat vanaf Roermond de topwaterstanden van Jan-Feb 1995 zelfs hoger liggen dan deze van Dec 1993.

In Roermond-Buggenum was de topwaterstand van Jan-Feb 1995 7cm hoger dan in Dec 1993, in Venlo/haven, Sambeek (boven) en Grave (beneden) respectievelijk 11cm, 10cm en 19cm terwijl dit in Lith-dorp en Hedel 22cm en 21cm was (Lit 6).

Ook gedurende deze periode van hoge waterstanden werden door de dienst Hydrologisch Onderzoek enkele debietsmetingen onder de brug van Maaseik uitgevoerd:

27 Jan 95 / 10h15-13h30 :	2.391m ³ /s
30 Jan 95 / 11h00-14h30 :	2.596m ³ /s
31 Jan 95 / 10h15-17h00 :	2.711m ³ /s
01 Feb 95 / 10h00-13h30 :	2.423m ³ /s.

Door de weersverbetering, die zich op 30 januari inzette, begon dan na de topwaterstanden op 31 januari eindelijk een definitieve langzame daling van de waterstanden met gemiddeld 2,1 à 2,4cm/uur. In de nacht van 6 op 7 februari 1995 zakte het debiet te Maaseik zo weer terug onder 1.000m³/s.

Bijlage 5 geeft de gemiddelde uurlijkse waterstanden te Lanaken-Smeermaas voor de periode 08 Jan-07 Feb 1995.

Bijlage 6a toont de grafiek met de gemiddelde uurlijkse waterstanden te Maaseik voor dezelfde periode, terwijl bijlage 6b naast de gemiddelde uurlijkse debieten te Maaseik ook de gemiddelde etmaalneerslag boven de provincies Luik, Namen en Luxemburg alsmede het oostelijk deel van de provincie Henegouwen geeft (Lit 5).

HOOFDSTUK 2

DE HOGE WATERSTANDEN VAN DECEMBER 1993 EN JANUARI-FEBRUARI 1995, GERELATEERD AAN VROEGERE PERIODEN VAN HOGE WATERSTANDEN

2.1. PERIODE TOT EN MET DE 19de EEUW

F.Jodogne vermeldt uitzonderlijke hoge waterstanden op de Grensmaas in de jaren 1036, 1175, 1196, 1348, 1408, 1409, 1463, 1571, 1643, 1740, 1784, 1850 en 1880 (Lit 7).

Voor een aantal hoge waterstanden vanaf 1643 geeft deze auteur de topwaterstanden van de peilschaal te Hocht, d.w.z. bij het huidig limnimetrisch station van Lanaken-Smeermaas (Lit 7).

De eerste drie waterstanden komen uit een in 1885 verschenen werk van ir.Feinze, raad-adviseur van "den Nederlandschen Waterstaat en Spoorwegen".

Voor de periode vanaf 1850 zijn de waterstanden afkomstig van Rijkswaterstaat Nederland, die waterstanden opgaf voor Maastricht en Roermond.

De topwaterstanden te Lanaken-Smeermaas/peilschaal te Hocht zijn (in m TAW):

1643 (Jan)	:	48,21
1740 (Dec)	:	48,04
1799 (Feb)	:	48,10
1850 (Feb*)	:	46,92
1879 (Jul)	:	46,55
1880 (Dec)	:	47,23
1882 (Dec)	:	46,71
1883 (Jan)	:	46,59

* : in een ander artikel -zie hieronder- legt de auteur de hoge waterstand in januari

De gekende debietgegevens voor deze hoge waterstanden zijn slechts schattingen en dus eerder onzeker.

Toch geeft F.Jodogne voor de hoge waterstand van 5 januari 1850 te Lanaken-Smeermaas een topdebiet van 2.690m³/s en voor deze van 22 december 1880 een topdebiet van 2.850m³/s (Lit 7).

2.2. PERIODE VAN DE HOGE WATERSTAND DEC 1925-JAN 1926

In de 20ste eeuw heeft men op de Maas naast de hoge waterstanden van Dec 1993 en Jan-Feb 1995 nog een zeer extreem hoge waterstand gekend in Dec 1925-Jan 1926, waarvoor een debiet voor de Grensmaas van ca. 3.000m³/s wordt opgegeven.

2.2.1. Verloop van de hoge waterstand Dec 1925-Jan 1926

Gedurende de eerste helft van december 1925, en dit duidelijk tot in het midden van de maand, kreeg men af te rekenen met hevige sneeuwval over de gehele Ardennen.

Door de daarop volgende temperatuurverhoging smolt deze sneeuw, wat leidde tot een door het water verzadigde bodem.

Te Borgharen (NI) kwam het debiet op 22 december boven $1.000\text{m}^3/\text{s}$ en werd een eerste topdebiet van $1.250\text{m}^3/\text{s}$ op 23 en 24 december bereikt.

Het water daalde weer iets maar door overvloedige regenval, vooral na 29 december, was het niet te vermijden dat het water weer terug snel steeg om op nieuwjaarsdag de topwaterstand op de Grensmaas te bereiken.

F.Jodogne vermeldt dat men bij deze hoge waterstand ook te maken heeft gekregen met een sterke zuid-westelijke wind met een golfslag van 0,80m (Lit 7).

Te Maastricht was de topwaterstand op 1 januari 1926 46,92m NAP, die gelijkgesteld werd met een topdebiet van $3.000\text{m}^3/\text{s}$; de afvoer over het winterbed werd gesteld op $500\text{m}^3/\text{s}$, m.a.w. 1/6 deel van de totale afvoer (Lit 8).

Te Lanaken-Smeermaas werd op de peilschaal van Hocht een topwaterstand van 47,43m TAW geregistreerd, terwijl dit voor de peilschaal van Maaseik 32,41m TAW was (Lit 7).

Bijlage 7 geeft de waterstanden van de peilschaal van Maaseik voor de periode 29 Dec 1925-07 Jan 1926 (Lit 9).

Naast het menselijk leed is bij deze hoge waterstand van de Maas ook de materiële schade enorm groot geweest.

In de nota's van Desquiens vindt men daarover het een en ander (Lit 9).

Een aantal dijken, waarvan een aantal na de hoge waterstand van 1880 waren hersteld en ook verhoogd tot het peil van de waterlijn van 1880 + 0,70m terwijl andere waren gebouwd na die datum, begaven.

Dijkbreuken worden vermeld in de dijk Neerharen-Uikhoven, in de dijk met muur te Uikhoven, in Vucht en Leut-Meeswijk.

Tussen Stokkem en Kessenich lijken de dijken het beter uitgehouden te hebben, alhoewel men toch een dijkbreuk bij Elen vermeldt.

Maaseik werd gevrijwaard ten koste van veel inspanningen.

De plaatsen Smeermaas en Boorseme evenals Heppeneert werden gedeeltelijk overstroomd. Een aantal andere plaatsen of wijken werden door de hoge waterstand geïsoleerd van de buitenwereld: Kotem, Herbricht, Uikhoven, Geneut, Mazonhoven, Leut, Meeswijk, Stokkem, Negenoord, Booien en Molenveld.

Interessant is eveneens te vermelden dat het Belgisch leger een aantal dagen langs de Grensmaas werd ingezet.

100 infanterie- en 200 geniemilitairen hebben geholpen bij de versteviging van de dijken en de voorlopige dichting, waar mogelijk, van de meest cruciale bressen alsook bij het verlenen van de nodige hulp aan de getroffen bevolking in de geïsoleerde leefgemeenschappen.

2.2.2. Veranderingen in de hydrologische toestand van de Grensmaas

Bij een vergelijking van de hoge waterstanden van Dec 1993 en Jan-Feb 1995 met deze van Dec 1925-Jan 1926 is het nodig te weten dat er tussen 1926 en nu veranderingen zijn opgetreden in de hydrologisch toestand van de Grensmaas.

De eerste en belangrijkste verandering is de **verlaging van de Grensmaasbodem** door de regelmatige baggerwerken, die vooral sedert 1921 werden uitgevoerd als grindwinning, maar ook als riviervverbetering.

Vooral stroomafwaarts Maaseik werd sterk aan grindwinning gedaan.

Tot in 1949 gebeurde die door baggerwerken op de rivier zelf. Daarna werd stilaan begonnen met een grindwinning in de uiterwaarden.

Omstreeks 1956 stopte vrijwel volledig het grindbaggeren in de rivier zelf, waardoor de verlaging van de rivierbodem tot staan kwam.

Rechtstreekse gegevens over de verlaging van de rivierbodem werden niet gevonden. Wel geeft F.Jodogne de gemiddelde waterstanden te Lanaken-Smeermaas (Hocht) en te Maaseik voor een aantal perioden vanaf 1871-1880 tot en met 1951-1960 (Lit 7). Voor de periode 1981-1990 wordt gebruik gemaakt van de gegevens van de dienst Hydrologisch Onderzoek.

In onderstaande tabel staan de gemiddelde waterstanden van de periode mei tot en met oktober voor de verschillende perioden.

Gedurende deze maanden vindt men de laagste waterstanden en zo ziet men met het verloop van deze waterstanden ook het duidelijkst de opgetreden daling van de rivierbodem.

Periode	H Lanaken-Smeermaas (m TAW)	H Maaseik* (m TAW)
1871-1880	42,45	27,82
1881-1910	-	27,80
1911-1920	-	27,49
1921-1930	42,27	27,35
1931-1940	41,99	26,58
1941-1950	41,82	25,57
1951-1960	41,16	24,96
1961-1970	40,53	24,33
1981-1990	-	24,24

* : 1871-1970: H bij brug
1981-1990: H in DIHO-station/320m afw.brug

Men merkt de regelmatige daling van de gemiddelde waterstand op sedert de periode 1921-1930 tot rond 1960.

Bij een vergelijking tussen de gemiddelde waterstanden van de perioden 1921-1930 en 1961-1970 ziet men dat deze waterstand gedurende de laatste periode te Maaseik 3,02m en te Lanaken-Smeermaas 1,74m lager ligt; wel is het zo dat te Lanaken-Smeermaas de daling van de gemiddelde waterstand zich vooral vanaf 1941-1950 is gaan voordoen.

Men kan stellen dat omstreeks 1960 de daling van de waterstand te Maaseik -en dat is ongetwijfeld ook zo voor Lanaken-Smeermaas- gestopt is, wat te verklaren is door het beëindigen rond 1956, zoals hoger vermeld, van het grindbaggeren in de Grensmaas zelf.

Rijkswaterstaat Nederland bezit gegevens over de daling van de waterstand te Borgharen (NI) (Lit 10).

De daling van de waterstand aldaar bij een debiet van 125m³/s blijkt tussen 1943-1944 en 1957-1958 ca. 2.00m te zijn, terwijl deze sterke daling dan rond 1957-1958 tot staan gekomen is.

Een tweede verandering, die echter geen rol speelt bij hoge waterstanden, is het in de jaren dertig **in gebruik nemen van het Albertkanaal tussen Liège en Antwerpen en het Julianakanaal tussen Maastricht en Maasbracht samen met de stuw van Borgharen.**

Beide kanalen nemen regelmatig voedingswater af van de Maas. Bij hoge waterstanden, m.a.w. bij grote debieten, spelen deze voedingsdebieten, die maximum maar enkele tientallen m³/s bedragen, echter geen rol.

2.2.3. Vergelijking van de hoge waterstanden van Dec 1993 en Jan-Feb 1995 met deze van Dec 1925-Jan 1926

Onderstaande tabel geeft de opgetreden topwaterstanden tijdens de drie perioden van hoge waterstanden.

Locatie	Topwaterstanden		
	Dec 25-Jan 26	Dec 93	Jan-Feb 95
Borgharen	46,10m NAP	45,90m NAP	45,71m NAP
Lanaken-			
Smeermaas	47,43m TAW	47,30m TAW	47,12m TAW
Maaseik	32,21m TAW*	31,83m TAW	31,77m TAW

* : H in DIHO-station/320m afw.brug
top-H Dec 25-Jan 25 verlaagd met 0,20m om reden
van verval tussen brug en limnimetrisch station

De topwaterstanden waren in Dec 1993 duidelijk lager dan in Dec 1925-Jan 1926, wat ongetwijfeld te maken heeft met de bovenbeschreven verlaging van de Grensmaasbod. Eveneens normaal is dat deze verlaging het meest uitgesproken is te Maaseik.

Opgemerkt kan wel worden dat men gedurende ca. 234 uren een waterstand geregistreerd heeft, die gelegen was tussen de topwaterstand 32,41m TAW en de waterstand = topwaterstand - 0,80m (31,60m TAW).

Dit is zeer langdurig, vergeleken met de hoge waterstand van Dec 1993 (slechts 107 uren) en met deze van Jan-Feb 1995 (slechts 151 uren).

Voor de zeer trage daling van de waterstand na de topwaterstand valt hierbij op. Tussen 2 en 7 januari daalt de waterstand met slechts ca. 0,80m; dit is een gemiddelde daling van slechts ca. 0,60cm/uur.

Verder in § 2.3. zal men opmerken dat men voor de hoge waterstanden vanaf 1980 vluggere dalingen van de waterstand vindt.

Het is mogelijk dat een van de oorzaken van dit verschil ligt in de grindwinning en de riviervverbetering stroomafwaarts Maaseik tussen 1926 en nu, waardoor men nu een betere afvoer van het water krijgt.

Wat de debieten betreft, kan algemeen gesteld worden dat de topdebieten van de hoge waterstanden van Dec 1993 en Dec 1925-Jan 1926 ongeveer gelijk moeten geweest zijn.

Rijkswaterstaat Nederland stelt de topwaterstand te Maastricht gelijk met een topdebiet van 3.000m³/s (Lit 8), terwijl ook F.Jodogne dit topdebiet aanneemt (Lit 7).

Dit neemt echter niet weg dat nergens een document kan gevonden worden, waarin het werkelijk doormeten van de debieten gedurende de hoge waterstand van Dec 1925-Jan 1926 wordt vermeld.

Ook is het een feit dat Rijkswaterstaat Nederland in 1994 een nieuwe H-Q kromme voor Borgharen (NI) voor de periode 1911-1932 heeft geconstrueerd, wat er op wijst dat er wel degelijk twijfel bestaat over de juiste waarde van het topdebiet van de hoge waterstand van Dec 1925-Jan 1926.

Tenslotte mag men niet vergeten dat in 1926 debietsmetingen nog uitgevoerd werden met stokdrijvers. Dit moet duidelijk debieten gegeven hebben met een kleinere nauwkeurigheid dan met de huidige methode van debietsbepaling met snelheidsmolens op zes diepten van een reeks verticalen in een bepaalde meetraai.

2.3. PERIODE VAN DE 20ste EEUW

Voor de eerste tien jaren van deze eeuw wordt er door F.Jodogne enkel een hoge waterstand vermeld op 28 januari 1910 met een debiet van 2.496m³/s (Lit 7).

Voor de periode vanaf begin 1911 beschikt Rijkswaterstaat Nederland over een toppenlijst van de debieten (Lit 10).

In onderstaande tabel worden voor de periode 1911-1995 het aantal topdebieten voor Borgharen (NI), gelijk of hoger dan 1.750m³/s en dit per stap van 250m³/s, naast elkaar gezet.

Tot en met 1950 is de 8h00-top genomen, terwijl vanaf 1951 dit de top zelf is.

Vak (m ³ /s)	Aantal toppen
1.500-1.749	21
1.750-1.999	13
2.000-2.249	5
2.250-2.449	1
2.500-2.749	1
2.750-2.999	1
3.000 en hoger	2

totaal:	44

In november vindt men 6 topdebieten; in december, januari en februari noteert men er respectievelijk 11, 15 en 8, terwijl men er in maart en april nog 2 en 1 telt. Slechts 1 topdebiet vindt men in de zomer, nl. in juli 1980.

De 21 topdebieten tussen 1.500 en 1.745m³/s te Borgharen registreerde men op:

10 Jan 1914:	1.587m ³ /s	13 Jan 1952:	1.700m ³ /s
27 Dec 1915:	1.532m ³ /s	06 Dec 1960:	1.610m ³ /s
20 Feb 1916:	1.510m ³ /s	14 Feb 1962:	1.705m ³ /s
01 Jan 1917:	1.570m ³ /s	21 Nov 1963:	1.670m ³ /s
17 Jan 1918:	1.700m ³ /s	04 Jan 1966:	1.697m ³ /s
25 Dec 1919:	1.532m ³ /s	25 Dec 1967:	1.586m ³ /s
24 Nov 1930:	1.570m ³ /s	24 Nov 1984:	1.635m ³ /s
15 Jan 1938:	1.525m ³ /s	03 Jan 1987:	1.575m ³ /s
06 Feb 1946:	1.700m ³ /s	23 Dec 1991:	1.660m ³ /s
16 Jan 1948:	1.540m ³ /s	07 Jan 1994:	1.640m ³ /s
21 Jan 1951:	1.572m ³ /s		

De 13 topdebieten tussen 1.750 en 1.999m³/s in Borgharen waren:

13 Dec 1915:	1.840m ³ /s	11 Dec 1965:	1.885m ³ /s
04 Nov 1924:	1.892m ³ /s	21 Dec 1965:	1.892m ³ /s
26 Nov 1944:	1.840m ³ /s	11 Dec 1966:	1.964m ³ /s
13 Feb 1945:	1.945m ³ /s	01 Apr 1986:	1.760m ³ /s
22 Dec 1952:	1.900m ³ /s	17 Mar 1988:	1.919m ³ /s
05 Mar 1956:	1.830m ³ /s	05 Jan 1991:	1.775m ³ /s
27 Feb 1958:	1.975m ³ /s		

De 5 topdebieten tussen 2.000 en 2.249m³/s kwamen te Borgharen voor op:

15 Jan 1920:	2.086m ³ /s	23 Feb 1970:	2.165m ³ /s
29 Nov 1939:	2.060m ³ /s	22 Jul 1980:	2.200m ³ /s
01 Feb 1961:	2.125m ³ /s		

De 5 topdebieten groter dan 2.250m³/s te Borgharen waren:

13 Jan 1993:	2.388m ³ /s
08 Feb 1984:	2.550m ³ /s
31 Jan 1995:	2.870m³/s
01 Jan 1926:	3.000m ³ /s
22 Dec 1993:	3.120m³/s

Door de dienst Hydrologisch Onderzoek werden voor alle perioden van hoge waterstanden vanaf 1980 tot nu met een topdebiet te Maaseik groter dan $1.750\text{m}^3/\text{s}$, volgende topwaterstanden en overeenkomende topdebieten geregistreerd op de Grensmaas:

Datum	H Lanaken-Smeermaas (m TAW)	H Maaseik (m TAW)	Q Maaseik (m^3/s)
22 Dec 1993	47,30	31,83	2.811
31 Jan 1995	47,12	31,77	2.736
08 Feb 1984	-	31,27	2.187
13 Jan 1993	46,74	31,05	2.143
		(14 Jan)	
22 Jul 1980	-	30,82	1.970
05 Jan 1991	46,23	30,21	1.715
		(06 Jan)	
17 Mar 1988	46,30	30,47	1.825
01 Apr 1986	-	29,76	1.535

Hierna volgt een summiere beschrijving van het verloop van de hierboven vermelde hoge waterstanden tussen 1980 en 1991.

De debietgegevens van de Maas aan de Belgisch-Franse grens te Chooz (F) en van de Ourthe te Angleur (inbegrepen het debiet van de Vesder) werden medegedeeld door de "Service d'Etudes hydrologiques" (SETHY) van het Waalse "ministère de l'Équipement et des Transports".

De debieten van de Maas te Chooz zijn voor de hoge waterstand van Dec 1991 en later gemiddelde uurlijkse waarden; voor de vroegere hoge waterstanden zijn het gemiddelde etmaalwaarden. De debieten van de Ourthe te Angleur zijn steeds gemiddelde uurlijkse waarden (Lit 4).

■ Hoge waterstand van februari 1984

Nadat het gemiddelde maanddebiet van de natte maand januari 1984 te Maaseik reeds $662\text{m}^3/\text{s}$ bedraagt waarbij een topdebiet van $1.286\text{m}^3/\text{s}$ wordt geregistreerd op 18 januari, stijgt het debiet op 1 februari boven $1.000\text{m}^3/\text{s}$ en op 4 februari boven $1.250\text{m}^3/\text{s}$, waarna ongeveer 2 etmalen dit hoog debiet op de Grensmaas aanhoudt.

De bodem in het Maasbekken is ongetwijfeld behoorlijk verzadigd, waardoor het mogelijk is dat alle neerslag direct naar de Maas en haar bijrivieren zal afstromen.

In de nacht van 6 op 7 februari begint uiteindelijk de waterstand snel te stijgen naar de topwaterstand in de nacht van 8 op 9 februari.

Te Maaseik blijft de waterstand ca. 5 uren op zijn maximum peil 31,27m TAW staan.

Nadat 24 uren na het begin van de top de waterstand te Maaseik reeds 15cm gedaald is, heeft men tussen 9 en 14 februari een verdere daling van de waterstand met gemiddeld 2,5cm/uur.

Het topdebiet van $1.199\text{m}^3/\text{s}$ op de Maas aan de Belgisch-Franse grens te Chooz (F) doet zich na de topwaterstanden op de Grensmaas voor op 10 februari, terwijl het topdebiet op de Ourthe te Angleur ($818\text{m}^3/\text{s}$) op 7 februari wordt geregistreerd.

Bijlage 8 geeft het verloop van de waterstand en het debiet te Maaseik.

■ Hoge waterstand van januari 1993

Op 4 januari is het gemiddeld etmaaldebiet te Maaseik slechts $151\text{m}^3/\text{s}$ en stijgt dan lichtjes tot $346\text{m}^3/\text{s}$ op 10 januari.

Tussen 10 en 13 januari stijgt de waterstand dan zeer snel; te Lanaken-Smeermaas is dit met 5,42m in 62 uren of met gemiddeld 8,7cm/uur en te Maaseik met 5,75m in 75 uren of met gemiddeld 7,7cm/uur. Op 13-14 januari worden de topwaterstanden bereikt.

Te Maaseik blijft de waterstand een 8-tal uren rond zijn maximum peil 31,05m TAW staan.

Nadat 24 uren na het begin van de top de waterstand te Maaseik reeds 41cm gedaald is, gaat tussen 14 en 20 januari de daling van de waterstand verder met gemiddeld 2,9cm/uur.

Te Chooz (F) bedraagt het topdebiet van de Maas op 13 januari $1.146\text{m}^3/\text{s}$, terwijl te Angleur het debiet van de Ourthe op 12 januari met $528\text{m}^3/\text{s}$ zijn topwaarde bereikt.

Op bijlage 9a en 9b vindt men respectievelijk het verloop van de waterstand te Lanaken-Smeermaas en het verloop van de waterstand en het debiet te Maaseik.

■ Hoge waterstand van juli 1980

Deze hoge waterstand, die zich op 22 juli op de Grensmaas voordoet, is in feite reeds enigszins bij het begin van de maand begonnen wanneer, na een piek van $659\text{m}^3/\text{s}$ te Maaseik op 3 juli, het water daalt naar ca. $360\text{m}^3/\text{s}$ in de periode 7-9 juli maar dan weer stijgt naar een tweede piek van $935\text{m}^3/\text{s}$. De waterstand daalt dan weer, maar van 14 tot en met 19 juli blijft het debiet met 500 à $600\text{m}^3/\text{s}$ toch wel hoog voor een julimaand.

Er kan gesteld worden dat de bodem in het Maasbekken behoorlijk met water verzadigd is door de aanhoudende regen.

Op die 19 juli zet zich dan een sterke was in, die te Maaseik 4,54m in 72 uren bedraagt of gemiddeld 6,3cm/uur en die oploopt naar de topwaterstand op 22 juli.

Te Maaseik blijft de topwaterstand 30,82m TAW slechts ongeveer 2 uren gehandhaafd. 24 uren na het begin van de top is de waterstand te Maaseik reeds terug 1,18m gedaald, terwijl er voor de periode 22-24 juli een uiterst vlugge daling van de waterstand met gemiddeld 5,4cm/uur geregistreerd wordt. Hierdoor daalt het debiet met ca. $1.000\text{m}^3/\text{s}$ in 2 etmalen.

Het topdebiet op de Maas te Chooz (F) bedraagt op 21 juli $595\text{m}^3/\text{s}$. Het topdebiet, dat op de Ourthe te Angleur wordt geregistreerd, bedraagt op 21 juli $758\text{m}^3/\text{s}$.

Bijlage 10 geeft het verloop van de waterstand en het debiet te Maaseik.

■ Hoge waterstand van januari 1991

De periode van hoge waterstand begint rond 20-21 december 1990 met een gemiddeld debiet gedurende die twee dagen te Maaseik van ca. $190\text{m}^3/\text{s}$. Tot 31 december 1990 loopt dit debiet langzaam op en blijft dan een drietal etmalen schommelen rond $1.000\text{m}^3/\text{s}$.

De bodem van het Maasbekken is ongetwijfeld weer verzadigd geraakt.

In de nacht van 2 op 3 januari 1991 begint dan de laatste waterstandstijging op de Grensmaas. Te Lanaken-Smeermaas stijgt het water nog 2,02m in 60 uren (d.w.z. gemidd. 3,4cm/uur) en te Maaseik nog 2,20m in 88 uren (d.w.z. gemidd. 2,5cm/uur).

Op 5-6 januari worden dan de topwaterstanden bereikt.

De waterstand te Maaseik blijft ongeveer 4 uren op zijn maximum peil 30,21m TAW staan.

Nadat 24 uren na het begin van de top de waterstand te Maaseik reeds 18cm gedaald is, komt er tussen 6 en 10 januari een eerste daling met gemiddeld 1,6cm/uur, waarna er opnieuw een waterstandstijging volgt tot 12 januari.

Het topdebiet van de Maas aan de Belgisch-Franse grens te Chooz (F) komt voor op 6 januari en bedraagt $1.170\text{m}^3/\text{s}$, terwijl het topdebiet van de Ourthe te Angleur met een waarde van ca. $400\text{m}^3/\text{s}$ zich reeds op 4 januari voordoet.

Op bijlagen 11a en 11b zijn respectievelijk het verloop van de waterstand te Lanaken-Smeermaas en het verloop van de waterstand en het debiet te Maaseik voorgesteld.

■ Hoge waterstand van maart 1988

Reeds gedurende de eerste helft van de maand februari kent de Grensmaas een hoog debiet met een gemiddelde waarde te Maaseik van ca. $1.100\text{m}^3/\text{s}$. Dit debiet daalt dan weer rond eind februari, begin maart naar ca. $460\text{m}^3/\text{s}$.

Even komt er nog een piek van ca. $1.000\text{m}^3/\text{s}$ op 8 maart en dan daalt het debiet weer tot ca. $615\text{m}^3/\text{s}$ op 11 maart.

Deze hoge debieten wijzen ongetwijfeld weer op een door het water goed verzadigde bodem in het Maasbekken.

Dan begint een laatste waterstandstijging gedurende ongeveer 6 etmalen; de eerste 3 etmalen is deze stijging veel sterker dan de laatste 3.

De totale waterstandstijging over de 6 etmalen is te Lanaken-Smeermaas 3,51m en te Maaseik 3,75m.

Zo worden de topwaterstanden uiteindelijk op 17 maart bereikt.

Te Maaseik blijft de topwaterstand ongeveer 3 uren op zijn maximum peil 30,47m TAW staan.

Nadat 24 uren na het begin van de top de waterstand te Maaseik reeds 67cm lager staat, is er tot 20 maart een verdere daling met gemiddeld 3,2cm/uur.

Het topdebiet van de Maas te Chooz (F) bedraagt op 17 maart $600\text{m}^3/\text{s}$, terwijl dit van de Ourthe te Angleur op 16 maart $680\text{m}^3/\text{s}$ is.

Opmerkelijk is dat het topdebiet van de Maas aan de Belgisch-Franse grens nu beduidend lager is dan het topdebiet van ca. $750\text{m}^3/\text{s}$ midden februari.

Op bijlage 12a is het verloop getekend van de waterstand te Lanaken-Smeermaas, terwijl men op bijlage 12b het verloop van de waterstand en het debiet te Maaseik vindt.

■ Hoge waterstand van maart-april 1986

Nadat te Maaseik tussen 26 en 30 maart het debiet tussen ca. 625 en 800m³/s ligt, is op 31 maart de waterstand gedurende ongeveer 40 uren verder gaan stijgen van 27,56m TAW naar de topwaterstand op 1 april van 29,76m TAW.

Deze topwaterstand blijft gedurende ongeveer 3 uren aanhouden.

24 uren na het begin van de top staat de waterstand te Maaseik reeds terug 59cm lager. Tot 6 april is er dan een verdere daling met gemiddeld 2,2cm/uur.

De topdebieten van de Maas te Chooz (F) en van de Ourthe te Angleur doen zich eveneens voor op 1 april en bedragen respectievelijk 760m³/s en 448m³/s.

Bijlage 13 geeft het verloop van de waterstand en het debiet te Maaseik.

Naast een vergelijking van de perioden van hoge waterstanden via de topwaterstanden/topdebieten zoals men in dit verslag hoger heeft gedaan, is ook een **vergelijking via de grootte van de afgevoerde watervolumes** mogelijk.

In onderstaande tabel vindt men deze vergelijking voor alle hoge waterstanden vanaf 1980 tot nu met een topdebiet te Maaseik groter dan 1.750m³/s.

Hierbij wordt het watervolume genomen, dat afgevoerd werd gedurende de tijd dat het debiet $\geq 1.200\text{m}^3/\text{s}$ was.

Hoge waterstand	Rangorde voor topwaterst.	Duur $Q \geq 1200$ m ³ /s (uren)	Watervolume (m ³)	Rangorde voor volume
Dec 93	1	236	1.698.353.532	2
Jan-Feb 95	2	326	2.404.730.052	1
Feb 84	3	214	1.252.255.802	3
Jan 93	4	101	635.408.435	6
Jul 80	5	73	435.780.569	7
Jan 91	6	144	790.159.154	5
Mar 88	7	149	845.609.328	4
Mar-Apr 86	8	60	303.756.026	8

Men merkt op dat met de grootte van de afgevoerde watervolumes als vergelijkingsbasis, de hoge waterstand van Jan-Feb 1995 nu de eerste plaats inneemt vóór de hoge waterstand van Dec 93.

Ook valt op dat het afgevoerde watervolume bij de hoge waterstand van Jan-Feb 1995 42% groter is dan dit bij de hoge waterstand van Dec 93 niettegenstaande het eerder kleine verschil in topwaterstand.

De hoge waterstand van Feb 84 blijft zijn derde plaats behouden, maar de hoge waterstanden van Jan 91 en Mar 88 schuiven met respectievelijk een vijfde en een vierde plaats duidelijk naar voor op.

2.4. DE HERHALINGSFREQUENTIE VAN DE TOPDEBIETEN VAN DE HOGE WATERSTANDEN VAN DEC 1993 EN JAN-FEB 1995

Door Rijkswaterstaat Nederland werd de herhalingsfrequentie van de twee hoge waterstanden voor Borgharen-dorp (NI) statistisch berekend met de topdebieten van de periode 1911 tot heden, aangepast aan de situatie van de Maas anno 1994.

Een herhalingsfrequentie wordt bepaald om de kans in te schatten, waarmee elk jaar dergelijke of hogere topdebieten zich kunnen voordoen.

Een herhalingsfrequentie van bv. 1/100 betekent dat zich ieder jaar weer een hoge waterstand met minimaal het voor die frequentie berekend topdebiet kan voordoen met een kans van 1 op 100.

Zeer vaak zegt men ook dat een herhalingsfrequentie het aantal jaren aangeeft, dat gemiddeld tussen dergelijke debieten verstrijkt.

Zulke formulering is gebrekkig daar zij niet aangeeft dat er zich ook twee jaren achter-een hoge topdebieten kunnen voordoen, zoals bv. het geval was in december 1993 en januari 1995.

Voor de bepaling van de herhalingsfrequenties wordt gebruik gemaakt van een frequentie-analyse van de topdebieten (Lit 8).

Hierbij worden zowel de jaarmaxima als de pieken gebruikt.

De jaarmaxima zijn de hoogste opgetreden debieten in een hydrologisch jaar.

De pieken worden bepaald uit de reeks debieten op basis van een ondergrens en zichtduur; de ondergrens is zodanig gekozen dat het aantal pieken gelijk is aan het aantal jaren van waarneming, terwijl de zichtduur 8 dagen is.

Voor de herhalingstijden groter dan 25 jaren maakt men een middeling van de uitkomsten van de frequentie-analyses met de 3-parameter log-normale-, Pearson III- en Gumbel-verdelingen op de jaarmaxima en met de exponentiële verdeling op de pieken.

Er dient opgemerkt te worden dat de hoge topdebieten van Dec 1993 en Jan 1995 een verregaande invloed hebben gehad op de berekende herhalingstijden.

Wanneer men de topdebieten van deze twee hoge waterstanden niet in rekening brengt, krijgt men voor de topdebieten te Borgharen-dorp (NI) in Dec 1993 en Jan 1995 herhalingsfrequenties van respectievelijk ca. 1/210 en ca. 1/100.

Met de topdebieten van de twee hoge waterstanden Dec 1993 en Jan-Feb 1995 mee in rekening gebracht, m.a.w. op dit ogenblik, zijn de herhalingsfrequenties toegenomen als volgt:

topdebiet 22 Dec 1993 (3.120m ³ /s):	ca. 1/125
topdebiet 31 Jan 1995 (2.870m ³ /s):	ca. 1/65.

Uit de bovenvermelde toename van de herhalingsfrequenties blijkt dat deze frequenties duidelijk afhangen van de beschouwde periode en dus geen absoluut vaststaande getallen zijn.

2.5. HET OPTREDEN VAN HOGE WATERSTANDEN OP DE GRENSMAAS

2.5.1. Enkele algemene beschouwingen

Op de Maas doen de hoge waterstanden zich doorgaans uitsluitend in de winter voor. Het is juist in de wintermaanden dat men door de afwezigheid van verdamping vlugger een door het water verzadigde bodem krijgt. Hierdoor stroomt na een min of meer lange periode met neerslag alle verdere regen, eventueel samen met het sneeuws meltwater, direct af naar de Maas en haar bijrivieren en krijgt men zo uiterst snel extreem hoge waterstanden en debieten.

De hoge waterstanden doen zich op de Grensmaas ook slechts voor bij een algemene neerslag over vrijwel het gehele stroomgebied van de Maas. Bij deze algemene neerslag dient men dan nog het eventueel sneeuws meltwater te voegen. Lokale, zelfs extreme neerslag leidt nooit tot een hoge waterstand op de Grensmaas.

Zeer algemeen kan gesteld worden dat extreem hoge waterstanden op de Grensmaas slechts mogelijk zijn met een combinatie, met daarbij dan nog de nodige synchronisatie, van zowel een hoge afvoer op de Maas aan de Belgisch-Franse grens -in hoge mate het gevolg van een hoge afvoer op de Semois- als op de Ourthe en zijn bijrivieren.

2.5.2. Twee extreem hoge waterstanden binnen een periode van slechts een goed jaar: Heeft men te doen met zuiver toeval of is er een trendverandering bezig?

Uit het zo brutaal buiten haar zomerbed treden van de Maas binnen een periode van slechts een goed jaar volgt automatisch de vraag: Is dit nu een puur toeval of zijn er toch redenen, die wijzen op een trend naar een iets meer frequent voorkomen van hoge waterstanden?

Statistisch gesproken zijn twee hoge waterstanden van de omvang van deze van Dec 1993 en Jan-Feb 1995 vlak na elkaar niet uitgesloten.

Ook twee extreem warme zomers kunnen na elkaar voorkomen, maar daarover wordt veel minder gesproken omdat men dergelijke zomers nu bijna normaal gaat vinden.

De hoofdoorzaak bij de beide hoge waterstanden is vanzelfsprekend de uitzonderlijk hoge neerslag.

Niet alleen voor de dienst Hydrologisch Onderzoek, maar ook voor de medewerkers van het KMI (Lit 11) en voor Rijkswaterstaat / directie Limburg (NI) (Lit 6) is het echter niet evident dat twee achtereenvolgende winters met een uiterst hoge neerslag zo bijzonder zijn opdat er absoluut een speciale verklaring moet voor gezocht worden.

Er is op dit ogenblik nog geen enkel wetenschappelijk bewijs om met zekerheid te kunnen zeggen dat de twee laatste zeer natte winters werkelijk met bv. het broeikaseffect te maken hebben, waardoor men kan spreken van een klimatologische trendverandering.

Niets zegt dat de komende winters weer niet veel droger worden.

Duidelijk kan hier gesteld worden dat het op dit ogenblik nog niet mogelijk is om reeds te spreken van een klimatologische trendverandering.

Mogelijk betreft het enkel maar een natuurlijke schommeling van het klimaat, zoals er zich nog hebben voorgedaan.

Dit alles neemt natuurlijk niet weg dat een aantal onderzoeken in de toekomst -het kan echter misschien nog wel een decennium duren- zouden kunnen aantonen dat er zich toch bepaalde trends in het voorkomen van perioden van hevige neerslag aftekenen tegen een achtergrond van veranderende klimatologische randvoorwaarden.

2.5.3. Kan de verstedelijking een oorzaak zijn van een versnelde afvoer met hogere waterstanden?

Zoals reeds een tweetal onderzoeken hebben uitgewezen (Lit 8), speelt het effect van de verstedelijking, m.a.w. de urbanisatie, vrijwel geen rol bij extreem hoge waterstanden zoals die van Dec 1993 en Jan-Feb 1995.

Het is duidelijk dat men bij extreem hoge waterstanden steeds een bodem heeft, die door de neerslag en eventueel ook door smeltende sneeuw volledig verzadigd is.

Dit brengt mee dat alle verdere neerslag dan direct afstroomt naar de rivieren, wat betekent dat men op dat ogenblik dan een grondoppervlak krijgt met een vrijwel zelfde effect als bij een uiterst sterke graad van urbanisatie via uitgebreide verharde oppervlakken, m.a.w. de graad van urbanisatie speelt op dat ogenblik gewoon geen rol meer.

Wel dient opgemerkt te worden dat voor de hoge waterstanden, die vaker voorkomen, het effect van de verstedelijking of urbanisatie wel een zekere rol speelt.

HOOFDSTUK 3

DE HYDROMETEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN BIJ DE HOGE WATERSTANDEN VAN DEC 1925-JAN 1926, DEC 1993 EN JAN-FEB 1995

3.1. ALGEMEENHEDEN

Op de Maas, die een typische regenrivier is, kan de neerslag als de voornaamste oorzaak voor de hoge waterstanden genoemd worden.

Het lijkt dan ook aangewezen in dit verslag eveneens een aantal belangrijke en tevens interessante gegevens samen te brengen over de hydrometeorologische omstandigheden, die aan de oorsprong liggen van de hoge waterstanden van Dec 1925-Jan 1926, Dec 1993 en Jan-Feb 1995.

Deze gegevens zijn geput uit enerzijds de Maandberichten-Klimatologische waarnemingen van het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI) (Lit 1 en 5) en anderzijds drie documenten, die opgesteld werden door medewerkers van dit KMI (Lit 11).

Zeer algemeen kan hier reeds vermeld worden dat onderzoeken hebben aangetoond dat de hydrometeorologische oorzaken voor de drie hoge waterstanden verschillend zijn.

Bij de hoge waterstand van Dec 1925-Jan 1926 ligt de oorzaak duidelijk niet alleen bij de hevige regenval gedurende de laatste helft van december 1925, maar ook bij het smelten in die periode van de sneeuw, die gedurende de eerste helft van december tot in het midden van de maand over het Maasbekken was gevallen.

De hoge waterstand van Dec 1993 is voornamelijk veroorzaakt door aanhoudende regen gedurende de periode van 15 dagen juist vóór 22 december 1993.

Einde januari 1995 heeft men dan een hoge waterstand gekend door zeer hevige regenval gedurende een periode van 10 dagen juist vóór 31 januari 1995.

3.2. DE HYDROMETEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN BIJ DE HOGE WATER- STAND VAN DEC 1993, GERELATEERD AAN DEZE VAN DE HOGE WATER- STAND VAN DEC 1925-JAN 1926

Een vergelijking van de neerslag bij deze twee hoge waterstanden lijkt aangewezen om reden van de vrijwel gelijke extreem hoge Maasafvoer voor beide perioden.

Een gedetailleerde beschrijving van de neerslag voor de periode van hoge waterstand van Dec 1993 is gegeven in § 1.1.

Voor een nog beter idee van het uitzonderlijk karakter van de neerslag van deze periode zijn in onderstaande tabel de gemiddelde gebiedsneerslagsommen voor de maand december 1993 van de verschillende Belgische provincies van het Maasbekken gegeven.

Provincie	Gemiddelde gebiedsneerslagsom Dec 1993 (mm)	% t.o.v. normale
Namen en O-deel Henegouwen	220,9	+ 301
Luik	255,8	+ 277
Luxemburg	373,5	+ 334

Te Ukkel werd als neerslagsom voor december 1993 170,1mm geregistreerd, terwijl de normale maandneerslagsom slechts 69,2mm bedraagt.

Dit is de hoogste neerslagsom voor een decembermaand sedert het begin van de waarnemingen in 1833 te Ukkel.

Ook voor de volledige duur van de meteorologische winter (maanden december, januari en februari) vindt men een uitzonderlijke neerslag.

Voor een groot aantal deelbekkens van het Maasbekken ziet men dat in de winter 1993/1994 de gemiddelde neerslagsom vanaf een 4-daagse periode de hoogste neerslagsom van de referentieperiode 1951-1993/1994 is.

De neerslag bij de hoge waterstand van Dec 93 is dus duidelijk zeer uitzonderlijk.

Voor een goede vergelijking tussen de neerslag van de perioden van hoge waterstand van Dec 1925-Jan 1926 en Dec 1993 is het nodig vooral het uitzonderlijk karakter van de regen in de dagen juist vóór 22 december 1993 en 1 januari 1926 te bestuderen.

Deze vergelijking toont aan dat de neerslag, die gevallen is gedurende de enkele dagen vóór de topafvoer op de Maas belangrijk, maar niet uitzonderlijk is.

Wanneer men echter de regen over een langere periode neemt, dan is zijn karakter voor het Maasbekken wel uitzonderlijk.

Een analyse van de neerslag over de 15-daagse periode van 8 t.e.m. 22 Dec 1993 met als referentieperiode 1951-1993/1994 toont aan dat de zone, waarin een neerslagsom met een herhalingsfrequentie van 1/200 werd geregistreerd, een groot gedeelte van België bedekt ten zuiden van de Sambervallei en de lijn Namur-Stavelot/Malmédy tot in de omgeving van Arlon in het uiterste zuiden van het land.

Wanneer men de regen van het volledige Belgische Maasbekken ten zuiden van de lijn Mons-Namur-Liège bekijkt, dan geeft dat ganse gebied, met uitzondering van een klein gebied ten Z van Arlon, een herhalingsfrequentie van 1/30 en meer.

Dit betekent dat de kans op een neerslag, zoals in december 1993 in het Belgische Maasbekken, elk jaar slechts 1 op 30 tot 1 op 200 is, wat dus zeer uitzonderlijk is.

Bij de hoge waterstand van Dec 1925-Jan 1926 dient men, zoals reeds hoger vermeld, niet alleen rekening te houden met de regen in de weken vóór nieuwjaarsdag 1926, maar eveneens met het smelten in die periode van de sneeuw, die in de eerste helft van december 1925, en dit tot in het midden van de maand, gevallen was.

Wanneer men de totale aanbreng aan water van de laatste helft van december 1925, die voortkomt van én de gevallen neerslag én de smeltende sneeuw, in rekening brengt, kan men ook bij deze hoge waterstand voor het gehele Belgisch Maasbekken spreken van een (fictieve) neerslag met een herhalingsfrequentie van ongeveer 1/30.

Een studie van de deelbekkens van de oostelijke Ourthe te Houffalize en van de Semois te Membre toont wel aan dat de aanbreng aan water in de 15-daagse periode van 17 Dec 1925 t.e.m. 1 Jan 1926 ca. 20% lager ligt dan in de 15-daagse periode van 8 t.e.m. 22 Dec 1993.

Tegelijkertijd merkt men ook op dat de topdebieten van de Ourthe te Angleur en van de Semois te Membre in 1925-1926 iets lager liggen dan in Jan 1993.

Uit dit alles zou men zeer voorzichtig kunnen besluiten dat de hoge waterstand van Dec 1993 dan toch misschien "de hoge waterstand van de eeuw" zou kunnen zijn, tenminste als er tussen nu en het einde van het jaar 2000 niet nog een hogere waterstand op de Maas voorkomt.

3.3. DE HYDROMETEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN BIJ DE HOGE WATERSTAND VAN JAN-FEB 1995

Een gedetailleerde beschrijving van de neerslag is gegeven in § 1.2.

Om een nog vollediger beeld van de zware regenval te krijgen zijn in onderstaande tabel de gemiddelde gebiedsneerslagsommen voor de maand januari 1995 van de verschillende provincies van het Maasbekken bij elkaar geplaatst.

Provincie	Gemiddelde gebiedsneerslagsom Jan 1995 (mm)	% t.o.v. normale
Namen en O-deel Henegouwen	191,8	+ 278
Luik	220,8	+ 244
Luxemburg	323,2	+ 302

Wanneer men de neerslag per streek bekijkt, dan zijn alle streekgemiddelden ook hoger dan de normale.

Zij variëren van + 188% in de streek van Herve tot + 361% t.o.v. de normale in Belgisch Lotharingen. Alle tevelen zijn zeer uitzonderlijk behalve dit van de streek van Herve, dat als zeer abnormaal wordt bestempeld.

Te Ukkel werd als neerslagsom voor de maand januari 1995 143,6mm genoteerd. Zoals december 1993 de hoogste neerslagsom voor een decembermaand voor Ukkel heeft, krijgt januari 1995 met bovenvermeld neerslagtotaal de record-neerslagsom sedert 1833 voor een januarimaand.

Ook de neerslagsom te Ukkel over de volledige meteorologische winter verpulvert met meer dan 50mm het oude record van de winter 1910/1911.

Voor de drie wintermaanden samen werd een neerslagtotaal van 365,9mm genoteerd tegen 311,5mm in 1910/1911.

Het ganse Maasbekken ten Z van de lijn Charleroi-Namur-Liège krijgt in de 10-daagse periode van 20 t.e.m. 29 januari 1995 een neerslagsom, die weer hoger is dan de neerslagsom met een herhalingsfrequentie van 1/20. Wel is de oppervlakte van het gebied lichtjes minder uitgebreid dan bij de hoge waterstand van december 1993.

Ook is, zeer algemeen gezien, het neerslagtotaal over de 15-daagse periode vóór de topwaterstand kleiner dan dit totaal in december 1993.

Wat bij deze hoge waterstand eveneens opvalt is de overvloedige regen in het noordoosten van Frankrijk, die vergezeld ging met het smelten van de sneeuw, die over het plateau van Langres was gevallen.

HOOFDSTUK 4

DE H-Q RELATIES VAN DE HYDROMETRISCHE STATIONS MAASEIK EN LANAKEN-SMEERMAAS EN HET VERBAND TUSSEN DE TOPWATERSTANDEN OP DE GRENSMAAS

4.1. DE H-Q KROMME VAN HET HYDROMETRISCH STATION MAASEIK

Vanaf begin 1994 wordt een nieuwe H-Q kromme of debietkromme gebruikt.

Deze kromme is volledig gelijk aan de vroegere H-Q kromme uitgezonderd het gedeelte tussen de waterstanden 29,50m en 31,00m TAW, waarin een zeer lichte verhoging van de debieten (van 0 tot 34m³/s) diende doorgevoerd te worden.

Interessant is hier te vermelden dat de huidige H-Q kromme samengesteld is bij middel van 100 debietsmetingen, gespreid over de volledige hoogte van de mogelijke waterstanden. Hierbij zijn 9 debieten hoger dan 2.000m³/s doorgemeten; 2 hiervan liggen tussen 2.700 en 2.800m³/s.

Alle debietsmetingen gebeuren onder de brug van Maaseik. Steeds wordt een reeks verticalen doorgemeten en telkens worden dan in iedere verticaal de snelheden aan de oppervlakte, op 2/10, 4/10, 6/10 en 8/10 van de waterdiepte alsmede tegen de bodem gemeten. Bij de hoogste debieten worden ca. 30 verticalen doorgemeten.

Als bijkomende controle voor de debietsmetingen werden in het kader van een gemeenschappelijk onderzoek van Rijkswaterstaat / directie Limburg (NI) en de dienst Hydrologisch Onderzoek op 16 en 24 januari 1995 gelijktijdig debietsmetingen uitgevoerd te Maaseik.

Terwijl door de dienst Hydrologisch Onderzoek (DIHO) deze metingen werden uitgevoerd onder de brug van Maaseik, zijn door Rijkswaterstaat (RWS/Limb.) de debieten bepaald via metingen vanop een meetvaartuig in een raai stroomafwaarts de brug.

Een opmerkelijke gelijkheid van de debieten werd bij deze metingen gevonden:

16 Jan 95 :	debiet RWS/Limb.	: 667m ³ /s
	debiet DIHO	: 663m ³ /s
24 Jan 95 :	debiet RWS/Limb.	: 1.925m ³ /s
	debiet DIHO	: 1.911m ³ /s.

Bijlage 14 geeft de H-Q kromme, die vanaf begin 1994 in gebruik is, alsook de waarentabel ervan.

4.2. DE H-Q RELATIE VAN HET HYDROMETRISCH STATION LANAKEN-SMEERMAAS

Voor het hydrometrisch station Lanaken-Smeermaas bestaat eveneens een H-Q relatie.

Bij deze relatie is H de waterstand van Lanaken-Smeermaas terwijl Q het overeenkomend debiet is, dat door Rijkswaterstaat Nederland / directie Limburg (NI) wordt bepaald voor het hydrometrisch station Borgharen-dorp (NI).

Dit station ligt op de rechteroever van de Maas 2,35km stroomopwaarts Lanaken-Smeermaas.

Op bijlage 15 vindt men de H-Q waardentabel met de waterstanden te Lanaken-Smeermaas gerelateerd aan de overeenkomende debieten van Borgharen-dorp.

4.3. HET VERBAND TUSSEN DE TOPWATERSTANDEN OP DE GRENSMAAS

Voor alle hoge waterstanden, die zich vanaf begin 1986 hebben voorgedaan met een topdebiet hoger dan ca. $1.000\text{m}^3/\text{s}$, zijn de topwaterstanden te Dilsen-Rotem en te Maaseik gerelateerd aan de topwaterstanden te Lanaken-Smeermaas.

Hierdoor is het mogelijk om het verband tussen enerzijds de waterstanden te Lanaken-Smeermaas en Dilsen-Rotem en anderzijds deze van Lanaken-Smeermaas en Maaseik vast te leggen.

Bijlage 16 geeft beide verbanden.

HOOFDSTUK 5

ALGEMEEN BESLUIT

Voorliggend verslag geeft een beschrijving van het verloop van de hoge waterstanden van december 1993 en januari-februari 1995 op de Grensmaas.

Daarnaast zijn deze hoge waterstanden gerelateerd naar de vroegere perioden van hoge waterstanden,

Eveneens wordt ingegaan op de hydrometeorologische omstandigheden, die zich hebben voorgedaan bij de drie meest extreem hoge waterstanden in deze eeuw in Dec 1925-Jan 1926, Dec 1993 en Jan-Feb 1995.

Tenslotte worden ook de H-Q kromme van de Grensmaas te Maaseik alsmede het verband tussen de hogere waterstanden op die Grensmaas, die nu na de hoge waterstand van Jan-Feb 1995 gelden, besproken.

Het is duidelijk dat men zowel in de winter 1925/1926 als nu recent in de winters 1993/1994 en 1994/1995 uitzonderlijke hydrometeorologische omstandigheden heeft gekend, waardoor de afvoer van extreem grote hoeveelheden water door de Maas en haar bijrivieren gewoon onvermijdelijk werd.

Uiterst hoge afvoeren zijn niet alleen voor de Maas, maar ook voor alle andere rivieren in westelijk Europa verschijnselen, die inherent zijn aan de natuur zelf en waarmee men, hoe dan ook, zal moeten blijven leven.

Dit betekent eveneens dat men ook zal moeten blijven trachten de wateroverlast, die automatisch het gevolg is van de hoge waterstanden, tot een minimum te beperken.

Dit alles neemt echter niet weg dat het toch wel opmerkelijk is dat men zulke extreem hoge waterstanden in twee achtereenvolgende winters heeft genoteerd.

Hierdoor treden vooral de vragen i.v.m. het optreden van deze waterstanden op de voorgrond, die in de §§ 2.5.1 en 2.5.2 zijn behandeld.

Zij verdienen ongetwijfeld de nodige aandacht en daarom wordt in dit verslag ook een poging gedaan om met de op dit ogenblik gekende feiten een antwoord te geven.

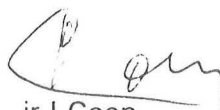
Brussel, december 1995



ing. J. Heylen

hoofd dienst Hydrologisch Onderzoek

Gezien,



ir. I. Coen

afdelingshoofd

LITERATUUR

- Lit 1: Maandbericht Klimatologische waarnemingen/deel 1-december 1993 - Koninklijk Meteorologisch Instituut van België
* De etmaalneerslag wordt gemeten van 08h00 tot 08h00 de volgende dag.
- Lit 2: Neerslaggegevens Dec 93 - Météo France/Nord-Est (Frankrijk)
- Lit 3: De Maas slaat toe.../verslag hoogwater Maas december 1993 - Min. van Verkeer en Waterstaat/Rijkswaterstaat-directie Limburg (Nederland) / 1994
- Lit 4: Gegevens van de "Service d'Etudes hydrologiques" (SETHY) van het Waalse "ministère de l'Équipement et des Transports"
- Lit 5: Maandberichten Klimatologische waarnemingen/deel 1-december 1994 en januari 1995 - Koninklijk Meteorologisch Instituut van België
* zelfde opmerking als bij Lit 1
- Lit 6: De Maas slaat weer toe.../verslag hoogwater Maas januari/februari 1995 - Min. van Verkeer en Waterstaat/Rijkswaterstaat-directie Limburg (Nederland) / 1995
- Lit 7: Het regime der Gemeenschappelijke Maas van 1870 tot 1945 - F.Jodogne, t.conducteur van Bruggen en Wegen
(verschenen in "Tijdschrift der Openbare Werken van België" - april 1947)
- De Gemeenschappelijke Maas van 1870 tot 1960 - F.Jodogne, conducteur van Bruggen en Wegen
(verschenen in "Tijdschrift der Openbare Werken van België" - 1-1965)
- De Gemeenschappelijke Maas van 1870 tot 1970 - F.Jodogne, hoofdconducteur van Bruggen en Wegen
(verschenen in "Tijdschrift der Openbare Werken van België" - 2-1974)
- Lit 8: Onderzoek Watersnood Maas/Deelrapport 4-Hydrologische aspecten - Min. van Verkeer en Waterstaat (Nederland) / 1994
- Lit 9: Nota's van Desquiens, e.a.ingenieur te Maaseik voor het toenmalige arrondissement van de kanalen van Limburg van Bruggen en Wegen/ministerie van Openbare Werken / 1926

- Lit 10: Tienjarig Overzicht der waterhoogten, afvoeren en watertemperaturen / 1961-1970 en 1971-1980 - Rijkswaterstaat-dienst Getijdewateren (Nederland)
- Jaarboek der waterhoogten, afvoeren, watertemperaturen en windgegevens / Jaarboek van Afvoeren, Waterstanden, Golven en Watertemperaturen / Jaarboek van Afvoeren, Waterstanden, Golven en Waterkwaliteit/ Jaarboek Monitoring Rijkswateren (Presentatie van Fysische, Chemische en Biologische kenmerken) / 1981 tot en met 1993 - Rijkswaterstaat-dienst Getijdewateren en RIKZ/RIZA (Nederland)
- Lit 11: Hoogwaterstanden en wateroverlast van de Belgische Maas te Visé/deelrapport - G.R.Demarée, S.Derasse, D.Gellens / 1994
- Les crues de la Meuse en décembre 1993 et en 1925-26. Ressemblances et différences hydrométéorologiques - D.Gellens / 1994
- A propos des récentes inondations en Belgique - M.Vandiepenbeeck, D.Gellens en C.Tricot
(verschenen in "Ciel et Terre" - 2-1995)

BIJLAGEN

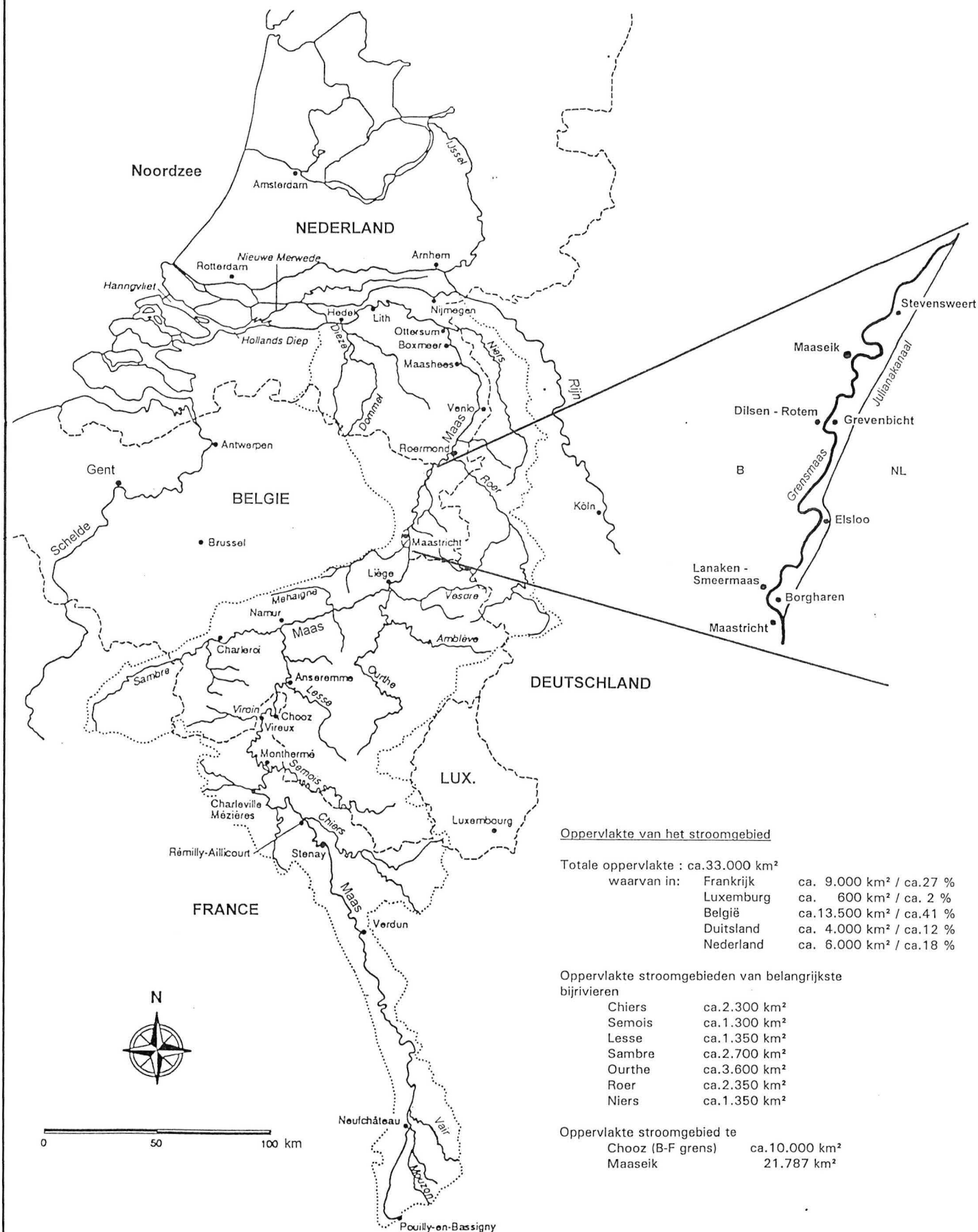


DIHO
dienst
HYDROLOGISCH
ONDERZOEK

VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 1

Stroomgebied van de Maas



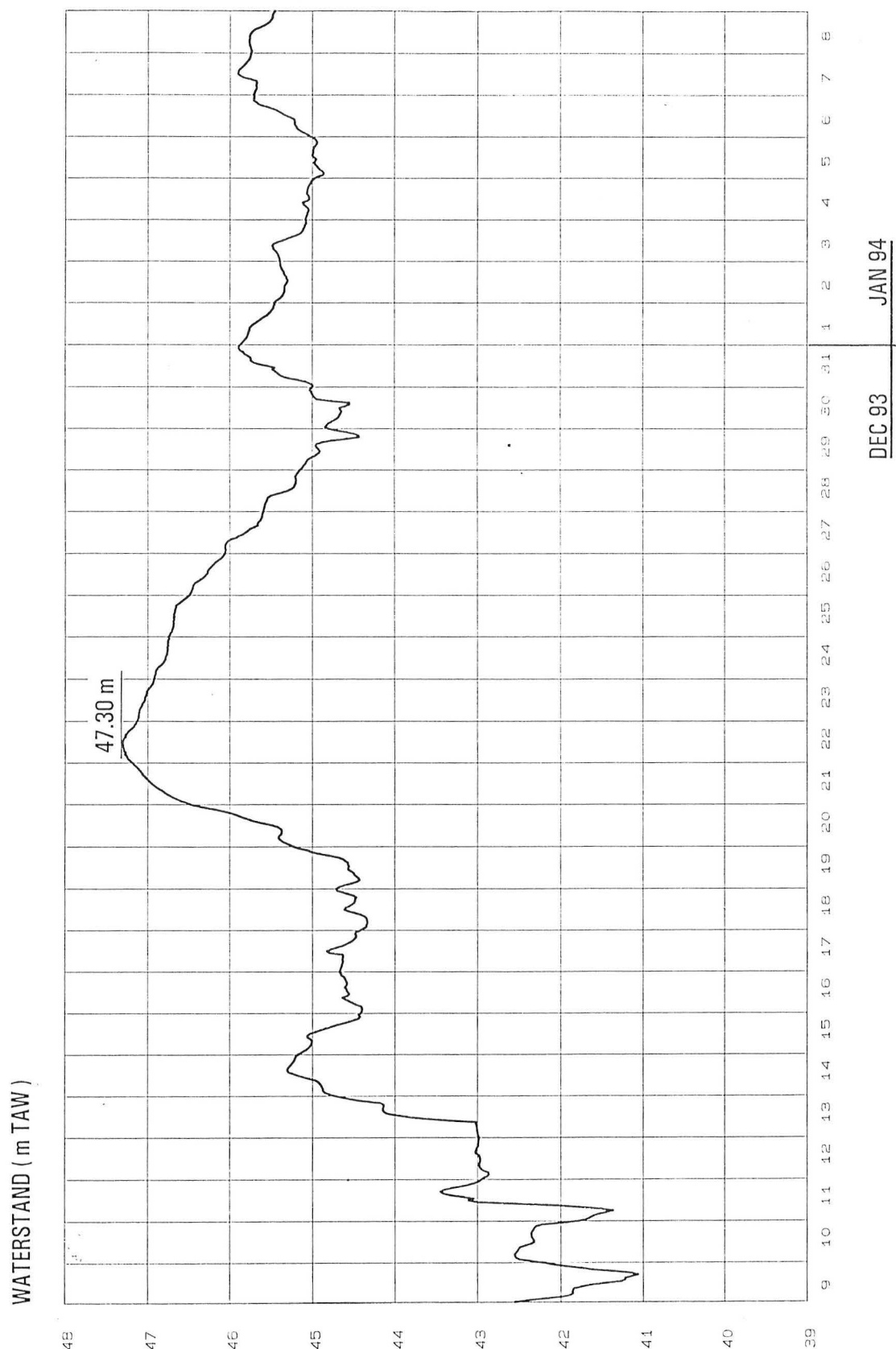


DIHO
dienst
HYDROLOGISCH
ONDERZOEK

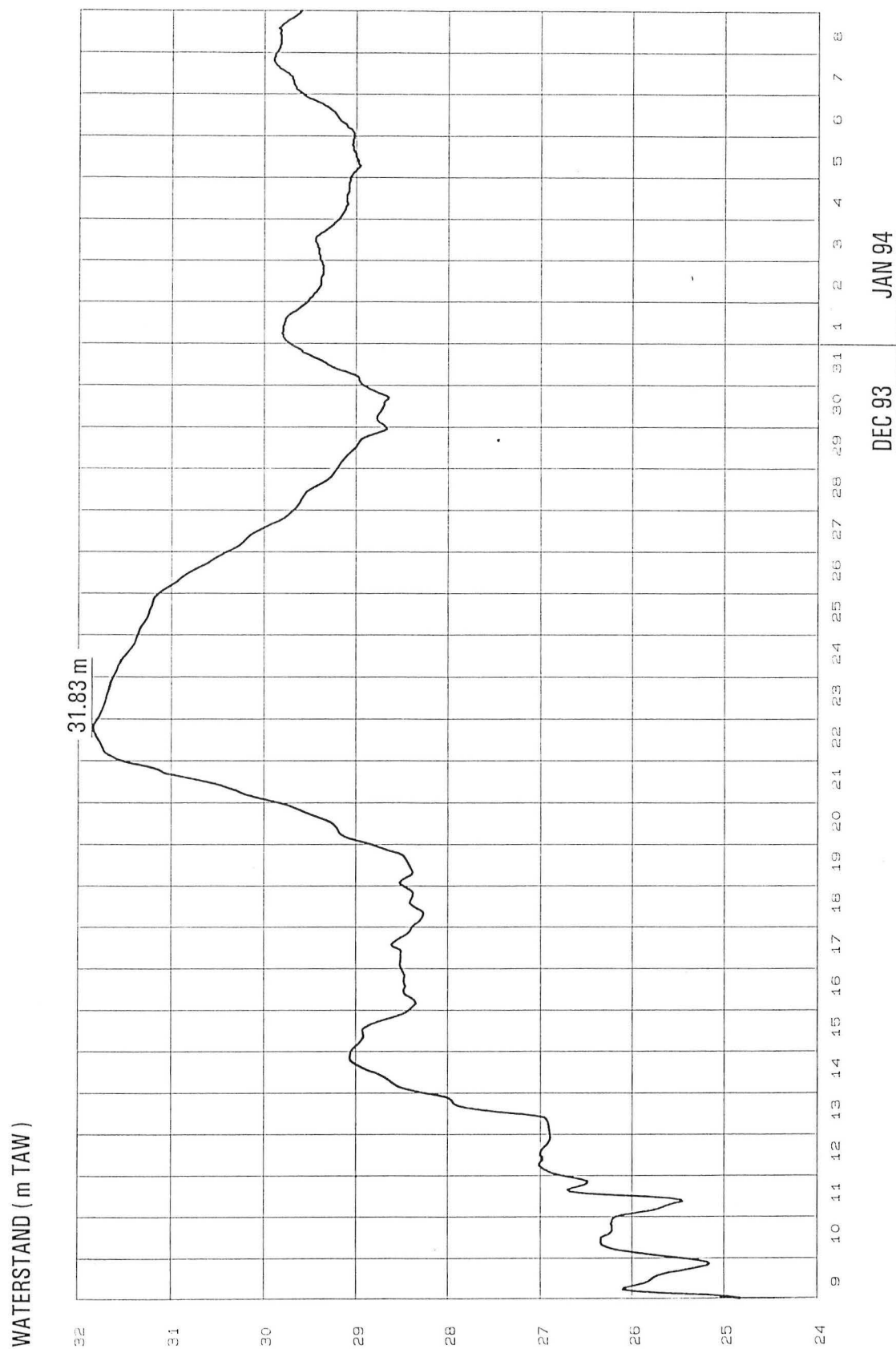
VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 2

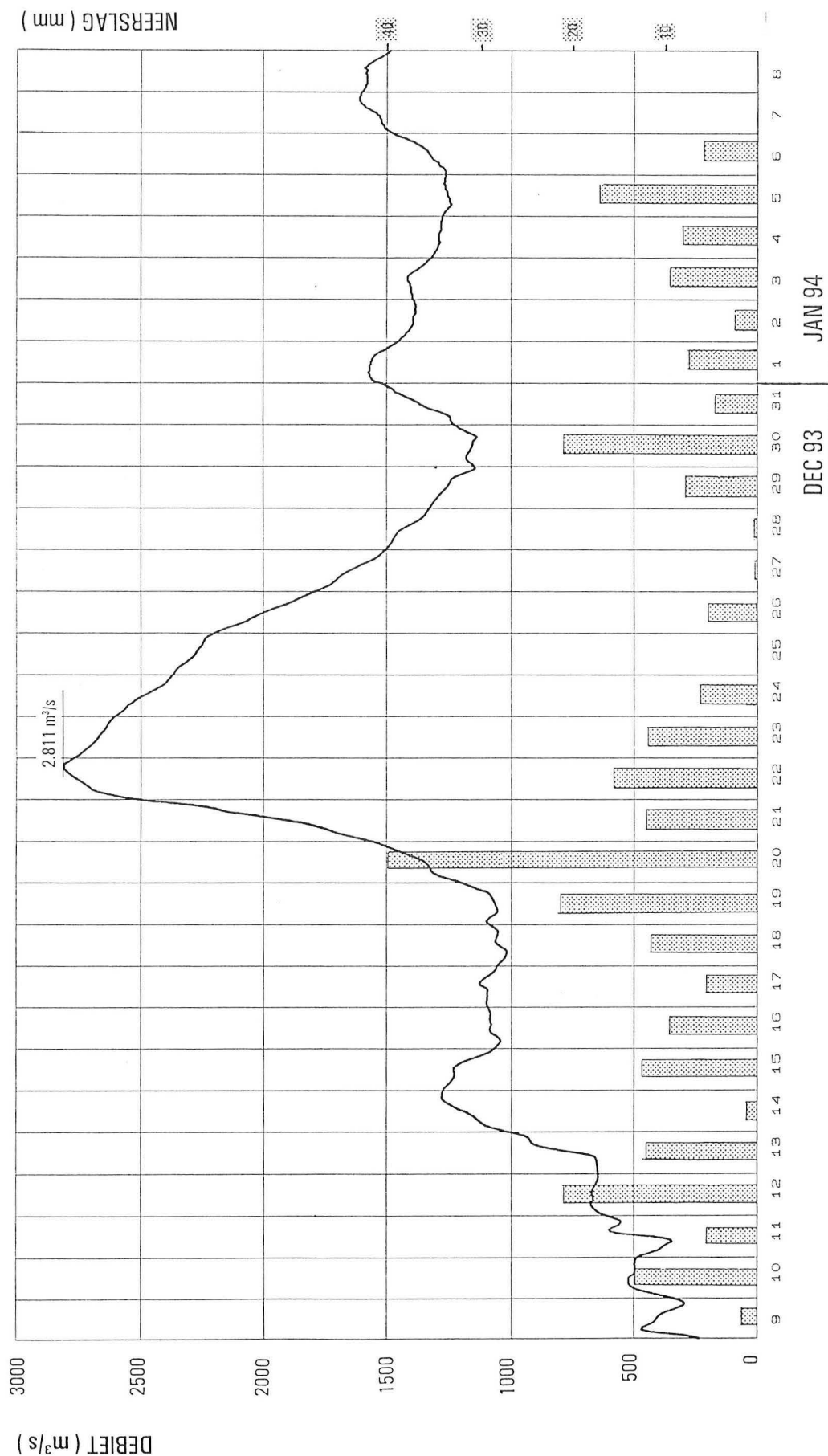
Hoge waterstand December 1993 waterstand te Lanaken- Smeermaas



**Hoge waterstand December 1993
 waterstand te Maaseik**



**Hoge waterstand December 1993
debiet te Maaseik / neerslag over Belgisch Maasbekken**

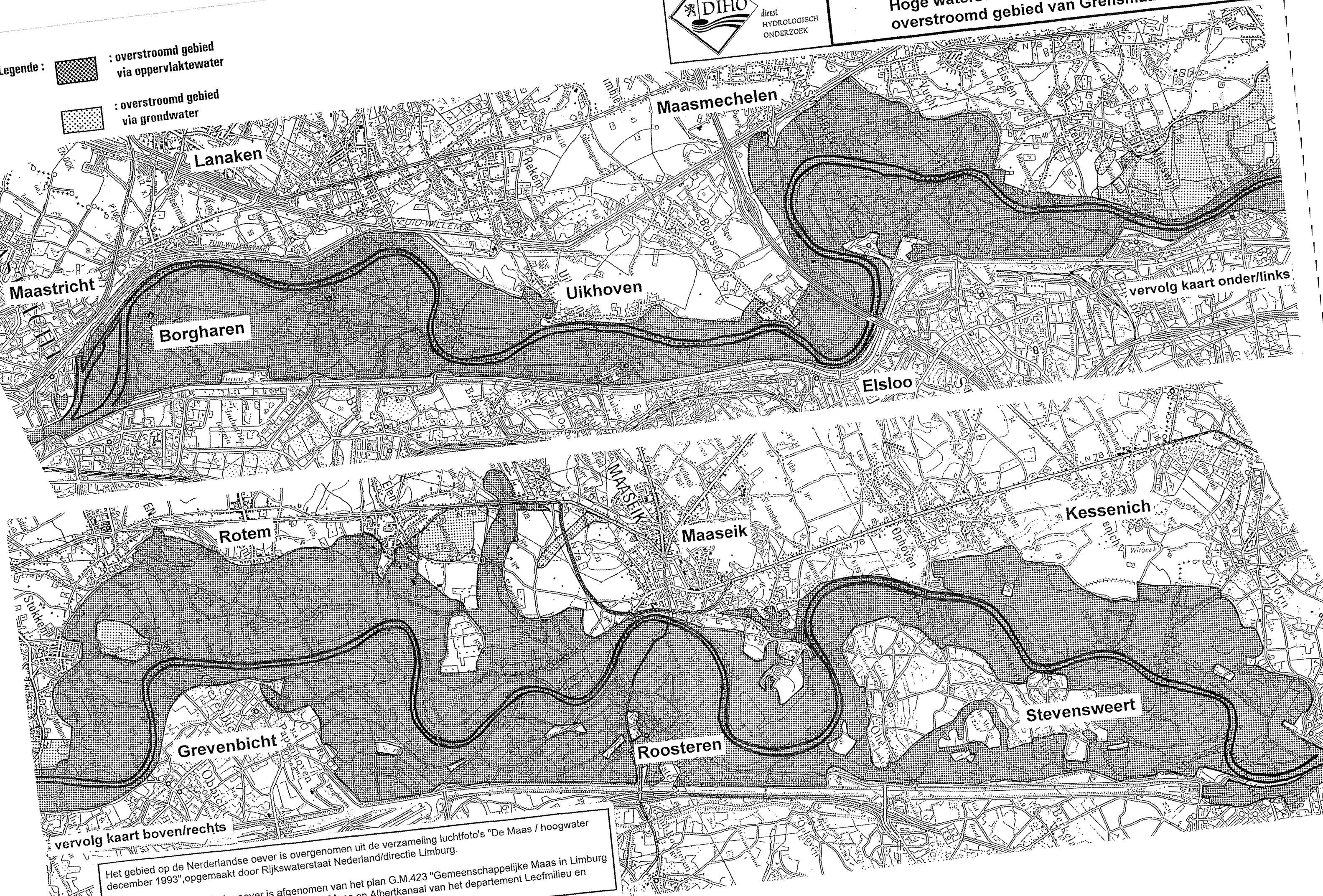


Legende :  : overstroomd gebied via oppervlaktewater
 : overstroomd gebied via grondwater



DIHO
 Dienst
 HYDROLOGISCH
 ONDERZOEK

VERSLAG HOGE WATERSTAND
 GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95
 Hoge waterstand December 1993
 overstroomd gebied van Grensmaas



Het gebied op de Nederlandse oever is overgenomen uit de verzameling luchtfoto's "De Maas / hoogwater december 1993", opgemaakt door Rijkswaterstaat Nederland/directie Limburg.
 Het gebied op de Duitse oever is afgenomen van het plan G.M.423 "Gemeenschappelijke Maas in Limburg december 1993", opgemaakt door Rijkswaterstaat Nederland/directie Limburg.

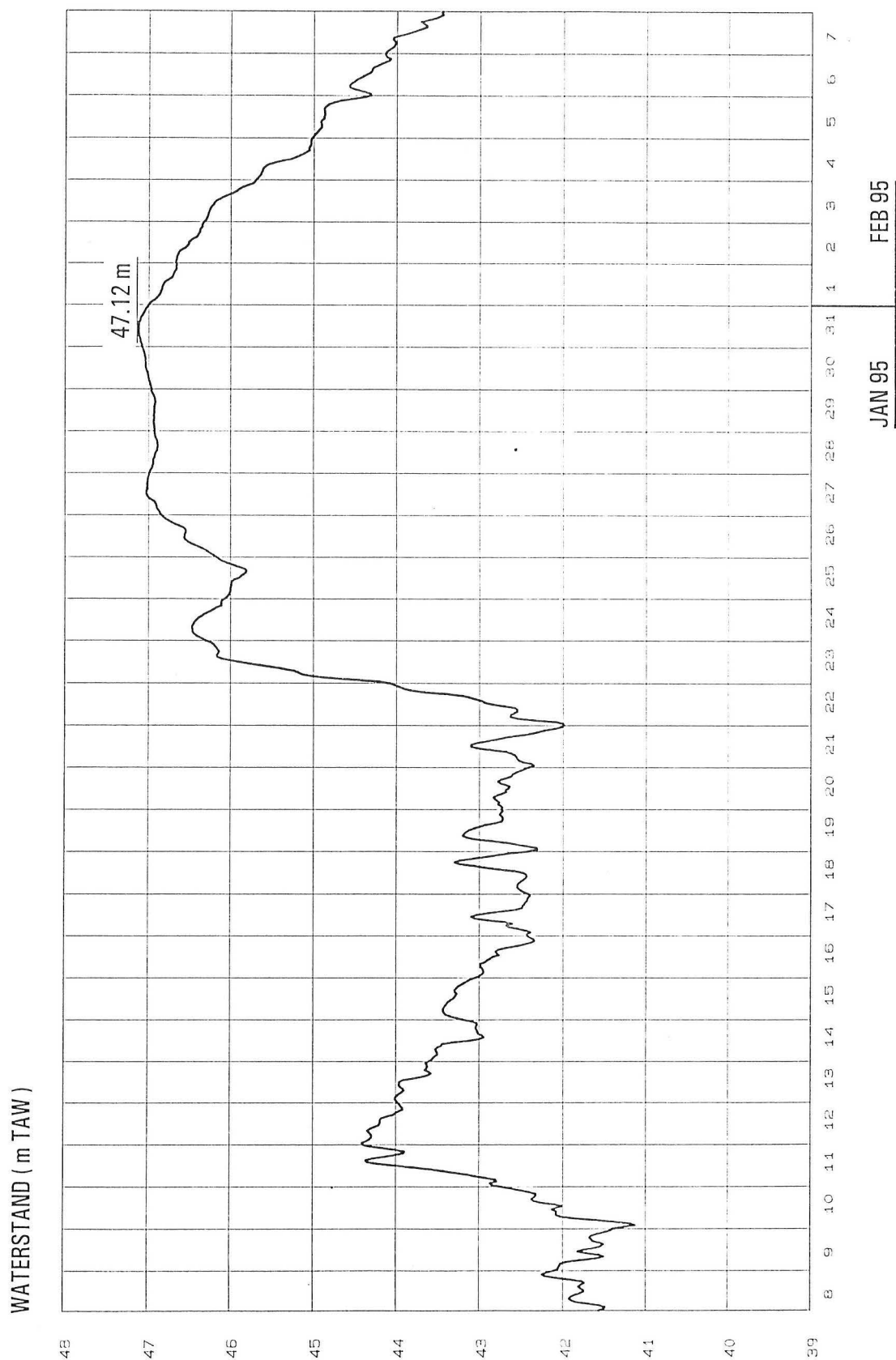


DIHO
dienst
HYDROLOGISCH
ONDERZOEK

VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 5

Hoge waterstand Januari-Februari 1995 waterstand te Lanaken-Smeermaas



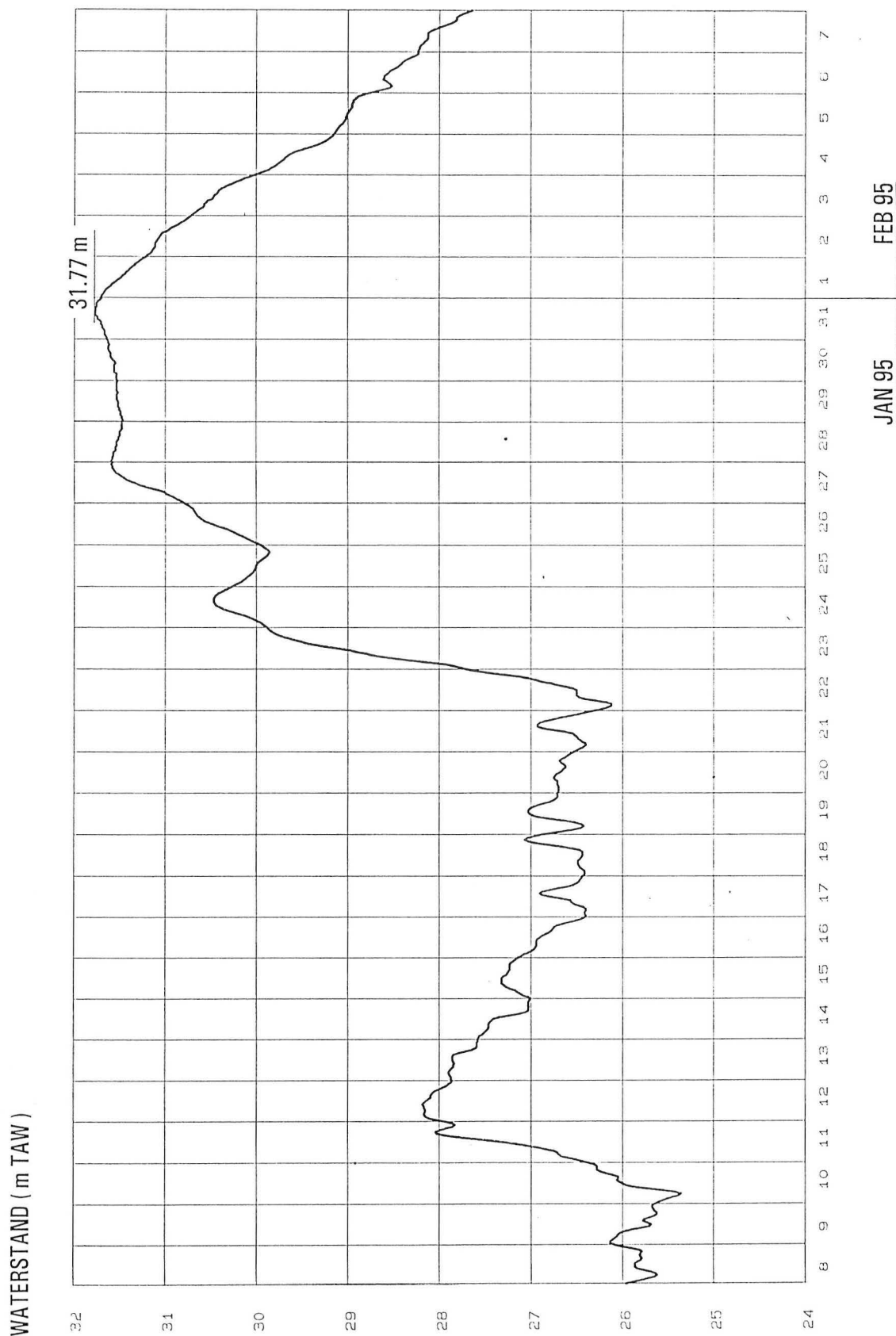


DIHO
dienst
HYDROLOGISCH
ONDERZOEK

VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 6a

Hoge waterstand Januari-Februari 1995 waterstand te Maaseik

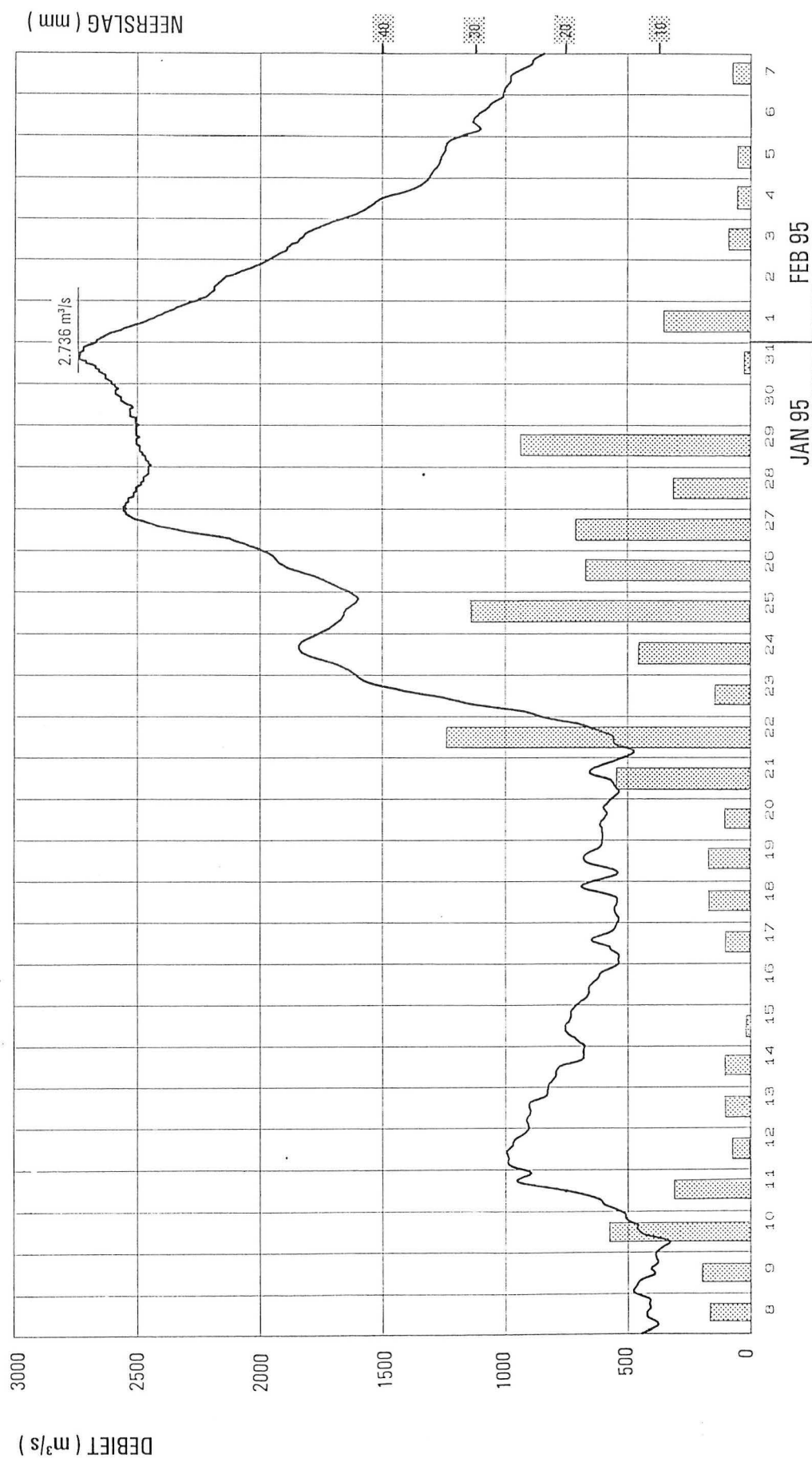




VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 6b

Hoge waterstand Januari-Februari 1995 debiet te Maaseik / neerslag over Belgisch Maasbekken

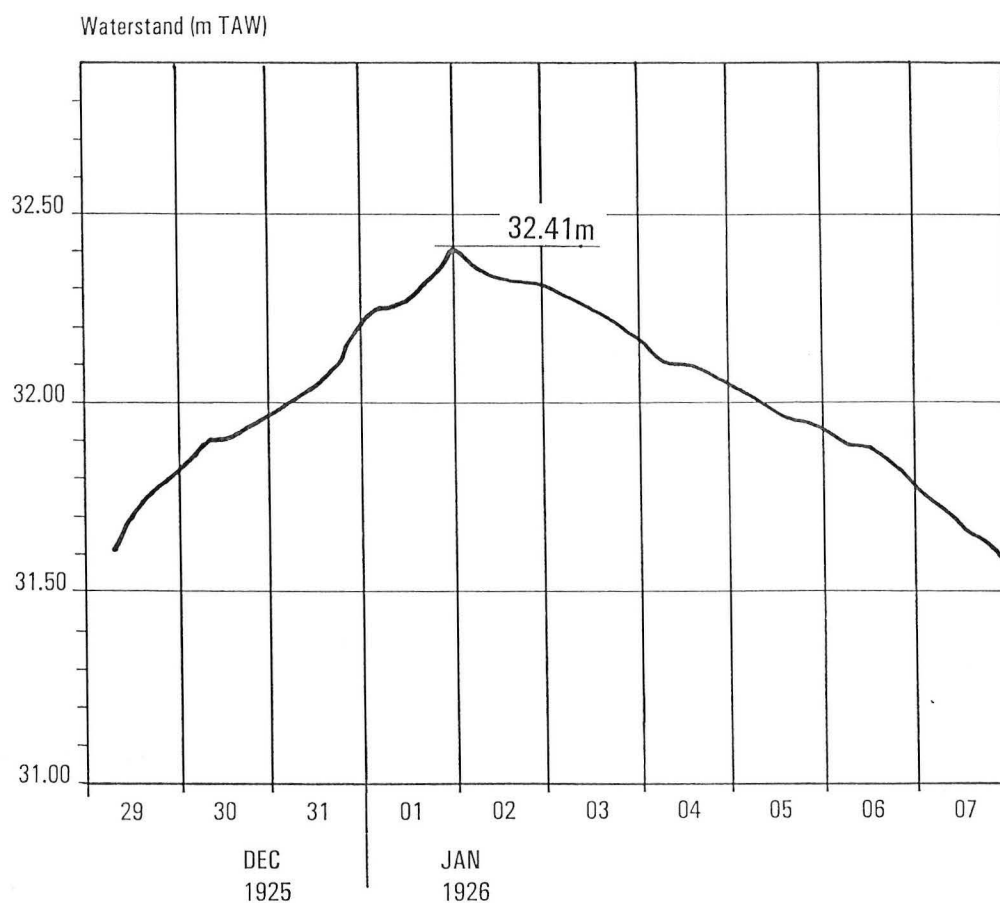




**VERSLAG HOGE WATERSTANDEN
GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95**

Bijlage 7

**Hoge waterstand December 1925-Januari 1926
waterstand te Maaseik van periode 29 Dec 25- 07 Jan 26**



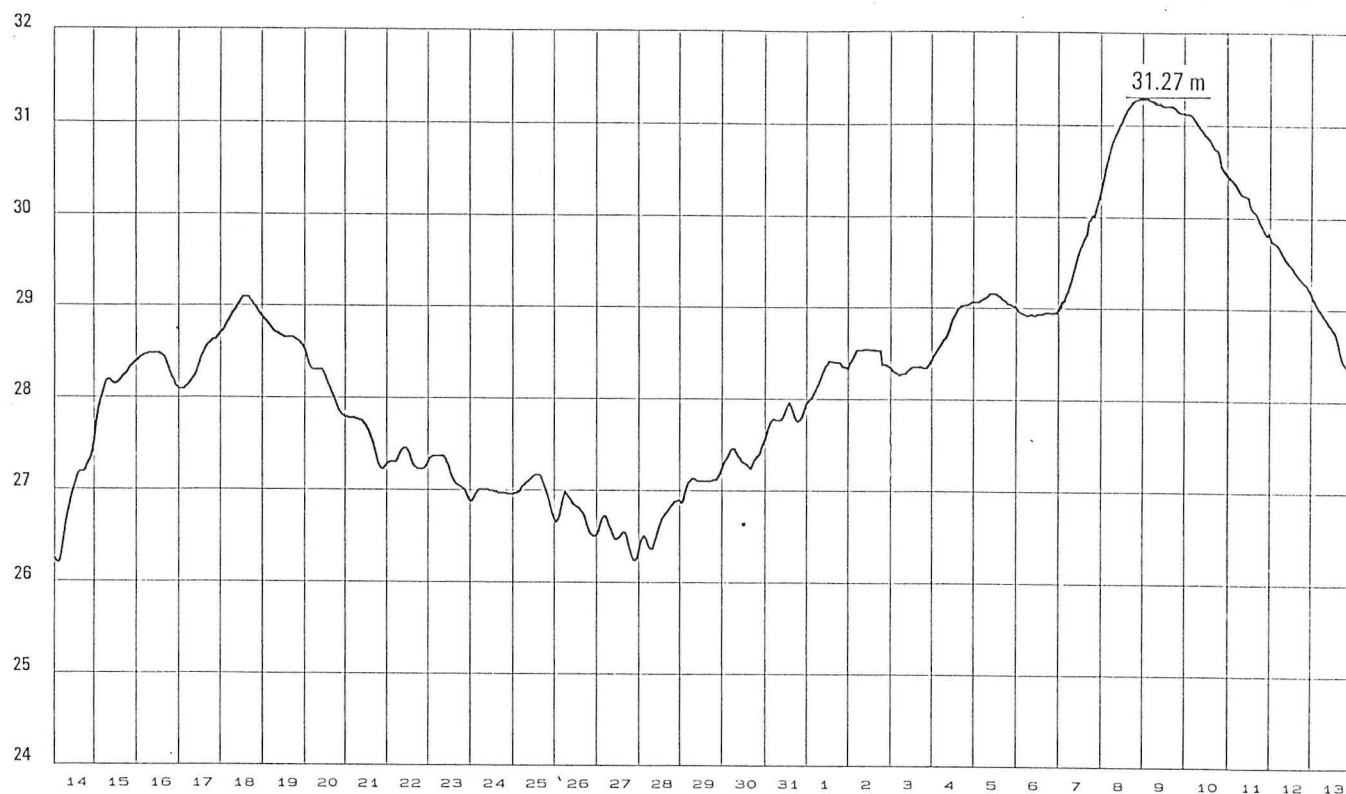


VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 8

Hoge waterstand Februari 1984 waterstand en debiet te Maaseik

WATERSTAND (m TAW)



DEBIET (m³/s)



JAN 84

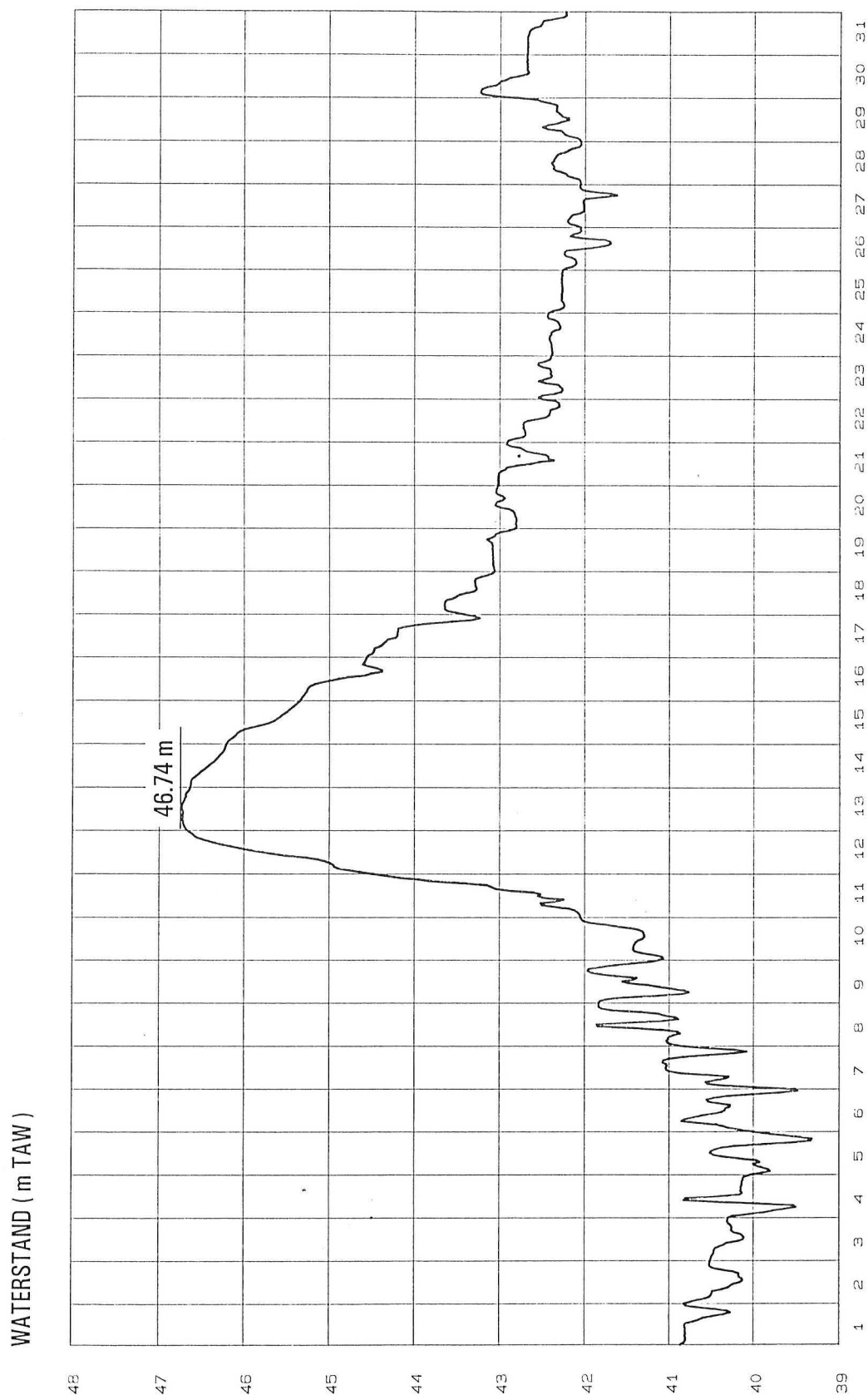
FEB 84



VERSLAG HOGE WATERSTANDEN
GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 9a

Hoge waterstand Januari 1993
waterstand te Lanaken-Smeermaas



JAN 93



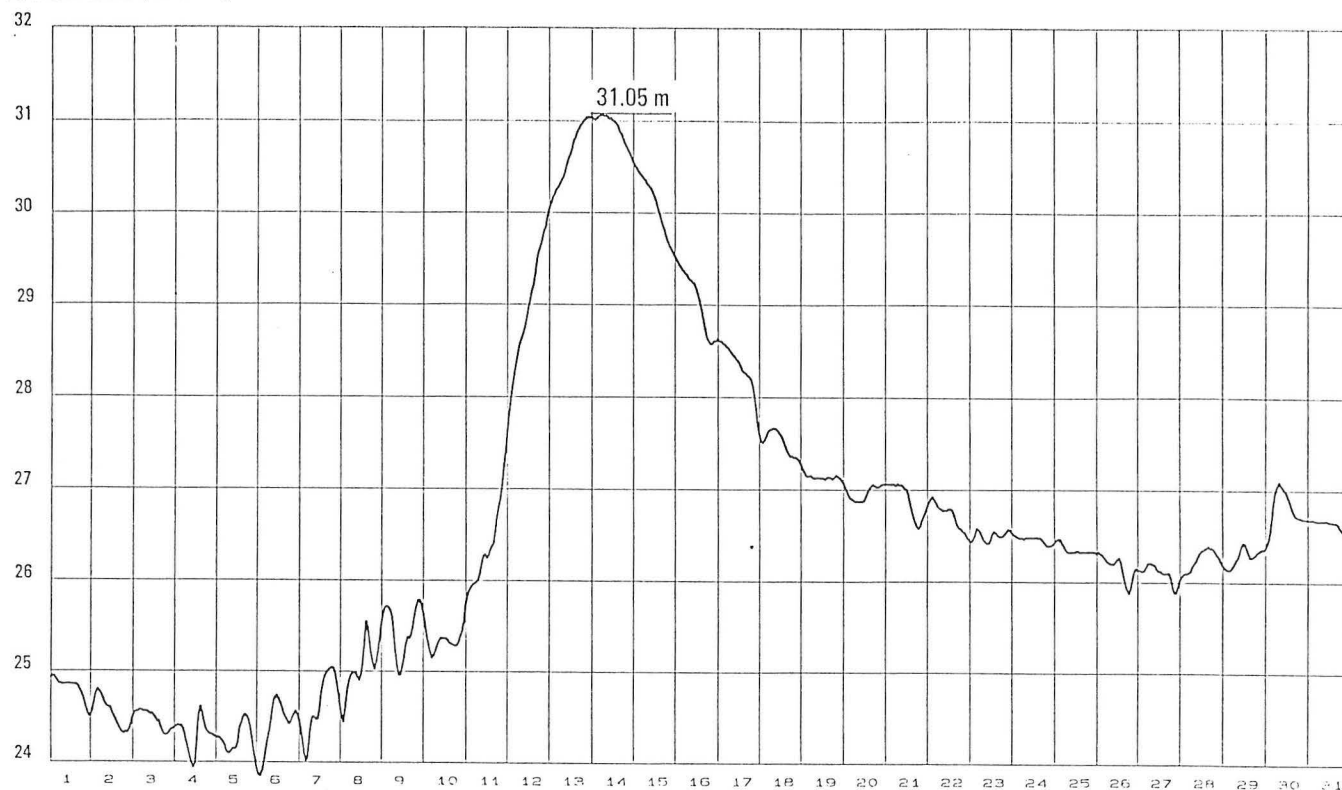
DIHO
dienst
HYDROLOGISCH
ONDERZOEK

VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

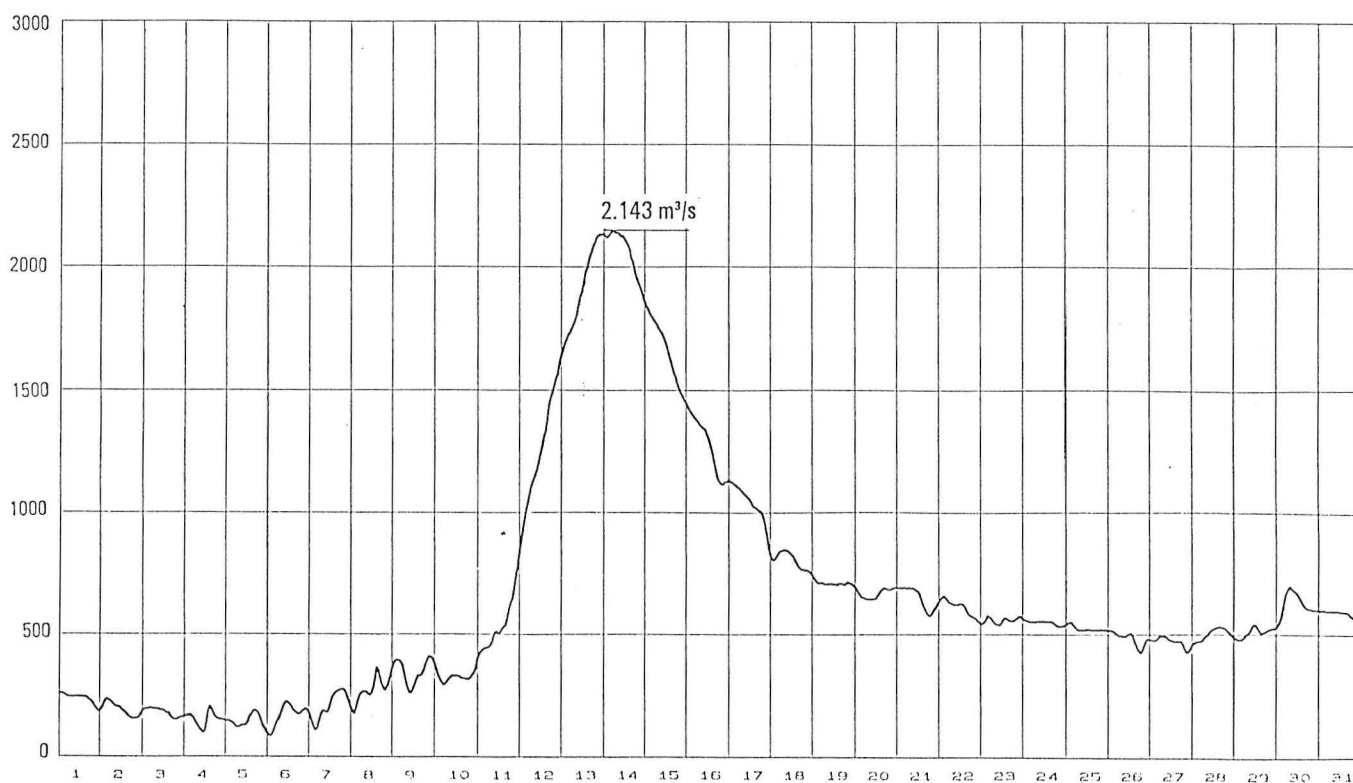
Bijlage 9b

Hoge waterstand Januari 1993 waterstand en debiet te Maaseik

WATERSTAND (m TAW)



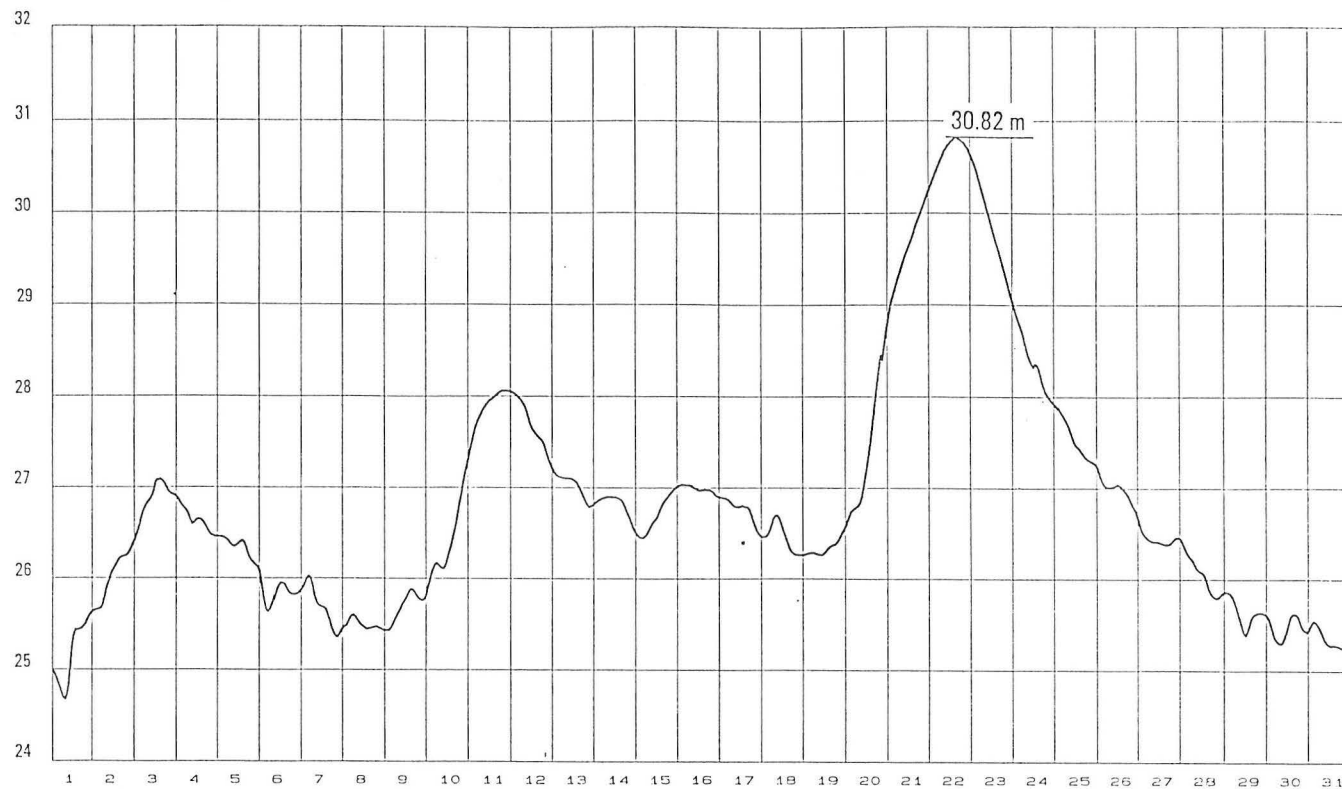
DEBIET (m³/s)



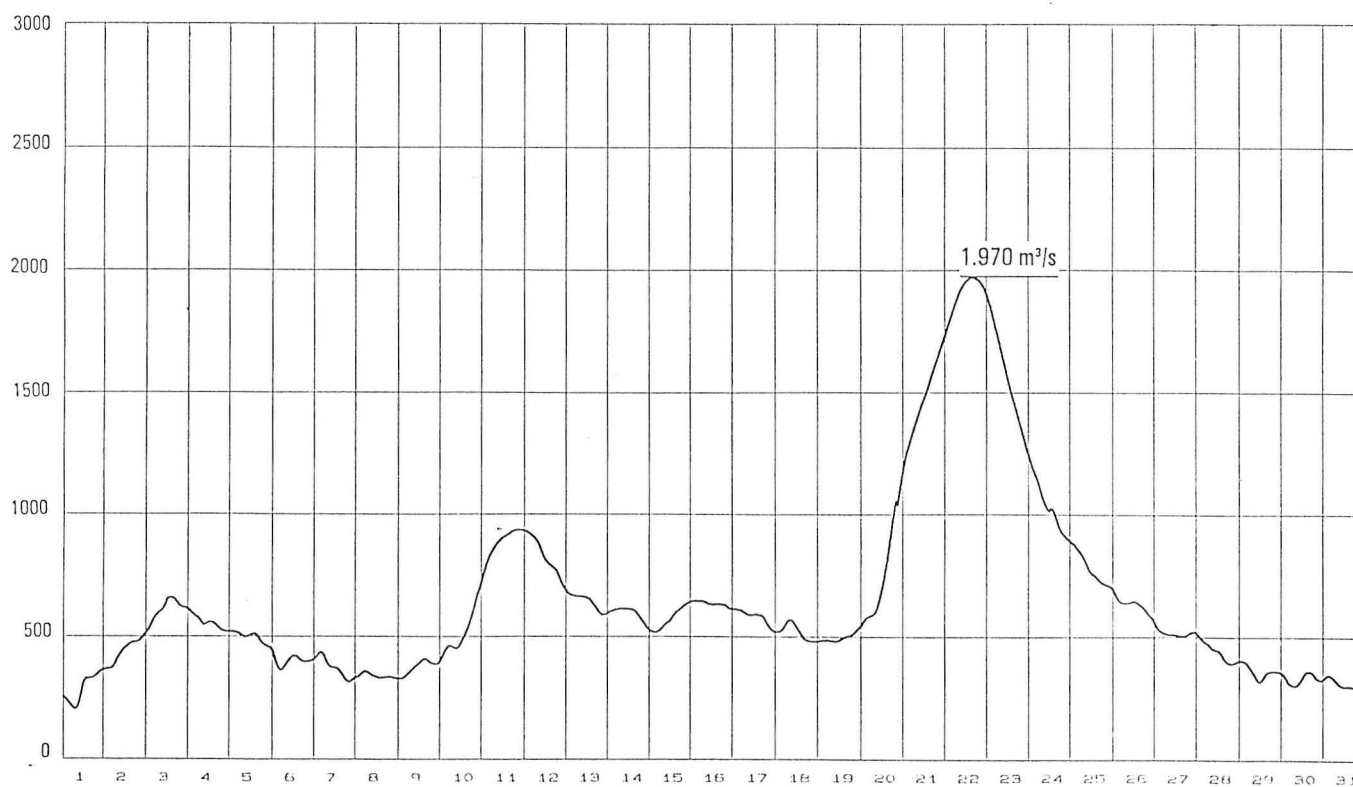
JAN 93

Hoge waterstand Juli 1980
waterstand en debiet te Maaseik

WATERSTAND (m TAW)



DEBIET (m³/s)



JULI 80

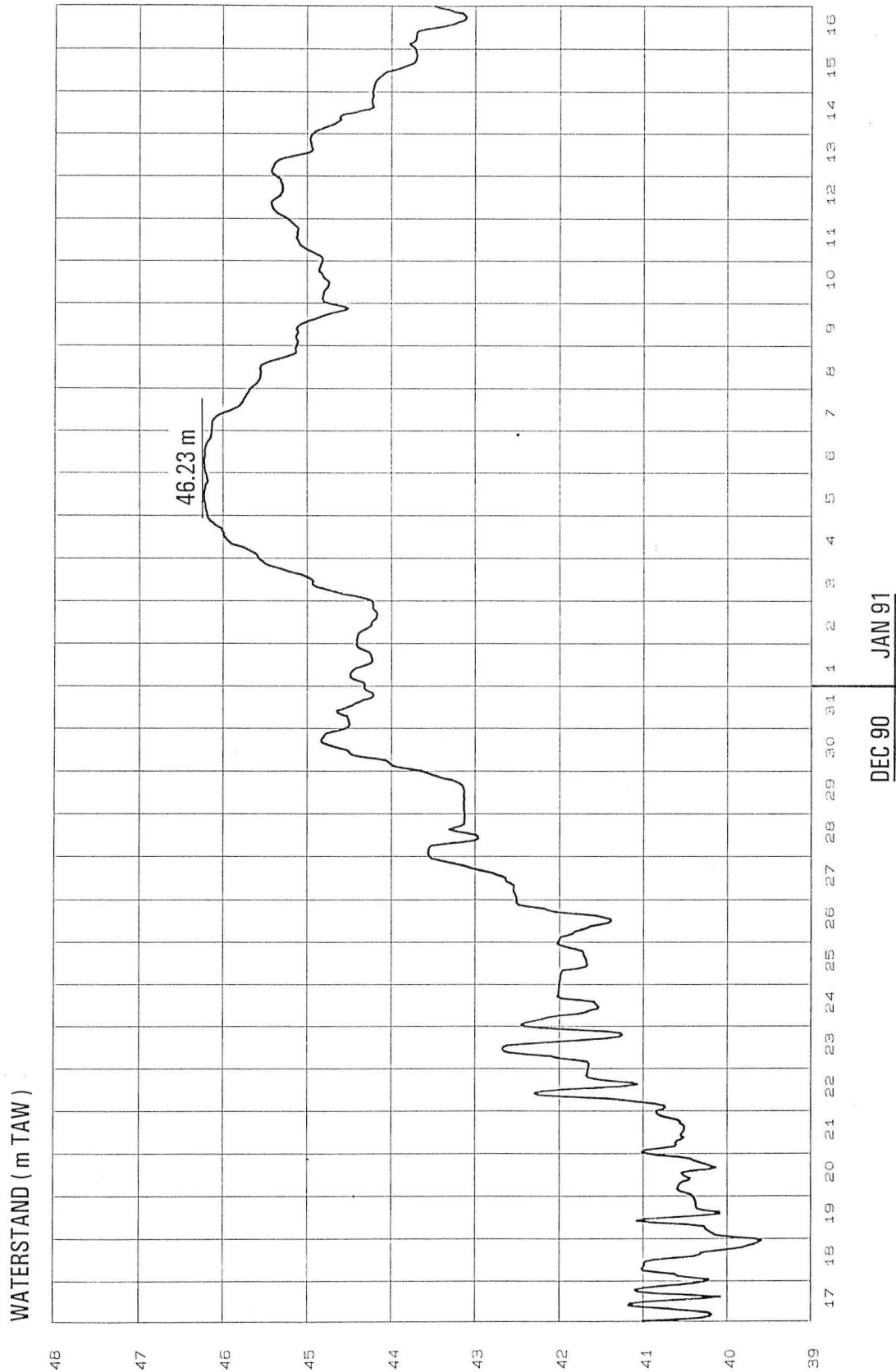


Dienst
HYDROLOGISCH
ONDERZOEK

VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 11a

Hoge waterstand Januari 1991 waterstand te Lanaken-Smeermaas



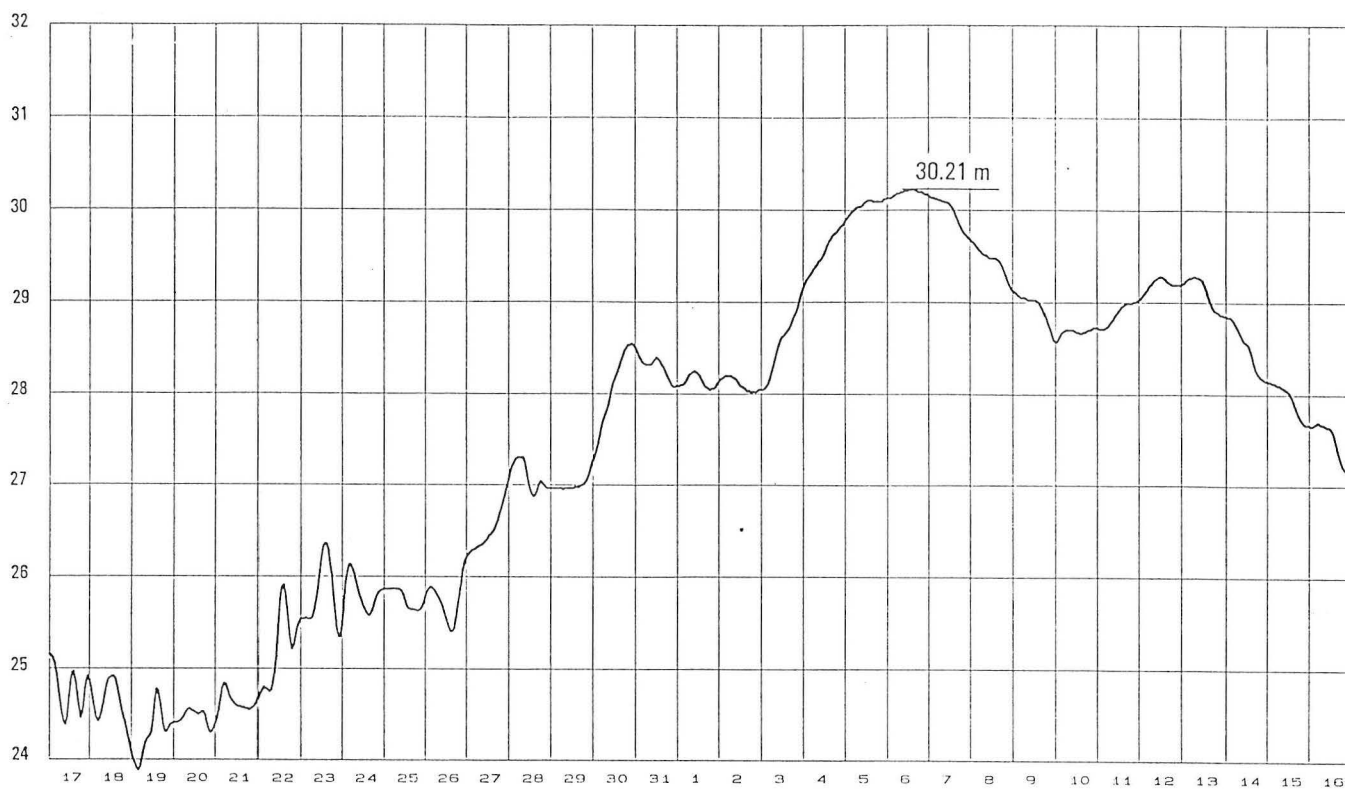


VERSLAG HOGE WATERSTANDEN
GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

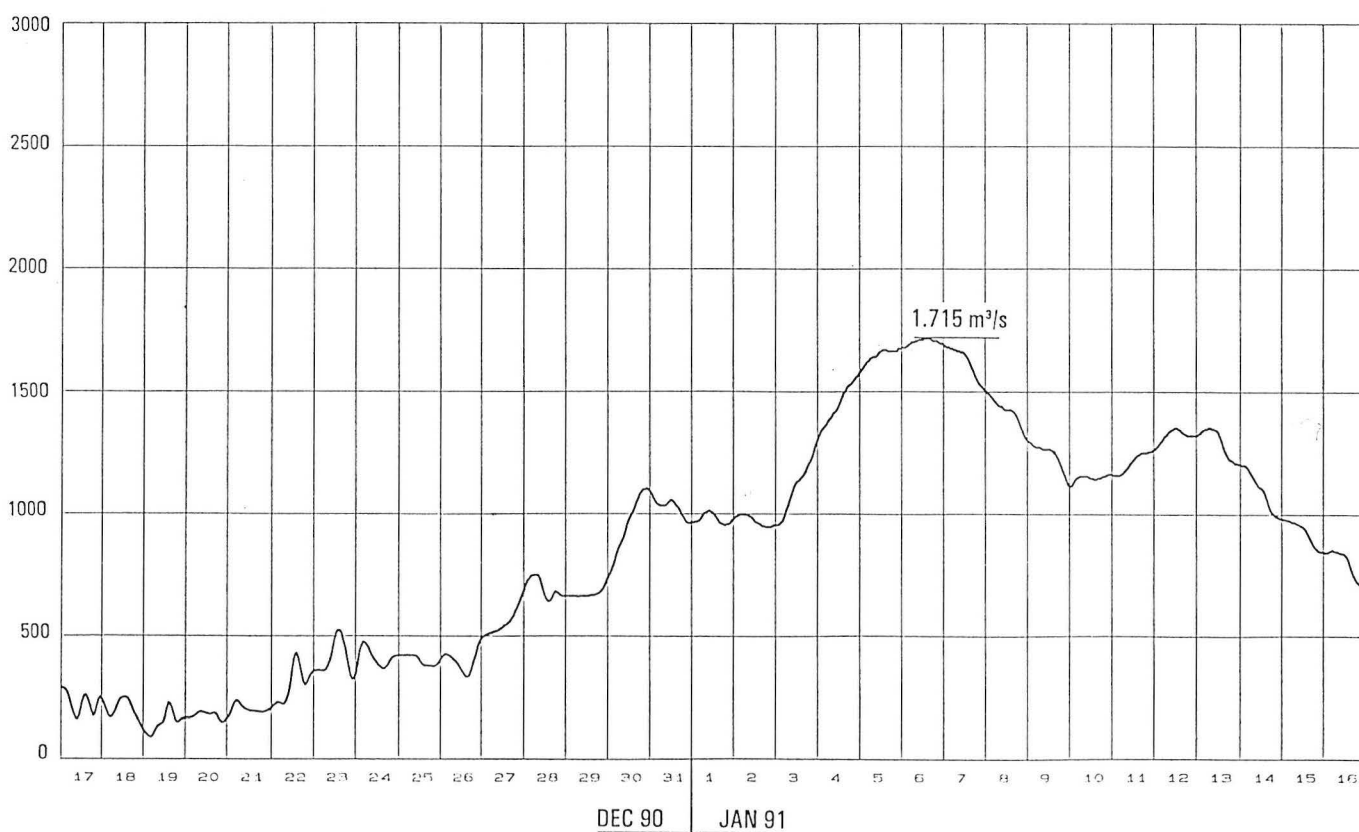
Bijlage 11b

Hoge waterstand Januari 1991
waterstand en debiet te Maaseik

WATERSTAND (m TAW)



DEBIET (m³/s)



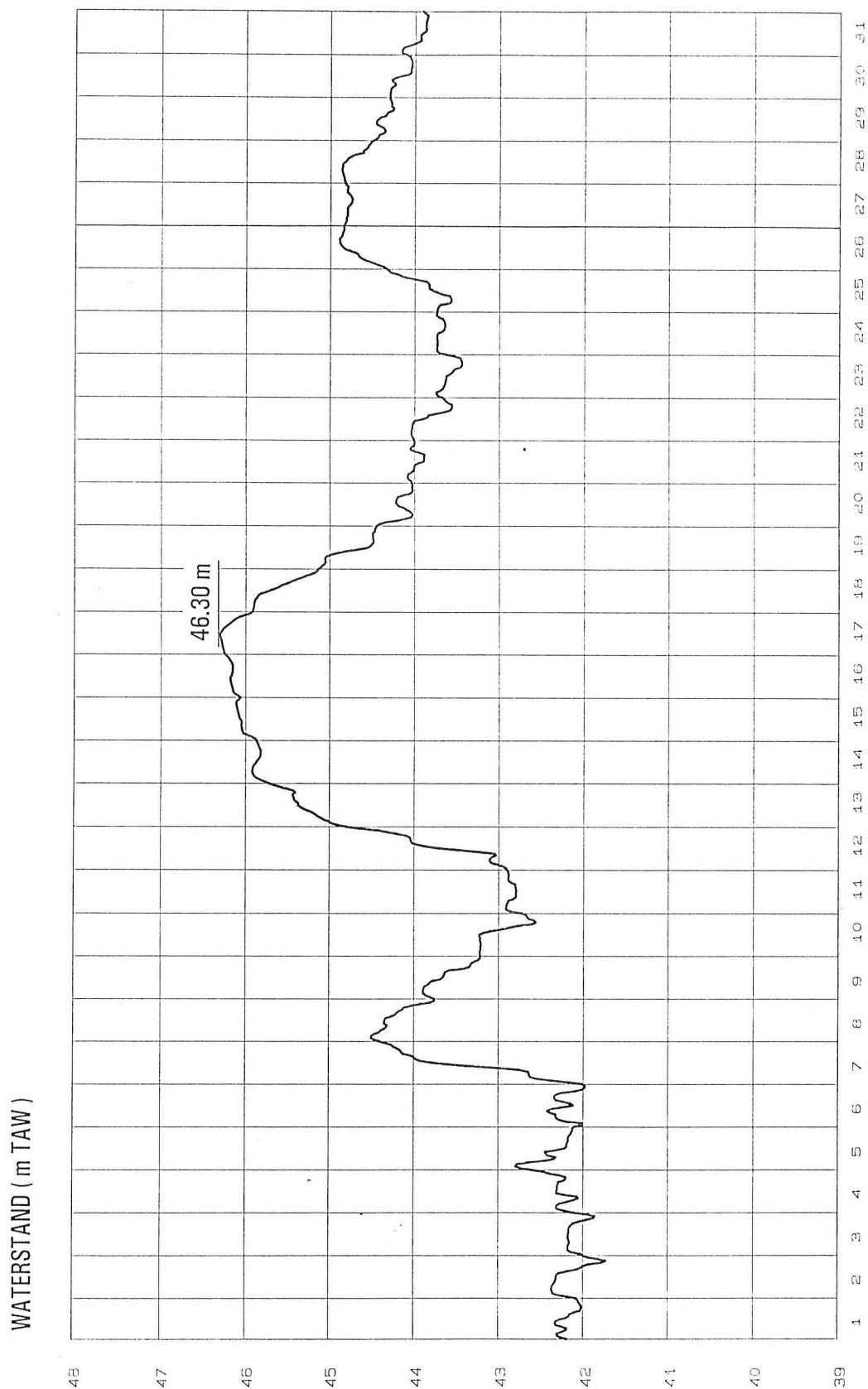
DEC 90 JAN 91



VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 12a

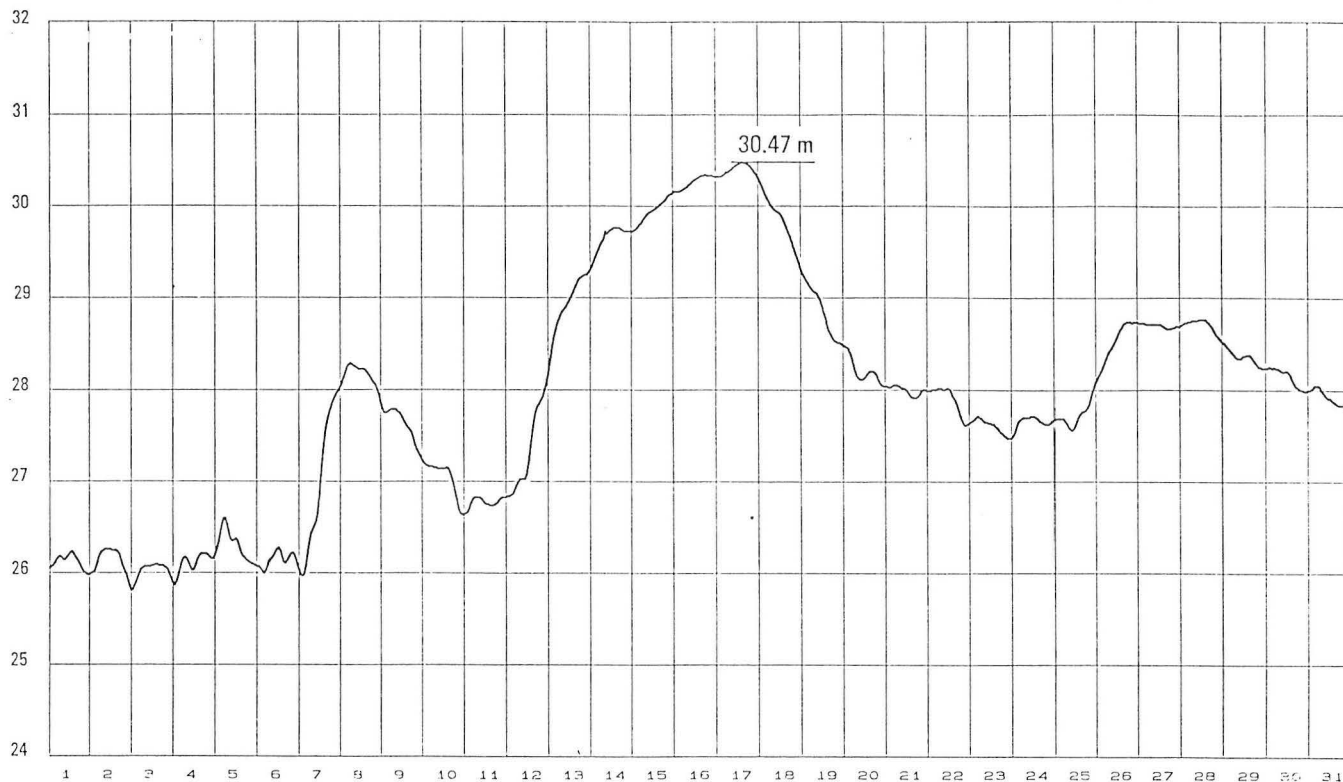
Hoge waterstand Maart 1988 waterstand te Lanaken-Smeermaas



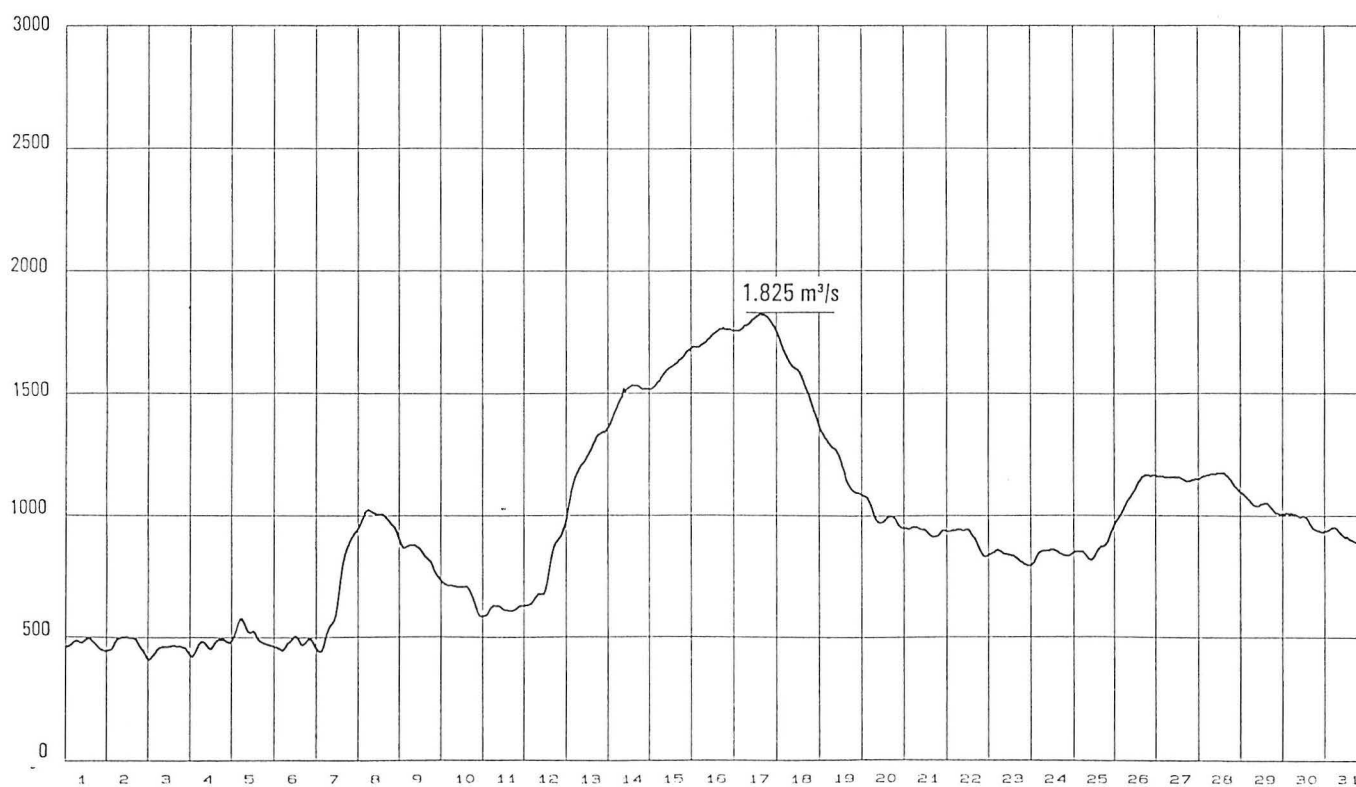
MAART 88

**Hoge waterstand Maart 1988
waterstand en debiet te Maaseik**

WATERSTAND (m TAW)



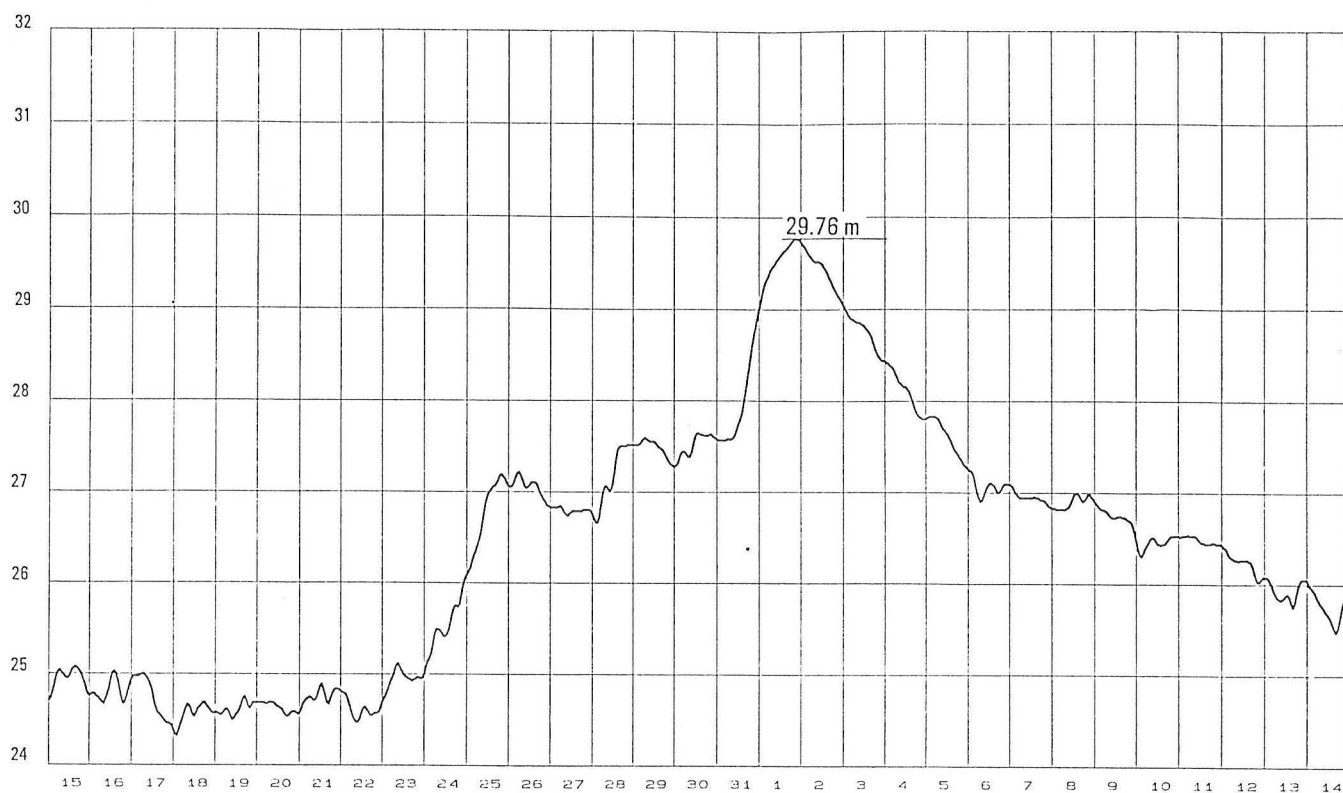
DEBIET (m³/s)



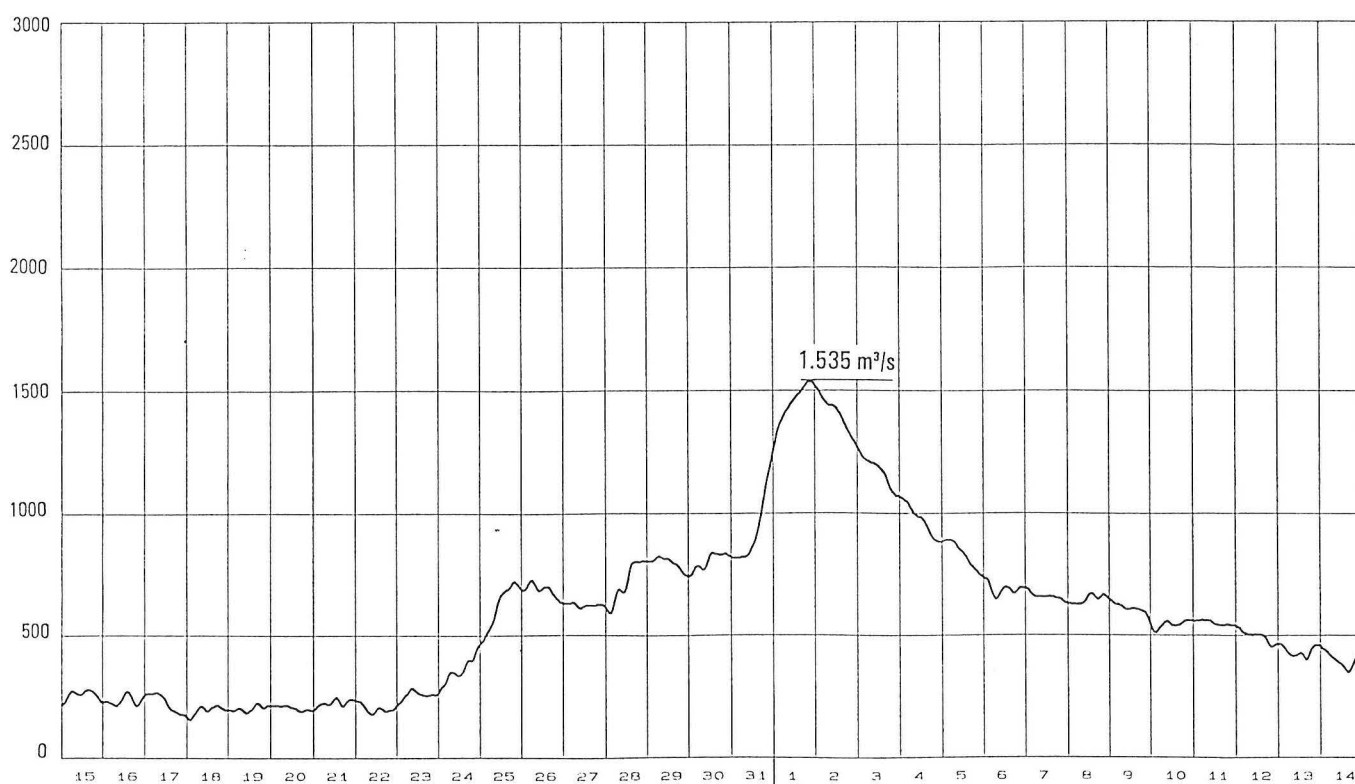
MAART 88

**Hoge waterstand Maart-April 1986
waterstand en debiet te Maaseik**

WATERSTAND (m TAW)



DEBIET (m³/s)



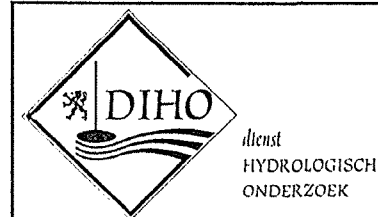
MA 86

APR 86

waterstand (nulpunt peilschaal 23m TAW)

H	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	.0190	.5211	1.033	1.555	2.087	2.630	3.183	3.748	4.323	4.910
0.1	5.508	6.118	6.740	7.374	8.021	8.680	9.351	10.04	10.73	11.45
0.2	12.17	12.91	13.66	14.43	15.21	16.01	16.82	17.64	18.48	19.34
0.3	20.21	21.10	22.01	22.93	23.86	24.82	25.79	26.78	27.78	28.80
0.4	29.84	30.90	31.98	33.08	34.19	35.32	36.47	37.62	38.77	39.93
0.5	41.10	42.27	43.45	44.63	45.82	47.01	48.21	49.42	50.63	51.84
0.6	53.06	54.29	55.52	56.76	58.00	59.24	60.50	61.75	63.01	64.28
0.7	65.55	66.83	68.11	69.40	70.69	71.99	73.29	74.60	75.91	77.23
0.8	78.55	79.88	81.21	82.55	83.89	85.24	86.59	87.95	89.31	90.67
0.9	92.04	93.42	94.80	96.18	97.57	98.97	100.4	101.8	103.2	104.6
1.0	106.0	107.4	108.9	110.3	111.7	113.2	114.6	116.1	117.5	119.0
1.1	120.4	121.9	123.4	124.8	126.3	127.8	129.3	130.8	132.3	133.8
1.2	135.3	136.8	138.3	139.8	141.3	142.9	144.4	145.9	147.5	149.0
1.3	150.5	152.1	153.6	155.2	156.8	158.3	159.9	161.5	163.0	164.6
1.4	166.2	167.8	169.4	171.0	172.6	174.2	175.8	177.4	179.0	180.6
1.5	182.3	183.9	185.5	187.1	188.8	190.4	192.1	193.7	195.4	197.0
1.6	198.7	200.3	202.0	203.6	205.3	207.0	208.6	210.3	211.9	213.6
1.7	215.3	216.9	218.6	220.2	221.9	223.6	225.2	226.9	228.5	230.2
1.8	231.8	233.5	235.2	236.8	238.5	240.1	241.8	243.5	245.1	246.8
1.9	248.4	250.1	251.7	253.4	255.1	256.7	258.4	260.0	261.7	263.4
2.0	265.0	266.7	268.3	270.0	271.7	273.4	275.0	276.7	278.4	280.1
2.1	281.8	283.5	285.2	286.9	288.6	290.3	292.0	293.7	295.4	297.2
2.2	298.9	300.6	302.4	304.1	305.8	307.6	309.3	311.1	312.8	314.6
2.3	316.4	318.1	319.9	321.7	323.4	325.2	327.0	328.8	330.6	332.4
2.4	334.2	336.0	337.8	339.6	341.4	343.2	345.0	346.9	348.7	350.5
2.5	352.4	354.2	356.0	357.9	359.7	361.6	363.4	365.3	367.2	369.0
2.6	370.9	372.8	374.7	376.6	378.4	380.3	382.2	384.1	386.0	387.9
2.7	389.8	391.8	393.7	395.6	397.5	399.5	401.4	403.3	405.3	407.2
2.8	409.2	411.1	413.1	415.0	417.0	419.0	420.9	422.9	424.9	426.9
2.9	428.8	430.8	432.8	434.8	436.8	438.8	440.8	442.9	444.9	446.9
3.0	448.9	451.0	453.0	455.0	457.1	459.1	461.2	463.2	465.3	467.3
3.1	469.4	471.5	473.5	475.6	477.7	479.8	481.9	484.0	486.1	488.2
3.2	490.3	492.4	494.5	496.6	498.7	500.9	503.0	505.1	507.3	509.4
3.3	511.6	513.7	515.9	518.0	520.2	522.4	524.5	526.7	528.9	531.1
3.4	533.2	535.4	537.6	539.8	542.0	544.2	546.5	548.7	550.9	553.1
3.5	555.4	557.6	559.8	562.1	564.3	566.6	568.8	571.1	573.3	575.6
3.6	577.9	580.1	582.4	584.7	587.0	589.3	591.6	593.9	596.2	598.5
3.7	600.8	603.1	605.5	607.8	610.1	612.5	614.8	617.1	619.5	621.8
3.8	624.2	626.6	628.9	631.3	633.7	636.0	638.4	640.8	643.2	645.6
3.9	648.0	650.4	652.8	655.2	657.7	660.1	662.5	664.9	667.4	669.8
4.0	672.3	674.7	677.2	679.6	682.1	684.5	687.0	689.5	692.0	694.5
4.1	696.9	699.4	701.9	704.4	707.0	709.5	712.0	714.5	717.0	719.6
4.2	722.1	724.6	727.2	729.7	732.3	734.8	737.4	740.0	742.5	745.1
4.3	747.7	750.3	752.9	755.5	758.1	760.7	763.3	765.9	768.5	771.1
4.4	773.7	776.4	779.0	781.6	784.3	786.9	789.6	792.3	794.9	797.6
4.5	800.3	802.9	805.6	808.3	811.0	813.7	816.4	819.1	821.8	824.5
4.6	827.3	830.0	832.7	835.4	838.2	840.9	843.7	846.4	849.2	851.9
4.7	854.7	857.5	860.3	863.0	865.8	868.6	871.4	874.2	877.0	879.8
4.8	882.7	885.5	888.3	891.1	894.0	896.8	899.7	902.5	905.4	908.2
4.9	911.1	914.0	916.8	919.7	922.6	925.5	928.4	931.3	934.2	937.1
5.0	940.0	942.9	945.8	948.8	951.7	954.6	957.6	960.5	963.5	966.4
5.1	969.4	972.4	975.4	978.3	981.3	984.3	987.3	990.3	993.3	996.3
5.2	999.3	1002.	1005.	1008.	1011.	1014.	1018.	1021.	1024.	1027.
5.3	1030.	1033.	1036.	1039.	1042.	1045.	1048.	1051.	1054.	1058.
5.4	1061.	1064.	1067.	1070.	1073.	1076.	1079.	1083.	1086.	1089.
5.5	1092.	1095.	1098.	1102.	1105.	1108.	1111.	1114.	1118.	1121.
5.6	1124.	1127.	1131.	1134.	1137.	1140.	1143.	1147.	1150.	1153.
5.7	1157.	1160.	1163.	1166.	1170.	1173.	1176.	1180.	1183.	1186.
5.8	1190.	1193.	1196.	1200.	1203.	1206.	1210.	1213.	1216.	1220.
5.9	1223.	1226.	1230.	1233.	1237.	1240.	1243.	1247.	1250.	1254.
6.0	1257.	1261.	1264.	1268.	1271.	1274.	1278.	1281.	1285.	1288.
6.1	1292.	1295.	1299.	1302.	1306.	1309.	1313.	1316.	1320.	1323.
6.2	1327.	1331.	1334.	1338.	1341.	1345.	1348.	1352.	1356.	1359.
6.3	1363.	1366.	1370.	1374.	1377.	1381.	1384.	1388.	1392.	1395.
6.4	1399.	1403.	1406.	1410.	1414.	1417.	1421.	1425.	1428.	1432.
6.5	1436.	1442.	1447.	1452.	1457.	1461.	1466.	1471.	1475.	1480.
6.6	1484.	1489.	1494.	1498.	1503.	1507.	1511.	1516.	1520.	1525.
6.7	1529.	1533.	1538.	1542.	1546.	1551.	1555.	1559.	1563.	1568.
6.8	1572.	1576.	1580.	1584.	1589.	1593.	1597.	1601.	1605.	1609.
6.9	1613.	1617.	1621.	1625.	1630.	1634.	1638.	1642.	1646.	1650.
7.0	1654.	1658.	1662.	1666.	1670.	1674.	1678.	1682.	1686.	1690.
7.1	1694.	1698.	1702.	1706.	1710.	1714.	1718.	1722.	1726.	1730.
7.2	1734.	1738.	1742.	1746.	1750.	1754.	1758.	1762.	1766.	1771.
7.3	1775.	1779.	1783.	1787.	1791.	1795.	1799.	1804.	1808.	1812.
7.4	1816.	1820.	1825.	1829.	1833.	1838.	1842.	1846.	1851.	1855.
7.5	1859.	1864.	1868.	1873.	1877.	1882.	1886.	1891.	1895.	1900.
7.6	1904.	1909.	1914.	1918.	1923.	1928.	1933.	1937.	1942.	1947.
7.7	1952.	1957.	1962.	1967.	1972.	1977.	1982.	1987.	1992.	1997.
7.8	2002.	2007.	2013.	2018.	2023.	2029.	2034.	2039.	2045.	2050.
7.9	2056.	2061.	2067.	2073.	2078.	2084.	2090.	2096.	2102.	2107.
8.0	2113.	2119.	2125.	2131.	2138.	2144.	2150.	2156.	2162.	2169.
8.1	2175.	2182.	2188.	2195.	2201.	2208.	2215.	2221.	2228.	2235.
8.2	2242.	2249.	2256.	2263.	2270.	2277.	2284.	2292.	2299.	2306.
8.3	2314.	2321.	2329.	2336.	2344.	2352.	2360.	2367.	2375.	2383.
8.4	2391.	2399.	2408.	2416.	2424.	2432.	2441.	2449.	2458.	2466.
8.5	2475.	2484.	2493.	2502.	2510.	2520.	2529.	2538.	2547.	2556.
8.6	2566.	2575.	2585.	2594.	2604.	2614.	2623.	2633.	2643.	2653.
8.7	2663.	2673.	2684.	2694.	2704.	2715.	2725.	2736.	2747.	2758.
8.8	2769.	2780.	2791.	2802.	2813.	2824.	2836.	2847.	2859.	2870.
8.9	2882.	2894.	2906.	2918.	2930.	2942.	2954.	2966.	2979.	2991.
9.0	3004.									

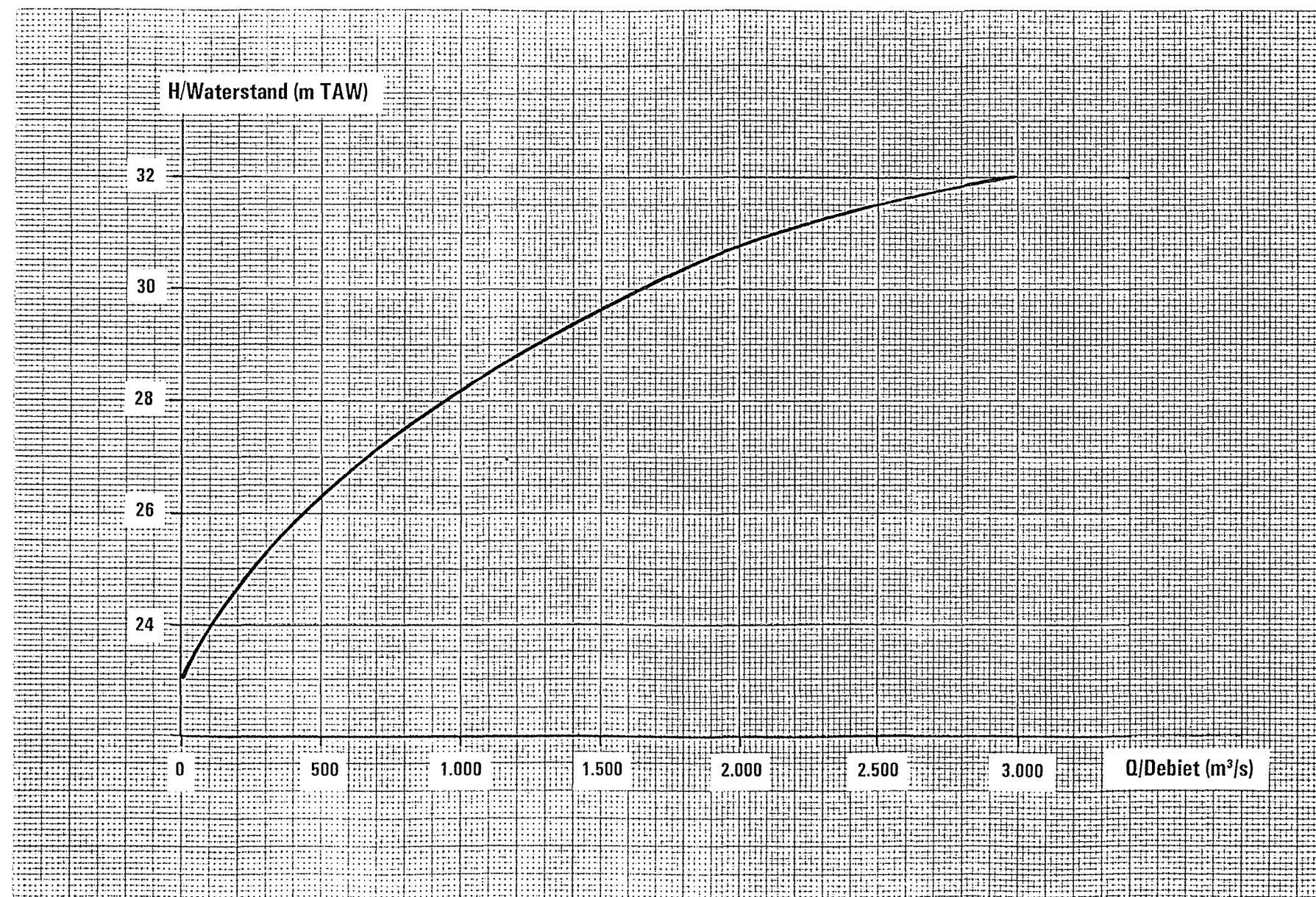
Q (m³/s)



VERSLAG HOGE WATERSTANDEN
GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 14

H - Q kromme van hydrometrisch station
te Maaseik





VERSLAG HOGE WATERSTANDEN GRENSMAAS DEC 93 en JAN-FEB 95

Bijlage 15

H - Q relatie van hydrometrisch station te Lanaken-Smeermaas

waterstand (nulpunt peilschaal 38m TAW)

H	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.5			.2954	.6738	1.058	1.447	1.842	2.243	2.649	3.060
0.6	3.477	3.899	4.327	4.760	5.199	5.643	6.093	6.548	7.009	7.475
0.7	7.946	8.423	8.905	9.393	9.886	10.38	10.89	11.40	11.91	12.43
0.8	12.96	13.49	14.03	14.57	15.12	15.67	16.23	16.79	17.36	17.93
0.9	18.51	19.10	19.69	20.28	20.88	21.49	22.10	22.72	23.34	23.97
1.0	24.60	25.24	25.88	26.53	27.19	27.85	28.51	29.18	29.86	30.54
1.1	31.22	31.91	32.61	33.31	34.02	34.73	35.45	36.17	36.90	37.64
1.2	38.37	39.12	39.87	40.62	41.38	42.15	42.92	43.69	44.47	45.26
1.3	46.05	46.85	47.65	48.46	49.27	50.09	50.91	51.74	52.57	53.41
1.4	54.25	55.10	55.95	56.81	57.68	58.55	59.42	60.30	61.18	62.07
1.5	62.97	63.87	64.77	65.68	66.60	67.52	68.45	69.38	70.31	71.25
1.6	72.20	73.15	74.11	75.07	76.04	77.01	77.99	78.97	79.96	80.95
1.7	81.95	82.95	83.96	84.97	85.99	87.01	88.04	89.07	90.11	91.15
1.8	92.20	93.25	94.31	95.37	96.44	97.51	98.59	99.67	100.8	101.9
1.9	103.0	104.1	105.2	106.3	107.4	108.5	109.6	110.8	111.9	113.1
2.0	114.2	115.4	116.5	117.7	118.9	120.0	121.2	122.4	123.6	124.8
2.1	126.0	127.2	128.4	129.6	130.8	132.0	133.3	134.5	135.7	137.0
2.2	138.2	139.5	140.7	142.0	143.2	144.5	145.7	147.0	148.2	149.5
2.3	150.7	152.0	153.2	154.5	155.8	157.0	158.3	159.5	160.8	162.1
2.4	163.3	164.6	165.9	167.2	168.4	169.7	171.0	172.3	173.5	174.8
2.5	176.1	177.4	178.7	180.0	181.3	182.6	183.9	185.2	186.5	187.8
2.6	189.1	190.5	191.8	193.1	194.4	195.8	197.1	198.4	199.8	201.1
2.7	202.5	203.8	205.2	206.6	207.9	209.3	210.7	212.0	213.4	214.8
2.8	216.2	217.6	219.0	220.4	221.8	223.2	224.7	226.1	227.5	229.0
2.9	230.4	231.8	233.3	234.8	236.2	237.7	239.2	240.6	242.1	243.6
3.0	245.1	246.6	248.1	249.7	251.2	252.7	254.2	255.8	257.3	258.9
3.1	260.5	262.0	263.6	265.2	266.8	268.4	270.0	271.6	273.2	274.8
3.2	276.5	278.1	279.8	281.4	283.1	284.8	286.4	288.1	289.8	291.5
3.3	293.2	295.0	296.7	298.4	300.2	301.9	303.6	305.4	307.2	308.9
3.4	310.7	312.5	314.3	316.1	317.9	319.7	321.5	323.3	325.1	327.0
3.5	328.8	330.6	332.5	334.3	336.2	338.1	339.9	341.8	343.7	345.6
3.6	347.5	349.4	351.3	353.2	355.1	357.0	358.9	360.9	362.8	364.8
3.7	366.7	368.7	370.6	372.6	374.5	376.6	378.5	380.5	382.5	384.5
3.8	386.5	388.6	390.6	392.6	394.6	396.7	398.7	400.7	402.8	404.9
3.9	406.9	409.0	411.1	413.1	415.2	417.3	419.4	421.5	423.6	425.7
4.0	427.9	430.0	432.1	434.2	436.4	438.5	440.7	442.8	445.0	447.2
4.1	449.3	451.5	453.7	455.9	458.1	460.3	462.5	464.7	466.9	469.1
4.2	471.3	473.6	475.8	478.0	480.3	482.5	484.8	487.0	489.3	491.6
4.3	493.8	496.1	498.4	500.7	503.0	505.3	507.6	509.9	512.2	514.5
4.4	516.9	519.2	521.5	523.9	526.2	528.6	530.9	533.3	535.6	538.0
4.5	540.4	542.7	545.1	547.5	549.9	552.3	554.7	557.1	559.5	561.9
4.6	564.4	566.8	569.2	571.7	574.1	576.5	579.0	581.4	583.9	586.4
4.7	588.8	591.3	593.8	596.3	598.8	601.2	603.7	606.2	608.7	611.3
4.8	613.8	616.3	618.8	621.3	623.9	626.4	628.9	631.5	634.0	636.6
4.9	639.2	641.7	644.3	646.9	649.4	652.0	654.6	657.2	659.8	662.4
5.0	665.0	667.6	670.2	672.8	675.4	678.0	680.7	683.3	685.9	688.6
5.1	691.2	693.9	696.5	699.2	701.8	704.5	707.2	709.9	712.5	715.2
5.2	717.9	720.6	723.3	726.0	728.7	731.4	734.1	736.8	739.5	742.2
5.3	745.0	747.7	750.4	753.2	755.9	758.7	761.4	764.2	766.9	769.7
5.4	772.4	775.2	778.0	780.8	783.5	786.3	789.1	791.9	794.7	797.5
5.5	800.3	803.1	805.9	808.7	811.6	814.4	817.2	820.0	822.9	825.7
5.6	828.5	831.4	834.2	837.1	839.9	842.8	845.7	848.5	851.4	854.3
5.7	857.1	860.0	862.9	865.8	868.7	871.6	874.5	877.4	880.3	883.2
5.8	886.1	889.0	891.9	894.8	897.8	900.7	903.6	906.6	909.5	912.4
5.9	915.4	918.3	921.3	924.2	927.2	930.1	933.1	936.1	939.1	942.0
6.0	945.0	948.0	951.0	954.0	956.9	959.9	962.9	965.9	968.9	971.9
6.1	974.9	978.0	981.0	984.0	987.0	990.0	993.1	996.1	999.1	1002.1
6.2	1005.1	1008.1	1011.1	1014.1	1017.1	1020.1	1023.1	1027.1	1030.1	1033.1
6.3	1036.1	1039.1	1042.1	1045.1	1048.1	1051.1	1054.1	1057.1	1060.1	1063.1
6.4	1067.1	1070.1	1073.1	1076.1	1079.1	1082.1	1085.1	1088.1	1091.1	1095.1
6.5	1098.1	1101.1	1104.1	1107.1	1110.1	1113.1	1116.1	1120.1	1123.1	1126.1
6.6	1129.1	1132.1	1135.1	1139.1	1142.1	1145.1	1148.1	1151.1	1154.1	1158.1
6.7	1161.1	1164.1	1167.1	1170.1	1173.1	1177.1	1180.1	1183.1	1186.1	1189.1
6.8	1193.1	1196.1	1199.1	1202.1	1205.1	1209.1	1212.1	1215.1	1218.1	1221.1
6.9	1225.1	1228.1	1231.1	1234.1	1238.1	1241.1	1244.1	1247.1	1251.1	1254.1
7.0	1257.1	1260.1	1264.1	1267.1	1270.1	1273.1	1277.1	1280.1	1283.1	1286.1
7.1	1290.1	1293.1	1296.1	1299.1	1303.1	1306.1	1309.1	1312.1	1316.1	1319.1
7.2	1322.1	1326.1	1329.1	1332.1	1335.1	1339.1	1342.1	1345.1	1349.1	1352.1
7.3	1355.1	1359.1	1362.1	1365.1	1368.1	1372.1	1375.1	1378.1	1382.1	1385.1
7.4	1388.1	1392.1	1395.1	1398.1	1402.1	1405.1	1408.1	1412.1	1415.1	1418.1
7.5	1422.1	1425.1	1428.1	1432.1	1435.1	1439.1	1442.1	1446.1	1449.1	1453.1
7.6	1456.1	1460.1	1464.1	1468.1	1471.1	1475.1	1479.1	1483.1	1487.1	1491.1
7.7	1495.1	1499.1	1503.1	1507.1	1512.1	1516.1	1520.1	1525.1	1529.1	1534.1
7.8	1538.1	1543.1	1547.1	1552.1	1557.1	1562.1	1567.1	1572.1	1577.1	1582.1
7.9	1587.1	1593.1	1598.1	1603.1	1609.1	1615.1	1620.1	1626.1	1632.1	1638.1
8.0	1644.1	1650.1	1656.1	1662.1	1669.1	1675.1	1682.1	1688.1	1695.1	1702.1
8.1	1709.1	1716.1	1723.1	1730.1	1737.1	1745.1	1752.1	1760.1	1767.1	1775.1
8.2	1783.1	1791.1	1799.1	1807.1	1816.1	1824.1	1833.1	1841.1	1850.1	1859.1
8.3	1868.1	1877.1	1887.1	1896.1	1905.1	1915.1	1925.1	1935.1	1945.1	1955.1
8.4	1965.1	1976.1	1986.1	1997.1	2008.1	2019.1	2030.1	2041.1	2052.1	2064.1
8.5	2075.1	2087.1	2099.1	2111.1	2122.1	2134.1	2146.1	2158.1	2170.1	2182.1
8.6	2194.1	2206.1	2218.1	2230.1	2243.1	2255.1	2267.1	2279.1	2292.1	2304.1
8.7	2316.1	2329.1	2341.1	2354.1	2366.1	2379.1	2391.1	2404.1	2416.1	2429.1
8.8	2442.1	2454.1	2467.1	2480.1	2493.1	2506.1	2519.1	2532.1	2545.1	2558.1
8.9	2571.1	2584.1	2597.1	2610.1	2623.1	2636.1	2650.1	2663.1	2676.1	2690.1
9.0	2703.1	2716.1	2730.1	2743.1	2757.1	2770.1	2784.1	2798.1	2811.1	2825.1
9.1	2839.1	2852.1	2866.1	2880.1	2894.1	2908.1	2922.1	2936.1	2950.1	2964.1
9.2	2978.1	2992.1	3006.1	3020.1	3034.1	3048.1	3063.1	3077.1	3091.1	3106.1
9.3	3120.1									

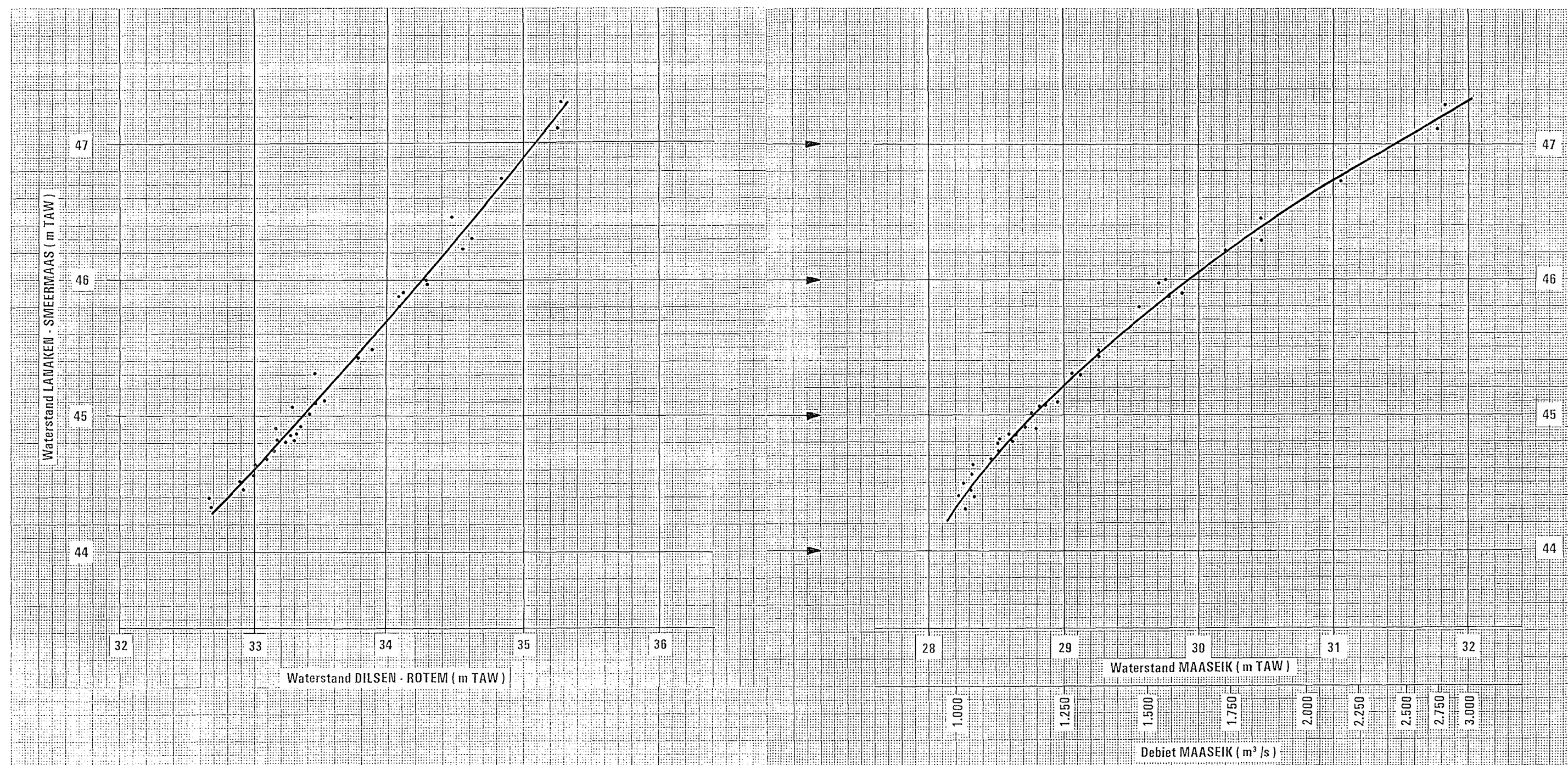
Q (m³/s)

Toelichting bij het gebruik van de grafieken via een praktisch voorbeeld

Gevraagd: Hoeveel bedraagt de topwaterstand te Dilsen-Rotem alsook de topwaterstand en het debiet te Maaseik voor een waterstand 46,00m TAW te Lanaken-Smeermaas?

Oplossing: Van 46,00m op de linkse verticale as van de waterstand Lanaken-Smeermaas gaat men naar rechts.
Via de linkse correlatiekromme vindt men op de horizontale as de overeenkomende topwaterstand te Dilsen-Rotem en via de rechtse correlatiekromme de topwaterstand alsook het topdebiet te Maaseik.

Opmerking: er kan ook omgekeerd gewerkt worden.



Samenstelling

ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
departement Leefmilieu en Infrastructuur
administratie Waterwegen en Zeewezen
afdeling Waterbouwkundig Laboratorium
en Hydrologisch Onderzoek
dienst Hydrologisch Onderzoek

Verantwoordelijke uitgever

ing. J. Heylen
hoofd dienst Hydrologisch Onderzoek

depotnummer: D/1995/3241/160