

Kwaliteit van de afgevoerde neerslag van een hoofdweg in Lelystad

In de woonwijk Bastion in Lelystad wordt door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders (RIJP) onderzoek verricht naar de kwaliteit van het afstromende regenwater. Naar verwachting wordt daarmee een goede indruk verkregen van de met de neerslag afstromende verontreiniging. Metingen elders in Lelystad bevestigen dit [Uunk, 1984]. Hoofdwegen komen in dergelijke wijken echter niet voor; in de hedentijdse stedenbouw zijn de woonwijken als het ware als eilanden vervlochten in een net van hoofdwegen. Omdat bekend is dat het



F. H. M. VAN DE VEN
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Wetenschappelijke Afd. Lelystad, thans DBW/RIZA



A. OLDENKAMP
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Wetenschappelijke Afdeling Lelystad

verkeer een belangrijke bron is van verontreiniging [o.a. Nelissen, 1982], is het gewenst om enig inzicht in de omvang hiervan te krijgen, temeer omdat de tendens bestaat om steeds meer hoofdwegen als nog te rioleren. De regenwaterafvoer loost dan vaak direct op het oppervlaktewater, terwijl in het verleden het water goeddeels afstroomde via en infiltreerde in de wegbermen [Voortman, 1977].

Om de benodigde metingen te kunnen verrichten is een deel van de zuidelijke rijbaan van een hoofdweg in Lelystad ingericht als meetgebied. Er is op zo eenvoudig mogelijke wijze een meetopstelling gemaakt met als doel om ca. 10 buien te bemonsteren. Met de resultaten wordt een indruk verkregen van de omvang van de verontreiniging.

Meetgebied en meetmethode

Nadat een geschikte locatie op de Houtribdreef was gevonden, is de weg gewaterpast. Het stroomgebied dat afvoerde op één rioolkolk is aan de hand van de resultaten vastgesteld. De natuurlijke waterscheiding is door het aanbrengen van plakstrepen verhoogd, waardoor een scherpe begrenzing van het stroomgebied verkregen is. Het gebied heeft een oppervlakte van 176 m² (22x8 m). Het wegdek is van asfalt. Zie afb. 1. Bij neerslag stroomt het afstromende water via de bestaande rioolkolk het regenwaterriool in.

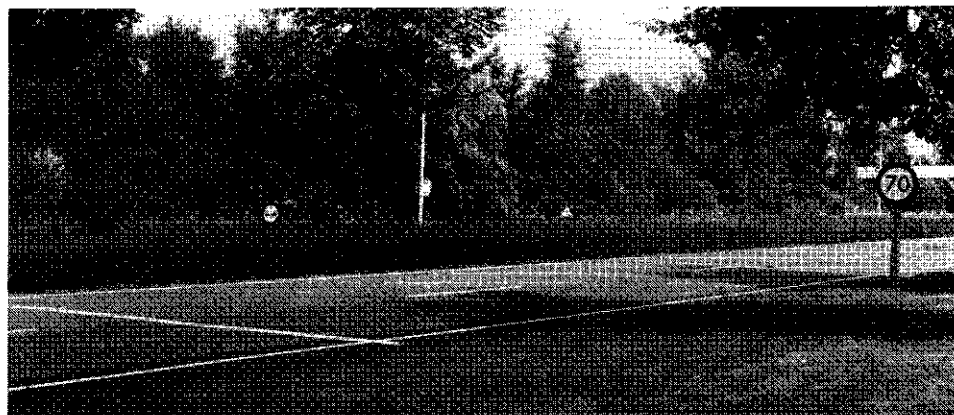
Voor het onderzoek is een PVC-tank (inhoud ca. 3 m³ ofwel ca. 17 mm) in de grond aangebracht en is de afvoer van de kolk daarop aangesloten. Deze aansluiting is zo ge-

construeerd, dat bij een volle tank het overtollige water alsnog het riool instroomt. De tank is voorzien van een afsluiter en een mangat. Na elke neerslaggebeurtenis is de tank leeggepompt, schoongemaakt en uitgewassen met gedemineraliseerd water. Tijdens het onderzoek is juist buiten het meetgebied een verkeersteller geplaatst. Deze meter is, met uitsluiting van de weekenden, dagelijks opgenomen. De metingen liepen van april tot november 1984. De volgende gemiddelde verkeersintensiteiten zijn waargenomen:

vrijdag t/m zondag	8519 voertuigen
maandag	3343 voertuigen per dag
dinsdag	3561 voertuigen per dag
woensdag	3601 voertuigen per dag
donderdag	3435 voertuigen per dag
gemiddeld	3189 voertuigen per dag.

Doordat alle neerslag van één bui in de tank werd verzameld is elk genomen monster automatisch een volume-proportioneel monster. Helaas is gedurende de waterkwaliteitsbemonsteringen de in de tank aanwezige hoeveelheid water niet gemeten, waardoor geen gegevens bekend zijn over de afgevoerde hoeveelheden en de afvloeiingscoëfficiënt. Aanvullende metingen zijn verricht om deze grootheden te bepalen. De tank is daartoe geijkt en van een 13-tal buien in de periode maart '86 tot juli '86 is de neerslagsom en de in de tank opgevangen hoeveelheid afvoer gemeten. Deze metingen zijn verwerkt en hebben de volgende regressievergelijking opgeleverd: Opgevangen hoeveelheid (mm) = 0,77 x neerslagsom (mm) - 0,54. De correlatiecoëfficiënt voor deze vergelijking is 0,984. Naast de normale neerslagverliesprocessen als verdamping, bevochtiging en berging in plassen speelt bij dergelijke wegen ook het neerslagverlies door verstuuving van water een rol. De monsters zijn voor zover mogelijk geanalyseerd door het RIJP-laboratorium. De PAK-bepalingen en de bepalingen van enige andere organische componenten zijn echter verricht in het RIZA-laboratorium.

Afb. 1 - Het meetgebied Houtribdreef.



In totaal zijn 71 verschillende waterkwaliteitsvariabelen in de monsters bepaald.

Resultaten

In tabel I is een overzicht gegeven van de belangrijkste resultaten. De gewogen gemiddelden, de mediaan, het minimum en het maximum van de gemeten concentraties staan eveneens vermeld, alsmede de afgestroomde hoeveelheden verontreiniging in g · km⁻¹ · a⁻¹ of kg · km⁻¹ · a⁻¹. Daarbij is uitgegaan van een gemiddelde neerslaghoeveelheid van 747 mm per jaar [Van de Ven, in voorber.] en een afvloeiingscoëfficiënt van 0,69. Deze coëfficiënt is afgeleid uit de totale neerslagsom en de totale hoeveelheid afvoer van de 13 buien in de periode maart '86 tot juli '86.

In totaal zijn in de periode juni '84 tot en met juni '85 11 buien bemonsterd, in omvang variërend tussen 3,0 en 27 mm neerslag. Bij de bui van 27 mm werd de tank gedurende de bui leeggepompt en werd het monster samengesteld uit het water in de tank vóór het leegmaken en dat erna. Niet alle chemische bepalingen zijn in alle monsters gedaan; met name in de bepaling van organische verbindingen is een aantal variabelen geschrapt omdat deze in de eerste vier buien niet konden worden aangetoond. Voor de berekening van de gemiddelde concentraties zijn de meetwaarden gewogen met de hoeveelheid neerslag. Voor waarden kleiner dan de detectielimiet (dl) is 0,5 * dl genomen. Zowel de gewogen gemiddelden als de mediaan zijn gebruikt voor de verdere berekeningen.

Ter vergelijking van de meetresultaten met elders gevonden waarden is in tabel II een vergelijkend overzicht gegeven.

De mate van bacteriologische verontreiniging van de Houtribdreef is in vergelijking met de woonwijken in binnen- en buitenland groot. De directe bemesting door honden en vogels zal op een stadshoofdweg als de Houtribdreef beperkt zijn, maar niet onmogelijk. Indirecte bemesting is mogelijk door het meevoeren

TABEL I – De kwaliteit van de regenwaterafvoer van een hoofdweg (Houtribdreef, Lelystad).

		Vracht (op basis van gemiddelde [a] en mediaan [b])									
Eenheden		Aantal bepalingen	Gewogen gem. [a]	Mediaan [b]	Minimum	Maximum	kg · km ⁻¹ · a ⁻¹ [a]	kg · km ⁻¹ · a ⁻¹ [b]	mg · km ⁻¹ per voertuig [a]	mg · km ⁻¹ per voertuig [b]	
Neerslag	totaal 95,9	mm	11	7,8	3	27					
Afvoer	totaal 67,8	mm	11	5,46	1,77	20,22					
Mg. gesusp. mat. – tot. dr. gew.		mg/l	11	149,65	98,9	15,9	380,3	617,08	407,81	530,14	350,36
	– asrest	mg/l	11	102,76	65,7	8,9	265	423,71	270,91	364,02	232,74
	– org. stof	mg/l	11	46,91	33,3	7	115,3	193,42	137,31	166,16	117,96
Faecale streptococci		MPN/100 ml	8	23.430	10.500	1.000	260.000	–	–	–	–
Thermo tol. gist. bact.		MPN/100 ml	8	8.294	3.950	810	63.000	–	–	–	–
NH ₄		mgN/l	11	1,22	1,3	0,29	2,5	5,02	5,36	4,32	4,6
NO ₃ + NO ₂		mgN/l	11	0,9	0,9	0,2	2,3	3,72	3,71	3,2	3,18
Tot. N. vlgs. Kjeldahl		mgN/l	11	0,33	2,7	0,8	10	13,73	11,13	11,8	9,56
Tot. N. vlgs. Kjeldahl gefiltr.		mgN/l	11	1,51	1,6	0,2	3,3	6,23	6,6	5,36	5,66
BZV 20-5		mg O ₂ /l	11	8,95	5	2	22	36,89	20,62	31,7	17,72
BZV 20-5 gefiltr.		mg O ₂ /l	10	1,91	2,5	1	5	7,87	10,31	6,76	8,86
BZV 20-2		mg O ₂ /l	8	4,44	4	2	7	18,33	16,49	15,74	14,18
BZV 20-10		mg O ₂ /l	10	14,81	8,5	4	26	61,07	35,05	52,46	30,12
BZV 20-10 ongeremd		mg O ₂ /l	10	16,54	11,5	4	29	68,19	47,42	58,58	40,74
CZV		mg O ₂ /l	11	120,3	78	19	280	496,04	321,63	426,16	276,32
CZV gefiltr.		mg O ₂ /l	10	18,45	19	7	49	76,1	78,35	65,38	67,3
P-totaal		mg/l	11	0,34	0,26	0,05	0,76	1,39	1,07	1,2	0,92
P-totaal gefiltr.		mg/l	10	0,2	0,03	0	0,08	0,08	0,12	0,08	0,1
P-ortho		mg/l	11	0,1	0,011	0,002	0,027	0,036	0,045	0,03	0,038
Cl		mg/l	11	93,59	6	1	824	385,93	24,74	331,56	21,26
Fe		mg/l	9	6,9	5,41	1,92	18,18	28,44	22,31	24,44	19,16
Fe gefiltr.		mg/l	9	0,14	0,11	0,05	0,57	0,57	0,45	0,5	0,38
pH		mg/l	9	6,65	6,81	5,8	7,8				
Spec. geleidingsvermogen		µS bij 18 °C	7	497,3	81	62	2.750				
Temp.		°C	5	14,88	14	8	17,5				
Actuele O ₂ -gehalte		mg/l	5	9,13	9	8,3	9,9				
Olie		mg/l	10	6,67	3,97	1,48	16	27,5	16,37	23,62	14,06
SiO ₂		mg/l	10	0,64	0,675	0,29	1,28	2,62	2,78	2,26	2,4
SO ₄		mg/l	10	9,65	10,25	4,8	14,4	39,78	42,27	34,18	36,32
Ca gefiltr.		mg/l	10	5	5,05	2,9	8,4	20,64	20,82	17,72	17,88
Mg gefiltr.		mg/l	10	0,45	0,45	0	1,6	1,86	1,86	1,6	1,6
K		mg/l	10	0,78	0,65	0,6	1,7	3,21	2,68	2,76	2,3
Na		mg/l	10	3,33	3,2	1,6	7,3	13,72	13,2	11,78	11,34
Alkaliteit CO ₃		mg/l	10	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO ₃		mg/l	10	15,7	16	9	29	64,74	65,98	55,62	56,68
OH		mg/l	10	0	0	0	0	0	0	0	0
POC		mg C/l	9	29,7	20	8,1	71,5	122,46	82,47	105,2	70,68
DOC		mg C/l	9	2,94	3,1	0,2	6,2	12,11	12,78	10,4	10,98
Pb		µg/l	10	445,98	342,5	143	1.289	1,84	1,41	1,58	1,22
Cd		µg/l	9	2,41	1,6	0,9	6,5	0,01	0,007	0,008	0,006
Cu		µg/l	10	77,9	49,15	25,2	179	0,321	0,203	0,276	0,174
Cr		µg/l	9	15,95	10,3	< 5	47,5	0,066	0,042	0,056	0,036
Zn		µg/l	10	325,72	247,5	124	719	1,343	1,021	1,154	0,876
Ni		µg/l	9	13,85	9,9	4,6	42,7	0,057	0,041	0,05	0,036
Pb gefiltr.		µg/l	9	5,55	7,9	< 5	23	0,023	0,033	0,02	0,028
Cu gefiltr.		µg/l	9	8,51	10,3	< 5	13,9	0,035	0,042	0,03	0,036
Zn gefiltr.		µg/l	10	114,86	90,5	46,5	302	0,474	0,373	0,406	0,32
Fluor antheen Flu		ng/l	8	1.873,97	735	90	7.200	7,73	3,03	6,64	2,6
Benzo (b) fluor antheen Bbf		ng/l	8	815,05	435	90	2.400	3,36	1,79	2,88	1,54
Benzo (k) fluor antheen BkF		ng/l	8	284,24	140	50	1.000	1,17	0,58	1	0,5
Benzo (a) pyreen BaP		ng/l	8	427,83	200	60	1.500	1,76	0,82	1,52	0,7
Benzo (ghi) peryleene Bghip		ng/l	8	458,39	210	60	1.800	1,89	0,87	1,62	0,74
Indeno (1,2,3,c,d) pyreen IP		ng/l	8	672,44	375	70	2.000	2,77	1,55	2,38	1,32
α Hexachloorcyclohexaan		µg/l	9	0,01	0,01	< 0,01	0,01	0,035	0,041	0,03	0,036
Hexachloorbenzeen		µg/l	4	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,02	< 0,02	< 0,016	< 0,016
γ Hexachloorcyclohexaan		µg/l	9	0,06	0,04	< 0,01	0,13	0,242	0,165	0,208	0,142
Heptachloor		µg/l	4	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,02	< 0,02	< 0,016	< 0,016
Aldrin		µg/l	4	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,005	< 0,062	< 0,062	< 0,054	< 0,054
Heptachloor epoxide		µg/l	4	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,042	< 0,042	< 0,036	< 0,036
α Endosulfan		µg/l	9	0,02	0,02	< 0,01	0,04	0,102	0,082	0,088	0,07
Dieldrin		µg/l	4	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,046	< 0,082	< 0,04	< 0,072
p,p' DDE		µg/l	4	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,02	< 0,02	< 0,016	< 0,016
o,p' DDD		µg/l	4	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,042	< 0,042	< 0,036	< 0,036
Endrin		µg/l	4	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,062	< 0,062	< 0,052	< 0,052
p,p' DDD		µg/l	4	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,062	< 0,062	< 0,052	< 0,052
o,p' DDT		µg/l	4	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,062	< 0,062	< 0,052	< 0,052
p,p' DDT		µg/l	4	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,082	< 0,082	< 0,072	< 0,072
Pentachloor fenol		µg/kg	6	0,1	0,105	0,03	0,25	0,424	0,433	0,364	0,372
As		µg/l	10	2,71	1,9	0,2	8,5	11,16	7,83	9,58	6,74
Dichloor methaan		µg/l	8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	< 2,06	< 2,06	< 1,76	< 1,76
Trichloor methaan		µg/l	8	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,07	< 0,206	< 0,206	< 0,176	< 0,176

TABEL II – Gemiddelden en/of boven- en ondergrenzen van de concentraties van verontreinigingen in het afgevoerde regenwater van enige gebieden (minimum - gewogen gemiddelde - maximum).

Kwaliteitsvariabele	Eenheid	Houtribdreef	Verkeersweg		Woonwijk ³		Stedelijk ⁵ gebied	IMP-norm Basiskwaliteit oppervlaktewater
			Florida ¹	Autoweg ²	Bastion	Woonwijk ⁴		
Faec. Coli.	MPN/100 ml	8.300 (gew. gem.)	2.400	10-1.000	13.115 (gew. gem.)	1.530-132.500		mediaan MPN ≤ 2.000
Faec. Strept.	MPN/100 ml	23.000 (gew. gem.)	2.900		28.465 (gew. gem.)	20.000		
Zwevende stof	mg/l	16-150-380	15	28-1.178	41,9	59-930		
Org. Zw. st.	mg/l	7-47-115		18-86	13,2	33-74		
BZV 20-5	mg/l	2-8,95-22	9	12-32	3,6	7-13		5
CZV	mg/l	19-120-280	59	128-171	24	37-99		
DOC	mg/l	0,2-2,94-6,2			2,09	5-21		
N-NH ₄	mg/l	0,3-1,2-2,5	0,13	0,002-2,1	1,05	0,15-2,5		1
N-NO ₃	mg/l	0,2-0,9-2,3	0,28		1,05	0,1-1,7		10
N-Kjeldahl	mg/l	0,8-3,3-10	0,68		1,77	1,5-3,6		
P-tot.	mg/l	0,05-0,3-0,76	0,08		0,42	0,22-1,5		
Zn	µg/l	124-326-719	90		414	100-320	440	200
Pb	µg/l	143-446-1.290	282	150-2.900	76	50-310	90	50
Cu	µg/l	25,2-77,9-179	6,5		12,6	< 6-57	19	50
Cr	µg/l	< 5,0-16-48	17		10,9	< 5-45		
Cd	µg/l	0,9-2,4-6,5	0,7		0,8	< 0,5-2,9		2,5
Ni	µg/l	4,6-13,9-42,7			16,3		16	50
Σ PAK (6 Borneff)	µg/l	0,42-4,53-15,9			0,92		0,23-2,2 ⁶	mediaan som ≤ 0,1
α-HCH	µg/l	< 0,01- < 0,01- < 0,01			0,01		0,02	0,02
Minerale olie	mg/l	1,5-6,7-16			1,02	0,5-1,0		

¹ Gemiddelden van 13-280 monsters: Matraw [1978] in NWRW [1986].

² Ellis [1986]: monsters waarschijnlijk afkomstig van de M1 nabij Londen; zeer hoge verkeersintensiteit.

³ Gewogen gemiddelde concentratie over alle afvoer in '82, '83 en '84 van het stedelijk Wateronderzoek in Lelystad.

⁴ NWRW [1986].

⁵ Monsters van regenwaterafvoer genomen op meer dan 80 plaatsen verspreid over de stedelijke agglomeratie rond Toronto [Marsalek, 1986].

⁶ Metingen aan bergingsvijvers voor regenwaterafvoer van de A1 door Zuiveringsschap Amstel- en Gooiland [Feenstra en v.d. Most, 1985].

van dierlijke faeces aan de banden van de voertuigen afkomstig van het naastgelegen parkeerterrein en uit de woonwijken in de omgeving.

De verschillen in het zwevende stofgehalte zijn niet eenduidig. Plaatselijke omstandigheden spelen vaak een grote rol.

Het waargenomen maximum in de BZV-concentratie ligt hoger dan in de twee woonwijken; de gemiddelden ontlopen elkaar niet zoveel. Voor het CZV ligt het gemiddelde wel hoger. Dit duidt op een slechtere afbreekbaarheid van de verontreiniging in de wegafvoer.

In de stikstof- en fosfaatconcentraties zijn geen opvallende verschillen te constateren, behoudens wellicht het hoge N-Kjeldahl maximum. Het betreft een uitschieter in de waarnemingen. Een verklaring ervoor ontbreekt.

Voor wat betreft de zware metalen zijn vooral de gehalten aan zink, lood en koper hoog in vergelijking met elders gevonden waarden.

De lood- en zinkverontreiniging van de Houtribdreef zijn duidelijk gerelateerd aan het verkeer. Lood komt vooral uit benzine. In Canada wordt voor het overgrote deel loodvrije benzine gebruikt, waardoor de gemiddelde loodconcentratie daar relatief laag is.

Vóór 1978 werd in de Verenigde Staten nog op grote schaal gelode benzine gebruikt, vandaar dat Matraw nog een gemiddelde van 282 µg/l lood vindt. Zink is vooral afkomstig van de sleet van autobanden. Voor het hoge gemiddelde uit Canada ontbreekt een duidelijke verklaring. Wellicht

is het een gevolg van corrosie, bijvoorbeeld van verzinkt wegmeubilair. Het verhoogde kopergehalte kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan slijtage van banden en remvoeringen. Gegeven het feit dat zich ca. 50 m na het meetgebied een inrit bevindt naar een druk parkeerterrein bij een winkelcentrum is het niet verwonderlijk dat sporen van remvoering in het meetgebied worden aangetroffen.

De gehalten van chroom, cadmium en nikkel zijn niet duidelijk hoger dan de elders gemeten waarden.

Opgemerkt zij dat de neerslag een belangrijke bron van verontreiniging door zware metalen kan vormen. In het kader van dit artikel blijft deze bron evenwel buiten beschouwing. Het gehalte aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen – althans de 6 van Borneff – ligt hoger dan de in een bergingsvijver gemeten waarden. Waarschijnlijk moet dit worden toegeschreven aan bezinking van deze stoffen in de vijver. In beide gevallen was fluorantheen het sterkst vertegenwoordigd. In de bergingsvijver was dit 'verreweg de grootste bijdrage' [Feenstra, v.d. Most, 1985]; bij de Houtribdreef was dit niet zo sterk het geval. De gemiddelde gehalten vertoonden een afnemende bijdrage volgens de reeks:

1. fluorantheen (Flu)
 2. benzo (b) fluorantheen (BbF)
 3. indeno (1, 2, 3, c, d.) pyreen (IP)
 4. benzo (ghi) peryleen (BghiP)
 5. benzo (a) pyreen (BaP)
 6. benzo (k) fluorantheen (BkF).
- Overeenkomstig de ervaringen van Marsalek

[1986] wordt α-HCH, γ-HCH en α-Endosulfan regelmatig in de monsters teruggevonden.

Minerale olie tenslotte wordt in hoge concentraties gevonden in de afvoer van de hoofdweg. De gladheidsbestrijding blijkt incidenteel van grote invloed op de kwaliteit van de afvoer. Dat de hoge gehalten van metalen en olie samenhangen met een verhoogd chloridegehalte is niet ondenkbaar. Deze samenhang kon echter niet worden aangetoond.

De IMP-normen voor de basis-kwaliteit worden door vele waterkwaliteitsvariabelen overschreden.

Naast de gewogen gemiddelde concentratie is in tabel I ook de mediane concentratie per kwaliteitsvariabele opgegeven. Dit is gedaan omdat het gemiddelde sterk beïnvloed kan worden door één extreme waarde in het waarnemingsmateriaal. Voor de berekening van vrachten kan in een dergelijke situatie beter uitgegaan worden van de mediaan. Daarom zal hier verder alleen gewerkt worden met vrachten die zijn afgeleid uit de mediaan.

Uitgaande van een afvoer van 515 mm per jaar als gevolg van een gemiddelde neerslaghoeveelheid van 747 mm per jaar is berekend hoeveel gram of kilogram er per jaar per strekkende kilometer weg aan verontreiniging afstroomt. Zie tabel I.

Vaak gaat het om verrassend grote hoeveelheden: 408 kg gesuspendeerde stof, 16 kg minerale olie, 1,5 kg lood en 1 kg zink per kilometer per jaar. Deze vrachten zijn eenvoudig om te rekenen naar vrachten in kg per ha per jaar, namelijk door vermenigvuldiging met de factor 1,25. Voor wegen

is een dergelijke maat evenwel slecht hanteerbaar.

In de literatuur zijn slechts in beperkte mate waarden te vinden die met deze vuilvrachten vergeleken kunnen worden. Ellis [1986] geeft vrachten in $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$. In tabel III zijn deze omgerekend naar $\text{kg} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ en vergeleken met de waarden voor de hoofdweg in Lelystad.

TABEL III – Vuilvrachten die afspoelen van een wegdek ($\text{kg} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$).

Variabele	Houtribdreef	Ellis (1986)
Zwevende stof (< 3.35 mm)	408	97-5.031
Org. zwev. stof	137	36-680
BZV ₅ ²⁰	21	72-138
CZV	321	145-3.092
N-NH ₄	5,4	0,54-4,88
Pb	1,5	0,52-10,4

De door Ellis berekende vrachten zijn afkomstig van een drukke autoweg.

De waarden voor de Houtribdreef passen uitstekend in het Engelse beeld. Alleen de ammoniumvracht wijkt af. Oorzaak hiervan is waarschijnlijk de straatkolk die bij het Lelystadse onderzoek tussen het meetgebied en de verzameltank zit. Het water en vooral ook het sediment in deze straatkolk zullen in langere droogweelperioden en bij hogere temperaturen anaëroob worden, waardoor ammoniumvorming zal optreden.

De hoge gehalten treden dan ook alleen op in de monsters die in de zomer zijn genomen.

In de Engelse situatie is het van de weg afstromende water direct bemonsterd.

De straatkolk leidt dus niet tot een duidelijke verlaging van de vuilvracht, ook niet voor de zwevende stof, hoewel het grove materiaal natuurlijk wel in de kolk zal achterblijven.

De kans op verstoppingen in het stelsel wordt daarmee gereduceerd, mits de straatkolk regelmatig leeggemaakt wordt.

Uitgaande van de verkeersintensiteit kan ook worden berekend hoe groot de afstromende vuilvracht is per voertuig per kilometer.

In tabel I is het overzicht van deze waarden te vinden. Ook door Shaheen worden deze waarden gegeven, afkomstig uit metingen van de vuilophoping op hoofdweg nabij Washington met een verkeersintensiteit van 20.000-55.000 voertuigen per dag. In tabel IV zijn deze waarden gezet naast de waarden van de Houtribdreef. De verschillen tussen de beide kolommen zijn groot, wellicht als gevolg van de toegepaste benadering.

Ook het verschil in de verkeersintensiteit speelt hierbij een rol. Wordt uitgegaan van de veronderstelling dat zich op het wegoppervlak maar een beperkte hoeveelheid vuil kan afzetten en dat de rest verwaait [o.a. James en Boregowda, 1986; Huber a.o. 1975; Sabor en Boyd, 1972] onder andere als gevolg van de door de voertuigen veroorzaakte turbulentie,

TABEL IV – Schatting van de door een twee-assig voertuig per afgelegde kilometer geproduceerde verontreiniging op basis van de vuilophoping [Shaheen, 1975 in Nelissen, 1982] en op basis van de met de neerslag afgevoerde hoeveelheid verontreiniging ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$ per voertuig).

Variabele	Washington Shaheen [1975]	Houtribdreef
Zwevende stof (< 3.35 mm)	1.342	350
Org. zwev. stof (< 3.35 mm)	68	116
BZV ₅ ²⁰	3,1	17,7
CZV	72	277
vet + minerale olie	8,6	14
P-totaal	0,8	0,92
N-NO ₃	0,1	3,2
N-Kjeldahl	0,2	9,7
Pb	15,8	1,2
Cr	0,1	0,04
Cu	0,2	0,17
Ni	0,3	0,004
Zn	2,0	0,88
Cd	0,002	0,006

dan zal de vuilast per voertuig afnemen naarmate de verkeersintensiteit toeneemt. Deze veronderstelling wordt ondersteund door de tabellen III en IV: De veel drukker Engelse autoweg geeft globaal dezelfde vuilvracht per km als de Houtribdreef, terwijl de vracht per voertuig in Lelystad vaak groter is dan in Washington. De vuilvracht per ha of per km geeft dus een stabielere indicatie van de hoeveelheid verontreiniging die via de afstromende neerslag wordt afgevoerd dan de (schijnbare) productie per voertuig.

De rest van de geproduceerde verontreinigingen verdwijnt waarschijnlijk in de berm, ten dele via het stuifwater en ten dele als stof door de wind.

Dat de door het verkeer geproduceerde hoeveelheid verontreiniging sterk afwijkt van de hoeveelheid die in de regenwaterafvoer wordt aangetroffen blijkt wel uit het feit dat ca. 22 mg lood $\cdot \text{km}^{-1}$ per voertuig vrijkomt via de uitlaatgassen [afgeleid uit Feenstra, Van der Most, 1985] terwijl slechts 1,21 mg lood $\cdot \text{km}^{-1}$ per voertuig wordt teruggevonden in de neerslagafvoer. De schatting dat slechts 10-30% van het uitgestoten lood op het wegdek neerslaat [Shaheen, 1975; Christensen, 1979 in Nelissen, 1982] lijkt dus in dit geval aan de hoge kant.

Samenvatting en conclusies

Om de kwaliteit van de neerslagafvoer van een hoofdweg te onderzoeken is in Lelystad een wegdek van 22 x 8 m ingericht als meetgebied.

De verkeersintensiteit ter plaatse is gemiddeld circa 3.200 voertuigen per dag. Het water dat naar één van de straatkolken stroomt wordt opgevangen in een tank. Per bui is daaruit een monster genomen. In totaal is het afgevoerde water van 11 buien onderzocht op 71 waterkwaliteitsvariabelen.

De belangrijkste verontreinigingen waren zwevende stof, moeilijk oxydeerbare ver-

bindingen, minerale olie, zware metalen en PAK's. Daarnaast komen andere milieu-onvriendelijke stoffen incidenteel voor in niet onaanzienlijke hoeveelheden. De vuilvracht per voertuigkilometer blijkt hoger te zijn dan literatuurwaarden voor andere, drukker bereden wegen. De vracht per hectare ligt wèl in dezelfde orde van grootte. Waarschijnlijk verwaait meer vuil naarmate de verkeersintensiteit hoger is en is de hoeveelheid vuil die op een straatoppervlak kan accumuleren beperkt van omvang. Gezien de kwaliteit van het afstromende regenwater is het niet wenselijk om de afvoer direct op het oppervlaktewater te lozen. Wanneer geen mogelijkheden bestaan om de afvoer via de riolering naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie te leiden, dan heeft het voorkeur om het afgevoerde water in de bermen te laten infiltreren. Die worden immers tóch al belast met grote hoeveelheden verontreinigingen afkomstig van de weg via het stuifwater en opgewaaid stof. De extra toevoer van verontreinigingen door het afstromende regenwater zal niet of nauwelijks tot additionele negatieve gevolgen leiden. De grond in de berm zal voor veel verontreinigingen functioneren als een filter, zodat de kwaliteit van het grondwater niet of nauwelijks wordt aangetast. Metingen van de waterkwaliteit van de afvoer van een cunetdrain bevestigen dit.

Literatuur

- Ellis, J. B. (1986). *Pollutional aspects of urban runoff*. In: Desbordes, Marsalek, Torno, ed. *Urban Runoff Pollution*. Nato-workshop, Montpellier, Springer-Verlag.
- Feenstra, J. F. en Most, P. F. J. van der (1985). *Diffuse bronnen van waterverontreiniging*. E-85/15. Inst. voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Huber, W. C. and Heany, J. P. a.o. (1975). *Storm Water Management Model User's Manual, Version II*. EPA-670/2-75-017 (NTIS PB-257809). Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
- James, W. and Boregowda, S. (1986). *Continuous mass-balance of pollutant build-up processes*. In: Desbordes, Marsalek, Torno, ed. *Urban Runoff Pollution*. Nato-workshop, Montpellier, Springer-Verlag.
- Marsalek, J. (1986). *Toxic contaminants in urban runoff: a case study*. In: Desbordes, Marsalek, Torno, ed. *Urban Runoff Pollution*. Nato-workshop, Montpellier, Springer-Verlag.
- Nelissen, C. (1982). *De verontreiniging van de neerslagafvoer in stedelijke gebieden*. RIJ-rapport 1982-17 Abw, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- NWRW (1986). *De vuilmissie van af te koppelen verharde gebieden*. fase 1 literatuuroverzicht en inventarisatie van ervaringen.
- Sartor, J. D. and Boyd, G. B. (1972). *Water Pollution Aspects of Street Surface Contaminants*. EPA-R2-72-081 (NTIS PB-214408). Environmental Protection Agency, Washington DC.
- Uunk, E. J. B. (1984). *De vuiluitvoer van regenwaterriolen en hun invloed op het oppervlaktewater; de eerste resultaten van een onderzoek in Lelystad*. H₂O (17) nr. 3.
- Ven, F. H. M. van de (in voorbereiding). *Van neerslag tot rioolloop*. Van Zee tot Land. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Voortman, B. R. (1977). *De ont-xatevi-ig van enkele wegen in Lelystad*. Flevobericht 123, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.