

Een ontwerpgrafiek voor infiltratiesleuven ook voor stadswijken met hoge grondwaterstanden

Inleiding

Het afkoppelen van verharde oppervlakken is een maatregel om de hydraulische belasting van het rioolstelsel te beperken en daarmee de overstortingsfrequenties van gemengde en een verbeterd gescheiden rioolstelsels te reduceren. Door het afstromende regenwater te leiden naar een infiltratievoorziening kan deze afkoppeling worden gerealiseerd. Ook wordt door infiltratie het regenwater vastgehouden in het 'eigen' gebied en vindt een aanvulling van het grondwater plaats. In Nederland



DR. IR. F. H. M. VAN DE VEN
TU Delft
Vakgroep WMG



IR. N. J. MONSTER
TU Delft
Vakgroep WMG



IR. M. J. LEEFLANG
TU Delft
Vakgroep WMG
Thans DHV Milieu+Infrastructuur

staat deze wijze voor de afhandeling van regenwater in toenemende mate in de belangstelling [6]. In de ons omringende landen is deze ontwikkeling al langer gaande. Vooral in Zweden [7], Duitsland [2, 3], Zwitserland [1] en Japan is al veel ervaring opgedaan. Veel onderzoek is daar verricht naar de mogelijkheden en de gevolgen van infiltratie van regenwater [5]. Vooral de gevolgen voor de grondwaterkwaliteit zijn uitvoerig onderzocht [4]; deze onderzoeken hebben geleid tot aanbevelingen over welke oppervlakken wel en welke niet afgekoppeld kunnen worden. Toch is er in Nederland een zekere terughoudendheid voor infiltratie van regenwater. Een reden hiervoor is dat er, voornamelijk in het westen van Nederland, veel gebieden voorkomen met een hoge grondwaterstand en een slecht doorlatende bodem.

In het artikel wordt de bepaling van de minimale dimensies van infiltratievoorzieningen – die geschikt zijn voor bovengenoemde gebieden – nader bekeken.

Traditionele ontwerpprocedures

In een literatuurstudie zijn eerst ontwerp-procedures en -normen uit binnen- en buitenland bestudeerd en vergeleken. In deze procedures wordt in bijna alle

Samenvatting

Het afkoppelen van verharde oppervlakken is een maatregel om de hydraulische belasting van het rioolstelsel te beperken en daarmee de overstortingsfrequenties van gemengde en een verbeterd gescheiden rioolstelsels te reduceren. In dit artikel wordt de dimensionering van infiltratiesleuven nader bekeken.

De huidige procedures voor de bepaling van de benodigde dimensies, uit zowel binnen- als buitenland, bevatten een aantal zwakke punten. Deze zwakke punten zijn ondervangen en zo is tot een minimum maatvoering voor infiltratiesleuven gekomen. Met behulp van simulaties is een aantal ontwerpgrafieken geconstrueerd, uitgaande van de eis dat de afvoer van het regenwater vanuit de voorzieningen naar het grond- en/of oppervlaktewater is gewaarborgd.

In de grafieken is de doorlatendheid van de bodem (K -waarde) uitgezet tegen de benodigde sleuflengte per hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak ($L/A_v = L' - \text{waarde}$). De benodigde sleuflengte kan direct met de grafiek worden bepaald als de gewenste vorm van de sleuf, de doorlatendheid en de hoeveelheid aan te sluiten verhard oppervlak bekend zijn.

Ook is het effect van een afvoerdrain op de bodem van een infiltratiesleuf onderzocht. Het toepassen van een dergelijke drain leidt, vooral bij kleine doorlatendheden, tot significant kleinere benodigde afmetingen in vergelijking met een voorziening zonder drain. Grondsoorten met een kleine doorlatendheid hoeven dus geen belemmering te vormen voor het toepassen van infiltratiesleuven.

gevallen gebruik gemaakt van bergings-afvoergrafieken voor de bepaling van de minimale afmetingen van de voorzieningen. In alle gevallen wordt bij het ontwerp uitgegaan van de afvoerende functie van de aan te leggen voorziening, en niet van bijvoorbeeld de maximalisering van de aanvulling van het grondwater. Op grond daarvan leiden de aangegeven procedures tot minimale afmetingen. Er is echter een grote diversiteit in de gebruikte rekenwijzen. De verschillende procedures vertonen ieder hun eigen zwakke punten. In dit verband kunnen worden genoemd: een onjuist gebruik van regenduurlijnen, het verwaarlozen van optredende verliezen en van vertragingen bij het afstromingsproces en het constant veronderstellen van de afvoer uit de infiltratiesleuf. Doel van het hier beschreven onderzoek is om de genoemde zwakke punten te ondervangen en zo tot een meer realistische dimensionering van infiltratievoorzieningen te komen.

Infiltratievoorzieningen

De huidige infiltratievoorzieningen zijn te verdelen in twee groepen: voorzieningen voor oppervlakte-infiltratie en infiltratie- of percolatiesleuven. Oppervlakte-infiltratie

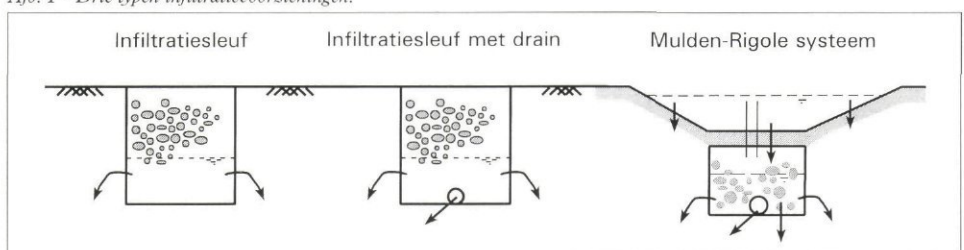
vraagt in gebieden met een slecht doorlatende bodem een groot ruimtebeslag. Als uitgangspunt voor de nieuwe ontwerp-procedure is daarom de traditionele infiltratiesleuf genomen. Omdat deze wellicht in slecht doorlatende gronden ook te grote afmetingen vereist, is de invloed onderzocht op de benodigde afmetingen van de sleuf als een drainagebuis – met beperkte afvoercapaciteit – op de bodem van de sleuf wordt gelegd.

Het Duitse Mulden-Rigole systeem, in Nederland beter bekend als het Wadi-systeem, is ook een veelbelovend alternatief. Het systeem is een combinatie van oppervlakte-infiltratie in een greppel (= Mulden) en ondergrondse percolatie vanuit een sleuf (= Rigole). Het Mulden-Rigole systeem heeft twee belangrijke kenmerken.

Ten eerste de humuslaag tussen de greppel en de sleuf die een zuiverende werking op het infiltrerende water heeft. Daarnaast een drainagebuis die op de bodem van de sleuf aanwezig is.

De 'traditionele' infiltratiesleuf, de infiltratiesleuf met drain en het Mulden-Rigole systeem worden getoond in afbeelding 1. Voor deze voorzieningen zijn ontwerpgrafieken geconstrueerd.

Afb. 1 - Drie typen infiltratievoorzieningen.



Nieuwe ontwerpgrafiek

Om tot een meer realistische dimensionering van infiltratiesleuven te komen is op basis van een reservoirmodel een nieuw model ontwikkeld. Hierin wordt op eenvoudige wijze het neerslag-infiltratie-percolatieproces van een infiltratiesleuf gesimuleerd (zie afb. 2a en 2b). Als invoer wordt een 15 jaar lange reeks vijf-minuten-neerslagsommen gebruikt, gemeten in Lelystad. Een aparte verlies- en vertragsings-module vormt de regencijfers om tot inloopcijfers.

De constructie van de traditionele bergings-afvoergrafiek is niet meer mogelijk als de afvoer uit de sleuf als een dynamische variabele wordt beschouwd. Deze grafiek is alleen te construeren als de afvoer stationair wordt verondersteld. Een nieuwe ontwerpgrafiek is ontwikkeld om dit probleem te verhelpen. De afvoer uit de sleuf hangt af van de grootte van het percolerend oppervlak ofwel van de waterstand in de sleuf en van de hydraulische gradiënt en de doorlatendheid van de bodem. Voor iedere tijdstap moet de waterstand bekend zijn om de afvoer als dynamische variabele te kunnen beschouwen. Daartoe heeft het reservoir

in het model voor een simulatie vaste afmetingen gekregen. Om verschillende simulaties uit te kunnen voeren is de lengte van de sleuf (L) als de te variëren parameter gekozen. De afmetingen in de dwarsdoorsnede zijn telkens gelijk gehouden. De sleuflengte is geschaald naar de hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak (A_v). L/A_v geeft de minimaal benodigde sleuflengte per eenheid aangesloten verhard oppervlak. De uitvoer van het model bestaat uit berekende geborgen hoeveelheden (in dit geval: de waterstanden in het reservoir); deze worden onderworpen aan een extreme waarden analyse om de waterstand te schatten die met een herhalings-tijd T van 2, 5 of 10 jaar mag worden verwacht. Met de resultaten kan een grafiek worden geconstrueerd waarin de berekende extreme waterstanden voor verschillende herhalings-tijden worden uitgezet tegen de sleuflengte-verhard oppervlak verhouding (afb. 2c). Omdat de constructiediepte (d_{constr}) van de sleuf bekend is – de afmetingen van de dwarsdoorsnede werden als vaste gegevens aangenomen – is met deze grafiek de benodigde minimum sleuflengte per hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak

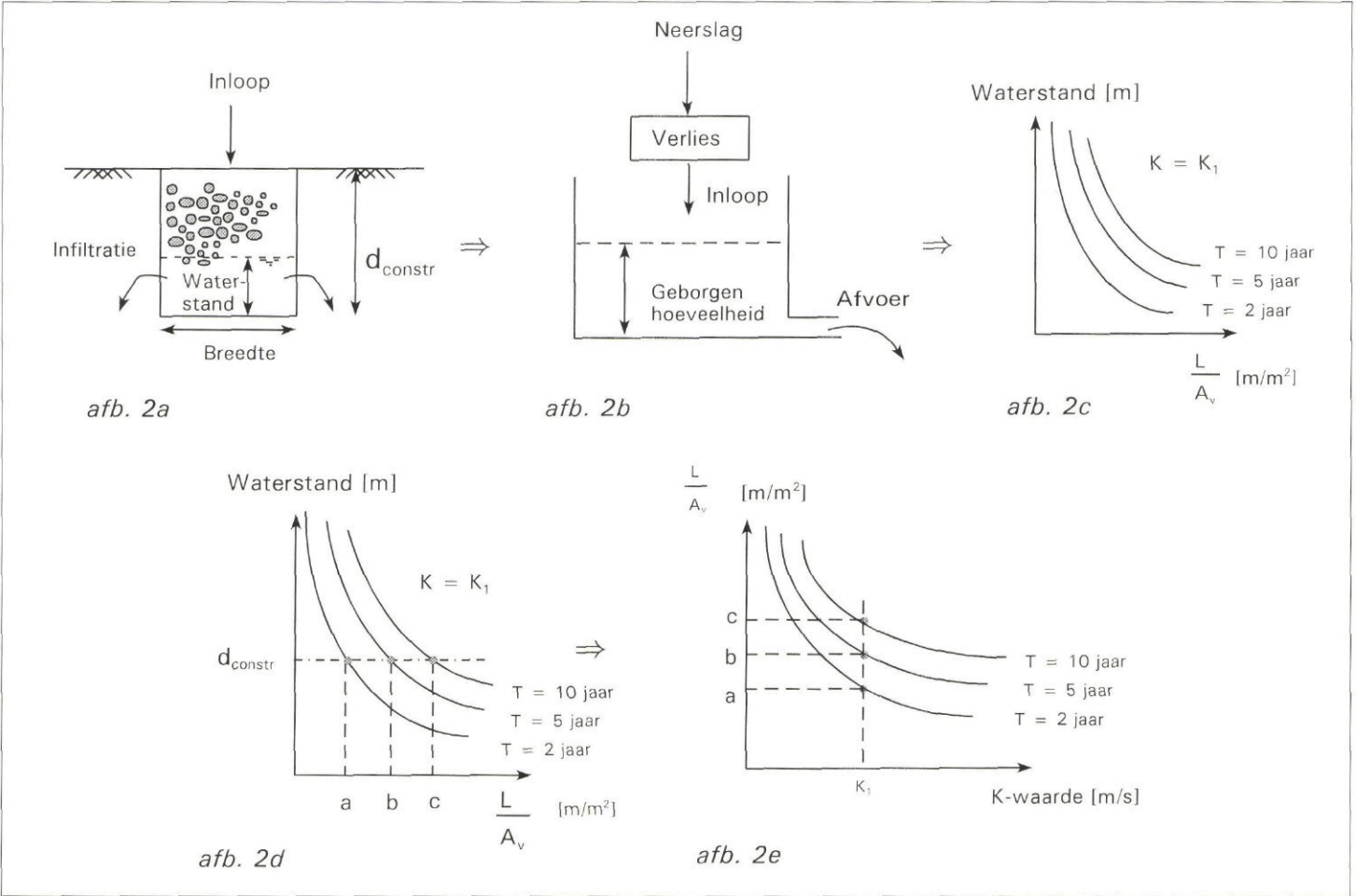
expliciet te bepalen als functie van de herhalings-tijd (afb. 2d). Aangezien ook de breedte van de voorziening vooraf is gekozen liggen nu alle afmetingen van de sleuf vast. De gepresenteerde simulatie-grafiek is alleen geldig voor de doorlatendheid van de bodem (K_1) die is gebruikt tijdens de simulaties. Door de berekening te herhalen voor andere K -waarden, kunnen grafieken worden geconstrueerd, conform afbeelding 2d. Blijven de constructiediepte en de breedte van de sleuf vast gekozen waarden, dan is een nieuwe ontwerpgrafiek te construeren waarin de minimaal benodigde sleuflengte per eenheid verhard oppervlak is uitgezet tegen de doorlatendheid van de bodem (afb. 2e). Met deze KL' -grafiek kan bij een bekende doorlatendheid en een (gekozen) herhalings-tijd de minimaal benodigde sleuflengte per eenheid aan te sluiten verhard oppervlak direct worden afgelezen.

Simulatiere resultaten

Bij het opstellen van de ontwerpgrafieken zijn de volgende parameters gelijk gebleven:

- bij de percolatiesleuven is uitgegaan van

Afb. 2 - Van simulatiemodel naar ontwerpgrafiek



een ondoorlatende bodem van de voorziening door inspoeling van fijn sediment. Bij het Mulden-Rigole systeem is inspoeling niet mogelijk. Daarom heeft dit systeem een mee-infiltrerende bodem;

- de gebruikte reeks van K-waarden loopt van $5 \cdot 10^{-5}$ tot $5 \cdot 10^{-7}$ m/s;
- de porositeit van het vulmateriaal van de sleuf is 0,35.

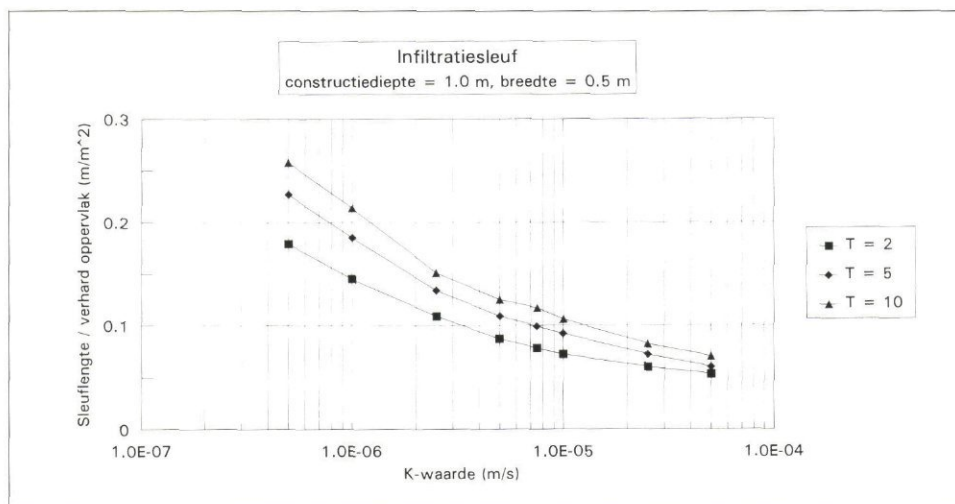
- er is gerekend met een initieel verlies van 1 mm.
- in eerste instantie heeft de sleuf een breedte van 0,5 meter en een constructiediepte van 1,0 meter. Om de ontwerper meer speelruimte te geven bij de inpassing van de sleuf in het beoogde gebied, zijn er ook grafieken geconstrueerd met sleufbreedtes van 0,75, 1,0, 1,25 en 1,5 meter. Om een goed simulatiemodel voor de constructie van de ontwerpgrafieken te krijgen, zijn de resultaten van een aantal modelvarianten met elkaar vergeleken. Hierbij is gekeken naar de invloed van de desbetreffende modelvariant op de benodigde afmetingen van de voorziening. De conclusies zijn hieronder weergegeven.

- Wanneer de afvoer uit de voorziening als dynamisch wordt gemodelleerd leidt dit, voor kleine doorlatendheden, tot grotere benodigde afmetingen in vergelijking met een constant veronderstelde afvoer. Het is daarom van belang de afvoer dynamisch mee te nemen in de modellering.

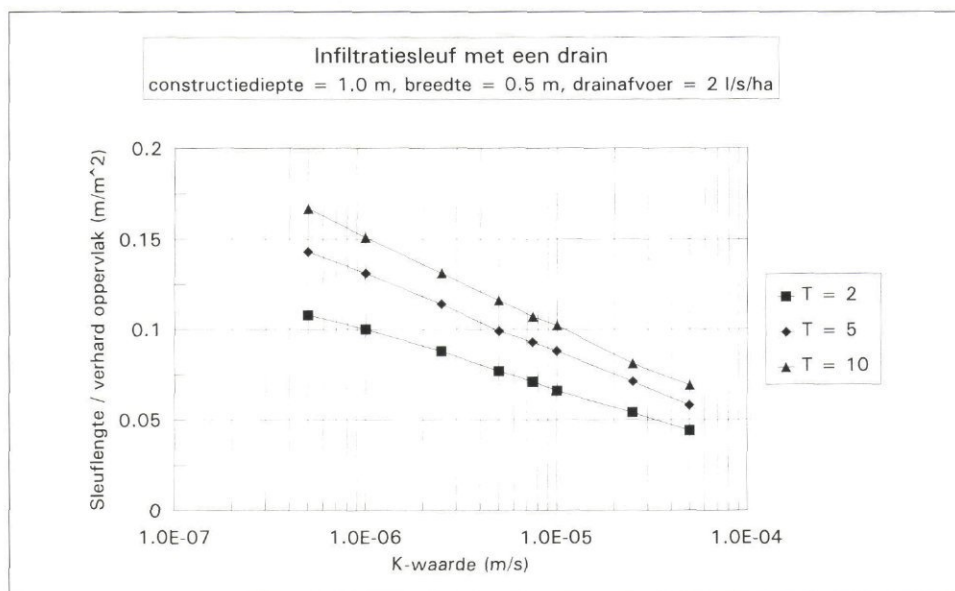
- Voor het bepalen van de benodigde afmetingen is het van essentieel belang om rekening te houden met de opeenvolging van buien en met neerslagverliezen. In afbeeldingen 3 en 4 zijn twee uiteindelijke ontwerpgrafieken weergegeven.

Afbeelding 3 laat een grafiek zien voor een infiltratiesleuf met een constructiediepte van 1 meter en een breedte van 0,5 m. Afbeelding 4 geeft een grafiek van dezelfde sleuf maar nu met een drain op de bodem. De drainafvoer is gesteld op 2 l/s/ha. Bij een vergelijking tussen deze twee grafieken is duidelijk te zien dat het toepassen van een drain leidt tot een significante vermindering in benodigde sleuflengte.

In afbeelding 5 is de ontwerpgrafiek van het Wadi systeem gegeven. De breedte van de greppel is gesteld op 3 m bovenaan en 0,5 m op de bodem. De diepte is gesteld op 0,35 m. De sleuf heeft een breedte van 0,5 m en een constructiediepte van 0,6 m. In de grafiek is duidelijk te zien dat de benodigde constructielengte, voor het gebruikte bereik van K-waarden, nagenoeg onafhankelijk is van de doorlatendheid van de ondergrond. Dit is te verklaren door het feit dat de bovengrondse berging de piekbelastingen afvlakt. Ook is het bergend volume van de greppel 5 maal groter dan dat van de sleuf. De sleuf is maatgevend.

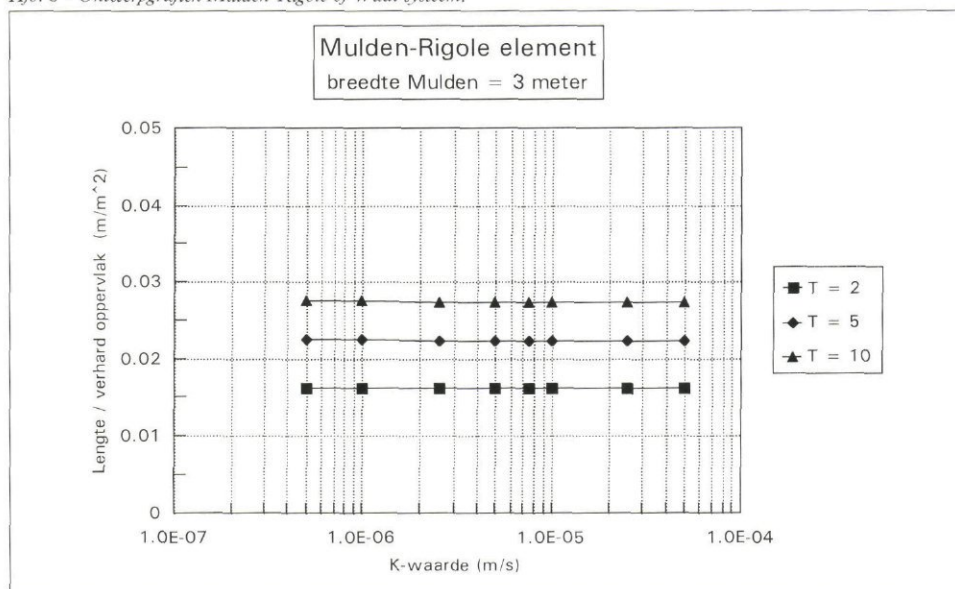


Afb. 3 - Ontwerpgrafiek infiltratiesleuf.



Afb. 4 - Ontwerpgrafiek infiltratiesleuf met een drain.

Afb. 5 - Ontwerpgrafiek Mulden-Rigole of Wadi systeem.



De doorlatendheid van de humuslaag is in alle simulaties gelijk gehouden, namelijk $5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Verder is aangenomen dat al het water dat vanuit de greppel infiltreert eerst in de sleuf stroomt en dan pas infiltreert naar de omliggende grond.

Tot slot

In dit artikel is kort uiteengezet hoe op een meer realistische wijze de minimaal benodigde afmetingen van infiltratievoorzieningen kunnen worden bepaald.

Het belangrijkste resultaat is hierbij een (nieuwe) ontwerpprocedure in de vorm van eenvoudig te gebruiken KL'-grafieken. Daarnaast is uit het onderzoek gebleken dat grondsoorten met een kleine doorlatendheid of hoge grondwaterstanden geen belemmering hoeven te vormen voor het toepassen van een infiltratiesleuf met een drainagebuis of het Wadi systeem. Er moeten echter enkele kanttekeningen worden geplaatst:

- bij de constructie van de getoonde KL'-grafieken is het afvoeren van regenwater als uitgangspunt gekozen. Afhankelijk van het gekozen type voorziening komt hierbij al het regenwater in de bodem terecht, of wordt een deel van de neerslag afgevoerd naar oppervlaktewater met behulp van een drain. De grafieken geven hiervoor de minimaal benodigde afmetingen weer.

Er zijn echter ook andere uitgangspunten denkbaar. Is bij het ontwerp bijvoorbeeld een maximale grondwateraanvulling gewenst, dan worden de vormgeving en de afmetingen van de voorziening hierdoor beïnvloed. Grotere afmetingen leiden tot meer grondwateraanvulling; deze relatie is echter niet het onderwerp van dit onderzoek;

- in dit onderzoek zijn geohydrologische aspecten vrijwel buiten beschouwing gebleven. Aangenomen is dat het grondwaterpeil altijd onder de sleuf staat; zonodig wordt dit afgedwongen door de drain onderin de voorziening. De berging in de sleuf is beschikbaar voor de afvoer van regenwater en langs de zijwanden is sprake van een onverzadigde zone, die water uit de sleuf kan opnemen. Verder is de variatie van de grondwaterstroming buiten de voorziening verwaarloosd door een hydraulische gradiënt van 1 m/m aan te nemen. Ook dit aspect kan van invloed zijn op het ontwerp van een voorziening;
- men moet bij het ontwerp en toepassen van infiltratievoorzieningen nog een aantal andere aspecten in ogenschouw nemen. Bijvoorbeeld: de kwaliteit van het afstromende regenwater, de invloed van de toepassing van infiltratievoorzieningen op het bestaande rioleringsstelsel en de inpassing van de voorzieningen in het stedelijk watersysteem. Een verantwoord

ontwerp vereist dus niet alleen een kwantitatieve benadering, maar juist een integrale benadering waarbij alle facetten tegelijkertijd worden beschouwd.

De gepresenteerde KL'-grafieken dienen hierbij als een van de bouwstenen in het ontwerpproces.

Tot slot spreken wij onze dank uit aan prof. ir. W. A. Segeren, prof. ir. J. B. M. Wiggers, ir. G. D. Geldof en ir. R. G. Veldkamp voor hun waardevolle suggesties over het onderzoek en de rapportage.

Literatuur

1. Amt für Gewässerschutz und Wasserbau (1991), *Retention und Versickerung von Meteorwasser im Liegenschaftsbereich, Planungsgrundlagen und Beispiele*, Baudirektion des Kantons Zürich, Zwitserland.
2. Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik eV. (1990), *Construction and Dimensioning of Facilities for Decentralized Percolation of Non-Harmful Polluted Precipitation Water*, ATV Standard A 138, Duitsland.
3. Grotehusmann, D. und F. Sieker et al (1992), *Naturnahe Regenwasserentsorgung durch Mulden-Rigole-Systeme*, Korrespondenz Abwasser, 39. Jahrgang (blz. 666 t/m 687), Duitsland.
4. Grotehusmann, D. (1995), *Versickerung von Niederschlagsabflüssen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes*, Universität Hannover, Duitsland.
5. Petersen, C. R. et al (1993), *Urban Stormwater Infiltration Design Practice and Technology: State of the art assessment*, Proc. Of the Sixth Intern. Conf. on Urban Storm Drainage, Canada.
6. NWRW Rapport deel 7.2.3 (1990), *Leidraad afkoppelen van verharde oppervlakken*, 's-Gravenhage, Nederland.
7. Urbonas, B. and P. Stahre (1993), *Stormwater, Best management practices and detention*, PTR Prentice Hall, New Jersey, USA.

• • •

WLZK geïntegreerd in PWN

Op 30 juni 1997 is de juridische fusie van het Waterleidingbedrijf Zuid-Kennemerland NV met de NV PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland met het ondertekenen van de notariële akte een feit geworden.

Daarmee houdt het WLZK op te bestaan en is PWN een bedrijf geworden met ca. 1000 werknemers en een drinkwaterafzet van zo'n 100 miljoen m³ per jaar.

PWN heeft 1 juli 1996 de aandelen WLZK verworven en de organisaties zijn tijdens de afgelopen maanden al nauw gaan samenwerken. Het leveringsgebied van het WLZK, dat de gemeenten Bloemendaal, Haarlem, Velsen en Zandvoort omvat, is vanaf 1 juli 1997 het achtste district van PWN. Het districtskantoor voor deze regio is gevestigd in het voormalige hoofdkantoor van WLZK in Velsbroek, Rijksweg 501. Voor de klantencontacten blijven de telefoonnummers 023-520 1490 voor inwoners van Haarlem, en 023-520 1491 voor inwoners van Bloemendaal, Velsen en Zandvoort van kracht. (Persbericht PWN)

- de districtshoofden, de chef Interne Dienst en het hoofd Bouwkunde, in dienstverlenende zin, informeren over het energiegebruik van de 'niet-productie' locaties.

Dertig ton dode vis uit Twentse kanalen geschept

Naar schatting dertig ton dode vis is de afgelopen week uit de Twentse kanalen geschept. Dat heeft het waterschap Regge en Dinkel medio juni bekendgemaakt. Woordvoerder Brinkman spreekt van de meest omvangrijke vissterfte sinds jaren in Twente.

Oorzaken van de massale vissterfte waren het acute zuurstoftekort vanwege hoge temperaturen. Ook konden de riolen vanwege de hevige regenval het water niet verwerken, waardoor veel vervuild water ineens in sloten, beken en kanalen terechtkwam. De meeste dode vissen werden aangetroffen in het Almeloze Lateraalkanaal en de Regge tussen Nijverdal en Rijssen.

Volgens Brinkman zorgde een samenloop van omstandigheden voor het grootste viskerkhof sinds jaren: 'Er zit meer vis in het water en het was lang droog geweest'. Gemeenten en het waterschap willen bergingskelders aanleggen om afvalwater tijdelijk op te slaan en gezuiverd de wateren laten instromen. Bovendien worden overstorten waar het regenwater eerst naartoe gaat verplaatst naar minder kwetsbare wateren. Resultaten zullen pas over enkele jaren zichtbaar zijn. (ANP)

Haagse vissen leggen massaal het loodje

In de regio Den Haag is sprake van massale vissterfte. Het Hoogheemraadschap Delfland heeft medio juni 'tonnen dode vis' uit het water gehaald, vooral in Den Haag.

De vissterfte wordt veroorzaakt door zuurstoftekort in het water en de hevige regenval. De hoge buitentemperaturen zorgden voor het zuurstoftekort, de hoosbui liet riolen overlopen waardoor rioolwater in het oppervlaktewater belandde.

Een woordvoester van Delfland geeft aan dat het probleem in Den Haag vooral wordt veroorzaakt doordat in de grachten een baggerachterstand heerst. Het grachtwater is daardoor al smerig en is alleen maar vuiler geworden door het rioolwater. 'Bovendien zit er teveel vis in de grachten want er wordt te weinig weggevisst'.

De Haagse brandweer vond vlak daarna opnieuw een groep drijvende dode vissen in een Haagse gracht. Delfland noemt dat 'een uitloper' van de stortbui en geeft aan dat die problemen nog wel een tijdje kunnen duren. 'Het leefklimaat in de Haagse grachten is niet optimaal. Met deze viezigheid erbij duurt het wel een tijdje voor dat weer iets is verbeterd'. (ANP)

exploitatie pompstations. In dit overleg kunnen alle zaken over de productie en bedrijfsvoering worden doorgenomen;

- de ingestelde werkgroep 'Energiebeheer'

- het nadere onderzoek naar de verbeteringen van pompregelingen en -volgordeschakelingen; geraamde energiebesparing tot maximaal f 125.000 per jaar;