

Toepassing van de Kuipers-grafiek voor rioolstelsels met bemalen overstorten

Inleiding

Bij de berekening van overstortings-frequenties van rioolstelsels wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde Kuipers-grafiek, die voor een bepaald waarnemingsstation en voor een bepaald tijdvak van alle regens met een regen-hoeveelheid groter dan een vermeld aan-

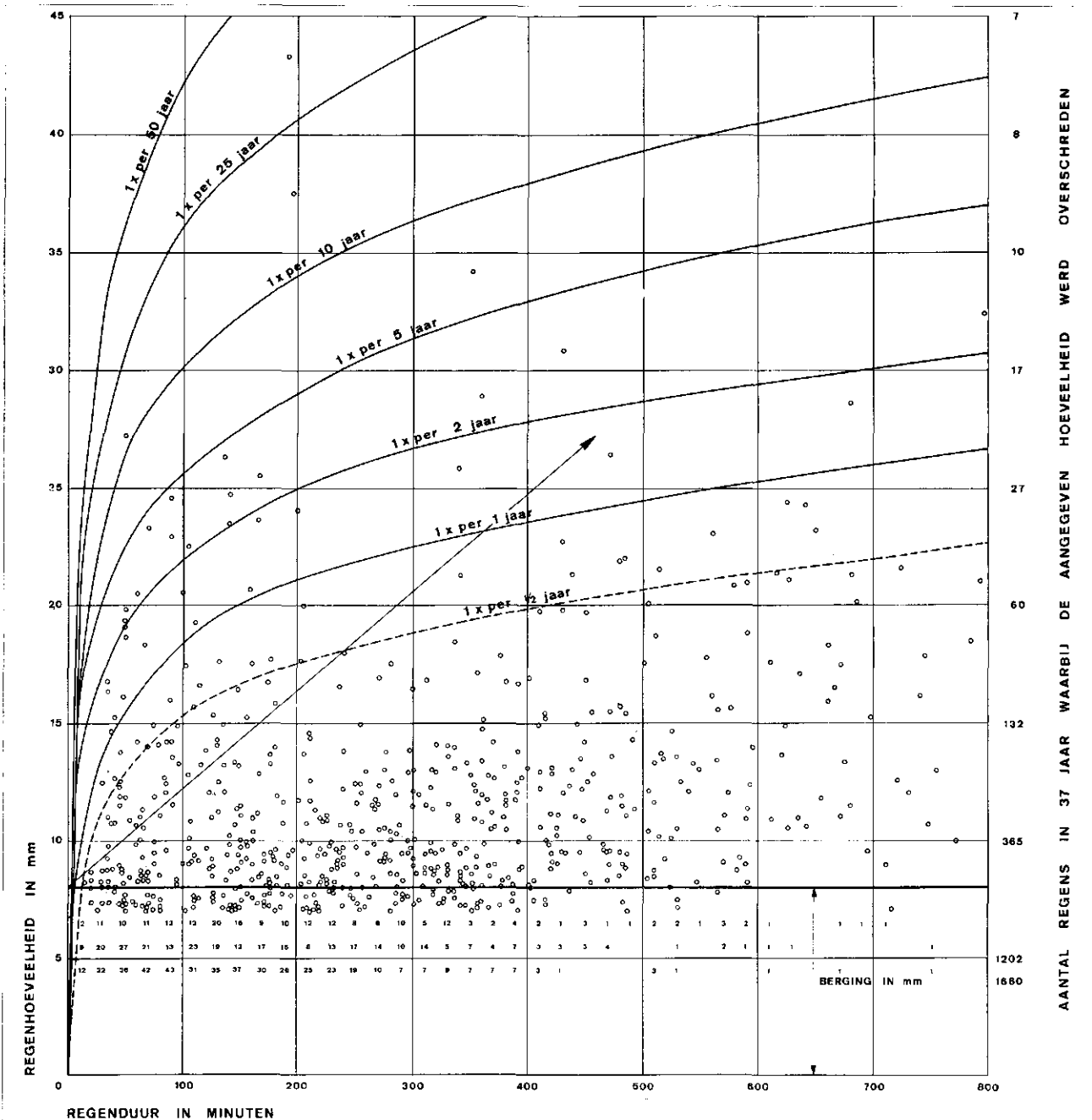
tal mm, het verband weergeeft tussen de regenhoeveelheid per regen in mm en de regenduur in minuten.

Dr. ir. J. Kuipers gebruikte hiervoor de 195 regens van meer dan 7 mm, die volgens de pluviogrammen in de 11-jarige periode 1938 t/m 1948 in De Bilt zijn gevallen.

Deze grafiek is door ir. D. J. de Vries van ons bureau uitgebreid tot 1660 regens van meer dan 4 mm, die in de 37-jarige periode 1926 t/m 1962 te De Bilt zijn gevallen.

In afb. 1 is een gedeelte van deze grafiek weergegeven. Ook zijn in afb. 1 de frequentiekrommen volgens dr. C. Braak

Afb. 1 - Kuipers-grafiek, de Bilt 1926 t/m 1962 (gedeeltelijk) met frequentie-krommen volgens dr. C. Braak.



(KNMI te De Bilt, Med. nr. 134, 1935) aangegeven van de regensommen als functie van de regenduur met een bepaalde herhalingsstijd.

Op de assen worden de berging (B) in het rioolstelsel en de overcapaciteit (Pok) van het gemaal naar de r.z.i. uitgezet. Het aantal buien, wat reden geeft tot overstorten is dan af te lezen.

Omgekeerd kan bij een overstortings-frequentie de benodigde combinatie van berging (B) en overcapaciteit (Pok) worden bepaald.

De Kuipers-grafiek is door ir. F. B. Veldkamp van ons bureau bewerkt tot de berging-overcapaciteit-frequentiegrafiek (BOF-grafiek), die de overstortings-frequentie aangeeft als functie van de berging en overcapaciteit (afb. 2).

In het voorgaande is ervan uitgegaan, dat de overstorten vrij kunnen werken. Het kan echter voorkomen, dat het peil van het water, waarop men wil overstorten dermate hoog ligt, dat vrije werking onmogelijk is en deze overstorten moeten worden bemalen.

Dan dient gesproken te worden van overstortbemaalings-frequentie (o.b.f.) en niet van overstortings-frequentie.

In het navolgende zal blijken, dat ook in dit geval de Kuipers-grafiek voor de berekening bruikbaar is.

Overstortbemaling

De overstortbemaling zou men kunnen laten inslaan als de beschikbare berging in het rioolstelsel geheel is volgeregend. Bij eenzelfde pompcapaciteit is de kans van wateroverlast op straat dan echter groter dan in het geval de pompen inslaan vóór de berging geheel is volgeregend.

Als de overstortbemaling zou inslaan zodra de regenval begint, geeft iedere bui dus reden tot overstortbemaling.

De toe te laten overstortbemaalings-frequentie en wateroverlast-frequentie bepalen dus op welk tijdstip of wel bij welk vullingspercentage van het rioolstelsel de overstortbemaling moet inslaan.

Additionele berging

Behalve de berging in het rioolstelsel kan men berging buiten het rioolstelsel creëren bijvoorbeeld in vijvers of regenbassins. Ook zal men in sommige gevallen een bepaalde hoeveelheid water op straat nog niet als wateroverlast beschouwen.

Genoemde bergingen kunnen op de gebruikelijke wijze omgerekend worden in een aantal mm regenval op het totale verharde oppervlak en zijn als additionele berging (B*) in te voeren.

Deze berging wordt pas effectief, als de overstortbemaling de aanvoer niet meer aan kan.

Berekeningswijze

De grootheden, die in dit geval voor de berekening van belang zijn kunnen als volgt worden gedefinieerd:

I - nuttige berging (B) = de nuttige inhoud van het rioolstelsel.

II - additionele berging (B*) = berging buiten het rioolstelsel.

III - overcapaciteit (Pok) = (regenweerafvoer uit een rioleringsgebied naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie, vermindert met de d.w.a. van het beschouwde gebied, alsmede met de capaciteit van op dit gebied lozende riolen of gemalen;

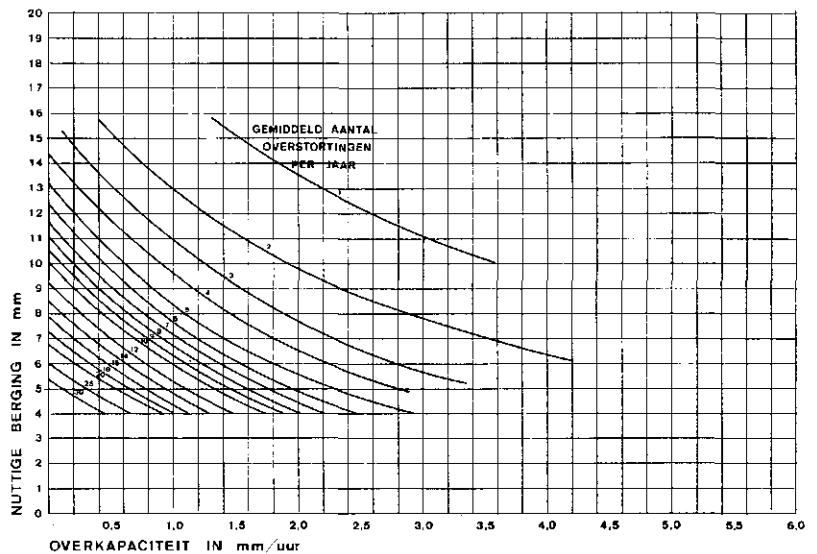
IV - overstortbemaalings-frequentie (o.b.f.) = het aantal malen per jaar, dat de overstortbemaling in werking komt.

V - capaciteit overstortbemaling (Pob)

VI - Aantal malen per m jaar, dat men het benutten van de additionele berging wil toelaten.

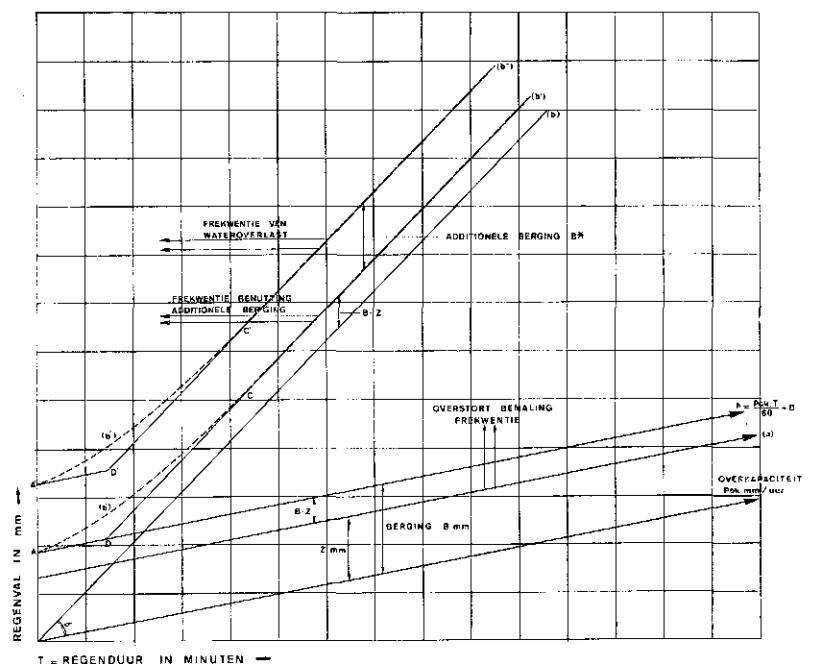
VII - Aantal malen per n jaar, dat men zoveel water op straat krijgt, dat van wateroverlast wordt gesproken.

Voor een bepaald geval komt het er op neer, dat al deze grootheden zijn gegeven, waarbij men de additionele berging (B*) kan variëren en de capaciteit van de overstortbemaling wil berekenen.



Afb. 2 - Berging - overcapaciteit - frequentiegrafiek, de Bilt 1926 t/m 1962, volgens ir. F. B. Veldkamp.

Afb. 3 - Frequentie: wateroverlast, benutting additionele berging, overstortbemaling.



De werkwijze is dan als volgt (afb. 3):

1. In het assenstelsel wordt de overcapaciteitslijn uitgezet: Pok mm/uur.
2. Hierop wordt de nuttige berging (B) gesuperponeerd. Daar de regenduur in minuten is aangegeven ontstaat dus de functie $h = \frac{Pok}{60} T + B$.

3. De overstortbemaling slaat in als een zeker deel z van de nuttige berging in het riool is volgeregend. Hoe groot dit deel z is, kan men vinden door de lijn met functie

$$h = \frac{Pok}{60} T + B$$

zodanig te verschuiven, dat alle buien, die boven deze nieuwe lijn (a) liggen, te zamen de toe te laten overstortbema- lings-frequentie (o.b.f.) geven.

4. In het nulpunt van het assenstelsel wordt nu de overstortpompcapaciteitslijn (b) uitgezet.

De capaciteit van de overstortbemaling (Pob) is nog onbekend en moet geschat worden.

De hoek α wordt door deze capaciteit bepaald.

5. Doordat de overstortbemaling insla- slaat vóór de nuttige berging (B) ge- geheel is volgeregend, is een deel van deze berging nl. (B-z) mm nog niet benut. Wordt deze gesuperponeerd op de over- stortpompcapaciteitslijn (b) dan ont- staat de gestippelde lijn (b'); daarboven kunnen alle buien niet meer geheel worden verpompt.

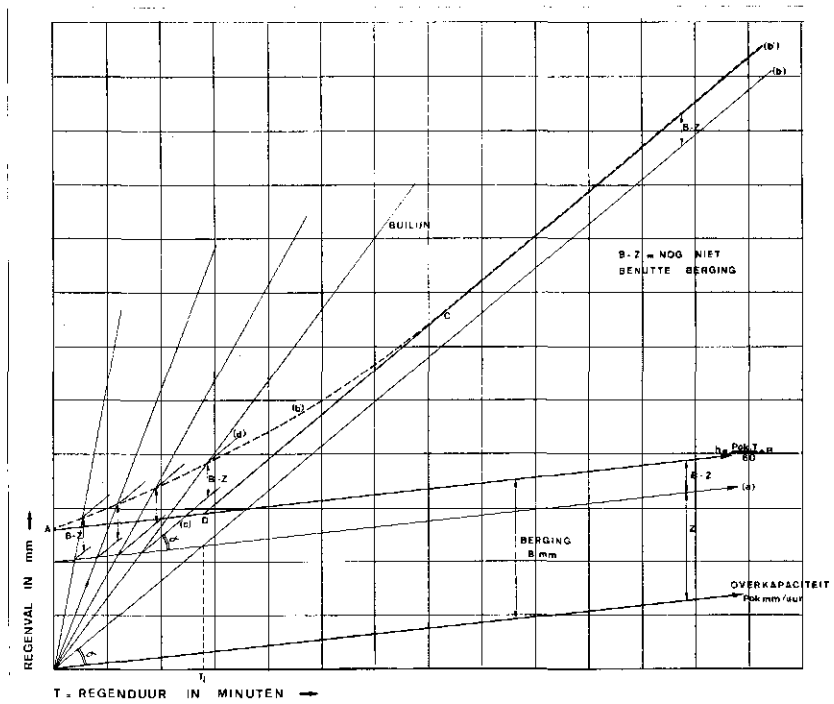
De constructie van deze gestippelde lijn zal hierna aan de hand van afb. 4 worden beschreven.

6. Als er bovendien rekening wordt ge- houden met additionele berging (B*), ontstaat door superpositie de gestippelde lijn (b''), waarboven alle buien water- overlast geven.

Bij de aldus gekozen overstortpompcapaciteit is nu de frequentie van be- nutting van additionele berging en de frequentie van wateroverlast af te lezen. Zijn deze frequenties niet in overeen- stemming met de gewenste frequenties, dan dient de procedure vanaf punt 4 te worden herhaald met een andere over- stortpompcapaciteit.

Bepaling frequentie van benutting B*: constructie lijn b' (afb. 4)

Ter bepaling van de frequentie van be- nutting der additionele berging (B*)



Afb. 4 - Bepaling frequentie van benutting B*.

moet men de meetkundige plaats con- strueren van de buien, die nog net met de overstortbemaling verpompt en in het rioolstelsel geborgen kunnen worden. Hiertoe wordt een lineair verlopende builijn uitgezet.

Als het deel z van de berging is volge- rend, wordt vanuit het snijpunt van de builijn en lijn (a) onder gelijke hel- ling als de overstortpompcapaciteitslijn (b) een lijn getrokken (c). Op dit lijn- stuk wordt de nog niet benutte berging B-z gesuperponeerd (d).

Het snijpunt van (d) en de builijn be- hoort dan tot de meetkundige plaats van punten binnen een bui, die nog net met de overstortbemaling verpompt en in het rioolstelsel geborgen kunnen wor- den. Door deze constructie te herhalen voor een aantal andere builijnen, ont- staat de gestippelde lijn b'.

Voor de praktijk kan men de lijn ADC aanhouden, dan heeft men een grotere veiligheid t.o.v. de frequentie van be- nutting van additionele berging en de frequentie van wateroverlast.

Nabeschuiving

Met deze methode is het mogelijk de Kuipers-grafiek te gebruiken voor riole- ringsberekeningen in het geval de over- storten worden bemalen en eventueel

additionele berging wordt gecreërd. Uit afb. 3 is hierbij af te lezen:

Overstortbema- lings-frequentie

Deze wordt bepaald door alle buien, die boven (a) liggen en kan alleen worden verlaagd door de overstortbemaling op een later tijdstip te laten inslaan (ver- groting van z).

Frequentie benutting van additionele berging

Alle buien, die boven (b') liggen, geven aanleiding tot effectuering van de addi- tionele berging en bepalen de frequentie daarvan. Deze is te verlagen door óf de overstortpompcapaciteit te vergroten óf bij eenzelfde overstortpompcapaciteit de overstortbemaling eerder te laten in- slaan, waardoor B-z groter wordt.

Frequentie wateroverlast

Alle buien boven (b'') geven waterover- last.

De frequentie van deze wateroverlast is te verlagen door:

- a. vergroting der overstortpompcapaci- teit;
- b. vergroting van de additionele ber- ging;
- c. eerder inslaan overstortbemaling.