

1. Inleiding

In de Beleidsnota, behorende bij het Tweede Structuurschema Drink- en Industrierwatervoorziening, wordt de volgende, op Artikel 4 van de waterleidingwet gebaseerde doelstelling van het rijksoverheidsbeleid geformuleerd:

Het bevorderen van de ononderbroken levering van voldoende water onder voldoende druk en van goede en constante kwaliteit (...) teneinde een bijdrage te leveren aan de gezondheid van de bevolking en de hygiëne in het algemeen.



P. K. KOSTER
Rijksinstituut voor
Drinkwatervoorziening



B. H. TANGENA
Rijksinstituut voor
Drinkwatervoorziening

In dit artikel zal nader worden ingegaan op het aspect 'ononderbroken levering van voldoende water', dat verder met het woord leveringszekerheid zal worden aangeduid. Om vast te kunnen stellen of en in hoeverre aan een bepaalde doelstelling wordt voldaan, dient in het algemeen een criterium te worden omschreven. Een dergelijke omschrijving omvat meestal ook een maat waarin het criterium wordt gemeten en een grootte van de maat die aanvaardbaar wordt geacht (de norm).

Met betrekking tot de leveringszekerheid van drinkwatervoorzieningssystemen is een goed criterium echter nog nauwelijks ontwikkeld, terwijl normen volledig ontbreken. Desalniettemin wordt er in de praktijk wel degelijk rekening gehouden met het feit dat leveringen als gevolg van storingen onderbroken kunnen worden getuige de vele toepassingen ter bevordering van de leveringszekerheid, zoals een dubbele transportleiding, koppelleiding, spaarbekken of duinvoorraad.

Bij de planvorming omtrent toekomstige drinkwatervoorzieningssystemen is het wenselijk dat, meer dan voorheen, beschikt kan worden over een objectieve beoordeling van alternatieve voorzieningen op het punt van leveringszekerheid.

Het voorliggende artikel beoogt een bijdrage te leveren aan de kwantitatieve omschrijving van het aspect leveringszekerheid door introductie van de volgende criteria:

— 'kans op volledige levering', waaronder wordt verstaan de kans dat op een willekeurig

tijdstip de levering (minstens) gelijk is aan de vraag naar water;

— 'gemiddeld niet-geleverde hoeveelheid', waaronder wordt verstaan de hoeveelheid water die, rekening houdend met eventuele deelleveringen, gemiddeld niet geleverd wordt.

Deze grootheden kunnen berekend worden op een willekeurige plaats in het voorzieningssysteem waar de vraag naar water bekend is, bijvoorbeeld een behoeftecentrum.

Gebruik wordt gemaakt van de in de betrouwbaarheidsanalyse bekende begrippen als gemiddelde bedrijfstijd, gemiddelde herstelltijd en beschikbaarheid. In hoofdstuk 2 wordt de methodiek beschreven, die in hoofdstuk 3 op een eenvoudig praktijkvoorbeeld wordt toegepast. In hoofdstuk 4 volgt een korte nabeschuiving.

Als praktijkvoorbeeld is het drinkwatervoorzieningssysteem van de stad Dordrecht gekozen, dat op een sterk geschematiseerde wijze is behandeld. Deze schematisatie geldt in het bijzonder voor de zuiveringsbedrijven, die als een enkele component worden beschouwd, en voor capaciteiten en waterafname, waarbij geen rekening is gehouden met afnamepatronen en piekverbruiken. Door deze schematisatie is de realiteitszin van het voorbeeld wellicht wat gering; de illustratie van de ontwikkelde methode is evenwel zeer inzichtelijk.

2. Methodiek

2.1. Algemene uitgangspunten

In een voorzieningssysteem kunnen zich allerlei storingen voordoen.

Voor het ontstaan van storingen zijn vele oorzaken aan te wijzen, maar in dit artikel zal worden aangehouden dat een storing uitsluitend het gevolg is van een calamiteit, waaronder is te verstaan een plotselinge en drastische wijziging van een bestaande (normale) toestand waardoor een bepaalde activiteit wordt c.q. moet worden onderbroken. Enkele voorbeelden van calamiteiten zijn: een breuk in een transportleiding of een scheepsongeval op een rivier waarbij giftige stoffen vrijkomen. In het eerste geval is het gevolg dat een bepaalde levering van water komt te vervallen en in het tweede geval dat de inname van rivierwater moet worden gestaakt.

Mede gezien de ernst van mogelijke calamiteiten is het dienstig gebleken een systeem opgebouwd te denken uit een samenstel van afzonderlijke componenten, zoals een bron, een voorzuivering, een voorraad, een drinkwaterzuivering of een transportleiding. Voor iedere component wordt één maatgevende calamiteit/storing bekend verondersteld, uitgedrukt in een storingskans en een storingsduur. Voor een methodiek voor het berekenen van een

maatgevende calamiteit wordt verwezen naar het WAAM-rapport [1]. Bij het optreden van een calamiteit wordt aangenomen dat de betreffende component volledig buiten werking geraakt (een zogenaamde aan/uitsituatie), en voorts dat calamiteiten in de afzonderlijke componenten onafhankelijk van elkaar optreden.

2.2. Hersteltijd, bedrijfstijd en beschikbaarheid

Wanneer het gedrag van een component van het voorzieningssysteem in de tijd wordt gevolgd, dan zullen in principe leveringsperioden en storingsperioden elkaar afwisselend opvolgen.

Met betrekking tot deze perioden worden de volgende grootheden onderscheiden:

τ = gemiddelde bedrijfstijd van een component; deze kan worden opgevat als de gemiddelde tijdsduur, gerekend vanaf het moment dat de component vanuit een storing in de bedrijfszekere toestand terugkeert, tot het moment dat de eerstvolgende storing optreedt;

μ = gemiddelde herstelltijd van een component, zijnde de gemiddelde tijdsduur van een storing.

Teneinde in dit artikel tot handzame formules te komen voor o.m. de berekening van τ en μ van voorzieningssystemen, zijn nog enkele aannamen noodzakelijk. Mede gelet op het feit dat in de praktijk van de drinkwatervoorziening de gemiddelde herstelltijd vele malen kleiner is dan de gemiddelde bedrijfstijd ($\mu \ll \tau$), zal worden aangenomen dat het aantal storingen in een component gedurende een tijdsduur t een Poissonverdeling heeft met verwachting t/τ . De belangrijkste kenmerken van een Poissonproces zijn dat de storingen onafhankelijk van elkaar optreden en dat de bedrijfstijd t_h exponentieel verdeeld is, d.w.z.

$$P(t_h \geq t) = e^{-t/\tau}.$$

Voorts zal worden aangenomen dat de herstelltijd t_h van een component en van ieder samenstel van componenten bij benadering ook een exponentiële verdeling bezit, d.w.z.

$$P(t_h \geq t) = e^{-t/\mu}.$$

Opgemerkt wordt dat dergelijke verdelingen de plezierige eigenschap bezitten dat de verwachte tijd die een aan de gang zijnde storing c.q. levering nog zal duren niet afhangt van de reeds verstreken tijd, d.w.z. het zijn processen zonder geheugen.

Op grond van bovenstaande aannamen geldt voor de kans dat op een willekeurig tijdstip de betreffende component in storing is, de volgende formule:

$$P(\text{component in storing}) = \frac{\mu}{\tau + \mu} \quad (1)$$

De kans dat op een willekeurig tijdstip de component niet in storing is, wordt de

beschikbaarheid A (Availability) genoemd:

$$A = \frac{\tau}{\tau + \mu} \quad (2)$$

2.3. Serie- en parallelschakeling

Een voorzieningssysteem kan opgebouwd gedacht worden uit meerdere componenten, die ofwel in serie, ofwel parallel, ofwel in een combinatie van beide geschakeld zijn. Wanneer een systeem van meerdere, achter elkaar geschakelde componenten gestoord is, dan is er sprake van een serieschakeling. De beschikbaarheid van zo'n serieschakeling is kleiner dan de beschikbaarheden van de componenten afzonderlijk. Voor een systeem bestaande uit n componenten geldt:

$$A_{\text{serie}} = \frac{\tau_{\text{serie}}}{\tau_{\text{serie}} + \mu_{\text{serie}}} = \prod_{i=1}^n A_i \quad (3)$$

met

$$\tau_{\text{serie}} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau_i} \right)^{-1} \quad (4)$$

en

$$\mu_{\text{serie}} = \tau_{\text{serie}} \left\{ \prod_{i=1}^n \left(1 + \frac{\mu_i}{\tau_i} \right) - 1 \right\} \quad (5)$$

Wanneer het systeem gestoord is als alle, naast elkaar geschakelde componenten van het systeem gestoord zijn, dan is er sprake van een parallelschakeling. De beschikbaarheid van het parallelsysteem is groter dan de beschikbaarheden van de componenten afzonderlijk.

Er geldt:

$$A_{\text{par}} = \frac{\tau_{\text{par}}}{\tau_{\text{par}} + \mu_{\text{par}}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - A_i) \quad (6)$$

met

$$\mu_{\text{par}} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\mu_i} \right)^{-1} \quad (7)$$

en

$$\tau_{\text{par}} = \mu_{\text{par}} \left\{ \prod_{i=1}^n \left(1 + \frac{\tau_i}{\mu_i} \right) - 1 \right\} \quad (8)$$

Wil men bovenstaande formules op een fysiek systeem van serie- of parallelschakeling toepassen, dan is het volgende van belang. Bij een fysieke serieschakeling van componenten zijn de formules (3), (4) en (5) zonder meer toepasbaar.

Bij een fysieke parallelschakeling van componenten zijn de capaciteiten van de verschillende componenten en de vraag naar water aan het eind van de schakeling bepalend voor de toepassing van bovenstaande formules.

Beschouw nu het in de praktijk meest voorkomende geval van 2 parallel geschakelde componenten met capaciteiten c_1 en c_2 en een vraag aan het eind van de schakeling van V . Rekening houdend met een bepaalde marge van m rondom de

capaciteiten kunnen in principe 4 situaties worden onderscheiden:

- $c_1 + m < V$ en $c_2 + m < V$
- $c_1 + m < V$ en $c_2 + m \geq V$
- $c_1 + m \geq V$ en $c_2 + m < V$
- $c_1 + m \geq V$ en $c_2 + m \geq V$

In situatie a. is uit leveringszekerheidsoogpunt sprake van een serieschakeling (formule (3), (4) en (5)) en in situatie d. van een parallelschakeling (formule (6), (7) en (8)). In situatie b. en c. zijn τ en μ van het systeem niet exact te bepalen. Voor praktische toepassingen kan dan met een benadering worden gewerkt, bijv. door de waarden van τ en μ van de component met de grootste capaciteit aan te houden. Is men uitsluitend geïnteresseerd in de kans op volledige levering van de parallelgeschakelde componenten dan kan de methode die in paragraaf 2.5. wordt beschreven, worden gehanteerd.

2.4. Systemen met een voorraad

In veel gevallen is in een voorzieningssysteem een voorraad opgenomen die bij storingen kan worden ingeschakeld. Vanuit de voorraad kunnen de leveranties gedurende een bepaalde overbruggingstijd normaal worden voortgezet. Een spaarbekken en een calamiteitsbekken zijn goede voorbeelden van componenten in een systeem die de leveringszekerheid sterk kunnen bevorderen. Een procesbekken dient daarentegen behandeld te worden als een normale systeemcomponent omdat deze primair geen voorraadfunctie heeft.

In de in deze paragraaf weergegeven formules is aangenomen dat wanneer de voorraad wordt aangesproken, het bekken storingsvrij en het peil op normaal niveau is. Op grond van deze uitgangspunten kunnen voor het aanvoersysteem inclusief een spaarbekken de volgende 3 toestanden worden onderscheiden:

- toestand 1: het aanvoersysteem werkt naar behoren, het bekken is of wordt gevuld;
 - toestand 2: het aanvoersysteem is gestoord, het bekken is ingeschakeld en neemt de normale leveranties over;
 - toestand 3: het aanvoersysteem is gestoord, het bekken is leeg.
- Als toestand 2 is ingetreden, dan treedt automatisch toestand 3 in als de storing in het aanvoersysteem langer duurt dan de overbruggingstijd T_v .

Uit bovenstaande blijkt dat de gemiddelde herstelltijd van de combinatie van aanvoersysteem en spaarbekken overeenkomt met de gemiddelde tijdsduur dat het systeem in toestand 3 verkeert. Daar de herstelltijd van het aanvoersysteem exponentieel verdeeld is verondersteld, volgt uit de eerder genoemde eigenschap dat het een proces zonder geheugen betreft, de relatie:

$$\mu_{a+v} = \mu_a \quad (9)$$

m.a.w. de gemiddelde herstelltijd van het gecombineerde systeem μ_{a+v} is gelijk aan de gemiddelde herstelltijd van het aanvoersysteem μ_a . Eveneens kan worden aangetoond dat de kans dat het systeem zich in toestand 3 bevindt, gelijk is aan:

$$P_3 = \frac{\mu_a e^{-T_v/\mu_a}}{\tau_a + \mu_a} \quad (10)$$

Voor de beschikbaarheid van het gecombineerde systeem geldt:

$$A_{a+v} = 1 - P_3 \quad (11)$$

Uit substitutie van deze formules in basisformule (2) volgt de gemiddelde bedrijfstijd τ_{a+v} van het gecombineerde systeem:

$$\tau_{a+v} = (\tau_a + \mu_a) e^{T_v/\mu_a - \mu_a} \quad (12)$$

m.a.w. de gemiddelde bedrijfstijd van het gecombineerde systeem neemt bij benadering met een exponentiële factor toe in vergelijking met de gemiddelde bedrijfstijd van het aanvoersysteem.

2.5. Leveringszekerheid in een behoeftecentrum

Bij een complex drinkwatervoorzieningssysteem is men in het bijzonder geïnteresseerd in de leveringszekerheid op een bepaald punt in het systeem, bijv. in een behoeftecentrum. Soms kan het water naar een behoeftecentrum langs één hoofdroute worden getransporteerd, soms staan ook andere routes ter beschikking. Elke min of meer als onafhankelijk te beschouwen route wordt een lijnsysteem genoemd, bestaande uit een aantal in serie en/of parallelgeschakelde componenten.

De leveringszekerheid in een behoeftecentrum kan worden berekend uit de beschikbaarheid van de afzonderlijke lijnsystemen waarbij rekening wordt gehouden met de respectievelijke capaciteiten en wel als volgt.

Voor elk lijnsysteem k met capaciteit CAP_k en beschikbaarheid A_k zijn twee toestanden t_k te onderscheiden, nl. $t_k = 1$ als het lijnsysteem als geheel functioneert en $t_k = 0$ als het lijnsysteem als geheel is gestoord. Voor een combinatie van n lijnsystemen zijn er derhalve 2^n verschillende mogelijkheden voor de toestand t_s van die combinatie. Voor een willekeurige toestand t_s , die bestaat uit een bekende set van toestanden t_k (s) van de afzonderlijke lijnsystemen, zijn de volgende formules voor de capaciteit $CAP(t_s)$ en de beschikbaarheid $A(t_s)$ op te stellen:

$$CAP(t_s) = \sum_{k=1}^n CAP_k * t_k(s) \quad (13)$$

$$A(t_s) = \prod_{k=1}^n \{ A_k^{t_k(s)} + (t_k(s)-1)A_k \} \quad (14)$$

De beschikbaarheid A_B (V_B) in het behoeftecentrum B, gedefinieerd als de kans

dat op een willekeurig tijdstip in het behoeftecentrum B de gevraagde hoeveelheid V_B geleverd kan worden, wordt nu gevonden door de beschikbaarheden $A(t_s)$ te sommeren over alle toestanden t_s waarvoor de capaciteit $CAP(t_s)$ groter of gelijk is aan de vraag naar water V_B .

In formule:

$$A_B(V_B) = \sum_{t_s \in F} A(t_s)$$

met $F = \{t_s \mid CAP(t_s) \geq V_B\}$ (15)

Tenslotte wordt de gemiddeld niet-geleverde hoeveelheid water in behoeftecentrum B gegeven door:

$$GEMNL_B(V_B) =$$

$$\sum_{t_s \in G} A(t_s) * \{V_B - CAP(t_s)\}$$

met $G = \{t_s \mid CAP(t_s) < V_B\}$ (16)

Doordat de beschikbaarheid $A_B(V_B)$ en de gemiddelde niet-geleverde hoeveelheid $GEMNL(V_B)$ inzichtelijk afhangen van de vraag V_B is het mogelijk deze grootheden ook te berekenen bij variabele waarden van V_B , zodat bijvoorbeeld een tijdsbeeld kan worden verkregen.

3. Toepassing

De in het voorgaande hoofdstuk ontwikkelde methodiek wordt nu als voorbeeld toegepast op het drinkwatervoorzieningssysteem van Dordrecht, dat schematisch is weergegeven in afb. 1. De voor de berekening van de leveringszekerheid relevante gegevens van de systeemcomponenten zijn vermeld in tabel I. Hierbij zij opgemerkt, dat veel cijfers op schattingen berusten; ten behoeve van een voorbeeldberekening is dat evenwel geen bezwaar. De situatie die doorgerekend wordt, geldt voor 1990; de vraag naar water is dan ca. 15 miljoen m³/jaar.

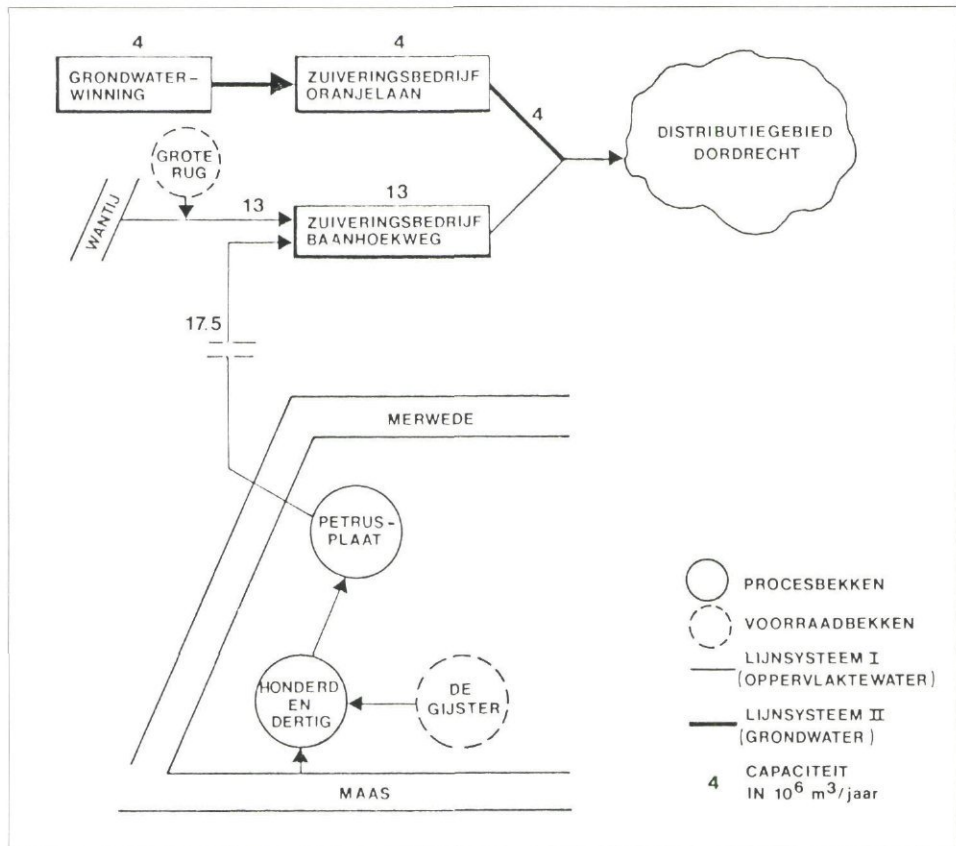
In het systeem zijn een tweetal lijnsystemen te onderscheiden, namelijk:

- I. winning, transport en zuivering van oppervlaktewater;
- II. winning, transport en zuivering van grondwater.

Zoals in afb. 1 is te zien, is de capaciteit van het zuiveringsbedrijf Baanhoekweg bepalend voor de capaciteit van lijnsysteem I; deze capaciteit bedraagt 13 miljoen m³/jaar. De capaciteit van lijnsysteem II bedraagt 4 miljoen m³/jaar.

De gemiddelde bedrijfstijd, de gemiddelde hersteltijd en de beschikbaarheid van beide lijnsystemen worden met behulp van de in paragraaf 2.3. en 2.4. gegeven formules stapsgewijs berekend door beginnend bij de bron (1e component) steeds een volgende component toe te voegen.

De gehele berekeningsgang is met tussenresultaten samengevat in tabel II. Uit de tabel



Afb. 1 - Schema drinkwatervoorzieningssysteem Dordrecht.

is af te lezen dat de beschikbaarheid van lijnsysteem I 0,99980 bedraagt en van lijnsysteem II 0,99871. Door de grote beschikbaarheid van het aanvoersysteem van oppervlaktewater komt de beschikbaarheid van lijnsysteem I overeen met de beschikbaarheid van het Zuiveringsbedrijf Baanhoekweg.

Om de kans op volledige levering en de gemiddeld niet-geleverde hoeveelheid in het behoeftecentrum Dordrecht te bepalen zijn 4 toestanden onderscheiden. De capaciteit en de beschikbaarheid van ieder van deze toestanden zijn berekend met de formules (13) en (14) en zijn eveneens vermeld in tabel II. De kans dat op een willekeurig tijdstip aan de volledige vraag van 15 miljoen m³/jaar (d.i. ca. 1700 m³/uur) wordt voldaan, bedraagt

0,99851; deze kans is gelijk aan de kans dat toestand 1 optreedt.

De met formule (16) berekende gemiddeld niet-geleverde hoeveelheid water bedraagt 4780 m³/jaar; dit is 0,32‰ van de vraag. Met nadruk zij opgemerkt, dat deze resultaten mede bepaald zijn door een sterke schematisatie en diverse aannames, zodat daaraan voor de leveringszekerheid van het Dordtse voorzieningssysteem geen conclusies verbonden mogen worden. Dit zal eerst mogelijk zijn na een veel meer gedetailleerde studie, waarvoor overigens dezelfde methodiek kan worden gebruikt.

4. Nabeschouwing

Met behulp van de in dit artikel beschreven methodiek zijn twee criteria ontwikkeld voor

TABEL I - Gegevens voor de componenten van het drinkwatervoorzieningssysteem van Dordrecht.

Component	Maatgevende calamiteit	CAP [10 ⁶ m ³ /jaar]	τ [jaar]	μ [jaar]	T_v [jaar]
Maas incl. inlaatpompstation	Scheepsongeval	250	1	0.005	—
Spaarbekken De Gijster	Voorraad uitgeput	250	—	—	0.25
Procesbekken Honderd en Dertig	Dijkdoorbraak	250	100	0.1	—
Procesbekken Petrusplaat	Dijkdoorbraak	250	100	0.1	—
Transportleiding Biesbosch-Baanhoekweg	Pompuitval	17.5	35	0.02	—
Zuiveringsbedrijf Baanhoekweg	Pompuitval	13.0	25	0.005	—
Wantij incl. inlaatpompstation	Scheepsongeval	13.0	1	0.005	—
Calamiteitenbekken Grote Rug	Voorraad uitgeput	13.0	—	—	0.15
Grondwaterwinning	Verontreiniging	4.0	100	0.1	—
Zuiveringsbedrijf Oranjelaan	Pompuitval	4.0	25	0.005	—
Transportleiding Oranjelaan-Distributiegebied	Leidingbreuk	4.0	55	0.005	—

TABEL II – Resultaten van de berekeningen.

Lijnsysteem I	τ [jaar]	μ [jaar]	A [-]
1. Maas incl. inlaatpompstation	1	0.0050	0.99502
2. (1) in voorraad met De Gijster	$5 \cdot 10^{21}$	0.0050	~ 1.00000
3. (2) in serie met de Honderd en Dertig	100	0.1000	0.99900
4. (3) in serie met de Petrusplaat	50	0.1001	0.99800
5. (4) in serie met transportleiding Biesbosch–Baanhoekweg	20.6	0.0530	0.99743
6. Wantij in voorraad met de Grote Rug	$1.1 \cdot 10^{13}$	0.0050	~ 1.00000
7. (6) parallel met (5)	$3.8 \cdot 10^{15}$	0.0046	~ 1.00000
8. (7) in serie met Zuiveringsbedrijf Baanhoekweg	25	0.005	0.99980
Lijnsysteem II	τ [jaar]	μ [jaar]	A [-]
1. Grondwaterwinning	100	0.1	0.99900
2. (1) in serie met Zuiveringsbedrijf Oranjelaan	20	0.0240	0.99880
3. (2) in serie met transportleiding Oranjelaan-Distributiegebied	14.7	0.0189	0.99871
Distributiegebied Dordrecht	CAP(t_s) [10 ⁶ m ³ /jaar]	A(s) [-]	
Toestand t_s			
1: I werkt, II werkt	17	0.99851	
2: I werkt, II defect	13	0.00129	
3: I defect, II werkt	4	0.00020	
4: I defect, II defect	0	~ 0.0000	

het in de beleidsdoelstelling van de rijksoverheid geformuleerde aspect 'ononderbroken levering van voldoende water' ofwel leveringszekerheid. De methodiek maakt het mogelijk om voor complexe drinkwatervoorzieningsystemen de kans op volledige levering en de gemiddeld niet-geleverde hoeveelheid in behoeftecentra te bepalen. Toepassing heeft o.a. plaatsgevonden bij de door het RID uitgevoerde studies betreffende de ruwwateraanvoer naar het duingebied Katwijk–Wassenaar (de WAAM-studie), de watervoorziening van IJsselmonde, en in de systeemstudie van het Integraal Onderzoek Drinkwatervoorziening Zuid-Holland (IODZH). Door enerzijds een gebrek aan betrouwbare statistische gegevens betreffende bedrijfstijden en hersteltijden van onderdelen van een drinkwatervoorzienings-systeem, en anderzijds het vooralsnog ontbreken van normen voor de criteria, is de methodiek slechts in globale, vergelijkende zin toepasbaar. Dit neemt evenwel niet weg dat het in het kader van de planvorming een bruikbaar instrument is. Verruiming van de toepassingsmogelijkheden moet vooral gezocht worden in een systematische verzameling van de benodigde statistische gegevens.

De auteurs willen hun dank betuigen aan ir. J. G. de Graan (Waterloopkundig Laboratorium) voor zijn adviezen in de theoretische beschouwingen en aan ir. E. van der Vlis (GEB–Dordrecht) voor zijn commentaar vanuit de praktijk.

Literatuur

1. De aan de calamiteitenbeschouwing omtrent ruwwaterbronnen en inlaatsystemen ten grondslag liggende technieken en gegevens. Appendix bij deelrapport 1 van de rapportage door de Commissie Wijde Aa–Andelse Maas (WAAM), RID (1979).
2. Barlow, R. E. and Proschan, F. (1965). *Mathematical*

theory of reliability. Wiley, New York.

3. Leve, G. de en Molenaar, W. (1966). *Markovketens en wachttijden, deel 4 van leergang besliskunde*. Mathematisch Centrum, Amsterdam.
4. Stoyan, D. en Stoyan, H. (1971). *Mathematische Methoden in der Operationsforschung*. VEB, Leipzig.
5. Graan, J. G. de (1979). *Reliability of water supply systems*. Interne RID-nota.
6. Graan, J. G. de en Koster, P. K. (1980). *Betrouwbaarheid van drinkwatervoorzieningsystemen*. Interne RID-nota.
7. Tangena, B. H. (1981). *Nadere beschouwing van de leveringszekerheid*. In IODZH-nota SA 81-3, RID.



Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland

Secretariaat: Churchill-laan 273, Rijswijk

Vergaderingen

Centraal Plancollege, VEWIN Rijswijk;
7 maart 1983, 14.00 uur.

Regionaal Inspectie Contact Oost, Gem.
Gas- en Waterleidingbedrijf Rheden;
10 maart 1983, 10.00 uur.

Arbo-commissie, VEWIN Rijswijk;
15 maart 1983, 14.00 uur.

College van Bedrijfsdirecteuren,
VEWIN Rijswijk;
17 maart 1983, 9.45 uur.

Orgaan van Overleg Inspectie van de
Volksgezondheid – VEWIN,
VEWIN Rijswijk;
17 maart 1983, 14.00 uur.

Werkgroep Vloeistofleidingen in Water-
keringen, DWL 's-Gravenhage;
17 maart 1983, 14.00 uur.

CLW, VEWIN Opl. Centrum Utrecht;
18 maart 1983, 9.45 uur.

Redactieraad Energie + Water,
VEWIN Rijswijk;
18 maart 1983, 10.15 uur.

Commissie Controle Watermeters, NV Water-
leiding Maatschappij 'Overijssel' Zwolle;
24 maart 1983, 10.30 uur.

Automatiseringsdag, Congrescentrum
Orpheus Apeldoorn;
30 maart 1983, 10.00 uur.

CEW, VEWIN Opl. Centrum Utrecht;
31 maart 1983, 10.00 uur.

Dagelijks Bestuur VEWIN,
VEWIN Rijswijk;
31 maart 1983, 10.30 uur.

Ledenvergadering VEWIN,
VEWIN Rijswijk;
31 maart 1983, 14.00 uur.

Bestuur VEWIN, VEWIN Rijswijk;
31 maart 1983, 15.00 uur.

Speurwerkcommissie, KIWA Speurwerklab.
Nieuwegein;
6 april 1983, 10.30 uur.

Regencijfers

	Neerslag in mm tijdvak 7 jan. '83 t/m 20 jan. '83
Valkenburg	18,2
De Kooy	23,7
Schiphol	26,8
De Bilt	27,4
Leeuwarden (vliegveld)	21,6
Eelde (vliegveld)	30,4
Twente (vliegveld)	33,9
Vlissingen	30,4
Gilze Rijen (vliegveld)	32,7
Eindhoven	37,2
Vliegveld Zuid-Limburg	32,9

Neerslag in november 1982 (definitieve cijfers).

De hoeveelheid neerslag gemiddeld over het gehele land bedroeg 73 mm tegen 77 mm normaal. De grootste hoeveelheid was 115 mm te De Haukes (NH); de kleinste 45 mm te Schaesberg.

De grootste etmaalhoeveelheid (28 mm) werd op 18 november te Lemmer (Buma) gemeten.

District	Neerslag in mm gem. hoeveelheid afwijking van N*	
De Kooy	94	+ 3
Leeuwarden	77	– 5
Eelde	62	– 14
Hoorn (NH)	90	+ 5
Urk	70	– 5
Twente (vliegveld)	78	+ 8
Schiphol	70	– 14
De Bilt	75	0
Winterswijk	77	+ 10
Andel	71	– 2
Vlissingen	71	– 8
Oudenbosch	66	– 10
Eindhoven	66	– 3
Venlo	59	– 5
Beek (L)	53	– 20
Landgemiddelde	73	– 5

* Gemiddelde over het tijdvak 1951–1980.

Bron: KNMI.