Een spoorlijn in een waterwingebied: een onbewaakte overweg?

Samenvatting
Eén van de grootste bedreigingen voor waterwingebieden vormt momenteel de toepassing van bestrijdingsmiddelen. Zodra een bestrijdingsmiddel wordt aangetroffen in het opgepompte water moeten adequate maatregelen worden getroffen om de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater veilig te stellen.
In het opgepompte ruwe water van het pompstation Holten van de Waterleiding Mij 'Overijssel' NV (WMO) is het onkruidbestrijdingsmiddel bromacil aangetroffen.
Dit middel is door de Nederlandse Spoorwegen verscheidene jaren toegepast langs de spoorbaan die door het waterwingebied Holten loopt.
In dit artikel wordt een overzicht gegeven van het uitgevoerde onderzoek door de verschillende disciplines binnen de WMO. Met name wordt aandacht besteed aan de ernst van de verontreiniging en de maatregelen die zijn getroffen om een goede drinkwaterkwaliteit te waarborgen.

H. VAN DER ZOUWEN

X. T. NGO

R. A. KLOOSTERMAN

J. A. M. VAN PAASSEN

1. Inleiding

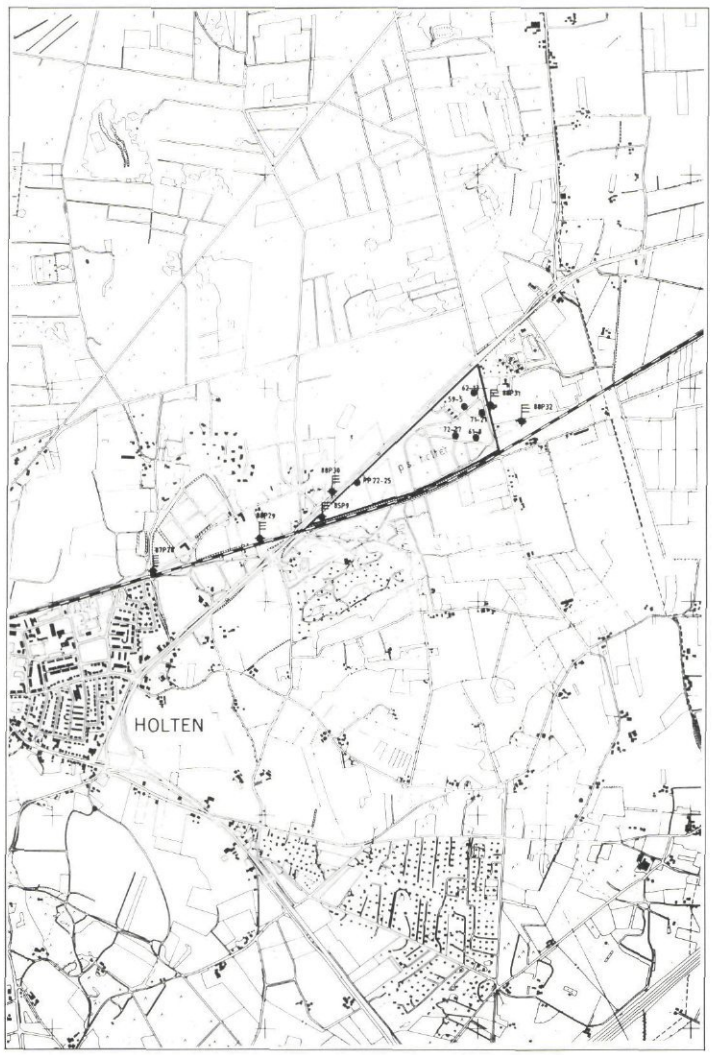
In januari 1987 [1] werd bekend dat in het opgepompte grondwater van het pompstation Bussum het onkruidbestrijdingsmiddel bromacil was aangetroffen.
Deze verontreiniging van het waterwingebied zou zijn veroorzaakt door de toepassing van dit middel langs de spoorbaan door het waterwingebied.
Bromacil is een onkruidbestrijdingsmiddel dat, vanwege de mobiliteit en de slechte afbreekbaarheid, in het kader van de Bestrijdingsmiddelenwet op de 'zwarte lijst' is geplaatst. Om te voorkomen dat ze in het grondwater en vervolgens in het drinkwater kunnen geraken, mogen de middelen die op deze lijst zijn geplaatst niet in beschermingsgebieden worden toegepast. De wettelijke norm voor bestrijdingsmiddelen in drinkwater is in het Uitvoeringsbesluit van de Waterleidingwet vastgesteld op 0,1 microgram per liter per individuele component.
Het geproduceerde reine water van de WMO-pompstations wordt tweemaal per jaar onderzocht op een mogelijke verontreiniging met bestrijdingsmiddelen. De toegepaste analysemethoden zijn geschikt voor het aantonen van chloorpesticiden en cholinesteraseremmers, maar niet voor het aantonen van bromacil. Een bromacilverontreiniging van grondwater in WMO-wingebieden die door spoorlijnen worden doorkruist, kon hierdoor niet worden uitgesloten. Dit vormde de aanleiding tot een nader onderzoek met betrekking tot bromacil bij de desbetreffende WMO-pompstations. Het resultaat was de ontdekking van een aanzienlijke bromacilverontreiniging in het waterwingebied Holten (afb. 1).

2. Geohydrologie rondom het pompstation Holten

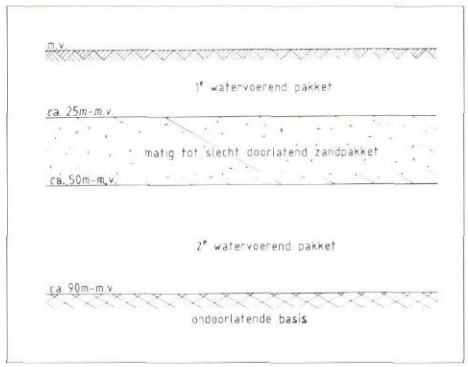
Het pompstation Holten ligt op de zuidoostflank van de Sallandse heuvelrug.
De in het Tertiair afgezette kleilaag is de basis van het geohydrologische systeem.
Hierboven liggen twee watervoerende pakketten gescheiden door een matig tot slecht doorlatende fijnzandige laag (afb. 2).
Plaatselijk is een matig doorlatende toplaag aanwezig. Het merendeel van het opgepompte water (ca. 2,5 miljoen m^3/jaar) wordt aan het eerste watervoerende pakket onttrokken.
De grondwaterstroming is in beide pakketten oostwaarts gericht (afb. 3). Deze isohypsenkaart is zowel voor het eerste als het tweede pakket van toepassing, omdat tussen de beide pakketten geen potentiaalverschil waarneembaar is.

3. Geschiedenis van de verontreiniging

Voor 1972 is op alle spoorbaanvakken het middel Wegdaloog (werkzame stof calciumchloraat) toegepast als onkruidbestrijdingsmiddel. In 1972 is dit middel vervangen door Aavarol (werkzame bestanddelen: amitrol en bromacil).
Door de Provincie Overijssel is in 1974 een beschermingsgebied, gebaseerd op een verblijftijd van 10 jaar, vastgesteld waarbinnen Aavarol niet meer mocht worden toegepast.
Door een onjuiste aanduiding van het beschermingsgebied langs de spoorlijn, is het bestrijdingsmiddel Aavarol in bepaalde delen



Afb. 1 - Situatie-overzicht van het pompstation Holten en de spoorbaan. De relevante pompputten en peilbuizen zijn aangegeven.



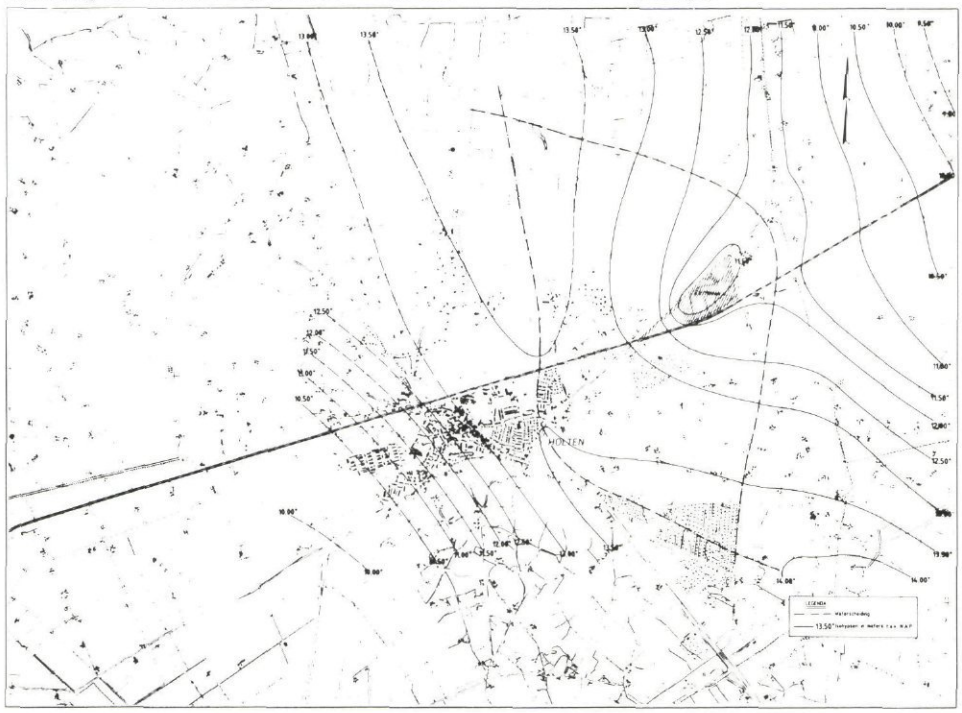
Afb. 2 - Geohydrologische schematisatie bij het pompstation Holten.

van dit gebied in de periode 1974-1985 nog steeds toegepast. In 1985 is een 25-jaars beschermingsgebied berekend.
De grenzen van dit gebied komen langs de spoorbaan overeen met de 10-jaarsgrenzen zoals die voor 1985 zijn gehanteerd.
Vanaf 1985 is in het nieuw vastgestelde 25-jaars beschermingsgebied gebruik gemaakt van Aamitrol (werkzame stof amitrol) en Fydulan G (werkzame bestanddelen: dalapon en dichlobenil) (afb. 4).

4. Analysemethode

Om zeer lage concentraties organische microverontreinigingen in water te kunnen meten, worden de microverontreinigingen veelal geconcentreerd en daarna met een instrumentele techniek onderzocht.
Concentrering kan worden uitgevoerd door overbrenging van de microverontreinigingen die in het water aanwezig zijn door middel van extractie naar een oplosmiddel dat slecht in water oplost. Door indampen van dit oplosmiddel tot een klein volume wordt een geconcentreerd extract verkregen.
Gaschromatogtrafie is een instrumentele techniek, die veel wordt gebruikt voor het analyseren van bestrijdingsmiddelen in zeer lage concentraties. Een deel van het extract wordt in een gaschromatograaf geïnjecteerd. In de gaschromatograaf zorgt een capillaire kolom voor scheiding van de afzonderlijke componenten, zodat deze aan het eind van de kolom kunnen worden waargenomen door de detector, die gevoelig is voor de te bepalen componenten.
Gebruikelijke extractiemiddelen voor zwakpolaire stoffen zijn dichloormethaan en ethylacetaat. Beide oplosmiddelen zijn toegepast met een vergelijkbaar extractierendement van 80-90%. De ingedampte extracten zijn vervolgens gaschromatografisch onderzocht met een stikstofgevoelige detector (NPD). In combinatie met deze detector was slechts een splitinjector beschikbaar. De scheiding werd uitgevoerd op een capillaire CP-Sil 8 kolom. Onder deze omstandigheden bleek een

Afb. 3 - Isohypsenkaart van het gebied rond het pompstation Holten. De grondwaterstroming is in dit gebied t.g.v. de Holterberg van west naar oost gericht. Het intrekgebied is met een onderbroken lijn aangegeven.



detectiegrens van 0,04 microgram per liter haalbaar. In principe zou gestreefd moeten worden naar een detectiegrens die een factor tien onder de drinkwaternorm (0,1 microgram per liter) ligt. Theoretisch kan de detectiegrens met de toepassing van een on-column injector nog sterk worden verlaagd.

5. Verspreiding van de verontreiniging

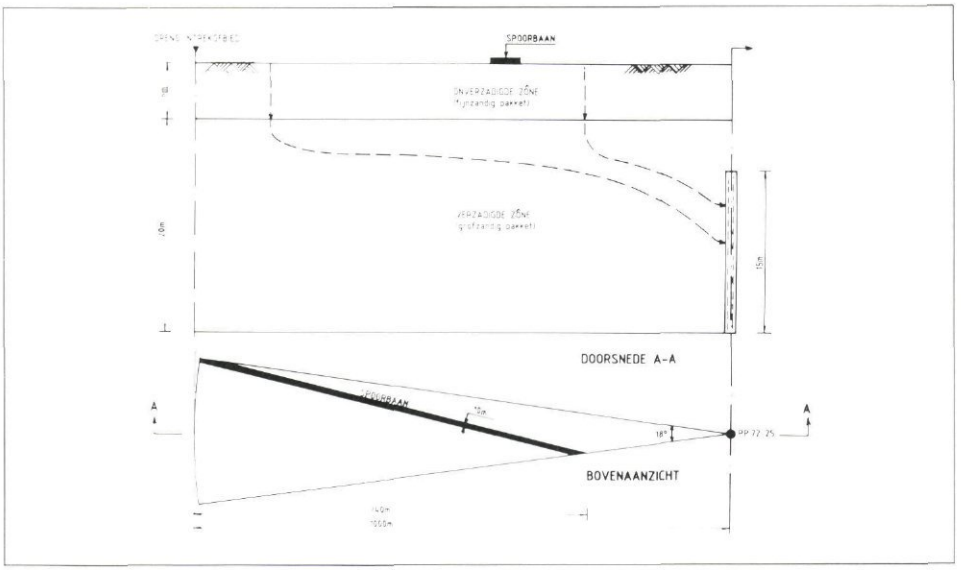
In eerste instantie werd het opgepompte ruwe grondwater van elke pompput onderzocht op de aanwezigheid van bromacil. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat negen van de zestien putten in het eerste watervoerende pakket waren verontreinigd met bromacil (tabel I), waarvan vijf boven de drinkwaternorm. De vier putten in het tweede watervoerend pakket bleken niet verontreinigd. De bedrijfsvoering van het pompstation Holten is zodanig dat, afhankelijk van het verbruik, meer of minder pompputten in bedrijf zijn. Door de variatie in het bromacilgehalte over het puttenveld schommelde het gehalte in het reine water rond de norm van 0,1 microgram per liter.

TABEL I – *Concentratie bromacil in de pompputten en in het afgeleverde reine water op 19-10-1987. Slechts de putten met verhoogde bromacilgehalten zijn weergegeven.*

put 59-5	0,29 μg/l bromacil
put 62-13	0,17 μg/l bromacil
put 67-19	0,09 μg/l bromacil
put 71-21	0,20 μg/l bromacil
put 72-22	0,09 μg/l bromacil
put 72-24	0,06 μg/l bromacil
put 72-25	3,2 μg/l bromacil
put 72-27	0,42 μg/l bromacil
put 72-28	0,05 μg/l bromacil
rein	0,09 μg/l bromacil

6. Contact met Inspectie Volksgezondheid en pers

De regionale inspecteur van de volksgezondheid werd onmiddellijk na de constatering van de bromacilverontreiniging op de hoogte gebracht. In overleg met de inspecteur zijn vervolgens direct maatregelen genomen om het bromacilgehalte beneden de wettelijke norm te houden.



Afb. 5 - Gehanteerde schematisatie voor het intrekgebied van pompput 72-25 aan de westkant van het pompstation. In de bovenste afb. is een verticale doorsnede weergegeven. De onderste afb. toont het bovenaanzicht van het intrekgebied met de ligging van de spoorbaan.

Voor de regionale pers werd door de voorlichtingsfunctionaris al in een vroeg stadium een persmededeling opgesteld. Hierin werden onder meer de zuiveringstechnische maatregelen genoemd en de lage toxiciteit van bromacil benadrukt.

7. Zuiveringstechnische maatregelen

Uit de analysegegevens (tabel I) is berekend dat de norm voor bromacil in drinkwater al bij het in bedrijf komen van de meest verontreinigde pompput zou worden overschreden. Deze pompput is dan ook direct na ontdekking van de verontreiniging buiten bedrijf gesteld. Deze noodmaatregel had een zeer tijdelijk karakter wegens het gevaar voor het aantrekken van bromacil door de overige pompputten.

Nadat de omvang van het probleem vollediger in kaart was gebracht, is gezocht naar maatregelen die op korte termijn enig soelaas konden bieden.

Er zijn twee maatregelen genomen.

In de eerste plaats is de meest verontreinigde pompput van de drinkwaterbereiding losgekoppeld. Om verspreiding van de verontreiniging over het puttenveld te voorkomen moest deze pompput wel continu worden afgepompt. Het bromacilhoudende water kon echter niet zonder meer worden geloosd. Besloten is het verontreinigde water zonder voorzuivering te filtreren over actieve kool en het filtraat te lozen in de spoelwatervijver. Nadeel van deze werkwijze is dat de ontijzering in het koolfilter zou kunnen plaatsvinden en dat in dat geval rekening moest worden gehouden met regelmatig spoelen van het filter. Omdat het hier slechts een tijdelijke maatregel betrof, is dit nadeel geaccepteerd.

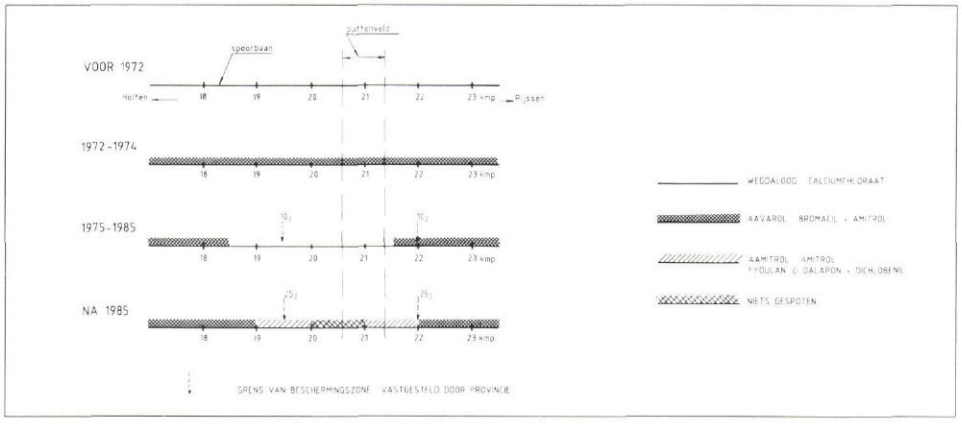
Een bestaande voorfilterketel is omgebouwd tot koolilter en vervolgens gevuld met actieve kool, Norit ROW 0,8 Supra, tot een bedhoogte van 2 meter (filtratiesnelheid v = 9,4 m/h).

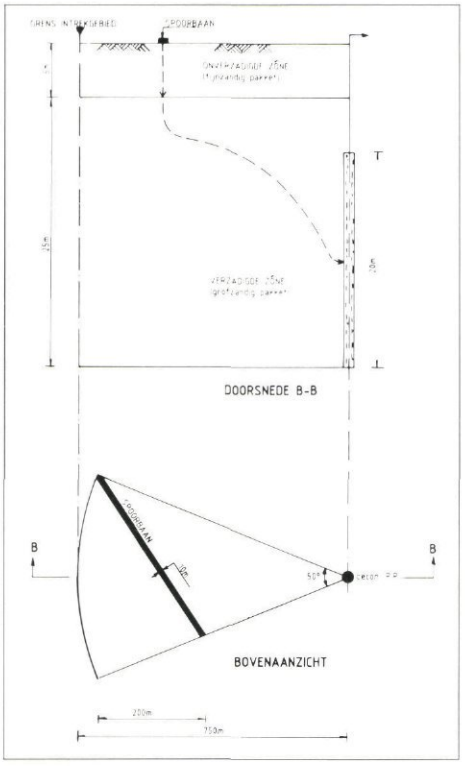
In de tweede plaats is het schakelschema van de overige pompputten zo gewijzigd dat de verontreinigde pompputten als laatste in bedrijf komen.

Spoedig na het in bedrijf stellen van het koolfilter bleek in het fiter inderdaad ontijzering op te treden. Dit had een zodanige weerstandstoename van het filter tot gevolg dat wekelijks spoelen noodzakelijk was. Door het spoelproces werd de bedopbouw verstoord, zodat de standtijd van de kool aanzienlijk werd verkort.

Het continu afpompen van de oorspronkelijk meest verontreinigde put vergrootte het intrekgebied van deze put zodanig, dat het bromacilgehalte van deze put in 5 maanden afnam van 3,2 naar 0,4 microgram per liter. In dezelfde tijdsperiode veroorzaakte het verslechterde adsorptieproces door ontijzering in het koolfilter een doorslag van bromacil, die eveneens 0,4 microgram per

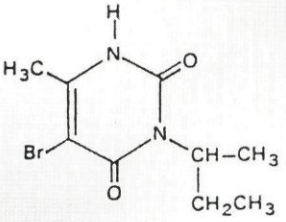
Afb. 4 - Schematische weergave van het gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen op de spoorbaan bij pompstation Holten. Deze gegevens zijn ontleend aan informatie van de Nederlandse Spoorwegen en de Plantenziektenkundige Dienst. Hieruit blijkt dat bromacil nog tot 1985 binnen de 10-jaars beschermingszone is toegepast.





Afb. 6 - Schematisatie voor de oostkant van het pompstation. De vijf pompputten met hun intrekgebieden zijn geschematiseerd tot één pompput met één intrekgebied. In de bovenste afb. is een verticale doorsnede weergegeven. De onderste figuur toont het bovenaanzicht van het intrekgebied met de ligging van de spoorbaan.

Bromacil



Bromacil is een niet-selectief onkruidbestrijdingsmiddel met een zeer lange werkingsduur. Het wordt door planten via de wortels opgenomen en het remt de fotosynthese van de plant. De toepassing als algemeen onkruidbestrijdingsmiddel wordt eind februari, begin maart op onbeteelde terreinen aanbevolen.

In aëroob milieu wordt bromacil in de bodem langzaam bacteriologisch afgebroken. Over de anaërobe afbraak is weinig bekend. In de literatuur wordt een halfwaardetijd van circa 6 maanden bij 20 °C genoemd. Bij lagere temperaturen is de omzetting aanzienlijk trager, zodat het bij herhaalde toepassing kan accumuleren in de bodem. Op zandgronden kan een gedeelte van de toegepaste dosis binnen een jaar na toepassing uitspoelen uit de bovenste meter van de bodem [5].

Oplosbaarheid in water: relatief goed (815 mg/l)
Toxiciteit : acuut en chronisch: laag
Acceptable Daily Intake (ADI) : 0,086 mg/l [6]

liter bedroeg. Het verwijderingspercentage van meer dan 97% nam hierdoor binnen 5 maanden af tot 0%.

8. Hydrologische berekeningen

Voor een goede onderbouwing van de te nemen maatregelen op langere termijn is het van belang om inzicht te krijgen in de te verwachten trend van bromacilconcentraties in het opgepompte water. De nadruk ligt op het concentratieverloop en niet zozeer op de werkelijke concentraties. Een betrouwbare kwantificering van de te verwachten concentraties is door de te korte periode waarin de waarnemingen verzameld zijn namelijk niet goed mogelijk.

De trendberekeningen zijn uitgevoerd op een Personal Computer met het spreadsheetprogramma 'symphony'.

In het eerste deel, van de uit twee delen bestaande berekening, werd een simulatie van zowel de onverzadigde- als de verzadigde zone gemaakt om daarmee de verblijftijden te kunnen bepalen.

Deze berekeningen werden uitgevoerd ter ondersteuning van het tweede deel van de berekening, waarin de verblijftijden werden gebruikt om het te verwachten concentratieverloop te vinden. De in het eerste deel gemaakte schematisaties en vereenvoudigingen moeten dan ook in dit licht worden bekeken.

Gelet op de verschillende tijdsperioden waarin bromacil aan de oost- en aan de westkant van het puttenveld werd gebruikt en de verschillen in oriëntatie van de spoorbaan ten opzichte van het intrekgebied werd de berekening in twee delen gesplitst. Aan de westkant werd gerekend met de onttrekking en het intrekgebied van één pompput (afb. 5) terwijl aan de oostkant vijf pompputten werden geschematiseerd tot één put (afb. 6).

Door de totale berekening van zowel de oost- als de westkant op één werkblad te zetten, was het resultaat van het eerste deel zeer eenvoudig beschikbaar als invoer voor het tweede deel van de berekening.

De gevolgde werkwijze wordt hierna per onderdeel kort beschreven.

Onverzadigde zone

De verblijftijd in de onverzadigde zone is uitgerekend voor een verticaal profiel waarbij verondersteld is dat alleen verticale stroming optreedt.

Dit profiel met een dikte van 6 m is onderverdeeld in een aantal elementen

Formules

Voor de techniek om de grondwaterstroming met behulp van een waterbalans in een spreadsheet te simuleren, wordt verwezen naar Olsthoorn [4].

De verblijftijd in de onverzadigde zone is berekend met behulp van de formule van Van Lanen:

$$To = \sum_{i=1}^{i=m} \frac{(dz_i) * \Theta_i}{nn} \qquad (1)$$

To = verblijftijd in de onverzadigde zone (T)
dz_i = hoogte van element i (L)
Θ_i = vochtgehalte van element i (–)
nn = nuttige aanslag (L/T)
m = aantal elementen (–)

Het concentratieverloop is berekend met de volgende formule voor radiaal symetrische stroming [7]:

$$c(t) = \frac{d \cdot S_o}{Dv \cdot n \cdot e} \sum_{i=1}^{i=m} fi\,[\exp(-eT_i) - \exp\left(\frac{-e}{b}(t - t_o)\right)]$$

waarbij:
c(t) = concentratie bromacil in de pompput op tijdstip t (M/L^3)
d = uitspoelingsfractie bromacil (–)
fi = fractie van het element i waar bromacil wordt gebruikt (–)
n = effectieve porositeit (–)
Dv = dikte van het watervoerend pakket (L)
t = tijd (T)
t_o = begintijd waarop bromacil werd toegepast (T)
T_i = gemiddelde verblijftijd van element i (T)
e = $\frac{a \cdot b + nn}{Dv \cdot n}$ (T^{-1})
a = afbraaksnelheidscomponent = $\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ (T^{-1})
$t_{1/2}$ = halfwaardetijd van bromacil (T)
nn = nuttige neerslag (L/T)
b = vertragingsfactor ten gevolge van adsorptie (–)
S_o = gedoseerde belasting bromacil ($M/L^2/T$)
m = aantal elementen (–)

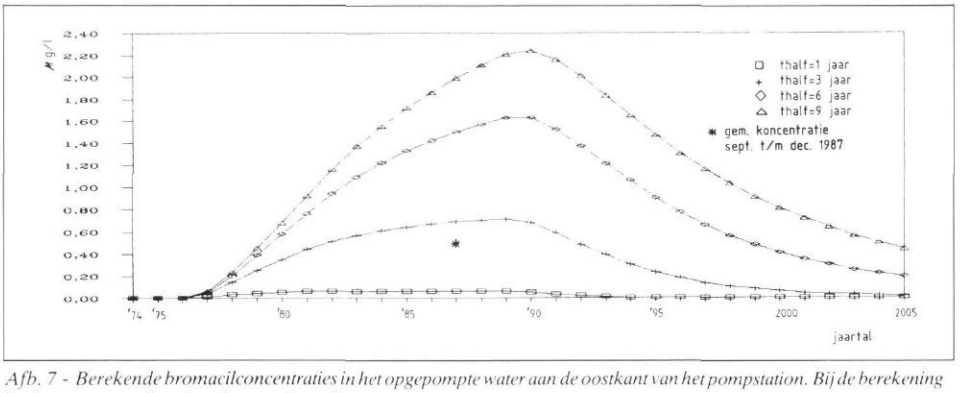
waarvoor per element een waterbalans is opgesteld. De onverzadigde doorlatendheid is in een ander deel van het werkblad voor een aantal bodemtypen met behulp van een tabel ingevoerd als functie van het vochtgehalte [2].
Door vervolgens een onder- en een bovenrandvoorwaarde op te geven is na een aantal iteraties het vochtgehalte berekend.
De verblijftijd in de onverzadigde zone is tenslotte berekend met behulp van de formule van Van Lanen [3].
De berekende verblijftijd in de onverzadigde zone ligt tussen de 1,5 en 2 jaar. In het tweede deel van de berekening is deze verblijftijd toegepast als een vertragingsfactor.

Verzadigde zone
Voor het intrekgebied van de beschouwde pompputten in het eerste watervoerende pakket is een simulatiemodel gemaakt van de verzadigde grondwaterstroming. Holocene afzettingen worden tussen de spoorbaan en de betrokken pompputten niet of nauwelijks aangetroffen zodat uitgegaan kan worden van een freatisch pakket. Van het totale 'taartpunt'vormige modelgebied zijn alleen de stijghoogten in verticale profielen langs een stroombaan berekend [4]. Om de doorlatendheid te bepalen zijn putproeven uitgevoerd (doorlaatvermogen KD circa 1.200 m^2/dag). De verblijftijd is zonder problemen te bepalen voor dat deel van het modelgebied waar de stroombanen in het verticale profiel evenwijdig lopen. Dichter bij de pompput is de verblijftijd bepaald voor de 'gemiddelde' stroombaan. De gevonden verblijftijden blijken redelijk goed overeen te komen met een gemaakte Flop-berekening. Bovendien is er een goede overeenstemming met de verblijftijden zoals die door de provincie Overijssel op basis van een isophysenkaart, zijn berekend voor de bepaling van de beschermingszones.

Concentratieverloop
Voor het bepalen van de trend, in het tweede deel van de berekening, is een formule [7] toegepast die zeer goed in een spreadsheet kan worden verwerkt.
Per element, waarvoor in het eerste deel van de berekeningen de verblijftijd tot de pompput is berekend, is de fractie (f_i) bepaald als de verhouding tussen het oppervlak waarop bromacil is toegepast en het element oppervlak. Verder is, voor alle jaren waarin we de bromacilconcentratie in het door de betreffende pompput(ten) opgepompte water willen weten, een aparte cel gereserveerd. In die cellen is de bijdrage van alle onderscheiden elementen in het intrekgebied gesommeerd. Het tijdstip waarop werd gestopt met het toepassen van bromacil is in de berekening verwerkt door vanaf dat moment, rekening houdend met een vertraging in de onverzadigde zone, een evengrote maar tegengestelde bromacilbelasting op de bestaande belasting te superponeren.
Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de invloed van de verschillende parameters op de trend van de bromacilconcentratie in het opgepompte water.
Het eerste deel van de uit twee delen bestaande parameter e (formule 2) blijkt het meest gevoelig te zijn door de grote spreiding in mogelijke waarden voor de halfwaardetijd van bromacil.
Op grond van de dominerende invloed van de halfwaardetijd zijn alle berekeningsscenario's doorgerekend voor 4 verschillende halfwaardetijden.
Er zijn in totaal drie scenario's doorgerekend waarvan één betrekking heeft op de oostkant en twee op de westkant van het pompstation. Voor de oostkant is gerekend met een bromacilbelasting van 1972 tot 1985. De te verwachten bromacilconcentraties staan weergegeven in afb. 7.

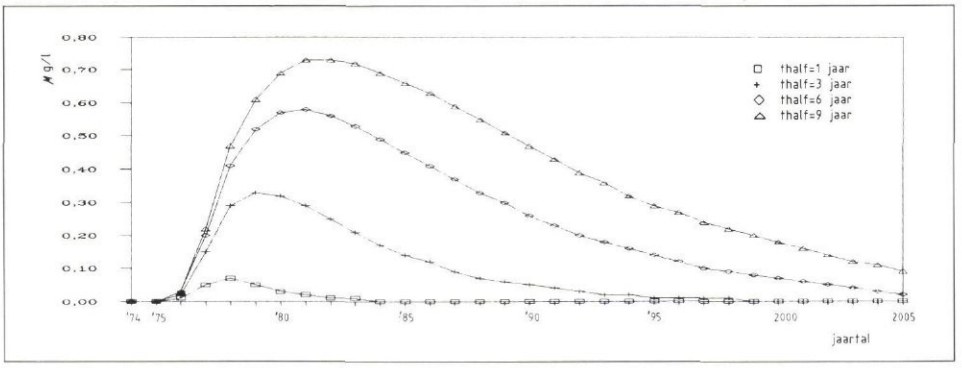
Volgens de door ons geïnventariseerde gegevens is aan de westkant van 1972 tot en met 1974 gebruik gemaakt van bromacil. Op grond van deze belasting is de eerste trendberekening voor de westkant gemaakt (afb. 8).
Aangezien in de peilbuizen langs de spoorbaan aan de oost- en westkant een vergelijkbare bromacilconcentratie is gevonden, bestaat het vermoeden dat ook aan de westkant na 1974 met bromacil is gespoten (afb. 9).

Berekeningsresultaten
Indien wordt gekeken naar de berekende bromacilconcentraties aan de oostkant van het pompstation Holten blijken de te verwachten concentraties mee te vallen (afb. 7).
Uitgaande van de analyseresultaten en bij verwaarlozing van adsorptie lijkt een halfwaardetijd van circa 3 jaar het meest reëel. De maximum bromacilconcentratie bedraagt dan ongeveer 0,8 μg/l in 1989/1990.
De te verwachten concentraties aan de



Afb. 7 - Berekende bromacilconcentraties in het opgepompte water aan de oostkant van het pompstation. Bij de berekening is uitgegaan van de volgende veronderstellingen:
– het gebruik van bromacil bedroeg 150 mg/m^2/jaar (bron: NS);
– adsorptie is verwaarloosd;
– 5% spoelt uit de verzadigde zone [7];
– gebruik van bromacil van 1972-1985.
Het berekeningsresultaat is voor vier verschillende halfwaardetijden van bromacil weergegeven. Duidelijk blijkt dat de concentratie in het opgepompte water sterk wordt bepaald door de halfwaardetijd. In alle berekeningen wordt de maximale concentratie rond 1989-1990 bereikt.

Afb. 8 - Berekende bromacilconcentraties in het opgepompte water aan de westkant van het pompstation. Bij de berekening is uitgegaan van de volgende veronderstellingen:
– het gebruik van bromacil bedroeg 150 mg/m^2/jaar (bron: NS);
– 5% spoelt uit naar de verzadigde zone [7];
– gebruik van bromacil van 1972-1974.
Het berekeningsresultaat is voor vier verschillende halfwaardetijden van bromacil weergegeven. De concentratie in het opgepompte water wordt sterk bepaald door de halfwaardetijd. De berekende concentraties zijn laag en bij de meest realistische halfwaardetijd (3 jaar) niet in overeenstemming met de gemeten concentratie. Het vermoeden lijkt gerechtvaardigd dat bromacil aan de westkant ook nog na 1974 is toegepast.



westkant van het pompstation nemen af zowel in de optimistische benadering (afb. 8) alsook in de pessimistische berekening (afb. 9).

Volgens de beide benaderingen bedragen in 1989 de bromacilconcentraties voor de westkant bij een halfwaardetijd van 3 jaar respectievelijk 0,05 μg/l en 1,9 μg/l.
Gelet op de dalende trend aan de westkant en het vlakke verloop overgaande in een daling aan de oostkant van het pompstation is het redelijk om te veronderstellen dat de bromacilconcentraties in het reine water, zonder zuiveringstechnische aanpassingen, niet veel zullen stijgen. Een geleidelijke afname van de bromacilconcentraties in het reine water zal waarschijnlijk het meest reële beeld zijn. Het effect dat is te verwachten door verschillen in oriëntatie van de spoorbaan ten opzichte van het intrekgebied, is goed te zien als de figuren 7 en 9 worden vergeleken. De perioden waarin bromacil is toegepast, is voor beide berekeningssituaties identiek. De bromacilconcentratie in de pompput aan de westkant (afb. 9) stijgt eerder en reageert sneller op het niet meer toepassen van bromacil dan in de pompputten aan de oostkant (afb. 7). Bovendien is de berekende maximale concentratie aan de westkant beduidend hoger dan die aan de oostkant van het pompstation.

Uit de grote verschillen in de te verwachten concentraties bij verschillende halfwaardetijden komt de gevoeligheid van deze parameter duidelijk naar voren. Goed inzicht in de bromacilafbraak tijdens het bodemtransport is een belangrijke bijdrage voor een beter berekeningsresultaat.

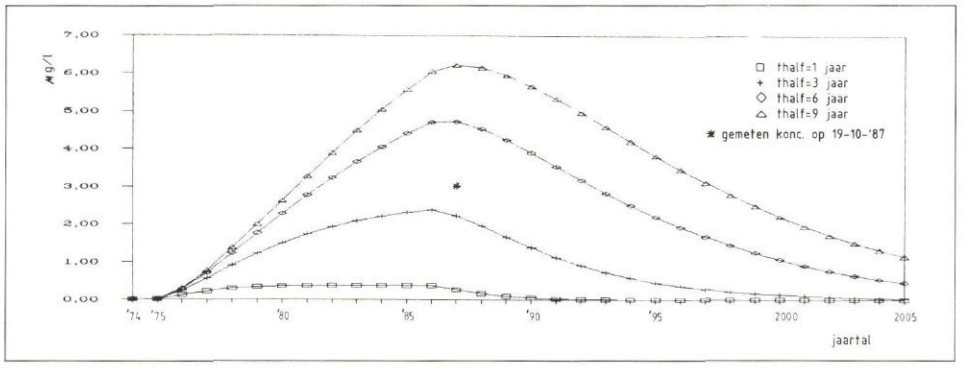
9. Voorkomen is beter dan genezen!

In Holten is de verontreiniging pas twee jaar na het stoppen van de verontreinigde activiteit in het waterwingebied geconstateerd.
Door toen op korte termijn een aantal maatregelen te treffen, was de WMO in staat om drinkwater te leveren dat aan de normen voldeed.
Actieve koolfiltratie kan een effectieve methode zijn voor de verwijdering van bromacil uit grondwater. In Holten is dit provisorisch toegepast op ruw water zonder voorgaande filtratie. De standtijd van de actieve kool wordt onder deze omstandigheden aanzienlijk verkort door de ontijzering in het filter die spoelen van het koolfilter noodzakelijk maakt.

Het is zeer goed mogelijk om met betrekkelijk eenvoudig toe te passen programmatuur de trend in de verwachten bromacil concentraties in het opgepompte water te berekenen. Deze waarden bleken bij een halfwaardetijd van 3 jaar en verwaarlozing van de adsorptie redelijk overeen te komen met de gemeten waarden.
Het nut van dergelijke excersities hangt nauw samen met de beschikbaarheid van voldoende betrouwbare invoergegevens. De verontreinigingsbron bleek in de ruimte (spoorbaan) beduidend beter af te bakenen dan in de tijd (toepassingsjaren). Meer informatie over de periode waarin bromacil is toegepast, komt het eindresultaat dan ook zeker ten goede. Van evenzo groot belang voor het eindresultaat is echter het gedrag van bromacil in de bodem waarbij de halfwaardetijd een doorslaggevende parameter is.
Op grond van deze berekeningen lijkt aanpassing van de bestaande zuivering op beperkte schaal noodzakelijk.

Voorkomen is beter dan genezen geldt ook voor het trage grondwatersysteem. Een goede bescherming van het waterwingebied is hiervoor een noodzakelijk instrument. Het selectief toelaten van verontreinigende stoffen in beschermingszones zal de bedreiging van de watervoorziening aanzienlijk verminderen.
Dit praktijkvoorbeeld illustreert weer eens hoe noodzakelijk het is dat uitsluitend bestrijdingsmiddelen worden toegepast, die weinig mobiel zijn én die goed afbreekbaar zijn in onschadelijke componenten.

Afb. 9 - De bromacilconcentraties in het opgepompte water aan de westkant van het pompstation zijn berekend voor de pessimistische situatie van bromacilgebruik van 1972 tot en met 1985.
Uit een vergelijking met afb. 7 blijkt dat aan de westkant hogere concentraties te verwachten zijn dan aan de oostkant.
De maximale concentratie wordt aan de westkant na beëindiging van de toepassing ook sneller bereikt. Beide conclusies kunnen worden verklaard uit het verschil in ligging van de spoorbaan in de respectieve intrekgebieden (afb. 5 en 6).



Literatuur
1. *Vervuiling grondwater nabij PWN-drinkwaterpompstation Grindweg.* H_2O (20) 1987, p. N5.
2. Wösten, J. H. M. *Stiboka.* Rapportnr. 2019.
3. *Dichloorpropaan in grondwater.* Rapportage van de werkgroep onderzoek grondwaterverontreiniging door bestrijdingsmiddelen.
4. Olsthoorn, T. N. (1987). *Het simuleren van grondwaterstroming met spreadsheet; nog enkele voorbeelden.* H_2O (20) 1987, nr. 6, p. 129-130.
5. Zandvoort, R., Born, G. W. van den and Braber, J. M. (1980). *Water, Air and Soil Pollution.* Nr. 13, p. 363-372.
6. *Drinking Water and Health.* Vol. 1, National Academy of Sciences, 1977.
7. Peters, J. H. (1985). *Pesticiden in waterwingebieden.* KIWA-mededeling 95.

● ● ●