

DE BEPALING VAN DE INVLOED VAN KWEL VOOR NATUURONTWIKKELINGSPROJECTEN

O. BATELAAN, F. DE SMEDT
Dienst Hydrologie,
Vrije Universiteit Brussel

INLEIDING

Onder de huidige druk op de ruimtelijke ordening wordt het meer en meer noodzakelijk om actief aan natuurontwikkeling te doen. Voor de ontwikkeling van veel ecologische waardevolle gebieden is één van de hoofdvoorwaarden dat er een gunstige hydrologische gradiënt is met opkwellend grondwater van een oligotrofe kwaliteit. Het model hier voorgesteld voor een hydrologische systeemmodellering voor potentiële natuurgebieden heeft als belangrijkste berekeningsresultaat de *natuurlijke* kwel.

Het model gaat uit van een uniforme, gemiddelde, effectieve neerslag en houdt dus geen rekening met het huidige landgebruik. Daar geen lokaal drainagesysteem is opgenomen in het model zal de kwel diffuus over topografisch laag gelegen gebieden uittreden eerder dan geconcentreerd in of langs het drainagesysteem.

Conceptueel wordt hierdoor de kwelfunctionaliteit weergegeven van een landschap zowel in kwelareaal als -kwantiteit.

WERKWIJZE HYDROLOGISCHE SYSTEEMMODELLERING

Om een hydrologisch systeem van een natuurgebied te analyseren is het noodzakelijk een fysisch-mathematische beschrijving te maken van grondwaterhoogten, -stromingssnelheden en -richtingen. De grondwaterstroming voor een enkele laag kan als volgt beschreven worden :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[T \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[T \frac{\partial h}{\partial y} \right] + N - Q_w = Q$$

x, y : x en y coördinaten [L]
T : transmissiviteit van de watervoerende laag [L²T⁻¹]
h : hoogte van de watertafel [L]
N : nuttige neerslag [LT⁻¹]

Q : opgepompte hoeveelheid water [L³T⁻¹L⁻²]

Gekende in te voeren informatie in deze vergelijking is :

- De transmissiviteit; het gebruik van een transmissiviteit in plaats van het produkt van de hydraulische conductiviteit en de variërende dikte van het *watervoerende* deel van de aquifer levert een geringe benadering op.
- De nuttige neerslag; geeft dat deel van de neerslag aan dat effectief een bijdrage levert aan de aanvulling van het grondwater (de werkelijke neerslag minus de evapotranspiratie).
- Opgepompte hoeveelheid grondwater; heeft alleen een waarde daar waar oppompingen bekend zijn.

Te berekenen in dit model zijn :

- De grondwaterstanden in het studiegebied; worden een maximumlimiet opgelegd gelijk aan de topografie minus de dikte van de onverzadigde zone.
- De grondwaterafvoer naar de wetlands of afvoersystemen; wordt berekend uit de grondwaterstanden als uittredend grondwater op plaatsen waar de maximumlimiet bereikt wordt.

Daar waar het grondwater dieper staat dan de maximum limiet komen infiltratiegebieden voor en zal de grondwaterafvoer gelijk zijn aan 0. Uit bovenstaande volgt dat een kwelgebied gedefinieerd is als *een lokatie waar de grondwaterstand nabij het maaiveld is en waar er een opwaartse grondwaterstroming (kwel) is*. Een gemengd gebied is een lokatie waar de grondwaterstand nabij het maaiveld is en waar de neerwaartse grondwaterstroming kleiner is dan de nuttige neerslag. Het resterende deel van de nuttige neerslag stroomt oppervlakkig af.

Een infiltratiegebied is een gebied waar de volledige nuttige neerslag infiltreert en het grondwater aanvult. Door analyse van de relatieve aanwezigheid van kwel- en infiltratiegebieden in een bepaald landschap wordt een inzicht verkregen in de mogelijke afhankelijkheid van dat landschap ten aanzien van de karakteristieken van het grondwatersysteem.

Op basis van de berekende freatische grondwaterstanden kunnen de stroomlijnen met bijbehorende stroomtijden binnen het grondwatersysteem berekend worden. De stroomlijnen lopen altijd van een infiltratienaar een kwelgebied en zullen daarom de grootte en lokatie van het voedingsgebied aanduiden. De stroomtijden geven de tijd aan die verstrijkt tussen het moment van infiltratie en de uittreding van een waterdruppel in een kwelgebied. Indirect geven de stroomlijnen en -tijden ook de gevoeligheid van een kwelgebied aan t.a.v. verontreiniging of verdroging.

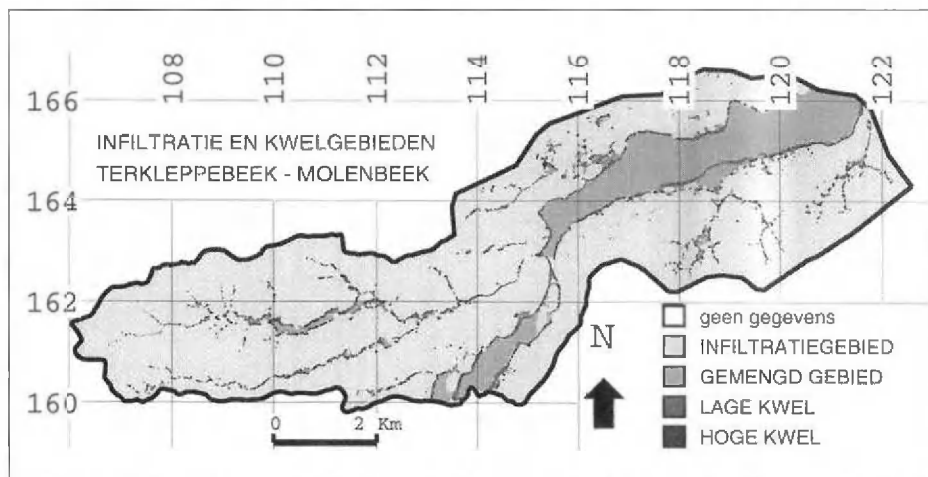
TOEPASSING OP TERKLEPPEBEEK-MOLENBEEK (ZONE 410)

Het gebied waarop het model wordt toegepast is het bekken van de Terkleppebeek-Molenbeek (zone 410), in de provincie Oost-Vlaanderen. Het bekken behoort tot het Denderbekken.

Aangezien de topografie als een soort referentiekader (d.w.z. de maximale grondwaterstand) wordt gebruikt voor de berekening van de kwegebieden, is een nauwkeurig Digitaal Terrein Model (DTM) van cruciaal belang. De van de 1:10000 topografische kaarten gedigitaliseerde contouren werden door middel van het spline interpolatie-(Mitásová en Mitás, 1993) programma in het GIS-GRASS verwerkt tot een continu DTM met een resolutie van 10 bij 10 m.

De geologie van het studiegebied wordt beschreven in o.a. De Breuck et al. (1987) en

Fig. 1 : Berekende natuurlijke kwel- en infiltratiegebieden zone 410.



vooral Honnay en Louis (1966). In het bekken bevindt zich de eerste grondwatervoerende laag in het leemdek van het Kwartair en gedeeltelijk in de fijne zanden van de Formatie van Egem en Ieperiaan zanden (Formatie van Tielt). Als ondergrens van dit pakket wordt de Formatie van Kortrijk (Klei van Ieper) genomen.

Teneinde de diepteligging van deze laag te vinden zijn uit het boorarchief van de Belgische Geologische Dienst 101 boringen van ca. 5m en dieper geselecteerd die deze aanboren. Door de diepteligging te interpoleren wordt een continue diepteliggingkaart verkregen. De dikte van de watervoerende laag varieert tussen 2-30m, het gemiddelde is 11.6m. Voor de hydraulische conductiviteit is een regionale uniforme waarde aangenomen van 1m/dag gebaseerd op het fijnzandige karakter van de watervoerende laag. De nuttige neerslag werd op basis van een langjarige afvoerreeks op de Molenbeek berekend als 0.68mm/dag.

Het grondwatermodel wordt voor de 800 bij 1800 (is 1.440.000) cellen van 10 bij 10m tegelijk opgelost d.m.v. een eindige differentie techniek. Gauss-Seidel iteratie met een rood-zwart volgorde (Hackbusch, 1985). Dit geeft een symmetrisch verloop aan de berekening met daarbij een hoge convergentie. Het model berekent de grondwaterstanden met een maximale fout van 10^{-4} op de grondwaterstanden.

RESULTATEN HYDROLOGISCHE SYSTEEMMODELLERING

De berekende grondwaterstanden in deelbekken 410 liggen tussen de 9.6 en 121.5 m. In figuur 1 worden de resultaten van de kwelberekeningen getoond. De grootte van de kwel wordt opgedeeld in twee categorieën: lage kwel, 0.68-2mm/dag en hoge kwel, 2-±10mm/dag.

De minimumgrens van 0.68mm/dag stemt overeen met de definitie dat kwel groter moet zijn dan de grondwateraanvulling of nuttige neerslag. De gemengde zones met een infiltratie kleiner dan de nuttige neer-

slag worden ook in figuur 1 weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat 89.0% van het gebied bestaat uit infiltratiegebieden, 2.8% uit gemengde zones en 8.2% uit kwelgebieden. De oppervlakte ratio van de infiltratiekwelgebieden bedraagt 10.9 voor de gehele zone en 16.5 voor de Terkleppe-Binche-Molenbeek en de Dender ten zuiden van de Molenbeek. In deze getallen komt tot uiting dat de kwel in de Molenbeek zeer geconcentreerd plaats vindt in de laagste delen van de vallei. In de Dendervallei is de oppervlakte van kwelgebieden groter wat een gevolg is van de minder uitgesproken topografie in de Dendervallei vergeleken met het Molenbeekstroombekken. Kenmerkend is dat de kwel plaatsvindt aan de onderkant van de valleiwand. Dit is vooral duidelijk in de middenloop van de Molenbeek, Binchebeek en de Dender. In de vallei zelf vinden we gemengde zones (grondwater Tafel aan oppervlak) terug; een groot deel van de nuttige neerslag stroomt hier oppervlakkig af.

In het algemeen blijkt dat lage kwelhoeveelheden uitgebreid of diffuus over een gebied uittreden. In deze gebieden treft men over grotere oppervlakten zeer ondiepe grondwaterstanden. Middelhoge kwelgebieden hebben een oppervlak dat zich

veelal tot buiten de rivierzone uitstrekt. Vanuit het standpunt van natuurontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurgebieden zijn dit de gebieden met de meeste potenties (b.v. de middenloop van de Terkleppe-Molenbeek). De hoge kwelzones zijn vaak in zeer dichte nabijheid van een rivier of beek en zorgen als zodanig voor een groot deel van de grondwatercomponent in de rivierafvoer.

Figuur 2 toont de resultaten van de grondwaterstroomlijn-berekeningen in de zones met een bepaalde stromingstijd tot aan een kwelgebied. Voor ieder infiltratiepunt is het volledige grondwaterstromingspad (3-dimensionaal) en de stromingstijd bekend. Op basis van deze gegevens kan voor een individueel kwelgebied of natuurgebied zijn exacte toestromingsgebied bepaald worden.

De kwantiteit van het uittredend grondwater in een kwelgebied alsook de kwaliteit wordt bepaald door de grootte van het infiltratiegebied en de kwaliteitsverandering langs de stroombaan. Ecologische doelstellingen voor kwelgebieden benodigen goede tot zeer goede kwaliteit van het grondwater en een natuurlijke voeding en toestroming van het grondwater naar een kwelgebied, d.w.z. zo min mogelijk menselijke beïnvloeding. Een bescherming van de kwetsbare 0-5 jaars-zone is dus veelal noodzakelijk.

BIBLIOGRAFIE

De Breuck, W., van Dyck, E. en Steyaert, M. 1987. Kwetsbaarheidskaart van het grondwater in Oost-Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.

Hackbusch, W. 1985. Multi-grid methods and applications. Springer-Verlag, Berlin.

Honnay, J.-P. en Louis A. 1966. Bodemkaart van België, verklarende tekst bij het kaartblad Nederbrakel 99E. IWONL. Centrum voor Bodemkartering Gent.

Mitászová, H. en Mitás, L. 1993. Interpolation by regularized spline with tension: I Theory and implementation. Mathematical Geology, vol. 25, no. 6, pp. 641-655.

Fig. 2 : Berekende grondwaterstromingstijden naar kwelgebieden van de Terkleppe-Molenbeek.

