

Verslag van 'Salt Water Intrusion Meeting (SWIM 12)' in Barcelona van 2-6 november 1992

Perfect georganiseerd door Prof. Emilio Custodio en zijn medewerkers, werd van 2 t/m 6 november in Barcelona SWIM 12, de 12de 'Salt Water Intrusion Meeting' gehouden. Sinds in 1969 de eerste plaatsvond in Duitsland, is deze bijeenkomst van geohydrologen, hydrogeologen, geologen en geohydrochemici om de twee jaar gehouden. Het aantal deelnemers schommelt daarbij stevast tussen de 50 en de 100. Tabel I geeft een overzicht van de deelnemers en de gehouden presentaties.



I.R. T. N. OLSTHOORN
GWA

Het relatief grote aantal Spanjaarden hangt uiteraard samen met de lokatie van de bijeenkomst. Toch is van oudsher de belangstelling van de zijde van de Spanjaarden en de Italianen groot, ingegeven door de grondwaterverzilting waar deze landen mee worden geconfronteerd. Helaas waren dit jaar Frankrijk en Denemarken afwezig.

De bijeenkomst omvatte drie dagen met presentaties en twee dagen technische excursie. De onderwerpen waren in zes thema's ondergebracht:

- I Basisbegrippen, analytische berekeningsmethoden, hydrodynamica van mengzones, tijdsafhankelijke oplossingen voor technische berekeningen
- II Modelling, nieuwe benaderingen, oplossing van reële vraagstukken.
- III Hydrogeochemische en milieu studies onder andere met isotopen, mengzones, karakterisering van de herkomst van de dynamica van zout en brak water.
- IV Studie en veldmethoden, waarnemingsnetten, verbetering van de instrumentatie en geofysische onderzoeken.
- V Voorkomen van verzilting, beheersing en herstelmaatregelen, gevolgen van klimaatverandering en zeespiegelrijzing op de grondwaterbronnen in kustzones.
- VI Praktijkstudies.

Basisbegrippen, analytische berekeningsmethoden, hydrodynamica van mengzones, tijdsafhankelijke oplossingen voor technische berekeningen

Het belangrijkste van dit thema was het verschaft overzicht van de problematiek binnen en buiten Europa.

Samenvatting

De 12e SWIM van 2-6 nov. 1992 in Barcelona, bracht 76 deelnemers bijeen die in onder andere 42 voordrachten met elkaar discussieerden over zoutwaterintrusieproblemen.

Zoutwaterintrusie vormt wereldwijd een bedreiging voor zoete grondwatervoorkomens. In verreweg de meeste gevallen is overexploitatie van watervoerende pakketten met een beperkte natuurlijke aanvulling de oorzaak. Naast directe intrusie (binnentrekken) van zeewater wordt men in toenemende mate geconfronteerd met andere vormen van verzilting, zoals aantrekken van connaat grondwater, het optrekken van diep grondwater, slechte irrigatiepraktijken maar ook natuurlijke verzilting door een combinatie van factoren op oceanische eilanden. Toch zijn de problemen het grootst in kustgebieden, zoals de gehele kust van Noord-Afrika, waar in ras tempo de schaarse grondwatervoorraden worden uitgeput.

De diverse studies brengen specifieke situaties binnen en buiten Europa naar voren. Voorts worden daarin de resultaten van nieuwe onderzoeksmethoden gedemonstreerd, evenals de ontwikkeling en toepassing van wiskundige modellen. De laatste worden tegenwoordig overal toegepast en kunnen daarom tot standaard gereedschap worden gerekend, net als geofysische methoden. De toepassing van de geohydrochemische methoden en modellen wint steeds meer in betekenis. Hetzelfde geldt voor toepassing van isotopen. Gezien de ernst van de problematiek bestaat de wens dat bij de volgende SWIM in Cagliari (Sardinië), 1994, meer dan nu het geval was, (mogelijke) oplossingen voor de problematiek worden gegeven.

Door Pallas van de FAO werd de situatie in Noord-Afrika toegelicht. Praktisch langs de gehele kust Zuidkust van de Middellandse zee en verder langs de kust van Jemen en Oman blijkt in sterke mate zeewaterintrusie op te treden door overexploitatie van kustnabije grondwaterreserves. Het beschikbaar komen van elektriciteit om pompen aan te drijven wordt als een belangrijke aanleiding aangemerkt. Het gebruik van grondwater overstijgt de natuurlijke aanvulling, wat leidt tot een ras uitputten van het beschikbare zoete grondwater, zonder dat hiervoor oplossingen in het verschiet liggen. Kenmerkend voor de problematiek is Tunesië, waar kunstmatige infiltratie ter aanvulling van de grondwatervoorraad moest worden gestaakt wegens gebrek aan water. Kortom, de problemen zijn enorm en zullen zonder een verantwoord en samenhangend management slechts tot een ramp kunnen leiden.

Ook aan de Europese kant van de Middellandse zee treedt in sterke mate zeewaterintrusie op, door de grote vraag naar water langs de kusten van Spanje en Italië. Met name de Spaanse kust kampt met een tekort aan zoet water wat in sommige badplaatsen al tot zout water uit de kraan heeft geleid. In dergelijke droge gebieden gaat het stevast om een strijd tussen de belangen landbouw (de grootste verbruiker), de industrie (die gedeeltelijk per schip zoet water uit Zuid-Frankrijk laat aanrukken) en drinkwatervoorziening (o.a. toerisme). In de regel wint de kapitaalcrachtige industrie ten koste van de overige. Plannen van de Spaanse regering om water te transporteren van de gebieden met wateroverschot (dit zijn er overigens niet veel) naar gebieden met tekort stuiten stevast op massaal verzet van de lokale bevolking, die zich daarbij vaak beroept op vele eeuwen oude waterrechten.

TABEL I - Overzicht van deelname en presentaties per land en per thema.

Land	Deelnemers	Papers	I	III	II	IV	V	VI
Spanje	33	13	1	3	5	1	1	2
Nederland	13	9	2	4	1	0	2	0
Italië	11	4	1	0	1	1	1	0
Duitsland	4	3	0	1	0	1	1	0
UK	4	5	1	1	0	0	1	2
België	3	3	0	1	1	1	0	0
Portugal	2	1	0	0	0	1	0	0
Polen	2	0	0	0	0	0	0	0
Argentinië	1	2	0	0	0	0	1	1
Japan	1	1	0	0	0	0	1	0
USA	1	1	0	0	0	0	0	1
Zweden	1	0	0	0	0	0	0	0
Totaal	76	42	5	10	8	5	8	6

In toenemende mate blijkt dat verzilting ook van andere bronnen dan de zee afkomstig kan zijn. Evenals dat in de Rijn het geval is, worden rivieren in bijvoorbeeld Spanje belast met zout dat deels afkomstig is van mijnbouw en deels van natuurlijke bronnen. Maar ook door vergrote indamping door irrigatie en stijging van de grondwaterspiegel door irrigatie waardoor de planten met zilt grondwater in aanraking komen, het aantrekken van connaat zilt grondwater, het oplossen van zout (en sulfaat) uit natuurlijke gesteenten (gips en evaporieten, zoutdiapieren) treedt verzilting op. Aan de hand van een door hem afgeleide analytische formule en uitgevoerde metingen verklaart Custodio het naar de kust van relatief droge oceaaneilanden toenemende zoutgehalte in het grondwater.

Voor het grootste Canarische eiland blijkt het grondwater dat zich boven zeeniveau bevindt tot 4000 mg Cl/l te kunnen bevatten door een combinatie van sea-spray (inwaaiing van zeezout), indamping en oplossing uit natuurlijke gesteenten.

Modellering, nieuwe benaderingen, oplossing van reële vraagstukken

Modellering is een onderwerp waarin Nederland van oudsher relatief sterk is vertegenwoordigd. Van der Eem (KIWA) gaf een exposé van het modellen-gereedschap dat ons momenteel ter beschikking staat en ging in op de voor- en nadelen die met de verschillende methoden samenhangen. Geen enkel model blijkt op zichzelf geschikt voor alle vragen; alleen met het totale gereedschap kan bijvoorbeeld een diepinfiltratieproject van alle zijden en op verschillende schalen afdoende worden belicht.

Hydrologische modellen als 'Modflow', inclusief massatransport modellen als 'Sutra' het door Lebbe (Gent) voor dichtheidsstromingen aangepaste model 'Konikow-Bredehoef' en 'MOC', blijken inmiddels standaard gereedschap te zijn geworden.

Uit de presentaties blijkt dat zij in nagenoeg alle aanwezige landen worden gebruikt. Het belang van de geohydrochemie wordt algemeen erkend en de erbij behorende onderzoeksmethoden en modellen winnen gestaag terrein [Stuyfzand en Appelo]. Deze modellering beperkt zich op dit moment nog tot een enkele stroomlijn, maar zal snel opkomen en zich behalve met zoet en zout ook met verontreinigingen van anthropogene herkomst gaan bezighouden.

Hydrogeochemische en milieu studies o.a. met isotopen, mengzones, karakterisering van de herkomst van de dynamica van zout en brak water

De combinatie van chemie en hydrologie krijgt (terecht) steeds meer aandacht. Vraagstukken over herkomst van water kunnen immers vaak alleen met chemische methoden en isotopen worden opgelost [De Breuck, Gent]. Hydrologische modellen winnen beduidend aan betrouwbaarheid wanneer de hydrologie en de hydrochemie elkaar aanvullen en bevestigen. Er blijkt dan ook een toenemende belangstelling te ontstaan voor validatie van modellen door het combineren van beide vakgebieden [Custodio en Carrera, Barcelona].

Appelo (VU) demonstreerde de mogelijkheden aan de hand van een geochemische modellering langs een stroomlijn met het model 'PHREEQM'. Hiermee bleek het kwaliteitsverloop zoals dat optreedt bij verdringing van zout door zoet water en omgekeerd goed te verklaren, waarbij het belangrijkste proces de kationen-uitwisseling is.

Stuyfzand schetst voorts voor doorsneden loodrecht op de kust een compleet beeld van veranderingen van de verziltingstoestand zoals die in de loop van vele eeuwen is opgetreden. Hij gebruikt daartoe twee karteringsmethoden: grondwatertypen (groundwater mapping) en faciësovergangen. De laatste geeft een beeld van de belangrijkste processen, kationenwisseling vergezeld van uit evenwicht verkerende mineralen.

Al jaren lang is Stuyfzand (KIWA) de motor achter het geohydrochemisch onderzoek in onze kuststrook. Zijn methode voor typering en kartering van grondwater hebben, tezamen met de door Engelen (VUA) gepopulariseerde grondwatersysteemanalyse, het vakgebied uitgetild boven het gebruik van Piper-diagrammen. De als baanbrekend te beschouwen methoden van Stuyfzand vinden meer en meer toepassing, zowel binnen als buiten onze grenzen.

Ondanks de geringe omvang van de onderzoeksgroep blijken de Belgen uit Gent onder leiding van Prof. De Breuck al jaren zeer gedegen hydrologische (met name Lebbe) en hydrochemische studies (met name Walraevens) uit te voeren. Aan de hand van de situatie in de in 1610 droog gelegde Zwarte Sluis Polder blijken zij in staat de evolutie van de grondwaterkwaliteit in complexe situaties inclusief het effect van overstromingen

van zeewater (met name die van 1808) nauwkeurig te kunnen verklaren uit de combinatie van gedetailleerd veldonderzoek (hydrologisch, chemisch) en modellen.

In de landen rond de Middellandse zee veroorzaken Karst en gebroken gesteenten als dolomiet een extra complicatie door korstsluitstromingen, niet alleen met de zee, maar ook met connaat water. Computermodellen leveren er veelal minder resultaat. In een aantal studies beperkt men zich noodgedwongen vooralsnog tot conceptuele modellen gebaseerd op de geologie die men tracht te bevestigen met tracers en isotopen.

Langs de gehele kust van Toscane (Italië) vindt overexploitatie van grondwater plaats, waardoor de stijghoogte, vooral in de zomer, daalt tot meters beneden zeeniveau.

De kwaliteit van het gewonnen water blijkt met de jaren achteruit te gaan, niet door het aantrekken en mengen met zeewater, maar door connaat water en water van thermale bronnen.

Van de Llobregat delta (Barcelona) is sedert 1950 circa 30% verzilt door zeewaterintrusie. Het aangetroffen mengwater heeft chloridegehalten tussen de 1.000 en de 15.000 mg/l. De intrusie vindt plaats via voorkeursstroombanen die bepaald worden door de lokale afzettingen in combinatie met verlaging door de grootste onttrekkers in de delta. Kationenwisseling blijkt het belangrijkste proces bij deze intrusie [Custodio e.a.]. Dergelijke voorkeursstromen blijken ook in Zuid-Spanje een belangrijke rol te spelen, waar een deel van de aquifer bestaat uit gespleten dolomiet 'outcrops', waarin het water gemakkelijk en over grote afstanden in en uit kan stromen [Calvache e.a.].

De hydrologie in veel Spaanse situaties wordt verklaard aan de hand van enerzijds de chemische samenstelling van het grondwater en anderzijds de herkomst (isotopen) in combinatie met de minerale samenstelling van gesteenten waar het water doorheen stroomt.

In Italië is radon gebruikt als natuurlijke tracer [Calo e.a.], die aanwijzing verschaft over porositeit en ook de mate van gespletenheid en de karstactiviteit van het gesteente. Naar aanleiding van een vraag uit de zaal werd geconstateerd dat toch nog relatief weinig onderzoek met isotopen gebeurt, met name ook met bijzondere zoals die van Cl en S.

Studie en veldmethoden, waarnemingsnetten, verbetering van de instrumentatie, en geofysische onderzoeken

In Toscane is de zoutwaterintrusie groot-schalig gekarteerd met geofysische weerstandsmetingen, nadat met andere middelen het verband tussen de weerstand van formatiemateriaal, water en de porositeit van de verschillende in het gebied voorkomende gesteenten is vastgesteld [Gabbani e.a.]. Grote aandacht voor de formatiefactor van de gemeten elektrische weerstand was hiervoor essentieel.

In Oostduinkerken, België, werd de zout-watertoestand in kaart gebracht met behulp van het weerstandprofiel 'Long normal' afkomstig van geofysische boorgatmetingen [Walraevens e.a.]. De variatie in de formatiefactor kon hier juist worden verwaarloosd, daar de variatie in de gemeten weerstand werd overheerst door die van het poriewater. De long normal metingen zijn ook gebruikt ter correctie van de stijghoogten voor het zoutgehalte. Uit het onderzoek bleek zout water onder een drooggelegde polder te zijn ingeklemd tussen zoet duinwater en zoet grondwater in het achterland. Het zoute water onder de polder wordt gedraineerd door een polderkanaal, waardoor op (lange) termijn het pakket met zoet water zal zijn gevuld.

Twee van de drie Duitse bijdragen gingen over de situatie bij de zoutdiapir in Gorleben, die wordt onderzocht met het oog op opslag van radioactief afval. De hydrologische aandacht is gericht op een ca. 200 m dik, gedeeltelijk met zand gevuld erosiekanaal dat over de diapir loopt en zijn top aansnijdt. Dit kanaal impliceert een potentieel lek naar het milieu. Vanaf 170 m diepte loopt het zoutgehalte op. Onderin, 200 m diep, worden zoutwaterdichtheden tot 1.200 kg/m³ aangetroffen (oceanwater heeft 1.025 kg/m³!). Het inzicht in de processen aan de rand van dergelijke zoutdiapiren wordt van Nederlandse zijde vergroot door afleiding van analytische formules voor de stroming op het grensvlak tussen zulke zoutformaties en het grondwater [Schotting e.a.].

Modellering van de zoutverdeling in het grondwater boven de zoutdiapir bleek niet mee te vallen. De tot nu toe met het voor dichtheid aangepaste model van Konikow-Bredehoeft uitgevoerde berekeningen geven een veel grotere spreiding dan de metingen. Bovendien bleken de tegen hoge kosten in situ uit-

gevoerde drukmetingen(!) geen eenparige grondwaterstroming aan te geven. Onduidelijk bleef of de metingen, de geologische complexiteit of lokale, niet begrepen stromingen hiervan de oorzaak zijn. Een beslissing over opslag van nucleair afval in deze diapir lijkt me op grond van het huidige onderzoek niet te verantwoorden.

Voorkomen van verzilting, beheersing en herstelmaatregelen, gevolgen van klimaatverandering en zeespiegelrijzing op de grondwaterbronnen in kustzones

Oude Essink (TUD) toonde aan de hand van modelberekeningen (Konikow-Bredehoeft) voor een West-Oost-doorsnede over de Hondsbossche zee-wering de invloed van een zeespiegelrijzing van 0,5 m op de zoute kwel in het westen van Nederland. De resulterende verziltingsprocessen blijken (uiteraard) zeer langdurig, waarbij het winnen van zout water of het infiltreren van zoet water weinig zal helpen. In een afzonderlijke presentatie ging hij in op de gevoeligheid van het model.

Een andere studie ging in op de gevolgen van zeespiegelrijzing voor de landen langs de Middellandse zee! Vooral het lage gebied van de Franse zuidkust (Camarque) zal daar direct onder te lijden hebben.

In Japan wordt onderzoek gedaan naar het tegengaan van intrusie door diepinfiltratie nabij de kust [Sugio e.a.]. Uit verricht modelonderzoek blijkt de in de Japanse situatie benodigde hoeveelheid zoet water waarschijnlijk prohibitief.

Van Nederlandse zijde is ingegaan op diepinfiltratie. Dit geschiedde zowel door Van der Eem (KIWA) aan de hand van het modelinstrumentarium, als door Stark (PWN) en Stakelbeek (PWN) aan de hand van de diepinfiltratieprojecten 'Hoge Berg' (Texel) en 'DWAT' (Castricum). In Texel blijkt uit metingen met elektrodenkabels (Geohms) dat alleen in de buurt van de dual purpose putten een reactie van het zoet-zout grensvlak merkbaar te zijn. Dit wordt bevestigd door het uitgevoerde modelonderzoek. In Castricum blijkt de gesimuleerde verdringing van brak en zout water goed met de metingen overeen te stemmen. Stakelbeek concludeert voorts dat ter voorkoming van verzilting bij deze vorm van diepinfiltratie een zekere overinfiltratie noodzakelijk is (10% in het geval van DWAT).

In Argentinië speelt intrusie onder andere

in de kustplaats Plata del Mar, waar de bevolking 's zomers toeneemt van 600.000 tot 2 miljoen. De overexploitatie door bedrijven in de stad en de drinkwatervoorziening heeft tot een enorme intrusie van zeewater geleid. Nu de bronnen meer en meer naar ver buiten de stad zijn verplaatst, blijkt de grondwaterstand in de stad voor het eerst sinds decennia weer te gaan oplopen. Daar bij het ontwerp van veel gebouwen is uitgegaan van de lage grondwaterstanden, blijken tal van kelders onder water te lopen.

Praktijkstudies

Verzilting op grote schaal in Pakistan komt voor door verkeerde irrigatie. De verhoogde stand van het zoute grondwater, door lekkende irrigatiekanalen, is één van de oorzaken van verzilting. Door de lekkage vanuit deze aanvoerkanalen zijn langgerekte zoetwaterbellen ontstaan die op dit zoute grondwater drijven. Vier van de vijf Engelse verhalen gingen over de terugwinning van dit water met zogenoemde 'scavenger wells'. Dit zijn putten die tegelijkertijd zoet en zout water afpompen, zoveel mogelijk gescheiden door aanwezigheid van twee pompen per put. Het eerste doel van deze putten is echter de noodzakelijke verlaging van de grondwaterstand. De terugwinning van het zoete water wordt daarbij als bonus gezien. Deze vorm van terugwinning lijkt heel behoorlijk te functioneren, wat lokaal een aanzienlijke zoetwaterbron oplevert. Onduidelijk bleef hoe het zoute water wordt afgevoerd.

Een fijnzinniger benadering van de winning van (uitsluitend) zoet water op oceaaneilanden met een dunne zoetwaterlens werd zowel van Engelse als van Amerikaanse zijde getoond, voor resp. de Bahama's [Lloyd e.a.] en Aunu'u, een klein eiland ten zuiden van Hawaii [Livingston]. Beide situaties hebben te maken met een karst ondergrond waarin het grensvlak tussen zoet en zout erg labiel is. In het eerste geval vindt terugwinning plaats door lange evenwijdige greppels, op 600 m onderlinge afstand, waarmee, door een zeer geringe verlaging voorzichtig zoet grondwater werd afgetapt voor de landbouw. In het tweede geval geschiedde dit met drains, die zodanig van perforaties waren voorzien, dat de toestroming over de lengte van de drain een constante verlaging teweegbrengt, iets dat de greppels vanzelf doen. Beide systemen bleken tot nu toe succesvol mits uiterst voorzichtig bedreven.

Uit een studie over de situatie langs de Humber (UK) bleek eens te meer hoe

moelijk het is om een goed inzicht te krijgen in de verzilting in een karstondergrond, waarbij de uitstroming naar zee lokaal en buiten de kust plaatsvindt en bovendien rekening moet worden gehouden met een groot aantal individuele onttrekkers [Farahmand-Razavi e.a.]. Een goede voorstelling van de geologische situatie is daartoe essentieel, maar nauwelijks volledig sluitend te krijgen.

Ter afsluiting volgde een film over karstonderzoek in Zuid-Spanje, waarin oude karstgangen vanuit zee door duikers tot 1000 m in het gebergte werden gevolgd, maar vooralsnog geen zoet water werd aangetroffen. Eén van de tijdens dat onderzoek geconstateerde fenomenen was een permanente zoutwaterinstroom van 600 l/s in één van deze gangen, zonder dat duidelijk werd wat hiervan de oorzaak is. Als mogelijke oorzaken werden genoemd venturi-werking in samenhang met een zoetwaterstroom, effect van tektoniek of het aanvullen van leeglopende ondergrondse gasreservoirs. Karst blijft telkens voor verrassingen zorgen.

Naar aanleiding van de presentaties moet worden geconstateerd, dat, hoewel de problemen wereldwijd zijn, slechts weinig presentaties duidelijke ideeën naar voren brengen over mogelijke oplossingen. Wellicht daarom zal onder auspiciën van de FAO binnenkort een conferentie in Egypte plaatsvinden, gericht op het vinden van oplossingen en het verwerven van fondsen. Vanuit Nederland is Van Dam (TUD) uitgenodigd een bijdrage leveren.

Excursies

De Spaanse problematiek werd nader toegelicht tijdens de twee excursies, waarvan de eerste ruim 200 km zuidwaarts voerde.

Buiten de stad werd aan de voet van een Romeins aquaduct uitleg gegeven over de waterproblematiek van Barcelona. Vanaf de Romeinen tot in de negentiende eeuw werd de stad van water voorzien via aquaducten en kanalen. Deze begonnen in gegraven galerijen (canats) in de omgevende bergen. Op tal van plaatsen in de oude stad bevinden zich nog altijd de bronnen aan de uiteinden van deze, nog grotendeels intacte kanalen, waar de plaatselijke bevolking met emmers water kon halen. Niet alle bronnen waren even goed. Men wist precies welke bronnen geschikt waren voor drinkwater en welke bronnen slechts voor schrobben in aanmerking kwamen.

Tegenwoordig is Barcelona afhankelijk van de rivier de Llobregat, die gemiddeld 20 m³/s water afvoert, dat door landbouw en industrie sterk is verontreinigd. Het grootste deel van de afvoer wordt benut voor irrigatie. Hiervan komt ca. eenderde deel, al dan niet beladen met verontreinigingen, aan de aquifer ten goede. Bij lage afvoer is een groot deel nodig voor de drinkwatervoorziening (3,5 m³/s). De verontreiniging leidt niet alleen tot aanzienlijke concentraties pesticiden maar ook tot hoge zoutgehalten (gemiddeld 300 mg Cl/l, maar 's zomers 1.000 mg Cl/l).

Voorheen werd het water onttrokken aan de dunne, grindhoudende watervoerende laag die de Llobregat doorsnijdt. De maximale onttrekkingscapaciteit blijkt met 3 m³/s kleiner te zijn dan de behoefte (3,5 m³/s). Vandaar dat het water nu rechtstreeks wordt gezuiverd en alleen tijdens droogte van de aquifer gebruikt wordt. Door deze moeilijke omstandigheden laat de kwaliteit van het drinkwater te wensen over; de rijkelijke toediening van chloor blijkt overduidelijk bij watergebruik in het hotel.

De natuurlijke aanvoer van de rivier naar de aquifer die tijdens overstromingen optrad is door kanalisatie drastisch verminderd. Bovendien is de bodem van de rivier hierdoor verstopt. Om de infiltratie enigszins op gang te houden wordt de rivierbodem sinds 1940 regelmatig geschrapt. Bovendien wordt sinds 20 jaar diepinfiltratie toegepast (0-25 miljoen m³/a) met behulp van dual purpose putten. De verstopping van het uiterst grove pakket ($k = 1000 \text{ m/d}$) wordt met succes in de hand gehouden door een computergestuurd schoonpompregime (en natuurlijk door permanente onttrekking tijdens de winningsperiode).

Tarragona, ca. 100 km ten zuiden van Barcelona, was de vroegere hoofdstad van Oost-Spanje. De stad heeft sinds de Romeinen problemen gehad met de watervoorziening. Direct aan de bergen gelegen, ontbreekt een grondwaterbassin met voldoende intrekgebied. Bovendien bestaat de bodem, een slenk, grotendeels uit klei tot een diepte van 1.000 m. Alleen plaatselijk zijn lagen aanwezig waar in bescheiden mate grondwater uit kan worden gewonnen. Deze lagen worden volledig uitgebuit.

Om in de waterbehoefte van Tarragona te kunnen voorzien wordt 4 m³/s van de rivier de Ebro afgetapt en over een afstand van ca. 120 km naar Tarragona en

omgeving geleid. Het project heeft veel weerstand ondervonden van de bewoners van de Ebro-delta, waardoor de capaciteit van het project tot de genoemde 4 m³/s beperkt moest worden.

De Ebro zelf heeft een groot intrekgebied. Hij voert onder andere al het water van de zuidkant van de Pyreneeën af. De gemiddelde afvoer is door het droge klimaat toch nog beperkt, 300 m³/s, ongeveer zo groot als onze IJssel.

Door toenemende cultivering en industrialisering van het achterland vertoont het verontreinigingsgehalte en het zout een stijgende trend. Toch kan in de delta van de Ebro over voldoende zoet water worden beschikt voor onder meer de intensieve rijstbouw.

De uitpuilende delta is op zichzelf een bijzonder fenomeen, daar deze pas 16 eeuwen oud is. De snelle groei, vooral gedurende de laatste vier eeuwen, is het gevolg van de sinds de vierde eeuw opgetreden erosie na intensieve houtkap en cultivering van het achterland. Door regulering via stuwdammen in het achterland stagneert de aanvoer van slib, waardoor de delta momenteel weer in omvang afneemt.

De delta bevindt zich niet meer dan 1 à 2 dm boven zeeniveau. Het grondwater is daardoor stagnerend en zout. Door indamping loopt het zoutgehalte plaatselijk zelfs op tot twee à viermaal dat van zeewater, terwijl het zoutgehalte op grotere diepte beduidend lager is. Rijstbouw is lokaal de belangrijkste bron van inkomsten. Dit is alleen mogelijk door aanvoer van grote hoeveelheden zoet water uit de Ebro, waarvoor links en rechts van de Ebro een groot irrigatiekanaal is aangelegd.

Momenteel wordt getracht te komen tot meer diversificatie, onder meer door introductie van aquaculturen (schelpdieren en vis). De resultaten zijn tot nu toe niet overweldigend. Zo bevat het afstromende landbouwwater veel verontreinigingen en loopt de temperatuur 's zomers in het ondiepe water voor de kust te sterk op.

Gezocht wordt daarom naar brak of zout grondwater zonder verontreinigingen en met een temperatuur geschikt voor dergelijke culturen. De bevindingen waren tot nu toe teleurstellend, omdat het grondwater tal van andere nadelen blijkt te hebben, zoals hoge concentraties aan NH₃, Fe, Mn, en HS. Het onderzoek is nog in volle gang.

Het plaatsje Peñscola, 60 km ten zuiden van de Ebro dankt zijn bestaan aan een boeiend karstverschijnsel. De stad bevindt zich op een dolomiet-outcrop die door een smalle, ca. 200 m lange zandrug is verbonden met het vaste land. Deze outcrop blijkt een natuurlijke bron te bevatten die spontaan 3,5 miljoen m³/a zoet grondwater levert, met chloride-gehalte van minder dan 20 mg/l en een stijghoogte van 1,5 m boven zeeniveau.

De bron was uiteraard al in de oudheid bekend en benut als plaats om er een onoverwinnelijke vesting omheen te bouwen. Momenteel levert de bron aan de plaatselijke bevolking, inclusief de 's zomers aanwezige toeristen.

Afsluiting en Conclusies

De SWIM blijkt na ruim 24 jaren nog altijd zeer levend te zijn. Organisatoren voor de volgende twee hebben zich al aangediend, Cagliari op Sardinië in het voorjaar van 1994 en Zweden in 1996.

Na het dankwoord aan de organisatoren, herdenkt prof. Van Dam de onlangs overleden prof. dr. P. Meiser, een van de trouwe en actieve SWIM deelnemers wiens afgewogen en evenwichtige inbreng steeds zeer gewaardeerd werd.

Voorts constateert Van Dam dat zout-waterintrusie wereldwijd een enorme bedreiging vormt voor zoete grondwater-voorkomens, vooral maar niet uitsluitend in kustgebieden. Hij spreekt daarom de wens uit dat bij de volgende SWIM meer dan nu het geval was (mogelijke) oplossingen voor de problematiek worden gegeven. Deze zullen gezien de samenhang met lokale economische en sociale ontwikkelingen in de meeste gevallen een geïntegreerde aanpak vergen, met afstemming tussen vraag en mogelijkheden.

• • •

Open dag GIS-Larenstein

Het expertisecentrum GIS-Larenstein organiseert op 8 juni 1993 's middags een open dag in Velp. Op deze dag zullen presentaties en demonstraties worden verzorgd over GPS en de inzet van GIS voor bodemsaneringsonderzoek, berekeningen droogteschade door grondwateronttrekkingen en regionaal geohydrologische informatievoorziening voor waterbeheerders.

Nadere inlichtingen: Expertisecentrum GIS-Larenstein, Postbus 9001, 6880 GB Velp, tel. 085 - 69 57 16/69 57 36.

IHE-symposium

Het IHE organiseert een symposium 'Freshwater nutrient cycles - a joy forever' ter gelegenheid van het afscheid van de heer H. Golterman. Het symposium wordt gehouden op 19 mei 1993 bij het IHE in Delft.

Het programma bevat onder meer lezingen over:

- the phytoplankton population as a compound photosynthetic system, J. Talling;
- the macrophyte population as a compound photosynthetic system, W. van Vierssen;
- zoöplankton as a compound mineralising and synthetic system, R. Gulati;
- peat as a compound mineralising system, D. Clymo;
- nutrient pathways - a labyrinth? H. Golterman *et al.*

Nadere inlichtingen: mevrouw I. de Graaf-Bierbrauwer, p/a LEPS, Schelpenkade 14a, 2313 ZT Leiden, telefoon 071 - 13 05 41.



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterbehandeling en Waterkwaliteitsbeheer

Definitieve aankondiging NVA-excursie Denemarken 1993

In vervolg op de eerste voorlopige aankondiging volgt thans de definitieve aankondiging van de NVA-excursie naar Denemarken. Deze zal plaatsvinden van zondag 13 tot en met vrijdag 18 juni. De NVA is in Silkeborg te gast bij het National Environmental Research Institute (NERI) van het ministerie van Milieu. Silkeborg ligt circa 30 km ten westen van Aarhus in het centrum van het Deense merendistrict. Het thema van de excursie is 'Integraal waterbeheer in de praktijk'. De aandacht richt zich op herstel en natuurlijke ontwikkeling van laagland-beken en meren.

Overnacht wordt in het Freshwater Center, een congres- en opleidingscentrum op het gebied van milieu, gelegen naast het NERI.

Het programma ziet er in grote lijnen als volgt uit.

Zondag 13

Reis per bus naar Silkeborg. Geplande aankomst aldaar circa 20.00 uur.

Maandag 14

In de ochtend worden inleidingen gegeven over het algemene onderzoek naar de waterkwaliteit van beken en meren en van het grondwater in Denemarken. Vervolgens wordt een lezing gegeven over het integraal waterbeheer in Denemarken. Aan de orde komen onder meer: wetgeving en organisatie, financiering van het (integraal) waterbeheer, relaties met het algemene milieubeleid en ruimtelijke ordening, ecologisch beheer, waterkwaliteitsdoelstellingen, sanering van lozingen (industrie, huishoudens in het buitengebied, landbouw en riool-overstorten) en het nemen van beslissingen.

In de middag wordt een bezoek gebracht aan Aqua, een zoetwatermuseum. Na dit bezoek wordt ter voorbereiding van de excursie van dinsdag uitgebreid ingegaan op het onderwerp beken. Aan de orde komen onder meer: de huidige toestand van de beken in Denemarken, beekbeheer en beheersdoelstellingen, het beekkwaliteitsconcept, wetten en regelgeving beekverbetering door onderhoud en restauratie, integraal beheer en de resultaten daarvan, stabilisatie van oevers, beekbegeleidende beplanting en habitatverbetering, stroomgebiedsbeheer, de politieke besluitvorming, voorlichting en het verkrijgen van medewerking van derden.

Avond. Een film met als titel 'De levende beek: over het verleden en de toekomst van Deense beken'. Daarna zal worden ingegaan op de conflicterende belangen tussen recreatie en waterbeheer.

Dinsdag 15

Verschillende beken zullen worden bezocht. Bekeken wordt nog of we tussen de middag te gast kunnen zijn bij een belangenorganisatie voor boeren, waar we lunchen en met de agrarische visie op beekbeheer kunnen kennis maken. Aan de orde komen onder meer: vispassages, paaiplassen, bodemvallen in plaats van stuwen, overstromingsvlakten, handmatig onderhoud, hermeandering en sedimenttransport.

Woensdag 16

Inleidingen over meerrestauratie. Aan de orde komen onder meer: de toestand van Deense meren en de toegepaste methoden voor herstel waarmee de reductie van de interne en externe belasting met voedingsstoffen wordt bewerkstelligd. De ervaring met baggeren als methode na de interne nutriëntenbelasting in het meer Braband bij Aarhus te verlagen wordt behandeld. Daarna