

Hydrologie excursie - Duitsland

2 – 7 september 2001

Anne van Loon (ed.) en Geerte van der Meijden (ed.)

Rapport 105

Sectie Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen
Internet: www.dow.wau.nl/whh

ISSN 0926-230X

Lijst van deelnemers/auteurs

<u>Deelnemer:</u>	<u>Reg. Nummer:</u>	<u>Auteur van verslag van/functie:</u>
Aalders, Paul	790124001030	fotograaf, donderdag
Admiraal, Nico	781024005060	dinsdag
Bedem, Nieke v.d.	800804039100	woensdag
Conick, Harm de	780627161080	donderdag
Groot Zwaaftink, Mirjam	800307285050	fotograaf, maandag
Hond, Peter de	770315357110	vrijdag
Houten, Gert v.d.	790614367010	donderdag
Hurkmans, Ruud	800203378130	donderdag
Kruitwagen, Marieke	780118483040	maandag
Loon, Anne van	810525528020	eindredactie
Meijden, Geerte v.d.	800110564110	eindredactie
Putter, Johan de	800828674100	dinsdag
Tietema, Elisabeth	790106831020	woensdag
Tilma, Martijn	800203833070	vrijdag
Wielen, Sjoerd v.d.	790724950080	dinsdag



foto 1: Deelnemers

Voorwoord

De buitenlandse excursie hydrologie van 2001 ging naar Baden-Württemberg en Saarland. Een belangrijke aanleiding om Baden-Württemberg te bezoeken is het contact dat de sectie Waterhuishouding onderhoudt met medewerkers van het Landesanstalt für Umweltschutz in Baden-Württemberg en de Technische Universiteit van Karlsruhe. Deze instellingen voeren onderzoek uit dat ook bij ons in de belangstelling staat.

Een doel van de excursie is studenten kennis te laten nemen van hydrologische vraagstukken (en oplossingen) waar in ons land weinig ervaring mee is, zoals de beschrijving van hydrologische processen in sterk hellende terreinen.

Drie dagen lang hebben we ons intensief beziggehouden met debietmeten in bergriviertjes, effecten van menselijke ingrepen in hydrologische systemen, hoogwatervoorspellingen op de Rijn, de kanalisatie van de Boven-Rijn, nieuwe bergingspolders en vistrappen, stuwmeren en waterkrachtcentrales. Daarnaast is veel aandacht besteed aan hydraulisch en (agro)hydrologisch onderzoek bij de TU-Karlsruhe.

De instellingen die een belangrijke bijdragen hebben geleverd zijn:

- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- Wasser- und Schifffahrtamt Freiburg
- Gewässerdirektion Südlicher Ober-Hochrhein, Lahr
- Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, TU Karlsruhe
- Theodor-Rebock-Flussbaulabor, TU Karlsruhe
- Rudolf Fettweiss-Werke, Forbach
- Energie Baden-Württemberg
- Wasserwirtschaftsamt, Offenburg

Deze drie dagen in de omgeving van Karlsruhe waren georganiseerd door Dr. Gerhard Luft.

In Saarland is de kanalisatie van de Saar en daarmee samenhangende infrastructurele werken bezocht. Voorts is nabij Trier een hydrologisch proefgebied van de Universiteit van Trier bezocht waar de herkomst van het beekwater aan de hand van chemische analyses, terreinkenmerken en landgebruiksvormen wordt bestudeerd. De drinkwatervoorziening en bereiding ten behoeve van de stad Trier uit oppervlaktewater en grondwater was een ander interessant onderwerp van ons bezoek aan dit gebied.

Instellingen die een bijdrage hebben geleverd aan dit deel van de excursie zijn:

- Wasser- und Schifffahrtamt Saarbrücke
- Stadtwerke Trier
- Universität Trier

Het was een intensief programma met lange dagen. De plezierige verstandhouding en interesse van de deelnemers hebben in hoge mate bijgedragen aan het welslagen van deze excursie. Het was voor ons een plezier met deze groep studenten op reis te zijn.

P. Torfs en P. Warmerdam
Wageningen, 1 november 2001

Zum Dank

Gerne möchten wir, Studenten Hydrologie und Wasserwirtschaft an den Wageningen Universität und den Begleiter Paul Torfs und Piet Warmerdam, herzlich danken für die sehr interessante lehrreiche und angenehme Exkursion:

Herr H. Klose (Freiburg), Herr Lange (Iffezheim), Herr Gündner (Lahr), Herr Willibald (Karlsruhe), Herr Schulz (Karlsruhe), Herr Hass (Karlsruhe), Herr Krämer (Forbach), Herr Luft (Karlsruhe), Herr Göbel (Karlsruhe), Herr Brudy (Karlsruhe), Herr Helms (Karlsruhe), Herr Casper (Karlsruhe), Herr Burek (Karlsruhe), Herr Wenzel (Saarbrücke), Herr Weber (Saarbrücke), Herr Prof. Symader (Trier), Herr Gerndt (Trier).

Wir bedanken Dr. Gerhard Luft für die Einsatz um unsere Gruppe solch ein sehr gutes Programm in Karlsruher Raum zusammen zusetzen

Inhoudsopgave

LIJST VAN DEELNEMERS/AUTEURS.....	2
VOORWOORD.....	3
ZUM DANK.....	5
INHOUDSOPGAVE.....	6
PROGRAMMA BUITENLANDSE EXCURSIE 2-7 SEPTEMBER 2001	7
MAANDAG 3 SEPTEMBER.....	8
INLEIDING.....	8
DE GESCHIEDENIS VAN DE "OBERRHEIN"	8
WATERKRACHTCENTRALES	11
IFFEZHEIM.....	11
KULTURWEHR KEHL.....	14
DINSDAG 4 SEPTEMBER 2001	17
INLEIDING.....	17
LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU).....	17
UNIVERSITÄT KARLSRUHE	18
WOENSDAG 5 SEPTEMBER 2001	21
INLEIDING.....	21
MURGTAL.....	21
HET RUDOLF FETTWEIS WERK.....	22
DONDERDAG 6 SEPTEMBER 2001.....	25
INLEIDING.....	25
SAAR	25
ONDERZOEKSGBIED VAN DE NEWEL.....	28
VRIJDAG 7 SEPTEMBER 2001.....	29
INLEIDING.....	29
WASSERWERK KYLLTAL	29
NAWOORD.....	33

Programma buitenlandse excursie 2-7 september 2001

Zondag 2 september

11.00uur Vertrek van de Nieuwlanden naar Karlsruhe

Maandag 3 september

8.00uur Vertrek naar Iffezheim. Bezoek aan stuw; sluis en krachtcentrale in de Rijn. Toelichting Rijnkanalisatie vanaf 1850 en erosieproblematiek van de Rijn (o.a. dhr. Klose)

12.00uur Lunch in Wintersheim.

14.00uur Bezoek aan Kulturwehr te Kehl en nieuwe inundatiepolders. Ecologisch herstel Rijnarmen, grondwaterpompstation om de kelders droog te houden (o.a. dhr. Gündner).

Dinsdag 4 september

8.00uur Vertrek naar Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Karlsruhe). Toelichting over hydrologisch meetnet en gegevenswinning. Bezoek aan nieuwe hoogwatervoorspellingscentrale van Baden-Württemberg (dhr. Willibald, Hass, Schulz)

11.30uur Bezoek aan de technische universiteit van Karlsruhe, Instituut voor waterwirtschaft und Kulturtechnik (dhr. Göbel). Toelichting op hydrologische onderzoeksprojecten. Bezoek aan hydraulische modellen in Theodor-Rebock-laboratorium. Lunch in mensa.

Woensdag 5 september

8.00uur Vertrek naar Rotenfels (Zwarte Woud). Bezoek aan afvoermeetstations in de Murg en Schönmünz (dhr. Luft)

10.30uur Bezoek aan waterkrachtcentrale Forbach en stuwmeer in de Schwarzenbach. Bezoek aan elektriciteitsmuseum. Lunch in Forbach.

15.30uur Vertrek naar Saarbrücken.

Donderdag 6 september

8.30uur Vertrek naar stuwcomplex van de Saar in Saarbrücken. Toelichting op de hoogwaterbeschermingsmaatregelen van de Saar in Saarburg. En een toelichting op de kanalisatie van de Saar (dhr. Maurer).

14.00uur Bezoek aan onderzoeksgebied van de Newel (nabij Trier). Toelichting op hydrochemisch onderzoek en hydrologische kenmerken van het gebied. Veldverkenning (prof. Symader, universiteit Trier).

Vrijdag 7 september

8.30uur Vertrek naar Trier. Bezoek aan Stadwerke Trier, drinkwaterstations Kyll (grondwater0 en Riveris (oppervlaktewater))(dhr. Gerndt). 's Middags een bezoek aan waterenergiecentrale in Vianden.

Maandag 3 september

Inleiding

Op de eerste werkdag van onze excursie zijn we begonnen met een bezoek aan Iffezheim om daar een stuw, een sluis en een waterkrachtcentrale in de Rijn te bezichtigen. Ook kregen we een toelichting op de rijnkanalisatie en de daarmee samenhangende erosieproblematiek van de Rijn. Iffesheim ligt aan de zogenaamde 'Oberrhein'. Als eerste volgt hier een korte uiteenzetting van de geschiedenis van de 'Oberrhein', waarna er kort aandacht aan de verschillende excursieonderdelen zal worden besteed. 's Middags hebben we een bezoek gebracht aan de 'Kulturwehr' te Kehl. Ook hiervan een kort verslag, waarin o.a. zal worden ingegaan op de bezochte inundatiepolders en de ecologisch herstelde zijarmen van de Rijn.

De geschiedenis van de "Oberrhein"

De oorspronkelijke Rijn

De Oberrhein is het stuk van de Rijn tussen Basel en Karlsruhe.

De Rijn heeft stroomt hier tussen de Vogezen en het Zwarte Woud door. De bodem van de stroomvlakte bestaat uit grind ($\varnothing=2-100$ mm.), dat niet vanuit Zwitserland komt, maar uit het gebied waar de Rijn door heen stroomt. Door de vele meren in Zwitserland komt er namelijk geen materiaal uit de bedding van de rivier in Zwitserland in het Duitse gedeelte van de Rijn.

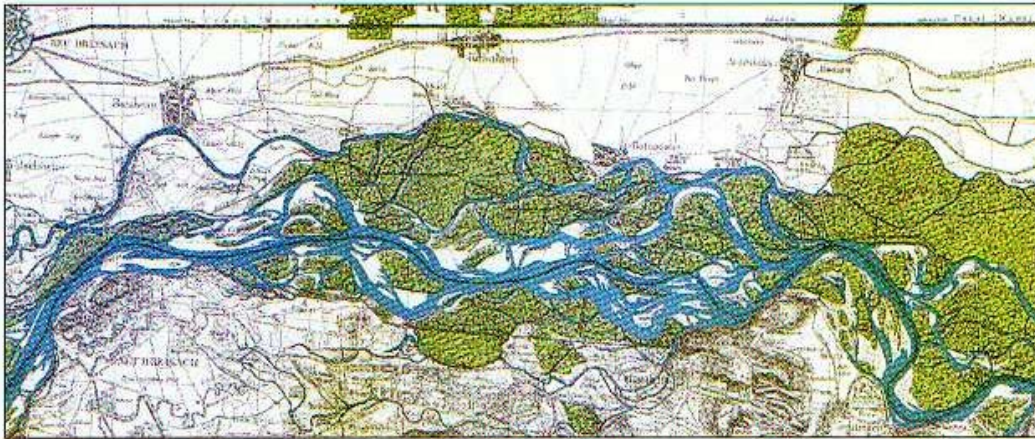
Vroeger was de Rijn een wildstromende rivier, met een breedte van 4 tot 5 km. In deze tijd, aan het begin van de 19^e eeuw, stroomde de Rijn nog in een continu veranderende bedding met een zeer slingerende vorm. In 1810 bestond de Rijn uit een soort moeras met daarin zo'n 2000 eilanden. Bij hoogwater kon het water gemakkelijk over het land uitbreiden. Voor de bewoners van de rijn oevers was dit een bedreiging. Hele dorpen werden weggespoeld en akkers, nodig voor de eerste levensbehoeften, stonden gedurende langere tijd onder water. Er was in deze tijd nauwelijks scheepvaart mogelijk op de Rijn. Verder heerste er door de natte omstandigheden in die tijd aan de Rijn oevers nog volop malaria.

Rijnkanalisatie

Tussen 1817-1880 werden de eerste correcties op de Rijnbedding uitgevoerd volgens de plannen van Johann Gottfried Tulla. Talrijke zijstromen van de rivier werden in een hoofdgeul van 200-240 m breedte samengevoegd en de slingers in de meanderzone werden doorbroken. Dit gebeurde door in stroomafwaartse richting elk jaar meer zijstromen af te sluiten. Het water was gedwongen door een hoofdgeul te stromen en groef zijn nieuwe bedding. Hierdoor kreeg de Rijn de bedding die zij tot nu toe nog steeds heeft. De maatregelen hadden verschillende gevolgen. Zo werd de lengte van de Rijn tussen Basel en Worms van 354 km verkort tot 273 km en werden de dorpen liggend naast de Rijn beschermd tegen hoogwater. Ook werd het verval van de rivier groter en ging er erosie optreden wat

leidde tot een daar grootte grondwaterdaling. Tulla was er vanuit gegaan dat er weer evenwicht tussen erosie en sedimentatie zou ontstaan, dit gebeurde echter niet. De erosie van het grind vond in een golfbeweging plaats, waardoor op sommige plaatsen wel 7m diepe erosiekeulen waren, en op andere plaatsen er sedimentatie van het grind op de bodem plaatsvond. De veranderingen hadden tot gevolg dat de scheepvaart niet meer mogelijk was.

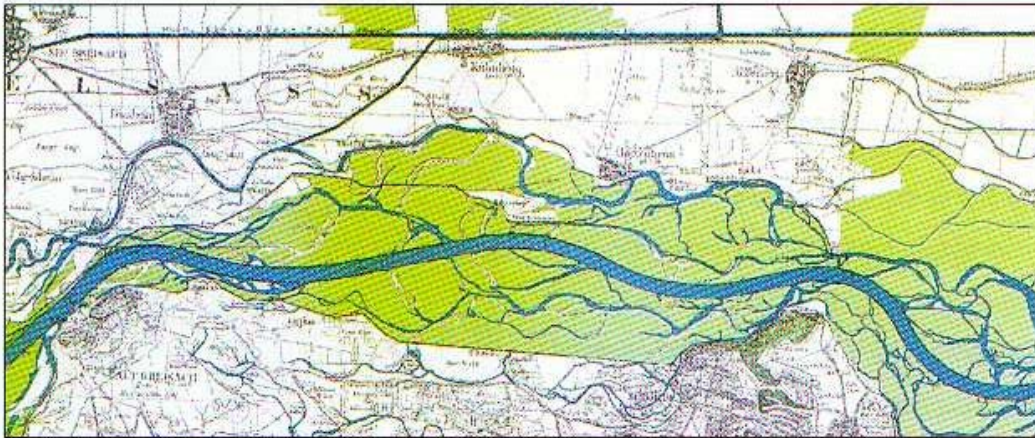
Als reactie op de grootschalige erosie ging men de bochten in de rivier aan een kant afsluiten, door het bouwen van kribben in de rivier. Dit had de bedoeling de erosie een halt toe te roepen. Door deze maatregelen is er een meandering in het stroombed ontstaan, waardoor de erosiegevoeligheid van de bedding afneemt en scheepvaart, voor schepen met een diepte tot 1.70m, tot Basel weer mogelijk is.



Topographische Karte von 1828. Ausschnitt aus der sogenannten „Rheingränzkarte“. Der Rhein stellt sich vor der Korrektur

durch Tulla im Bereich der sogenannten „Furkationszone“ als Wildstrom dar, der unter Ausbildung zahlreicher Flußschlingen

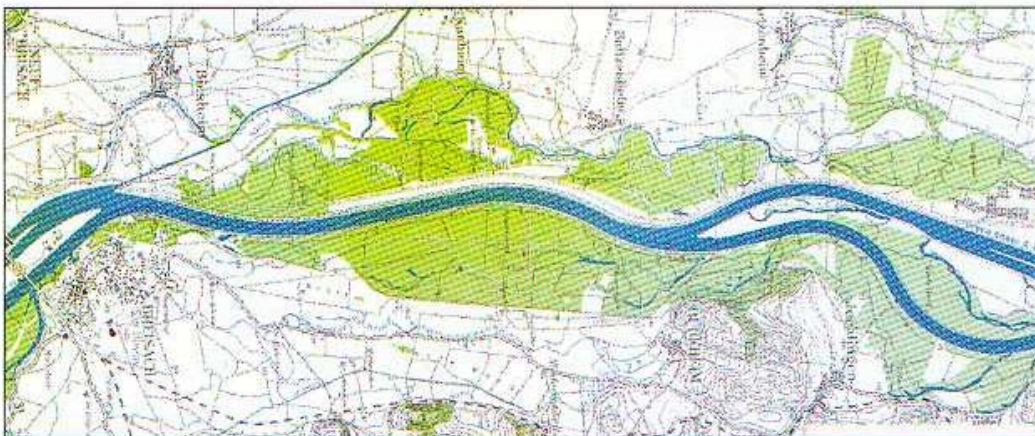
und Flußarme um viele Inseln und Kiesbänke unter fortwährender Laufänderung dahinfließt.



Topographische Karte von 1872. Nach der Korrektur durch Tulla sind die zahlreichen Flußarme in ein geschlossenes Flußbett von

200 m Breite zusammengefaßt, das etwa den doppelten Mittelwasserabfluß abführen kann. Bei größeren Abflüssen

ufert der Strom aus und überflutet den Auewald bis an die landeinwärts gelegenen Hochwasserdämme.



Topographische Karte von 1963. Der Oberrheinausbau wurde bis Breisach als Rheinseitenkanal, ab da in Form der sogenannten „Schlingelösung“ ausgeführt.

Für die hier dargestellte Staustufe Marckolsheim wurden zur Ausleitung in die Kanalschlinge bei Burkheim ein Wehr errichtet und die Dämme entlang der

Staubhaltung bis unmittelbar an das Flußbett herangezogen. Der Rheinwald zwischen Breisach und Burkheim wird von keinem Hochwasser mehr erreicht.

figuur 1: Rijnkanalisatie

Waterkrachtcentrales

In 1896 kwam men met het idee om waterkrachtcentrales in de Rijn te bouwen. In dat jaar had men ook uitgevonden hoe opgewekte stroom getransporteerd kan worden. Vervolgens heeft een Duitse ingenieur deze plannen verder uitgewerkt en zodoende kwam men met een plan om aan de Franse kant van de Rijn een zijkanaal, het zogenaamde Elzas-kanaal, te bouwen, waarin men waterkrachtcentrales kon plaatsen.

In het verdrag van Versailles (1919) is vastgelegd dat Frankrijk het recht heeft om water uit de Rijn te halen om daaruit energie te verkrijgen. Duitsland krijgt de helft van de opbrengst van de stroom. Zij krijgt dus geen stroom, maar geld van Frankrijk. Tussen de eerste en de tweede wereldoorlog is het Elzas-kanaal gebouwd. Het kanaal loopt van Basel tot Breisach en heeft 4 waterkrachtcentrales. Aangezien zo'n afgesloten zijkanaal ecologisch niet verantwoord was, zijn er later verbindingen aangebracht tussen dit zijkanaal en de Rijn.

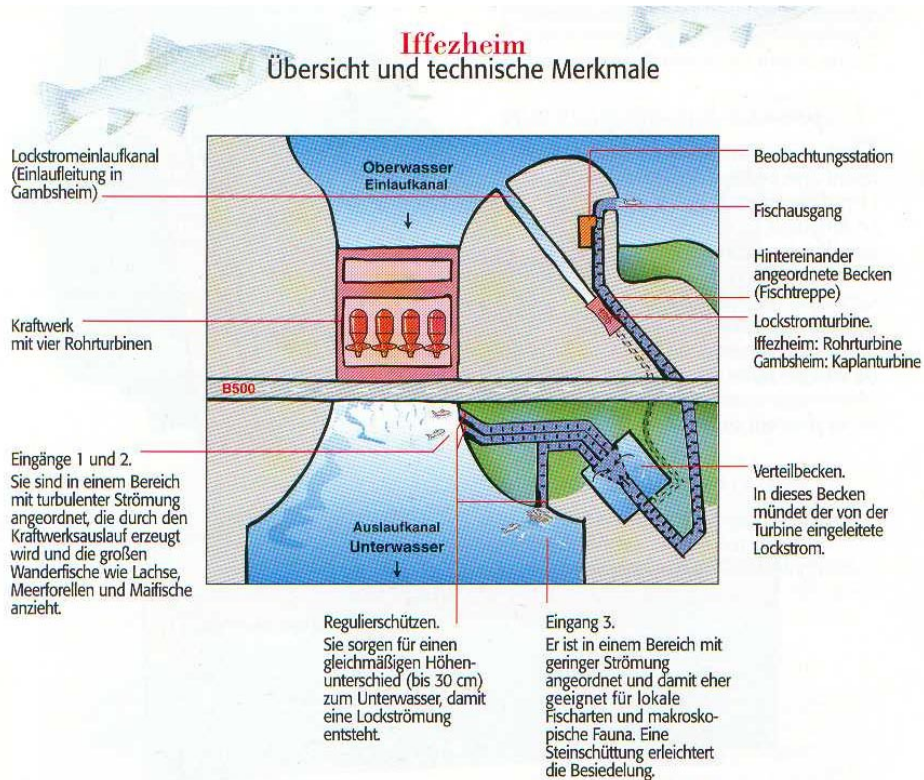
In 1956 maakte de stad Breisach bezwaar tegen deze verbindingen, aangezien Breisach door de monding van het kanaal in de Rijn een dichtslibbing van haar haven ondervond. In het verdrag van Luxemburg, waarin overeenkomsten betreffende de Moezel, de Saar en de Rijn vastgelegd zijn, is hiervoor een oplossing gegeven. De uitbouw van de Rijn werd doorgetrokken tot Straatsburg. In dit kanaal werden nog 4 waterkrachtcentrales gebouwd.

Uiteindelijk werd in 1969 een verdrag gesloten over de stuwen bij Ganzheim en Iffezheim, welke direct in de Rijnbedding gebouwd zijn en beide volgens de plannen geen waterkrachtcentrale bevatten. Frankrijk en Duitsland hebben ieder de helft van deze stuwen in hun bezit. De stuw Iffezheim is geheel door Duitsland gebouwd, aangezien het bouwtechnisch niet mogelijk was om ieder de helft te bouwen. Ook is in dit verdrag van Luxemburg vastgelegd dat de erosie stroomafwaarts zo min mogelijk moet zijn en de waterspiegel maximaal 30-50 cm mag dalen. Bij een grotere waterspiegeldaling moet er een nieuwe stuw stroomafwaarts gebouwd worden.

De grens tussen Duitsland en Frankrijk ligt, volgens een verdrag uit 1648, op het diepste punt van de Rijn. Aangezien de bedding voortdurend varieert, ligt de grens niet vast. In principe is een variabele grens geen probleem, maar op financieel gebied is een vaste grens wel nodig.

Iffezheim

Deze stuw zonder waterkrachtcentrale is gebouwd tussen 1974 en 1978. De staat betaalde al het onderhoud terwijl bij de stuwen bovenstrooms de kosten van het onderhoud betaald werden en worden uit de verkoop van de opgewekte stroom. Uiteindelijk is er toch gekozen voor het bouwen van een waterkrachtcentrale bij de stuw, zodat de kosten van het onderhoud hieruit betaald kunnen worden. De stuw bij Iffezheim bestaat nu uit een waterkrachtcentrale, een stuwdam, een vispassage en een sluizencomplex. Het maximale waterhoogteverschil tussen boven en beneden is 17m en het geheel beslaat een breedte van 1.1 km.



figuur 2: Schema waterwerk Iffezheim

Bij het bouwen van de stuw moest rekening gehouden worden met de regel dat de scheepvaart op de Rijn niet meer dan 48 uur stilgelegd mag worden. Deze regel bemoeilijkte het dichtn van de stuw aanzienlijk. Het geheel heeft toendertijd 500 miljoen DM gekost, te vergelijken met 1 miljard DM nu. Dit zijn de kosten exclusief de ecologische maatregelen welke later zijn genomen.

De waterkrachtcentrale

De waterkrachtcentrale van Iffezheim is bedoeld als stroomleverancier tijdens piekuren en is geheel in het bezit van Duitsland. Door de centrale kan maximaal $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ lopen, wat bij een gemiddelde vervalhoogte van 11 m 108.000 kW oplevert. Deze $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ is een stuk minder dan de $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ waarop de andere waterkrachtcentrales zijn gedimensioneerd. Dat heeft te maken met de grote verwachtingen die er toendertijd (1968) waren van de opkomst van kernenergie.

De waterkrachtcentrale bestaat uit 4 turbines. Het liefst zouden ze 5 turbines hebben omdat er dan fulltime met een capaciteit van $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ gedraaid kan worden, terwijl er ook onderhoud aan één van de vijf turbines gepleegd kan worden. Dit is echter financieel gezien niet rendabel.

De stuwdam

De stuwdam bestaat uit 6 delen met ieder een breedte van 20m. Hij is berekend op een maximaal hoogwater van $7.500 \text{ m}^3/\text{s}$. De kans van een hoogwater met een debiet van $6400 \text{ m}^3/\text{s}$ is 1 keer in de 1000 jaar. De stuw is nog eens 20 cm hoger dan de berekende waterstand bij dit debiet.

Het sluizencomplex

De twee sluizen zijn elk 24m breed en 72m lang. Eén sluis wordt gevuld met een debiet van $66 \text{ m}^3/\text{s}$ en indien beiden tegelijk gevuld worden is er een debiet van $130 \text{ m}^3/\text{s}$.



De vispassage

Een vispassage (of vistrap) stond oorspronkelijk niet gepland en is er dan ook later bijgebouwd.

In deze trap, de grootste van Europa, wordt een hoogteverschil van 12m overwonnen. Hij is bedoeld voor zowel lange-afstands-vissen (zoals de zalm) als inheemse vissen. Om de vissen 12m hoogteverschil te laten overbruggen zijn er 42 bekkens gemaakt, van elk 30 cm hoog, waarin de vis tegen de stroom in zwemt. Vissen zwemmen graag tegen de stroom in. Met een kunstmatig opgewekte stroming worden de vissen de vispassage ingelokt.

Maar hoe zwemmen de vissen terug? Ze kunnen door de turbines van de waterkrachtcentrale, echter 5% overleeft dit niet. Het sterftecijfer van de vissen is laag in vergelijking met andere waterkrachtcentrales omdat hier een schoepenrad in bedrijf is, dat minder vis-onvriendelijk is dan sommige andere modellen raderen.

foto 2 :Vistrap Iffezheim

IJs

Het gehele stuw zal minstens tot 2050 geen last hebben van ijs, aangezien er door kaliummijnen in Frankrijk zoutspoeling plaats vindt en wel in zo'n hoge mate dat het water niet kan bevriezen. Tevens treedt er geen ijsvorming op, doordat het water ook gebruikt wordt als koelwater voor atoomcentrales en waterkrachtcentrales, waardoor het water warmer de rivier instroomt.

Sedimentatie

Voor de stuw vindt een voortdurende sedimentatie van kleine deeltjes, zoals klei en leem, plaats. Dit sediment wordt uitgebaggerd, zodat de rivier niet te ondiep wordt. Per jaar wordt er zo'n 100.000-200.000 ton sediment gebaggert. De stuwen stroomopwaarts kennen dit probleem niet, aangezien

het sediment daar niet bezinkt. Het sediment is afkomstig uit de zijrivieren. In die stroomgebieden wordt tegenwoordig veel maïs verbouwd (vroeger werd hier vooral graan verbouwd). Hierdoor treedt er meer wind- en oppervlakte-erosie plaatsvindt en er dus veel grond in de rivier terecht komt. Ook worden er veel meer chemicaliën gebruikt bij het verbouwen van maïs, wat een extra verontreiniging oplevert. Daardoor kan het opgebaggerde slib niet worden teruggestort op de geërodeerde landbouwgronden. Van de vervuilde baggerspecie wordt een eiland in de buurt van het sluizencomplex gemaakt. Dit omdat ze nergens anders met de specie heen kunnen.

Erosieproblemen

Door de stroming in de Rijn, ontstaan er erosieproblemen, zoals eerder al beschreven. Door het bouwen van kribben in de buitenbochten is deze erosie verminderd, maar nog niet verdwenen. Na de laatste stuw in de Rijn vindt er altijd veel erosie plaats. Het bouwen van een nieuwe stuw verder stroomafwaarts is geen oplossing van het erosieprobleem. Iffezheim is de laagste stuw en vanaf hier wordt er dan ook alles aan gedaan om het erosieprobleem verder stroomafwaarts te beperken, zodat scheepvaart mogelijk blijft. Er wordt per jaar tussen de 150.000-300.000 m³ aan grof materiaal op de bodem gestort. Dit vindt continu plaats via twee schepen en een meetschip, dat het geheel nakijkt. Gestreefd wordt naar het storten van materiaal met een gemiddelde diameter van 21 mm. Maar aangezien materiaal met deze diameter niet meer in Duitsland te verkrijgen is, wordt er nu gewerkt met materiaal met een diameter van 16 mm. Indien er grotere stenen op de bodem van de rivier worden gestort, ontstaat het probleem dat een schip niet meer kan ankeren. Op dit moment wordt er gekeken of het mogelijk is om een vaste laag aan te brengen, bestaande uit lagen van grof en fijn materiaal. Maar er is echter nog heel veel niet bekend, zoals de slijtagesnelheid van de stenen in het water, waar het geërodeerde materiaal blijft en hoe het kan dat de stenen in de bodem wegzakken in plaats van met de stroom mee te stromen. Het stabiliseren van de bodem is een onnatuurlijke maatregel, maar indien je de erosie toelaat treedt er een grondwaterstanddaling op, dit heeft nog grotere gevolgen voor de natuur.

Kulturwehr Kehl

Door de regulering van de Rijn en het bouwen van stuwdammen is het gevaar voor overstromingen stroomafwaarts van de onderste stuwdam toegenomen. Door de bouw van kunstwerken in de rivier is het oppervlak aan overstroombare gebieden met 660 km² afgenomen. Daar bovenop is er door versterkte erosie nog eens 80 km² verdwenen. Hierdoor zijn vele levensgemeenschappen van dieren en planten, typisch voor dit soort natte gebieden verloren gegaan. Ook heeft het bouwen van de stuwen tot gevolg gehad dat de grondwaterstand gezakt is.

Inundatiepolders

Om hoogwatergolven te dempen zijn er langs de Rijn 13 retentiebekkens aangewezen, waarvan er zich twee bij Kehl bevinden, het “Kulturwehr Kehl”.

Kulturwehr Kehl bestaat verder nog uit een dam (85m breed), waar onder normale omstandigheden een deel van het Rijnwater over een overlaat stroomt, dat zorgt voor een vaste, hogere grondwaterspiegel in het land en bij hoogwater kan er water achter de aan beide kanten aanwezige, vaste dam worden opgeslagen.

Het gebied achter de dam kan bij hoogwater maximaal 37 miljoen m³ water bergen, wat zorgt voor een afname van 400 m³/s van de hoogwaterpiek.

De polders liggen op de oude plaats van de overstromingsgebieden van de Rijn en kunnen indien er een hoogwatergolf aankomt volgepompt worden met water, zodat de piekafvoer afvlakt. De polders bij Altenheim kunnen samen 18 miljoen m³ water bergen op een oppervlak van 5.2 km², wat zorgt voor een afname van 150 m³/s van de hoogwaterpiek. Samen kunnen de dam en de polders dus 55 miljoen m³ water bergen, wat een behoorlijke bijdrage levert aan de oplossing van de hoogwaterproblematiek. Tot nu toe zijn dit de enige maatregelen aan Duitse zijde van de Rijn, die geheel uitgevoerd zijn.

Indien de polders gevuld zijn met water stijgt de grondwaterstand in de hier omliggende gebieden. Om nu te voorkomen dat de kelders van de huizen buiten de polders vollopen zijn er langs de rand van de polders een aantal pompstations geïnstalleerd.

Statistisch gezien zullen de polders een keer in de 7 jaar nodig zijn, maar in het jaar '99 zijn de polders al drie keer gebruikt.

Ecologische functie

Het Kulturwehr Kehl heeft ook een ecologische functie. Door de polders af en toe onder water te zetten met een klein debiet, ontstaat er een zeer bijzondere levensgemeenschap. Zo is de ijsvogel weer volop aanwezig in deze polders. Dit onder water zetten gebeurt om de levensgemeenschappen voor te bereiden op hoog water.

Parallele zijrivieren

Opvallend is dat naast de polders enkele zijrivieren liggen die parallel aan de Rijn naar het noorden stromen. De oorzaak hiervan is, dat zodra het water uit de zijrivieren in de Rijn stroomt het water onder het verdrag van Versailles valt, waarin vastgelegd is dat Frankrijk mag beslissen hoeveel water er afgetapt mag worden door Duitsland. Dus het is van het grootste belang voor Duitsland om het water zo lang mogelijk uit de Rijn en in eigen beheer te houden.



foto 3: Stuw Kehl

Dinsdag 4 September 2001

Inleiding

De tweede dag van de excursie hebben we eerst een bezoek gebracht aan het Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg in Karlsruhe. Daar kregen we een toelichting van de heren Willibald, Hass en Schulz op het hydrologisch meetnet en de daarbij behorende inwinning van gegevens. Zij zijn medewerkers van de nieuwe hoogwatervoorspellingscentrale van Baden-Württemberg.

Tegen de middag hebben we een bezoek gebracht aan de universiteit van Karlsruhe, waar we voor de lunch op de hoogte werden gebracht van de structuur van de universiteit. Na de lunch, die we in de mensa van de universiteit hebben genoten, kregen we een rondleiding in het Theodor Rebock laboratorium. Na deze rondleiding werd een toelichting gegeven op enkele hydrologische onderzoeksprojecten.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)

Waterstandsinformatie

Bij dit Duitse instituut voor milieubescherming houdt men zich onder o.a. bezig met het verzamelen van hydrologische informatie. Er is in Baden-Württemberg een heel meetnet aanwezig die voor deze informatie zorgt. In totaal zijn er ongeveer 300 meetstations opgesteld die constant de hydrologische conditie op die bepaalde plaatsen meten. Van deze 300 meetstations zijn er 200 in het basismetnet van de LfU opgenomen en worden er 100 op plaatselijke niveau beheerd. Al deze stations staan met een centrale in verbinding zodat men direct de hydrologische conditie in dat betreffende punt weet. Zo wordt er onder meer de (grond)waterstand, neerslag en de afvoer gemeten. Met deze informatie is men in staat om een afvoerkromme op te stellen voor elk meetstation. Een afvoerkromme geeft het verband weer tussen de waterstandhoogte in de stroom en de daarbij behorende afvoer. Daarnaast zorgt deze informatie ervoor dat de hoogwatervoorspellingen zo accuraat mogelijk gedaan kunnen worden.

Voor het meten van de waterstand in een rivier of beek worden verschillende meetinstrumenten gebruikt. Men gebruikt hier o.a. floaters, pneumatische drukmeters en radars voor. Voor het meten van de snelheid in een stroom zijn er verschillende methoden in omloop o.a. de tracer-methode en de ottmolen. Aan de hand van de snelheid en het natte oppervlak kunnen afvoerkrommen afgeleid worden. Met al deze informatie kan het waterbeheer in goede banen worden geleid.

Hoogwatervoorspellingen

Naast het verzamelen van hydrologische gegevens worden er ook hoogwatervoorspellingen gedaan, hiervoor is de Hochwasser Vorhersage Zentrale. In deze centrale is men instaat om de hoogte van een watergolf op de Rijn 24 uur van te voren te voorspellen.

Door verschillende menselijke oorzaken zijn de vormen van een hoogwatergolf in de loop van de tijd veranderd. Nadat door menselijke ingrepen in de Rijn, bijvoorbeeld kanalisatie, de hoogwatergolven steeds hoger en steiler werden, probeert met nu de golf weer wat 'af te vlakken' en er voor te zorgen dat de golf lager minder hoog wordt. Voorbeelden van ingrepen die gedaan zijn om dit te bewerkstelligen is de Kulturwehr in Kehl. Hier wordt water opgevangen om de hoogte van de golf te verlagen.

De Landesanstalt für Umweltschutz probeert zo het waterbeheer in Baden-Württemberg zo goed mogelijk te regelen en ervoor te zorgen dat de verschillende instanties, die met het beheer bezig zijn, van hydrologische informatie worden voorzien.

Universität Karlsruhe

Structuur universiteit

Het Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik is opgebouwd uit vijf afdelingen/vakgroepen:

- *Konstruktiver Wasserbau*

Deze afdeling houdt zich bezig met de bouw van kunstwerken zoals waterkrachtcentrales, pompcentrales, stuwen, binnen- en kustwaterstraten en havens.

- *Numerik im Wasserbau*

Hier worden mathematische modellen voor stromingen ontwikkeld. Men houdt zich bijvoorbeeld bezig met de modelering van het transport van vervuilde stoffen en de modelering van hoogwatergolven.

Men ontwikkelt ook de automatisering van stuwen en optimaliseert deze.

- *Mehrphasenströmungen*

Deze afdeling heeft de hydraulica en het sedimenttransport als onderwerp. Men onderzoekt de stabiliteit van waterstructuren en van het waterbed zelf en houdt zich onder andere bezig met bodemverandering en erosie.

De interactie tussen lucht en water en vaste stoffen is hier ook onderwerp van studie. Daarbij hoort onderzoek naar dichtheidsverschillen in fluïda en naar de rol van zuurstofconcentraties in stilstaand en stromend water.

- *Hydrologie*

Hier houdt men zich bezig met modelering van stroming en neerslag-afvoer-processen.

Ook worden softwarepakketten voor de analyse van hoogwatergolven ontwikkeld en in de praktijk ingezet.

- *Kulturtechnik*

Bevloeiing van droge gebieden en water harvesting zijn belangrijke onderwerpen. Oppervlakte-erosie door wind en water en bodemstabilisering komen hier ook aan bod en ook meer tropen gerichte onderwerpen als het management van tropische bodem. Bodemnatuurkunde komt dus ook om de hoek kijken.

Op de universiteit beschikken ze over een groot laboratorium. Het Theodor-Rehbock-Wasserbau-laboratorium dat in 1901 door Theodor Rehbock ontworpen is. De laboratoruimhal is 2500 m² groot en biedt dus genoeg ruimte voor de bouw van verschillende modellen. Alle modellen worden zelf ontworpen en door de eigen technische dienst gebouwd. In 1995 is een modern bodemfysisch-chemisch laboratorium gebouwd.

Hydrologische onderzoeksprojecten.

Stroomgebied van de Ruhr

De Ruhr is een zijrivier van de Rijn en stroomt bij Essen in de Rijn. Het Ruhrgebied is een gebied met veel zware industrie. Het hoofdprobleem is het watertransport van drinkwater en industrieel water, dat gebruikt wordt voor proces- en / of koelwater. Dit water wordt in het stroomgebied onttrokken maar wordt er niet weer in terug gebracht. Het wordt vooral geloosd in het gebied dat ten noorden van het Ruhtgebied is gelegen. Vroeger, voor de menselijke ingrepen, stond het water in de rivier vaak erg laag. De rivier vervoerde dus nauwelijks water. Tegenwoordig zijn er speciale wateropvang gebieden. Dammen aan het einde van elk opvanggebied zorgen ervoor dat het water opgevangen wordt.

Er wordt onderzoek gedaan in dit gebied met als doel om een hoogwatervoorspellingsmodel te maken. Dit is een conceptueel model wat is opgezet met behulp van de zogenaamde cascade techniek.

Grondwaterdynamiek van de Elbe

Ook wordt er op de universiteit van Karlsruhe onderzoek verricht aan de Elbe. Deze rivier stroomt vanuit het midden van Duitsland naar het noorden en stroomt bij Hamburg de Noordzee in.

Gedurende het onderzoek is er gekeken naar de invloeden van de rivier op het oevergrondwater. Dit werd gedaan zowel in de huidige situatie als ook in een situatie met ontpoldering van het omliggende land. Deze ontpoldering is om meer ruimte aan de rivier te geven.

Er is een raai uitgezet welke loodrecht op de rivier staat en loopt vanaf de oever van de rivier tot enkele kilometers landinwaarts. De grondwaterpeilen en de rivierwaterpeilen in een nabij gelegen stad werden gemeten zodat een goed beeld kon worden verkregen op de invloed van de druk van het hoogstaande rivierwater op zijn omgeving. Deze druk kan vlakbij de rivier tot ongeveer een halve meter verschillen met de druk in de droge situatie. Deze gegevens werden gebruikt om een geschikt model te maken. Men heeft berekend wat de gevolgen zijn van ontpoldering. Bij ontpoldering komen grotere oppervlakten onder water te staan waardoor het omringende grondwater zal stijgen. Dit werd geschat op een verhoging lokaal aan de dijk van ongeveer een meter tot enkele centimeters verder in het binnenland.

Morfologische dynamiek van de Elbe

Er is een stochastisch hoogwatermodel gemaakt van de rivier de Elbe in dezelfde omgeving als het hierboven beschreven onderzoek. Hierbij zijn waterstanden gebruikt uit de 19 en 20^e eeuw. Dit is een van de langste reeksen van rivierwaterstanden die bekend is.

Met behulp van lineaire regressie-technieken is geprobeerd om het model valide te maken.

Het model wordt ingezet bij de voorspelling van hoogwater. De steden, waar het centrum laag ligt t.o.v. het waterpeil en welke dicht bij de rivier liggen, kunnen dan voortijdig worden gewaarschuwd.

Woensdag 5 september 2001

Inleiding

Woensdag hebben we onder begeleiding van dhr. Luft het Murgtal bekeken. Daar hebben we verschillende afvoermeetstations bezocht. Na deze meetstations bezocht te hebben en op de hoogte te zijn gebracht van hun bijzonderheden hebben we een bezoek gebracht aan de oudste waterkrachtcentrale die de wereld rijk is. Het gaat hier om de waterkrachtcentrale van Forbach, die gevoed wordt door het stuwmeer in de Schwarzenbach. Het bezoek aan het electriciteitsmuseum kon niet doorgaan omdat het gesloten was. Wel hebben we een film gezien die was gemaakt bij de bouw van de centrale en de bijbehorende dam.

Murgtal

Het Murgtal is een rivierdal in het Zwarte Woud. De dalbodem wordt gevormd door graniet met daarboven een zandsteenpakket waar de rivier zich in heeft gesneden. In dit dal zijn een aantal meetstations waar de afvoer van de rivier wordt bepaald. In dit dal bevindt zich ook, de door ons bezochte waterkrachtcentrale.

Afvoerpieken

In het dal de worden afvoerpieken vooral veroorzaakt door sneeuwmeltwater en neerslag. Bij hevige neerslag of sneeuwmelt raakt de grond snel verzadigd. De rest van het water wordt dan oppervlakkig afgevoerd en kan hoge afvoerpieken veroorzaken. Verharding heeft in dit gebied nauwelijks invloed op de hoogte van afvoerpieken. Dit omdat de steden zich vooral in het dal bevinden. Zij hebben hun water al afgevoerd voordat het water uit het achterland de rivier heeft bereikt. Op deze manier kan verharding de afvoerpieken zelfs verlagen.

Meetstations

Men bepaald het debiet door een overgang van stromend naar schietend water te maken met behulp van een meetstuw. Hierdoor ontstaat een unieke relatie tussen de waterhoogte bovenstrooms en het debiet. Deze relatie geeft men weer in een afvoercurve.

Men kan de afvoercurve bepalen door, bij verschillende waterstanden, het debiet te bepalen met de 'velocity area methode' (door de doorsnede van de rivier in een aantal stukken te verdelen en van ieder stuk het doorstroomde oppervlak en de snelheid te bepalen kan men het debiet uitrekenen). De waterstand wordt in een 'stilling well' gemeten.

Het is nog steeds nodig debietmetingen te doen omdat men vooral van de afvoerpieken te weinig gegevens heeft en omdat de afvoercurve steeds verandert. Dit door bijvoorbeeld veranderingen in begroeiing.

Schönmünzachpegel

Dit meetstation ligt in de Schönmünz, een zijriviertje van de Murg. Bij de aanleg van het meetstation moest men erg opletten dat de afstand tot de Murg groot genoeg was, omdat anders bij hoge pieken het water in de Murg zover zou kunnen opstuwten dat de meetstuw zou verdrinken. Het debiet bij deze stuw varieert van 346 l/sec tot 82900 l/sec. Om ook de lage afvoeren nauwkeurig te kunnen meten heeft men een vernauwing in de keel van de stuw aangebracht.

Schwarzenbergpegel

Dit meetstation ligt in de Murg. Het debiet varieert hier van 392 l/sec tot 376.000 l/sec. In deze stuw kon geen vernauwing worden aangebracht voor het meten van lage afvoeren omdat de Murg teveel drijvend vuil afvoert dat de stuw zou kunnen verstopen.

Het Rudolf Fettweis Werk

Het Rudolf Fettweis Werk is een kleine waterkrachtcentrale aan de Murg. De centrale is in het begin van de 20e eeuw gebouwd. Wij hebben er een rondleiding gekregen van Udo Krämer die ons eerst de centrale liet zien en daarna het bijbehorende stuwmeer en de dam.

Opbouw

Het Rudolf Fettweis Werk wint de meeste energie uit het water dat komt vanachter de Schwarzenbachtalsperre. Dit water komt uit de Schwarzenbach, uit een kleinere zijbeek en uit een dal aan de andere kant van de waterscheiding in en stroomt dan het stuwmeer. Door een uitlaat op de bodem van het meer komt het water in een tunnel die het, onder de waterscheiding van de Schwarzenbach door, verplaatst naar boven de centrale. Vanaf daar stroomt het door een grote pijpleiding \pm 350 meter naar beneden. Onderweg komt het door een waterslot. Dat is de plek waar ook andere waterstromen erbij komen. Een andere toevoer is uit het verzamelbekken in Kirschbaumwasen. Daar wordt het water van de Murg opgestuwd. Door een leiding stroomt het dan naar het waterslot dat een klein beetje lager ligt. Halverwege komt er dan nog een pijpleiding bij die het water uit een zijdal aanvoert. Vanaf het waterslot stort het water zich door drie pijpen verder naar beneden naar de centrale. Het water uit de Schwarzenbachtalsperre komt daar met een snelheid van 290 m/s naar beneden geraasd.

In de centrale wordt met het water energie opgewekt waarna het water weer in de Murg wordt geloosd. Omdat er niet altijd evenveel water uit de centrale komt, is er daar weer een overlaat die zorgt dat de Murg vanaf de centrale toch een gelijkmatige afvoer heeft. Natuurlijk laat de EnBW dit verval niet ombenut: het water wordt weer door turbines geleid zodat het water minstens twee keer benut wordt.

De dam

In 1926 werd de laatste hand aan de dam gelegd en nu is hij nog steeds zoals hij toen gebouwd is. De enige aanpassing die men gedaan heeft, is de bouw van een aantal controle gangen in de dam zelf. Er was al een grote gang, maar voor precieze metingen van verschuivingen en breuken waren nog een aantal meetpunten nodig, bijvoorbeeld voor het ophangen van 8 pendels.

De dam is niet helemaal waterdicht. Dat is wel te zien als je door de gang loopt, overal druppelt water uit buisjes. Dat water wordt opgevangen en de hoeveelheid wordt gemeten. Wanneer een bepaalde waarde overschreden wordt, wordt er alarm geslagen.

De mechanismen van de overlaat, de onderlaat en de uitlaat van het meer worden een keer per jaar gecontroleerd. De uitlaatgang door de berg wordt dan zelfs drooggelegd om hem op lekkage enzovoorts te controleren.



foto 4: Stuwdamwand



foto 5: Stuwdamgang



foto 6: Stuwdam

Donderdag 6 september 2001

Inleiding

Op donderdagochtend bezochten wij de rivier de Saar. In Saarbrücken hebben we een stuwcomplex bezocht. Ook in Serrig hebben we een stuwcomplex bezocht. In Saarburg is ons later een toelichting gegeven over de beschermingshoogwatermaatregelen in de Saar en de kanalisatie van de Saar. 's Middags waren wij te gast bij een project van Prof. Symader die onderzoek doet naar de afvoerenmerken van stroomgebieden op verschillende schalen. Wij waren te gast in het kleinste stroomgebied van slechts 3 km². Het project omvat tevens stroomgebieden van 30, 300 en 4000 km².

Saar

De Saar is een rivier welke ontstaat in Frankrijk in de Vogezen uit de Rode en Witte Saar. De totale lengte van de Saar is 227 km, waarvan 117 km in Frankrijk. Over 11 km vormt de Saar de grens tussen Frankrijk en Duitsland. 68 km van de rivier stroomt door Saarland. De resterende 31 km door Rheinland-Pfalz. Hiermee is de Saar de grootste zijrivier van de Moesel. De Saar wordt reeds sinds de 4^e eeuw na Christus gebruikt als transportrivier (zie ook figuur).



figuur 4: Overzicht Duitse deel van de Saar

Kanalisatie

Tegenwoordig is de Saar ten behoeve van de scheepvaart gekanaliseerd. De verantwoordelijkheid voor het in Duitsland gelegen deel van de rivier valt onder het Wasser und Schifffahrtsamt Saarbrücken (WSA). Deze organisatie valt weer onder de verantwoordelijkheid van de Bundesminister für Verkehr, Bauwesen und Wohnungsbau (BMVBW). Het gekanaliseerde gedeelte is sinds ongeveer 10 jaar in gebruik.

De rivier heeft nu de volgende afvoerkenmerken:

- Gemiddelde afvoer: 73 m³/s
- Laagste afvoer: 10 m³/s
- Hoogste afvoer (1993): 1260 m³/s
- HQ 200: 1500 m³/s

De kanalisatie heeft tot nu toe 2.1 miljard DM gekost en gaat in totaal 2.4 miljard DM kosten. De financiering wordt voor twee derde door de federale regering opgebracht. De overige kosten worden gedeeld door de Bundesländer Saarland (twee derde van de overige kosten) en Rheinland-Phalz (een derde van de overige kosten).

Stuwen

Het totale verval van het kanaal is 55 m over het door het WSA beheerde gebied van ongeveer 90 kilometer. In dit traject liggen 6 belangrijke stuwen. Wij hebben tijdens de excursie twee van deze stuwcomplexen bezocht, te weten die bij Serrig (met het grootste verval, namelijk 14,5 m) en die bij Saarbrücken (dit was de nieuwste, met een verval van 6 m). De stuw bij Liesdorf heeft het kleinste verval, namelijk 3,8 m.

In totaal wordt er over de Saar 4 miljoen ton vracht per jaar vervoerd. Dit is vrij weinig vergeleken met andere regionale rivieren/kanalen. Over de rivier de Neckar bijvoorbeeld wordt per jaar 12 miljoen ton getransporteerd. De vrachtschepen betalen niet per stuw maar per km en per ton. Passagiersschepen betalen per persoon.

De nieuwe stuwen hebben de volgende functies:

- Het verbeteren van de bevaarbaarheid (vermeerdering diepgang en vergroting van de mogelijke scheepslengte, vermindering stroomsnelheid);
- De stuwen dienen als brug over de Saar;
- Hoogwaterbescherming;

Verder zijn de stuwen ook voorzien van turbines voor de energievoorziening en zijn ze ook voorzien van visluizen. Deze visluizen zijn zeer succesvol: tijdens een meting bij de sluis van Serrig zijn in een nacht 10.000 vissen geteld. Hierbij zat ook een piranha die ontsnapt was uit een aquarium. De vissen worden met een zogenaamde lokstroom de sluis in gedirigeerd (stroomopwaarts).

De stuwen zijn ontworpen volgens het N-1 lösung systeem. Dit houdt in dat er altijd een stuwdeur meer wordt gebouwd dan noodzakelijk. Zodoende kan er altijd een deur buiten gebruik zijn voor controle of onderhoud.

De sluis bij de stuw in Saarbrücken heeft geen twee aparte sluisen voor verschillende scheepsgrootten, maar één grote sluis waar een kleine sluis is in gebouwd. Er zijn dus 3 sluisdeurparen. Hierdoor kan bij kleine schepen twee derde minder water gebruikt worden.

Een bijzonderheid bij de stuw bij Saarbrücken is dat bij extreem hoge waterstanden het sluiscomplex in z'n geheel onder water komt te staan.

Vervuiling van de Saar

De vervuiling van het water uit de industriegebieden rond Saarbrücken kan bijdragen tot lage zuurstofgehalten in de Saar. In combinatie met hogere temperaturen en lage stroomsnelheden kan het zuurstofgehalte dusdanig laag worden dat vissterfte optreedt. Om dit te voorkomen wordt het zuurstofgehalte gemeten en zijn er grenswaarden opgesteld waarbinnen het zuurstofgehalte zich moet bevinden.. De grenswaarden liggen op 2.0 mg/l bovenstrooms en 4.0 mg/l benedenstrooms. Als deze waarden dreigen te worden onderschreden kan het WSA op twee manieren ingrijpen. Ten eerste kunnen bij de sluisen vrije overstorten worden gecreëerd, waardoor zuurstof uit de lucht in het water wordt gemengd.



foto 7: Oxygenia

Ten tweede kan de omgebouwde veerboot Oxygenia worden ingezet. Op dit schip bevindt zich een tank met vloeibare zuurstof met een temperatuur van $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$. Deze zuurstof wordt in gasvorm in het water geïnjecteerd met behulp van een zogenaamde Tandemdiffusor. Tijdens deze werkzaamheden vaart de Oxygenia banen welke parallel lopen aan de stroming van de rivier. Het zuurstofgehalte kan met deze techniek worden verhoogd tot een verzadiging van 70-80% is bereikt, wat gelijk is aan 7.0 – 9.0 mg/l. Als de zuurstofgehalten lage waarden hebben, wordt soms besloten de baggerwerkzaamheden te staken. Dit omdat door het baggeren de zuurstofgehalten verder afnemen.

Onderzoeksgebied van de Newel

Vanaf 1991 worden de hydrologische gegevens van het onderzoeksgebied verzameld. Met name het uiteindelijke lozingsdebiet. Ook worden er regelmatig monsters genomen van het beekwater. Deze monsters worden chemisch geanalyseerd.

De kleinschaligheid van het projectgebied wordt onderstreept door de grote invloed welke bijvoorbeeld een klein stuk asfaltweg naast de beek heeft op de waterkwaliteit (PAK's).

Het primaire doel van dit project is niet het voorspellen van afvoeren, maar het begrijpen van de stroming van het gebied. Prof. Symader vindt dat veel modellen die een goede afvoer voorspellen wel bruikbaar zijn, maar niet zijn gebaseerd op de kenmerken van het gebied en als zodanig dus geen bijdrage leveren aan het begrijpen van de hydrologische processen in het gebied. Het streven van Prof. Symader is een 100 % fysisch gebaseerd model. De resultaten van het model zijn hierbij niet het doel.

Prof. Symader hoopt met deze methode nieuwe inzichten te verkrijgen in de fysische processen die zich afspelen in de bodem tijdens de afvoer van water.

Vrijdag 7 september 2001

Inleiding

Vrijdagochtend hebben we een bezoek gebracht aan Stadwerke Trier, het drinkwaterbedrijf van Trier. Bij het drinkwaterstation Kyll zijn we op de hoogte gebracht van de werkzaamheden die komen kijken bij het reinigen van water. Het middagprogramma is vanwege te weinig tijd komen te vervallen.

Wasserwerk Kylltal

Het Wasserwerk Kylltal is een van de twee leveranciers van drinkwater aan de stad Trier en directe omgeving. De centrale krijgt haar water geleverd van bronnen en een stuwmeer (Talsperre). In het dal van de Kyll zijn langs de rivier 21 bronnen geboord, die met elkaar zijn verbonden en water leveren aan de centrale. Deze bronnen worden pas gebruikt als het stuwmeer te weinig water kan leveren of tijdelijk buitenverbruik is.

In totaal worden er door de drinkwatercentrale zo'n 140.000 inwoners van drinkwater voorzien. Het gemiddeld verbruik in Trier was in 1999 maar liefst 200 liter per persoon per dag (industrie etc zijn hierbij wel meegerekend). In 1900 was dit nog maar 50 liter!

Geschiedenis

In 1976 is men begonnen met de aanleg van de waterkrachtcentrale. Al in 1978 leverde die het eerste water (ongefilterde) water. Pas in 1982 kwam het huidige filter klaar. De totale kosten voor de centrale en de bronnen bedroegen zo'n 65 miljoen DM.

Bronnen

Zoals hierboven vermeld worden de drinkwaterbronnen pas ingeschakeld als de talsperre te weinig kan leveren. De dieptes van de 21 bronnen variëren van zo'n 60 tot 140 meter diep in de grond. De bronnen liggen in het Tylldal vlak langs de rivier. Het opgepompte water bestaat dan ook voor 30% uit oeverfiltraat. De resterende 70% is ondiep grondwater. De laag waar dit ondiepe grondwater uitkomt is een laag van zandsteen. En bovenin het gebied ligt daar nog een kalklaag op. In het zandsteen bevinden zich preferente stroombanen. Hierdoor komt het dat het verschil in debiet per pomp kan variëren tussen de 150 m³ water per seconde en de 20 m³ water per seconde.

De centrale heeft een vergunning om maximaal 9 miljoen m³ water per jaar op te pompen. Dit kan met een capaciteit van 800 – 900 m³/sec. Het risico dat de bronnen worden vervuult is gering daar de bronnen zich in een relatief dunbevolkt gebied bevinden waar bovendien nauwelijks intensieve landbouw wordt bedreven. Het nitraatgehalte van het water uit de bronnen ligt op 10% van de toegestane norm voor drinkwater. Toch zijn er voor de zekerheid drie veiligheidszones rondom de bronnen ingesteld:

- Zone 1: In de directe omgeving rondom de waterput
- Zone 2: rondom de “50 dagen zone”
- Zone 3: rondom het gehele intrekgebied

Het water wordt verder de gehele dag door getest op verontreinigingen zodat die de kwaliteit gewaarborgt kan worden. Voor vrachtwagens welke chemicalieën en andere gevaarlijke stoffen vervoeren, is het verboden om door de verschillende veiligheidszones te rijden.

Talsperre

Er is in 1953 begonnen met de bouw van de stuwdam. In 1957 kon toen begonnen worden met het met water vol laten lopen van het stuwmeer.

Er wordt per jaar gemiddeld 9,2 miljoen m³ uit het stuwmeer gewonnen. Dit water komt uit een gebied ter grote van 22 km³. De kwaliteit van het water dat wordt opgevangen is over het algemeen erg goed. Dit komt omdat 95% van het vangstgebied bebost is en daardoor relatief weinig menselijke invloeden kent zoals landbouw of industrie. In het stuwmeer kan 5 miljoen m³ geborgen worden. Er is een mogelijkheid om deze capaciteit uit te breiden tot een capaciteit van 11 miljoen m³. Het water uit het stuwmeer wordt via een aantal inlaatputten naar de zuiveringsinstallatie geleid. Deze inlaatputten staan niet al te ver van de stuwdam op verschillende dieptes in het water. Met het water dat zo word gewonnen wordt, voordat het naar de consument gaat, eerst nog stroom gewonnen. Dit gebeurt met twee centrales. Waarvan de kleinste 2.8 Kw kan opwekken, en de grote, onder een verval van 90m, 300 Kw. Dit is genoeg om de zuiveringsinstallatie van stroom te voorzien.

De bekleding van de damwand is uit een aantal laagjes opgebouwd. Het is een afwisseling van zand, plastic en asfalt Een aardigheidje tijdens ons bezoek was dat men het asfalt wat de dam aan de meerkant moet beschermen tegen het water, aan het vervangen was. Dit is eens in de zoveel tijd nodig omdat het asfalt slijt. Om bij het asfalt te komen was het nodig om veel water uit het stuwmeer te laten lopen. Het peil van het stuwmeer stond dus erg laag. Dit was een eigenaardig gezicht, omdat de gedeeltes van de heuvels die normaliter onder water staan nu onbegroeid droogstonden.



foto 8: Laagwaterstand stuwmeer



foto 9: Asfaltering dam

Bij het laten leeglopen van het stuwmeer heeft men tussen de 1 miljoen en 800.000 m³ in de Mosel moeten laten lopen. Een effect van het laten leeglopen van het bassin is dat er geen druk meer op de dam staat. Hierdoor is de dam iets meer stroomopwaarts gaan staan. Het water in het meer levert als het meer gevuld is druk op de dam. Door middel van deze druk beweegt de dam heen en weer. Als hij wat voller is enkele millimeters heen en als hij wat leger wordt weer enkele millimeters terug. Deze beweging van de dam wordt goed in de gaten gehouden. Ook schuift de dam stroomafwaarts af. Sinds de bouw is de dam 8 cm verschoven. Dit verschuiven en heen en weer is normaal. Als de dam star zou zijn zou hij bij een te gegeven drukbelasting zonder waarschuwing kunnen doorbreken. Naast de verschuivingen van de dam wordt met een aantal meetpunten en een tunnel in de dam ook gemeten hoeveel water er door de dam heen stroomt.

Procesbeschrijving

Het water uit de bronnen en/of het stuwmeer komt via leidingen aan in de drinkwatercentrale waar het zuiveringsproces begint om het water geschikt te maken voor consumptie. Het water wordt eerst door de beluchters gehaald om het koolzuur te laten ontsnappen. Vervolgens wordt er Fe₃Cl toegevoegd aan het water. Dit dient als vlokkingmiddel waar verontreinigingen aan gaan hechten. Een gedeelte van deze vlokken bezinkt en een ander gedeelte wordt doormiddel van filtering weer uit het water gehaald. Dit laatste gebeurt door het water in vier grote bakken verticaal van boven naar beneden door grote zandfilters te laten stromen. Deze zandfilters zijn maar liefst twee meter diep. Daaronder bevindt zich een semi-permeabel membraam waar alleen het water door heen kan. De filters moeten periodiek (afhankelijk van de verontreiniging van het water 3 tot 7 dagen) worden gereinigd. Dit gebeurt door eerst met grote kracht lucht van beneden naar boven door het filter te persen. Hierdoor zet het zandfilter uit en wordt de ruimte tussen de zanddeeltjes groter. Door vervolgens onder hoge druk water in omgekeerde richting door het filter te persen worden de verontreinigingen uit het filter gespoeld. 1 tot 1,5% van het geproduceerde water wordt gebruikt voor de reiniging van het filter. Er worden nooit twee filters tegelijk schoongespoeld, om op die manier de capaciteit niet te beïnvloeden. Mochten er toch twee filters gespoeld moeten worden dan doet men een van de twee van tevoren. Het vervuilde reinigingswater wordt opgeslagen in grote tanks waar het mangaan en ijzer sedimenteert. Vervolgens wordt het op het land gedroogd waarna het in de landbouw gebruikt kan worden.

Het gefiltreerde water moet nog worden gedesinfecteerd met behulp van ClO₂ en Cl₂ gas. Het gas ruik je niet als je het water drinkt omdat het dan al vervluchtigd is. Deze methode is te verkiezen boven het desinfecteren van het water met UV licht. Dit omdat de UV-methode duurder is en omdat bovendien door de lengte van de leidingen het risico bestaat dat de bacteriën weer in het water terug komen. Het chloor blijft langer werken. In het water blijven verontreinigingen als mangaan en ijzer achter.

In de centrale kan er 10.000 m³ water in voorraad worden gehouden. In totaal kan er met de watertorens 48.000 m³ water opgeslagen worden. Deze hoeveelheid wordt 's nachts als het verbruik laag is aangevuld.

Problemen

Een van de problemen waar men bij Wasserwerk Kylltal mee kampt, is dat maar liefst 1 miljoen m³ water per jaar weglekt uit de oude drinkwaterleidingen in Trier. Dit is enorm duur om te repareren.

Een tweede probleem is dat als gevolg van de afschrijving van de bouwkosten van de installatie de kosten per m³ water voor de klant duurder worden bij uitvoering van de aangemoedigde waterbesparing. De kosten worden extra hoog omdat door overdimensionering van de leidingen (i.v.m. prognose bevolkingsgroei) de leidingen niet geheel onderwater staan. Dit veroorzaakt aanslag in de leidingen. De leidingen moeten dan worden doorgespoeld, wat de besparing van het waterverbruik weer tenietdoet.

Doorspoeling van de leidingen is echter nu ook nodig omdat bij de ingebruikname van de nieuwe zuiveringsinstallatie de stroming in de hoofdleidingen gedeeltelijk is omgekeerd.

Nawoord

Aan het eind van dit verslag kijken we nog even terug naar onze week in Duitsland. Het was erg leerzaam en interessant, maar daarnaast hebben we het ook gezellig gehad met elkaar en de begeleiders Piet en Paul. Bij deze willen we hen dan ook van harte bedanken voor het organiseren van deze excursie.

Namens de deelnemers aan de hydrologische excursie 2001,
Geerte van der Meijden en Anne van Loon.

Inlichtingen zijn verkrijgbaar bij het secretariaat:

Wageningen Universiteit
 Departement Omgevingswetenschappen
 Sectie Waterhuishouding
 Nieuwe Kanaal 11
 6709 PA Wageningen
 telefoon : 0317 - 482778
 telefax : 0317 - 484885

For information please contact the secretariat:

Wageningen University
 Department of Environmental Sciences
 Sub-department Water Resources
 Nieuwe Kanaal 11
 6709 PA Wageningen
 The Netherlands
 telephone : +31 - (317) - 482778
 telefax : +31 - (317) - 484885

Internet: www.dow.wau.nl/whh

EERDER VERSCHENEN RAPPORTEN/PREVIOUS REPORTS

Nr	Auteur(s) + titel/author(s) + title	Prijs/Price (Hfl)
51.	Boiten, W., A. Dommerholt en M. Soet, 1995. Handboek debietmeten in open waterlopen.	*
52.	Boiten, W., 1995. Het opstellen van de afvoerkrommen van klepstuwen.	17,50
53.	Boiten, W., 1995. Afvoerrelaties klepstuwen op de samenvloeiing van de Veengoot en de Van Heeckerenbeek.	*
54.	Benning, R.G., 1995. Towards a new lumped parameterization at catchment scale.	24,00
55.	Bastiaansen, C.J.M., 1995. Lui River Valley Model, and some of its applications.	22,00
56.	He, Q., K.D.W. Nandalal, J.J.K.M. Bogardi and D. Milutin, 1995. Application of stochastic dynamic programming models in optimization of reservoir operations: A study of algorithmic aspects.	33,00
57.	Lanen, H.A.J. van, B. van de Weerd, R. Dijkma, H.J. ten Dam en G. Bier, 1995. Hydrogeologie van het stroomgebied van de Noor en de effecten van grondwateronttrekkingen aan de westrand van het Plateau van Margraten. Basisrapport.	*
58.	Lanen, H.A.J. van, R. Dijkma en B. van de Weerd, 1995. De effecten van grondwateronttrekkingen aan de westrand van het Plateau van Margraten op de hydrogeologie van het Noordal. Samenvattend rapport.	*
59.	Bogardi, J.J.K.M., B.A.H.V. Brorens, M.D.U.P. Kularathna, D. Milutin en K.D.W. Nandalal, 1995. Long-term assessment of a multi-unit reservoir system operation: the <i>ShellDP</i> programme package manual.	56,50
60.	Dommerholt, A., 1995. Afvoerrelatie meetoverlaat Stemerdingbrug.	*

* niet te koop bij de sectie, alleen ter inzage/not for sale at the department, for inspection only.

Nr	Auteur(s) + titel/author(s) + title	Prijs/Price (Hfl)
61.	Dijksma, R., J.H. Bouma en H.F. Gertsen, 1995. Proefproject verdroging Duurswouderheide. Hoe effectief zijn de beheersmaatregelen?	*
62.	Verburg, P.H., 1995. De relatie tussen de vochttoestand van de bodem en de vochtindicatie van de vegetatie. Een nadere bepaling van de grens tussen 'vochtig' en 'droog' binnen het ecotopensysteem.	26,00
63.	Denecke, H.W., 1995. Voorlopige evaluatie drainagesysteem militaire oefenterrein Marnewaard.	*
64.	Arts, M.P.T. en W. Boiten, 1995. Meetnet voor afvoermetingen in de Renkumse Beken.	*
65.	Arts, M.P.T. en R. Dijksma, 1995. Morra park, voorlopige resultaten grond- en oppervlaktewater meetnet.	*
66.	Akker, M.F.A. van den en B.J.H. van de Wiel, 1996. Hoogwatervoor spellingen voor de Rijn bij Lobith met hybride methoden. De hydrologische Muskingum methode uitgebreid met lineaire en niet-lineaire updatingstechnieken.	39,00
67.	Soet, M., P. Petrovic, J.N.M. Stricker, W. Meijninger, A. van Schaik en T. Lapsansky, 1996. Water budget of maize on heavy clay in a continental climate: field experiment and model simulation. Final report of the project "Evaporation estimation comparison".	*
68.	Torfs, P.J.J.F. en H. Middelkoop, 1996. Analysis of discharge series from the Rhine basin at different levels of aggregation.	*
69.	Dijksma, R. (ed.), 1996. International excursion Hydrogeology - SLOVAKIA, september 8-15, 1996. Excursion report.	-, -
70.	Oevelen, P.J. van and I.H. Woodhouse, 1996. NOPEX/FOREST-DYNAMO ground data collection and data analysis report.	25,00
71.	Dam, J.C. van, J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk and C.A. van Diepen, 1997. Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment.	45,00
72.	Warmerdam, P.M.M. (ed.) en M. Quist (ed.), 1997. Verslag van de buitenlandse excursie Hydrologie naar België, 1 t/m 5 september 1997.	-, -
73.	Moors, E.J., J.N.M. Stricker and G.D. van den Abeele, 1998. Evapotranspiration of cut over bog covered by <i>Molinia Caerulea</i> .	18,50
74.	Eertwegh, G.A.P.H. van den en C.R. Meinardi, 1998. Water- en nutriëntenhuishouding van het stroomgebied van de Hupselse beek.	*

Nr	Auteur(s) + titel/author(s) + title	Prijs/Price (Hfl)
75.	Eertwegh, G.A.P.H. van den, J.R. Hoekstra en C.R. Meinardi, 1998. Praktijkproef nutriëntenbalans: nutriëntenbelasting in oppervlaktewater via drainage van akkerbouwpercelen op zeeklei.	*
76.	Boiten, W. 1998. Levering drie Rossum-stuwen Schouwen West.	*
77.	Oevelen, P.J. van, M.A.M. Vissers and I.H. Woodhouse, 1998. RESMEDES Spain 1996. Ground data collection and analysis report.	27,50
78.	Dijksma, R., H.A.J. van Lanen, W.J. Ackerman en H.F. Gertsen, 1998. De afvoer van de Noor (Zuid-Limburg). Periode 1992 - 1997.	*
79.	Soet, M., J.N.M. Stricker, P. Droogers and J. Esenbrink, 1998. EFEDA-Spain and HAPEX-Sahel. A further analysis of data.	*
80.	Wojcik, R., P.J.J.F. Torfs and S. Ignar, 1998. Sensitivity of output covariance to non-second order properties of the input in the case of unsaturated zone models.	25,00
81.	Kroes, J.G., J.C. van Dam, J. Huygen en R.W. Vervoort, 1998. Users Guide of SWAP 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment.	35,00
82.	Boiten, W., 1998. Levering Rossum-stuw. Polder de Noordplas.	*
83.	Boiten, W., 1998. IJking Friese spuisluizen. Friese Sluis te Zoutkamp, Suatiesluis Nes, Ameland.	*
84.	Dijksma, R. en J.F. Borsje, 1999. Het Morra Park. Water als lust of last.	*
85.	Klok, E.J. and K.P. Roelofsma, 1999. Modelling of glacier and snow melt processes within the hydrological catchment model WaSiM-ETH.	27,50
86.	Boiten, W., 1999. Ontwerp Hobrad-overlaat. Project Evertsekoog, Texel.	*
87.	Warmerdam, P.M.M. en P.J.J.F. Torfs, 1998. Verslag van de buitenlandse excursie Hydrologie naar de landendriehoek Frankrijk, Duitsland en Luxemburg. 30 augustus tot 5 september 1998.	-, -
88.	Wójcik, R., 1999. Non-linear stochastic methods for discharge prediction.	60,00
89.	Kalma, J.D., R.A. Feddes, G. Boulet, M.F. McCabe and S.W. Franks, 1999. Towards effective land surface parameters for use with SVAT models: the use of similarity scaling and inversion techniques.	14,00

Nr	Auteur(s) + titel/author(s) + title	Prijs/Price (Hfl)
90.	Kalma, J.D., S.W. Franks, B.J.J.M. van den Hurk, M.F. McCabe and R.A. Feddes, 1999. Estimating large scale land surface fluxes: the use of remote sensing data with SVAT and NWP models	15,00
91.	Ovaa, B.P.S.A., 1999. Gebiedscontracten. Een nieuwe kijk op sturing van regionaal landgebruik en waterbeheer.	25,00
92.	Boiten, W., 2000. Report Overseas Study Tour Rhine Basin, 7-21 November 1999. Hydrology Project India.	*
93.	Boiten, W., 2000. Debietmeetstations in het gebied Halkenbroek.	*
94.	Schaaf, S. van der en P.M.M. Warmerdam, 2000. Herstel van het watersysteem in het bebouwde gebied van Wageningen. Haalbaarheidsonderzoek.	30,00
95.	Dommerholt, A., 2000. Meetopstelling voor aan- en afvoer van water in de Vlietpolder bij Hoogmade. Onderdeel project "Water- en Nutriëntenhuishouding Veenweideproject".	*
96.	Boiten, W. 2000. Debietmeetstations op de Schipbeek; Kloosterstuw te Deventer, inlaatgemaal Twentekanaal te Markelo.	*
97.	Dijksma, R. (ed.), 2000. International excursion Hydrogeology – Poland. 3-10 September 2000.	,-
98.	Dijksma, R. en H.A.J. van Lanen, 2001. De afvoer van de Noor (Zuid-Limburg). Periode 1992-2000.	*
99.	Boiten, W., 2001. Rehabilitation of the Busongo Reservoir near Sirigu, Bolgatanga, Ghana.	17,50
100.	Uijlenhoet, R., M.J.M. de Wit, P.M.M. Warmerdam and P.J.J.F. Torfs, 2001. Statistical Analysis of Daily Discharge Data of the River Meuse and its Tributaries (1968-1998): Assessment of Drought Sensitivity.	15,00
101.	Loon, E.E. van and P.A. Troch, 2001. Book of Abstracts. International Workshop on Catchment scale Hydrologic Modeling and Data Assimilation. Wageningen, September 3-5, 2001.	30,00
102.	Boiten, W., 2001. Inrichting debietmeetnet Vallei en Eem. Vooronderzoek, richtingsadvies en ontwerp van een lange overlaat achter de Grebbesluis.	*
103.	Dommerholt, A., W. Boiten en M.R. Hoffmann, 2001. Meetopstelling voor hoogwater peilregistratie. Afwijking tussen gemeten en werkelijke waterhoogte.	*
104.	Wit, M.J.M. de (ed.), P. Warmerdam, P. Torfs, R. Uijlenhoet, E. Roulin, A. Cheymol, W. van Deursen, P. van Walsum, M. Ververs, J. Kwadijk and H. Buiteveld, 2001. Effect of climate change on the hydrology of the river Meuse.	40,00
105.	Loon, A. van (ed.) en G. v.d. Meijden (ed.), 2001. Hydrologie excursie – Duitsland. 2 – 7 september 2001.	,-

