

出國報告（出國類別：研習）

水源涵養與地下水庫規劃

服務機關：經濟部水利署

經濟部水利署水利規劃試驗所

姓名職稱：葉俊明正工程司

鍾寬茂正工程司

派赴國家：荷蘭

出國期間：民國 97 年 11 月 1 日至 11 月 14 日

報告日期：民國 98 年 2 月 13 日

摘要

隨著工商的發展，用水需求與日俱增，但隨著環境的變遷與民眾對生態及環境意識的覺醒，推動傳統的大型水資源開發方案日益艱難，故充分利用既有水利設施、妥善保育水源環境，重視水源涵養及以多元方式開發水資源，遂成爲當前重要課題之一。

其中水源涵養及地下水庫分別爲既有水源之永續利用及水資源開發的可能選項之一，而荷蘭在此方面已有多年之經驗，赴該國考察研習，可藉由觀摩荷蘭水源涵養及地下水庫使用之現況，學習最新之研究成果或知識、觀念與技術及其寶貴經驗，以擴展水資源經營管理之視野，可提供作爲國內水資源規劃及經營管理之借鏡與參考，建議未來水資源開發規劃可能改善之方向。

本次拜會參訪行程，包括 Biesbosch 溼地國家公園、EVIDES 供水公司、聯合國水利學院（UNESCO-IHE）、荷蘭水利研究機構（Deltares）、萊茵河三角洲大壩工程（Deltaworks）、PWN 供水公司、艾芙閘堤（Afsluitdijk）、艾瑟爾湖（Lake IJssel）、阿姆斯特丹供水公司、Wageningen 大學 Alterra 研究中心等，瞭解荷蘭整治萊茵河（Rhine）、馬仕河（Mass）及斯凱爾特河（Scheldt）的情形，及該國如何利用人工湖與天然沙丘地形進行蓄水及過濾飲用水之過程。

經實地考察後，瞭解該國可用水源量遠大於需求量，因此並無缺水問題，僅有水質問題。而爲降低淨水處理之成本並穩定供水量，所以推動人工湖（以人工湖淨化及蓄水）及沙丘入滲供水系統（以沙丘過濾淨化及蓄水），並將所蓄之水量作爲發生緊急情況下之備援功能。其與我國部分人士所倡議之地下水庫的理念、性質及功能均不相同。

而由於我國水文條件不佳，豐枯水季水量差距明顯；又因平地面積小，人口稠密，已無完整且低廉之大面積未開發土地，故不若荷蘭具備推動地下水庫之優良條件。

另觀察荷蘭 Biesbosch 人工湖案例，當人工湖之平均蓄水位可以保持高於周遭之平均地下水位，則人工湖具有涵養週遭地下水源之功能。另觀察荷蘭艾芙閘堤（Afsluitdijk）、Haringvliet 等河口堰興建後，將大面積鹹水水域轉變爲淡水水域，對於淡水水源涵養及週遭土地利用均有明顯效益。

誌謝

97 年度水資源作業基金派員出國計畫－「水源涵養與地下水庫規劃」項目赴荷蘭研習，於研擬參訪行程前，承蒙逢甲大學江篤信教授提供許多寶貴的建議；其後接洽聯繫擬參訪之相關單位，則獲得我駐荷蘭代表處之大力協助，尤其部分原規劃參訪單位因整併、更名或其他原因而難以取得聯繫之際，承蒙我駐荷蘭代表處經濟組同仁努力不懈並多方接洽、詢問，方得以與原規劃參訪單位取得聯繫，並依據對方較方便之時間與參訪之位址重行安排拜會參訪行程，爲此行之順利發展奠定基礎。

而在荷蘭研修期間更蒙代表處經濟組全力支援相關聯繫與溝通工作，協助解決語言上的不方便及在生活上之協助，使此行順利且成果較預期更爲豐碩。特此對駐荷蘭代表處劉融和代表、經濟組童本中組長、謝佩娟秘書及 Jaap de Vries 先生致上最大謝忱。

另外，感謝 EVIDES 的 Mr. Henk Baars、Delft IHE 的周仰效教授、Deltares 的 Mr. Simon Groot 及 Mr. Geert Prinsen、PWN Water Supply Company 的 Mr. Han de Vries、Waternet Amsterdam 的 Mr. Daniels 及 Alterra Center of Wageningen University 的 Prof. Wim van Driel、Ms. Madeleine van Mansfeld、Mr. Michiel van Eupen、Ms. Li Jia 等 4 位，以及 Keringshuis information centre 的導覽員等單位人員之陪同參觀及詳盡解說。

由於您們的協助，使得我們的行程順利圓滿達成，在此謹致上最誠摯的謝意。

目 次

摘要

誌謝

壹、前言	4
一、緣起與目的	4
二、研習行程	4
貳、研習過程及內容	7
一、荷蘭概述	7
(一)地理人文與經濟	7
(二)氣象水文	10
(三)水資源及其管理	12
二、研習主題與參訪	16
(一)地下水庫	16
(二)水源涵養	17
(三)相關學術研究機構	18
三、實地參訪行程	19
(一)我國駐荷蘭代表處	19
(二)Biesbosch & EVIDES	22
(三)Biesbosch 國家公園	47
(四)荷蘭國際水利環境工程學院(UNESO-IHE)	56
(五)Deltares 三角洲技術研究中心	59
(六)DZH 南荷蘭沙丘供水公司	64
(七)三角洲計畫(The Delta Works)	69
(八)PWN 供水公司、艾芙閘堤(Afsluitdijk)及艾瑟爾湖(Lake IJssel)	79
(九)AWD 阿姆斯特丹供水沙丘	88
(十)Alterra(綠色世界)研究中心, Wageningen	104
參、心得與建議	114
一、心得	114
二、建議	118

壹、 前言

一、 緣起與目的

隨著工商的發展，用水需求與日俱增，但隨著環境的變遷與民眾對生態及環境意識的覺醒，推動傳統的大型水資源開發方案日益艱難，故充分利用既有水利設施、妥善保育水源環境，重視水源涵養及以多元方式開發水資源，遂成爲當前重要課題之一。

其中水源涵養及地下水庫分別爲既有水源之永續利用及水資源開發的可能選項之一，經濟部水利署乃於 97 年度水資源作業基金派員出國計畫項下，擬定「水源涵養與地下水庫規劃」課題，並遴派人選赴相關國家學習其最新之觀念及目前操作運用之情況。

而荷蘭在沿其海岸線築堤後，除大幅縮減其需防護海水侵犯之海堤總長度，亦將原鹹水水域淡化成爲淡水水域，對水源涵養、週遭土地利用及國土面積之大幅增加等均帶來重要貢獻；此外，依文獻記載荷蘭人亦利用海岸沙丘地形及地質作爲地下水庫儲存其量不豐的雨量，或引河水入沙丘補注地下水，經過地層自然過濾滲出後，再取水利用。其優點在於可保存水量，並經由地層過濾水源，以獲得較穩定的水源及較潔淨的水質。

爰選定赴荷蘭考察研習，期藉由觀摩荷蘭水源涵養及地下水庫使用之現況，學習最新之研究成果或知識、觀念與技術及其寶貴經驗，以擴展水資源經營管理之視野，可提供作爲國內水資源規劃及經營管理之借鏡與參考，建議未來水資源開發規劃可能改善之方向。

二、 研習行程

本次考察研習時間爲 97 年 11 月 1 日至 11 月 14 日，赴荷蘭參訪水資源營運管理相關單位。內容除了聽取荷蘭對水源涵養與經營管理，及其與地下水庫相關之沙丘水源運作情況外，並赴現場實地參觀。

本研習行程自 97 年 11 月 1 日晚上搭機出發，2 日抵達荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場，隨即轉往海牙。次日先赴我駐荷蘭代表處拜會，就本研習行程之目的作廣泛的討論並確定整個行程(表 1.2-1)，各研習拜會地點標示如圖 1.2-1。

表 1.2-1 赴荷蘭考察研習行程表

DATE (日期)		VISITINGS (拜訪單位)
11/1	Sat	Taipei → Amsterdam
11/2	Sun	Amsterdam → Den Haag
11/3	Mon	Visit Taipei Representative Office in the Netherlands
11/4	Tue	Visit Biesbosch National Park Visit EVIDES (formerly watercompany Europoort) Company presentation, film, visit artificial lake and facilities.
11/5	Wed	Visit Delft IHE Visit Deltares(formerly Delft Hydraulics)
11/6	Thu	Visit Wassenaar Dunes
11/7	Fri	Visit Keringshuis information centre and tour Maeslantkering (deltaworks) Visit Deltapark Neeltje Jans
11/8	Sat	資料整理
11/9	Sun	Visit National Park of De Hoge Veluwe
11/10	Mon	Visit PWN Water Supply Company Visit Lake IJssel, Afsluitdijk
11/11	Tue	Visit Amsterdam Water Supply Dunes
11/12	Wed	Alterra Center of Wageningen University
11/13 11/14	Thu/Fri	Amsterdam→Taipei



圖 1.2-1 赴荷蘭研習地點位置圖

貳、 研習過程及內容

一、 荷蘭概述^[1]

(一) 地理人文與經濟

荷蘭王國(The Kingdom of The Netherlands) 又稱尼德蘭王國，於 1815 年建國至今。位居歐洲西部，北緯 52 度 30 分、東經 5 度 45 分，東面與德國為鄰、南接比利時、西側及北側濱臨北海，地處萊茵河 (Rhine)、馬仕河 (Mass) 和斯凱爾特河 (Scheldt) 三角洲，國土面積 41,500 平方公里(其中陸地面積約 33,907 平方公里，小於台灣的 36,000 平方公里)，人口 1,607 萬人，人口密度每平方公里 475 人。西、北濱海海岸線長達 1,075 公里。首都在阿姆斯特丹(Amsterdam)，官方語言是荷蘭語；英語通行，普及率超過 70%。國慶日在 4 月 30 日，貨幣使用歐元(EURO)。

「荷蘭」一詞在日耳曼語中叫尼德蘭(Nederland)，為“低地”之意，因其國土中有 25%的陸地面積低於荷蘭標準海平面(NAP)^[2](圖 2.1.1-1)，1/5 的土地為運河、湖泊、河川。國土以烏特勒支(Utrecht)為中心，分為東西兩半，左側地帶幾乎都是位在海面下的低地(圖 2.1.1-1)。國土西部沿海為低地，東部是波狀平原，全境最高點在東南部林堡州(Limburg)的丘陵地帶，惟高程亦僅約 322 公尺。

荷蘭是資本主義發達的國家，西方十大經濟強國之一。雖自然資源相對貧乏，惟天然氣儲量則稱豐富，除自給有餘外，更能出口。工業發達，主要工業部門有食品加工、石油化工、冶金、機械製造、電子、鋼鐵、造船、印刷、鑽石加工等，近 20 年來更重視發展空間、微電子、生物工程等高技術產業。傳統工業主要是造船、煉油、冶金等；荷蘭是世界主要造船國家之一、第二大城鹿特丹(Rotterdam)是歐洲最大的煉油中心、阿姆斯特丹以精湛的鑽石切割技術聞名於世。農業發達，是世界第三大農產品出口國；荷蘭人利用不適耕種的土地因地制宜發展畜牧業，現已達人均一頭牛、一頭豬，躋身世界畜牧業最發達國家的行列；他們在沙質地上種植馬鈴薯，並發展薯類加工，世界種薯貿易量的一半以上從這裏輸出；花卉是荷蘭的支柱性產業，全國共有 1.1 億平方公尺的溫室用於種植鮮花和蔬菜，因而享有“歐洲花園”的美稱，花卉出口佔國際花卉市場的 40~50%。金融服務和保險業、旅遊業均稱發達。

註[1]本篇內容係透過不同方式所蒐集之資料，主要為協助讀者瞭解荷蘭情況，尤其是其水文及水資源管理之狀況。

[2]荷蘭標準海平面 NAP (荷文：Normaal Amsterdams Peil)即以阿姆斯特丹水管理處歷年觀測海水面高程的平均為零，稱為「荷蘭標準海平面 (Amsterdam Ordinance Datum, 英文簡稱為「AOD」)」，以符號「~」表示，是荷蘭境內共同認定的「海平面」，更為荷蘭全境及鄰近國家各項水利、土木工程設施施工、管理的共同標準。



資料來源：UNESCO-IHE, Associate Professor in Hydrogeology, Dr. Yangxiao Zhou “WATER MANAGEMENT IN THE NETHERLANDS” ,2008

圖 2.1.1-1 荷蘭國土和 NAP 之關係

荷蘭陸、海、空運輸交通均十分發達。境內河流縱橫，水路四通八達。素有“北方威尼斯”之稱的荷蘭首都阿姆斯特丹有大小水道 160 多條，橋樑一千多座。位於萊茵河與馬仕河出海口的鹿特丹港是世界數一數二之大港口。阿姆斯特丹機場是荷蘭和歐洲主要航空港之一，曾多次獲世界最佳機場稱號。荷蘭人充分利用這一得天獨厚的地理條件發展交通運輸業，其陸海空各類運輸佔歐盟交通市場總額的 30%。

由於荷蘭的國土大部分是地質史上十分年輕的沖積平原，沿海低窪地多；境內西北方土地大部份以黏土和泥煤為主，地貌幾乎為河流及運河交會成海埔新生地；東南方之土地以砂礫石為主，而地貌為林地或荒地。大部分的國土皆由泥炭土所組成，泥炭土是植物在死亡後沈積、於低溫及厭氧環境下形成；荷蘭泥炭土在頻繁的人類活動干擾之後，因引入的氧氣而分解，此外人們為了耕作所需而排乾土裡的水分，也加速了土地的下沉。

荷蘭最著名的淤田（Polder），就是那些將溼地以堤防圍起，再用風車或抽水機排出積水而形成的乾農地。荷蘭政府於 1927 年著手興建著名的北海大堤

(Afsluitdijk)，將須德海(Zuiderzee)與北海(Noordzee)隔開，形成艾瑟爾湖(Lake IJssel)，之後人們在湖中圍墾，利用渠道及風車創造出舉世聞名的東北淤田 Noordoostpolder。

早在 17 世紀時，靠著貿易賺取財富的荷蘭已躋身先進國家行列之一，許多財富都來自於海外的殖民地。今天的荷蘭仍是全球發展最為先進的國家之一。它是全球排名第 15 名的富裕國家，國民所得約為 € 26,800 元，失業率約 4%，就業人口以農業占 2%、工業占 25%、其他產業占 73%。1998 年更曾高居 IMF 國際競爭力排名的第 5 名。

荷蘭僅一蕞爾小國，卻能以快速的經濟成長躋身世界經濟強國，主要奠基於下列主要因素：

1.和全世界做生意

荷蘭位於歐洲幾條主要河流納入北海的三角洲，因著地理位置的優勢，成為西歐貿易與運輸的中心，國際貿易成為維繫荷蘭經濟成長的主要命脈。17 世紀是荷蘭歷史上的黃金時代，當時歐洲 90%的貨物皆由荷蘭船隻運送。今日，荷蘭仍是全世界前十大出口國之一，鹿特丹港是歐洲第一大出口港，全世界排名第二；史基浦機場則是歐洲主要的機場之一；國際上名列世界前 20 名的 ING 與 Rabobank（荷蘭合作銀行）都來自荷蘭。許多國際知名企業如飛利浦（Philips）、殼牌（Shell）石油、聯合利華（Unilever）、全球領先物理療法與復健設備廠商 Enraf Nonius，另外鐘琴、實境電視秀 Big Brother 是荷蘭人發明的、CD 是飛利浦所開發。

2.農產品出口國

荷蘭對全世界出口農產品，擁有全球 7.7%的市佔率。被暱稱為歐洲菜園的荷蘭，是領先的蔬菜出口國，而出口的花卉佔有世界 60%的市佔率。密集、高科技的生產方法與現代化的管理，為荷蘭的農業帶來了高產量、一流品質與健全的營收。

3.財富合理分配

荷蘭為一實行社會福利制度的國家，其「財富合理分配」制度舉世聞名，堪稱荷蘭奇蹟。該制度結合了溫和、彈性的勞動市場與一貫的財經政策，並引進了更活躍的市場機制，不僅獲得全民支持，更讓失業率大幅下降。透過累進式的賦稅制度（所得愈高，稅率愈重）和完善的補助金與社會救濟金制度，將財富非常平均地分配給所有國民。

透過「財富合理分配」制度，荷蘭人共享了社會福利，要維持這種繁榮景象，全

方位的持續革新是絕對必要的。提供更高級的產品和服務來謀生、有高教育水準的人民及邁向全球化。

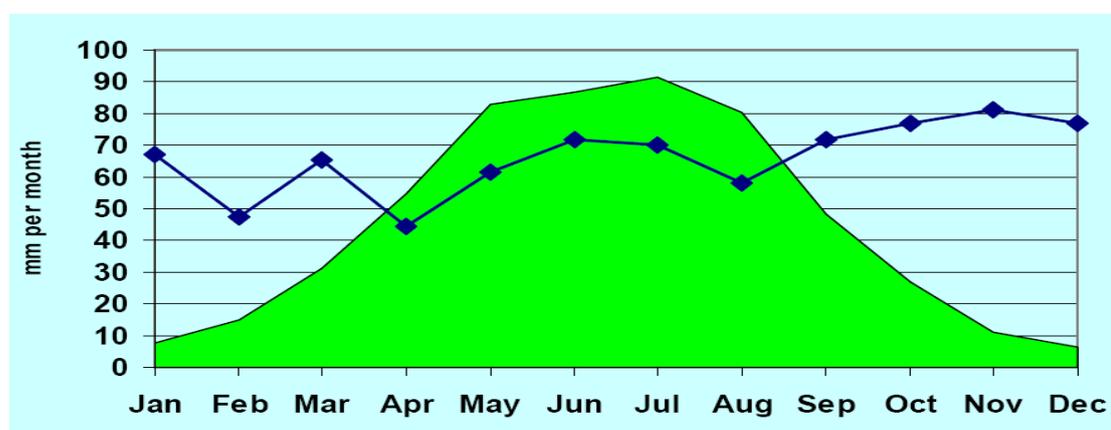
4. 立足荷蘭，展望世界

荷蘭人自知荷蘭只是一個小國，邁向全球才是他們的活路。因此，在許多方面，荷蘭積極提倡國際合作，例如荷蘭就是聯合國的創始會員國之一；在一些聯合國組織中，包括聯合國糧食及農業組織（FAO）在內，荷蘭所扮演的重要角色，遠超過世人對如此一個小國的期待；而荷蘭提供給聯合國的資金數目，同樣大過於它在聯合國裡的比重。

(二) 氣象水文

荷蘭緊臨北海，天候深受其影響，氣候屬溫帶海洋性氣候，全年濕潤有雨，無乾季，年平均降雨量約 750 毫米，蒸發散量約 550 毫米，冬天降雨較多，降雨之時、空分佈差異不大(圖 2.1.2-1、圖 2.1.2-2)，無明顯之豐枯季節。

荷蘭多陰天，晴天較少。日溫差和年溫差都不大。沿海的平均氣溫在夏季為 16℃，冬季為 3℃；內陸夏季和冬季的平均溫度分別為 17℃和 2℃。



註：年平均降雨量：750 毫米，年平均蒸發散量：550 毫米，圖中夏季蒸發散量大於降雨量，幸有萊茵河等河川帶來豐沛水量，避免了缺水問題。

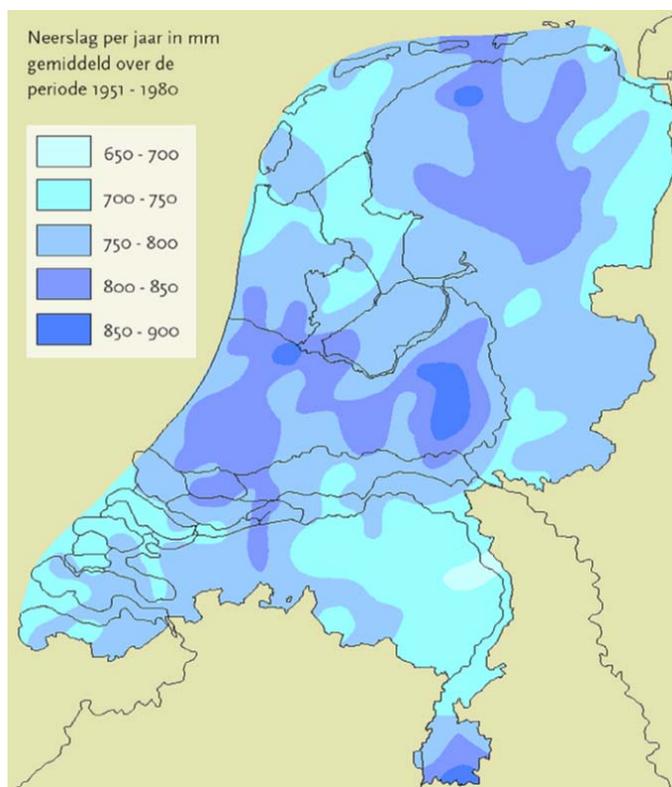
資料來源：UNESCO-IHE, Associate Professor in Hydrogeology, Dr. Yangxiao Zhou "WATER MANAGEMENT IN THE NETHERLANDS" ,2008

圖 2.1.2-1 荷蘭（1971~2000 年）年平均降雨量及蒸發散量組體圖

表 2.1.2-1 係荷蘭之水資源量平衡概況表，其中年降雨量 291 億立方公尺，扣除蒸發散量 214 億立方公尺，淨降雨量為 77 億立方公尺。

荷蘭氣候雖然溫和，惟北海岸風力甚強，因此天氣變化無常，一年四季均須隨時

準備雨具或防風、防寒之衣物(相片 2.1.2-1)。雖然荷蘭常下雨，但不會下太大、也不會下太久，往往一下子晴、一下子雨。



資料來源：UNESCO-IHE, Associate Professor in Hydrogeology, Dr. Yangxiao Zhou “WATER MANAGEMENT IN THE NETHERLANDS” ,2008

圖 2.1.2-2 荷蘭年平均降雨量分佈圖

表 2.1.2-1 荷蘭水資源量平衡概況表

Water balance	Average year		Dry year		
	In	毫米	10 ⁶ m ³	毫米	10 ⁶ m ³
降雨Precipitation		750	29,100	535	20,800
萊茵河Rhine		1,775	69,000	1,065	41,500
馬仕河Meuse		215	8,400	90	3,500
其他河流Other rivers		75	3,000	40	1,500
合計Total		2,815	109,500	1,730	67,300
Out					
蒸發散量		550	21,400	528	20,500
Evapotranspiration					
其他用水Different uses		55	2,100	154	6,000
河流出海River outflow		2,210	86,000	1,048	40,800
合計Total		2,815	109,500	1,730	67,300

資料來源：UNESCO-IHE, Associate Professor in Hydrogeology, Dr. Yangxiao Zhou “WATER MANAGEMENT IN THE NETHERLANDS” ,2008



相片 2.1.2-1 荷蘭氣候雖然溫和，惟北海岸風力甚強，因此天氣變化無常，一年四季均須隨時準備雨具或防風、防寒之衣物。(圖中為我國駐荷代表處童組長及約聘員 Jaap 先生。)

表 2.1.2-2 為首都阿姆斯特丹氣候概況，年平均降雨 780 毫米，略高於全國平均值，平均降雨日數 185 日。

表 2.1.2-2 阿姆斯特丹氣候概況表

項 目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年計
平均最高氣溫	5.4	6.0	9.2	12.4	17.1	19.2	21.4	21.8	18.4	14.1	9.2	6.5	-
平均最低氣溫	0.5	0.2	2.4	4.0	7.8	10.4	12.5	12.3	10.2	7.0	3.9	1.9	-
平均氣溫	3.0	3.1	5.8	8.2	12.5	14.8	17.0	17.1	14.3	10.6	6.6	4.2	-
降雨量(毫米)	62.1	43.4	58.9	41.0	48.3	67.5	65.8	61.4	82.1	85.1	89.0	74.9	779.5
降雨日數 ^(註)	17	13	17	14	14	14	13	13	16	17	19	18	185

資料統計期限：1971-2000。

註：降雨日表示日降雨量不少於 0.1 毫米

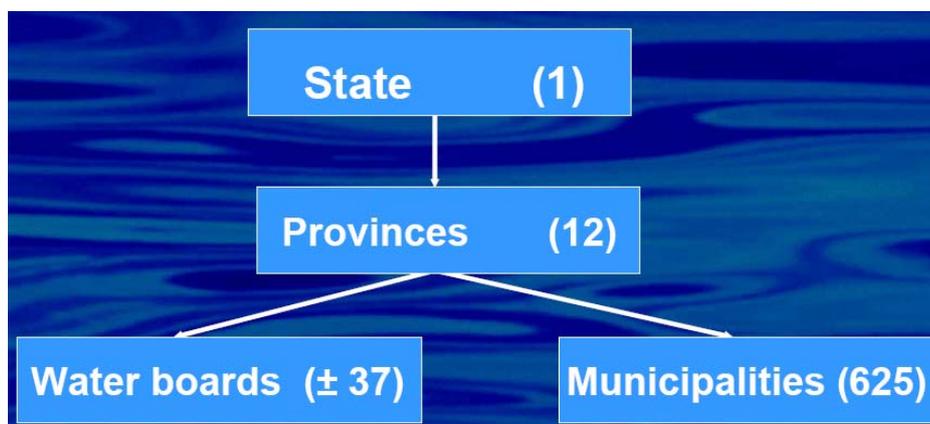
(三) 水資源及其管理

淡水是一項不可或缺的天然資源，它對於生活與社會提供了許多功能，沒有乾淨的水將不能自在的生活，沒有農業、沒有園藝、沒有工業、沒有休閒活動。目前荷蘭並沒有缺水的問題，惟水資源並非平均地分配在全國各地，水資源也不總是潔淨的，

因此水資源管理仍舊是需要的。哪裡有多多的水源，水利委員會就要去調度，哪裡的水源不足，水利委員會就要協助供應。在執行任務時，水利委員會必須同時考慮到地表水水質與水量，以及維持地下水位穩定等問題。

一般認為荷蘭是一個水資源豐富的國家。政府似乎沒有理由對民眾用水作干預。然而，荷蘭政府卻一直在其水市場上發揮強有力的影響。雖然荷蘭的水公司專責處理、運輸和分配用水，其功能有如一般的私人公司，然其股東卻是地方和省級政府，近百年來，中央，省和地方政府的大力參與相關水務部門的運作，水價雖高，卻可使民眾可以得到安全穩定且量足質優的用水。

荷蘭的水資源管理及分工層級如圖 2.1.3-1，最上層屬中央政府層級，其則次是省政府層級，省政府下依地區特性分設水利委員會及民眾自治區。各層級管理者在水資源管理上的責任分工(圖 2.1.3-2)。地面水方面由中央政府監管全國水利事業，包括政策和策略的執行；區域性地面水則分別由省政府及水利委員會分別負責策略的訂定和執行。地下水方面之管理則一律由省政府負責。



資料來源：UNESCO-IHE, Associate Professor in Hydrogeology, Dr. Yangxiao Zhou “WATER MANAGEMENT IN THE NETHERLANDS” ,2008

圖 2.1.3-1 荷蘭的水資源管理層級

由於荷蘭位於萊茵河與馬仕河下游，天然地理位置對水質不利，因此各水利事業權責單位無不致力於水質的改善，表 2.1.3-1 為 1998 年荷蘭在水管理之投資金額統計，由該表可知各界對水質問題的重視。

在荷蘭，水資源之管理策略直接或間接影響許多其他政策，如環境保護、土地使用計畫與自然保育等。水利當局在推展工作時要適當的考慮這些因素，這就是水資源管理的整合。在協調水資源政策與其他法令時，省政府扮演重要的角色，省府的水資

源管理計畫與水利委員會的協調管理計畫，是區域層級完整水資源管理的要素。

Responsibility for Water Management in the Netherlands			
	Surface waters		Groundwater
	National	Regional and local	
Strategic	State	Provinces	Provinces
Operational	State	Water Boards	Provinces

資料來源：UNESCO-IHE, Associate Professor in Hydrogeology, Dr. Yangxiao Zhou "WATER MANAGEMENT IN THE NETHERLANDS" ,2008

圖 2.1.3-2 各層級管理者在水資源管理上的責任分工

表2.1.3-1 荷蘭1998年水管理投資金額統計表 單位：百萬€

	Institutional level				Total	€ per capita
	State	Province	Water Board	Municipality		
Flood protection	236	98	115	-	449	29
Water quantity management	125	38	436	50	649	42
Water quality management	277	40	962	796	2,075	133
Total	638	176	1,513	846	3,173	203
Paying principle	Institutional level				Total	€ per capita
	State	Province	Water Board	Municipality		
General budget	605	136	-	213	954	61
Water board tax	-	-	547	-	547	35
Groundwater tax	-	11	-	-	11	1
Pollution levy	33	30	907	-	1,060	68
Sewerage tax	-	-	-	633	633	41
Others (interest)	-	-	-31	-	-31	-2
Total	638	177	1,513	846	3,173	203

資料來源：UNESCO-IHE, Associate Professor in Hydrogeology, Dr. Yangxiao Zhou "WATER MANAGEMENT IN THE NETHERLANDS" ,2008

水資源管理工作包括以抽水站維持水位、檢查鹽度、管制污水排放許可、淨化從家庭與商業行為所排出的污水、抽樣檢查地表水，與用監控的方式來檢驗水質等。水資源管理工作任務分配在數個管理機構中，公共工程與水資源管理局長負責主要公共建設，包括主要河川和運河、艾瑟爾湖、北海與瓦登海。

水利委員會由省政府監管，負責地方與區域水資源管理，包括地表水量與水質的管理。這些工作無法單獨來管理，一些影響水量的管理工作，如疏浚、系統沖洗和貯水行為都會同時影響水質，負責水量與水質管理的單位必須相互協調他們的政策以確實規劃及執行管理計畫。

透過沙丘與堤堰抵抗海上的風暴與河川的洪水，荷蘭人取得了大量的陸地，並且在該得來不易的土地上辛勤工作，開創了適宜居住的建築物、農業、園藝、工業與休閒環境。水利委員會負責重要的水資源管理方向，採民主的方式來運作，當地社區不只擔任公共工程的維護，同時也是管理組織的成員。

在 1850 年時，荷蘭共有 3,500 個水利委員會。1953 年洪水災難後，合併這些水利委員會成爲一項急迫的新事務。大型管理實體的需求，形成大規模的合併，所以到 1997 年一月份時總共併爲 66 個水利委員會，至 2004 年僅剩 37 個水利委員會(圖 2.1.3-3)。



圖2.1.3-3 荷蘭的水利委員會組織演進情況圖

二、 研習主題與參訪

(一) 地下水庫

地下水庫概念係將水以地下水的形態儲存在地下含水層中，由於深處的地下水溶氧量極低，甚至幾乎處在無菌狀態，也不會像地面水易因土石受沖蝕而造成混濁，水質通常較佳。因此地下水做為自來水水源大都僅需較簡單的處理，且由於供水管路短，可減少其間再受污染的可能，相關給水設備佔地面積因而也較小，開發成本自然較低。另一方面，地下水的出水量較穩定，不像地面水會有季節性明顯的豐枯變化，對於嚴重乾旱時期的供水具有非常大的價值。此外，由於地下水的溫度較穩定，不像地面水溫隨季節有明顯的變化。然而，地下水的流動慢、補充不易，因此出水量會有一定的上限，超限抽取將會使地下水源逐漸枯竭，還有可能造成地層下陷及海水入侵地下含水層的嚴重災害。

人工補注的最主要目的是補充已超抽之地下水量，作為需水時期之供水來源或利用地層作為天然淨化過濾設施，以節省淨水成本，在工程上普遍使用的補注方式，是在大河兩岸的盆地利用河水抽水淨化後再引入沙丘補注槽溝，進行地表入滲補注。

荷蘭自 50 年代起在沿海人口稠密的城市地區開發大規模的沙丘入滲補注工程，佔該區總供水量中的比例相當高，主要目的是利用廉價的天然過濾入滲系統作為水處理程序的一環，以提供衛生可靠可生飲的自來水，同時還有改善生態環境的目的，並防止海水入侵。到 1990 年，補注量達到了每年 1.8 億立方公尺。其中 96% 的水是通過沙丘地區的入滲系統補注到地下。但是，荷蘭政府根據保護生態環境的總方針，已逐漸減少地表入滲補注量，並重新設計一些地表入滲系統，以減少地表補注工程對生態環境的影響。

目前荷蘭共有 10 家供水公司(圖 2.2.1-1)，其中擁有沙丘可資淨、蓄水者沿北海岸地區自北而南計有 PWN、Waternet、Duinwaterbedrijf Zuid-Holland 及 EVIDES 等 4 家供水公司，均為公共用水水源。

本行程參訪 Waternet Amsterdam 公司的 AWD(Amsterdam Water Dunes)及 DZH 等 2 座沙丘。其中 AMD 沙丘位於北、南荷蘭省交界處的 Noordwijk、Noordwijkerhout、Bloemendaal、Zandvoort，而 DZH 沙丘位於則位於 Wassenaar。



資料來源：EVIDES 供水公司

圖 2.2.1-1 荷蘭全國各供水公司供水範圍圖

(二) 水源涵養

荷蘭一系列的海堤阻擋了原先通達入內陸的海水，涵養大片的淡水水域，如位於北荷蘭的艾芙閘堤(Afsluitdijk)造就了艾瑟爾湖(Lake IJssel)、河翠堤(Houtribdijk)造就了馬克湖(Lake Marker)及南荷蘭的三角洲計畫(The Delta Works)造就了萊茵河(Rhine)和馬仕河(Meuse)出海口等淡水水域，提供荷蘭大量的公共用水來源。

另由於荷蘭地處萊茵河下游，水質污染問題影響到鹿特丹市之供水品質，相關單位為了解決長期以來飲用水水質不佳及當時所發生的鹽化問題，經規劃討論後興建 Biesbosch 人工湖，鄰近之公有土地則保留下來作為生態及環境用途，而經人工湖入滲水量之長期涵養後，目前該區溼地之環境及生態已更趨穩定，並劃設為國家公園。為水源涵養之實例。

本行程參訪艾芙閘堤、艾瑟爾湖及 PWN 供水公司；三角洲計畫之馬仕朗阻浪閘

及其展覽館。Biesbosch 國家公園及人工湖，同時參觀其遊客中心並拜會 EVIDES 供水公司。

(三) 相關學術研究機構

荷蘭在水利工程及水資源管理相關科技在國際上佔有一席之地，其中 IHE 是聯合國為推廣水利教育所設的學術機構、Deltares 專事研究世界上各大河川下游三角洲之保育利用相關議題及技術研發之機構、綠色世界研究中心(Alterra)則致力於人類與環境之融合及永續。

因此本行程同時參訪上述學術研究機構，期能瞭解荷蘭當前水資源議題之發展動向，提供國內相關政策研擬及實務規劃之參考。

三、 實地參訪行程

(一) 我國駐荷蘭代表處 Taipei Representative Office in the Netherlands

☞ 拜會時間：2008 年 11 月 3 日

☞ 拜會地點：我國駐荷蘭代表處 Taipei Representative Office in the Netherlands

☞ 拜會人員：劉代表融和、經濟組童組長本中、謝秘書佩娟、約聘員 Jaap de Vries

☞ 拜會過程：

本研習行程自 97 年 11 月 1 日晚上搭機出發，2 日抵荷蘭阿姆斯特丹(Amsterdam)史基浦機場(Amsterdam Airport Schiphol)，隨即轉往海牙(Hague)。次日先赴我國駐荷蘭代表處拜會，承蒙劉代表融和百忙之中抽空接待(相片 2.3.1-1)，向本考察團介紹該代表處目前人員編制及工作現況。其後則與代表處經濟組童組長、謝秘書及 Jaap 先生等人，就本研習行程之目的作廣泛的討論並確認整個行程的時間、地點、參與人員及交通等事項(相片 2.3.1-2、2.3.1-3)。

由於阿姆斯特丹以其得天獨厚的地理位置及各項歷史因素而成爲荷蘭第一大商業城市，其鄰近的史基浦機場更是國際各大航線在歐洲的主要轉運站，爲各國旅貨運進出歐洲之門戶。許多來自臺灣之赴歐訪問團或考察團多於阿姆斯特丹轉機，代表處負責此區域，相關工作頗爲繁忙。

在劉代表領導之下，以有限的人力達成國家交付之任務，如：推動荷蘭大眾瞭解台灣爭取入世衛、積極關心華人在荷蘭之生活情形及瞭解相關社福政策，凝聚僑胞對臺灣之向心力，對促進台、荷雙邊關係及交流等，不遺餘力。

本研習行程幸承代表處提供大力協助，整個參訪行程順利圓滿、收獲倍增。



相片 2.3.1-1 拜會我國駐荷代表處，承蒙劉代表融和百忙之中抽空接待(圖中為我國駐荷代表處劉代表(中左)與童組長(中右)。



相片 2.3.1-2 拜會我國駐荷代表處，與童組長及 Jaap 先生討論情形



相片 2.3.1-3 代表處經濟組童組長向本團說明本次擬參訪地點之相對位置，並就整個行程之安排再次確認

(二) Biesbosch & EVIDES

☞ 研習時間：2008 年 11 月 4 日下午

☞ 研習地點：Biesbosch 人工湖及 EVIDES 供水公司

☞ 接待人員：Mr.Henk Baar (Adviseur Communicatie of EVIDES waterbedrijf)

☞ 研習重點：

一、Biesbosch 人工湖

1、人工湖興建緣由

西元 1874 年以前，鹿特丹市的飲用水係就近抽取萊茵河水供應。惟進入 20 世紀後萊茵河流域已經工業化，人口也大幅增加，人與工業所製造的廢污水雖然有部分經過處理，但仍有部分係直接或間接排入萊茵河，使得萊茵河就像開放的排水道，水質污染問題也影響到鹿特丹之供水品質。

此外，海運興盛後鹿特丹成爲進出歐洲的門戶，也是世界第 2 大港，爲便利大型船隻也能順利進入港口，因此政府加深了港口，但這也讓海水之影響範圍更向內陸延伸。

終於，在 1963 冬天萊茵河被冰所覆蓋後，強烈的西風造成了鹿特丹之萊茵河抽水站的水些微鹽化，無法作爲飲用水。

於是，相關單位爲了解決長期以來飲用水水質不佳及短期發生的鹽化問題而研提因應方案，經討論後取得共識的解決方式即爲改取流域工業化程度較低，污染較少的馬仕河(荷蘭文爲 Maas，英文爲 Meuse)河水。

惟雖然馬仕河的水質整體來說優於萊茵河，但其仍有水質不穩定(圖 2.3.2-1)問題，污染量會隨著上游降雨情況而改變，而爲了在河川水質不佳期間仍能供應穩定且高品質之水量，乃於萊茵河與馬仕河之匯流口處配合推動串聯式運用之 Biesbosch 人工湖(圖 2.3.2-2)計畫，原規劃內容包括 4 個人工湖，惟最後因已達成計畫目標而僅執行前 3 個(圖 2.3.2-3)。人工湖整體工程於 1965 年開始，1973 年完工。



(資料來源：Construction of the Biesbosch Reservoirs DVD)

圖 2.3.2-1 馬仕河各月份水質示意圖



資料來源：Construction of the Biesbosch Reservoirs DVD

圖 2.3.2-2 Biesbosch 人工湖計畫位置圖



人工湖施工前之空照圖



人工湖施工測量(用地原為農田)



人工湖原規劃之用地範圍



原規劃之 4 個人工湖湖形

資料來源：Construction of the Biesbosch Reservoirs DVD

圖 2.3.2-3 Biesbosch 人工湖計畫湖區位置圖

2、 Biesbosch 人工湖之功能(圖 2.3.2-4)

- (1) 因應馬仕河低流量期間之蓄水功能。
- (2) 因應馬仕河水質較差期間之蓄水功能。
- (3) 從馬仕河取水口經 De Gijster 湖(第 1 序位人工湖)→Honderd en Dertig 湖(第 2 序位人工湖)→Petrusplaat 湖(第 3 序位人工湖)出水口之水流動期間(約需 24 星期)的水質改善。

人工湖	De Gijster	Honderd en Dertig	Petrus-plaat
面積 (公頃)	305	210	100
容量 (百萬m ³)	40	33	13
深度 (m) (平均-最大)	13-27	15-27	13-15
流動時間 (星期)	11	9	4

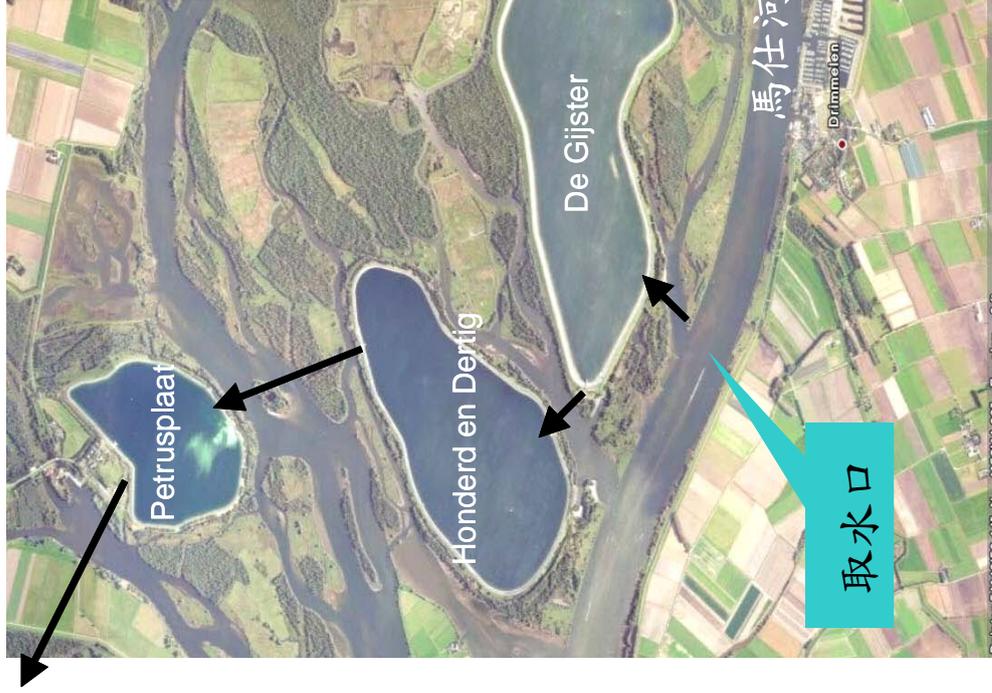


圖 2.3.2-4 Biesbosch 人工湖之調蓄功能

3、 人工湖之取水策略

(1) 馬仕河水質說明

馬仕河流域內有包括法國、盧森堡、比利時、荷蘭、德國等國家，其川流水亦不能避免會有如下之水質問題：

- 氨鹽基(來自於排水系統，農業等)
- 重金屬(來自於產業)
- 濁度(來自於流域範圍內之土石)
- 微生物病原體 (包括 *Cryptosporidium*、賈第鞭毛蟲等)(來自排水系統、畜牧業等)
- 殺蟲劑、除草劑(來自於農業或生產儲存過程之逸散流出)

上述水質污染問題，在歐盟成立前較為嚴重，惟歐盟成立後，馬仕河流域相關國家受到歐盟章程之壓力，增加了國內排水處理(圖 2.3.2-5)之規範。因此，於近 10 年期間馬仕河水質已有大幅改善(圖 2.3.2-6~7)。惟在除草劑方面，原使用較廣之 Atrazin 受到限制後，現在反而另一種除草劑 Glyfosaat 的用量有提昇之趨勢(圖 2.3.2-8)。

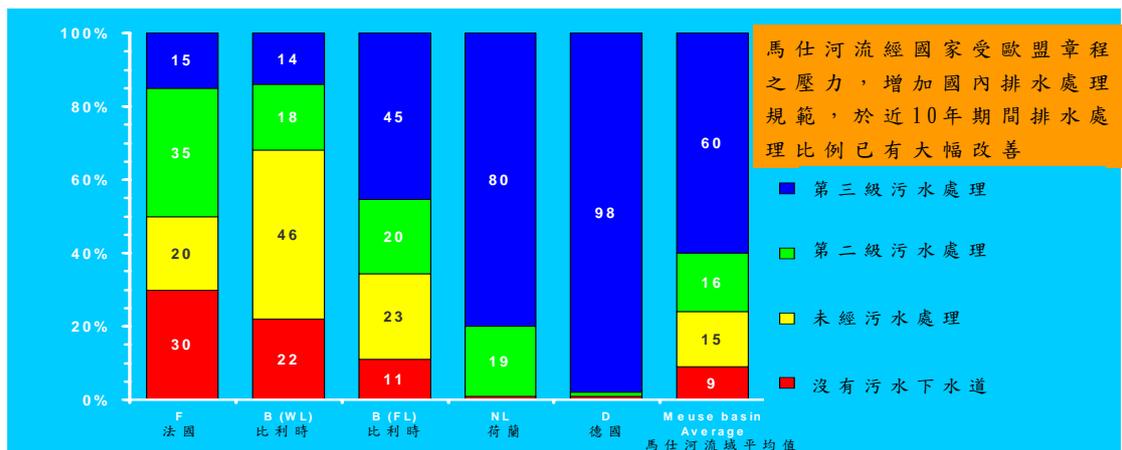


圖 2.3.2-5 馬仕河流域不同國家污水處理之比例

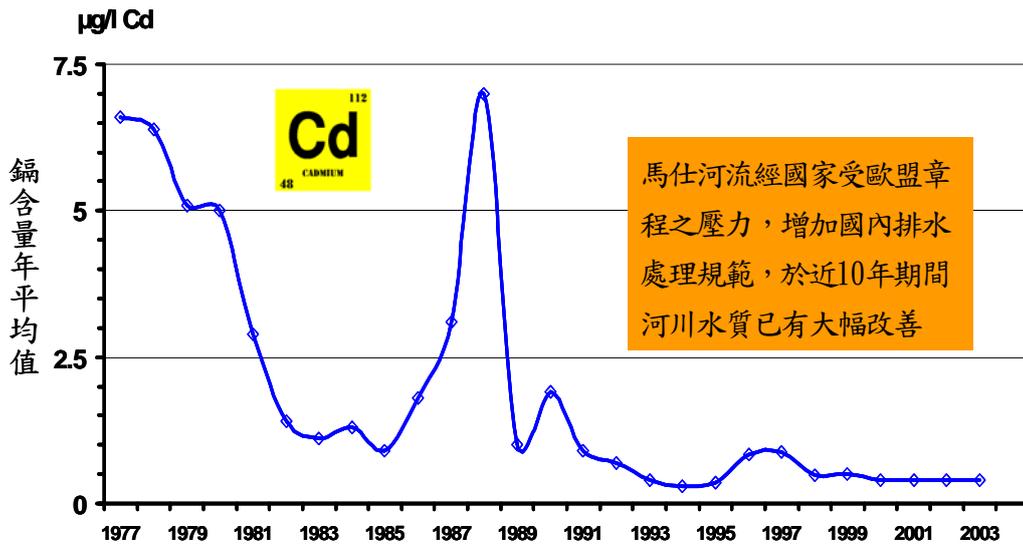


圖 2.3.2-6 馬仕河鎘含量改善情況

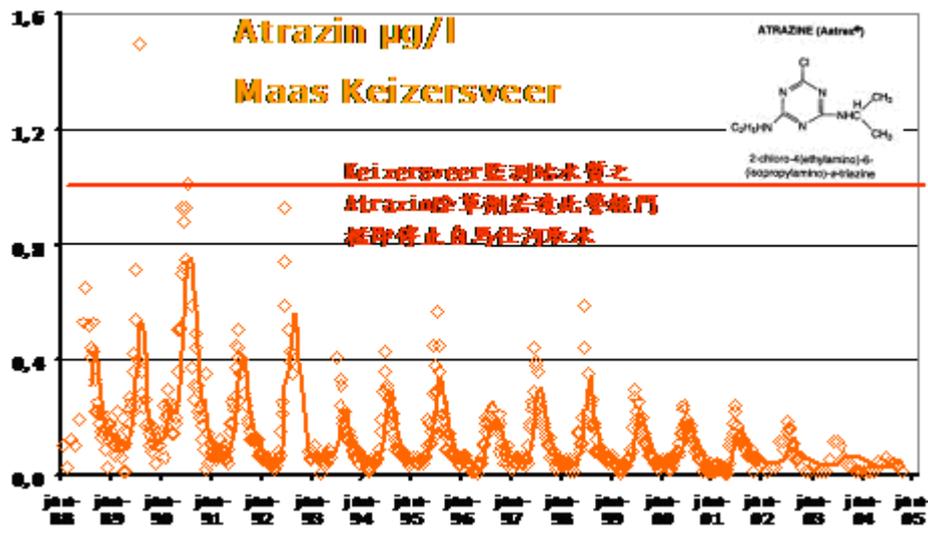


圖 2.3.2-7 馬仕河 Atrazin 除草劑含量改善情況



圖 2.3.2-8 馬仕河 Glyphosaat 除草劑含量逐年提高

(2) 人工湖取水策略

Biesbosch 人工湖於取水點上游 Keizersveer 設置了水質監測站，負責監測馬仕河之水質(圖 2.3.2-9)，並設定取水之門檻(表 2.3.2-1)，若河水中任何一項監控中污染物之含量無法符合標準，即停止取水，以確保人工湖已蓄存水量之水質及其後續處理作為飲用水之水質能符合標準，並保障消費者之健康。

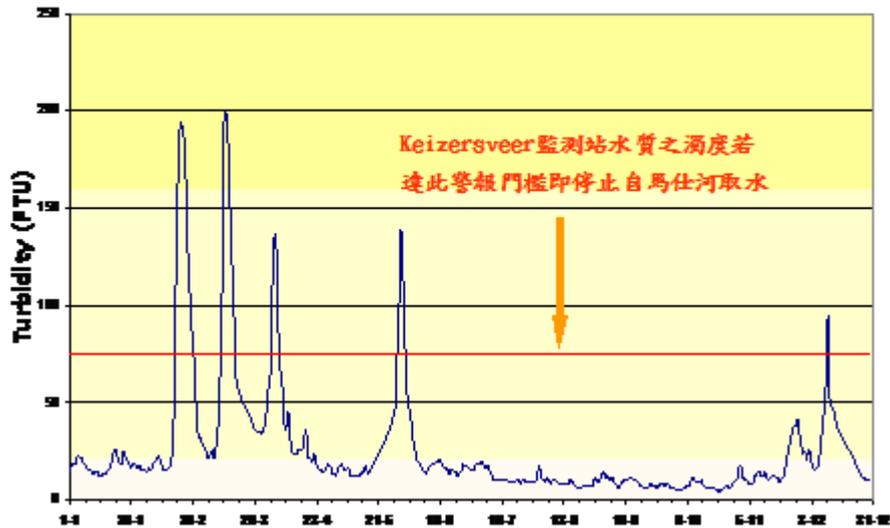


圖 2.3.2-9 2006 年 Keizersveer 監測站之馬仕河水質濁度

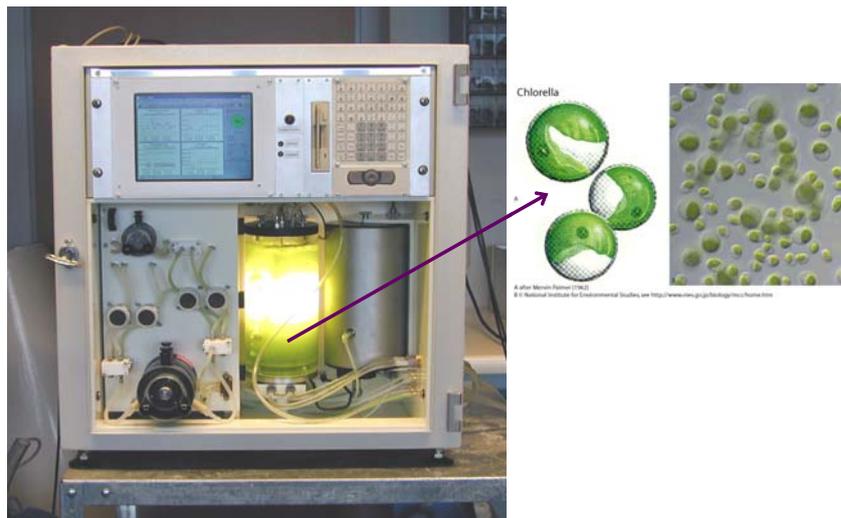


圖 2.3.2-10 EVIDES 供水公司對馬仕河水中藻類之監控

表 2.3.2-1 EVIDES 供水公司設定之馬仕河停止取水門檻值

• Conductivity 導電度 (m S/m)	100
• Turbidity 濁度 (FTU)	75
• Chloride 氯化物 (mg/l)	150
• Ammonium 氨鹽基 (mg/l)	4
• Fluoride 氟化物 (mg/l)	1.5
• Pesticides 殺蟲劑 (µg/l)	1
• Cadmium 鎘 (mg/l)	1.5

註：FTU 是適用於歐洲的 ISO-7027 濁度單位，NTU 及 FTU 皆為與入射光成 90 度方向測得光線被顆粒物散射之單位，而我國使用之 NTU 是目前唯一被 US EPA(美國環保署)所認可之方法。

人工湖設定取水門檻後，自 1983 年到 2007 年，因馬仕河水質無法達到標準而暫停取水之天數如圖 2.3.2-11。從圖中可看出，停止取水之主要原因集中在有機物及水質濁度二項。

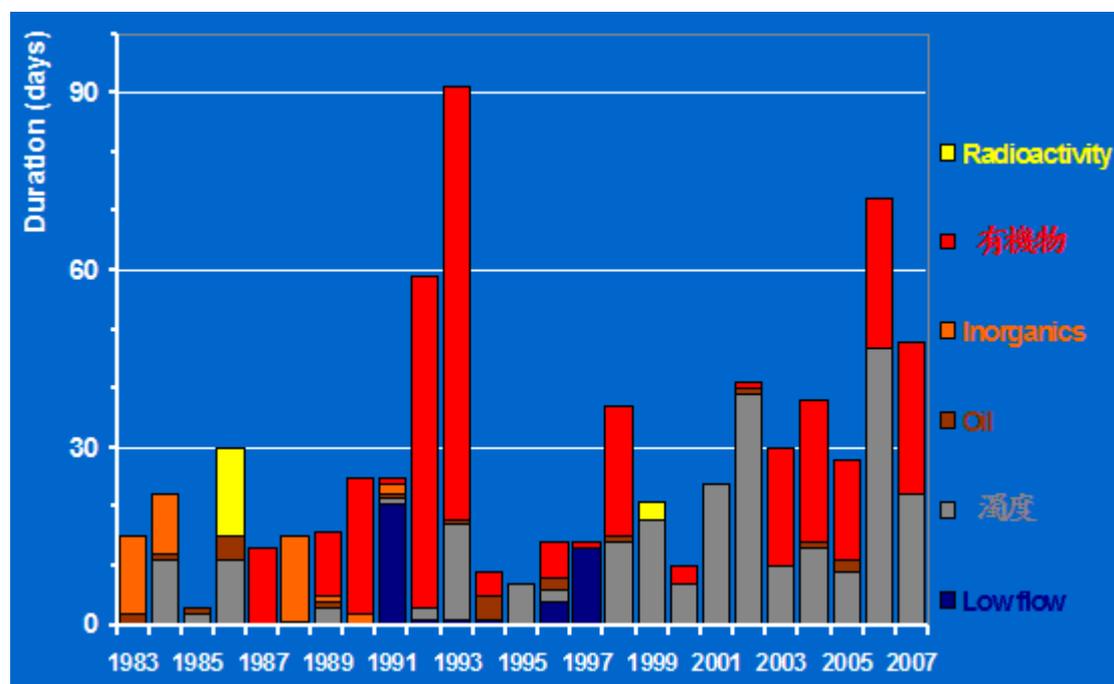


圖 2.3.2-11 人工湖各年停止自馬仕河取水之時間及原因

4、 人工湖經營管理

(1) 現階段人工湖之水位控制

由於馬仕河全年有水且水量豐沛，故 EVIDES 供水公司由 Biesbosch 人工湖供水部分並無缺水問題。因此，現階段人工湖操作方式，係將第 2、3 序位人工湖維持在固定水位。只有第 1 序位人工湖水位會隨河川水質而變化，亦即當馬仕河水質不佳而停止取水時，De Gijster 湖水位即會開始下降，惟由於停止取水期間通常不會太長，因此其水位下降通常不會超過 5 公尺。此外，3 座人工湖之總蓄水量最多可在完全無河川水補充情況下連續供水超過 2 個月。



圖 2.3.2-12 1993 年河川污染事件造成人工湖水位降低情況

(2) 水藻的控制

若水中營養鹽之含量偏高時，即容易滋生令人討厭的藻類，並產生優養化現象(2.3.2-13)。

Biesbosch 人工湖為避免此一現象，除於源頭控制所引入之水質外，亦於湖底設置曝氣設備，將空氣直接注入湖底，以防止水中分層及缺氧情況，並限制水藻之生長(如圖 2.3.2-14)。

(3) 水底藍菌之控制

水底藍細菌會讓水之氣味及口感不佳(如圖 2.3.2-15)，因此，Biesbosch 人工湖也定期進行相關防治工作。



圖 2.3.2-13 水中營養鹽造成人工湖水質優養化現象

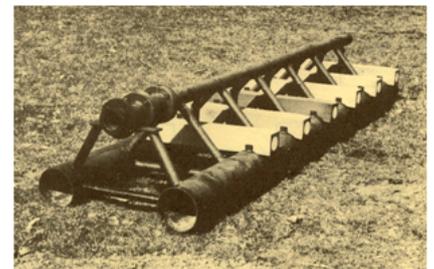
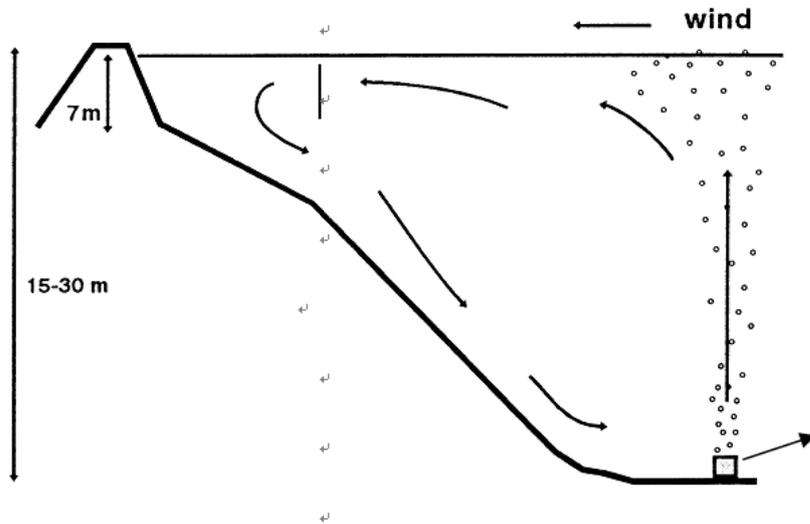


圖 2.3.2-14 以空氣注入設備進行曝氣

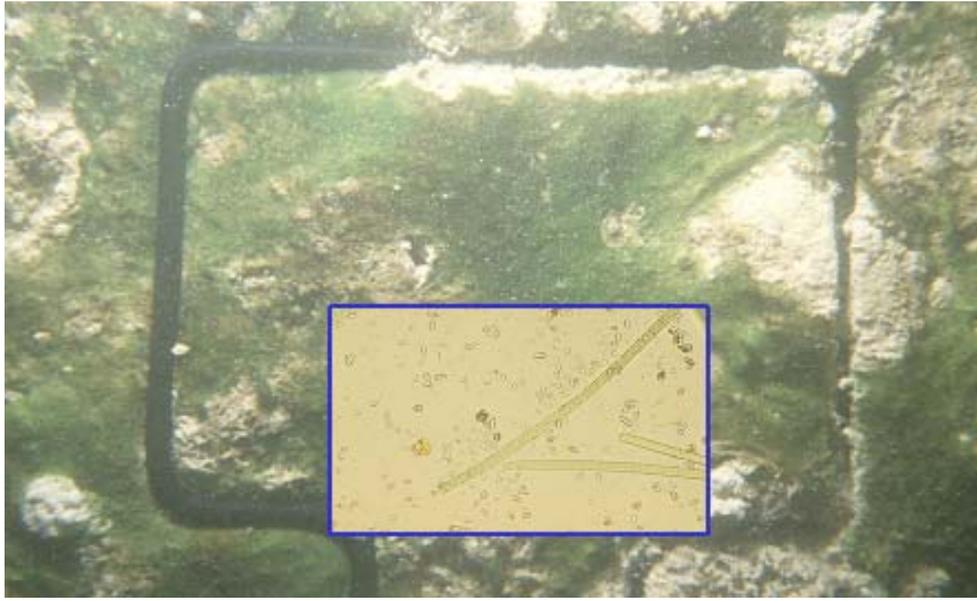


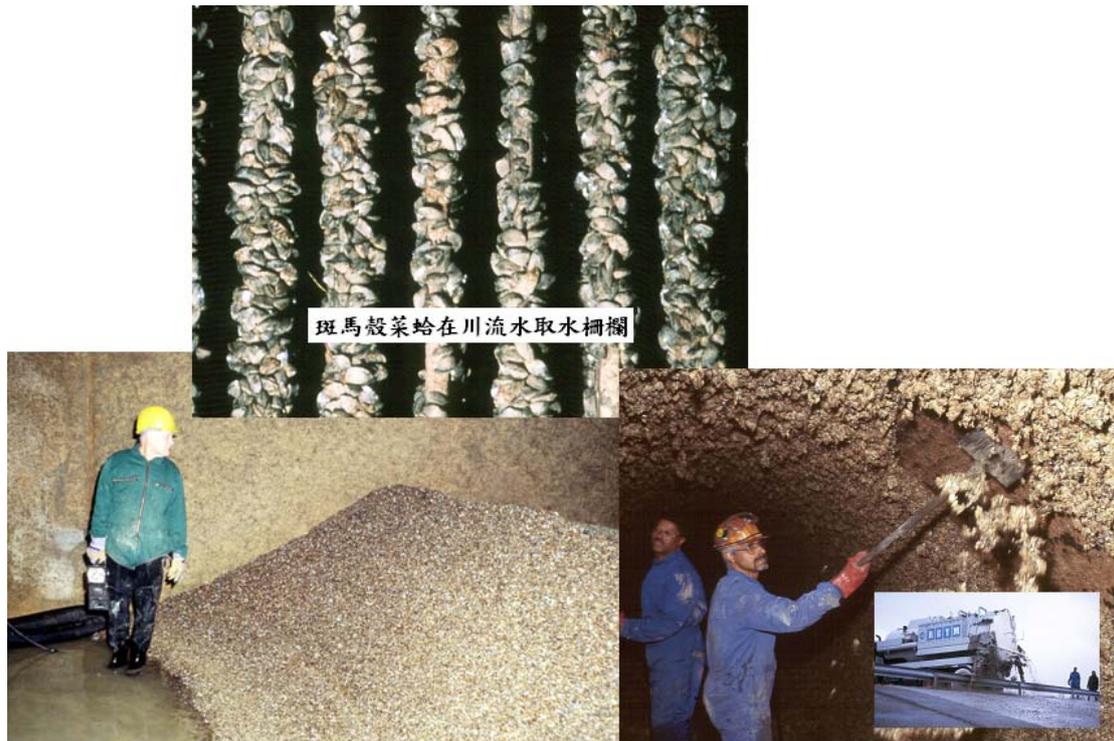
圖 2.3.2-15 水底藍細菌會影響水的氣味及口感



圖 2.3.2-16 水底藍細菌之控制

(4) 生物阻塞之控制

斑馬殼菜蛤因生活習性關係，會附著於 Biesbosch 人工湖相關設備上，如進水口欄柵、輸水管壁、抽水站等(我國日月潭及部分水庫也有類似問題，惟造成問題之品種為河殼菜蛤)，當其數量繁衍到一定程度後，即會阻礙水流，影響設施之既定功能。因此，除需於其繁殖期間投藥外(次氯酸鹽，濃度 0.5 mg/l，只限用於輸水管道)，亦須每隔一段時間以人工或機械予以清除(圖 2.3.2-17)。



以機械清除抽水站之斑馬殼菜蛤

以人工清除斑馬殼菜蛤

圖 2.3.2-17 生物阻塞之控制

(5) 人工湖對水質所發揮之天然改善情況

Biesbosch 人工湖 3 個湖區係採串聯運用，其取出水工均經過適當之設計，使河水從馬仕河被抽取進入第 1 序位人工湖 De Gijster 湖後，可沿著湖緩慢流動約 11 個星期，才進入第 2 序位人工湖 Honderd en Dertig 湖；同樣地情況，其流動約 9 個星期，最後才再進入第 3 序位人工湖，也就是 Petrusplaat 湖，經緩慢流動約 4 個星期後再由抽水站抽出。合計水在人工湖中的流動期間共約需 5~6 個月(約 24 個星期)。

在這段漫長的時間中，水質藉由曝氣、分解、氧化、還原、沉澱等天然行為而獲得大幅改善。例如，觀察馬仕河及 3 個湖區水體，可發現順序愈後面之水體，其磷酸鹽含量就愈低(圖 2.3.2-18)。此外，經蓄水作用後人工湖水體中之除草劑濃度與氨基乙酸濃度均較馬仕河水體為低(圖 2.3.2-19 ~ 20)。

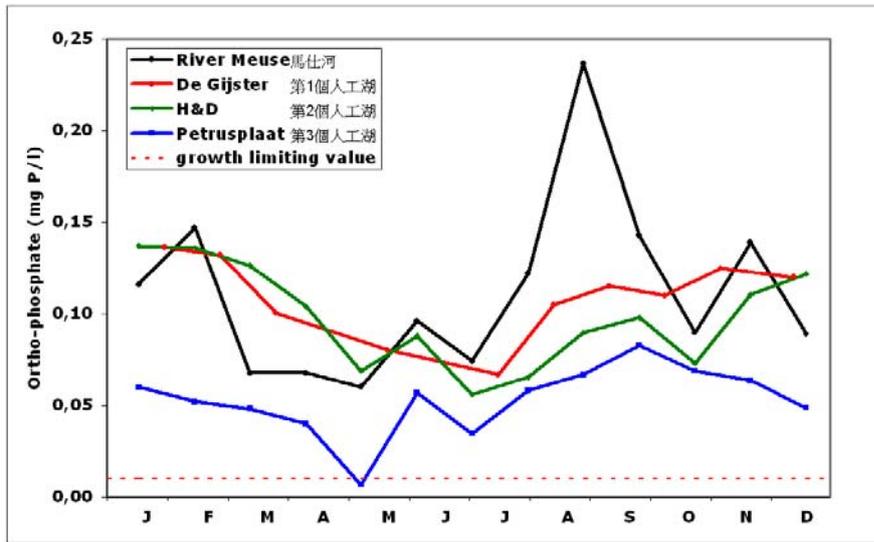


圖 2.3.2-18 馬仕河及 3 個人工湖中之磷酸鹽含量比較

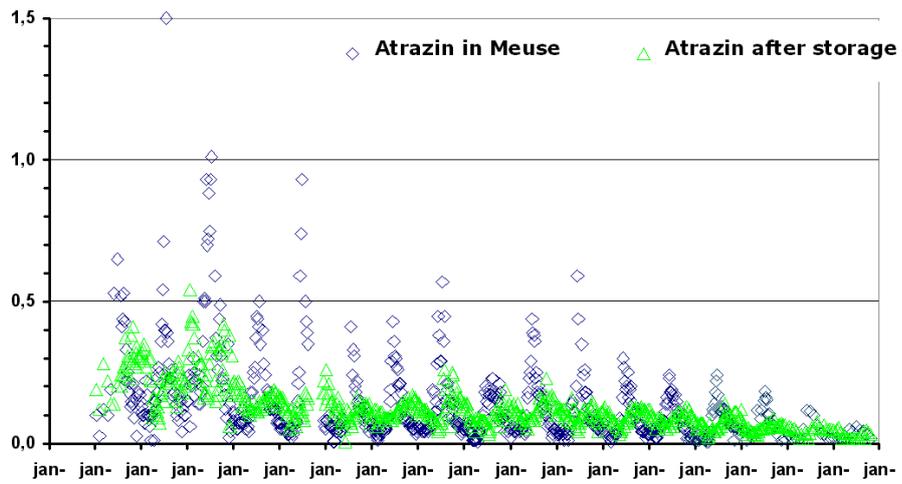


圖 2.3.2-19 蓄水行為對 Atrazin 除草劑濃度之改善情況

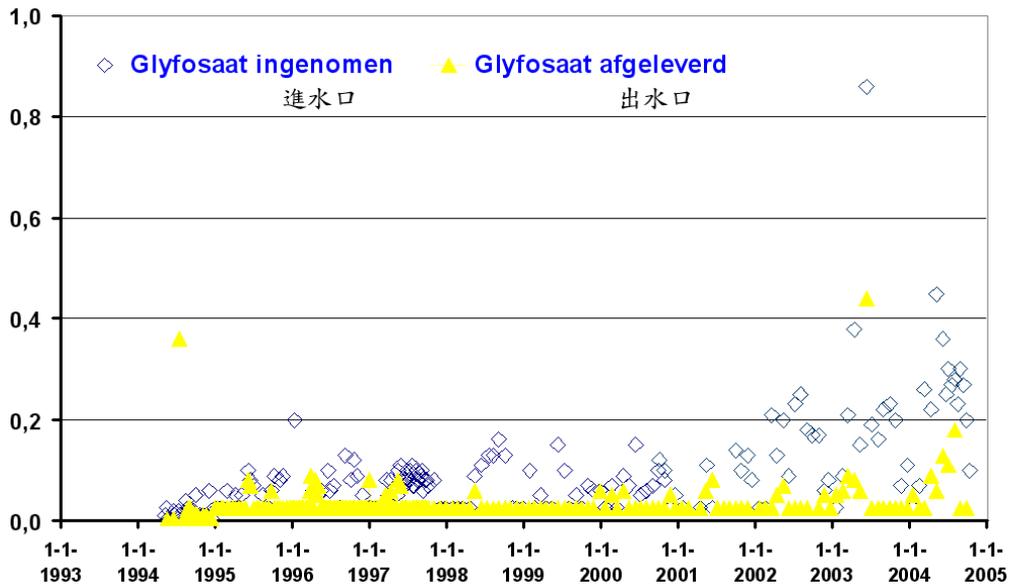


圖 2.3.2-20 蓄水行為對 Glyfosaat 除草劑濃度之改善情況

而 EVIDES 供水公司透過所擬定之取水策略，當水質超過標準期間不引水，已經可以確保所取得之水為較佳水質之原水。其後再透過人工湖蓄水及串聯運用之方式，可去除或降低原川流水質中氨基鹽、鉛、濁度、錳、鐵…等超過 70% 以上之含量(圖 2.3.2-21)。

因此，EVIDES 供水公司稱 Biesbosch 人工湖為「Our first and second treatment stage!」(我們的第一及第二處理場)。

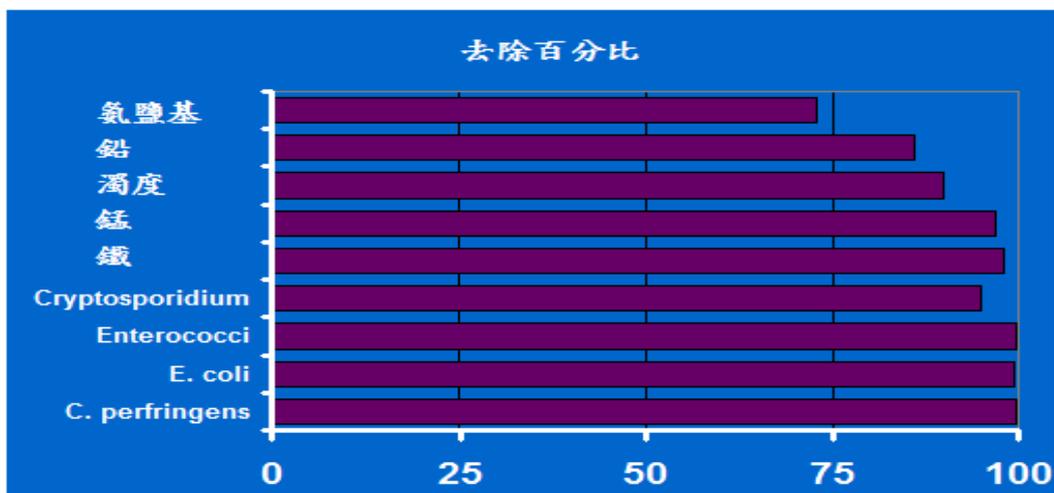


圖 2.3.2-21 取水策略及蓄水於人工湖對水質改善的成果



註：Twenty tons of lime per 24 hours for softening to 1,55 mmol/l (=8.5 DH)

相片 2.3.2-1 人工湖對水質軟化亦具有重要功能

5、 人工湖其他說明

(1) 人工湖重要性：

目前荷蘭家用自來水可以生飲(後續有經過臭氧、UV 殺菌或 RO 逆滲透等高級處理)，但在將水送進高級處理淨水廠前應控制水質於一定之容許範圍內，否則將增加淨水處理之困擾及大幅提高成本。然荷蘭境內川流水之水質不佳，且會隨季節及降雨而產生變化，而人工湖可發揮穩定及改善水質之功能，對於馬仕河發生低流量或嚴重污染情況下，人工湖的蓄水亦能發揮備援之功能(如 1993 年之有機物污染，馬仕河合計停止取水超過 70 天)。

故 Biesbosch 人工湖對其供水範圍之飲用水水質提昇及缺水風險降低，均有其重要性。

(2) 人工湖對周邊溼地及景觀有具體貢獻

人工湖高於地下水水面之堤防內側雖已鋪設不透水層(包括瀝青混凝土及不透水布)，但因人工湖蓄水水位長期高於臨近地表面，因此人工湖自馬仕河取水蓄存於人工湖後，仍會有部分滲漏損失，惟因馬仕河水量豐富，水質好時即可抽取河川水補充，因此 EVIDES 供水公司並不在意此損失量。

而此滲漏損失水量，有間接抬高周邊地下水位之效果，且對周邊之溼地有所助益(對比施工前之空照圖與現在之衛星影像圖可發現溼地範圍增加了)。

此外，在施工過程所種植之樹苗於數十年後也已形成美麗之景觀。

(3) 其他：

由於人工湖水源須經長距離輸送，且其供水標的也包括工業用水，而其對水質要求及水價均跟飲用水不同，故在人工湖旁並不作高級處理，而係以輸水管路將水送到用水區後，依水質需求再另行處理。

另由於馬仕河水量豐沛，水質尚佳，因此 EVIDES 供水公司可以設定於濁度超過 75FTU 即不取水，使人工湖之淤積速率慢，到目前為止，該公司尚毋須考慮清淤問題(註：可見荷蘭河川之水質濁度相對於我國仍屬偏低，故所謂河川水質不佳係依國情不同而有不同之定義)。

此外，人工湖之抽水站設計良好，即便周遭並無住家，但參觀過程於其外部並未聽到任何擾人噪音。



相片 2.3.2-2 EVIDES 供水公司 Mr.Henk Baar 帶領實地參觀人工湖及相關設施

二、EVIDES 供水公司

1.簡介

用戶數約	99 萬戶(約佔全國 13%)
供水人口約	230 萬人
飲用水產量	1.577 億噸
工業用水產量	1.054 億噸
員工數	550 人
營業額	2.82 億歐元



(註：Tilburgsche Waterleiding-Maatschappij 已於 2007 年被 Brabant Water 合併)

圖 2.3.2-22 EVIDES 供水公司供水範圍分布圖(紅圈內之深藍色範圍)

表 2.3.2-2 2007 年荷蘭供水公司之規模及營業額

	Connections (接管戶數)	Supply Tapwater in 1*10 ⁶ m ³	Supply Industrial in 1*10 ⁶ m ³)	Turnover in €1*10 ⁶
1. Vitens	2.300.000	330.000	29.000	475.000
2. Evides	984.929	157.700	105.400	282.500
3. Brabant Water	1.065.410	175.632	10.000	213.507
4. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland	722.881	104.241	9.000	173.720
5. Duinwaterbedrijf Zuid-Holland	587.477	72.825	11.000	121.839
6. Waterleiding Maatschappij Limburg	520.712	73.500	8.800	107.000
7. Waternet Amsterdam	461.700	95.300	30.600	99.100
8. Oasen	325.544	46.577		72.900
9. Waterbedrijf Groningen	264.397	48.792		46.967
10. Watermaatschappij Drenthe	186.365	32.273		36.259

- 1.就營業額及總供水量而言，EVIDES 供水公司為荷蘭排名第 2 大之供水公司。
- 2.荷蘭之自來水普及率達 99.9%以上，依上表中之接管用戶數合計 7,419,415 戶。若以荷蘭人口數約 16,480,000 人(維基百科 2008 年 11 月資料)換算，平均每一戶人口數僅約 2.2 人。
- 3.荷蘭之供水公司最多時曾高達 200 多家(如圖 2.3.2-23)，惟經過不斷整併後，目前僅剩 10 家，未來則有可能再進一步整併成 3~5 家。

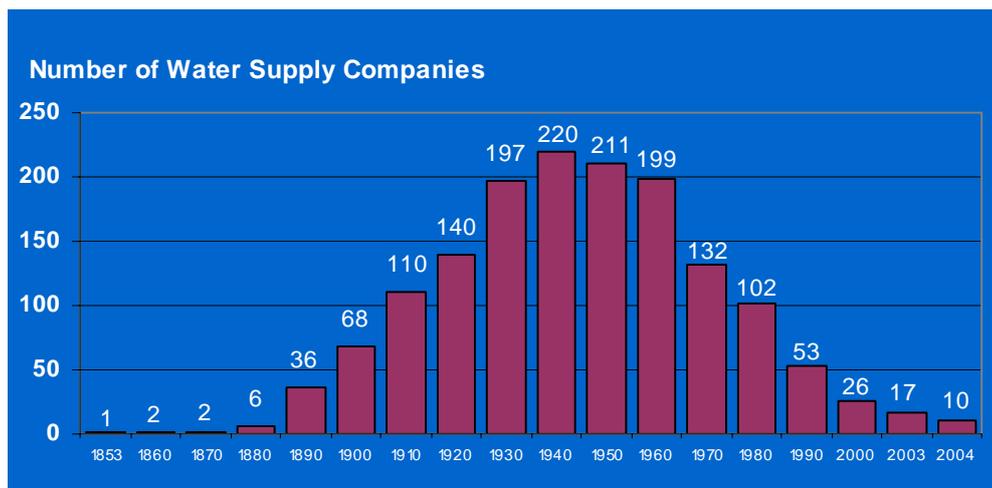


圖 2.3.2-23 荷蘭供水公司之數量變化示意圖

2.EVIDES 供水公司之水來源及主管線分布

80%的飲用水水源是地表水，水源來自於馬仕河(水量 > 1.5 億噸/年)。15% 飲用水水源為地下水(from 'Brabantse wal') 水量約 0.25 億噸/年。另 5% 飲用水水源則由所轄 2 座砂丘供水(補注水源為萊茵河)水量約 0.07 億噸/年及購自比利時約 0.06 億噸/年。

此外，也向 Brabant Water 供水公司買水約 0.066 億噸/年。



圖 2.3.2-24 供水來源為地表水之區域(水來源為 Biesbosch 人工湖)

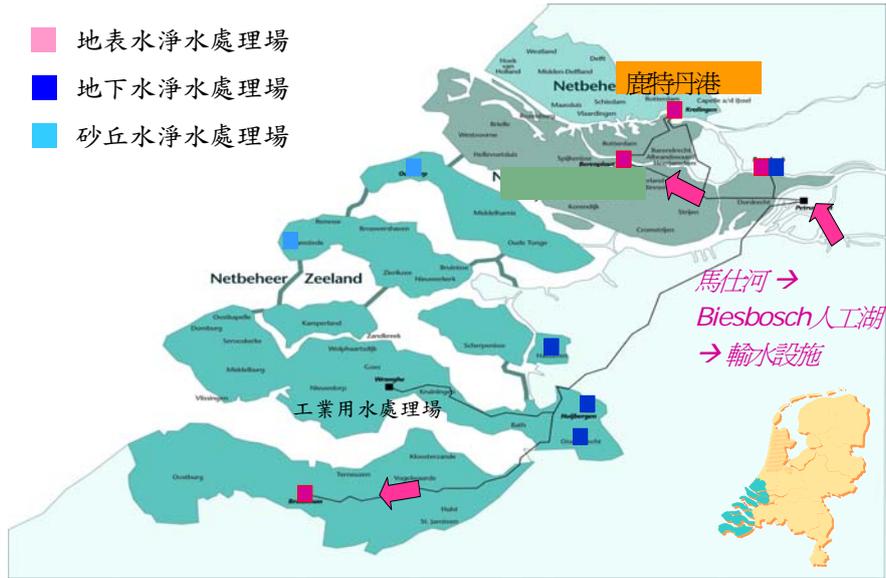


圖 2.3.2-25 地表水主要輸水管線



圖 2.3.2-26 供水來源為入滲地表水之區域(其中 2 座為海岸砂丘供水)



相片 2.3.2-3 Haringvliet 河口堰

其中，於 1970 年 Haringvliet 河口堰完工後，位於河口堰範圍內之原北海海灣逐漸為萊茵河水所淡化，EVIDES 供水公司爰就近以該地表水水源經先期處理後，作為鄰近 2 座砂丘之補注(入滲)水源。

但因砂丘供水之處理成本較高，未來 EVIDES 供水公司可能逐漸減少由其供水之比例。

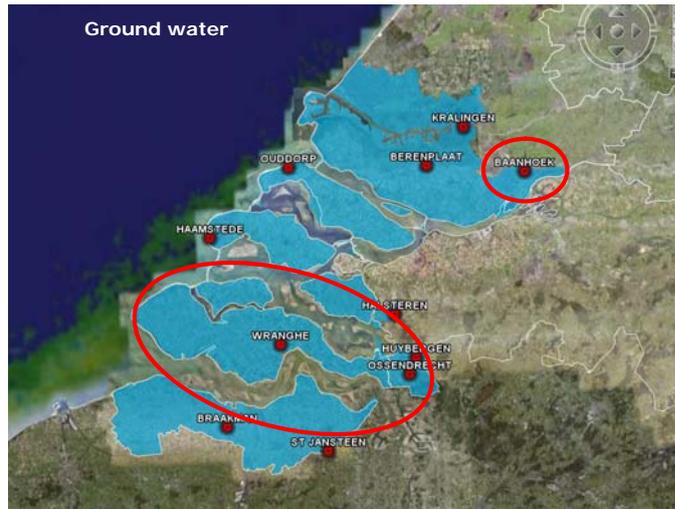


圖 2.3.2-27 供水來源為地下水之區域



圖 2.3.2-28 EVIDES 供水公司主要輸水管線分布圖

3.EVIDES 供水公司供應飲用水與工業用水之情況

EVIDES 供水公司供應之飲用水量從 1997 年約 1.8 億噸/年，到目前已下降並維持穩定在 1.5~1.6 億噸/年。惟工業用水部分之供水量則有較大幅度之成長，從 1997 年約 0.24 億噸/年，到 2007 年已成長 4 倍，來到 1.05 億噸/年。

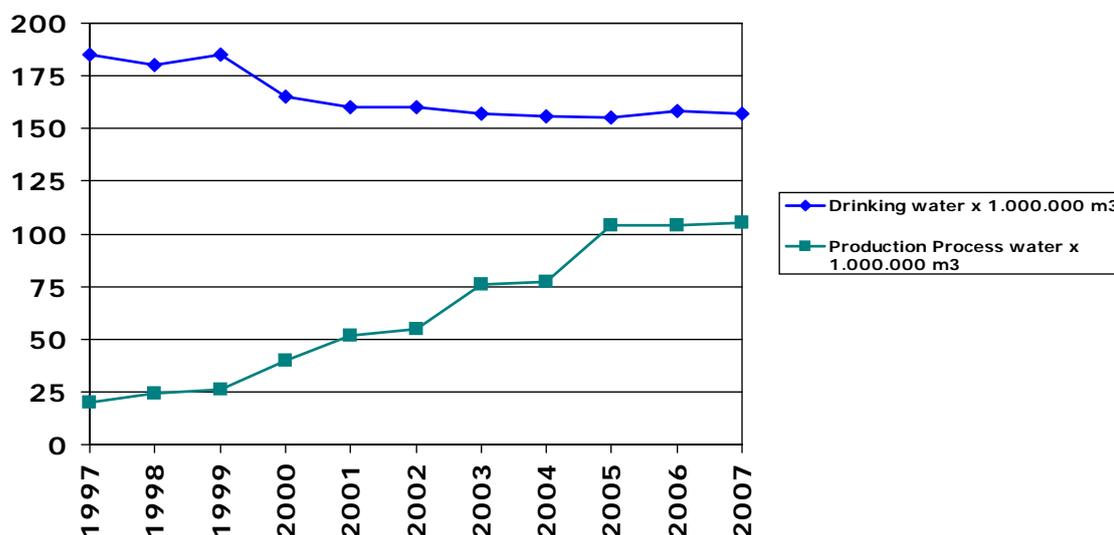


圖 2.3.2-29 EVIDES 供水公司近 10 年供應飲用水及工業用水量示意圖

4.EVIDES 供水公司採多元化經營策略

公司經營範圍包括下列：

- Integrated industrial waste water treatment plant(整合的企業廢污水處理設備) in Flushing-East (60 家公司合資) (1995)
- Joint-venture for largest communal waste water treatment plant in the Netherlands:Harnaspolder (2007). Project Delfluent (投資荷蘭最大的共同廢污水處理廠， Delfluent 計畫)
- Demineralised water, distilled water, Surface water from Brielse Meer(從 Brielse 人工湖生產除去礦物質的水、蒸餾水及地表水)
- Waste water treatment plant for Schiphol Airport(史基浦機場廢污水處理設備)



相片 2.3.2-4 馬仕河一景

5.馬仕河流域基本資料

流域面積 33,000 km²

流域內國家(法國、盧森堡、比利時、荷蘭、德國)

流域內人口數約 8 百萬人

流量 100-325-1000 m³/s

廢棄污染物承載量 20 m³/s

供應 600 萬人之飲用水水源，相當於 4.50 億噸/年 \approx 14 m³/s

EVIDES 供水公司就占了將近一半，年取馬仕河水量約 7m³/s。



相片 2.3.2-5 於 EVIDES 供水公司與 Henk BAARS 合影

三、實地參訪

Biesbosch 人工湖係由 EVIDES 供水公司經營管理，本次參訪係由 EVIDES 供水公司公關 Mr. Henk BAARS 出面接待並進行簡報。報告內容主要為介紹 EVIDES 供水公司之營運狀況，部分內容已整合至前述簡介中。

由於荷蘭各供水公司所提供之飲用水均可以生飲，EVIDES 供水公司也不例外，他們所生產的飲用水均經高級處理(註：工業用水之水質要求不同，基於成本考量並未經高級處理)，且並未加氯殺菌，而是以臭氧殺菌，以免影響飲用水之口感。此外，部分淨水場還有 UV 紫外線殺菌設備或 RO 逆滲透處理設備，堪稱相當先進。

至於飲用水水價部分，由於經過高級處理，其成本較高。但因供水公司之股東均屬政府單位，爰公司並不以賺錢為目的，目前的水價約為 1 歐元(相當於 97 年 11 月之新台幣 43 元)，較荷蘭其他供水公司約 1.5 歐元相對低廉。

EVIDES 供水公司之識別標誌為一隻海馬(如圖 2.3.2-30)，主要是因為 EVIDES 供水公司之主要水源來自馬仕河地表水，而馬仕河流域之形狀就像一隻海馬(如圖 2.3.2-30)，此外，海馬這種生物只能棲息於潔淨的海域，用以代表 EVIDES 供水公司所生產的水都是潔淨、無污染的高品質水。



EVIDES 供水公司識別標誌

馬仕河流域與海馬之形狀比較圖

圖 2.3.2.30 EVIDES 供水公司識別標誌與其所代表之意義

至於本次參訪之重點－Biesbosch 人工湖之營運管理狀況，則由 Mr. Henk BAARS 所提供之簡報資料及後續討論中獲得釐清，並同樣整合部分內容於前述簡介中。

此外，我們注意到雖然基於國家的發展，於 1970 年以後完成 Biesbosch 人工湖之興建工作，但從現場情況及衛星空照圖來看，人工湖並未對此地區既有之水量造成不良影響，地下水位亦未因此而下降，周遭溼地反而因人工湖之存在而獲得更多水源涵養。主要原因即在於人工湖之水位高於鄰近之地下水位，因此湖水滲漏間接抬高了周邊之地下水位及涵養周邊之溼地。

此外，在人工湖旁之溼地周邊更存在大片之農田，是從人工湖開發前即已存在至今，顯示人工湖之開發計畫若能妥善規劃設計，即可避免對鄰近環境造成不良影響。

(三) Biesbosch 國家公園

- ☞ 研習時間：2008 年 11 月 4 日上午
- ☞ 研習地點：Biesbosch 國家公園
- ☞ 研習重點：

1.簡介

Biesbosch 國家公園是一個由數條河流、一些島嶼及窄的和寬的小溪的所組成巨大網絡而形成的綠色迷宮。這個地區是荷蘭最大、最有價值的自然風景區中的其中一個。而且，它是歐洲少數殘存的淡水潮汐地區之一。



圖片摘自：「National Park De Biesbosch」簡介

於 Biesbosch 成立國家公園的建議係在 1987 年被提出來，經過不斷地溝通及協調，才於 1993 年達成共識，並在 1994 年 3 月 10 日正式取得 Biesbosch 國家公園的官方地位。

公園內有 Nieuwe Merwede 運河穿過，運河的北方屬於南荷蘭省 (Zuid-Holland)，運河的南方則屬於北布拉邦省 (Noord-Brabant)；在北布拉邦省的部分被稱為 Brabantse Biesbosch，在南荷蘭省的部分則被劃分為 Sliedrechtse Biesbosch 和 Dordtse Biesbosch。國家公園共涵蓋了大約 9,000 公頃的土地範圍。



圖片摘自：「National Park De Biesbosch」簡介

這個地區在 1970 年以前存在的植物和動物，全部是典型的動態淡水潮汐環境。本來潮汐對此地區的水位影響範圍大約上下 2 公尺，但在執行三角洲計畫，並於 1971 年完成 Haringvliet 河口堰後，潮汐對此區域的影響已經顯著降低。當然這對此區域的植物和動物也造成影響，迫使物種自然適應，展開一個往新的自然平衡的過渡周期。直到今天，這種過渡仍在持續之中。目前在 Biesbosch 國家公園的某些地區，大自然係被以儘可能小的人為方式管理。從長遠來看，這些地區或許將發展成為沼澤林地，也就是過去在荷蘭的西部地區覆蓋在潮濕泥炭地上的這類型樹林。

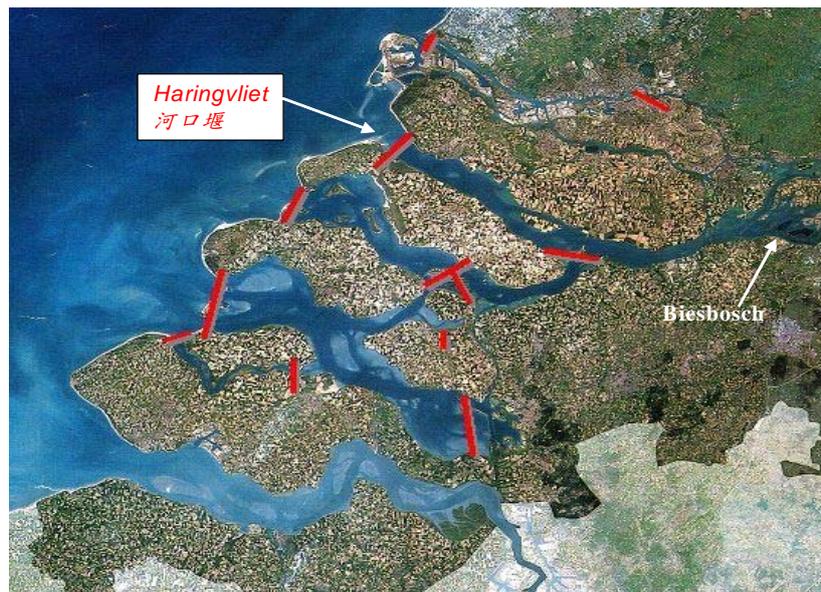


圖 2.3.3-1 Biesbosch 與 Haringvliet 河口堰位置關係圖

從過去到現在，Biesbosch 總是成爲讓鳥休息、覓食和繁殖的重要地區，這個多水的大範圍區域對水鳥和涉水禽類具有國際重要性，其中 Brabantse Biesbosch 已被正式認定爲溼地。且在 Biesbosch 國家公園中有 3 個大的自然地區，對遊客來說幾乎無法到達。其對於容易受干擾及需要居住在的一個大的地區的動物具有重要性，例如鵝，篋鷺和夜鷺即可以在這裡找到避難處。

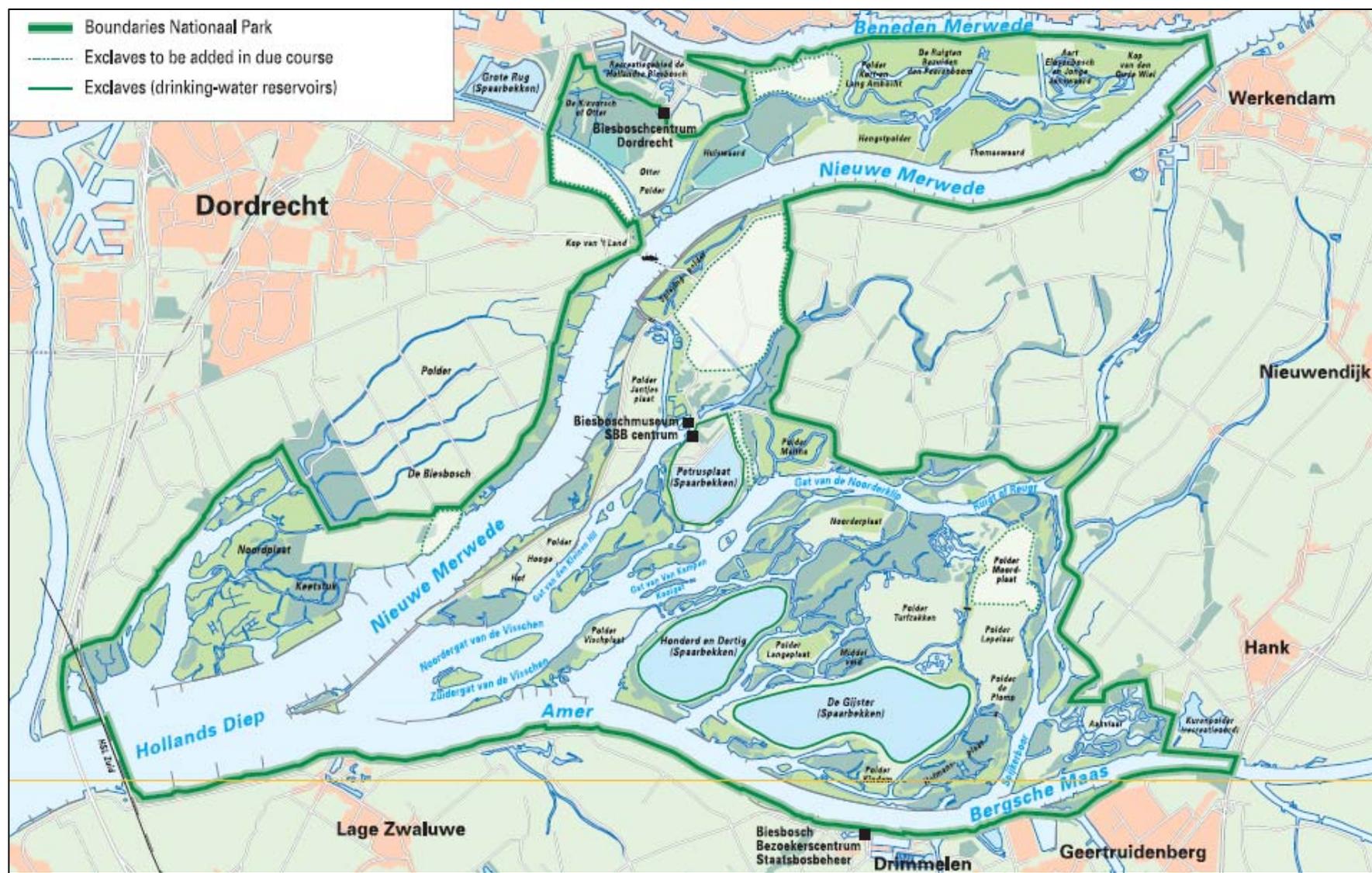


圖片摘自：「National Park De Biesbosch」簡介

此外，Biesbosch 國家公園對海狸之復育亦作出貢獻。於 1825 年在荷蘭的最後一隻海狸於 IJssel 河附近被用棍打死後。1988 年，來自德國 Elbe 盆地的 5 對海狸夫婦在幾項廣泛的研究之後，實驗性地在 Biesbosch 裏釋放。他們被繫上小型無線電發送器觀察將近 5 年時間，這次野放是成功的。在 1993 年末 42 隻海狸中已經有 25 隻是在 Biesbosch 出生的。再 10 年後在這個地區裏已經有超過 60 個海狸的巢穴。



圖片摘自：「National Park De Biesbosch」簡介



註：國家公園內之 3 處人工湖水域即為 Biesbosch 人工湖

圖 2.3.3-2 Biesbosch 國家公園範圍圖



註：由圖中可看出人工湖旁即為大範圍溼地，溼地旁則有大面積農業用地。

圖片來源：EVIDES 供水公司簡報

圖 2.3.3-3 Biesbosch 國家公園範圍衛星影像圖

雖然 Biesbosch 作為一個自然區域的價值是在早期就被認知的。而且從 1950 年代起，政府主管林業部門， Staatsbosbeheer (SBB)就開始買下 Biesbosch 的部分地區並儘量維持其自然環境及保護它避免其受到開發或從事其他不受歡迎的用途。但是國家的發展不能被停止，Biesbosch 的一部分也因此被改作為公共利益用途，例如為了提供人民乾淨的飲用水，在 1970 年之後執行了 Biesbosch 人工湖計畫，並興建了 3 個大的人工湖，Biesbosch 人工湖計畫完工後讓鹿特丹的飲用水水質獲得了具體改善，也提昇了人民的生活品質。而在人工湖計畫完工後，Biesbosch 仍然保留了一個大的和有價值的區域，而且仍保有一個在歐洲非常稀有的淡水潮汐生態系統區。

雖然已成立國家公園進行保護，但目前這個地區仍面臨新的威脅，例如土壤和水污染，遊艇港擴大，城市擴張，某些水娛樂類型的干擾(例如快艇及噴射滑板)以及天然氣的開發計畫等。其中部分威脅並沒有現成可行的解決方法或者是其解決方案所需要的花費已遠超過國家公園所能負擔。即使如此，國家公園仍繼續思考任何可能性以期找到解決方法。

其中淤泥和水的化學污染是 Biesbosch 的一個嚴重問題，大多數化學污染係透過大河(萊茵河及馬仕河)從國外進來。這個問題需要透過國際協定在源頭交涉處理。幸好，歐盟成立後國際協定之效力提高，萊茵河沿岸國家在廢水排放前須先行處理的規定使萊茵河下游的水質較過去改善了很多，新沈積泥沙之品質也獲得改善，且幾個河床的土壤改善計畫也正在進行。惟污染也可能有其他原因，例如現在仍可看到在小船維修過程中使用對環境不友善的材料，以及將廢水直接排入地表水等。



圖片摘自：「National Park De Biesbosch」簡介

除了環境、生態的功能外，Biesbosch 國家公園也具有重要的娛樂功能，例如某些小溪已經建造了停泊航行和娛樂的設施，不過以親近自然為目的之靜態娛樂所能獲得的支持仍高於其它類型的娛樂。而為了維持自然，部分區域不對外開放，某些娛樂因此被犧牲，所以 Biesbosch 國家公園將 Aakvlaai 地區重新整理開放以作為補償。它是一種小規模的 Biesbosch，可作為一個娛樂場所，以避免來到 Biesbosch 的訪客更進一步的增加。此外，目前也以核發許可證的方式來調節觀光小船的數量，而一些航運公司也為他們推出的旅程採用環保的低噪音電動小船。



圖片摘自：「National Park De Biesbosch」簡介

Biesbosch 國家公園目前有兩個遊客中心。在遊客中心能瞭解可在這個地區看見什麼。在北布拉邦省的 Drimmelen 村有「Biesbosch Bezoekerscentrum Drimmelen」遊客中心。固定的展覽主題為「Biesbosch，荷蘭最豐饒的地方」。在南荷蘭省的 Dordrecht 郊區可以找到另一個遊客中心「Biesboschcentrum Dordrecht」。那裡固定的展覽主題為「Biesbosch，荷蘭的叢林」。兩個遊客中心不定期會有關於自然的主題展覽會。也能找到位於 Biesbosch 的娛樂設備。在 Biesbosch 的地理中心則有 Biesbosch 博物館，其主要致力於區域的文化歷史。而對自然愛好者和水上運動熱衷者來說 Biesbosch 是一個特別的地區。但為了維持和平及寧靜，水道和小溪的使用必須受規章約束。因此，如果想要乘船獨自進入 Biesbosch，一張特別的航行地圖是必要的。這張地圖可以從遊客中心中獲得。它讓你知道在那裡能停泊小船，以及哪裡可以找到划獨木舟的路線和小徑。

至於遊客中心的地址、開放時間和網址及博物館資訊，均能在 Biesbosch 國家公園的網站 www.biesbosch.org 獲得。



圖片摘自：「National Park De Biesbosch」簡介



照片 2.3.3-1 Biesbosch 溼地照片(11/4
拍照當天起濃霧，故遠景較不清楚)

2.實地參訪

Biesbosch 人工湖位於 Biesbosch 國家公園之內，因此，本團利用下午前往 Biesbosch 人工湖參訪之空檔，於上午先至 Biesbosch 國家公園遊客中心「Biesboschcentrum Dordrecht」參觀並用餐。

雖然時間短暫且天公不作美，使當日從海牙趨車直到 Biesbosch 國家公園，均籠罩在一片濃霧之中，並無法看見遠處之景色，但在國家公園遊客中心附近，仍四處可見溼地、水域，並有水鳥悠游、覓食。

這個地區在人工湖開發前已有相當大的面積被開發成爲農田，其後基於環境及生態之理由，於 1950 年代起開始由政府單位徵收部分土地並儘量維持其自然生態環境及避免其受到開發或作爲其他不受歡迎之用途。

遊客中心之設備亦完善，除提供國家公園之相關資訊外，並有餐廳可解決飲食問題，其內亦設有 360°視聽室，讓參訪民眾可在如身歷其境的影音世界中，了解 Biesbosch 國家公園的歷史與現況。此外，每年均辦理各項活動，對於環境教育亦深具意義。



前往 Biesboschcentrum Dordrecht 遊客中心



遊客中心屋頂為類似蘆葦材料



國家公園為海狸所舉辦之活動



國家公園中隨處可見水鳥之蹤影



遊客中心展示 Biesbosch 春天之影像



遊客中心展示 Biesbosch 夏天之影像



遊客中心展示 Biesbosch 秋天之影像



遊客中心展示 Biesbosch 冬天之影像

相片 2.3.3-2 Biesbosch 國家公園及遊客中心照片與說明

(四) 荷蘭國際水利環境工程學院(UNESO-IHE)

☞ 研習時間：2008 年 11 月 5 日上午

☞ 研習地點：UNESCO－IHE

☞ 接待人員：Yangxiao Zhou PhD(周仰效博士 Associate Professor in Hydrogeology, Department of Water Engineering)

☞ 研習重點：

1.簡介

UNESCO－IHE(聯合國教科文組織－水教育研究所 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization－Institute for Water Education)建立於 2003 年。它在水、環境和基礎設施領域進行研究，教育及能力建設。此外 UNESCO－IHE 也延續其從 1957 年開始的工作，當時 IHE(註：IHE 尚未改隸 UNESCO 前屬於 TUDelft 戴伏特理工大學)為來自開發中國家的水利工程專業人士首次提供一個可拿文憑的研究生課程。



相片 2.3.4-1 UNESCO－IHE 大樓，位於荷蘭 Delft，摘自 <http://www.ihe.nl/Media/Images/UNESCO-IHE-Building>

研究所位於荷蘭的戴伏特(Delft)，並且被聯合國教科文組織的全部會員國所擁有。它是由聯合國科教文組織及荷蘭政府所共同建立之研究所。

這個研究所是世界上最大的水教育場所，而且是在聯合國體制下惟一獲得授權可授予理科碩士學位的研究所。

UNESCO—IHE 有助於在其他大學和研究中心所建立的基礎上，增加在水利部門工作之專業人士的知識和技能。

聯合國教科文組織的會員國均能在人和制度的能力建設中獲得 UNESCO—IHE 的知識及服務。他們的努力是希望達成聯合國所訂之「千年發展目標」及實施「約翰尼斯堡計畫(第 21 世紀議程)」以及其他全球水目標。

願景和使命

UNESCO—IHE 設想一個人們用可承受的方式去管理他們的水和環境資源的世界，並且社會的所有部門，特別是窮人，能享受到基本服務的利益。

UNESCO 對 IHE 所下的指令如下：

- 加強並動員綜合水資源經營管理的全球教育和知識庫。
- 協助開發中國家和在過渡過程中國家滿足有關水的能力建設需求。

在這個指令下，IHE 的任務為：

- 協助開發中國家和在過渡過程中國家，在水，環境和基礎建設領域對其專業人士進行教育和訓練，及建立該國相關組織部門的能力、知識中心和積極的機構。

研究所的功能包括：

- 作為一個符合國際標準之單位，為大學畢業後的水教育計畫及持續之專業培訓而服務；
- 透過教育，訓練和研究而建立人和制度的能力；
- 安裝和管理全球的教育和水部門機構和組織的網路；
- 作為聯合國教科文組織會員國之間政策論壇的功能；
- 提供聯合國水家庭的成員和其他夥伴組織有關水教育的建議。

受益人和客戶

UNESCO—IHE 於廣泛的範圍裏提供開發中國家及在過渡過程中之國家多目標的協助，包括：

- 教育、訓練及研究—提供在環境和基礎設施部門中工作的水部門專業人士、工程師、科學家、顧問及有關水之決策者相關協助。
- 水部門之能力建設—為水利部、水利局、自治市等水利管理機構和水利委員會、水的公用事業(如水利會、水公司)、大學、訓練研究學院、企業、非政府和私人組織等提供協助。
- 夥伴合作及網路連線—建立知識中心、公眾的和私營組織間之聯繫。

- 建立教育和訓練的標準—提供關於水的機構、大學和其他在水部門之教育、訓練代辦處等。
- 政策論壇—作為聯合國教科文組織會員國之間公開討論之場所。

2.實地討論

本次赴 IHE 參訪，係由周仰效博士接待，周博士為中國人，赴荷蘭已將近 20 年。目前於 IHE 擔任教職，並主持多項研究計畫，亦曾短暫來台訪問教學。

周博士於本次參訪之有限時間中，向本團說明 IHE 之現況及相關碩、博士課程，並歡迎台灣各界可選擇適合之課程進修。此外，周博士亦向本團簡報「WATER MANAGEMENT IN THE NETHERLANDS」，使我們能對荷蘭的水文及水資源經營管理情況有更進一步之瞭解(部分資料已整合於荷蘭概述中敘述)。

最後，當周博士知道我們過幾天要去參觀荷蘭之供水沙丘，更主動拿出阿姆斯特丹供水沙丘之簡介向我們說明其利用情況(部分資料已整合於 AWD 阿姆斯特丹供水沙丘簡介中敘述)。

討論過程中，本團亦把握機會向其請益上游地下水補注與下游可再利用之水量、時間差和流線之建立是否有關聯性等問題，獲益匪淺。



相片 2.3.4-2 周仰效教授向本團說明 IHE 及阿姆斯特丹供水沙丘情形

(五) Deltares 三角洲技術研究中心

- ☞ 研習時間：2008 年 11 月 5 日下午
- ☞ 研習地點：Deltares
- ☞ 接待人員：Mr. Simon Groot、Mr. Geert Prinsen
- ☞ 研習內容：

1.簡介

Deltares 三角洲技術研究中心(Delta Research) (相片 2.3.5-1)成立於 2008 年 1 月 1 日，由原有的 Rijkswaterstaat 的 DWW、RIKZ 和 RIZA 等 3 個部門，與 WL | Delft Hydraulics 及 GeoDelft 和 TNO 的部分部門所整合之一獨立研究機構。從事荷蘭國家和國際上三角洲相關問題之研究，在應用研究方面提供專業協助與建議。該研究所目前僱用人員超過 800 人。



相片 2.3.5-1 Deltares 三角洲技術研究中心標誌與辦公室

Deltares 整合水、土壤和地表面上、下等不同領域的知識和經驗，在知識的發展、推展和應用上領先群倫。以其規劃、設計和管理脆弱的三角洲地區、海岸地區和河川流域的知識和經驗，提供各界與水有關之應用研究問題的專家諮詢與技術支援，如離岸堤、海岸、港口、

河口、河流和運河、公共給水、工業用水等。

Enabling Delta Life（讓在三角洲的生活成為可能）是三角洲技術研究中心的標語，清楚說明該中心成立的宗旨與努力的方向。

Deltares 也提供相關規劃、應用軟體的開發、設計，圖 2.3.5-1 為專為萊茵河整體管理計畫所開發的電腦工具軟體系統(Planning Kit for the Rhine Branches)。

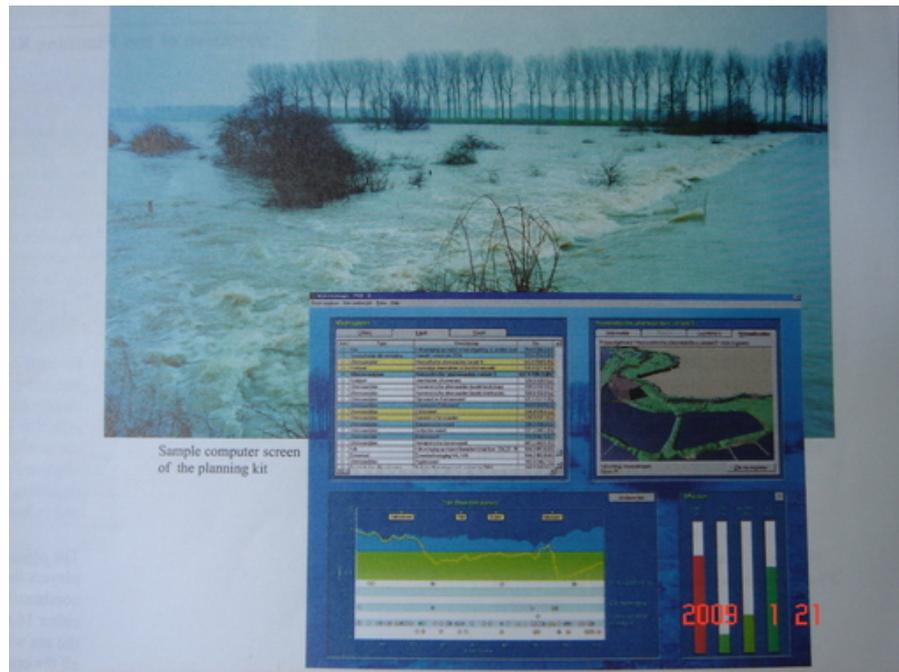


圖 2.3.5-1 為萊茵河整體管理計畫所開發的電腦工具軟體系統

由於 Deltares 連結了 GeoDelft 在築堤、開路及建造地下結構物等與地表、地下水有關的經驗及技術，與 Rijkswaterstaat 之主管領域中的不可分割的水資源管理，空間發展和行政程序。結合這些資源將使 Deltares 發展知識創新的解決方案，讓民眾安全地在三角洲和河川流域中生活，並維持該地區的環境清潔和永續。因此，該中心足以引導國際上有關三角洲技術而成為眾所矚目的焦點。

2.實地參訪

本團參訪 Deltares 中心，由 Simon 和 Prinsen 2 位先生接待(相片 2.3.5-2)。為我們說明中心的沿革及職掌業務(相片 2.3.5-3)。

為讓在三角洲的生活成為可能，Deltares 研究中心在萊茵河及馬仕河管理計畫的架構下，發展了一套「萊茵河綜合治理工具箱(Planning Kit for the Rhine Branches)」決策支援工具軟體，

提供在防洪策略、生態保育及成本考量下，分析不同面向、觀點情境對河道加寬、加深的影響。



相片 2.3.5-2 與代表處人員及 Deltares 中心的 Simon 和 Prinsen 2 位先生在入口大廳合影



相片 2.3.5-3 Simon 和 Prinsen 先生介紹荷蘭相關水利建設、理念、策略及 Deltares 的未來展望

在上述計畫中，中心引導荷蘭政府提出了「還地於河 (Room for the River)」的決策。萊茵河原規劃設計在 Lobith 的計畫洪水量為 15,000 cms，在發生了 1993 及 1995 年的洪水以後，2001 年重新檢討時，該處之計畫洪水已提高為 16,000 cms，又由於氣候變遷的因素，預估萊茵河在長期(2050-2100)會持續提高為 18,000 cms。同時海水面的上升，將會造成河口迴水上升的影響，淹水的威脅不言可喻。

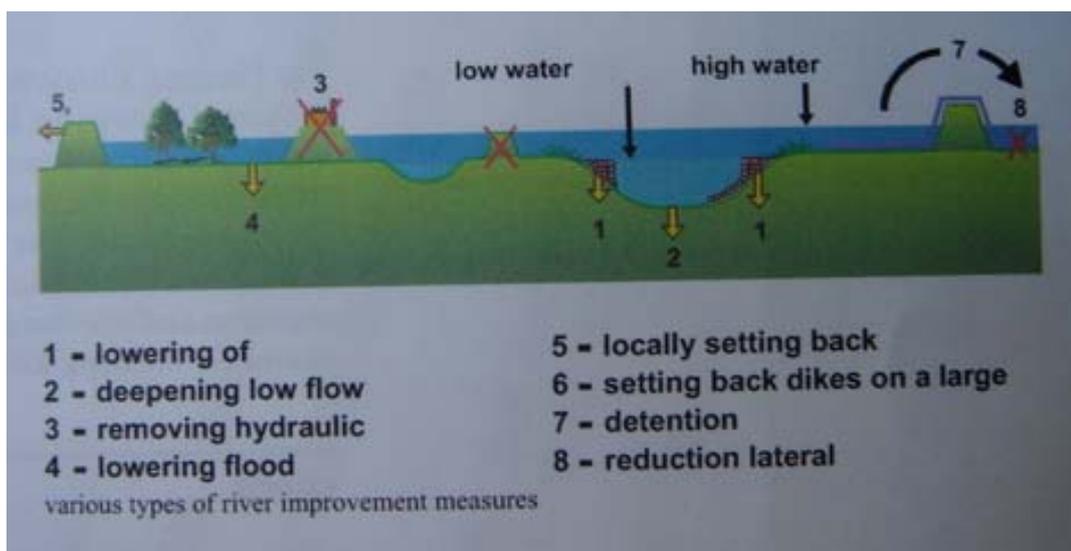


圖 2.3.5-2 「還地於河 (Room for the River)」示意圖

堤防再加高為最直接了當的作法。惟在與環境競爭下求生存的荷蘭人已瞭解人不可能勝天、人必須與自然共存；堤防不可能無限制加高、加強，取而代之，荷蘭政府決定將堤防的加高、加強的需求降到最低，改以“增加河川通洪能力”調適之。所謂的「還地於河」，示意如圖 2.3.5-2，將河川高灘地挖深、主槽濬深、堤防往堤外移相當的距離、移除水工結構物、降低洪水量、滯洪區的設置及側流控制等。

另外，Simon 及 Prinsen 2 位帶我們參觀他們的水工試驗室。該試驗室就設置在辦公室的後方(相片 2.3.5-4 ~ 6)，場地相當大，全部在室內，其主要任務係在針對各重大水工結構物之規劃設計，以物理模型進行重製其情境並予以模擬之，在有限的經費下，確認計畫之功能或找出設計上的弱點而給予設計建議。該試驗室之規模和國內成功大學位於七股的水工試驗室相當。



相片 2.3.5-4 Deltares 研究中心的水工試驗室



相片 2.3.5-5 Deltares 研究中心的水工試驗室場地相當大，全部在室內



相片 2.3.5-6 Simon 先生講解海堤墩座的作用