

出國報告（出國類別：考察）

# 出席 2019 倫敦全球水峰會(Global Water Summit)及參訪荷蘭下水道建設發展現況

服務機關：內政部營建署

姓名職稱：

陳志偉 內政部營建署下水道工程處處長

林宜賢 內政部營建署下水道工程處副工程司

派赴國家：英國(倫敦)、荷蘭(阿姆斯特丹、鹿特丹)

出國期間：108年4月8日至4月17日

報告日期：108年7月9日



## 摘要

世界各國因應氣候變遷、經濟貿易、地緣政治等多種因素衝擊下，各國水務相關市政的難題越趨嚴峻，水峰會(Global Water Summit)藉匯聚水務領域專業人士，藉其管理經驗及智慧，探討全球用水需求、商業走向與機會，並將討論得出結果加以操作實踐，期在打破以往束縛及限制，共同打造全球更好的用水環境。

本署近年執行「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案」，將污水變活水，一滴水用兩次，積極再創放流水回收再利用之價值及下水道永續性，經獲頒行政院「107年國家永續發展獎」之肯定，也引起國際水務領域的注意，因此國際水務智庫(Global Water Intelligence)邀請本署參加2019年於英國倫敦所舉行之全球水峰會系列活動，並擔任圓桌主題會議之主持人，就亞洲城市水資源挑戰及創新作法，分享台灣污水廠放流水回收再利用推動效益、成果及經驗，並與來自世界各地水務、工程及金融等專家人士一同探討水務技術發展。

水峰會後，至鄰近水利技術先進國家荷蘭(阿姆斯特丹及鹿特丹城市)參訪市區雨、污水處理基礎設施，包含 Waternet 機構所屬西區污水處理廠、鹿特丹水廣場及水岸再生地區-De Ceugel 社區，瞭解荷蘭對於污水處理之經驗及能資源循環利用的務實作法，並蒐集整理相關數據與城市規劃構想，對於本署追求提升下水道公共建設品質，及推動相關計畫吸取國際間的寶貴發展經驗。



## 目次

### 頁碼

壹、考察緣起與目的 .....	1
貳、考察行程及說明 .....	2
參、心得及建議 .....	4
附錄、2019 全球水峰會(Global Water Summit)議程簡 介 .....	31

## 圖目錄

圖 1	本次水峰會大會 LOGO	5
圖 2	2019 國際水務組織領袖會議合影	6
圖 3	2019 全球水獎頒獎典禮及現況紀錄	7
圖 4	圓桌論壇討論現況	7
圖 5	貝辛斯托克 Basingstoke 污水處理廠地理示意圖	8
圖 6	CambiTHP 熱水解過程示意圖	9
圖 7	污水廠參訪紀錄	10
圖 8	台英智慧水資源管理商業會談暨技術交流會合影	11
圖 9	Rijnland 水資源管理委員會組織架構	12
圖 10	Rijnland 境內設施分布圖	13
圖 11	境內防洪堤功能設施圖	13
圖 12	Rijnland 儲水、擋水、排水策略圖	14
圖 13	監控電腦決策分析系統	15
圖 14	市區雨水儲留設計概念圖	15
圖 15	Rijnland 水資源管理委員會參訪紀錄	16
圖 16	水廣場設計概念圖(land8.com)	17

圖 17	水廣場參訪紀錄 .....	18
圖 18	waternet 組織工作內容 .....	19
圖 19	西區污水廠鳥瞰及配置圖、揚水站建築外觀 .....	20
圖 20	西區污水廠與 AEB 焚化廠能源互惠示意圖 .....	21
圖 21	污水廠鳥糞石阻塞情形，及磷肥資源再利用 .....	22
圖 22	污水廠參訪紀錄 .....	23
圖 23	De Ceutel 社區循環經濟理念(metabolic.nl) .....	24
圖 24	堆肥機、乾式廁所(Metabolic.nl) .....	25
圖 25	De Ceutel 社區參訪紀錄 .....	26
圖 26	阿姆斯特丹市區運河參訪 .....	27
圖 27	市區低衝擊開發設施 .....	28
圖 28	市區工程圍籬及開挖現場 .....	28

## 表目錄

表 1	西區污水廠設計處理量參數 .....	20
-----	--------------------	----



## 壹、考察緣起與目的

全球水峰會活動由水務智庫(Global Water Intelligence)所創，每年輪流於世界各地主要城市舉辦，2019 年於英國倫敦舉行，今年經主辦單位邀請 50 多個國家，超過 700 多位來自政府、國際組織、知名水務企業、技術公司、工程設計機構、工業與金融界的高層管理人員和專家參與，一同探討全球水務領域的創新與挑戰。

本次水峰會主題為「水與城市的顛覆性未來」，本署近年推動「污水處理廠放流水回收再利用計畫」，為國內缺水環境尋得另一創新、穩定且可靠的再生水資源，符合水峰會主題探討城市發展，因應氣候變遷，及面對水資源匱乏之挑戰，本署受邀擔任水峰會期間圓桌會議之主持人，向各國與會嘉賓分享台灣污水處理技術及再生水推動發展之現況，並與各方水務領域專家人士一同探討城市發展的需水對策，及提升我國國際能見度。

鄰近英國之荷蘭(Nederland)，字面意義為低地國家，國境中有 50%的土地在海平面 1 公尺以下，因土地低窪，從 16 世紀起，荷蘭人利用風車抽排積水，並建築大規模沿海堤防及防水閘門，來防止海水再度入侵，用填海造陸方式擴張國土，發展經濟、農業及居住所需的生活空間，致使現今領土中有 17%的土地是人造出來的，境內河道縱橫、水路四通八達，自古與海爭地的歷史淵源，使荷蘭發展出深厚的水利技術，也塑造出國人與水共存之生活態度，爰藉此探訪荷蘭境內阿姆斯特丹及鹿特丹等大城，觀摩城市雨、污水處理先進基礎設施，汲取其防洪、治水建設務實作法。

## 貳、考察行程及說明

108 年 4 月 8 日至 4 月 17 日前往英國倫敦與荷蘭阿姆斯特丹、鹿特丹參訪，行程表如下。

時間 日期	行程
4/8(一)	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 搭乘華航，桃園→荷蘭史基浦機場→英國希斯洛機場，交通移動(至英國倫敦市)</li><li>◆ 參加全球水務領袖組織會議</li></ul>
4/9(二)	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 上午參加全球水峰會展開幕式</li><li>◆ 下午參加台英智慧水資源管理商業會談暨技術交流會</li><li>◆ 晚間參加 2019 全球水獎頒獎典禮</li></ul>
4/10(三)	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 參加全球水峰會活動</li><li>◆ 本署下水道工程處陳志偉處長擔任圓桌論壇會議主持人</li></ul>
4/11(四)	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 參訪倫敦 Basingstoke 污水處理廠</li><li>◆ 搭乘荷蘭航空，英國→荷蘭，交通移動(至阿姆斯特丹市)</li></ul>
4/12(五)	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 交通移動(阿姆斯特丹至雷丁)</li><li>◆ 參訪 Waternet 機構西區污水處理廠</li><li>◆ 參訪水資源管理委員會 Rijnland Water Board</li></ul>

- 
- 4/13(六) ◆ 交通移動(阿姆斯特丹至鹿特丹)
- ◆ 參訪鹿特丹水廣場 Waterplein Benthemplein 都市雨水滯洪設施

- 4/14(日) ◆ 交通移動(鹿特丹至阿姆斯特丹)
- ◆ 市區下水道設施參訪，資料整理

- 4/15(一) ◆ 參訪水岸再生地區-De Ceuvel 社區

- 4/16(二) ◆ 回程返國，搭乘華航，荷蘭(4/16)→台灣(4/17)
- 4/17(三)
-

## 參、心得及建議

### (一) 2019 全球水峰會(Global Water Summit)

2019 年全球水峰會活動由水務智庫(Global Water Intelligence)所主辦，該峰會以專業人士的高踴躍出席率、新創思想內容和難能可貴的交流機會而聞名，吸引了世界眾多頂尖水務企業領導者和水資源部門高階管理者競相出席，蓬勃熱絡的會議盛況是國際間少有類似會議能與之相比。

透過匯聚來自全球水資源部門的關鍵影響者，對於塑造水務領域未來發展方向至關重要，出席的企業高管及政府部門代表藉由一對一預約會面，緊密的交流，也媒合了眾多合作機會與商機。

水峰會每年輪流於世界各地主要城市舉辦，2019 年於英國倫敦舉行，今年經主辦單位邀請 50 多個國家、200 多家公司和超過 700 多位來自各國政府、NGO 組織、水務企業、技術公司、設計顧問公司、工業與金融界的高層管理人員和專家參與，一同探討全球水務領域的創新與挑戰，本次主題為「水與城市的顛覆性未來」，會議期間討論了世界各地充滿創新、顛覆性、前所未見的設計，這些專案計畫將以前棘手的障礙予以克服，並加速全球水資源部門的改變與整合。

本署近年推動「污水處理廠放流水回收再利用計畫」，為國內缺水環境尋得另一創新、穩定且可靠的再生水資源，符合水峰會主題探討氣候變遷及面對水資源匱乏之挑戰，本署下水道工程處陳志偉處長受邀擔任水峰會期間圓桌會議之主持人，向各國與會嘉賓分享台灣污水處理技術及再生水推動發展之現況，與各方水務領域專家人士一同探討城市發展的需水對策，藉機推廣台灣高端水處理技術，提升國際能見度。



圖 1 本次水峰會大會 LOGO

本次水峰會重點行程包括：

### 1. 國際水務組織領袖會議

水務組織領袖會議目的係建立一個國際網絡，並邀集跨國大型水務公司高階主管和政府機構的領導者，探討解決世界主要水務問題，本次會議目的係為供水服務於 21 世紀所遭遇的巨大挑戰尋求對策，日益老舊且嚴重缺乏的供水基礎設施，環境保護的不足、傳統水資源匱乏和快速的城市化，正在給全球水務公司帶來更大的供水壓力。

嚴峻的供水挑戰是全球性議題，解決方案也是如此，而推動供水建設所需的巨額投資更需要政府機構及跨領域行業的支持，全球水務組織領袖會議匯集了能夠發揮作用的人，透過將來自世界各地的水務行業的 CEO 級人物聚集在一起，尋求可行解決方案。



圖 2 2019 國際水務組織領袖會議合影

## 2. 2019 國際水獎頒獎典禮(Global water awards 2019)：

該獎項由水務智庫(Global Water Intelligence)於 2006 年成立，旨在表彰國際水行業在不同水務建設類別中所取得的重要成就，並獎勵那些通過改善運營績效，採用創新技術，推動原水、廢水和海水淡化行業發展的專案，以及可持續長久的商業財務模型計畫。

本署推動「公共污水處理廠放流水回收再利用示範推動方案」，其中首座再生水廠-鳳山溪廠，為國內大型再生水示範廠，未來將可供應 4.5 萬噸/日之再生水予臨海工業區，為台灣國內再生水推動立下新的里程碑，因結合污水及再生處理，配合工業用水零增加自來水的創新技術方案，獨特的商業模式，使得台灣鳳山溪廠再生水計畫獲得水獎評審一致好評，並獲選入圍本屆 2019 國際水獎-年度污水創意項目，雖最終未能獲獎，卻也充分向國際社會展現台灣污水下水道營運新穎成效，及優秀專案計畫的設計實力。



圖 3 2019 全球水獎頒獎典禮及現況紀錄

### 3. 圓桌論壇會議

水峰會以圓桌論壇模式，讓與會者能近距離，面對面就特定議題進行對談與深度意見交換，本署下水道工程處陳志偉處長受主辦方邀請，就”2031 年台灣水資源再利用發展戰略”議題擔任圓桌會議主持人，會議中陳處長以流利之英語發表，並回答提問，藉此難能可貴機會，分享台灣污水下水道建設現況、再生水發展示範項目與技術、及創新的下水系統能資源再利用策略，透過國際交流讓參與者可以了解台灣再生水發展，並尋求具共同目標願景的合作夥伴，為彼此合作建立良好的契機，也幫助台灣進行國際宣傳。

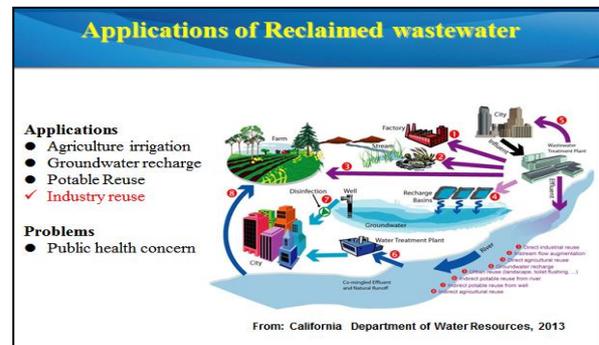
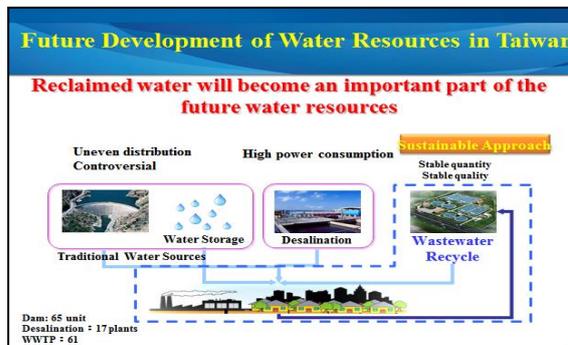


圖 4 圓桌論壇討論現況



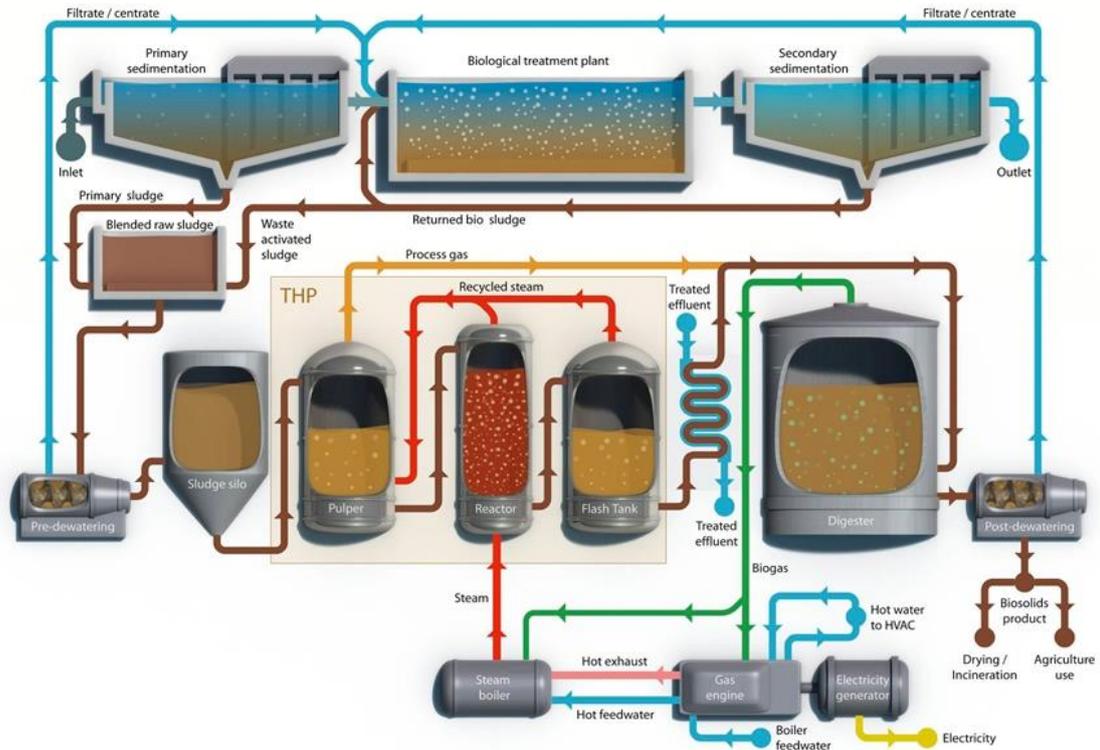


圖 6 CambiTHP 熱水解過程示意圖

(CambiTHP) 熱水解程序的優點

- ◆ 佔地面積小，污泥消化槽效率增加 2-3 倍，降低消化槽建設成本，同時節省寶貴的空間。
- ◆ 可以提高 50% 的沼氣產量，分解細胞結構和有機物質，並將生物污泥分解成易消化的厭氧消化基質，與傳統的消化相比，可以在更短的停留時間內產生更多的沼氣。
- ◆ 高品質的生物固體產出物，在 165°C 下處理污泥 20-30 分鐘，及符合所有已知的滅菌標準和要求，產生無病原體和穩定的生物固體產品，可直接施用於土地或進一步乾燥成肥料或生物燃料顆粒，還消除了有機材料處理難聞的氣味問題。
- ◆ 熱水解技術可減少甲烷生成，因而減少溫室氣體的排放，降低處理過

程中的碳足跡負擔。

- ◆ 消化後可提高消化率和脫水性，最高可達 45%DS (dry solids)。質量減少顯著可達 40%-70%，節省材料處理和運輸成本，並且減輕後續污泥乾燥程序的能源消耗及負擔，兩種因素在消化和脫水後產生較少的生物固體，有效減少最終的廢棄產物量。



圖 7 污水廠參訪紀錄

## (二) 台英智慧水資源管理商業會談暨技術交流會

4月9日下午同駐英代表處、水利署、商業發展研究院與國內水資源技術業者，於倫敦一同出席參加台英智慧水資源管理商業會談暨技術交流會，會中就防汛自動監測應用科技及IoT污水廠設備監控技術等，尋求台英雙方技術合作機會。

台灣資訊科技發達，相關產業鏈完整，近年相關 AI、IoT 智慧監測技術蓬勃發展，政府部門偕同國內廠商透過本次會議，與英國水資源產業人員進行技術交流，本署也向英方人員積極分享最新於公共工程所建置都市水患監測平台，及下水道能資源自動管控技術，在台灣應用實例可大幅提高防汛即時預警及正確性，還有污水廠耗電節能設備運作最佳化的實務操作經驗。

英方人員對於本署所分享的智慧管理方式，具有相當降低成本、節能減碳等效益，表現出高度肯定及興趣。



圖 8 台英智慧水資源管理商業會談暨技術交流會合影

### (三) 水資源管理委員會 Rijnland Water Control Board

Rijnland 水資源管理委員會位於阿姆斯特丹市(Amsterdam)西南方的萊登市(Leiden)，從阿姆斯特丹中央火車站出發約 40 分鐘內可以到達，Rijnland 不是荷蘭唯一的區域水資源管理委員會，全國境內各省都有相同的機關組織，近年來則陸續整併，至 2017 年已整併成 22 個委員會，Rijnland 跨越兩個省份工作(北荷蘭省和南荷蘭省)，管理面積約 1,080 平方公里，90%土地低於

海平面，124 平方公里現況是低窪水池，境內約有 130 萬居民及 50 萬間建築物，負責管理設施有 80 公里主要堤防、1,208 公里次要區域堤防、809 座抽水站、4 座流域抽水廠、25 座污水處理設施及 204 處低窪地(polder)。

Rijnland 隸屬於國家、省市層級之下，負責水資源管理及污水處理，與其他自來水公司、水資源協會、公會、學校和大學、社區組織、NGO 及環保團體等都有合作關係，主要任務為：

1. 確保區域內沙丘，堤防狀況良好，並且能夠提供足夠的防洪功能。
2. 確保優質的開放水域(水質)，以便可以用於娛樂，澆水和作為各種動植物的棲息地。
3. 確保區域內的重要渠道水位維持穩定，必須有足夠的潔淨水，水位不可以太高，也不能太低（水位管理）。
4. 清理受污染的渠道、河流，運河和湖床，以平衡水生生態系統，從而為農村、鄉鎮和城市的自然發展提供機會（水管理）。

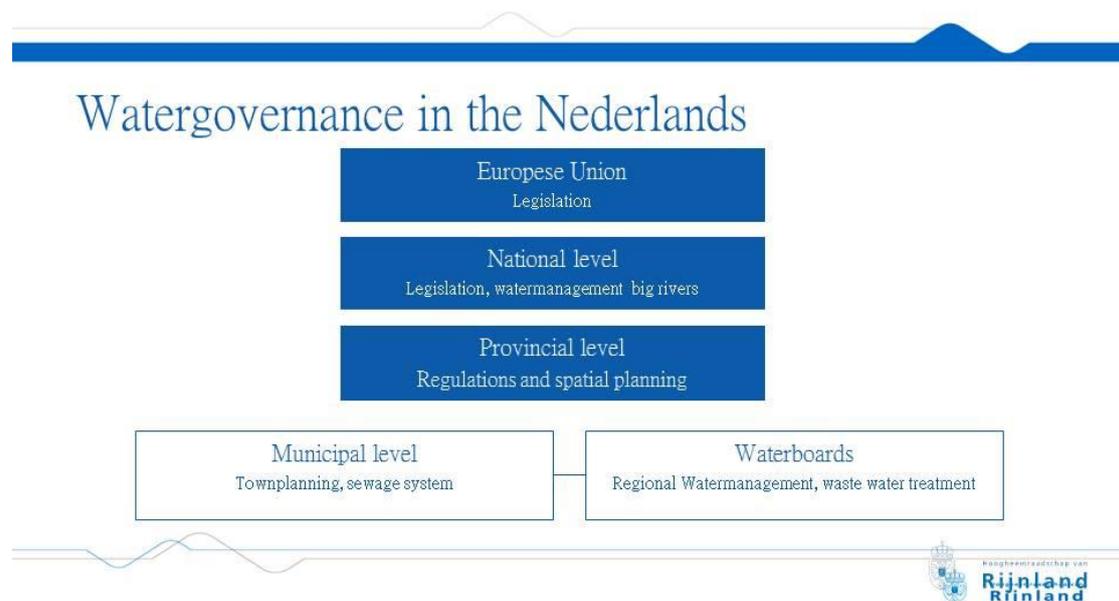


圖 9 Rijnland 水資源管理委員會組織架構



## The territory of Rijnland

- **1,080 km<sup>2</sup>**
- 1.3 million inhabitants / 0.5 million households
- **124 square km water (10%)**
- 10,905 km waterways
- 204 polders
- **747 different water levels in polders**
- 80 km main dykes/levies
- 1.208 km regional dykes/levies
- 4 storage basin pumping stations
- **809 polder pumping stations**
- 25 sewage treatment plants
- **90% below sea level**
- Organization 650 persons
- **Annual Precipitation: 800 mm**
- **Annual Evaporation: 550 mm**
- Supply during dry spells: service water

圖 10 Rijnland 境內設施分布圖

荷蘭境內低窪地如果不建置防洪設施，最嚴重情況可能造成 55% 土地遭受水患侵襲，減損 70% 國內 GDP 產值，因此全國分為 53 個堤防區，每個堤防區被一個堅固的堤防所環繞，內部又分有較小的堤防做隔間，以此作為分區的水患防禦措施，也能有效的限制洪水擴散，並設計抽水廠站將過量的水抽除，主要防洪堤用來防止海水倒灌及圍束大河防止氾濫，可避免數十億歐元的損害及數千人的傷亡，區域型的河堤則能防止小區域的河水氾濫，預防數百萬歐元的損失和局部傷亡。

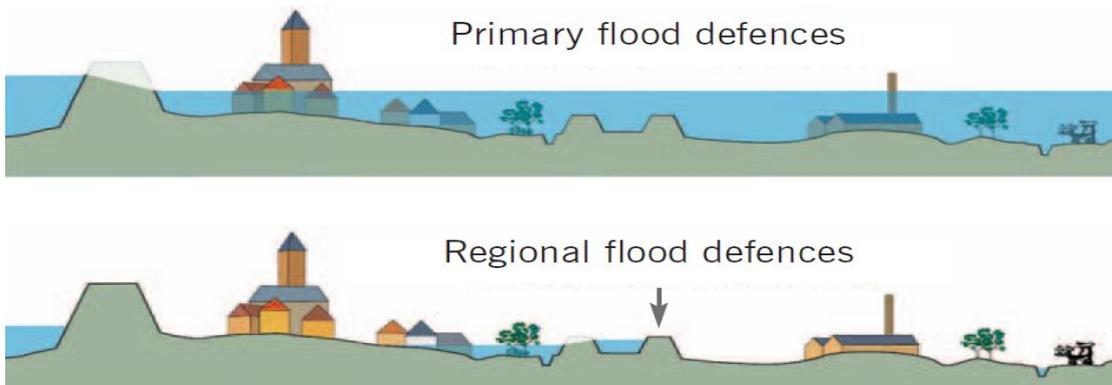


圖 11 境內防洪堤功能設施圖

晴天時，將水從外部河水抽入內地的渠道中，維持內地一定的水位高度，以供應農業、畜牧、養殖、居民日常遊憩及生活等活動所需用水量。如遇暴雨氣候，降下過量的雨水，則先利用境內的低窪地(polder)進行雨水儲留，並關閉各地防水閘門，防止海水倒灌，避免造成更大面積的淹水災情，待雨勢趨緩，海水退潮後，運用各水位設計高程不同的大河、小河及渠道等，搭配啟動各抽水機組運轉，以儲水、擋水、排水等策略，逐步以接力方式將過多的水往外排除。

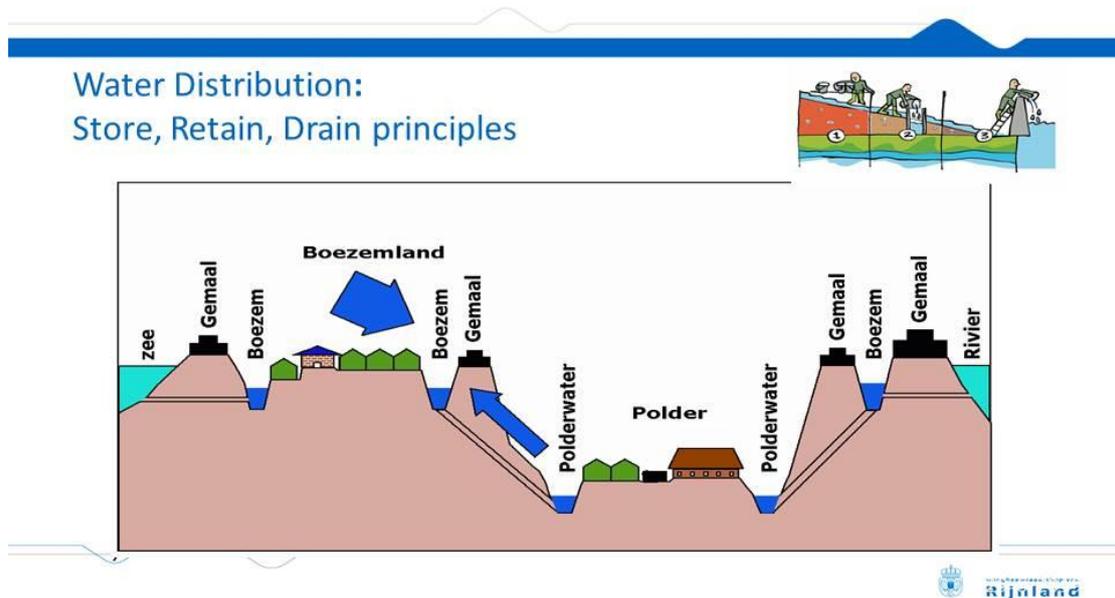


圖 12 Rijnland 儲水、擋水、排水策略圖

全區內的渠道位置、水位高程利用即時監測，將相關數據回傳至 Rijnland 的水情監控中心，監控人員以控制盤上顏色判讀水位警戒程度，可供對渠道水位抽排決策，進行即時、正確判斷，並以電腦自動控制抽水機組啟動運轉，維持區域內河道水位在正常範圍內，避免水位過高及過低造成傷害。

## Decision support system 2018



圖 13 監控電腦決策分析系統

因應氣候變遷加劇，Rijnland 要維持渠道水位高程在正常範圍越顯困難，低漥地遭受洪氾危機潛勢越來越大，築高堤防來防止河水潰堤需耗費鉅額經費，在經濟財政上難以負擔，而在密集建築的城區中，需求更多公共空間實現降雨儲存也是困難的，因此近年開始與市政府及工程開發商進行合作，積極推廣各類低衝擊開發設計，尋求更多透水、儲水空間以暫時收納過多雨水，例如藍色屋頂計畫，尋求在屋頂儲水的可能性，也在建築物下方或車站下(地窖中)儲存雨水，並將儲水再次用於沖廁等使用，替市中心防洪，也順道減輕渠道滿水位的壓力，各種都市儲水的創新設計，非常值得台灣參考學習。

### Amsterdam Rainproof

<https://www.waternet.nl/blog/amsterdam-rainproof/>



圖 14 市區雨水儲留設計概念圖



圖 15 Rijnland 水資源管理委員會參訪紀錄

#### (四) 鹿特丹水廣場 Waterplein Benthemplein

鹿特丹是一個充斥著雨水的城市，在本次參訪市區的期間，天氣一直不時地下著雨，市區面積不大，因為高度都市開發使市區充斥著不透水鋪面，又因氣候變遷的強降雨型態衝擊，鹿特丹需解決道路排水系統來不及排除的超量雨水，2013 年 12 月完工的水廣場，由 DE URBANISTEN 建築事務所所設計，完工預算經費 400 萬歐元包含了地下基礎設施、管道、水泵及不銹鋼排水溝，平面面積 9,500 平方公尺，提供 1,800m<sup>3</sup> 的臨時蓄水量，一個結合都市滯洪、蓄水及公共空間質量提升的經典設計，讓世界各地從事都市規劃、水利工程的專業人士競相前來朝聖與觀摩。

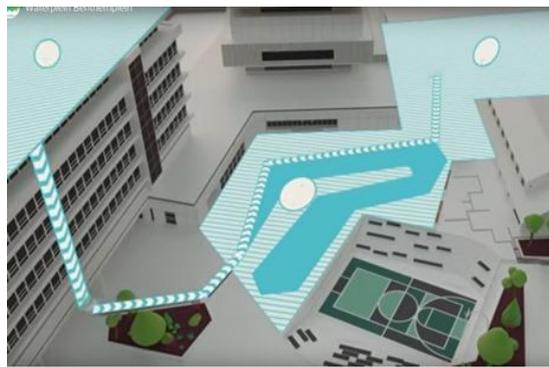
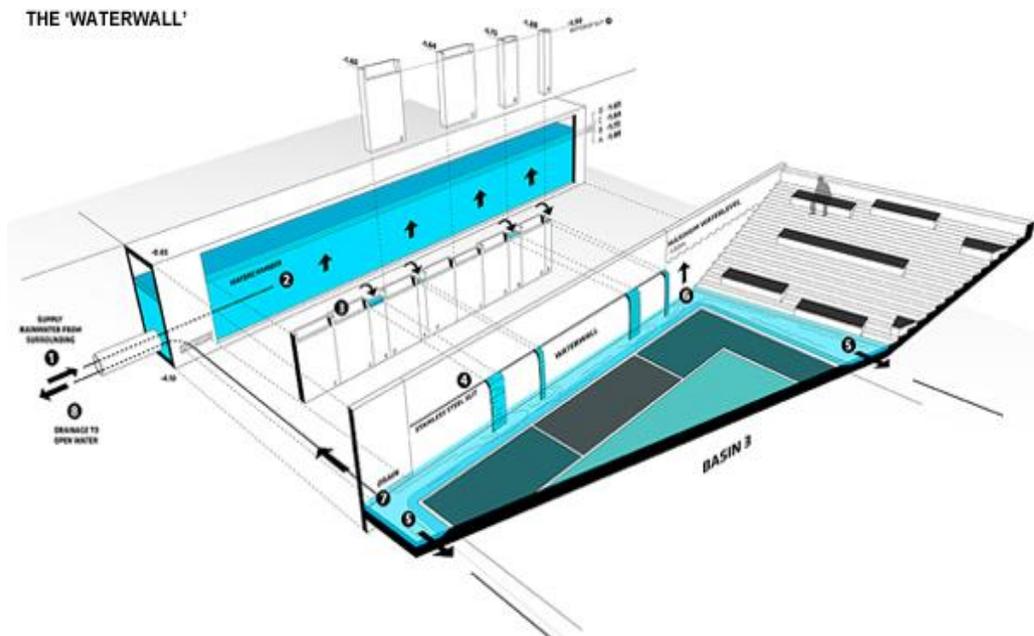


圖 16 水廣場設計概念圖(land8.com)

水廣場，是城市居民的一個休憩、運動及聚會場所，周邊有學校及辦公大樓，廣場上有不同深淺的 3 個下凹盆地，晴天時可供各式的運動、休閒集會活動。然而，在下雨期間，周圍表面和建物屋頂的雨水，會循著特別設計的不銹鋼排水路被收集，形成特殊的水路景觀，如雨勢過大周遭排水箱涵無法即時吸納，過多雨水則會經由牆面上的溢流孔疏導，形成類瀑布的水牆景致，盆地被視為暫時性的雨水滯洪池，可以緩解周邊雨水下水道系統的負擔，雨勢稍歇後，再將臨時儲存的雨水抽排進入公共雨水系統，將盆地空間回復供民眾使用。

獨特的空間設計，使鹿特丹變身成海綿，讓民眾自然生出與雨水共存的

觀念，不再視過多的雨水為畏途，進而培養出韌性城市居民的精神力量。

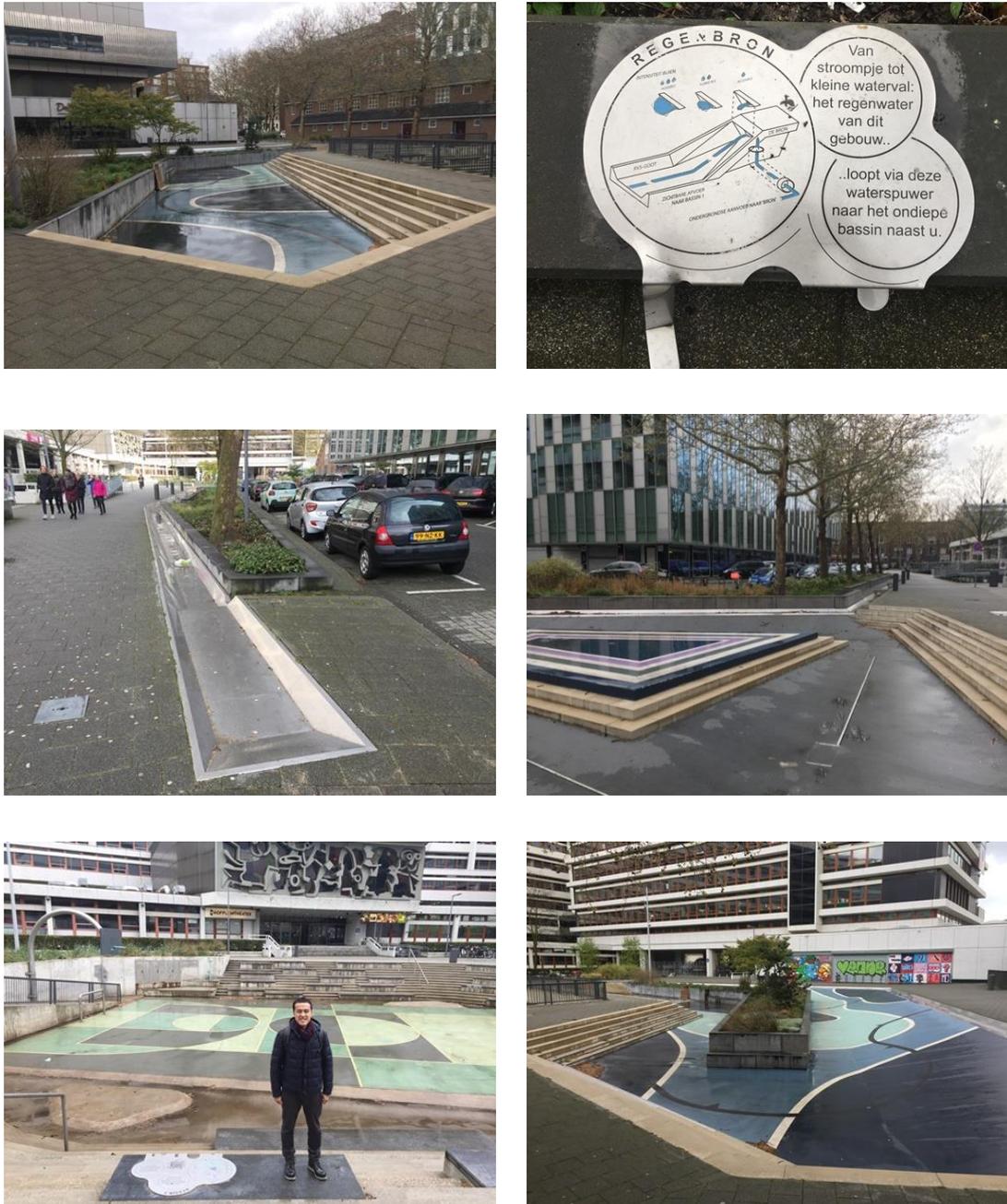


圖 17 水廣場參訪紀錄

## (五) Waternet 機構及西區污水處理廠

Waternet 是荷蘭唯一一家負責整個上、下水循環的水務公司，主要任務是確保供應阿姆斯特丹市安全，清潔和充足的水，與市政府當局及 Vecht 水

資源委員會合作，替全市 130 萬居民及自然戶外環境提供乾淨、安全及充足的日常生活用水，並維護自來水管線，也負責建設、維護下水道管線、淨化處理生活污水後重新排放河川、測量地下水位及監控、保持阿姆斯特丹運河清潔並簽發航行許可證，也管理眾多渠道及閘門，替市政府辦理橋樑維護和營運，同時也負責對抗洪患，保護市區低窪地區免於水患威脅。

營運範圍包含阿姆斯特丹市中心及郊區 9,500 公頃的開放水域，管理的設施有 10 萬立方米的自來水儲存槽，每日可產出 23.5 萬立方米的自來水，及 12 個污水處理廠、3,500 公里的污水管線、600 個污水加壓站、220 個抽水站、105 個防水閘門、1,300 公里的運河及渠道、6,000 公里的河溝等等。



圖 18 waternet 組織工作內容

本次行程特地參訪 waternet 公司負責運營的西區污水處理廠，該污水廠負責處理整個阿姆斯特丹市及其週邊衛星城鎮的污水，於 2005 年建設完成，廠區空間為 1,100\*120 平方公尺，這麼巨型的一個污水廠需將所有的處

理單元、管線、配置安裝在有限的土地空間裡，該廠設計、規劃及配置技術非常高，污水設計量為 100 萬人口，晴天進流量為 7,000CMh、尖峰流量為 30,000CMH、雨天進流量可達 200,000CMD、周邊區域靠東、南、西、北四個大型揚水站將污水送到西區廠進行處理，揚水站各有獨特的建築設計，造型美觀獨特。

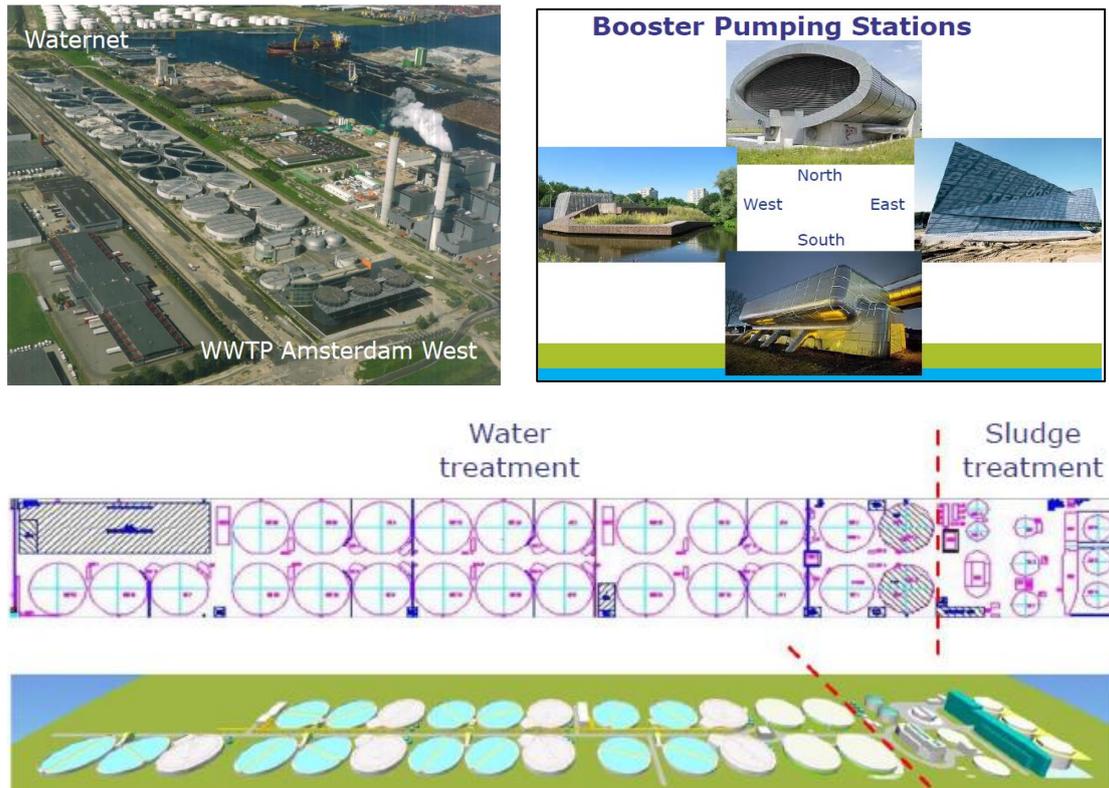


圖 19 西區污水廠鳥瞰及配置圖、揚水站建築外觀

**Table 1.1** Design treatment capacity of the WWTP Amsterdam West

Average dry weather flow	m <sup>3</sup> /h	7,000
Peak flow	m <sup>3</sup> /h	30,000
Average flow (wastewater + storm water)	m <sup>3</sup> /d	200,000
N <sub>total</sub>	kg/d	8,900
N <sub>kjeldahl</sub>	kg/d	9,000
NO <sub>3</sub> -N	kg/d	140
NO <sub>2</sub> -N	kg/d	30
P <sub>total</sub>	kg/d	1,250
BOD	kg/d	44,000
COD	kg/d	97,000
TSS	kg/d	52,800
Waste load as P.E. = 136 g TOD/d	PE	1,000,000

表 1 西區污水廠設計處理量參數

西區廠建廠時，即考慮到與周邊其他公共設施間的跨域整合，緊鄰旁邊的是阿姆斯特丹的垃圾焚化廠(AEB Amsterdam)，污水處理過程會生成沼氣及最終廢棄物質(污泥)，西區廠每年運送 79,000 噸污泥至 AEB 焚燒處置，也提供 13,00 萬噸的回收沼氣供 AEB 當燃料使用，同時 AEB 則是將焚燒時產生的餘熱(50,000GJ/Y)和電力(20,000MWH/Y)供西區廠做污泥乾燥及營運使用，透過資源與能源的互相交換而形成共生關係，可減少每年 1.8 百萬立方米的天然氣消耗、以及減少 3,200 噸溫室氣體的排放。

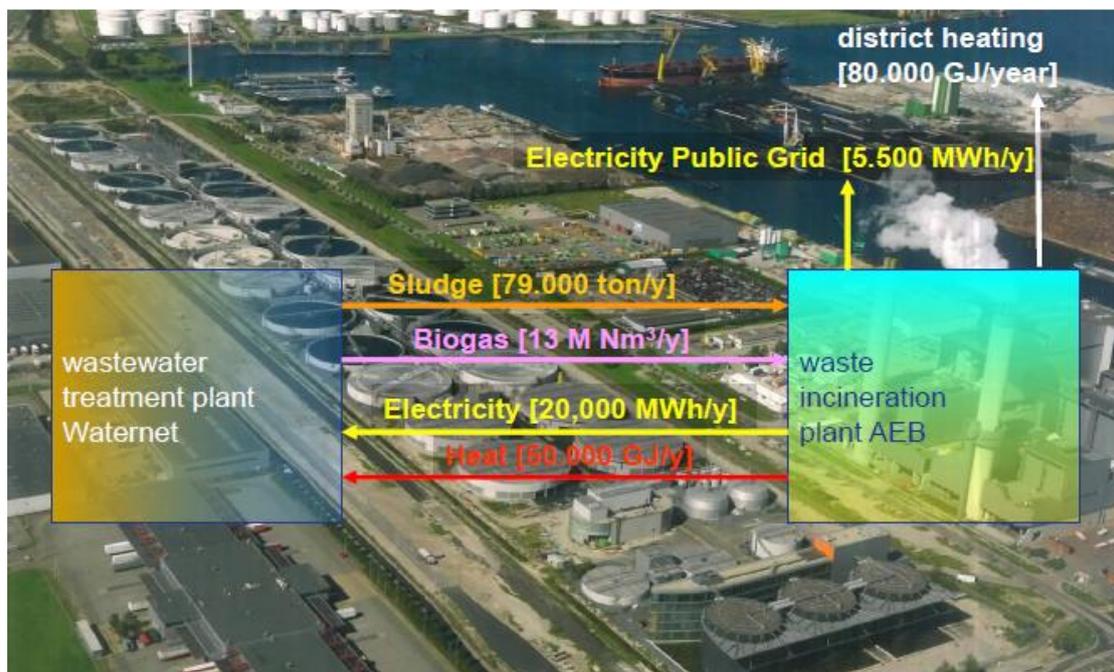


圖 20 西區污水廠與 AEB 焚化廠能源互惠示意圖

對污水廠管線及廠內設備而言，常在污水處理過程中因磷酸銨鎂化合物，即鳥糞石(struvite)沉積，使的管線阻塞而讓污水處理系統無法正常運作，管線平均兩年內即因鳥糞石阻塞而完全失去功能，經年的管線維修及設備更換是個巨大問題。後來發現，鳥糞石是一種高品質的磷肥料，可以回收後作農業上的良好利用，因此透過回收污水及污泥中的磷酸鹽成分，現在每年西區廠可以製成約 1,000 噸的磷，經後續加工製成磷肥商品再販售，替西區廠獲得額外的收入來源。

### Struvite removal Wwtp A'dam West

- Improving dehydrating sludge
  - Lower costs
  - Higher energy production Waste to Energy Plant
- Less wear dehydrating sludge
  - Lower costs maintenance
- Production 1000 ton P for fertilizer (3 ton/day)



$MgPO_4 \cdot 6(H_2O)$





The struvite of WWTP West is now a product !!!!



圖 21 污水廠鳥糞石阻塞情形，及磷肥資源再利用

本署於 105 年即開始推動下水污泥再利用計畫，並將在宜蘭縣及臺南市興建下水污泥再利用示範驗證廠，預期未來下水污泥將有更多元的利用成果，並能兼顧污染減量、節能減碳和商業銷售，參訪過程本署也向 **waternet** 分享台灣下水污泥朝「材料化」、「燃料化」與「肥料化」方向資源再利用之成果，並就污水處理及磷回收技術交換操作參數及經驗。





圖 22 污水廠參訪紀錄

## (六) 水岸再生地區-De Ceuvel 社區

De Ceuvel 是阿姆斯特丹的 Van Hasselt 運河上一座廢棄造船廠，地理位置於阿姆斯特丹市區的北岸，自 80 年代因造船工業式微而開始閒置，社區內土壤因早期的工業發展而有嚴重金屬污染，2012 年在阿姆斯特丹市舉辦的城市再造創意競賽下，由一組建築師獲獎，並取得使用該地區 10 年營運合約，廢棄造船廠被變身成為“潔淨科技的試驗場”，社區內幾乎所有東西都被回收再利用，這裡進行各式重複使用的創新試驗，包含了雨水、生活廢水、廢棄物及熱能，社區內電力需求較傳統辦公室減少 50% 消耗，並 100% 使用再生能源及熱水供應，且自產 30% 蔬菜使用，循環經濟在這裡獲得具體的實現，故 De Ceuvel 曾被媒體爭相報導，並獲得歐洲最環保社區的美名及都市更新及永續資源創新的典範。

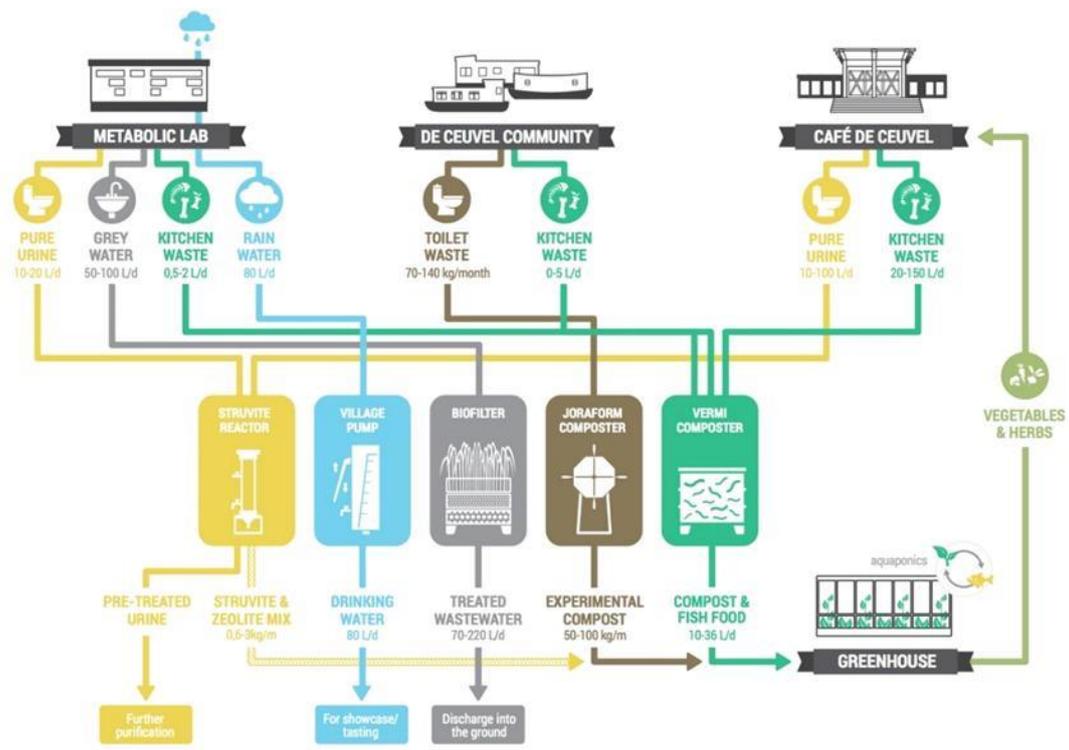
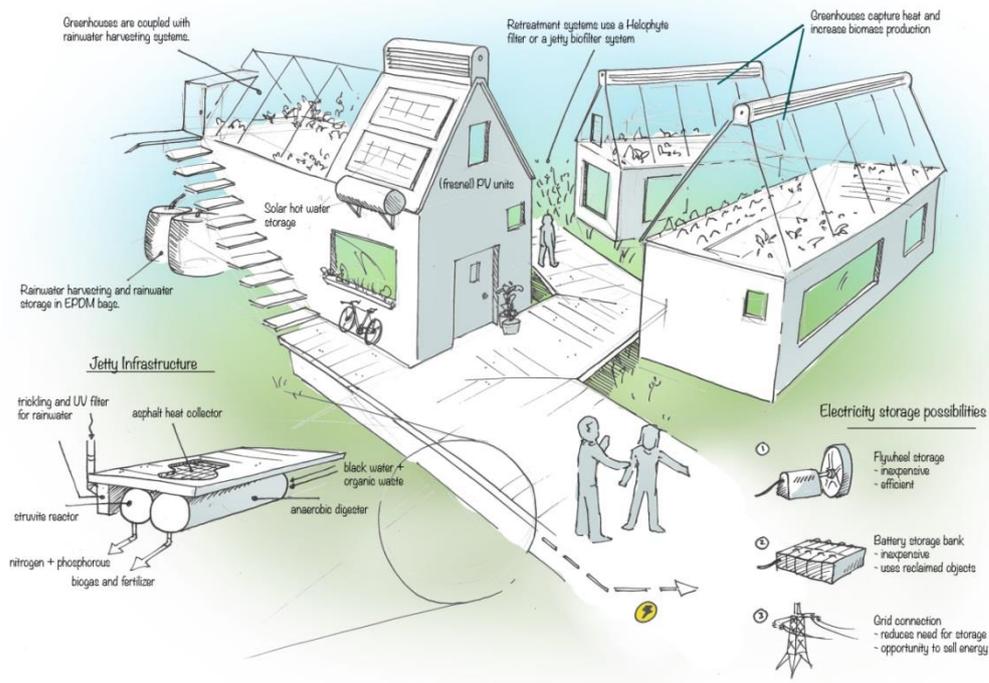


圖 23 De Ceuvel 社區循環經濟理念(metabolic.nl)

為了簡化現場有機廢物的處理，現場所有船體辦公室都配備幹式堆肥廁所，進行污染物分解和養分回收，與標準沖水馬桶相比，堆肥馬桶是非常簡

單的結構，將固體廢物收集後，集中到翻滾堆肥機中，在維持攝氏 20-45 度的程序下，進一步消化加工成安全的堆肥。

辦公室船體的廢水通過位於旁邊的生物過濾系統來淨化水質，該系統由不同過濾層組成，沙子，礫石和貝殼有助於從水中過濾掉較大的碎片，珍珠岩和各種吸附植物吸收有機物質，如磷和硝酸鹽，污水經過淨化後，安全地滲入土壤中。



圖 24 堆肥機、乾式廁所(Metabolic.nl)

De Ceudel 是循環經濟、資源管理技術和生活藝術的實驗場所，透過將破舊船屋升級為室內建築工作室，以太陽能板收集再生能源，採用低成本的淨化技術削減各種社區內的生活用水污染，並使各類廢棄資源循環再利用，幫助城市將一個破舊和污染的区域，轉變成現在可持續發展的環境、經濟教育場所，De Ceudel 團隊旨在為每一位參訪的遊客種下永續理念的種子，讓他們感受永續性，創新、藝術以及文化在這方面的激盪作用，各種勇於創新、實驗的作法讓人大為讚嘆。



圖 25 De Ceuvel 社區參訪紀錄

## (七) 市區下水道設施參訪

阿姆斯特丹市，整個城市幾乎可以說是建在運河上，獨一無二的景緻，對造訪者有無窮的魅力，來自世界各地絡繹不絕的遊客，有八成是為了這運河美景，不辭千里而來，遊客藉由水上腳踏車、運河巴士、漫步或隨興的就地而坐運河旁，親近市區美景。阿姆斯特丹靠運河帶來可觀的觀光收入，最

重要的關鍵是運河水質乾淨，藉由完善的污水下水道系統，將生活污水處理乾淨，消除污染物及異味，才有這迷人的運河風景，本署近年也藉由前瞻計畫，推動全國水環境改善，將尚未接管或無法接管地區以設置污水截流設施之方式，將污水一併納入污水廠處理，並採以「人」為本的概念，同時融入景觀思維，創造新型態的都市水岸空間，打造安全、宜居，親水、近水的樂活都市。



圖 26 阿姆斯特丹市區運河參訪

阿姆斯特丹市區因為地勢低窪平坦，運河水位也高，近年雨季常因短延時強降雨致使排水不及，而屢有積淹水災情，既有的雨水下水道，屬於早期基礎建設，已無法因應氣候變遷所帶來的異常降雨衝擊，市政府為防汛防災，也積極發展多元化的治水策略，市區廣場空地常被改建成雨水滲流花園，並放上完整的施工說明，隨處都可是環境教育場所，提醒市民如何共同攜手改善自己的居家空間，一同為防災盡力，本署近年補助地方政府進行下水道系統規劃及檢討，也承此治水觀念，透過非傳統工程手段，進行低衝擊開發等設施，增加都會區雨水入滲、貯留及排放量，同時全面雨水下水道普查更新，健全資料庫，並建置颱風、豪雨都市淹水情資即時通報系統，使整體都市防洪能力更加提升多方面減低極端降雨可能產生之致災風險。

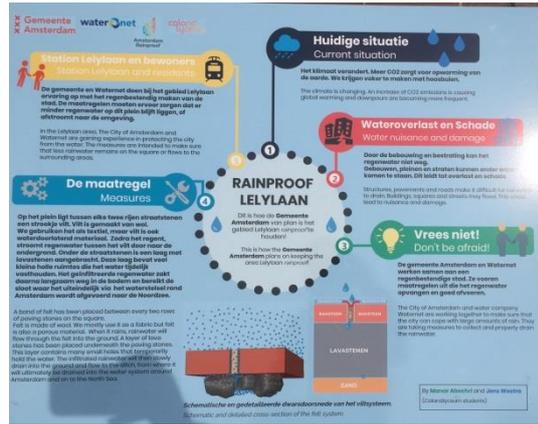


圖 27 市區低衝擊開發設施

阿姆斯特丹市屬荷蘭很早期就進行開發的城市，市區內的公共設施已具有相當的年紀，路邊常見換新維修的工程正在施作，相較台灣的公共工程施工環境中，需配備的基本設施，如施工圍籬、工地告示牌、警示燈及現場交通指揮人員等等，台灣的公共工程對於施工環境的維持，是更為嚴謹、周全及安全的。



圖 28 市區工程圍籬及開挖現場

## (八) 心得及建議

- 一、國內下水道規劃整合技術已具國際級競爭實力，屢有專案計畫受到世界獎項入圍肯定，未來應多多參與國際間之競爭及交流，將台灣下水道產業（特殊工法與設備）向海外宣傳推進，提升台灣專業技術形象，創造國際能見度及經濟效益。
- 二、台灣人口 80%集中於都市計畫區內，市區高度發展，而地面不透水鋪面增加，雨水下水道設計排水量有其上限，地下管線密布，擴建空間不易取得，硬體再造成本過高，權衡都市發展、空間、成本、交通等因素，未來公共雨水下水道系統重新檢討，應導入「都市總合治水」、「海綿城市」及「低衝擊開發」等概念，以「滯洪」、「減洪」及「分洪」等作為，採都市新創設計思維，將公共空間運用的質、量加以提升，使具多目標功能性，全面提升都市防洪能力，降低致災風險。
- 三、世界現今以推動循環經濟為目標，污水下水道系統處理後的的放流水、沼氣、污泥蘊含可貴資源，國內隨著先進國家趨勢，已將下水道系統水資源回收、生質能回收（沼氣回收、污泥燃料化）納入考量，未來新的下水道系統及廠區建設更應結合週邊公共設施整合開發，互相透過能、資源的交換，節省建設及維運成本，促成設施共生雙贏的結合。
- 四、國內非都市計畫地區及山地聚落等，因人口分散及地形地勢起伏，公共污水下水道建設不具成本效益，又因地區偏遠，水肥車清運成本昂貴，無法抽除化糞池內的長年堆積物，造成建築物污水處理設施或化糞池因充滿堆積物，而喪失生活污水處理機能。荷蘭富有實驗精神，勇於嘗試利用各種低成本、天然植物淨化過濾的方式來處理生活污水，簡化維護程序，並積極使用再生能源，循環利用各傳統廢棄物的永續思維及做法，非常值得國內借鏡。

五、台灣複合災害愈來愈多，天然災害潛勢地區遍及全島，在土地使用觀念上應學習順應土地特性，思考其容受能力，依循國土計畫調適土地利用，減緩破壞，提升回復力，進而營造一個富有韌性城鄉及社會，達到國土永續經營的目標。

## 附錄、2019 全球水峰會(Global Water Summit)議程簡介