

# 주거단지의 친환경적 우수처리 실태에 관한 연구

- 베를린의 현행 계획 및 사례를 중심으로 -

## A Study on the Management of Precipitation for the Environmental Friendly Housing Complex

- focused on the Contemporary Planning and Example Performed by Berlin -

이 태 구\*  
Lee, Tae-Goo

### Abstract

As urbanization proceeds and therefore impervious surface coverage increases, the amount of runoff goes up and the hydrological cycle is also changed. The surface retention and interception of precipitation in the urban area are reduced because the surface area is now slick and solid. Increasing runoff in building areas of the city causes flood damage, water pollution, reduction of ground water recharge, and the other environmental problems.

This paper investigates various techniques of increasing infiltration rates in a site development performed by Berlin. The techniques offered in this paper improve sit water balance, and thus keep the site ecosystem much healthier.

## I. 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

지난 수십년간 한국의 경제활성화에 더불어 수행된 도시개발은 대규모 토지이용의 전환을 요구하는 도시화과정에서 농지와 산림이 대거 감소하며 도시면적이 확대되는 현상을 낳았다. 또한 신 주거단지의 높은 건축밀도와 토지이용의 급격한 전환은 자연적인 우수의 순환을 여러 측면에서 파괴하고 생태계 불안을 초래한 경향이 있다. 즉,

- 토양 밀봉도의 증가로 인한 우수의 침투가 줄어들고 그로 인해 지하수 생성도 어려워지며,
- 빗물의 증발산량이 감소함에 따라 도시기후가 건조하게 되고,
- 우수관거를 통해 심하게 오염된 우수가 하천

으로 흘러들어가며,

- 집중호우시 합류식관거와 연결된 펌프장이나 그 외의 시설이 집중적으로 부하를 받으며, 넘쳐나는 하수는 도심지역의 하천에서 범람하고 결국은 유해물질과 먼지로 오염되는 현상을 나타내고 있다.

이와같은 문제점에도 불구하고 지금까지 주거단지의 우수관리는 유역내에 우수관거를 매설하고 관거에 의해 모아진 우수를 하천으로 유출시키기 위하여 유역의 말단부에 우수지(펌프장)을 설치하는 방향으로 치중되어 온 것이 일반적이다. 그러나 앞으로는 주거단지지표면에 내린 빗물이 우수지 혹은 우수관거로 유입되기 이전에 그 지역내에서 자연침투되거나 중간저류를 시킴으로써 유출량을 감소시키고 유출시간을 늦추는 등 그 지역의 부하를 하천에 전가시키지 않는 방향으로 사고의 전환이 대두되고 있다.

이에, 구미 선진국에서는 도시기반시설계획으

\*정회원, 세명대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사

로서 하수처리뿐만 아니라 우수에 대한 처리까지 기본적으로 실시하고 있으며, 특히 독일에서는 최근 10년 전부터 우수에 대한 친환경적 처리 및 관리를 위한 계획 및 기술개발, 제도 등을 마련하고 있다.

이같은 차원에서 본 연구는 독일의 베를린시의 주거단지를 중심으로 일반적인 도시우수관리 시스템과 최근의 친환경적인 자연침투를 유도하는 시스템에 대하여 고찰함으로써 현 우리나라의 하수 및 우수처리와 관련하여 당면한 문제들을 인식하고 이를 보다 친환경적이고 경제적인 방향으로 제안하고자 한다.

## 2. 연구방법 및 구성

본 연구는 II장에서 베를린시의 일반적인 도시 우수관리 현황과 최근 진행되고 있는 주거단지의 친환경적 우수관리계획 및 시설을 고찰함으로써 우리나라에서 앞으로 진행할 도시기반시설에 대한 우수관련시설의 계획방향을 제시하는데 근거를 마련하고 이를 실천할 수 있는 제도적 장치를 검토하였다. 또한 III장에서는 1995년 “생태적 측면에서의 주거단지 개발” 프로젝트와 관련하여 베를린의 북동쪽 외곽에 위치한 헬레스도르프 주거단지를 대상으로 진행된 생태적 우수처리 사례를 현지조사와 단지관리회사의 관련자료를 분석하여 우수이용의 가능성과 환경적, 경제적 효과를 검토하였다.

## II. 베를린시의 우수처리 및 관리계획

### 1. 일반적 우수관리시설 현황

#### 1) 베를린시의 강우특성

온대기후지대인 유럽중앙에 위치한 베를린은 연간 평균강우량이 645mm로서 베를린 총면적 890km<sup>2</sup>에 총 5억7천만m<sup>3</sup>의 강우량을 나타낸다.<sup>1)</sup> 베를린시의 도심지역 및 상업지역의 토양밀봉도는 80%정도인데, 외곽지역과 대규모 내지는 소

규모로 건설된 주거지역에서도 건축밀도에 따라 토양의 밀봉도가 증가하고 있는 실정이다.

베를린의 도심지역에서는 강우<sup>2)</sup>의 20-25%정도가 비포장면으로 침투되며, 우수유출의 15-20%정도가 도시지하의 우수관거나 합류식관거로 흘러들어가게 된다.<sup>3)</sup>

#### 2) 베를린 도심지역의 우수관리

베를린시에 내리는 빗물은 일반적으로 도심지역에서는 합류식관거의 하수와 함께 흐르고, 그 외 지역에서는 분류식관거에 의해 우수관거<sup>4)</sup>로 모아지고 유입된다.<sup>5)</sup>

베를린 도심지역<sup>6)</sup>의 합류식관거는 1873년 제임스 홉레흐트(James Hobrecht)의 계획에 의해 조성된 것이며, 중간중간에 끼워 넣어진 방사형태의 우수관거로 우수와 하수가 자연경사에 의해 펌프장으로 흘러들어가게 되는데 그 길이가 약 1,900km로 타 도시에 비해 매우 높은 우수관리시설을 갖추고있다. 합류식관거에 해당하는 집수면적<sup>7)</sup> 84km<sup>2</sup>에는 1998년 당시 6개의 중앙펌프장과 11개의 부속펌프장이 운영중에 있다.

특히 베를린시의 우수관리 방안중에 새로운 시도는 기존의 하수관거를 저류공간으로 활용하는 안으로 합류식관거 내부에 방어벽을 만들고, 이를 들어올리거나 내림으로써 펌프장과 정화시설로의 갑작스런 물의 유입을 조절 할 수 있게 하는 방안이다. 최근들어 이러한 하수관거나 우수관거에 대한 분석을 실행하여 도심의 다른지역에도 계속적으로 이러한 효율이 높은 우수관리를 위한 가능성을 실험하고 있다.<sup>8)</sup> 이러한 실험은 기존의 시설을 이용한다는 측면에서 그 효용성과 경제성이 높은 방안이라 평가된다.

#### 3) 베를린 외곽지역의 우수관리

도시화된 베를린시의 3/4정도의 면적을 차지하고 있는 베를린의 부도심 지역과 외곽지역의 주거단지에<sup>9)</sup> 1890년부터 하수와 우수를 분리하는 도시관망시스템을 적용하고있다. 건물이나 도로,

포장된 대지 면으로부터의 유출되는 우수를 우수관거로 모아 이 관거를 통해 호수나 웅덩이, 인공연못 등 자연경사에 의해 낮은 지대로 흐르게 하여, 그곳에서 부분적으로 증발되거나 지하로 침투되도록 조성하는 방법이다.<sup>10)</sup>

분류식시스템의 커다란 장점은 불규칙적인 강우량을 대비하여 특별히 펌프장이나 정수시설을 마련할 필요가 없어 시설투자비가 절약되며 도시의 생태계에 긍정적인 효과를 준다는 점이다. 수년간의 경험을 통하여 베를린 수리국은 분류식시스템이 환경에 부하를 경감시킨다는 것을 검증하였다. 우수를 비교적 천천히 흐르도록 하고 먼지나 오염물질의 정화, 대상지역 하천의 범람을 막고 하천의 범람없이 우수를 지하로 침투시키기 위해서는 부분적으로 분류식관거에 여러 종류의 우수연못을 설치하여 도시화에 따른 물순환의 침해를 최대한 줄인다는 개념으로 그 방법으로는 다음과 같다.

#### 가) 우수저류연못 및 우수정화연못(Regenrückhalteund Regenklärbecken)

베를린에는 약 100여개의 우수저류연못이 있는데, 이러한 연못은 집중강우시 빗물을 중간저류하고 유출속도를 완하시키는 기능을 갖는다.<sup>11)</sup> 이로 인해 도시하천이나 배수관거의 범람을 방지하며, 수로에 미치는 부하량을 경감시키는 역할을 한다. 경우에 따라서는 추가적으로 기존의 시스템에 배수구역을 연결할 수도 있다.

우수정화연못은 주로 오염된 우수를 정화하는 기능을 갖으며, 집중강우시 연못의 하류지역에 위치한 하천의 유출속도를 완화시키는 기능을 한다. 여러개의 우수정화연못이 70년대에 베를린의 수리국과 도시발전·환경보호국의 특별프로그램에 의해 도심지 남쪽의 그뤼네발트(Grunewald) 호수와 도시북부의 테겔(Tegel)호수부근에 설치되었다.<sup>12)</sup> 이러한 방법으로 하천, 특히 수영할 수 있는 하천이나 지하수를 생성하는데 유용한 호

수의 오염부하를 줄이도록 한다. 정화연못은 대략 1,000-6,000m<sup>3</sup>가 적당하며, 빗물속의 오염물질이 퇴적되므로 퇴적물은 정기적으로 제거하거나 또는 하수관거를 통해 정수시설로 유입되어 정화되도록 한다.

#### 나) 우수침투연못 (Regenversickerungsbecken)

자연발생된 호수나 작은 연못과 같은 웅덩이나 침투가 가능하도록 바닥부분을 자갈이나 모래로 채운 인공연못을 조성하여 이곳으로 빗물이 유입되게 함으로서, 우수가 지하로 침투되고 지하수양을 풍부하게 만들 수 있다. 연못으로 유입되는 우수는 가급적 오염이 덜 되도록 주위환경을 조성하도록 하거나 이미 정화된 물에 한해서 침투되도록하여 지하수의 오염을 미연에 막도록 하는 것이 중요하다. 원칙적으로 도로로부터 유입된 우수는 전처리과정 없이는 침투되지 못하도록 하는 것이 좋다.<sup>13)</sup>

지하수생성을 위한 관점에서 본다면 투수연못은 계속적으로 조성되어야 할 주요한 사항이지만 투수연못을 만들기에 적합한 토지의 확보 여부에 따라서 실질적인 설치여부를 결정할 수 있다. 현재 베를린 수리국(Wasserbehörde)은 각 지역에 대해서 토양의 침투력을 조사하여 장기적인 도시의 물 순환 체계를 구성하는 자료로 이용하고자 하고 있다.

투수연못<sup>14)</sup>은 비교적 면적이 큰 공공건물(학교, 수영장 등)과 상업시설, 주차장 등에 적용이 가능하며, 고속도로의 배수를 위해서도 설치 가능하다. 이 시설은 공공도로용지(광장, 주차장, 도로 등)나 포장으로 밀봉된 지역(상업시설이나 산업시설내의 중정부분, 학교 등), 비교적 옥상면적이 넓은 곳(체육관, 학교, 관공서, 상업시설, 공업시설 등)에 내리는 우수를 지하수의 함양을 위해서 침투시키거나 하수관거와 정수·배수시설 등 도시하수처리망에 부하를 경감시키기 위해서 토양에 침투시키는 것을 목표로 하고 있다.

표 1. 베를린의 우수처리시설 현황

지역	합류식 시스템	분류식 시스템			
	우수배수지	우수저류연못(개소)	우수정화연못(개소)	우수침투연못(개소)	계획중인 시설(개소)
트렙토우	-	3	-	-	10
퀘페닉	-	2	-	1	16
리히텐베르그	-	6	-	-	5
바이센제	-	7	-	-	8
판코우	-	2	-	-	11
마잔	-	17	-	-	11
호펜헨하우젠	-	9	-	-	1
헬러스도르프	-	12	-	4	8
동베를린	-	58	-	5	70
티어가르텐	2	-	-	-	-
베딩	2	-	-	-	-
크로이츠베르그	3(+1)	-	-	-	-
샤로텐부르그	1	-	1	3	1
스판다우	-	4	-	10	3
빌머스도르프	-(+1)	2	1(+1)	1	4
첼렌도르프	-	4	3	17	6
센네베르그	-	1	-	-	-
스테그리쯔	-	7	-	-	1
템펠호프	-	6	-	1	-
노이켈른	1(+1)	5	-	4	7
라이니켄도르프	-	10	2	20	1
서베를린	9(+3)	39	7(+1)	56	23
베를린전체	9(+3)	97	7(+1)	61	93

( ): 계획중

자료: 베를린 수리국의 통계자료에 따른 구성(1998)

다) 우수펌프장(Regenpumpwerke)

우수펌프장은 고속도로의 터널이나 도로, 보행자도로등이 터널식으로 되어있는 도로에 대하여 빗물이 차는 것을 막아주는 기능을 하는 것으로 모아진 우수를 부가적으로 설치한 압력관을 통해 우수 집수정보다 높은 위치에 있는 우수로나 배수로로 유도되도록 한다. 베를린의 펌프장은 주로 고속도로나 주요간선도로변에 위치하고 있으며, 추가적인 펌프장은 베를린 중심인 티어가르텐의 터널공사와 관련하여 베를린의 중심지역에 계획하고 있는데 그내용은 표1과

같다.

2. 친환경적 우수관리를 위한 계획 및 시설

1) 배경

기존의 관거시스템은 도시에 있어서의 효과적인 배수를 주목적으로 하고있다. 분류식시스템에서는 우수를 하천에 직접 흘러보내는 것이였고, 합류식에서는 우수가 하수관에 흘러들어 가므로써 하수의 농도를 흐리게 하여 하수관거를 지속적으로 이용 할 수 있고, 또한 도심의 하천에는 부하를 줄일 수 있기 때문에 하수의 관거에 드는 막대한 비용을 감소하였다. 그러나 토양밀봉도 증가와 도로의 급속한 건설, 이로 인한 오염등은 지난 수십 년간 여러지역의 하천에 많은 부하를 가져왔고, 지하수의 생성에 심각한 영향을 미쳤다.

이에 대해 베를린시는 토지피복 감소를 위한 프로그램(베를린 주정부 결의안 3295/93호, Senatsbeschluß Nr.3295-93)을 작성하였다. 도심지역에 위치하고 계속적으로 포장이 된 지역은 부분적으로 포장을 제거하고, 지붕이나 벽면녹화등을 통해 우수를 해당 지역에 침투시킴으로써 효과를 높이고있다. 또한 학교운동장의 포장제거 프로그램(2백만 마르크의 사업비)및 1996년 중정녹화프로그램이 운영되어 주거단지나 도심지블럭형 주거의 중정부분에 불 투수성 포장재를 제거하고 녹화하는 사업이 실행되었다.

이러한 프로그램에 따른 불투수 포장면의 제거로 우수관거와 합류식관거의 부하가 효과적으로 감소될 수 있었다. 우수관거의 부하감소 방안으로 도시 중앙 포츠다머 플라츠지역의 계획시 우수를 인공연못에 모아놓고 이를 실내에서 화장실 세척용으로 사용할 수 있게 계획한 것은 환경적으로 매우 의미있는 일로 평가되며 그 실효성이 매우 높은 것으로 평가되고 있다.

그러나, 도시내에서 도로면적이 많은 부분을 차지하고 건축밀도나 토지 이용율이 높기 때문에 포장면 제거라는 것은 실제적으로 한계가 있

고, 도심내의 녹지도 우수침투지로서의 한계가 있을 수 있다. 그 원인으로 공원이나 광장, 놀이 시설이나 운동시설 등이 우수침투 기능에 앞서 각자의 용도가 우선시 되기 때문이며, 신축지역에 우수의 침투보다는 오히려 우수유도를 하는 시설이 더 적합할 수 있다.

한편, 지속적으로 하천에 직접 우수를 보내도록 관거를 건설하는 것은 도시관망의 수리적 부하를 증가시킬 뿐만 아니라 배수구나 작은 하천에 과중한 부하를 야기 시키게 된다. 그 예로 베를린 북동지역의 관거시스템과 연계된판케(Panke)와 중심의 볼레(Wuhle)하천의 수용력은 이미 그 수용능력이 한계에 이른 상태이고, 지역적으로 우수를 관리하기 위한 시스템과 합류식 관거시스템의 건설이나 기존 시설에 대한 수선 등으로 높은 비용이 요구되고 있는 실정이다. 따라서 우수와 관련된 기존의 관리시스템에 대한 사고의 전환이 요구되고 있으며, 그에 대한 연구와 실험이 베를린 수리국과 수리관리소에 의해 진행되고 있다.

## 2) 분산식 우수침투

베를린은 지난 80년대 이후부터 도시지역에 우수를 지역적으로 분산시켜 지하로 침투시키는 새로운 방법과 시설들을 개발하였다. 분산식 우수침투 방법은 일반적으로 관거망을 통해 우수를 흘려보내는 것보다 더 많은 양의 빗물을 지하로 침투시킬 수 있고, 집중 강우시 현저히 많은 양의 우수를 저류하고 하천이나 도시관거에 부하를 줄여주는 장점이 있을 뿐만 아니라<sup>15)</sup> 하천도 먼지나 오염물질로 인해 발생하는 결정적인 위험에서 벗어날 수 있는 방안이다.

도시의 우수를 지역적으로 분산시키는 방법을 도시의 고밀도 및 중밀도지역에 적용할 경우 기술적으로나 도시형태 등의 지역적인 관계가 적합해야 할 것이다. 각각의 지역에 분산식으로 우수처리 및 침투를 하기 위해서 기존의 길다란 유도로나 저수로가 생략되어야하며 복합적인 방법이 적용될 수 있는데 그 방법으로는 다음과

같다.

### 가) 표면침투

분산식 침투의 가장 기본적인 대안으로 보도나 단지내 중정 등의 공간을 투수성포장으로 우수침투를 유도하는 것이다.<sup>16)</sup> 또한 건물주변의 녹지나 도로변 녹지대에 우수를 침투시키는 것이다. 그러나 이는 대상지역에 표면침투를 할 수 있는 공간의 유무에 따라 적용정도가 다르게 나타난다.

### 나) 투수고랑

이 시설은 대지내 녹지, 소규모 정원, 도로 및 보행로의 측면부에 적용되며, 단지내 도로, 보행자도로, 자전거 도로 등의 도로부분과 포장재로 밀봉된 외부공간, 지붕표면으로부터 유출되는 우수를 지하수 함양 및 하수관거, 정수·배수시설 등의 도시 하수처리망에 부하를 경감시키기 위해서 토양에 침투시키는 시설이다.

투수고랑은 지하수 함양뿐 아니라 하수관거나 정화시설, 배수시설에 부하를 경감시키는 등 경제적으로나 생태적으로 가치있는 대안으로서 이 시설은 추후에도 큰 비용없이 설치가 가능하며 형태상으로 주변의 경관과 잘 어울리는 장점이 있다.<sup>17)</sup>

투수고랑<sup>18)</sup>은 설치가 간단하며, 생태적으로도 가치가 높을 뿐만 아니라 비용상으로도 저렴한 편이다. 특히 여름철 가로수에 관수하는 측면에서는 하나의 대안이 될 수 있으며 시설의 유지관리비용은 매우 저렴하므로 주거단지에 쉽게 적용할 수 있는 방법이다.

### 다) 투수조

투수조<sup>19)</sup>에서는 우수가 잠시 저류되었다가 서서히 토양층으로 침투된다. 투수조의 아래부분은 뚫려있으나 시간이 경과함에 따라서 침전물이 아래부분에 퇴적되고 그로 인해 수직방향으로의 침투는 이루어지지 않는다. 그 대신 투수조의 옆면에 뚫린 구멍을 통해 물이 투수된다.<sup>20)</sup> 따라서 투수조는 동시에 중간저류조의 역할을 하는데, 이는 투수조에서 투수되는 우수량이 유

입량에 비해 적다는 것이다.

투수조는 설치면적이 작기 때문에 유역면적이 작은 지역에 소량의 우수를 처리할 경우에 적합하며 단독주택이나 연립주택지, 또는 도로나 단지내 도로, 작은 광장 등에 적용이 가능하다. 지하수위가 높을 경우에는 적용하기에 제한되거나 너무 높을 경우 불가능할 수도 있다.

라) 유공관이 설치된 투수고랑(Mulden-Rigolen)

우수를 분산적으로 침투시키는 방법중 다양한 우수침투시설을 복합적으로 설치하는 방법이 있다. 특히, 이 유공관이 설치된 투수고랑(몰덴-리골렌 시스템)은 다음의 경우에 적합하다.

- 이용할 수 있는 토지가 적은 경우
- 토양의 투수도가 낮거나 변동이 클 경우
- 하천에 있는 저장시스템으로 유도하여야 할 경우나 수위가 낮은 하천을 높일 경우<sup>21)</sup>

이러한 몰덴-리골렌시스템의 형태는 그림2에 단면으로 설명하고 있다. 이 시스템은 투수고랑과 유공관이 설치된 자갈층(50cm정도의 두께)과 집수로로 구성되어 있는데, 이는 유공관이 설치된 자갈층(리골렌)에서 넘쳐난 물이 하천으로 유도될 수 있도록 유도를 자갈층 중앙에 설치하고 있다.

이 시스템은 그림 1, 그림 2와 같이 깊이 30-40 cm 정도의 식생으로 덮힌 구덩이에서 우수를 잠시 저류시켰다가 시간이 경과함에 따라 그 아래에 있는 자갈로 이루어진 리골렌층으로 침투시키는 과정에서 토양은 유기적이고 생물학적으로 정화되도록 하는 개념을 보여주고 있다. 그림3에 그래프에서 삼각형의 점은 자갈층의 수위를 측정하는 것이며, 사각형의 점은 유공관으로 배출된 양을 나타내는 것이다.

이 시스템은 다양한 토양에 대해서 적용가능하며, 부분적으로는 점성질의 토양에 대해서도 적용이 가능하다. 또한 포장된 표면에서 유출되는 우수량의 최소 7배 정도 저류가 가능하다. 집중 호우시 우수의 유출은 상당히 저하되는데, 이는 몰덴-리골렌(Mulden-Rigolen)시스템에서 빗물

을 몇 일간 저류함으로써 유출을 지연시키기 때문이다. 이로써 하천수량에 미치는 부하도 상당히 저하되고, 지속적으로 일정한 양만큼을 하천으로 방출하게 된다.

이렇듯 지역상황에 적용도가 높은 관계로 이 시스템은 주거지역이나 차량소통이 너무 빈번하지 않은 도로지역에 적용 가능한 것으로 알려져 있다.<sup>22)</sup> 그러나 일반적으로 분산식 우수침투시설을 설치하기 위해서는 다음과 같은 전제조건이 중요하다.

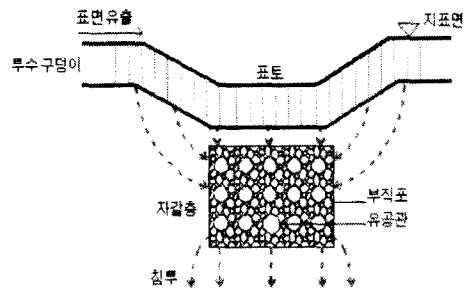


그림 1. 몰덴-리골렌시스템단면

자료: 한국산업기술진흥협회(2000), 환경 친화적 주차공간 조성매뉴얼, p.36.

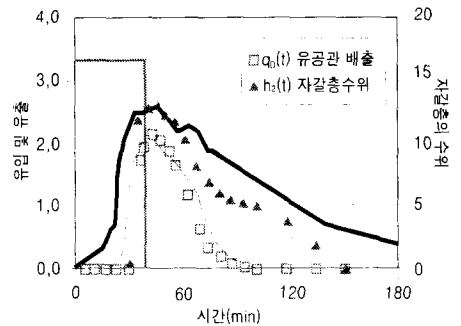


그림 2. 몰덴-리골렌 시스템의 우수침투 성능

\* 유입 및 유출량의 단위: l/s

자료: Dieter Londong(1999), Annette Nothnagel, Bauen mit dem Regenwasser, Muenchen, p.124.

- 투수가 가능한 토양(사토나 사질점토)
- 전체 유역면적에 비례하여 충분히 이용 가능한 투수면적의 확보

- 지하부에 쓰레기 등 오염물질이 없는 지역
- 지하수위로 부터 충분한 이격거리 확보<sup>23)</sup>

그 밖에 지하수의 충분한 보호책이 필요하며, 특히 수자원보호구역과 같은 곳은 더욱 세심한 대책이 필요하다 할 수 있다.

### 3) 건설계획상의 지역내 우수처리 제도

베를린은 수법(水法, Wassergesetz)에서 아직까지는 우수의 침투시설과 관련하여 다루고 있지는 않지만 신 건축지역에 이와 같은 시설을 도입하기 위해서 배수관련 법규 및 건설계획(Bauleitplanung), 지구상세계획(Bebauungsplan)에서 자세하게 다루고 있다.

1997년 8월 27일 건설법(9장 1절 14,16항)이 개정되면서, 우수의 저류 및 침투를 위한 조항이 첨가되었고, 포장면적을 제한하기 위하여 경우에 따라서는 부대시설의 허용을 한정하였다. 또한 자연지역과 경관지역, 보호지역 등의 보전, 관리, 개발에 관한 내용 등이 건설법 9장 1절 20~25항에 제정되어 친환경적 도시로의 근거를 마련하였다.

그러나 기존지역이나 신 건축지역에 분산식 우수처리에 대한 대안 등이 장기적으로 인식되기 위해서는 도시개발계획상에서 고려되어야 할 것이다.

## Ⅲ. 친환경적 우수관리 사례 - 헬레스도르프 주거단지(Großsiedlung Hellersdorf, Berlin)

### 1. 개요

이 단지는 베를린의 북동쪽 외곽에 위치한 대규모 주거단지로서, 1985년부터 1992년 사이에 건설되었다. 5-7층 높이의 조립식 아파트인 이 단지는 총 45,000가구에 100,000명 이상이 거주하고 있다. 통독이전의 동베를린지역에 위치한 이 단지는 동독시설에 완성되지 못하였으며, 통일후 독일연방에 의하여 완성되었으며, 그 과정

에서 1995년 “생태적 측면에서의 대단위 주거단지 완성”이라는 주제하에 지속 가능한 생태적 도시건설을 위한 프로젝트가 이 단지를 대상으로 실행되었다. 그중 하나가 아파트 동사이의 중정을 디자인하는데 있어서 슈베리너 호프(Schweriner Hof)를 대상으로 생태적 원리에 입각하여 조성한 것이 그 예이다.

### 2. 슈베리너 중정의 생태적 우수처리 시스템

1994년과 1995년에 실시한 베를린시의 도시생태적 모델프로젝트 중 하나인 이 사업은 우수저장조와 연못, 침투시설 등을 이용한 복합적인 우수관리체계를 주요내용으로 하며, 그 내용은 다음과 같다.

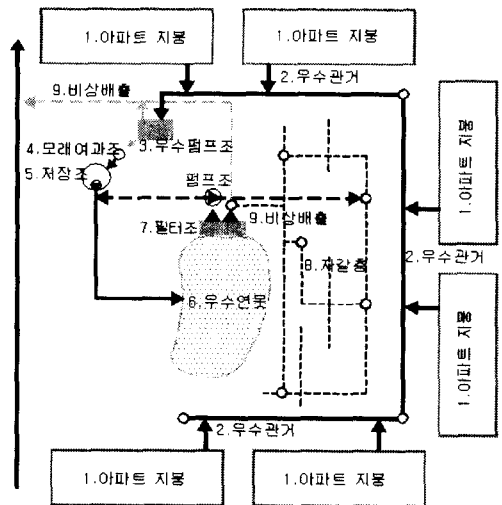


그림 3. 슈베리너 중정의 우수체계도

자료: Senatsverwaltung feur Bauen, Wohnen und Verkehr(1998), Wasser ist Leben: Regenwasserbewirtschaftung in Schwerinerhof, Berlin, p.15

- ① 건물 지붕면에 떨어진 우수를 처마홈통으로 모아서,
- ② 단지의 중정 방향으로 건물전면에 낙수홈통을 통하여,
- ③ 이 관으로부터 우수 펌프조로 흘러들어,

- ④ 모래여과조를 거치고 이 과정에서 1차적으로 우수가 정화된 다음,
- ⑤ 우수저장조(약 400m<sup>3</sup>의 용량)로 펌핑된다.
- ⑥ 연못의 수량에 의해 저장조의 우수가 연못으로 방출되는데, 이는 항상 연못의 수위를 유지하기 위함이다.
- ⑦ 또한 연못에 침전물이 고이는 것을 방지하기 위해서 우수를 필터조를 통해 정화시키고, 펌프조에 의해 다시 연못으로 되돌려진다.
- ⑧ 한편, 앞의 과정에서 우수는 연못 옆에 위치한 녹지대의 지하관거로 유입됨으로써 토양에 물을 공급하는 기능도 갖고 있다.
- ⑨ 집중호우나 강우량이 많을 경우, 넘쳐나는 우수는 비상배출구를 통해 인근의 공공수역으로 연결된 우수관으로 방출하여 처리한다.

### 3. 우수관리시스템 운영의 친환경적, 경제적 효과

1995년 이 시스템이 처음으로 운영되면서 나타났던 문제점을 기초로 하여 1996년에 전체 우수관리시스템을 변경시켰는데, 이는 중정의 외부 녹지공간에 관수를 하기 위해서 아주 더운 날이 계속되는 기간에는 연못의 수위를 낮추고 그 양만큼을 녹지대 지하의 유공관으로 흘려보내는 것이다. 운영기간 중 실험자료에 의하면 이 단지에 전체 유실 우수량 3%, 증발량 33%, 그리고 64%의 매우 높은 우수침투율을 보였다. 이로써 이 지역 근방의 도시관거와 볼레(Wuhle)하천에 부하를 낮추고 우수정화능력을 높인 것으로 나타났다.

그러나 이 시설을 운영하는데 필요한 전력으로 인해 전체적인 비용절감에 효과가 있는지 검토한 결과 시설운영을 위한 전기세가 연간 360DM, 관리비가 3,450DM으로 총 3,810 DM가 소모되었고, 이를 각 세대(이 중정을 둘러싸고 있는 220세대)에 부담시켰을 경우 연간 세대당 9.79DM(약 6,500원, 1DM당 650원)가 드는 것으

로 나타나 쾌적하고 친 환경적인 주거환경을 조성하는데 드는 비용이 일반적으로 인식하고 있는 사실보다 매우 경제적이라는 사실이 검증되어 추후 타 주거단지에 적용할 수 있는 적절한 사례로 드러났다.

## IV. 결론

향후 도시와 주거단지를 개발하는데 있어서 환경측면에서 생각하고 지속적인 도시개발정책과 계획을 이루는데 자연의 삶을 토대로 하고 이를 적극적으로 보호·발전시켜야 하는 개념은 필수적이다. 독일은 친환경적 우수관리와 관련하여 또한 자연적인 물 순환을 유지하기 위하여 도시공간개발계획에 이 부분을 언급하고 있다. 특히, 신 건축사업이나 도시개발 프로젝트에서는 그 지역의 개활지를 이용하여 앞에서 언급한 여러가지 우수관련시설을 적용하고 있다. 그리고 밀도가 높은 주거지역이나 도시외곽의 주거지역에도 토지이용계획과 도시계획, 상세계획 개념상에 이러한 분산식 우수침투를 통합적으로 다루고 있다. 이는 빗물의 침투에 의해 지하수 함양, 하천의 수량 확보, 녹지대나 수목의 관수, 증·발산에 의한 미기후 개선 등, 그 지역에 내린 비를 그 지역에 침투시키고 저류 할 때에 가능하기 때문이다. 그러나 이러한 분산식 우수처리방식은 초기시설 투자비가 합류식보다 많이드는 단점이 있고 관리하는데에도 합류식보다 복잡한 것이 단점이라 할 수 있다.

최근 우리 나라에서도 우수를 생태적으로 처리하기 위하여 도시계획이나 단지 계획시에 방재차원의 개발에 따른 우수 유수지를 신설하지 만 도시나 주거단지의 친환경적 차원에서 우수의 분산식 침투시설이 고려된다면, 시설조성으로 인한 토지의 이용이나 도로 건설에 따른 환경적 문제가 줄어들게 될 것이다. 또한, 이러한 시설을 설치하는데 드는 비용면에서도 계획과정이나 사전에 준비비용이 높음에도 불구하고 일반적인 우수관거시설에 비해 (경우에 따라 약 50%정도)



현저하게 낮은 것으로 나타났다.

그러나 독일과 우리나라의 강우특성이 서로 상이하므로 앞에서 언급한 시설들의 적용에 앞서 기본적인 자료가 검토되어야 할 것이 많다고 사료되며 향후 연구의 과제로 생각한다.

## 주

- 1) Senatsverwaltung feur Stadtentwicklung · Umweltschutz und Technologie(1998), Stadtentwicklungsplan Verund Entsorgung, Berlin, p.83.
- 2) 서울의 강우특성과 비교하면 서울의 년 평균 강수량은 1,227.9mm로써 서울지역 년평균 강우량의 2/3가 6-9월 사이에 집중되고 있다. 1907년 관측 이래 일일 최대 강우량이 378mm까지 관측된 적도 있다(서울시정개발연구원, 1995 : 13).
- 3) 베를린시의 수리국 보고에 의하면 그 양이 연간 80-100m<sup>3</sup>에 이르며, 그 중 대략 1/3이 합류식관거를 거쳐 정화시설로 보내지고, 나머지 2/3가량은 우수관거와 우수배출구를 거쳐 베를린의 하천으로 유입된다.
- 4) 가장 작은 우수관거의 관경은 250mm이며, 집수관거는 원칙적으로 시설관리를 위해서 내부로 사람이 걸어다닐수 있는 규모이다. 대규모의 우수관거나 우수유출관거는 최고 3m높이의 수미터 넓이에 이르는 콘크리트 터널이나 차단벽이 있는 터널로 되어있다.
- 5) 일반적으로 집중호우시 갑자기 늘어나는 빗물을 처리하기 위해서 우수관거 또는 합류식관거의 크기를 하수관거보다 더 크게 산정하고 있으며, 대략 1초당 115 ℓ/ha의 강우량에 대해 우수관거의 크기를 15분동안 10 ℓ/m<sup>2</sup>의 우수를 받아들일도록 산정하였다.
- 6) Mitte, Tiergarten, Wedding, Prenzlauer Berg, Friedrichshain, Kreuzberg, Schöneberg, Charlottenburg, Wilmersdorf 일부지역, Neukölln, Spandau 지역

- 7) 그 지역에서는 우수와 하수가 수압관에 의해 정수시설로 유입되어 정화된다. 합류식관거시스템의 도로 밑 터널과 지하부의 관거망에 추가적으로 16개의 우수펌프시설과 여러개의 배수지로 우수를 유도한다.
- 8) 세스트라세(Seestraße) 지하 합류식관거에 일명 '방어벽'을 설치함으로써 베딩(Wedding)의 집수구역안의 약 300ha 지역에 7,500m<sup>3</sup>의 우수저류공간이 형성된다.
- 9) 베를린 수리국의 조사에 따르면 서베를린 지역과 마찬가지로 동베를린 지역에 있는 기존의 배수지, 저류지, 정화연못, 투수연못에 추가적으로 통합적 기능을 가진 우수관리시설이 여러개 필요한 것으로 밝혀졌다. 이는 관거에 미치는 부하의 감소와 우수유입시 먼지나 오염물질로부터 하천을 보호하기 위하여 연못이나 웅덩이, 침투지와 같은 곳에 우수관리시설이 필수적이다. 현재 동베를린 지역인 판코우(Pankow) 바이센제(Weißensee)와 마짠(Marzahn)지역, 헬레스도르프(Hellesdorf), 부레탈(Wuhletal), 텔토우(Teltow), 다메(Dahme), 룬멜스부르거 부흐트(Rummelsburger Bucht) 지역등지에 약 70여개의 새로운 시설이 계획 중에 있다. 서베를린 지역에는 20여개의 새로운 우수관련시설이 있는데, 특히 노이켈른(Neukölln)에 텔토우(Teltow)수로와 그로센 반제(Großen Wansee)에 있다.
- 10) 베를린의 우수로는 50개의 배수구역에 3,000 km이상의 수로를 갖고 있으며, 약 700여 곳에 우수로가 배출구로 흘러들어 간다. 300여 곳 이상의 입수구는 텔토우(Teltow)의 수로와 연결되어 있는데, 이곳에서 베를린 전 지역의 1/3에 해당하는 우수를 수용하고 있다. 이런 종류의 배수구역은 우수로의 연결관거를 포괄하고 있으며, 일부 배수구역은 상당히 규모가 크며 도시외곽에서 텔토우지역의 수로까지 이어지는 약 19km<sup>2</sup>면적의 리호텐라데 랑크빗쯔(Lichtenrade-Lankwitzer) 우수집수장으로 배출된다. 이 지역의 동부지역은 대

채로 미개발지인데, 이곳에서 우수의 약 1/3이 지표로 침투된다. 그럼에도 불구하고 우수집수장의 관경이 약 1,800-2,700mm에 이른다.

- 11) 우수저류연못은 주로 마잔(Marzahn), 호헨쉴하우젠(Hohenschönhausen), 헬레스도르프(Hellersdorf) 지역의 신축지역에 큰 도로나 주차장, 지붕면에서 쏟아지는 많은 양의 빗물을 담아내기 위하여 조성되었다. 또한 베를린 서쪽지역인 라이니켄도르프(Reinickendorf)지역에 몇개의 우수저류연못이 조성되었다. 이 중 가장 큰 저류연못 중의 하나가 템펠호프(Tempelhof) 공항의 콜롬비아담(Columbiadamm) 부근에 설치되었다.  
우수저류연못과 비슷한 기능을 하는 홍수용 저류연못(Hochwasserrückhaltebecken)은 Wedding 지역의 Panke하천 하류와 Reinickendorf지역의 Packereigraben에 설치되어 있다.
- 12) 정화연못의 높은 효율성에도 불구하고 이제 까지 조성된 것에서 그리 만족스럽지 못한 사항으로는 우선 연못의 정화력이 한정되어 있다는 점이고, 다른 하나는 ha당 1초에 15ℓ 정도의 우수저장능력으로 그 이상의 우수량에 대해서는 수용할 수 없다는 점이다.
- 13) 켈렌도르프(Zehlendorf), 빌머스도르프(Wilmersdorf), 라이니켄도르프(Reinickendorf)지역의 프로나우(Frohnau)등지의 주거지역에 자연적으로 발생한 웅덩이나 늪이 있는 경사지의 도로 옆에 이러한 투수연못이 만들어 졌고, 샤로텐부르그(Charlottenburg) 서쪽, 슈판다우(Spandau), 부코우(Buckow), 베를린 외곽의 동쪽지역인 말스도르프(Mahlsdorf)에도 이러한 연못이 여러개 조성되었다.
- 14) 투수연못은 인접한 유역면적에 따라 50-1000㎡이상까지 매우 다양하다. 유역면적이 약 3300㎡일 경우 투수연못의 크기는 대략 100㎡에 깊이는 1m정도가 적합하다(강우강도가 30mm일 경우).

- 14) Senatsverwaltung für Stadtentwicklung · Umweltschutz und Technologie(1998), Stadtentwicklungsplan Ver- und Entsorgung, Berlin, p.90.
- 15) Senatsverwaltung für Stadtentwicklung · Umweltschutz und Technologie(1998), 상계서, p.90.
- 16) Klaus W.König(1996), Regenwasser in der Architektur, Staufen bei Freiburg. p.156.
- 17) 이 시설은 우수를 일시적으로 저류하면서 표면에 침투시키는 시설로서 대부분 잔디나 관목으로 덮힌 0.2-0.5m 깊이의 구덩이 형태이다. 길이는 5-25m, 폭은 1-5m, 깊이 0.2-0.5m정도로서, 소규모 외부공간에 적합하며, 그 크기는 유역면적의 5-20%정도이다.
- 18) 직경 1-2m, 깊이 1.5-3m인 투수조의 경우 연립주택과 같은 소규모 주거단지에 적합하다. 유역면적 120㎡인 경우 직경 1.5m, 깊이 2m의 투수조가 적합하다. 그러나 30mm 이상 오는 폭우시에는 그 효과가 떨어진다.
- 19) Klaus W.König(1996), 상계서, p.161.
- 20) Klaus W.König(1996), 상계서, p.160.
- 21) 베를린시의 수리국에서는 최근 베를린 전지역에 토양투수도 및 수자원 보호구역등의 지하수 현황에 대하여 지도를 작성하고 이를 지속적으로 보완하고 있다.  
베를린에는 이러한 분산식 우수침투시설을 적용한 사례가 여러곳에 있으며, 특히 카로우노르트지역의 물덴-리골렌(Mulden-Rigolen) 시스템은 개인소유의 대지에 설치하였으며, 롬멜스부르거 부크트지역에는 공공지역에 이 시스템을 설치하였다.
- 22) Senatsverwaltung für Stadtentwicklung · Umweltschutz und Technologie(1998), 상계서, p.92.
- 23) Senatsverwaltung für Bauen, Wohnen und Verkehr(1998), Wasser ist Leben: Betreuung und Betriebskosten der Regenwasseranlage, Berlin, p.21.

## 참 고 문 헌

1. Der Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau(1991), Vitalisierung von Großsiedlungen, Expertise Informationsgrundlagen zum Forschungsthema Staedtebauliche Entwicklung von Neubausiedlungen in den fuenf neuen Bundeslaendern, Bonn-Godesberg.
2. Dieter Londong(1999), Annette Nothnagel, Bauen mit dem Regenwasser, Muenchen.
3. Giesela Lehmkuhl(1992), Oekologisch orientierte Entwicklungskonzepte fuer Wohnanlagen der 60er und 70er Jahre, Institut fuer Wohnungsbau und Stadtteilplaung TU Berlin, Berlin.
4. Klaus W.König(1996), Regenwasser in der Architektur, Staufen bei Freiburg.
5. Senatsverwaltung feur Bauen, Wohnen und Verkehr(1998), Wasser ist Leben, Berlin.
6. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung · Umweltschutz und Technologie(1998), Stadtentwicklungsplan Verund Entsorgung, Berlin.
7. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung · Umweltschutz und Technologie(1998), Zukunft Wasser : Dokumentation zum Symposium zur Nachhaltigkeit im Wasserwesen in der Mitte Europas, Berlin.
8. 김두하(1997), 단지개발에 있어 강수량 지하 침투 증대를 위한 침투시설의 도입가능성 연구, 한국조경학회, Vol.25.No.1 pp.62-72.
9. 권경호(1999), 유출수 저류·침투를 위한 자연배수체계설계 지침에 관한 연구, 서울대석사논문.
10. 한영해(1995), 환경친화적 주거단지 기본계획, 서울대석사논문.
11. 이은희(1997), 생태학적 측면에서 고찰한 빗물 순환체계화 도시화와의 관계, 한국조경학회, Vol.24.No.4 pp.123-131.
12. 이태구(1997), 독일의 생태적 도시건축, 대한건축학회지, 제41권, 12호, p.p.86-92,