



# 새만금 수질 개선을 위한 도시개발지역 LID 적용 방안 연구





# 새만금 수질 개선을 위한 도시개발지역 LID 적용 방안 연구

2010

**국립중앙도서관 출판시도서목록(CIP)**

새만금 수질 개선을 위한 도시개발지역 LID 적용 방안 연구 / 김보국, 장성화. — 전주 : 전북발전연구원, 2011  
p. ; cm. — (Jthink ; 2010-BR-09)

ISBN 978-89-6612-007-9 93530 : 비매품

수질 개선[水質改善]  
수질 관리[水質管理]

539.93-KDC5  
628.168-DDC21

CIP2011001178

## 연 구 진

---

연 구 책 임 김 보 국 • 전북발전연구원 연구위원  
공 동 연 구 장 성 화 • 전북발전연구원 연구위원

---

연 구 자 문 김 현 숙 • 전북대학교 도시공학과 교 수  
권 대 한 • 전주시정개발연구원 연구원  
박 정 원 • 어반뱅크 도시연구소 소 장  
이 정 민 • 토지주택연구원 수석연구원  
장 한 두 • 전북대학교 도시공학과 교 수  
황 대 호 • 한국환경정책평가연구원 연구원  
신 행 순 • 전라북도 물환경관리과 과 장

---

연구관리 코드 : 10GI06

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서  
전라북도의 정책과는 다를 수도 있습니다.

이보고서는  
UNIFIED FACILITIES CRITERIA-LOW IMPACT DEVELOPMENT MANUAL(Department of  
Defense, USA, 2010.4),  
LID기법을 활용한 자연형 비점오염원 관리방안 마련(환경부, 2009.12),  
도시지역 비점오염원 제로화사업 타당성조사보고서(환경관리공단, 2009.10),  
Low-Impact Development Design Strategies(Prince George's County, Maryland, 1999.6),  
Low Impact Development-A Literature Review(EPA, 2000.10)의 연구결과를  
재구성한 결과입니다.



# I. 연구의 개요

## 1. 연구목적

- 기후변화에 의한 불투수면의 증가는 도시의 물관리 환경을 변화시키고 있으며 미래 수자원 부족현상을 초래할 것으로 예상됨
- 기후변화에 따른 집중호우 및 건조한 기후는 전북지역의 지속가능한 물관리시스템 구축을 위해 빗물활용기술을 효과적으로 도입하고 활용할 수 있는 연구를 필요로 하고 있음
- 또한 장마시 초기빗물은 하천의 수질오염을 가중시키는 원인 되고 있어 LID(Low Impact Development, 저영향개발)와 같은 빗물활용기술을 적절하게 이용함으로써 도심내 비점오염을 저감하고자 함

## 2. 연구방법

- 문헌조사
  - 국내외 LID활용 사례 및 제도적(조례, 재정 등) 기반 조사
- 전문가 자문
  - 도내외 전문가의 자문을 통한 연구추진방향 설정의 적정성 검토 및 LID적용 방향 설정

### 3. 연구의 범위

- LID 기법의 국내외 적용사례
  - － 우수저류 및 체류시설, 우수저장시설 등 국내외 LID 적용사례 조사
- LID 기법 적용 적정 모형
  - － 도시개발시 적용 가능한 적지분석기법, 적용기술, 설계기법 등 전라북도에 적용 가능한 모형 제안
- LID 기법 적용에 따른 환경효과 분석
  - － 비점오염물질저감, 물순환체계 개선 등의 환경개선 효과분석
- LID 기법 적용을 위한 제도개선 방안
  - － LID활용을 위한 전라북도 제도적 기반마련 방안
- 결론 및 정책제언

## II. 연구결과 및 정책적 제언

### 1. 도시개발지역에 대한 수질오염총량관리제 대응

도시지역에서 유출되는 지표수는 질소와 인과 같은 화학적 영양염류를 꽤 많은 양 포함할 수 있다. 이러한 영양염류가 지역 수체에 도달하였을 때 부영양화를 일으킬 수 있다. LID 구성요소중 몇가지는 설계에 따라 효과정도가 다르게 영양염류를 여과한다. LID는 물과 토양내 질소와 인을 여과할 뿐만아니라 식물이 세포조직을 형성하는 데 영양염류를 이용하는 식생을 활용하도록 하는 방법이다.

## 2. 도심내 불투수성공간 증가에 따른 열섬현상 대응

LID시설도입의 주요 목적중 하나는 물 순환체계의 개선이다. 도시의 과도한 개발로 인해 왜곡된 도시의 물 순환체계는 우수의 빠른 유출과 토양내 침투량 저감으로 인해 도심하천의 건천화, 열섬 및 열대야 현상 등을 야기 시키고 있다.

## 3. LID적용 활성화를 위한 제도개선방안

### 1) 공공부문의 선도사업 추진

LID는 현재 적용 초기단계로서 자치단체는 물론 민간에서의 적용 필요성에 대한 인식이 부족한 실정이다. 또한, 관련 시설의 설치는 공공에서의 관련 기반시설의 조성 과 연계되어야 제대로 효과를 발휘할 수 있기 때문에 적용의 활성화를 위해서는 먼저 공공부문에서 빗물의 관리와 이용에 대한 기준을 설정하고 계획의 수립 및 실행에 적극 노력할 필요가 있다.

### 2) 민간부문의 적용 활성화를 위한 다양한 지원대책의 마련

민간부문의 LID 적용 활성화를 위해서는 관련 시설의 설치 및 운용에 대한 다양한 인센티브 제공을 통해 초기단계에서부터 적극적인 확산을 도모해야 한다. 특히 도로나 공원, 공공시설을 제외한 대부분의 개발사업들이 민간 영역에 포함된다는 점을 감안할 때 민간 개발사업에 대한 관련 시설의 설치 등에 대한 관련 기술 및 비용의 지원은 LID 적용 활성화에 크게 기여할 것으로 판단된다.

### 3) 정책 확산을 위한 시범사업 및 홍보

공공영역은 물론 민간영역에서의 LID 적용 활성화를 위해서는 실제로 건설되고 있는 지역을 대상으로 관련 시설의 설치와 함께 사업 효과를 직접 볼 수 있는 기회를 제공해줄 필요가 있다. 이를 위해서는 지역 내에서 추진 예정인 대규모 개발사업을 시범사업으로 선정하여 추진하는 것이 가장 효과적인 방안의 하나라 할 수 있다.

### Ⅲ. 정책제언

#### 1. LID시설에 대한 비점오염시설 인증필요

국내외 다수의 연구결과에 따르면 LID시설이 영양염류제거에 효과가 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 도심내 LID 적용지역에 대해서는 비점오염관리지역으로 인정받음과 동시에 LID설치시설을 비점오염시설로 인정받음으로써 수질오염총량관리제를 통하여 관리되어야 할 부하량의 여유량을 확보할 필요가 있음

#### 2. 도시정비계획 추진시 LID적용 필요

구도심의 경우 LID도입이 어려운 점이 있음 따라서 가로정비와 같은 사업이 추진될 경우 우선적 추진이 필요하며, 또한 신규 택지개발사업 추진시 LID를 적용하여 개발전과 개발후의 유출율을 동일하게 유지시켜 줌으로써 물 순환체계를 개선할 필요가 있음

#### 3. 환경부와 국토해양부에서 계획하고 있는 시범사업에 대한 우선적 추진

환경부는 도심지역에 대한 비점오염문제를 해결하기 위하여 LID적용방안에 대한 연구를 수행한 바 있으며 국토해양부의 경우 도심내 건전한 물 순환체계 구축을 위하여 신규택지개발시 LID적용을 계획하고 있음. 아직 LID에 대한 인식이 미진함으로 LID를 추진할 계획을 수립하고 있는 부처를 중심으로 시범사업 추진가능성을 예측하고 도내 물순환왜곡 지역과 수질오염총량관리 애로지역을 중심으로 국가지범사업 추진을 계획할 필요가 있음

#### 4. 도시계획심의회 심의조건으로 신규개발 또는 재개발시 적용조건 삽입

저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립 지침의 적용 범위는 광역도시계획, 도시기본계획 및 도시관리계획 수립권자인 시·도지사 및 시장·군수가 지역의 특성 및 여건 등을 고려하여 적용할 수 있도록 규정한 권고적 성격의 지침으로 기존 도시계획 수립 지침의 보완적 지침의 위상을 가지고 있어 자치단체의 의지가 없으면 그 실행을 담보할 수 없다는 한계를 가지고 있다. 따라서 시·도지사 및 시장·군수가 광역도시계획, 도시기본계획 및 도시관리계획 수립시 심의조건에 LID적용을 삽입하여 도심내 물순환체계 개선, 오염물질을 제어할 수 있도록 하여야 할 것이다.



# 목 차

제 1 장 서 론 .....	3
제 1 절 연구의 배경 및 목적 .....	3
제 2 절 연구의 범위 및 방법 .....	3
제 2 장 LID기법의 국내외 적용사례 .....	7
제 1 절 LID 개요 .....	7
제 2 절 국외사례 .....	34
제 3 절 국내사례 .....	39
제 3 장 LID기법 적용 적정 모형 .....	45
제 1 절 LID 계획과정 .....	45
제 2 절 LID기법의 수리학적 평가 .....	51
제 4 장 LID기법 적용을 위한 제도개선 방안 .....	69
제 1 절 관련 법·제도의 검토 .....	69
제 2 절 제도개선 방안 .....	79
제 5 장 LID기법 적용에 따른 환경효과 분석 .....	97
제 1 절 LID설계사례 .....	97
제 2 절 환경적효과 .....	117
제 6 장 결론 및 정책제언 .....	127
제 1 절 결    론 .....	127
제 2 절 정책제언 .....	130
부    록 .....	135

## 표 목 차

<표 2-1> 불투수성 면적비율에 따른 강우유출수 오염물질 배출량 .....	11
<표 2-2> 주거 및 상업지역의 강우유출수 오염물질 평균농도 .....	12
<표 2-3> 공업지역의 비점오염원 오염수준 .....	12
<표 2-4> LID 특성의 기능 .....	14
<표 2-5> 인제거에 대한 전형적 처리절차 .....	15
<표 3-1> 대표적인 LID 곡선지수 .....	53
<표 3-2> 용량과 침투제어를 위해 필요한 부지의 대표적 백분율 .....	65
<표 4-1> 저탄소 녹색도시 조성 도시계획 수립지침 중 물관리계획 관련 규정 .....	70
<표 4-2> 지역지구제에서 물순환 관련 규제 요소 및 적용 목적 .....	71
<표 4-3> 생태면적을 공간유형 구분 및 가중치 .....	72
<표 4-4> 생태면적을 등급 기준 .....	73
<표 4-5> 자연지반녹지율 등급 기준 .....	74
<표 4-6> 우수유출 저감시설의 분류 .....	76
<표 4-7> 우수유출 저감시설의 종류 .....	77
<표 4-8> 기반시설 계획 전·후의 빗물관리시설 조성 목적과 기준 .....	80
<표 4-9> 도시공간 내 오픈스페이스의 분류 .....	83
<표 5-1> LID시설후 계획된 저감부하량 .....	103
<표 5-2> 현재조건에 구성요소들의 CN값 계산 .....	105
<표 5-3> 제안된 조건에서 구성요소들의 CN값 계산 .....	106
<표 5-4> 현재와 제안된 조건에서 유출깊이(5-in 강우) .....	108
<표 5-5> LID를 이용한 제안조건에서 구성요소들의 CN값 계산 .....	109
<표 5-6> 그래프화 된 침투배출결과의 요약 .....	110
<표 5-7> 개발후 저장용량 .....	111
<표 5-8> VSMP Engineers' Toolkit 에 제시된 수질제어효과 .....	117
<표 5-9> 현장 Bioretention 연구 운영결과 1 .....	118
<표 5-10> 현장 Bioretention 연구 운영결과 2 .....	119
<표 5-11> 다양한 처리형태에 따른 오염물 제거효율 .....	121
<표 5-12> Grassed Swales에 대한 장기간 오염물제거 평가 .....	122
<표 5-13> LID 기법별 비점오염원 제거율 .....	123

## 그림 목 차

<그림 2-1> LID의 주요요소 .....	8
<그림 2-2> 불투수면 증가에 따른 물순환 양상 변화 .....	10
<그림 2-3> Bioretention Area .....	17
<그림 2-4> Dry Well Schematic .....	18
<그림 2-5> Filter Strip .....	19
<그림 2-6> Riparian Buffer Management .....	20
<그림 2-7> Grassed Swale Schematic .....	21
<그림 2-8> Infiltration Trench Schematic .....	23
<그림 2-9> Inlet Device Schematic .....	24
<그림 2-10> 빗물통(Rain Barrel) .....	25
<그림 2-11> 물탱크(Cistern) .....	26
<그림 2-12> Manufactured Tree Box Filter .....	27
<그림 2-13> Vegetated Roof Cross-Section .....	28
<그림 2-14> Permeable Paver .....	30
<그림 2-15> Permeable Pavement Cross-Section .....	32
<그림 2-16> Drainage in Both Types of Pavement .....	32
<그림 2-17> 저영향 개발기법(LID) 적용전후 비교 .....	34
<그림 2-18> BSD/LID 적용전(왼쪽)과 후(오른쪽)의 주거지 설계 사례 .....	35
<그림 2-19> 주거지 설계방식에 따른 질소/인 부하량 비교 .....	35
<그림 2-20> BSD/LID 적용 전(왼쪽)과 후(오른쪽)의 상업지역 설계 사례 .....	36
<그림 2-21> 상업지역 설계방식에 따른 질소/인 부하량 비교 .....	36
<그림 2-22> 일본 요코하마시의 우수지 .....	37
<그림 2-23> 빗물수유출억제의 모식도(나고야시) .....	37
<그림 2-24> 독일 길젠키르헨 주거단지의 빗물집수시설 .....	38
<그림 2-25> 분산형 빗물관리 도시조성공사 시범지역 개요 .....	41
<그림 3-1> 저영향개발 분석절차 .....	52
<그림 3-2> 관례적 그리고 LID CNs사이의 토지피복 비교 .....	55
<그림 3-3> NRCS 강우분포에 대한 대략적인 지리학적 경계 .....	56
<그림 3-4> 개발전 유출량과 침투유출율을 유지하기 위해 IMPs를 위해 요구되는 단지퍼센트를 결정하기 위한 절차 .....	59

<그림 3-5> 저류와 체류를 이용해 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 저류저장량의 비교 .....	60
<그림 3-6> 침투유출율을 유지하기 위한 저장용량 .....	61
<그림 3-7> Tc의 변화에 따른 저장용량의 비교 .....	62
<그림 4-1> 공원내 광폭 도랑 설치 사례(독일) 및 도랑 단면 예시 .....	85
<그림 4-2> 식수대/완충녹지를 활용한 도로 우수관리시설 사례(좌) 및 단면 예시 .....	86
<그림 4-3> 보도와 차도의 우수처리 분담을 위한 단면 예시 .....	87
<그림 4-4> 보도가 없는 도로의 침투형 빗물받이를 이용한 우수관리시설 단면 예시 .....	87
<그림 4-5> 학교 등의 화단, 투수성 주차장을 이용한 우수관리시설 단면 예시 .....	88
<그림 4-6> 독일 Kirchsteigfeld 단지(좌) / 독일 베를린 Rummelsburg 주차장(우) .....	89
<그림 4-7> 단독주택 우수관리시설 단면 예시(좌) 및 독일의 우수저장통 설치 사례(우) .....	89
<그림 4-8> 비침투형 홈통받이와 도랑 설치 사례(독일 Karow Nord) .....	90
<그림 4-9> 주택지 투수성 주차장과 저류비침투형 홈통받이 사례 (Kirchsteigfeld 단지) .....	90
<그림 4-10> 독일 베를린 중심상업지구 포츠다머 플라츠의 빗물관리 사례 .....	92
<그림 4-11> 투수성 주차장 조성 사례 .....	93
<그림 4-12> 독일(좌)와 일본(우)의 도심내 대규모 옥상녹화 사례 .....	93
<그림 5-1> 조경구역과 주차구역 .....	98
<그림 5-2> 배수유입구 .....	100
<그림 5-3> Drainage Areas of Proposed Practices .....	101
<그림 5-4> Office Complex Retrofit .....	102
<그림 5-5> 현재상태의 지도 .....	104
<그림 5-6> 제안된 주택 .....	106
<그림 5-7> 제안된 조건들(일반적인 계획) .....	107
<그림 5-8> 제안된 조건의 지도(LID계획) .....	109
<그림 5-9> 주택지 LID설치 전후 모식도 .....	116
<그림 5-9> Peppercorn Place에서 Bioretention 시스템 .....	119
<그림 5-10> 플로리다 주차장 연구지역(Rushton, 1999) .....	121
<그림 6-1> 인제거를 위한 전형적 처리절차 .....	128



# 제 1 장

## 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

제 2 절 연구의 범위 및 방법



# 제1장 서론

## 제1절 연구의 배경 및 목적

- 기후변화에 의한 불투수면의 증가는 도시의 물관리 환경을 변화시키고 있으며 미래 수자원 부족현상을 초래할 것으로 예상됨
- 기후변화에 따른 집중호우 및 건조한 기후는 전북지역의 지속가능한 물관리시스템 구축을 위해 빗물활용기술을 효과적으로 도입하고 활용할 수 있는 연구를 필요로 하고 있음
- 또한 장마시 초기빗물은 하천의 수질오염을 가중시키는 원인 되고 있어 LID(Low Impact Development, 저영향개발)와 같은 빗물활용기술을 적절하게 이용함으로써 도심내 비점오염을 저감하고자 함

## 제2절 연구의 범위 및 방법

### 1. 연구의 범위

- LID 기법의 국내외 적용사례
  - － 우수저류 및 체류시설, 우수저장시설 등 국내외 LID 적용사례 조사
- LID 기법 적용 적정 모형
  - － 도시개발시 적용 가능한 적지분석기법, 적용기술, 설계기법 등 전라북도에 적용가능한 모형 제안

- LID 기법 적용에 따른 환경효과 분석
  - － 비점오염물질저감, 물순환체계 개선 등의 환경개선 효과분석
- LID 기법 적용을 위한 제도개선 방안
  - － LID활용을 위한 전라북도 제도적 기반마련 방안
- 결론 및 정책제언

## 2. 연구방법

- 문헌조사
  - － 국내외 LID활용 사례 및 제도적(조례, 재정 등) 기반 조사
- 전문가 자문
  - － 도내외 전문가의 자문을 통한 연구추진방향 설정의 적정성 검토 및 LID적용 방향 설정



# 제 2 장

## LID 기법의 국내외 적용사례

- 제 1 절 LID 개요
- 제 2 절 국외사례
- 제 3 절 국내사례



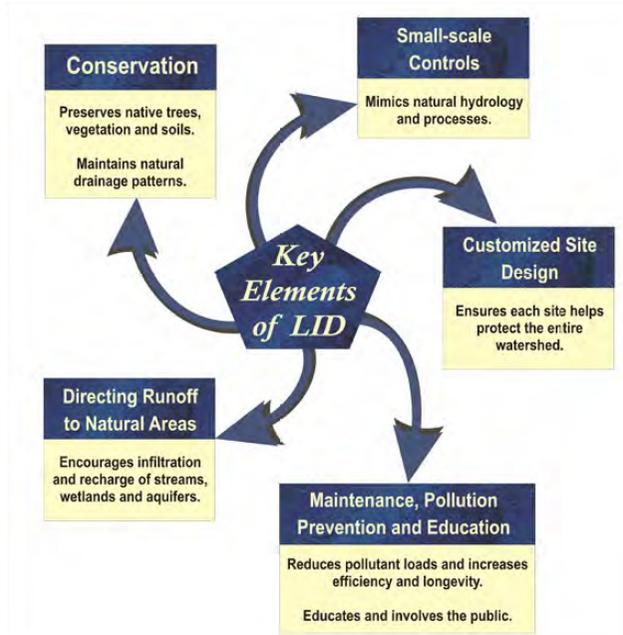
## 제 2 장 LID기법의 국내외 적용사례

### 제 1 절 LID개요

#### 1. LID정의

저영향개발(LID : Low Impact Development)은 자연자원 보호 목적과 환경적 규제 필요사항들을 이행하기 위해 부지의 자연 수문학적 기능을 유지하고 회복시키는 빗물 관리전략이다. LID는 자연의 다양성을 유지하면서 유출율을 감소시키고, 오염물질을 여과하고, 그리고 지하로 물의 침투를 용이하게 하고자 하는 특징들을 지니고 있다. 수오염물을 저감시키고 지하수 충전을 증가시킴으로써 LID는 받아들이는 지표수의 수질을 향상시키고 하천유역의 흐름율을 안정화시키는데 도움을 줄 것이다.

LID는 부지 전체 계획 전략 뿐만아니라 높은 지역성, 소규모, 통합 IMPs(Integrated Management Practice)로 알려진 분산형 원인제어 기술들을 하나의 시스템으로 하고 있다. IMPs는 건축, 인프라 또는 경관 디자인으로 통합 될 수 있다. 관로 또는 수로연결망내에 유출수를 모으고 대규모 빗물관리시설내로 흘러내리는 것을 제어하기 보다 LID는 발생원에 보다 근접해 있는 흐름을 분산하거나 유출수를 관리하는 분산형을 채택하고 있다. LID는 유출수를 제어하기 위한 다양하고 유용한 기술들을 포함하고 있기 때문에 계획이 지역 규제과 자원보호에 필요한 사항들 뿐만아니라 부지의 제한사항들에 따라 맞춤형이 될 수 있다. 재개발과 같은 새로운 프로젝트와 수도권 개선프로젝트 모두가 LID를 실행해 볼 수 있는 후보군으로 볼 수 있다.



〈그림 2-1〉 LID의 주요요소

LID는 1990년에 Prince George's County와 메릴랜드 환경자원부에서 선진적으로 이용하기 시작했다. Prince George's County는 인구가 80만 이상이며, County내 토지 이용은 넓은 지역에 인구가 분포하여 있는 자연지역과 농업지역에서부터 조밀하게 인구가 분포하여 있는 도심지역까지 매우 다양하였다. Prince George's County에서 LID를 실행하기 위한 노력은 생물학적 체류 셀의 개발과 이용으로부터 시작되었다. 생물학적 체류셀은 높은 다공성 토양혼합물로 기존 토양을 교체하고, 얇게 패인 곳이 형성되도록 땅고르기를 하였고, 특별하게 선택된 식생으로 식재를 함으로써 만들어 졌다. 식재는 일시적으로 포화된 토양조건 뿐만아니라 지역 유출수내 포함된 오염물질을 견딜수 있어야만 한다. 비가 올 때 생물학적 체류지역은 유출수를 수집하고 물이 토양을 통하여 흘러내리게 함으로써 오염물질을 여과할 수 있다.

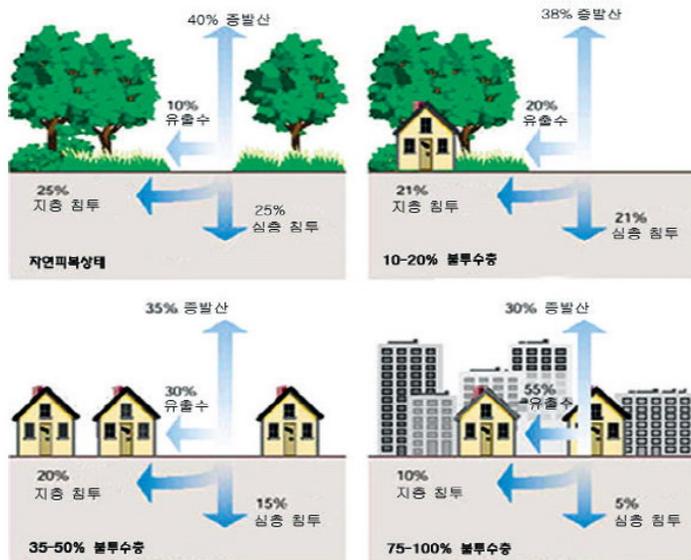
생물학적체류에 대한 County's 초기 경험은 County's 자원보호프로그램에 LID를 결합하기위하여 최선의 노력을 기울이도록 이끌었다. 1988에 County는 첫 번째 도심 LID메뉴얼을 만들었다. 이것이 나중에 2000년 LID 메뉴얼을 인쇄하여 전국적으로 분배하면서 확산되었다. 실행가능성 연구가 2002년에 어떻게 LID가 도시지역에 새로이 적용될 수 있는지에 대한 가이드라인을 제공하는 Low Impact Development Center에

의해서 준비되었다. Portland, Oregon을 포함한 많은 지자체들이 그들의 도시자원보호 프로그램에 LID 기술들을 결합하고 있다. 비록 LID개념과 기술들이 미국내 많은 계획가들에게 새로운 것들 이지만 이 기술들중 많은 것이 수년동안 유럽과 아시아에서 성공적으로 이용되어지고 있다.

몇가지 성공적 파일럿 프로젝트가 미해군과 다른 DoD(Department of Defense) Agency에서 지난 수 년간 수행되어져 왔다. 유출수관리, 건설과 유지비용의 절감, 그리고 지역사회의 관심과 같은 부가적 이득을 창출하는 등 프로젝트의 효과들이 LID에 대한 중요한 관심을 이끌어 냈다. 도전은 보다 넓은 범위에서 DoD의 까다로운 요구사항들에 대한 접근방식과 기술들을 채택하고 있다.

## 2. 도시지역 비점오염원 특성<sup>1)</sup>

도시개발지역의 포장율이 증가하여 토양의 불투수도가 증가하며, 이에 따라 강우의 토양침투율이 저하되고 직접유출량이 증가하여 비점오염부하량을 증가시키는 요인이 된다. 도시지역은 인구밀도가 높고 생산 활동이 활발하며, 지표면 중 불투수지표면이 다른 지역에 비해 넓게 차지하고 있다. 따라서 각종 활동으로 인해 발생하는 비점오염 물질이 다량으로 발생하며, 이들 오염물질은 토양 침투 등 자연정화를 거치지 못하고 수계로 바로 유입되어 수 환경에 악영향을 미치고 있다. 도심지 오염물의 하천유입은 강수의 유출량에 비례하는데, <그림 2-2>에서와 같이 자연적인 토양의 경우 유출율이 10%, 도시와 같이 포장이 많고 불투수지표면이 많은 경우 최고 55%가 하천으로 유출된다. 특히, 불투수 지표면의 유형 중에서도 도로는 하천으로의 강우유출수 직접 유입 가능성과 유독성 오염물질 유출가능성이 있는 주요 오염원 중 하나이다.



(그림 2-2) 불투수면 증가에 따른 물순환 양상 변화(Arnold and Gibbons, 1996)

1) 한국환경관리공단, 도시지역비점오염제로화사업 타당성조사보고서, 2009.10

## 1) 주거지역

주거 및 상업지역에서의 강우유출수와 비점오염물질 배출 특성은 당해지역의 인구 밀도 및 경제활동 정도에 따라 달라진다. 대규모 주거지에서 발생하는 주요 비점오염 발생원으로는 기름방울, 식물류, 찌꺼기 등 잡쓰레기를 포함한 각종 오염물질을 들 수 있는데, 이들이 불투수성 표면에 축적되어 있다가 강우시 유출수와 동시에 방류수역으로 씻겨나간다

〈표 2-1〉 불투수성 면적비율에 따른 강우유출수 오염물질 배출량

(단위: kg/ha/yr)

토지용도	현장 불투수성(%)	T-P	T-N	BCD5	용출가능	
					Zn	Pb
단독 주거지	20	0.55	4.26	10.76	0.08	0.04
	25	0.65	5.04	12.78	0.09	0.06
	30	0.76	5.83	14.91	0.11	0.06
	35	0.86	6.73	17.04	0.12	0.07
단독+연립주거지	35	0.86	6.73	17.04	0.12	0.07
	40	0.98	7.51	19.17	0.13	0.08
	45	1.09	8.3	21.19	0.16	0.08
	50	1.19	9.19	23.32	0.17	0.09
아파트 지역	50	1.19	9.19	23.32	0.17	0.09
	55	1.3	9.42	25.45	0.18	0.1
	60	1.4	10.76	27.58	0.20	0.1
준상업 /공업지	60	1.4	10.76	27.58	0.20	0.1
	65	1.51	11.66	29.59	0.21	0.11
	70	1.61	12.44	31.72	0.24	0.11
	75	1.73	13.23	33.85	0.25	0.12
	80	1.83	14.12	35.87	0.26	0.12
고밀도 상가	80	1.83	14.12	35.87	0.26	0.12
	85	1.94	14.91	38.00	0.28	0.13
	90	2.04	15.69	40.13	0.29	0.15
	95	2.15	16.59	42.26	0.3	0.15
	100	2.24	17.26	43.94	0.31	0.16

출처 : 한국환경정책평가연구원, 2002

## 2) 상업지역

대부분의 상업지역은 주차장과 도로 등의 불투수면적의 증가로 강우 시 유출수량은 개발전의 상황보다 상당히 증가한다.

〈표 2-2〉 주거 및 상업지역의 강우유출수 오염물질 평균농도

(단위: mg/ℓ)

오염물질	주거지역		혼합지역		상업지역	
	평균	COV	평균	COV	평균	COV
BOD5	10	0.41	7.8	0.52	9.3	0.31
COD	73	0.55	65	0.58	57	0.39
TSS	101	0.96	67	1.14	69	0.85
TKN	1,900	0.73	1,288	0.5	1,179	0.43
NO2 + NO3	736	0.83	558	0.67	572	0.48
Total-P	383	0.69	263	0.75	201	0.67
Soluble-P	143	0.46	56	0.75	80	0.71
Total-Pb	144	0.75	114	1.35	104	0.68
Total-Cu	33	0.99	27	1.32	29	0.81
Total-Zn	135	0.84	154	0.78	226	1.07

주) COV(분산계수) = 표준편차/평균(출처: EPA, 1983)

## 3) 공업지역

공업지역에서는 각종 생산 활동으로 인해 비점오염물이 많이 발생하고 있으며 특히 각종 유독성 오염물질을 함유하고 있는 경우도 있다. 공업지역에서 발생하는 폐수 등 점오염원은 지표수로 유입되기 전에 대부분 처리되며 새롭게 문제로 대두되는 것은 원료의 야적, 제품원료의 방치 등과 강우에 노출된 공장시설에서 유출되는 비점오염물질이다.

〈표 2-3〉 공업지역의 비점오염원 오염수준

(단위: μg/L)

구분	오염물	최고농도			EPA 수질기준
		1회	2회	3회	
목재 보관시설	아연	714	1,300	12,500	14
	구리	120	360	1,730	2
	크롬 6가	300	20	1,580	16
	비소	10	1,048	2,420	360
	수은	180	3	1,160	2
비료 혼합 및 포장시설	암모니아	3,200	236,000	289,000	1,400
해운화물 취급시설	암모니아	2,750,000	76,000	440,000	1,400
	구리	2,070	320	780	3
	납	1,700	1,800	1,600	140
제재소	아연	1,180	-	-	30
	구리	10	-	-	4

출처: Water Environment Federation, 1993

### 3. 분산형 소형시스템

#### 1) 소개

새로운 토지의 지표면 전략인 LID 실행은 부지내에 작은 조경과 제조된 장치를 포함하고 있다. LID를 이용한 유출수 관리는 원거리의 하류까지 관리해야 하는 필요성을 줄이고자 하는 것이다. 분산형 소형시스템은 다음과 같은 몇가지의 중요한 유출수 관리 기능을 수행할 수 있다.

- 침투율을 증가시킨다.
- 부지로부터 흐름을 감소시키고 침투를 위한 시간을 증가시켜 유출수가 느리게 흐르도록 한다.
- 체류시간을 더한다(강우사상 동안 지표면에 저장된 물의 양)
- 물이 더 하류로 이동하기 전 일시적으로 제어되도록 하는 체류시간을 더한다.
- 매디아를 통한 오염물질 여과로 수질을 개선한다.

#### 2) 대표적인 LID 실행

LID는 특정 우수관리 목적을 위해 선택과 맞춤형이 될 수 있는 계획요소들(IMP)을 이용한다. 이러한 구성요소들의 선택적 이용과 맞춤형은 건설과 유지를 위해 다양한 기준과 사양들을 포함하게 될 것이다. 아래에 LID 관행과 설계, 시공과 유지보수 특성을 모아 설명하고 있다.

분산형 소형시스템은 아래와 같으며 제한되지는 않는다.

- 토양개량(Soil Amendments)
- 생물학적체류(Bioretenion)
- 건조정(Dry Wells)
- 식생여과대(Filter Strips)
- 식생완충지(Vegetated Buffers)
- 식생수로(Grassed Swales)
- 침투도랑(Infiltration Trenches)

- 유입오염물제거장치(Inlet Pollution Removal Devices)
- 빗물통과 물탱크(Rain Barrels and Cisterns)
- 나무상자여과(Tree Box Filters)
- 식생지붕(Vegetated Roofs)
- 투수성포장(Permeable Pavers)

<표 2-4>는 LID 특성에 의해 제공되어지는 다양한 유출 관리 기능을 나타내고 있다. 이들 특성들에 대한 더욱 자세한 설명과 계획접근이 3)통합관리사례에 소개되어 있다.

<표 2-4> LID 특성의 기능

구분	효과와 기능				
	느린유출	침투	저류	체류	수질제어
토양개량		○			
생물학적체류		○	○	○	○
건조정		○	○		○
식생여과대	○				○
식생완충지	○				○
식생수로	○				○
침투도랑		○			○
유입장치					○
빗물통			○		
물탱크			○		
나무상자여과					○
식생지붕	○			○	○
투수성포장		○			○

### (1) 영양염류 공정

도시지역에서 유출되는 지표수는 질소와 인과 같은 화학적 영양염류를 꽤 많은 양 포함할 수 있다. 이러한 영양염류가 지역 수체에 도달하였을 때 부영양화를 일으킬 수 있다(부영양화는 수체에 일정시간 이상 영양염류가 축적되는 과정에 자연스럽게 발생하는 것이다. 부영양화는 인간의 활동에 의해 종종 이 과정을 눈에 띄게 급진전시키곤 한다). 3)에 설명되어진 LID 구성요소중 몇가지는 설계에 따라 효과정도가 다르게 영양염류를 여과한다. LID는 물과 토양내 질소와 인을 여과할 뿐만아니라 식물이 세포 조직을 형성하는 데 영양염류를 이용하는 식생을 활용하도록 하는 방법이다.

## (2) 수질에 대한 처리 단계 접근법

불투성지역에서 발생하는 유출수가 흐르는 전형적인 흐름경로 초기 유출수질제어는 다음 단계에서 따라 수행될 수 있다.

① 최소화 : 처리하기전 유출수의 많은 양이 축적되게 하는 것 보다는 작은양으로 효과적으로 오염물을 처리할 수 있는 부지를 설계하라.

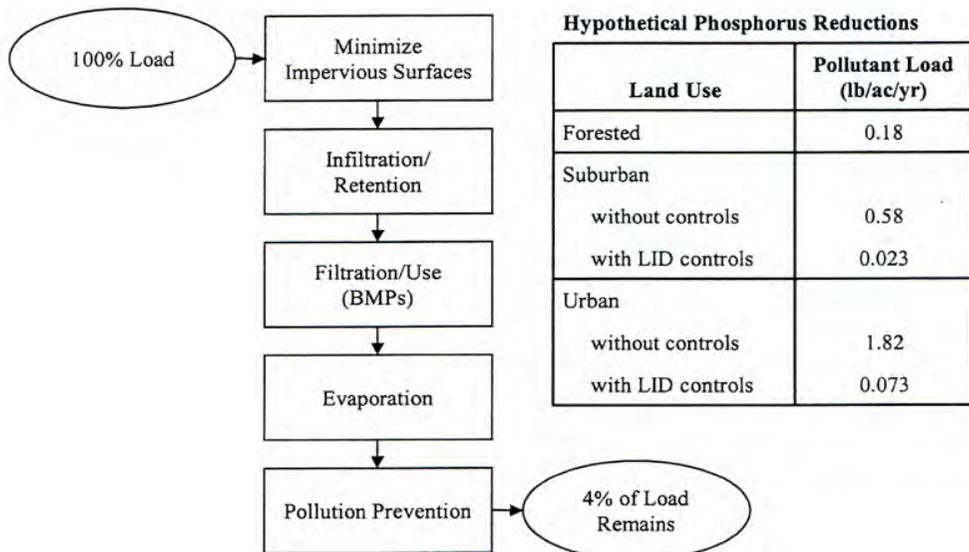
② 자연적으로 여과하라 : 오염물을 여과하기 위해 식생과 토양의 물리적, 화학적 그리고 생물학적 프로세스를 이용하라

③ 시공된 여과 : 오염물을 여과하기 위해 분배형 소형시스템의 물리적, 화학적 그리고 생물학적 프로세스를 이용하라

④ 증발 : 입자성물질을 제거하기 위하여 얇고 움푹파여진 곳에 저장하고 증발시켜라.

⑤ 오염물예방 : 오염부하를 줄이기 위해 비료사용을 엄격하게 제한하고 성실하게 거리청소를 하는 것과 같은 관리방식이 포함되어야 한다(위에 4단계는 대상지의 특성에 관한 것인 반면 마지막단계는 준공후 유지에 관한 것 이다).

〈표 2-5〉 인제거에 대한 전형적 처리절차



### 3) 통합관리실행

#### (1) 토양개량

토양유연제와 비료를 포함한 토양개량은 토양을 식물의 성장에 더욱 적합하게 그리고 물의 저류능력을 증가시킨다. 토양개량의 활용은 현재 식생, 특히 고유 식물종이 공존할 수 있는 조건을 만들어준다.



자료 : EPA

① **적정이용** : 토양개량은 토양의 침투능력을 증가시키고 부지로부터 유출을 저감시키는데 도움이 된다. 토양이 더욱 효과적으로 수질을 유지하도록 하기 위해 물리적, 화학적 그리고 생물학적 특성을 변화시키는 부과적 효과를 얻을 수 있다.

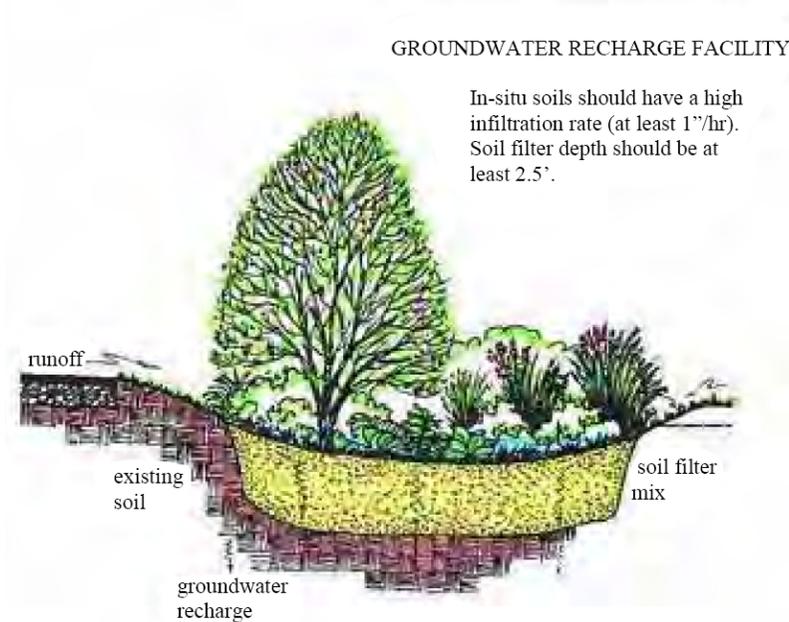
② **주요유지관리사항** : 지역내 일부 관할구역에서 부지완성도에 따라 토양개량이 부지에 대한 퇴적물제어계획의 일부로써 검토될 수 있다. 개량된 토양의 정기적인 검토가 토양여과능력, 폭기 그리고 유기적 구성에 영향을 미칠수 있는 요소들로 평가되어야 한다. 전형적으로 준공후 다져지고, 수분이 많거나 침수된 토양, 빈약한 표토조건, 증가된 개발, 그리고 유기함량감소가 주로되고 있는 지역에 관심을 가져야 한다. 덧붙여 잠재적 문제지역내 개량된 토양의 정기적 토양여과율 분석을 권장한다.

③ **보수** : 토양개량을 위한 개선사항은 토양의 여과능력을 회복하기 위한 것이다. 전형적으로 여과능력의 저감은 다짐현상 또는 잔디같은 지피식물의 과도한 뿌리메트화를 초래한다. 개선조치의 첫 번째 단계는 광범위한 기계적 에어레이션이다. 만일 이것이 여과율을 회복시키지 못한다면 토양을 원관 가래로 갈아 엷는 유기적 개량을 통

하여 부지를 안정시켜야 한다.

## (2) 생물학적 체류

생물학적체류 지역은 일반적으로 식생 표면 아래에 다공성 뒤펅과 웅덩이가 확장 되는 것을 피하기 위해 침투를 유도하고 수질을 여과하는 암거로 이루어져 있다.



자료 : PGDER

〈그림 2-3〉 Bioretention Area

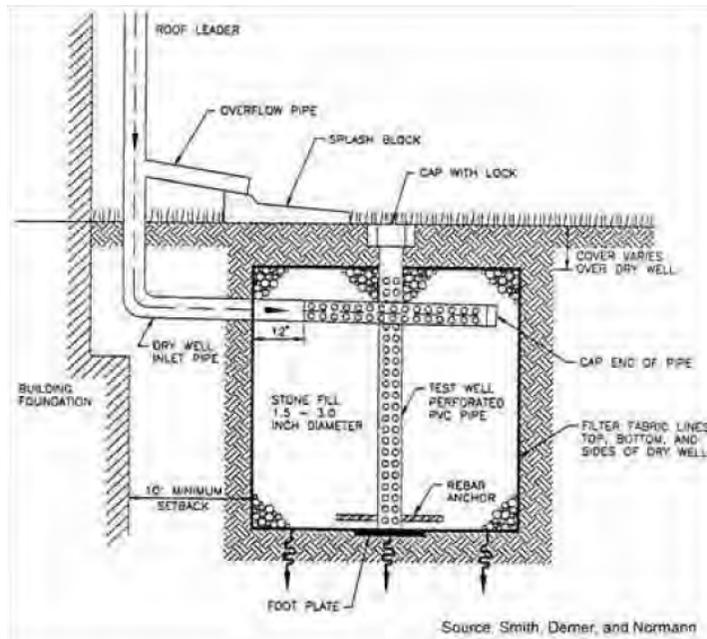
① **적정이용** : 생물학적체류는 상업지역, 주거지역 그리고 산업지역내 불투수성 지표를 흐르는 빗물을 처리하기 위해 이용되어진다. 빗물관리를 위한 생물학적체류의 이용은 중앙분리대, 주차장섬, 습지대에 이상적이다.

② **주요유지관리사항** : 정기적인 유지관리에는 나무와 관목의 연 2회 건강평가 그리고 죽고 병든 식생의 순차적 제거를 포함해야 한다. 유지관리는 대상지 경관의 규칙적 유지관리를 포함해야 한다. 만일 생물학적체류가 주택개발에 놓이게 된다면, 유지관리의 책임은 거주자에 달려있다. 생물학적체류 셀내 고유식물종의 이용은 비료, 살충제, 물 그리고 총괄적인 유지관리 요구사항들을 감소시킬 것이다.

③ 보수 : 예방과 저독성대책 이용이 필요하면 병든식생을 처리해야한다. 오염의 정도가 식물성장, BMP의 효과, 토양교체를 저해하는 독성수준에 도달하였을 때 요구되어진다. 다른 잠재적 작업들은 죽은 식생의 교체, 토양 pH 조절, 유입지점에 침식보수, 뿌리덮개채움, 암거배수 방해물제거, 구조물 넘침현상 보수 등이다. 오염물 부하와 토양 차원에서 준공후 5~10년내 교체될 필요가 있다.

### (3) 건조정(Dry wells)

건조정(Dry well)은 일반적으로 자갈 또는 돌과 같은 골재로 채워진 구덩이로 이루어져 있고 지붕홈통과 포장지역으로부터 물을 모을 수 있는 지점에 위치해 있다.



자료 : Stormwater Management for Maine, 1995

〈그림 2-4〉 Dry Well Schematic

① 적정이용 : 건조정은 작은 불투수지역(침투도랑에 대한 대안으로서)을 처리하기에 적절하며 아마도 도랑이나 다른 시설이 설치되어 있지않은 물이 많이 고여있는 경사지에 유용하다. 건조정은 특히 거주지역 차도 또는 지붕홈통으로 유출되는 물을 처리

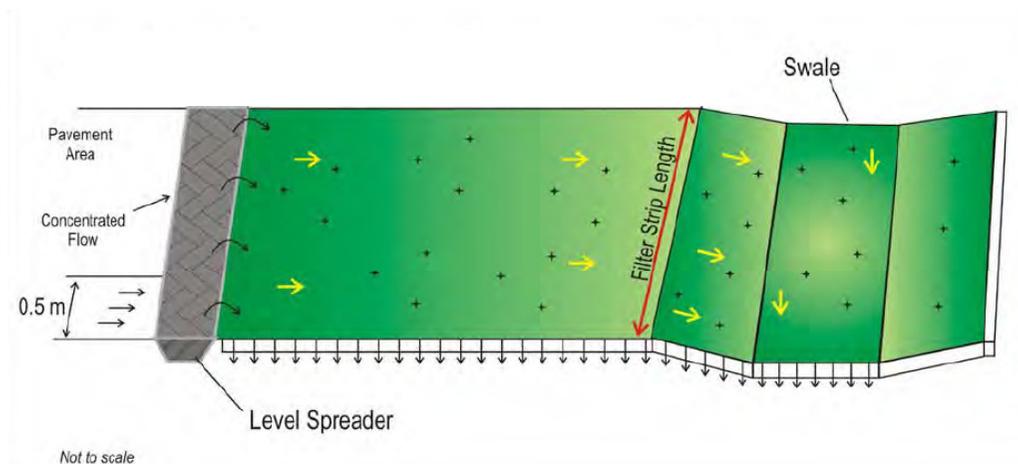
하기에 적합하다. 높은 침전물 부하가 있는 넓은 지역과 투수성에 한계를 지니고 있는 토양내에 설치하는 것은 피한다.

② 주요유지관리사항 : 건조정은 일반적으로 단독주택에 이용된다. 유지관리 책임이 보통 집주인에 있다. 유지관리가 최소화되고 흠통을 막는 쓰레기의 빗물배수를 청결하게 하는 것을 포함한다.

③ 보수 : 건조정은 결이고운 침전물의 과부하가 발생하면 일정시간 이상 방해를 받을 수 있다. 시설의 표면에 빗물사상후 물이 머무르른 현상이 있다면 방해현상은 분명하게 발생한다. 적절한 보수행위는 먼저 자갈을 파내고 다음으로 침전을 제거하기 위해 파낸후 충분한 침투능력을 가지고 있는 토양층이 들어나게 한다.

#### (4) 식생여과대(Filter Strips)

식생여과대는 땅위를 흐르는 빗물의 흐름을 따라 밀도있게 식재된 식생띠를 말한다.



〈그림 2-5〉 Filter Strip

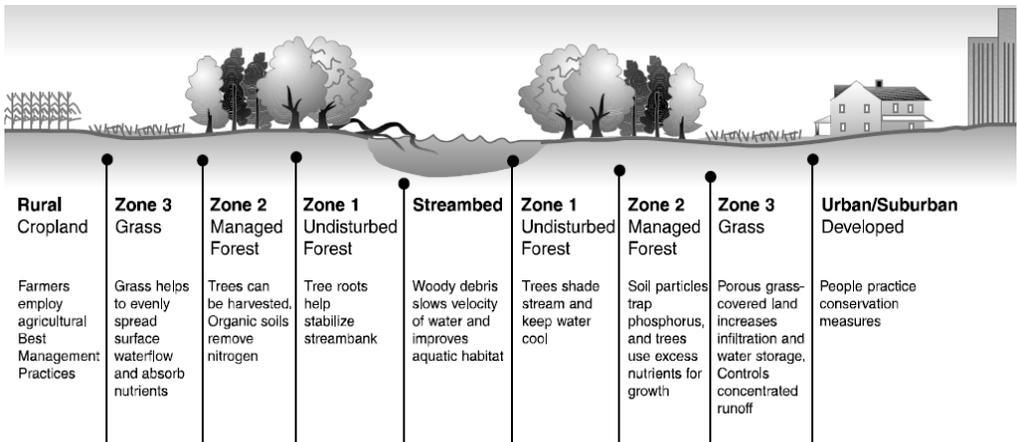
① 적정이용 : 자연적 또는 공학적으로 설계된 식생여과대의 이용은 식생덮개가 잘 조성되어 있고 흐름의 수로화기 쉽게 생성되지 않는 완만하게 경사진 지역에 한한다. 식생여과대는 길, 고속도로, 지붕수직낙수흠통, 매우 작은 주차장 그리고 투수성표면 등으로부터 유출수를 처리하는데 적절하다. 개울 완충지 주변부 뿐만 아니라 구조적 수행을 위한 사전처리로서 이상적 구성요소이다.

② 주요유지관리사항 : 식생여과대는 벌초, 관개, 잡초제거와 같은 표준 식생관리를 필요로 한다. 일반적인 유지관리 활동은 침식여부에 대해 최소 년 2회정도 식생여과대를 점검해야 하며 또한 식생의 손상 그리고 호우유출 기간후 부가적 점검 등을 포함한다. 최근 생태학적여과에 관한 연구에서는 벌초에 따른 잔디높이 그리고 벌초주기가 오염물질 제거율에 어느정도 영향을 미친다고 보고하고 있다. 그러므로 벌초는 안전과 심미적인 점을 고려하여 또는 잡초를 억제하고 나무식생을 위하여 년에 2~3회 정도 필요하다

③ 보수 : 특히 고속도로를 따라 쓰레기가 식생여과대에 축적되는 경향이 있다. 잡동사니(litter)제거 필요성은 정기적 점검을 통해 결정된다. 그러나 잡동사니는 항상 벌초기간에 제거되어야 한다.

### (5) 식생완충지(Vegetated Buffers)

식생완충지는 지표면유출과 얇은 지하수로 부터 침전물, 영양염류 그리고 화학물질을 거르고 여과하는 기능을 가지고 있다.



자료 : Maryland Cooperative Extension Fact Sheet 724

〈그림 2-6〉 Riparian Buffer Management

① 적정이용 : 개울, 시내, 강을 따라 형성된 식생완충지는 볼만한 경관을 제공하고 수로에 도달하기 전 퇴적물과 화학물질을 제거함으로써 수질을 개선할 수 있다. 더불어 홍수제어, 지하수충전, 토양침식방지 그리고 야생동물서식지의 보존 또는 개선을

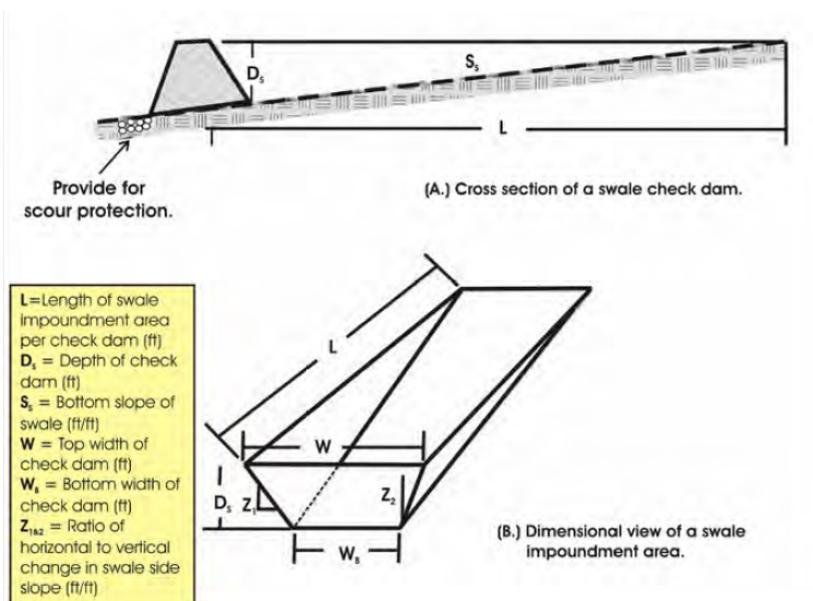
제공한다. 잘 설계된 완충지는 시내 제방을 안정화 시킬 뿐만 아니라 우수유출수를 흡수하는 역할을 한다.

② 주요유지관리사항 : 식생완충지는 최대 수질을 달성과 야생동식물 서식지의 모니터링을 통한 관리가 필요하다. 최소한 1년에 한차례 그리고 심한 홍수후 수일이내에 항상, 퇴적물침전의 증가, 침식 또는 집중된 흐름채널의 개발을 위해 점검해야 한다. 잡초와 침투종 제어는 나무와 덩굴의 생존과 빠른 성장을 위해 필수적인 것이다. 다양한 동물종들이 새끼를 데리고 다니는 4월 15일부터 8월 15일사이에는 강기슭에서 일하는 것은 삼가야 한다.

③ 보수 : 만일 완충지역의 폭이 충분하다면 식생완충지는 스스로 유지될 수 있다. 수문학의 변화, 가뭄, 과도한 목축 또는 홍수 및 화재와 같은 자연재해는 완충지를 재식재, 재설치의 필요가 발생할 수 있다.

## (6) 식생수로(Grassed Swales)

식생수로는 유출을 늦추고 침투가 용이하도록 도와주는 얇게 풀로 뒤덮여 있는 수리학적 운송매체이다.



자료 : NVPDC, 1991. In EPA, 1999d.

〈그림 2-7〉 Grassed Swale Schematic

① 적정이용 : 식생수로의 적합성은 토지이용, 토양형태, 유역의 불투성 그리고 식생수로시스템의 면적과 경사 등에 달려있다. 일반적으로 식생수는 크기 4ha이하, 경사 5%이하인 배수지역으로부터 유출수를 관리하는데 이용되어질 수 있다. 자연적으로 저지대에서의 이용에 권장할 수 있고 자연적 배수 코스는 보존되고 활용되어 져야 한다.

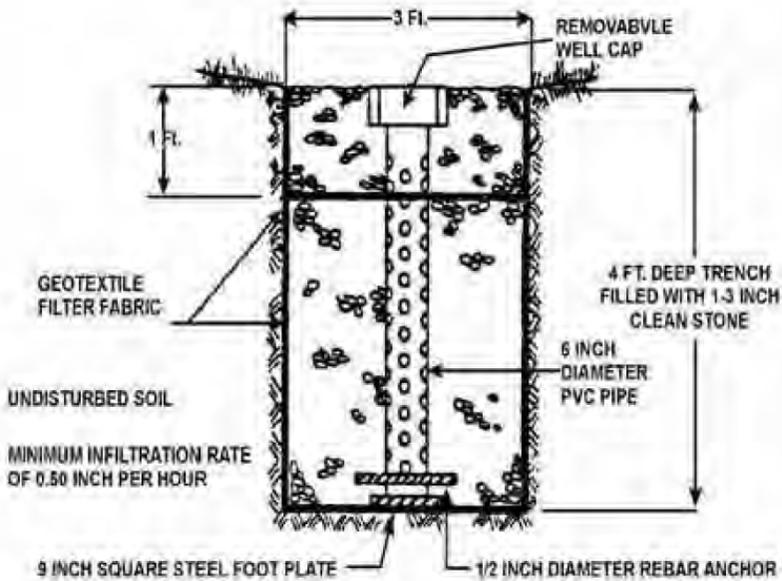
② 주요유지관리사항 : 유지관리의 목적은 수리학적 기능을 유지하고, 수로효과를 제거하고, 식생밀도를 유지하고, 건강한 초지를 유지하는 데 있다. 유지관리 활동에는 정기적인 벌초(흐르는 깊이 보다 절대 짧게 초지를 벌초하지 않는다), 잡초제어, 가뭄기간중 살수, 땅이 드러난 지역의 재파종, 돌부수러기와 방해물의 청소 등이 있다.

③ 보수 : 벌채된 것은 수로로부터 제거되어야 한다. 축적된 퇴적물은 저습지에 물 흐름이 집중되는 것을 피하기 위해 지침에 따라 제거되어야 만 한다. 초지피복은 두꺼워야 하고 필요에 따라 재파종 되어야 한다.

유지관리 조작중 제거된 고여있는 어떠한 물이라도 허가된 배출위치에서 적절하게 처리되어야만 한다.

## (7) 침투도랑(Infiltration Tranches)

침투도랑은 돌맹이로 메워진 도랑이다. 도랑은 홍수가 발생하는 동안 유출수를 모으고 침투에 의해 토양내로 방출하는 기능을 한다.



자료 : SWRPC, 1991. In EPA, 1999c

〈그림 2-8〉 Infiltration Trench Schematic

① 적정이용 : 수질제어와 침투유출 감소를 위하여 체류연못과 같은 다른 우수관리 장치들과 연결하여 사용할 수 있다. 도랑을 막을수 있는 높은 수준의 침전물 또는 탄화수소(Oil 그리고 그리스)를 포함한 유출수는 종종 잔자갈실(grit chamber), 수질유입구, 침전물거름, 저습지 그리고 식생여과대와 같은 다른 장치들에 의해 전처리 된다.

② 주요유지관리사항 : 주요 유지관리목적은 도랑기능상실을 유도하는 방해물을 방지하는 것이다. 침투도랑은 호우가 있을 후 점검이 이루어져야 하며 축적된 돌부스러기 또는 물질은 제거되어야 한다.

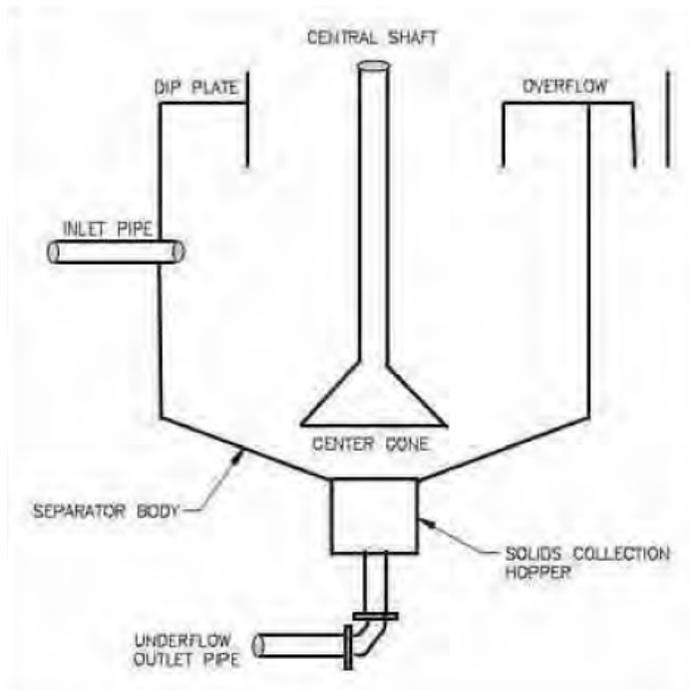
면밀한 년 단위 조사는 도랑이 적절하게 배출되는지 확인하기 위해 관찰정을 통한 모니터링이 이루어져야 한다. 여과섬유를 가지고 있는 도랑은 퇴적된 침전물을 상층의 작은 부분을 제거하고 도랑내 물질을 조사함으로써 점검할 수 있다. 식생완충대가 이용되어질 때에는 규칙적으로 별초를 실시해야 하고 주요 홍수가 있은후 침식이나 다른 피해를 점검해야한다.

③ 보수 : 침투도랑의 기능장애에 대한 보수는 시스템을 방해하는 돌맹이와 퇴적물

을 제거하는 것이다. 도량은 토양의 침투능력을 충분히 확보하도록 파낸 후 골라야 한다. 돌맹이는 퇴적물을 제거하기 위해 씻고나서 대체되어야 한다. 침전물 방해 가능성을 제거하기 위해 주변지역을 안정화시키는 것도 중요하다.

### (8) 투입장치(Inlet Devices)

투입장치는 퇴적물과 다른 오염물을 제거하기 위해 침전과 분리단계를 거치며, 물이 통하여 흐르도록 한 구조물이다.



자료 : Tyack & Fenner, 1997. In EPA, 1999b

〈그림 2-9〉 Inlet Device Schematic

① 적정이용 : 이 기술은 자체적으로 이용되어지거나 전체 우수제어 전략의 한부분으로 다른 우수관리 장치들과 연계하여 이용되어질 수 있다. 수력학적분리는 토지이용이 제한된 지역에 이상적이다. 더불어 수력학적 분리는 거의 시스템내 어느 위치에도 놓을 수 있으며 우수관리에 있어 문제를 일으킬 가능성 있는 곳에 이용하는 것이 이상적이다.(오염물의 높은 농도가 발생하기 쉬운 곳, 예를들어 주유소 같은) 거대한

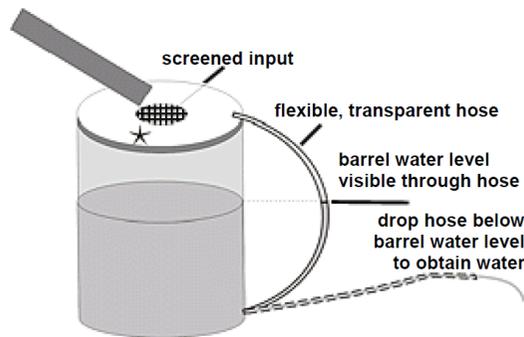
우수관리시설의 설치에 따른 토지 이용성 감소는 수력학적 분리기와 같은 해법을 필요로 하고 있다.

② 주요유지관리사항 : 수력학적 분리기의 적절한 유지관리는 퇴적물이 단위공정의 퇴적물 용량에 도달하기 전 제거되어야 하기 때문에 설치 첫해 동안 자주 점검을 하도록 한다. 퇴적물 깊이는 계량봉 이나 막대기를 이용하여 측정할 수 있다. 그뒤에 퇴적물제거는 분리기의 형태에 따라 오염물진공청소기나 진공트럭을 이용한다. 설치 첫해가 지난후 점검은 퇴적물의 관찰율에 따라 계획된다. 일반적으로 수력학적 분리기는 최소의 유지관리를 요구하고 있으나 관심의 정도가 적을 경우 전반적으로 오염물제거 효율이 낮아지게 될 수 있다.

③ 보수 : 일반적으로 잘못된 구조물과 장치에 대한 보수행위는 장치의 제거나 대체를 필요로 한다. 퇴적물이나 오염물의 과도한 우회(bypass)는 장치의 추가나 변경을 필요로 하게 된다.

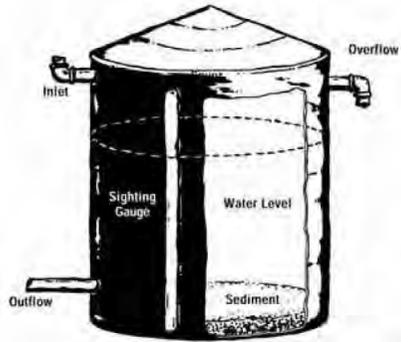
### (9) 빗물통(Rain Barrels)

빗물통은 나중에 잔디와 정원에 재이용하기 위한 목적으로 옥상유출수를 저장하기 위해 지붕흡통이 있는 건물의 밖에 놓는다. 물탱크(또는 수조) 또한 옥상유출수를 모으지만 꽤 큰용량의 제조된 탱크나 지하에 건설된 지하저장지역에 물을 저장하는 것은 아니다. 물탱크와 물통은 펌프장치없이 보충될수 있으며 중력에 의한 자연적인 흐름에 의존한다.



자료 : Maryland DNR Green Building Program

(그림 2-10) 빗물통(Rain Barrel)



자료 : Texas Guide to Rainwater Harvesting  
 <그림 2-11> 물탱크(Cistern)

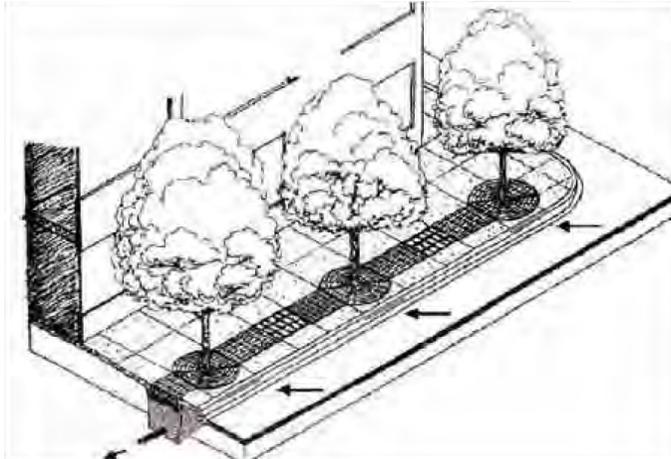
① 적정이용 : 빗물통과 물탱크는 매우 작은 홍수시에 첨두유출율을 지연시키고 감소시켜 유출량을 줄일수 있는 낮은 비용의 물관리장치이다. 빗물통과 물탱크 모두 정원, 퇴비에 퇴적물과 용존염에 가장 자유로운 화학적으로 미처리된 연수의 공급원으로 이용될 수 있다.

② 주요유지관리사항 : 빗물통에 요구되어지는 유지관리는 작고, 전체 또는 일부 구성물과 부속물에 대해 단위공정의 규칙적인 점검으로 구성된다. 모든 구성물은 최소 일년에 두차례 점검되어야 하고 필요에 따라 수리되거나 고쳐져야 한다. 만일 물탱크가 관개수의 보충수 공급을 위해 이용되어진다면 물탱크에 대한 유지관리 필요사항은 아래와 같다. 음용수를 목적으로 설계된 물탱크는 수질과 여과시스템에 대해서는 년2회 검사와 같은 보다 높은 유지관리 사항이 요구된다. 물탱크는 구성물과 부속물 전체에 대해서는 최소 년2회 규칙적인 점검이 이루어져야 한다. 전적으로 단위공정 대체와 수리 그리고 일부 구성물과 부속물은 필요에 따라 이루어진다.

③ 보수 : 빗물통과 물탱크에 아주 드물게 기계부분이 있다. 스크린 또는 밸브와 같은 구성물이 고장나더라도 쉽게 대체할 수 있다. 철과 콘크리트 같은 물질로 건설된 커다란 물탱크는 콘크리트 회반죽 이나 철 용접을 이용한 벽면의 수리가 필요할 수도 있다.

## (10) 나무박스여과장치(Tree Box Filters)

나무박스여과장치는 일반적으로 도시지역에 가로수를 포함하고 있는 지상컨테이너이다. 이 여과시스템은 특히 수개의 단위공정이 전지역에 분배되어 있을 때 유출수 수질제어에 효과적이다. 유출수는 배수조에 들어가기전 식생과 토양에 의해 여과되는 나무박스로 직행한다.



자료 : Virginia DCR Stormwater Management Program

〈그림 2-12〉 Manufactured Tree Box Filter

① **적정이용** : 나무박스여과장치는 신규개발에 따른 규제사항들을 만족시키고, 시내의 보호와 회복, 합류식월류수 제어(CSOs), 기존도시지역의 새로운 장착 그리고 저수지 수변보호와 같은 다양한 우수관리 목적들을 충족시킨다. 소형 나무박스여과장치는 특정지역특성에 맞추기 위해 용량과 수질을 제어할 수 있도록 되어있다. 나무박스여과장치는 우수관리를 위해 이용가능한 토지를 효과적으로 이용하게 하면서 심미적 부가가치를 제공한다. 일반적으로 경관식물(관목, 장식풀밭, 나무와 꽃)은 생태학적체류시스템의 필수적인 부분이다. 이상적으로 식물은 범람과 가뭄의 조건이 번갈아 일어나더라도 견딜수 있는 것을 선택해야만 한다. 그리고 토양의 여과능력을 감소시키는 침습성 뿌리시스템은 피하도록 한다.

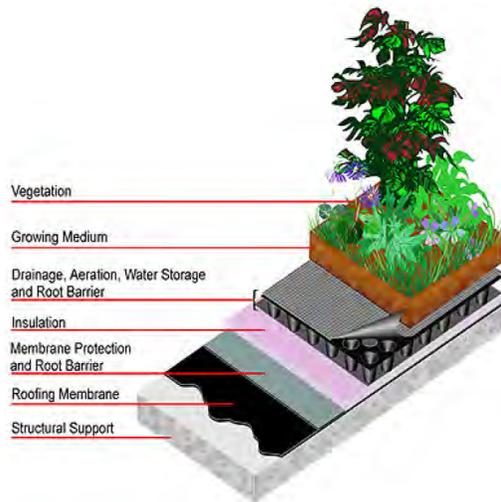
② **주요유지관리사항** : 나무박스여과시스템은 유지관리가 적게 요구된다. 유지관리는 연간 정기적인 점검과 쓰레기와 잔해의 규칙적인 제거를 포함한다. 유지관리의 첫 2년

은 일반적으로 단일 그리고 다중단위공정 나무박스필터장치의 구매를 포함한다. 쓰레기, 잔해 그리고 퇴적물의 제거, 뿌리덮개의 인공주입 그리고 식물의 관리와 대체를 포함한다. 극한 가뭄동안 식물은 다른 경관재료들과 같은 방법으로 물을 줄 필요가 있다.

③ 보수 : 식물은 뿌리구조가 토양지역을 완전히 뒤덮어 여과시설에서 과도하게 성장하게 되거나 환경적 스트레스를 받을 경우 교체해야 한다. 비록 그들이 교통소통에 견딜수 있게 설계되었기 때문에 드물게 발생할 수 있지만 구조물 상부에 쇄살대가 파괴되어 대체될 수 있다. 토양이 유출물에 의해 오염될 수 있으므로 제거되거나 적절하게 처리해야 한다.

### (11) 식생지붕(Vegetated Roofs)

녹색지붕, 생태적지붕 또는 자연지붕으로 알려진 식생지붕은 여과, 흡수 또는 강우 억류에 의한 수질의 도시화 효과를 완화시키는데 도움을 주는 구조적 구성요소이다.



자료 : American Wick Drain Corp

〈그림 2-13〉 Vegetated Roof Cross-Section

① 적정이용 : 오염물질을 여과하고 유출수의 용량을 감소시키는 다양한 물리적, 생물학적 그리고 화학적 처리공정을 통하여 식생지붕은 지역배수시스템에서 운반되는 오염물의 양을 감소시킨다. 예를 들어 식생지붕이 제어하는 오염물질은 질소이다. 질

소가스가 자연스럽게 대기의 주요 구성물질로 발생하는 동안 자동적 배출, 농업비료 그리고 산업활동으로 부터 발생하는 질소화합물은 중요한 오염문제를 발생시킬 수 있다. 대기중 질소화합물은 먼지, 빗물, 또는 중력에 의해 간단하게 지표면에 떨어진다. 이 화합물이 우수유출수와 같이 운반되어질 때 지표수에 부영양화 문제를 발생시킬 것이다. 식생지붕은 우수유출수내 질소오염을 제어하는데 도움을 준다.

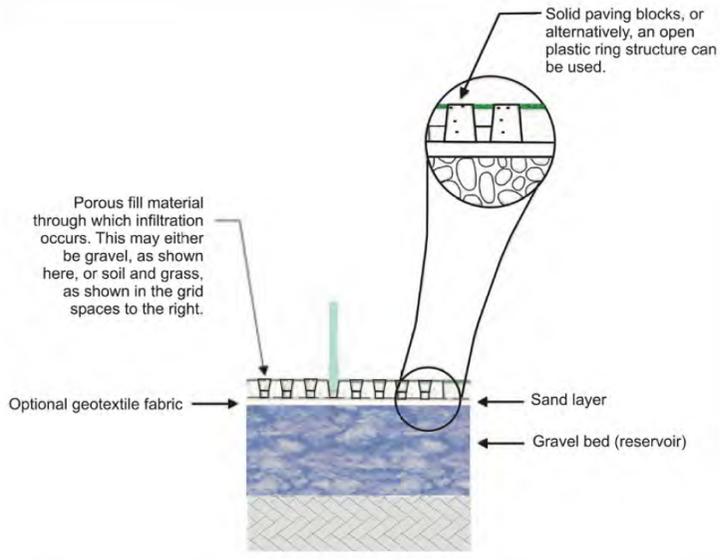
② 주요유지관리사항 : 식생지붕이 잘 설치되었다면 유지관리에 요구되는 사항은 일반적으로 최소화 된다. 식생지붕시스템은 extensive(광범위형) and intensive(집중형) 두가지 형태가 있다.

extensive(광범위형) 식생지붕은 자급자족할 수 있는 이끼, 돌미나리 그리고 관목의 얇게 식재된 피복을 형성한다. 반면 intensive(집중형) 식생지붕은 지붕구조에 필수적이며 나무와 보도이용을 허용한다. 미디어의 큰 깊이는 큰 식생과 표면기능을 수용하기 위해 필요할 수 있다. 식재가 extensive(광범위형) 식생지붕 보다 무겁고 정교한 경향이 있기 때문에 전형적인 정원과 유사한 intensive(집중형) 식생지붕은 더욱 구조적 뿐만 아니라 원예학적 유지관리가 요구된다. 지붕의 두가지 유형의 경우 유지관리 요구사항은 일반적으로 지붕막, 식생지붕의 가장 중요한 요소의 점검 뿐만 아니라 배수층 흐름경로의 점검과 예방을 포함한다.

③ 보수 : 식생지붕에 대한 보수는 일반적으로 지엽적 문제들을 복구하는데 있다. 더욱 복잡한 시스템은 멤브레인을 포함한 모니터링 장치를 가지고 있는 것이 될 것이다. 누출감지시스템은 멤브레인에 틈이 발생한 위치를 검색할 수 있다. 토양미디어를 제거하고 멤브레인을 복구한다. 긴기간의 가뭄 또는 강풍에 의한 토양손실은 미디어의 교체 또는 재식재가 요구될 수 있다. 만일 가뭄이 문제가 된다면 보수는 관개시스템의 설치 또는 보충수 공급과정을 포함해야 한다.

## (12) 투수성 포장재료(Permeable Pavers)

투수성포장은 유출수와 연관된 오염물을 줄이기 위해 규칙적으로 배치된 빈공간을 통해 물이 스미도록 하는 것이다.



자료 : SCA Consulting Group, Lacey, WA.

〈그림 2-14〉 Permeable Paver

① **적정이용** : 유출수는 투수성포장재료내 빈공간을 통해 스며들고 자갈층에 도달한 다음 밑에 놓여있는 토양으로 침투된다. 유출수 용량을 줄임으로써 투수성 포장재료는 흘러내리는 홍수, 합류식하수도 범람빈도 그리고 민감한 물의 열오염을 줄이는데 도움을 준다. 투수성 포장재료는 지하 하수도파이프, 전형적 우수 저류와 지체시스템의 필요성을 줄이거나 제거할 수 있다. 이러한 물질의 이용은 정제된 물이 가지고 있는 문제점들의 제거, 지하수 충전에 대한 제공, 하상바닥과 강기슭의 침식제어, 용이한 오염물질 제거 그리고 보다 심미적으로 만족스러운 부지의 제공 등을 할 수 있다. 투수시스템을 사용한 포장지역과 교통노면의 배수는 자연조건을 모방한 우수관리시스템을 달성하기 위해 만들어진 종합적인 LID(Low Impact Development)계획에 있어 중요한 건축구역이다.

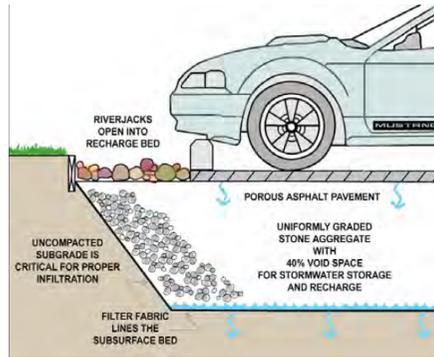
② **주요유지관리사항** : 투수성포장시스템의 설치후 유지관리는 아주 적게 요구된다 그러나 유지관리는 시스템의 긴 내구연한을 보장하기 위해 절대적으로 필요하다. 잔디포장은 잔디시스템의 살수와 별초와 같은 일반적인 유지관리가 요구된다. 다공성 콘크리트와 서로 맞물린 콘크리트 포장이 된 블록은 표면이 유기물질(예 : 나뭇잎 등)로

부터 깨끗하게 유지되어야 한다. 주기적 진공과 저압 세척이 빈공간을 깨끗이 청소하고 포장 기능성을 연장하기 위해 이용되어야 한다. 전형적인 거리 청소기는 년에 4차례를 원칙으로 진공, 브러쉬 그리고 물을 이용한다. 그러나 실제로 요구되는 주기는 지역적 조건들에 의해 결정된다. 맞물림 시스템을 통하여 추가적 골재 채움 물질은 청소후 필요할 것이다.

③ 보수 : 빈공간내 스킴층의 과도한 상승이 있는 경우 chip stone(작은 돌조각)은 진공청소, 강제세척, 청소그리고 대체된다. 지역적 셋팅의 경우 개별적 포장블럭은 제거하거나 새로운 자갈을 추가하거나 블록을 대체할 수 있다. 유출물 또는 오염물의 경우 블록과 자갈층이 제거되고 재조정될 수 있다.

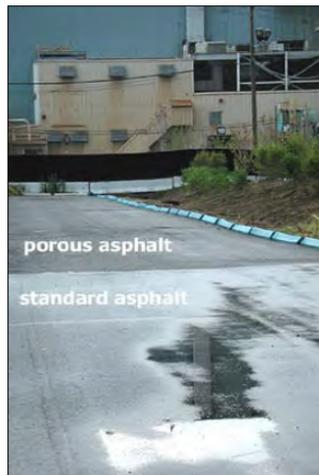
### (13) 투수성 포장(Permeable Pavement)

투수성 포장은 아스팔트나 콘크리트로 되어있다. 투수성 포장과 마찬가지로 물이 빈공간을 통해 통과하도록 되어 있고 밑에 놓여있는 토양내로 침투되도록 되어있다. 투수성 포장은 전통적으로 포장지역에서 발견되는 대부분의 미세한 물질이 걸여되어 있고 물이 골재내 빈공간을 통해 흐르도록 되어있다. (반대로 포장블럭은 투수성이 필요하지 않다. 침투가 블록사이 틈에서 발생한다.). 청소층 보도 아래에 동일한 규격의 자갈이 놓여있는 청소층과 토목섬유는 아래 토양으로부터 돌층을 분리한다. 포장면과 인접 불투수성지역으로 유출수는 자갈층을 통하여 천천히 통과하며 이것은 또한 저장지역을 제공한다. 투수성 지역은 전통적인 포장지역처럼 동일한 구조적 특성을 가지고 있다. 유출량과 유출의 감소, 오염물 여과, 흐름 분산 그리고 지하수충전과 같은 환경적 g효과는 다른 IMPs와 비슷하다. 덧붙여 투수성 지역은 지역의 불투수성 지역의 footprint를 감소시킨다.



자료 : Cahill Associates

〈그림 2-15〉 Permeable Pavement Cross-Section



자료 : Cahill Associates

〈그림 2-16〉 Drainage in Both Types of Pavement

① **적정이용** : 투수성 포장은 주차장과 보도에 흔하게 그리고 성공적으로 이용되어 지고 있는 전형적인 포장을 대신할 수 있다. hardscape 그리고 우수기반으로 동시에 제공하는 투수성 포장은 특히 생물학적저류와 같은 다른 IMPs의 이용이 어려운 공간에 활용할 수 있다. Cahill Associate는 대규모 투수성포장지역은 20년후 훨씬 기능화 될 것이고 일부의 경우에는 전통적인 보도가 보다 오래도록 유지될 것으로 기대하고 있다. 투수성 포장은 유출수가 연못 또는 배수조와 같은 작은 지역에 집중되기 보다는

넓은 지역으로(즉 전체가 포장되어 있는 지역)으로 분산되기 때문에 구멍 패임 형성 가능성을 줄일 수 있다.

② 주요유지관리사항 : 유지관리 요구사항은 투수성 포장에 대한 것과 유사하다. 투수성을 유지하기 위해 포장지역은 일년에 2차례 진공청소나 빗자루로 쓸어 청소해야 한다. 시간이 흘러 포장면을 막는 퇴적물, 유기물 그리고 대기 강하물을 제거하는 것이다.

③ 보수 : 적당한 예방을 위한 유지관리로 투수성을 유지하기 위해 부가적으로 필요한 사항은 없다. 방치결과로 막히게 된 포장지역은 집중적인 진공청소가 요구된다. 전통적인 포장지역처럼 일상적인 마모는 복구가 요구된다. 그러나 아스팔트의 경우 복구는 영향이 미친지역에 대해서는 교체를 해야한다. 덧붙이는 것은 불투수성 표면을 만들 수 있기 때문이다. 위탁자와 유지관리 스텝은 시나리오에 언급된 것을 방지하기 위해 전형적이고 투수성포장지역 사이의 차이를 알고 있어야 만 한다.

## 제 2 절 국외사례2)

### 1. 미국

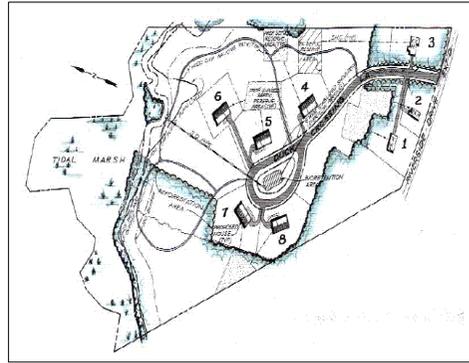
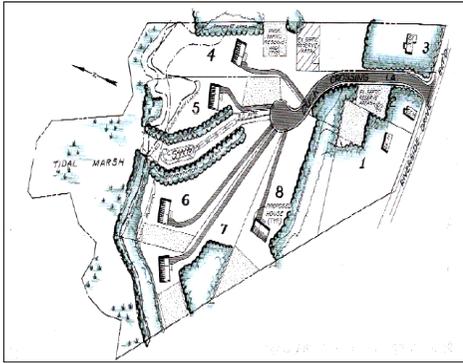
불투수면적을 줄이고 자연 보전용 토지면적을 증가시켜 강우유출을 효과적으로 저감함으로써 자연지역을 보존하고 개발 및 관리 비용을 줄이고 자산가치를 증가시키는 핵심방안으로, 계획단계부터 관련 사항을 검토하여 대처하도록 권장하고 있다. 여기에는 BSD와 LID가 적용되고 있다. BSD(Better Site Design)는 단지계획시 주로 고려한다.



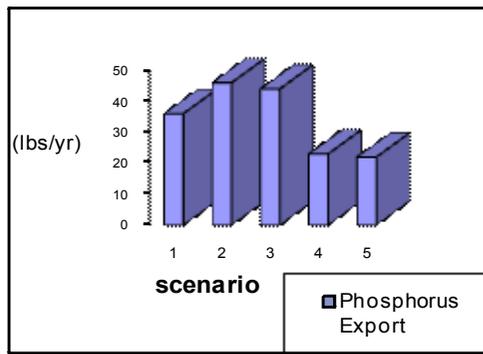
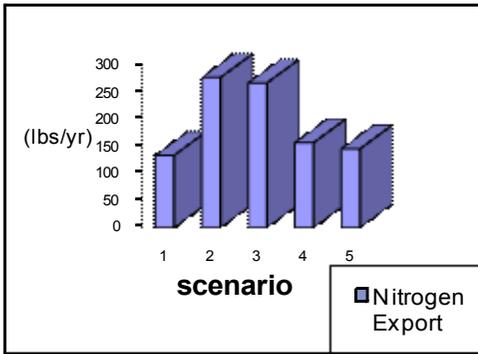
〈그림 2-17〉 저영향 개발기법(LID) 적용전후 비교

다음 <그림 2-18>과 <그림 2-19>는 매릴랜드주 동부 해안지역의 위코미코 카운티(Wicomico county)에 위치한 덕 크로싱(Duck Crossing)지역의 사례이다. 1990년대 8개의 단독주택이 들어서면서 본래보다 불투수면적이 8% 증가하였다. BSD/LID 기법을 이용하여 잔디조성 면적, 도로배치 등을 변경하여 재설계한 결과, 불투수면적을 5%로 줄이고, 재순환 모래여과 시스템을 추가하여 영양물질에 의한 수질오염도 경감시켰다.

2) 환경부, LID 기법을 활용한 자연형 비점오염원 관리방안 마련, 2009.12



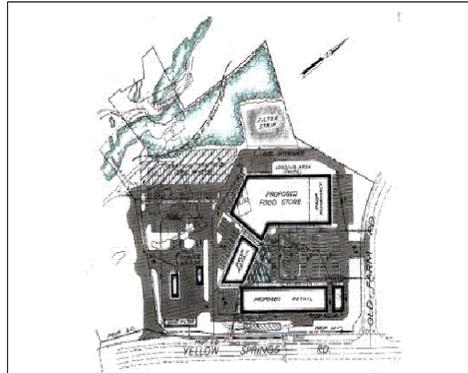
〈그림 2-18〉 BSD/LID 적용전(왼쪽)과 후(오른쪽)의 주거지 설계 사례



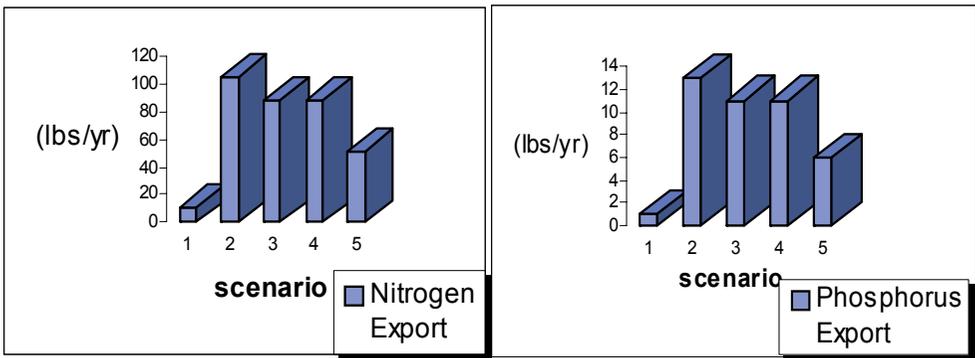
〈그림 2-19〉 주거지 설계방식에 따른 질소/인 부하량 비교

- 주 : 1 - 개발전  
 2 - 재래적인 방법으로 설계(빗물유출수 관리방안 비도입)  
 3 - 재래적인 방법으로 설계(빗물유출수 관리방안 도입)  
 4 - 공지 설계(빗물유출수관리방안 비도입)  
 5 - 공지 설계(빗물유출수 관리방안 도입)

매릴랜드주의 올드 팜(Old farm) 쇼핑센터의 본래 계획에는 <그림 2-20>, <그림 2-211>과 같이 주차장, 판매시설, 빗물유출수 처리시설 및 조경지가 각각 50%, 16%, 24%를 차지하며 자연지반은 10%밖에 되지 않았다. 건물배치를 u자로 변경하여 동선을 줄이고 주차면적을 최소화하며 일부를 빗물유출 처리시설로 활용함으로써 총 자연지반을 19%로 늘렸다.



〈그림 2-20〉 BSD/LID 적용 전(왼쪽)과 후(오른쪽)의 상업지역 설계 사례



〈그림 2-21〉 상업지역 설계방식에 따른 질소/인 부하량 비교

- 주 : 1 - 개발전  
 2 - 재래적인 방법으로 설계(빗물유출수 관리방안 비도입)  
 3 - 재래적인 방법으로 설계(빗물유출수 관리방안 도입)  
 4 - 공지 설계(빗물유출수관리방안 비도입)  
 5 - 공지 설계(빗물유출수 관리방안 도입)

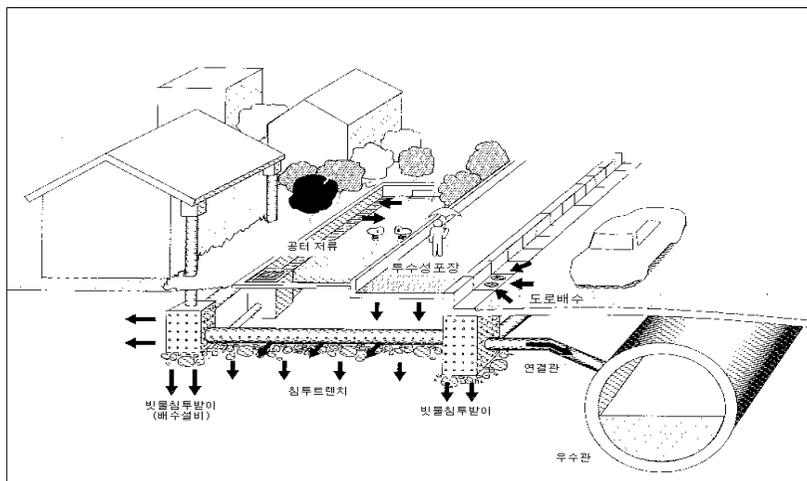
## 2. 일본

요코하마시는 80~90%가 불투수면인 쓰리미 지역의 빗물관리를 위해 천변에 상대적으로 낮게 테니스장을 지어 호우시 우수지로 이용하고 있다. 한 공간을 융통적으로 사용한 사례는 우수지의 다양한 응용 가능성을 보여주고 있다.



〈그림 2-22〉 일본 요코하마시의 우수지

나고야시의 저지대에 작은 하천이 많아 빗물이 잘 배수되지 않는다. 다양한 침투시설과 저류시설을 연계하여 종합적인 빗물유출 제어를 시도하여 1ha당 4m<sup>3</sup>의 빗물을 저류함으로써 효과적으로 빗물을 배제하였다.



〈그림 2-23〉 빗물수유출억제의 모식도(나고야시)

### 3. 독일

독일의 빗물이용은 지하침투를 기본으로 하고 모은 빗물은 잡용수로 이용하고 있다. 1987년부터 빗물저장시스템을 법제화하여 주거단지에 의무적으로 조성하도록 하여 빗물을 서서히 우수지로 유도함으로써 지하로 침투되는 양을 최대화하고 있다.



〈그림 2-24〉 독일 길젠키르헨 주거단지의 빗물집수시설

## 제 3 절 국내사례

### 1. 아산신도시

국토해양부는 국내 최초로 아산 신도시를 총 79억원을 투입하여 분산식 빗물관리 시스템을 설치할 시범지역(175만㎡)으로 선정하였다. 분산식 빗물관리시스템은 지하 빗물침투시설과 지상 빗물저장시설로 구성되며, 이 시스템이 설치됨으로서 그동안 하천 등으로 흘러 버렸던 연강우량의 40%에 해당하는 빗물을 가두고 일강우량 15mm까지 전량 지하 또는 지상에 저장하게 된다.

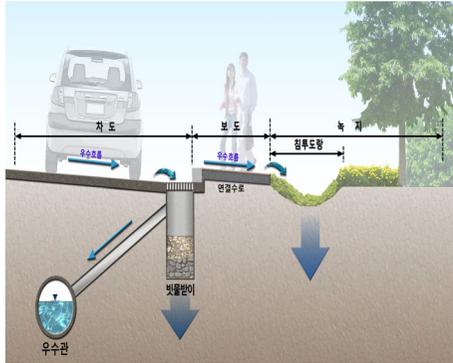
빗물침투시설은 도로, 공원 등에 설치되며 빗물 집수정을 설치하여 지하수로 환원하는 시스템이며, 빗물저장시설은 지상에 일정량의 빗물(해당 지역면적의 10mm 두께)을 도랑이나 실개천을 활용하여 가두어 둘 수 있는 시설을 말한다. 분산식 빗물관리시스템은 공원 등의 식생도랑, 실개천 및 빗물정원(침투구덩이) 등의 빗물저장시설을 설치하고, 지하에 쇄석공극저류조 등을 이용한 빗물침투시설을 설치하게 된다.



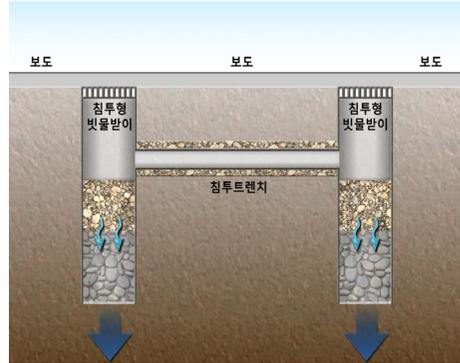
〈기존의 가로수 식재부 조성사례〉



〈가로수 식재부에 식생도랑 도입한 사례(외국사례)〉

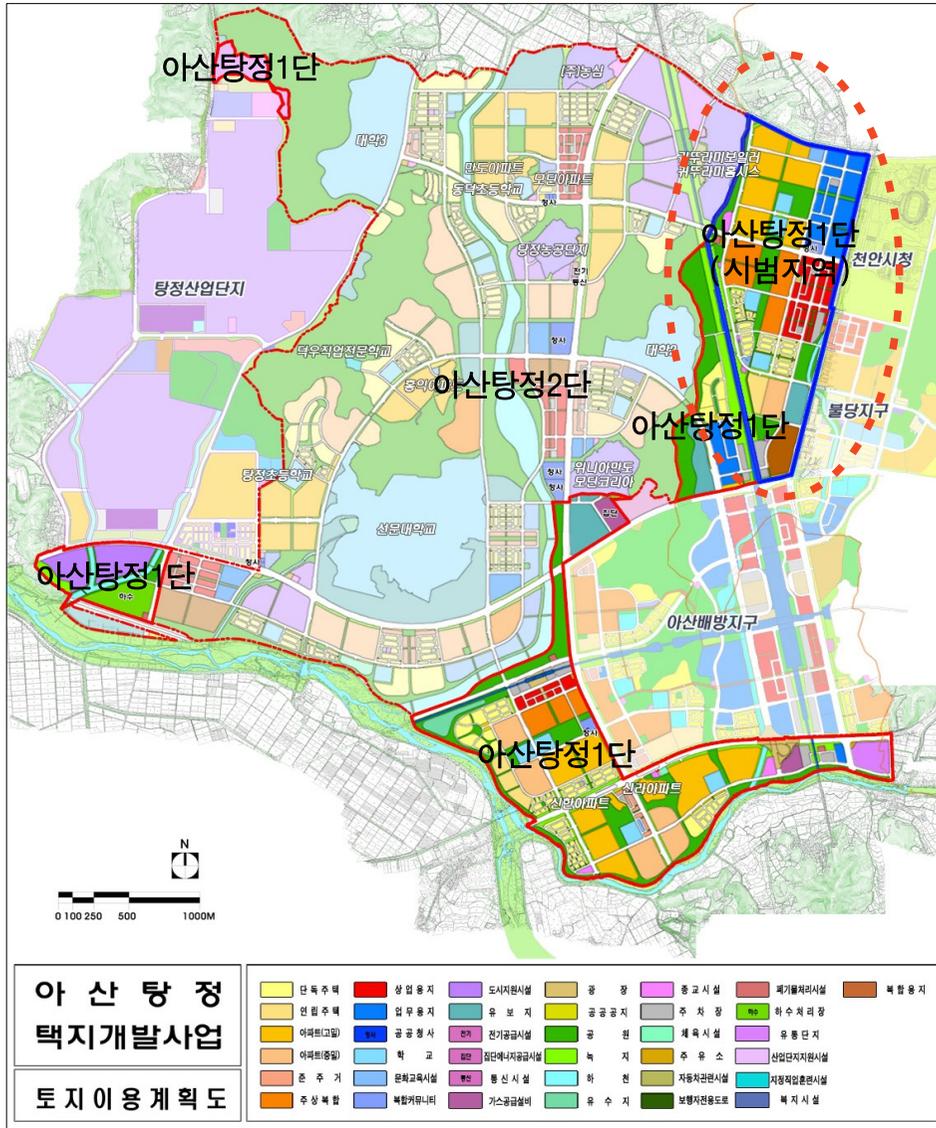


〈도로부분의 빗물침투시설 설치 횡단면〉



〈도로부분의 빗물침투시설 설치 종단면〉

빗물이용시설 설치비 20만원/호, 관리비용절감 2.5만원/호로 분산식 빗물이용시설은 설치후 8년 이내에 수돗물 절약 및 관리비용 절감으로 회수가 가능하다. 아산은 평균 강우량 1,313mm, 연강우일수 107일로 빗물관리시설이 설치됨으로써 신도시 연강우일수의 70%이상에 해당하는 약 80일 동안 신도시 밖으로의 빗물 유출이 없게 된다. 강우시 처음 5mm까지는 지하로 침투시켜 지하수로 활용되고 다음 10mm까지는 지상저류조에 저장되며 그 이상의 우수는 하천으로 방류된다. 따라서 하천오염에 영향을 미치는 오염우수(강우시 초기우수 5mm)를 공공수역으로 유출시키지 않고 자연적으로 정화시켜 처리함으로써 하천수질도 개선하는 효과를 얻게 된다. 국토해양부는 아산신도시에 시범 도입되는 분산형 빗물관리시스템이 비교적 저렴한 설치비용에 비해 그 효과가 크다고 판단하여 시범지역의 효과분석 등을 통해 앞으로 신도시 뿐만 아니라 전국의 모든 도시에 확대 보급할 계획이다.



〈그림 2-25〉 분산형 빗물관리 도시조성공사 시범지역 개요





# 제 3 장

## LID 기법 적용 적정 모형

제 1 절 LID 계획과정

제 2 절 LID 기법의 수리학적 평가



## 제 3 장 LID기법 적용 적정 모형

### 제 1 절 LID 계획과정

#### 1) 소개

LID계획의 신규도입을 위한 대표적 절차는 다음과 같다. 개별시설들은 고유의 필요 조건들을 가지고 있으며 다음 과정에 따라 채택되어야 한다.

#### 2) 계획절차

##### (1) 단계 1 : 프로젝트의 목적과 목표 설정

- ① 프로젝트에서 LID목적을 확인한다. 우수제어의 네가지 기초적 측면을 고려한다.
  - 유출량(runoff volume)
  - 첨두유출율(Peak runoff rate)
  - 흐름빈도와 지속시간(flow frequency and duration)
  - 수질(water quality)
- ② 제시된 각 사항들 가지고 현재 우수인프라가 얼마나 잘 기능을 하고 있는지 평가한다.
- ③ 유출량, 흐름빈도와 지속시간 그리고 수질의 제어 뿐만아니라 현장적용을 위해 목표와 타당성을 결정한다.
- ④ 기초 목적들의 우선순위를 정한다.
- ⑤ 목적에 도달하기 위해 요구되어지는 수리학적 제어들을 규정한다(침투, 여과, 배출빈도, 배출량, 지하수충진 등)

## (2) 단계 2 : 적용예정지에 대한 평가와 분석

현장에 대한 평가는 LID프로그램의 개발에 도움을 줄 수 있는 현장의 세부사항을 제공함으로써 LID디자인개발을 가능하게 한다.

- ① 배수도, 설비정보, 토양도, 토지이용계획 그리고 항공지도와 같은 이용 가능한 서류들을 활용하여 적용지역에 대한 자세한 조사를 수행하라
- ② 오염발생지역, 합류하수관거시스템의 단절가능성 그리고 녹색회랑가능성과 같은 강조된 기회들에 대한 현장평가를 실시한다. LID실행과 수질과 수량제어가 가능한 지역인지에 대한 가능성에 주목해야 한다.
- ③ 이용가능한 공간, 토양침투특성, 수위, 경사, 배수형태, 일광 그리고 그늘, 바람, 중요서식지, 순환 그리고 지하시설과 같은 현장 제한요인들을 평가해야한다.
- ④ 보호지역, setbacks, 지역권(easement), 지형적특성, 지하배수갈라짐(subdrainage divides) 그리고 범람원(floodplain), 급경사(steep slope) 그리고 습지와 같은 보호되어야 하는 특징들을 가진 다른 현장들을 확인해야 한다.
- ⑤ 유역과 소유역을 상세하게 기술한다. 변경된 배수형태, 길 그리고 빗물이동시스템들을 분명하게 설명되어야 한다.
- ⑥ 수리학적 그리고 수질데이터 데이터를 baseline에 두고 우선순서에 따라 아래 항목들에 대한 데이터를 확인해야한다.
  - a) 지역증발수치데이터와 지역수질샘플데이터
  - b) 지역내 유사지역의 데이터
  - c) 지역평균
  - d) 모델결과
- ⑦ 적용가능한 지역 조례와 규칙을 확인해야 한다.

### (3) 단계 3 : LID제어 전략 개발

계획요소로 수문학을 이용한다. 개발에 따른 유출가능성을 최소화하기 위하여 수문학적인 평가는 계획절차의 진행과정 중 이루어져야 한다. 적용 예정지 배수에 대한 이해는 녹색지역과 건축 가능지역의 위치를 제안할 수 있다. 개방형 배수시스템은 적용지역을 자연적 특징을 가지고 통합할 수 있으며 심미적으로 더욱 만족한 경관을 창출해낼 수 있다.

① 계획우수의 결정 : 계획우수에 제한사항을 지역 조례에 규정하고 LID기술들을 제한하거나 이용하도록 할 것이다. 또한 구조적 제어가 LID기술들과 접목되어 수행되어야 한다는 필요성을 나타내게 될 것이다.

② 활용할 모델기법의 결정 : Section5-5.1은 몇가지의 이용가능한 수문학모델의 자세한 설명을 포함하고 있다. 모델선택은 유역의 형태, 적용지역 계획 목표들의 복잡성, 모델의 친숙성 그리고 세부기준의 만족도에 달려있다.

③ 현재조건들에 대한 평가 : 유출량, 침투유출율, 흐름빈도 그리고 지속시간, 수질과 같은 4가지 평가 측정치들에 대한 기초수치들을 예측하고자 하는 모델의 결과들로 이용하면 된다.

④ 비구조적인 지역계획 기술의 실행

a) 불투성지역을 최소화

- 불투성을 최소화하기 위한 대안이 될 수 있는 도로배치를 이용
- 도로폭 줄이기
- 도로의 한측면에 보도를 제한하기
- 노상주차 줄이기
- 투수성포장재료를 이용하기

- b) 직접적으로 불투성 지역과 연계하는 것을 최소화
- 단절된 지붕 배수. 직접적으로 식생지역으로 흐르게 유도
  - 포장된 지역에서 안정된 식생지역으로 직접적으로 흐름유도
  - 크게 포장된 표면으로부터 흐름방향을 단절
  - 식생지역을 통과하는 면상류(sheet flow)를 권장
  - 투수성 지역에 배수를 위해서 불투성 지역에 위치
- c) 농도( $T_c$ )의 시간을 증가시키기 위해 배수흐름통로를 변경
- 육상면흐름을 최대화
  - 긴흐름과 흐름통로의 수 증가
  - 개방형습지시스템의 이용을 최대화
  - 지역내 식생의 양 증가
- d) 개발한계 정의
- 지역지문(fingerprint)을 이용하여 가능한 최소한의 지역까지 지표면의 저해를 제한
  - 포장면 줄이기
  - 높은 투수성 토양의 다짐 줄이기
  - 건설지역과 material stockpiles(재료의 비축)의 규모를 최소화
  - 건설하는 동안 개발한계내에 stockpiles 두기
  - 기존 나무 제거를 하지 않기
  - 기존 지형과 관련된 배수가 분산된 흐름경로를 권장하여 분리 되도록 유지
  - 척박한 점토토양과 같은 낮은 수문학적 기능을 가진 지역은 새

## 로운 지역으로 대체

- ⑤ 지역의 계획이득을 평가하고 기초수치들과 비교하라. 모델분석은 네가지 평가 수치 항목내에서 지역계획절차의 누적된 수문학적 이득을 평가하는데 이용되어진다.
- ⑥ 통합된 관리 실행(IMP)에 대한 필요성을 평가하라. 만일 지역계획이 지역의 LID목적에 만족하기에 충분하지 않다면, 부가적 수문학적 제어 필요가 IMP의 이용을 통하여 얻어질 수 있을 것이다. IMP가 부지를 위해 선정된 후 2단계 수문학적 평가는 수행될 수 있는 계획기법들에 의해 제공되는 제어기법들을 가지고 있는 IMP를 연계하여 수행될 수 있다. 수문학적 평가의 결과들은 지역 LID목적에 달성했는지 검증하기 위한 기초조건과 비교해야 한다. 그렇지 않다면 부가적 IMP가 최선의 조건을 달성하기 위해 지역에서 찾아야 한다.
- ⑦ 추가적 필요를 평가하라. 만일 용량 또는 침투흐름에 대해 추가적 제어가 IMP의 이용후 아직 필요하다면 부가적 관리 기술의 선택과 목록이 고려되어야만 한다. 예를들어 홍수제어 또는 범람문제가 주요 계획목적인 곳, 빈약한 토양 또는 높은 수위, IMP의 이용의 한계, 더불어 전통적인 end-of-pipe 방식과 같은 지역조건들, 큰 저류지 또는 건설된 습지와 같은 지역조건들이 고려되어야 한다. 일부의 경우 그들의 용량이 상류쪽에 LID의 이용에 의해 현저하게 줄어들 수 있다. LID 특징 그리고 전통적인 우수시설의 몇가지 조합들을 평가하는 것은 명시된 목표를 가장 충족하는 조합을 결정하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

메릴랜드 Prince George's County 주거지역을 대상으로 NRCS TR-55 방식을 기초로 수문학적 평가를 수행하기 위한 접근방법에 대한 자세한 삽화(도해)를 개발하였다. NRCS(TR-20, TR-50)방법들이 수문학적 평가, LID특징의 효과를 위해 채택된 곳은 분석을 위해 선정된 curve number와 times of concentration가 반영되어야만 한다. 이 절차의 전체설명은 프린즈조지스카운티로부터 구할 수 있다.

#### (4) 단계 4 : LID디자인 Site 또는 마스터플랜

- ① 프로젝트 site주위에 LID practices를 적절하게 배분하기위한 디자인 개념을 스케치하고 건축, hardscape 그리고 경관 같은 모든 지표형태를 이용하기 위해 노력하여야 한다. LID기술의 다기능적 역량을 주목하여야 한다.(즉, 지하에 저류시설을 가지고 있는 주차장)
- ② 모든 주요 주요 제어이슈(수질, 수량, 수보전)들과 실행할 지역을 찾을 수 있는 마스터플랜을 개발하여야 한다. 구체적인 LID기술과 일부 connections를 구체화가 필요하며, stormwater overflow units와 지표아래 저류시설을 가지고 있어야만 한다.

#### (5) 단계 5 : 개발 option과 유지절차

LID 실행에 따른 각각의 운영과 유지절차는 부지계획에서 시행되어야 한다.

IMPs의 형태와 다른점은 다른 유지요구사항을 가지고 있으나, 일부의 경우 일반적인 원리를 응용하고 있다는 것이다.

- IMPs와 흐름통로는 쓰레기가 없이 깨끗하게 유지되어야 한다.
- 건조기간동안 식생에 물을 공급하여야 한다.
- 잔디지역을 규칙적으로 벌초하여야 한다.
- 나무는 필요시에만 잘라주어야 한다.

다른 IMPs의 구체적인 유지 요구사항은 앞에서 논의하였다.

## 제 2 절 LID기법의 수리학적 평가

### 1. 소개

SCS TR-55 수리학적모델의 이용에 기초한 LID 수리학적 계산의 예를 자세하게 제안한다. 이 예제에 제시된 계산은 저영향개발 Prince George's County, Maryland(1999)의 수리학적 분석으로 채택되었다.

저영향개발의 수리학적분석은 (그림 3.1)에서 보여주고 있는 흐름도에서 설명되고 있듯이 순차적 의사결정 과정이다. 수차례 반복과정을 통한 우수영향을 감소시키기 위한 적절한 접근방법이 결정되기까지 각 단계에서 발생할 수 있다. 지원된 설계도표는 국가의 지리학적으로 다른 지역에서 일반적인 우수관리 요구사항들을 만족시키는 현재량과 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장량을 결정하기 위해 개발되었다 (Type I, Type II 그리고 III 우수). 이 도표들의 대표적인 예들이 예시 A, B, C에 제공되었다.

### 2. 데이타수집

저영향개발형 부지계획을 수립하기 위하여 이용되어지고 유출곡선지수(CN), 농도시간(Tc) 그리고 전후 개발조건을 결정하는데 이용되어지는 기초정보는 전형적인 부지계획과 우수관리 접근방법과 동일하다.

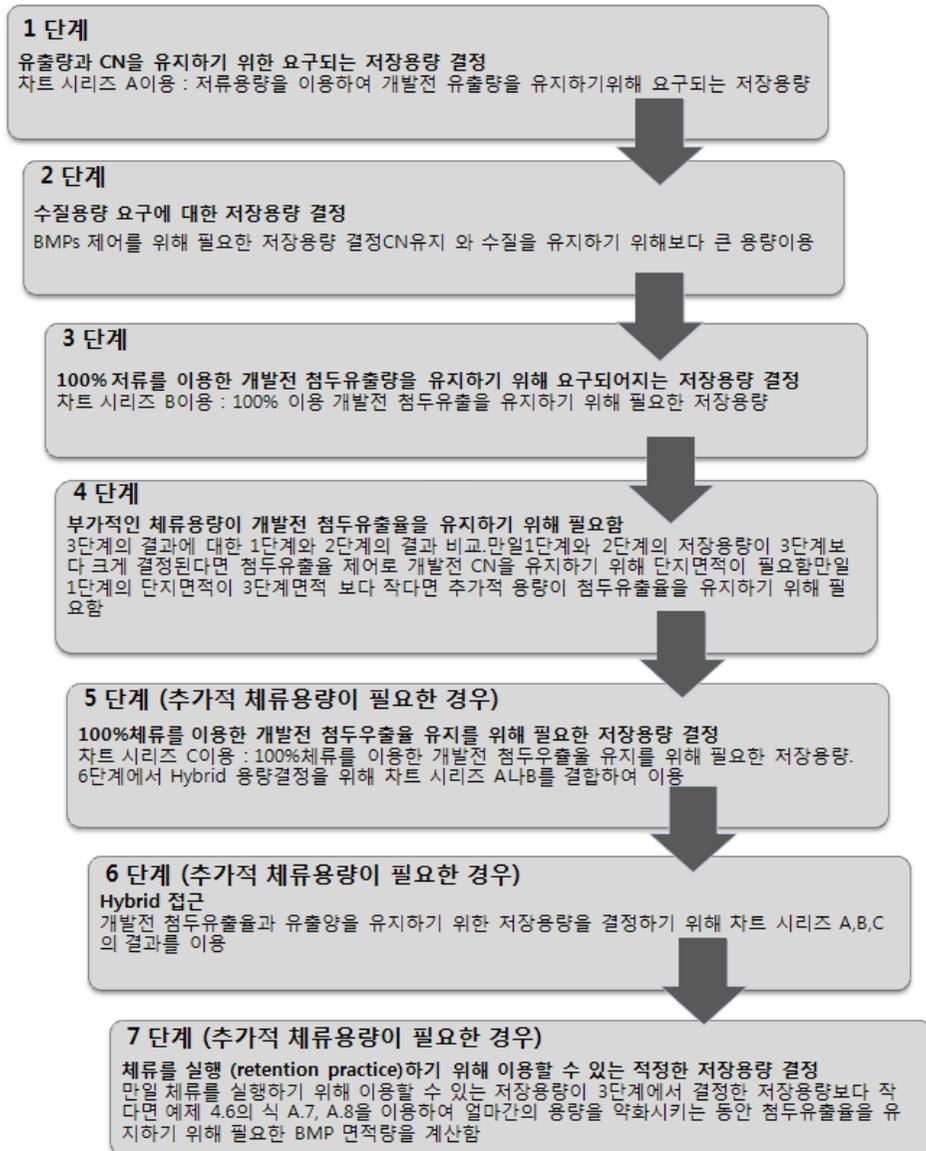
### 3. LID 유출곡선지수 결정

저영향개발 CN의 결정은 개발부지내 각 지표면에 대한 자세한 평가가 요구된다. 이것은 설계자가 CN을 유지하는 저영향개발형 단지계획의 저장과 침투특성의 장점을 최대한 살릴수 있도록 해준다. 이러한 접근방법은 더많은 산림지대의 보존과 IMPs의 필요를 최소화하기 위해 불투성지역의 감소를 권장하고 있다.

저영향개발 CN 결정에 대한 단계는 다음과 같다.

□ 단계 1 : 각 토지이용/피복의 퍼센트 결정

전형적인 부지개발에서 엔지니어는 불투지역, 잔디지역 등의 실질적인 퍼센트를 검토하지 않고 전체 개발의 제안된 토지이용을 나타내는 CN을 선택하기 위해 TR-55 (SCS, 1986)의 (그림 2.2a)를 참조하곤 한다.



〈그림 3-1〉 저영향개발 분석절차

저영향계획은 최소한의 부지교란(나무보존, 단지 fingerprinting 등)을 강조하고 있기 때문에 개발전 토지피복과 CN의 많은 부분을 달성가능하게 하고 있다.

그러므로 CN을 결정하기 위해 개별 구성단위처럼 부지를 분석하는 것이 적절하다. <표 3-1>은 혼합된 일반적인 저영향개발 CN을 계산하기 위해 이용되어지는 대표적인 토지피복 CNs 목록이다.

<표 3-1> 대표적인 LID 곡선지수

Land Use/Cover	Curve Number for Hydrologic Soils Groups			
	A	B	C	D
Impervious Area	98	98	98	98
Grass	39	61	74	80
Woods (fair condition)	36	60	73	79
Woods (good condition)	30	55	70	77

자료 : Figure 2.2a, TR-55(SCS, 1986)

#### □ 단계 2 : 조합된 관습적 CN 계산

초기에 조합된 CN은 부지 불투수성의 단절을 고려하지 않고 개별 토지피복 정도를 기초로 가중치를 두는 접근방법으로 계산하였다. (식 3.1)을 사용하여 계산할 수 있다.

$$CN_c = \frac{CN_1 A_1 + CN_2 A_2 \dots + CN_j A_j}{A_1 + A_2 \dots + A_j} \quad (\text{식 3.1})$$

여기서,

$CN_c$  = 조합된 곡선지수

$A_j$  = 각 토지피복의 면적

$CN_j$  = 각 토지피복에 대한 곡선지수

동질한 토지피복지역 위에 SCS 수리학적 토양그룹경계를 덮어씌우는 것이 저영향개발 CN을 개발하는데 이용되어진다. 저영향개발 custom-made CN 기술의 독창성은

전형적인 TR-55가 대표적인 국가평균에 기초하여 접근했던 것 보다 오히려 수리학적 조건을 나타내는 작은 별개 단위로서 분석하는 방법이다. 이것은 최소한의 교란과 높은 저장과 침투의 잠재력을 가지고 있는 부지면적을 유지하는 것을 강조하고 있기 때문에 적절하다.

이와 같은 접근은 더 많은 나무를 유지하고 보전하기 위해 HSG A와 B의 사용을 최대화하는 것을 권장하기 위해 제안되고 있다. 주의를 요한 계획은 개발후 유출량과 이에 상응하는 IMP 비용에 있어 두드러진 저감을 얻을 수 있다.

### □ 단계 3 : 단지 불투수성지역의 연계에 기초한 저영향개발 CN 계산

불투수지역이 부지의 30%이하 일때 유역권내 미연계된 불투수지역의 퍼센트는 CN의 계산에 영향을 미친다(SCS, 1986). 단절된 불투수지역은 배수시스템이나 다른 불투수면에 직접연결이 없는 지역을 의미한다. 예를들어 집으로부터 지붕배수는 저지대 습지나 차도대신에 지표흐름이 발생하는 잔디 위로 직접 연결될 수 있다. 부지에서 단절된 불투수지역에 대해 불투수지역이 증가함으로써 CN 그리고 결과적으로 유출량이 줄어들 수 있다. (식 3.2)는 30%이하 불투수지역을 가지고 있는 부지에 대해 CN을 계산하는데 이용한다.

$$CN_c = CN_p + \left( \frac{P_{imp}}{100} \right) \times (98 - CN_p) \times (1 - 0.5R) \quad (\text{식 3.2})$$

여기서

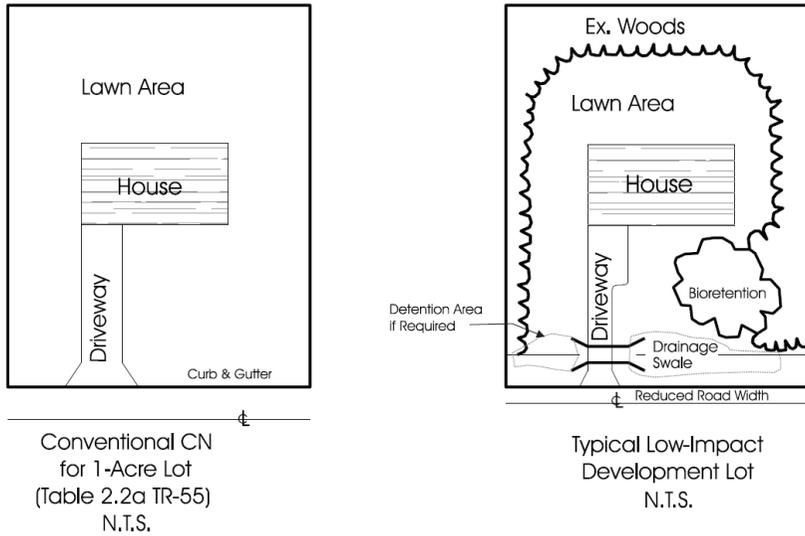
R = 총 불투수지역에 대한 미연계 불투수지역의 비

CN<sub>c</sub> = 조합된 CN

CN<sub>p</sub> = 조합된 투수성 CN

P<sub>imp</sub> = 불투수지역의 퍼센트

(그림 3.2)와 같이 전형적인 1 acre의 거주지를 대상으로 관례적인 곡선지수의 계산과 토지피복의 퍼센트를 이용한 저영향개발기술을 비교하기 위해서 단계 1에서 3을 이용하여 CN값을 비교해 볼 수 있다.



〈그림 3-2〉 관례적 그리고 LID CNs사이의 토지피복 비교

#### 4. 농도시간의 개발( $T_c$ )

저영향개발에 대한  $T_c$ 의 개발 전후의 계산은 TR-55(SCS, 1986)와 NEH-4(SCS, 1985) 매뉴얼에서 제시한 것과 동일하다.

#### 5. 저영향개발 우수관리 요구사항들

CN과  $T_c$ 는 개발전, 후 조건들을 결정한다. 우수관리 저장용량 요구량을 계산할 수 있다. 저영향개발 목적은 개발전용량, 개발전침투유출율 그리고 빈도 모두를 유지하는데 있다. 요구되는 저장용량은 국가내 다른 지리학적 지역에 예시된 A, B, C의 설계 차트를 이용하여 계산된다.

앞에서 설명하였듯이 침투유출량제어를 위해 요구되어지는 양은 강우강도에(강우분포) 의존도가 높다. 강우강도는 국가의 지리학적 지역에 따라 변화된다.

NRCS(National Resource Conservation Service)는 NWS(National Weather Service)의 지속적 빈도 데이터와 지역 우수 데이터를 이용하여 4가지 종합적인 24-hr 강우분포를 개발하였다(I, IA, II, III). IA유형은 가장 최소의 intense이고 II유형은 가장

intense한 짧은 지속시간 강우이다. 그림 A.3은 4가지 유형 분포에 대한 대략적인 지리학적 경계들을 보여주고 있다.



〈그림 3-3〉 NRCS 강우분포에 대한 대략적인 지리학적 경계

남아있는 저영향개발 수리학적 분석기술은 개발후 Tc가 개발전 조건과 동일하다는 전제를 기초로 한다. 만일 개발후 Tc가 개발전 Tc와 동일하지 않다면 추가적인 저영향개발 부지 설계 기술들이 Tc를 유지하기 위하여 수립되어야 한다.

설계도표의 세가지 시리즈는 유출량, 저류와 지체 실행에 이용되는 침투유출율 증가를 제어하기 위해 요구되어지는 저장용량을 결정하기 위해 필요하다. 이 설계도표에서 보여주고 있는 요구저장용량은 100분의 1 inch로 깊이(개발 단지 면적 이상)를 나타낸다. (식 3.3)은 IMPs에서 요구되는 용량을 결정하는데 이용되어진다.

$$\text{용량} = \text{도표로부터 얻어진 깊이} \times \text{개발크기}/100 \quad (\text{식 3.3})$$

저영향개발에 이용되어진 생물학적체류조에 대한 최대깊이로 6-inch를 권장한다. 침투 또는 증발산과정에 의한 유출수의 누수의 양 또는 깊이는 설계도표에 포함되어 있

지 않다. 이 인자들의 고려를 통해 요구되는 감소된 지표면적은 (식 3.4)를 이용하여 구할 수 있다.

$$\text{IMPs에 대한 부지면적 용량} = \text{초기용량} \times (100-x)/100 \quad (\text{식 3.4})$$

여기서  $x$  = 증발산에 의해 침투되거나 감소된 저장용량의 %  
 $x\%$ 는 최소화되어야 한다(10%미만)

우수관리는 선택된 적절한 IMPs 또는 아래 제시된 설계도표로 계산된 표면적과 소요량을 만족하기 위한 IMPs의 연계에 의해 달성된다. 이 요구사항들을 평가하기 위해 이용되어지는 설계도표는

- 도표시리즈 A : 저류저장에 이용되는 개발전 유출량을 유지하기 위해 요구되는 저장용량(부록 1)
- 도표시리즈 B : 100% 저류(retention)에 이용되는 개발전 침투유출을 유지하기 위해 요구되는 저장용량(부록 2)
- 도표시리즈 C : 100% 체류(detention)에 이용되는 개발전 유출량을 유지하기 위해 요구되는 저장용량(부록 3)

이 도표들은 다음에 제시되고 있는 일반적인 조건들에 기초하고 있다.

- 개발을 위한 토지이용은 단지 전체적으로 비교적 동일하다
- 우수관리대책들이 가장 큰 규모가 가능하도록 개발을 통하여 고르게 분배되어야 한다.
- 강우(설계태풍, design storm event)는 1-inch 증가에 기초한다. 중간값을 결정하기 위해 선형 내삽법을 이용한다.

IMP 요건을 결정하기 위한 절차는 <그림 3.4>에 개요를 서술하였고 다음 절에 설명하였다.

#### □ 단계 1 : 저류저장을 이용한 개발전 용량 또는 CN을 유지하기 위해 요구되어지는 저장량 결정

개발후 custom-made CN의 결과로 산출된 개발후 유출량은 용량제어를 위해 요구

되어지는 표면적을 결정하기 위한 개발전 유출량과 비교할 수 있다. 도표시리즈 A 이용 : 저장용량이 저류저장을 이용한 개발전 유출량을 유지하기 위해 요구되어진다. 부지의 타당하고 합리적인 이용이 고려되어야 한다는 것에 주목해야 한다. 규제권한이 급수체의 민감성이 제한을 요구한다고 결정하지 않는 한 IMPs가 단지의 이용을 제한하지 않아야 한다.

저장 지역을 찾는 것은 유출량 제어를 위한 것이다. 추가적 저장은 수질제어를 요구하게 될 것이다. 현재 수질 요건인 불투수 지역으로부터 유출수의 첫째 1/2-inch를 설명하기 위한 절차는 단계 2에서 얻을 수 있다.

**□ 단계 2 : 수질제어를 위해 요구되는 저장용량 결정**

부지의 퍼센트로 표현되는 표면적은 수질제어에 요구되는 부지면적의 퍼센트로 비교할 수 있다. 우수관리 수질제어를 위해 요구되는 용량은 불투수 면적으로부터 유출수의 첫 번째 1/2inch(약 acre당 1800 cubic feet)를 처리하기 위한 요건에 기초한다. 이 용량은 저장깊이를 6-inch로 가정하고 부지면적중 퍼센트로 설명할 수 있다.

**□ 단계 3 : 100% 저류를 이용한 침투우수유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장용량 결정**

부지면적의 퍼센트 또는 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장량은 도표시리즈 B(부록 2)를 기초하고 있다. : 100%저류를 이용한 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 단지면적의 퍼센트(부록 2). 이 도표는 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 저장용량  $V_s / V_r$ 과  $Q_o / Q_i$  사이의 관계에 기초하고 있다.

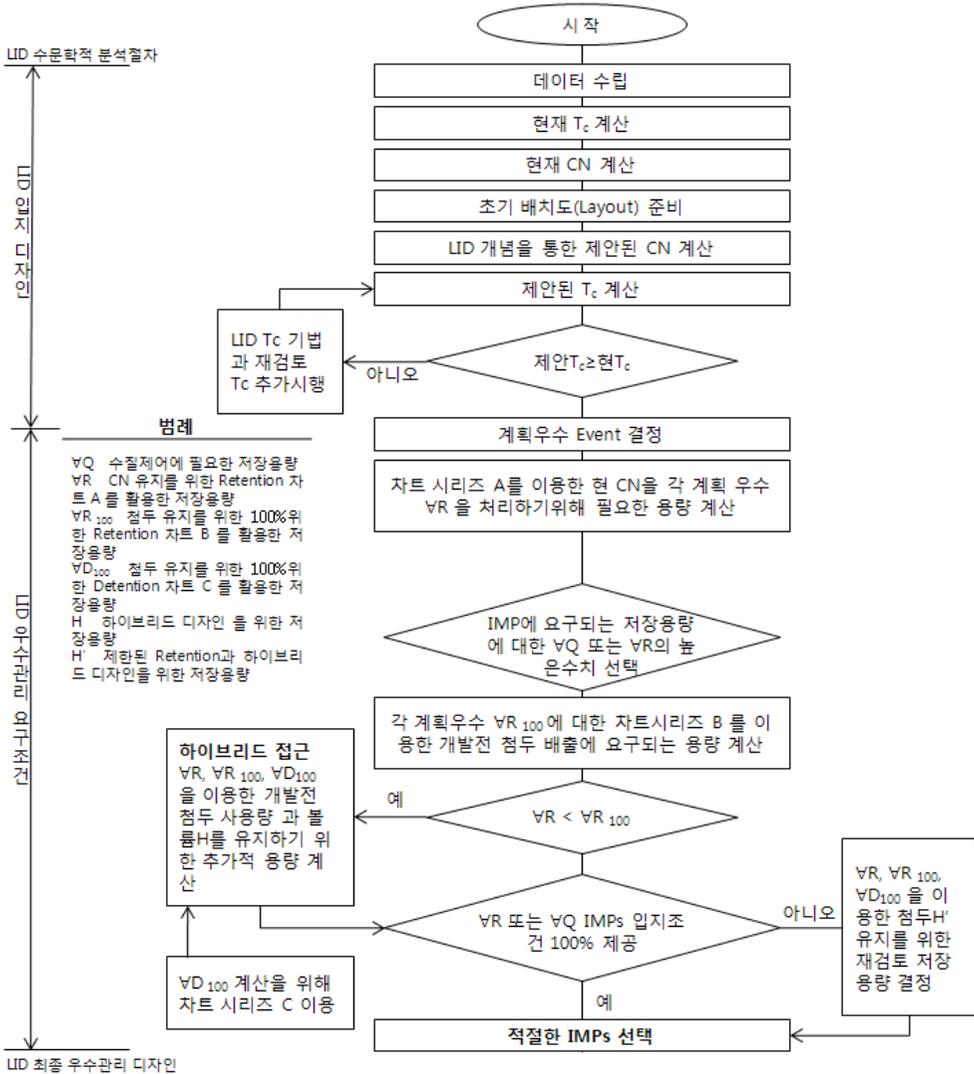
여기서,  $V_s = 100\%$  저류를 이용한 개발전 침투유출율을 유지하기 위한 저장용량

$V_r =$  개발후 침투유출용량

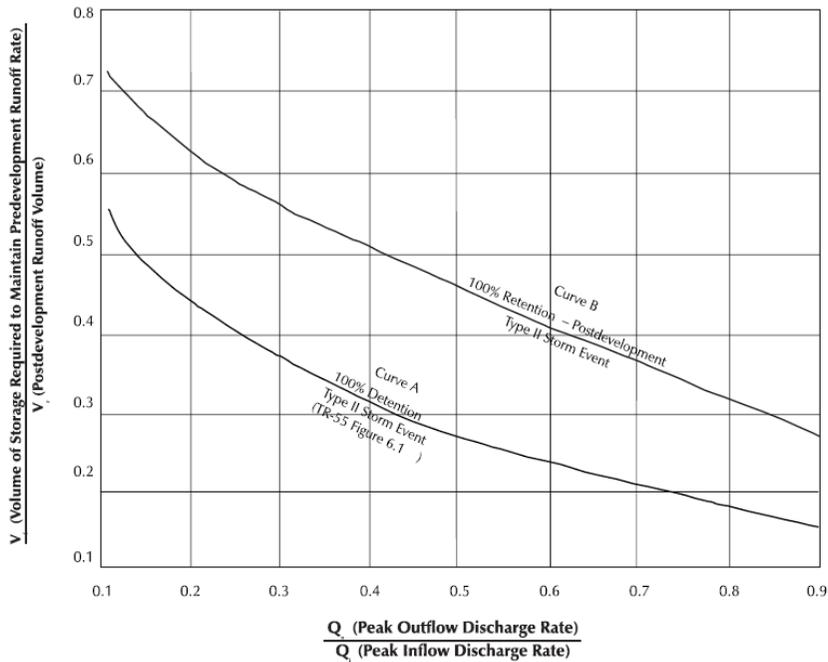
$Q_o =$  침투 유출 배출비

$Q_i =$  침투 유입 배출비

- LID 수리학적 분석 절차 -



〈그림 3-4〉 개발전 유출량과 침투유출율을 유지하기 위해 IMPs를 위해 요구되는 단지퍼센트를 결정하기 위한 절차

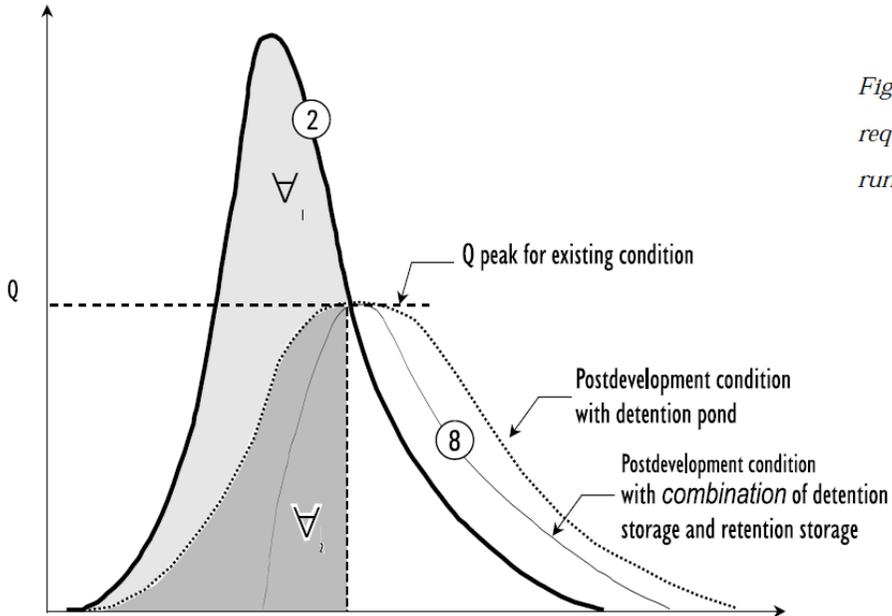


〈그림 3-5〉 저류와 체류를 이용해 첨두유출율을 유지하기 위해 요구되는 저류저장량의 비교

첨두유출을 제어에 대한 저류저장에 관계는 체류저장에 관계와 유사하다. (그림 3.5)는 저류와 체류에 대한 저장량/배출 관계의 비교를 설명한 것이다. Curve A는 저장용량에 대한 Type II-24hr 강우사상 대해 그림 6-1(SCS, 1986)으로부터 체류관계를 이용한 개발전 첨두유출을 유지하기 위한 배출의 관계이다. Curve B는 저장량에 대한 100%저류를 이용해 개발전 첨두유출비를 유지하기 위해 배출의 비이다. 체류를 이용한 첨두유출을 유지하기 위해 요구되는 용량이 저장을 위해 요구되어지는 것 보다 적다는 것에 주목하여야 한다. 이것은 (그림 3.6)에 도표로 설명되어 있다.

- 수위도 2는 우수관리 IMPs가 없는 개발후 조건에 나타난 반응을 나타낸 것이다. 이 수위도 정의는 짧은 시간의 농도(Tc)을 반영한 것이다 그리고 개발전 조건의 불투성 보다 전체 대상지 불투성이 증가하였다. 수위도 결과는 첨두유출, 배출율 그리고 용량에 도달하는 시간이 감소했음을 보여주는 것이고 배출용량의 지속시간은 증가하는 것으로 나타났다.
- 수위도 8은 개발전 조건에 대한 개발후 첨두 배출율을 줄이기 위해 추가적으로 체류저장을 제공하였을 때 효과를 설명하고 있다.

Fig  
req.  
run



〈그림 3-6〉 침투유출을 유지하기 위한 저장용량

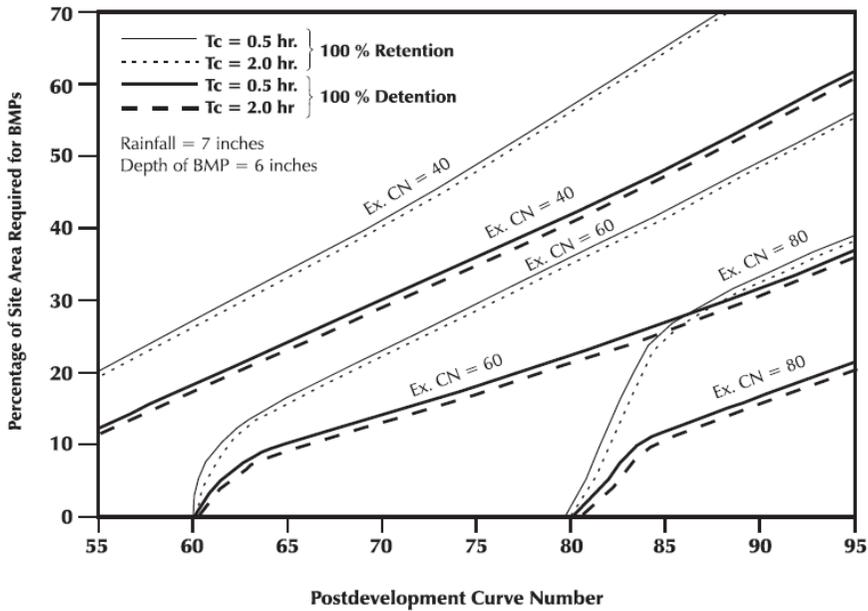
$\nabla 1$ 은 100% 체류저장에 의한 개발전 침투 배출을 유지하기 위해 요구되는 저장용량이다.  $\nabla 1$ 과  $\nabla 2$ 의 교집합은 100% 체류저장에 의한 개발전 침투 배출을 유지하기 위해 요구되는 저장용량이다.

다음 계산은 설계 도표 시리즈 B(부록 2)에 적용하기 위한 것이다.

- 개발후 조건에서  $T_c$ 는 개발전 조건의  $T_c$ 와 동일하다. 이 동일성은 긴 표면흐름의 유지, 지표면 거칠기 증가, 우수배수파이프의 양과 크기 감소, 개방형 수로경사 감소와 같은 기술에 의해 달성될 수 있다.
- 저류구조물에 대한 저장깊이는 6-inch이다.

만일  $T_c$ 가 개발전과 개발후 조건들이 동일하다면 침투유출율은 저류와 지체 실행에 대한  $T_c$ 가 독립적이다. 개발전 침투유출을 유지하기 위해 요구되는 용량에 있어 차이는 개발전과 후 조건들에 대한  $T_c$ s가 동일하다면 사실상 동일하다

이 개념은 (그림 3.7)에 설명되어 있다. (그림 3.7)에서 0.5  $T_c$ 와 2.0  $T_c$ 사이에 필요 IMP 면적은 개발전과 후  $T_c$ s가 유지된다면 최소화 된다.



〈그림 3-7〉 Tc의 변화에 따른 저장용량의 비교

□ 단계 4 : 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 추가적 체류저장 필요여부에 대한 결정

단계1에서 계산한 것처럼 체류에 의한 개발전 유출용량을 유지하기 위해 필요한 저장용량은 개발전 용량과 침투유출율 모두를 유지하기에 적절하거나 적절하지 않을 수 있다. CN이 나누어졌을 때 용량을 유지하기 위한 저장 필요량은 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장용량보다 훨씬 크다. CN이 집중될 때 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장량은 용량을 유지하기 위해 요구되는 량보다 크다. 만일 유출량을 유지하기 위해 요구되는 저장용량(단계 1에서 결정)이 100%저류에 의한 개발전 침투 유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장용량보다 작다면(단계 3에서 결정) 추가적인 체류저장이 요구되어질 것이다.

저류와 체류 practice의 연계는 혼합 IMP로서 정의된다. 혼합접근에 요구되는 저장 용량을 결정하기위한 절차는 단계5에 설명되어있다.

<표 3.2>는 대표적 곡선지수에 따른 용량과 침투 제어를 위해 필요한 단지면적 퍼

센트를 설명하고 있다. 개발전 CN 60에 따라 5-inch TYPE II 24hr 강우와 6"설계깊이를 이용하면 다음 관계들이 존재한다.

- 개발후 CN 65, 단지면적의 5.9%(column 4)가 개발전 용량을 유지하기 위해 저류 실행이 필요하다. 개발전 침투유출율(column 5)을 유지하기 위해서는 단지의 9.5%가 필요하다. 그러므로 추가적인 체류저장 또는 혼합접근(column 7에 계산됨)이 필요하다.
- 개발후 CN 90, 단지면적의 42.9%에 대해 저류실행이 개발전 용량을 유지하기 위해 필요하다. 개발전 침투유출율(column 5)을 유지하기 위해 단지의 37.2%가 필요하다. 그러므로 유출용량을 유지하기 위해 요구되는 저장은 침투유출율을 유지하기에 적절하다. 그러나 IMPs대상 단지의 42.9는 단지의 실행이나 합리적 이용이 되지 않을 수 있다. 저류와 체류저장의 더욱 합리적 연계에 대한 혼합접근을 단계 7에 나타내었다.

**□ 단계 5 : 100%체류에 의한 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장결정 (이단계는 만일 추가적인 체류저장이 필요하다면 필요하다).**

도표 시리즈 C(부록 3) : 100%체류에 의한 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장용량은 유일하게 침투유출율을 유지하기 위해 단지면적의 양을 결정하는데 이용된다. 이 정보는 혼합설계를 위해 필요한 체류저장량을 결정하는데 필요하다. 또는 단지제한이 유출용량을 유지하기 위해 저류저장의 이용을 막는 곳에 필요하다. 이것은 침투 또는 저류를 실행하기가 굉장히 어려운 제한된 토양을 보유하고 있는 단지를 포함하다. 단지면적을 결정하기 위한 절차는 단계3의 절차와 동일하다. 도표시리즈 C(부록 3)에 다음 가정들이 적용된다.

- 개발후 조건에 대한 Tc는 개발전 조건에 대한 Tc와 동일하다.
- 수백개의 inch(개발단지이상)를 깊이로 표현한 저장용량은 침투흐름을 제어하기 위한 것이다.

이 도표들은 TR-55(SCS, 1986)에 (그림 6.1)(강우Type I, I A, II, III)로부터 관계와 계산에 기초한 것이다

□ 단계 6 : 혼합시설설계이용(추가적 체류저장에 필요)

침투제어에 따른 단지면적의 퍼센트가 단계 3에서 결정된 용량제어가 과도할 때 혼합접근이 이용되어야만 한다. 예를 들어 건조정(침투와 저류)은 추가적 체류저장을 포함하게 될 것이다. <식 3-5>가 총 저장에 대한 저류비를 결정하기 위해 이용되어진다. <식 3-6>이 용량제어에 요구되는 단지의 퍼센트 이상, 인 추가적 단지면적의 양을 결정하기 위해 이용되며 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 필요하다.

$$x = \frac{50}{(\nabla_{R100} - \nabla_{D100})} \times (-\nabla_{D100} + \sqrt{\nabla_{D100}^2 + 4 \times (\nabla_{R100} - \nabla_{D100}) \times \nabla R})$$

(식 3.5)

여기서,  $\nabla R$ =개발전 유출량을 유지하기 위한 저장용량(도표시리즈 A)

$\nabla_{R100}$ =100%저류를 이용한 개발전 침투유출율을 유지하기 위한 저장용량(도표시리즈 B)

$x$ =총저장조에 대한 저류조의 면적비

그리고 혼합저장은 다음식으로 결정 될 것이다.

$$H = \nabla R \times (100 \div x) \quad (\text{식 3.6})$$

(식 3.5)와 (식 3.6)은 다음 가정에 기초한다.

- 총저장용량의  $x\%$ 는 도표시리즈A로부터 계산된 개발전 CN을 유지하기 위해 요구되는 저류저장이다 : 체류저장에 의한 개발전 용량을 유지하기 위해 요구되는 저장용량
- 100%저류와 100%체류에 의한 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 요구되는 저장용량 사이의 선형 관계이다(도표시리즈 B(부록 2)와 C(부록 3)).

〈표 3-2〉 용량과 침투제어를 위해 필요한 부지의 대표적 백분율

Type of 24-Hour storm Event (1)	Runoff Curve No.		% of Area Need for BMP				
	Existing (2)	Proposed (3)	Volume Control Using 100% Retention Chart Series A (4)	Peak Control Using 100% Retention Chart Series B (5)	Peak Control Using 100% Detention Chart Series C (6)	Hybrid Design (식 3.5) (7)	Percent of Volume Retention for Hybrid Design (식 3.6) (8)
3"	50	55	1.7	1.6	0.9	1.7	100
		60	4.0	3.4	2.4	4.0	100
		65	6.9	6.2	4.5	6.9	100
		70	10.4	9.3	7.3	10.4	100
		80	19.3	18.0	15.8	19.3	100
	60	65	2.9	3.9	2.3	3.6	80
		70	6.3	6.7	4.4	6.6	96
		75	10.5	10.	7.1	10.5	100
		90	27.5	24.9	18.7	27.5	100
	70	75	4.1	5.9	3.4	5.3	77
		80	8.9	9.7	5.8	9.5	94
		85	14.6	13.9	8.8	14.6	100
		90	21.2	18.7	12.6	21.2	100
	75	80	4.8	7.5	4.2	6.6	73
		85	10.5	11.8	7.0	11.4	91
		90	17.1	16.6	10.2	17.1	100
5"	50	55	4.8	6.9	4.0	6.3	77
		60	10.1	11.1	6.9	10.9	93
		65	16.0	15.6	10.4	16.0	100
		70	22.4	20.6	14.5	22.4	100
		80	36.7	32.8	23.9	36.7	100
	60	65	5.9	9.5	5.3	8.3	71
		70	12.3	14.6	8.4	13.9	88
		75	19.1	19.8	12.0	19.6	97
		90	42.9	37.2	25.3	42.9	100
	70	75	6.9	13.2	7.2	10.9	63
		80	14.3	18.9	10.7	17.4	82
		85	22.2	24.5	14.3	23.8	93
		90	30.7	30.5	18.2	30.7	100
	75	80	7.4	15.0	8.1	12.3	60
		85	15.3	20.6	11.6	18.9	81
		90	23.8	26.7	15.2	25.7	92
7"	50	55	7.6	12.3	6.8	10.7	71
		60	15.6	18.6	10.7	17.7	88
		65	23.9	25.0	15.1	24.7	97
		70	32.5	31.4	19.6	32.5	100
		80	50.5	44.5	30.0	50.5	100
	60	65	8.3	16.6	9.0	13.6	61
		70	16.9	23.2	13.2	21.2	80
		75	25.8	29.9	17.3	28.7	90
		90	53.7	49.7	30.7	53.7	100
	70	75	8.9	20.4	10.9	16.1	55
		80	17.9	26.8	14.7	23.8	75
		85	27.2	33.4	18.9	31.5	87
		90	36.7	42.3	23.0	39.2	94
	75	80	9.1	22.1	11.5	17.1	53
		85	18.4	28.6	15.6	25.1	73
		90	27.9	35.3	19.8	32.9	85

□ 단계 7 : 혼합설계에 의한 부분적 용량 감쇠가 있는 침투유출을 유지하기 위해 필요한 IMP 단지면적의 혼합량 결정(저류면적이 제한될 때 필요하다).

저류저장에 필요한 단지의 높은 퍼센트, 낮은 토양침투율 또는 물리적제약에 의해 필요한 단지의 높은 퍼센트 이와 같은 단지 조건들은 저류실행을 이용할 수 있는 단지면적의 양을 제한할 수 있다. 낮은 토양침투율을 가지고 있는 단지에 있어, 생물학적저류는 여전히 채택해 볼만한 선택이다. 그러나 지하배수시스템이 설치되어야만한다. 이 경우 생물학적저류조는 체류저장을 고려해야 한다. 이러한 상황이 발생했을 때 저류IMP를 이용할 수 있는 단지 면적은 유출량 또는 CN을 유지하기 위해 요구되는 면적의 미만이다. 혼합접근의 변화는 가능한 증가된 유출량을 감소시키는 동안 침투유출을 유지하기 위해 이용되어진다. 먼저 유출용량제어( $\nabla R'$ )에 이용할 수 있는 적절한 저장용량은 단지 제약들을 분석함으로써 설계자에 의해 결정된다. (식 3.7)은 총 저장에 대한 저류율을 결정하는데 이용되어진다. (식 3.8)은 그 다음 저류실행( $\nabla R'$ )을 위해 이용할 수 있는 저장용량이 유출량을 유지하기 위해 요구되는 저장용량으로 대체되는 총 단지 IMP 면적을 결정하는 데 이용되어진다.

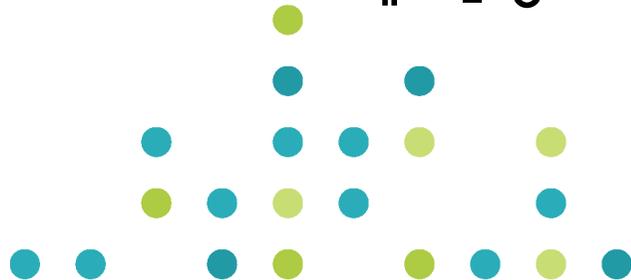
$$x' = \frac{50}{(\nabla_{R100} - \nabla_{D100})} \times (-\nabla_{D100} + \sqrt{\nabla_{D100}^2 + 4 \times (\nabla_{R100} - \nabla_{D100}) \times \nabla R'}) \quad (\text{식 3.7})$$

여기서  $\nabla R'$ =저류IMPs에 채택된 저장용량  
제한된 저류조를 가지고 있는 총저장조는

$$H' = \nabla R' \times (100 \div x') \quad (\text{식 3.8})$$

여기서,  $H'$  는 저류IMPs에서 이용할 수 있는 제한 저장용량을 가지고 있는 혼합 (Hybrid)지역

# 제 4 장



## LID 기법 적용을 위한 제도개선 방안

제 1 절 관련 법 · 제도의 검토

제 2 절 제도개선 방안



## 제 4 장 LID기법 적용을 위한 제도개선 방안

### 제 1 절 관련 법·제도의 검토

빗물의 관리 및 이용에 관련된 법령은 크게 도시계획 수립과정에서의 체계적 물관리계획 수립 차원에서의 대응방향을 규정하고 있거나, 건축물의 신축과 개발사업의 추진 과정에서 빗물관리 기능의 도입을 위해 필요한 대지와 시설물의 면적·규격 등의 기준을 규정하고 있는 법령으로 구분할 수 있다.

#### 1. 도시계획 수립(국토의 계획 및 이용에 관한 법률)

##### 1) 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립 지침

국토해양부에서는 기후변화에 대비하여 도시계획 차원에서 온실가스 감축을 통한 종합적인 기후변화 완화 및 적응계획을 수립하여 대응할 필요성이 제시됨에 따라, 기후변화에 대응한 도시공간적 적응 역량을 강화하고 저탄소 녹색도시 조성을 위한 제도적 기반을 마련하기 위한 목적으로 본 지침을 제정하였다.

지침의 적용 범위는 광역도시계획, 도시기본계획 및 도시관리계획 수립권자인 시·도지사 및 시장·군수가 지역의 특성 및 여건 등을 고려하여 적용할 수 있도록 규정된 권고적 성격의 지침으로 기존 도시계획 수립 지침의 보완적 지침의 위상을 가지고 있어 자치단체의 의지가 없으면 그 실행을 담보할 수 없다는 한계를 가지고 있다.

지침의 내용은 전체적으로 온실가스 배출의 최소화를 위한 각종 도시계획 구성 요소에 대한 부문별 계획의 수립 기준을 제시하고 있으며, LID와 관련된 부분은 재해예방, 물순환 이용, 도심 열섬현상 완화 등에 대응하기 위한 체계적 물관리 계획의 일환으로 포함되어 있다.

먼저 용어의 정의에서는 ‘빗물관리시설’을 빗물을 지표면 아래로 침투시키기 위하여 설치하는 빗물침투시설, 빗물을 모아두기 위하여 설치하는 빗물저류시설 및 빗물을 일

정한 용도에 사용하기 위하여 설치하는 빗물이용시설 등 빗물과 관련된 모든 시설을 총칭하는 것으로 규정하고 있다.

광역도시계획, 도시기본계획 및 도시관리계획 등 계획의 위계에 따른 기후변화 대응 계획 수립 관련 항목 중 LID 관련 규정은 다음의 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 저탄소 녹색도시 조성 도시계획 수립지침 중 물관리계획 관련 규정

구 분	관련 항목	주요 내용
광역 도시계획	광역 시설계획	- 물의 순환적 이용을 촉진하고 도심 열섬현상 완화 및 이상기후에 대비한 수해, 가뭄 등에 효과적으로 대응하기 위하여 빗물 등의 이용 및 처리에 대한 종합적인 대응방안이 제시되어야 함
도시 기본계획	도시공간 구조	- 도심 바람통로의 확보와 수공간 및 녹지의 확충 등을 통해 쾌적한 도심 미기후를 조성하고 도심 열섬효과를 줄일 수 있도록 제시되어야 함
	기반시설 계획	- 도시홍수 및 가뭄 예방, 용수활용, 지하침투를 통한 물순환 회복 등 체계적 물관리계획을 위한 빗물 대응계획 수립 - 지역적 특성을 감안하되 빗물을 최대한 침투·저류하여 빗물 유출량을 저감시키고 활용할 수 있도록 '분산형 빗물관리시스템'의 도입을 적극 검토 - 빗물관리에 대한 대응계획은 도시관리계획, 지구단위계획 등 하위계획에서 실현할 수 있도록 그 기준을 제시하는 계획으로 수립되어야 함
도시 관리계획	기반시설 계획	- 체계적인 빗물관리를 위하여 광역도시계획 및 도시기본계획에서 수립한 빗물 대응계획을 구체화하여 실현할 수 있는 실천방안을 제시해야 함 - 주차장, 도시공원, 종합운동장 및 공공청사 등 국·공유시설을 신축·개축하는 경우에 빗물관리시설을 설치·운영하도록 유도 - 각종 도시개발사업을 추진할 경우에는 개발계획 단계에서 체계적인 물관리를 위한 빗물관리시설 설계계획을 반영하도록 유도 - 특히, 대형건축물의 신축 또는 개축시(증축을 포함) 빗물관리시설의 설치를 적극 유도

이 지침은 2009년 7월 이후 최초로 변경 또는 수립하는 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획에 적용하도록 규정하고 있으나, 전술한 바와 같이 권고적 성격을 가지고 있다는 한계를 가지고 있다. 따라서, 도시광역계획이나 도시기본계획에서는 선언적 의미에서 물관리계획 관련 내용을 포함할 수 있으나, 구체적 실현을 담보할 수 있는 도시관리계획이나 지구단위계획의 포함 여부는 해당 구역의 자치단체가 의지를 가지고 있어야만이 담보될 수 있다.

## 2) 지역지구제

국토의 계획 및 이용에 관한 법률에서 규정하고 있는 토지에 대한 지역지구제는 도

시 개발과 보전의 사이에서 도시를 관리하는 토지이용 및 도시설계의 기본 틀을 제공하고 있다.

일반적인 지역지구제에서 규정하고 있는 규제사항과 관련하여 부지, 도로, 배수구역 등에 관련된 요소를 정리하면 다음 표와 같다.

〈표 4-2〉 지역지구제에서 물순환 관련 규제 요소 및 적용 목적

지역지구제 요건	규제 항목	목적
부지설계 요건	동일용도·규모 또는 비슷한 형태의 개발 유도	적정 개발 유도
	최소한의 부지 규모	난개발 방지
	도로에서의 앞, 뒤, 일정거리 제한	거주구역 사이의 일정 거리를 두어 과밀한 불투수지표면 억제
도로설계 요건	도로폭	운전자와 보행자의 안전을 고려함과 동시에 단지여건 고려
	인도	불필요한 보행자도로의 포장 억제
	연석/도랑과 우수 배수	교통 유지와 물순환 고려
배수구역과 경사 완화	도로 단면 구조	빗물 유출수량과 질을 고려하고 유역에 대한 개발의 과도한 부담 방지
	배수를 고려한 단지구조 및 설계	배수로 인한 토양 침식 방지

지역지구제는 직접적으로 물관리체계에 대한 규정을 포함하고 있지는 않지만 부지나 도로 등에 관련된 규제요소들의 규모와 형태 등이 간접적으로 관련되어 있다고 할 수 있다.

## 2. 친환경주택 건설(주택법)

친환경주택 건설기준 및 성능에 관한 고시는 주택의 성능 등급인정 및 관리기준에 의한 주택 성능 등급 중 환경관련 등급에 해당하는 외부 공간의 등급을 평가하는 항목으로 주택법 및 자연환경보전법에 근거하여 하위 법령(주택건설기준 등에 관한 규정, 친환경주택의 건설기준 및 성능)에서 세부적인 사항을 정하고 있다. 관련된 지표의 선정은 환경부의 자연환경보전법에서 제시하는 기준을 준용하고 있다.

이 고시는 주택건설사업계획의 승인을 얻어 건설하는 20세대 이상의 공동주택에 대하여 적용되며, 빗물의 순환과 관련한 항목은 외부환경 조성기술에 포함된다. 친환경

주택 건설에 대한 기준은 권장사항으로 규정하고 있다.

친환경주택 건설기준에서는 빗물의 순환을 ‘빗물의 토양 침투와 증발 혹은 발산 등의 자연순환 기능’으로 정의하고 이와 관련하여 생태면적률과 자연지반 보존율의 산정 기준 및 등급 기준을 제시하고 있다. 이와 함께, 빗물의 재활용과 관련하여 개발로 인해 잘못된 물순환을 바로잡고 빗물순환을 복원하기 위한 것으로 단지내에서 최대한 저장하여 활용하거나 지반으로 침투시키는 방식을 도입하도록 하고 있다(고시 제6조 설계방향 제9항 빗물의 재활용).

### 1) 생태면적률(자연환경보전법)

생태면적률은 자연순환기능<sup>3)</sup> 면적을 전체 대상지 면적으로 나눈 값으로서 공간 유형별 가중치 및 생태면적률 등급 기준은 아래의 표와 같다. 친환경주택 건설기준 고시에서는 토양기능, 미기후 조절 및 대기의 질 개선기능, 물순환 기능 또는 동식물 서식처 기능 등 생태적 기능을 가지는 생태면적을 최대한 확보하도록 규정하고 있다.

- 생태면적률=자연순환기능 면적/전체면적=∑(공간유형별 면적×가중치)/전체면적

〈표 4-3〉 생태면적률 공간유형 구분 및 가중치

공간 유형	가중치	설 명	사례
자연지반녹지	1.0	일반적으로 흙이 있는 땅 / 생태적으로 완벽한 땅	-자연지반에 자생한 녹지 -자연지반과 연속성을 가지는 절성토 지반에 조성된 녹지
수공간(투수기능)	1.0	일반적인 대지에 흙과 접한 연못 또는 하천	-하천, 연못, 호수 등 자연상태 수공간 -지하수 함양기능을 가진 인공연못
수공간(차수)	0.7	포장되어 물이 통과하지 못하는 연못	-자연지반 위 차수 처리된 수공간 -인공지반 위 차수 처리된 수공간
인공지반녹지 (≥90cm)	0.7	흙 두께가 90cm 이상 되는 지하주차장 위의 조경 공간	-지하주차장 상부 녹지 -지하구조물 상부 녹지
옥상녹화(≥20cm)	0.6	흙 두께가 20cm 이상이 되는 녹화옥상 시스템이 적용된 공간	-혼합형 녹화옥상시스템 -중량형 녹화옥상시스템

3) 자연순환기능 면적이란 우수의 투수 및 저장, 토양기능의 보전 및 개선, 미세분진 흡착, 증발산, 동식물 서식공간 등의 기능 유지를 위해 필요한 자연 및 인공지반 녹지, 수공간, 옥상녹화, 부분 포장, 벽면녹화, 전면투수포장, 틈새투수포장 등 외부공간 및 건물외피의 생태적 기능을 유지하기 위한 공간의 면적을 의미함.

공간 유형	가중치	설 명	사례
인공지반녹지 (<90cm)	0.5	흙 두께가 90cm 미만인 인공지반 상부 녹지	-지하주차장 상부 녹지 -지하구조물 상부 녹지
옥상녹화(<20cm)	0.5	흙 두께가 20cm 미만인 녹화옥상시스템이 적용된 공간	-저관리 경량형 녹화옥상시스템
부분포장	0.5	자연지반과 연속성을 가지며 공기와 물이 투과되는 포장면, 50% 이상 식재면 적	-잔디블록, 식생블록 등 -녹지 위체 목판 또는 판석으로 표면 일부만 포장한 경우
벽면녹화	0.4	벽면이나 옹벽(담장)의 녹화, 등반형의 경우 최대 10m 높이까지만 산정	-벽면이나 옹벽녹화 공간 -녹화벽면시스템을 적용한 공간
전면투수포장	0.3	공기와 물이 투과되는 전면투수 포장면, 식물생장 불가능	-자연지반 위에 시공된 마사토, 자갈, 모래포장 등
틈새투수포장	0.2	포장재의 틈새를 통해 공기와 물이 투과되는 포장면	-틈새를 시공한 바닥포장 -사교석 틈새 포장
저류·침투시설 연계면	0.2	지하수 함양을 위한 우수침투시설 또는 저류시설과 연계된 포장면	-침투, 저류시설과 연계된 옥상면 -침투, 저류시설과 연계된 도로면
포장면	0.0	공기와 물이 투과되지 않는 포장, 식물생장이 없음	-인터락킹 블록, 콘크리트, 아스팔트 포장 -불투수 기반에 시공된 투수포장

자료 : 서울특별시 지구단위계획 수립 기준

〈표 4-4〉 생태면적률 등급 기준

등 급	등 급 기 준
1 급	생태면적률 50% 이상
2 급	생태면적률 40% 이상 ~ 50% 미만
3 급	생태면적률 30% 이상 ~ 40% 미만
4 급	생태면적률 30% 미만

자료 : 대한주택공사 토목설계처, 2006, 조경계획·설계지침

## 2) 자연지반 보존율

자연지반<sup>4)</sup> 보존율(자연지반율)이란 지하에 인공구조물이 없으며 물의 자연순환이 가능한 지반의 보존율을 말한다(국토해양부 고시 ‘조경기준’ 제3조제8호). <표 5-5>는 자연지반녹지율의 등급 기준이다.

- 자연지반녹지율(%)=(자연지반녹지면적(m<sup>2</sup>)/대지면적(m<sup>2</sup>))×100

4) 자연지반이란 자연상태의 지반에 조성된 녹지로서 지하실 등의 지하구조물이 없고 우수 등의 물의 자연순환이 가능한 지반을 말한다.

〈표 4-5〉 자연지반녹지율 등급 기준

등 급	등 급 기 준
1 급	자연지반녹지율 25% 이상
2 급	자연지반녹지율 20% 이상 ~ 25% 미만
3 급	자연지반녹지율 15% 이상 ~ 20% 미만
4 급	자연지반녹지율 15% 미만

자료 : 대한주택공사 토목설계처, 2006, 조경계획·설계지침

### 3. 공원내 저류시설 설치(도시공원및녹지등에관한 법률)

도시공원 및 녹지 등에 관한 법률(법 제23조 4항, 령 제19조, 규칙 제13조)에서는 공원시설과 겸용하는 저류시설의 설치 기준을 국토해양부령으로 정하고 있다.

#### 1) 저류시설의 정의 및 결정

저류시설은 빗물을 일시적으로 모아두었다가 바깥 수위가 낮아진 후에 방류하기 위하여 설치하는 유입시설, 저류지, 방류시설 등의 일체적 시설로서 지형, 지질 및 수리·수문학적 조건 등을 종합적으로 고려하여 도시공원으로서의 기능과 방재시설로서의 기능을 모두 발휘할 수 있는 장소에 입지하도록 하며, 가급적 자연유하가 가능한 곳에 입지하도록 규정하고 있다.

저류시설의 결정은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따른 도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙의 규정에 따라 도시계획시설 중 저류시설로 중복결정해야 한다.

#### 2) 저류시설의 설치 기준

도시공원 안에 설치하는 저류시설의 면적 비율은 해당 도시공원 전체 면적의 50% 이하로 하고, 하나의 저류시설부지 안에 설치하여야 하는 녹지의 면적은 해당 저류시설 부지에 대하여 상시 저류시설은 60% 이상, 일시저류시설은 40% 이상이 되어야 하도록 하고 있다.

저류시설은 공원의 풍치 및 미관을 해치지 아니하면서 공원시설과 기능적으로 또는 미관상으로 조화되도록 하고 이용자의 안전 등을 고려하여 저류장소와 용량을 결정해야 한다. 또한 저류시설부지는 잔디밭·자연학습원·산책로·운동시설 및 광장 등의 기능을 가진 다목적 공간으로 조성하고 침수로 인한 피해가 적고 유지관리가 용이한 시설로 해야 한다.

지상부 등 공원시설물의 유지 관리는 관리실을 설치하고 공원관리자 및 방재책임자가 담당하며, 공원이용자의 안전을 확보하기 위하여 수위측정 장비와 경보장치를 설치하도록 규정하고 있다.

#### 4. 우수유출 저감대책 수립 및 시설의 설치(자연재해대책법)

자연재해대책법에서는 개발사업의 시행이나 공공시설 관리에 있어서 우수유출 저감대책을 수립하여 우수유출 저감시설을 설치하도록 하고, 우수유출 저감시설의 종류, 구조, 설치 및 유지관리 등에 대한 기준과 관련 기법의 개발·보급 등을 규정하고 있다. 또한 해당 구역의 자치단체장은 개발사업 및 공공시설에 대하여 준공검사 또는 사용승인시에 기준 적합여부를 확인하여 승인하도록 되어 있다(법 제19조).

이와 관련하여 기존에 운영되던 재해영향평가제도는 사전재해영향성검토로 일원화되어 운영되고 있으며 재해영향평가는 자연재해대책법에서 우수유출저감시설 기준 등의 설계기준을 마련하여 활용하고 있다<sup>5)</sup>.

##### 1) 우수유출 저감대책 및 시설 기준의 개요

우수유출 저감대책 및 시설의 설치에 관련된 사업의 적용 범위는 개발사업에 따른 사전재해영향성 검토, 풍수해 저감종합계획 수립, 자연재해 위험지구 정비사업, 재해위험 개선사업, 재해복구사업 및 도시방재성능 향상을 목적으로 시행되는 사업과 함께, 지방자치단체의 조례로 정하는 개발사업 또는 시설을 포함할 수 있도록 하여 거의 대

---

5) 2005년 감사원의 4대 영향평가제도 운용실태 감사 결과 및 규제개혁 장관회의 결과에 따라 대규모 개발사업 추진시에 국민에게 경제적·시간적 부담을 주고 있는 환경·교통·재해·인구 영향평가제도를 폐지하고 환경평가만 다루는 환경영향평가법으로 운영하도록 결정

부분의 개발사업이 적용 대상으로 규정할 수 있도록 하고 있다.

우수유출 저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준(이하 우수유출 저감시설의 기준)은 자연재해대책법(제 19조, 령 제16조)에 의거하여 강우시 우수의 직접 유출을 억제하기 위하여 인위적으로 우수를 지하에 침투시키거나 저류시키는 시설에 관한 종류·구조·설치 및 유지관리 기준을 정하여 재해를 경감하기 위한 목적으로 2010년 7월 제정 고시되었다.

기본적으로는 개발사업이 시행되는 구역을 대상으로 해당 지역내에서 개발 등으로 인하여 증가되는 초과 유출량에 대한 저류 및 침투를 목적으로 하는 시설의 기준을 정하고 있으며, 도시홍수의 예방을 위한 우수유출 저감대책 수립 기준, 저류 및 침투 시설 기준 및 모니터링 기준 등을 세부적으로 규정하고 있다.

## 2) 우수유출 저감시설의 분류

우수유출 저감시설은 저감 방법, 사용 용도, 설치 위치, 연결 형태 등에 따라 다음의 <표 4-6>과 같이 구분하고 있다.

<표 4-6> 우수유출 저감시설의 분류

구 분	분 류	시설 구분
저감 방법	저류시설	우수가 유수지 및 하천으로 유입되기 전에 일시적으로 저류시켜 바깥 수위가 낮아진 후에 방류하여 유출량을 감소시키거나 최소화하기 위하여 설치하는 유입시설
	침투시설	우수의 직접 유출량을 감소시키기 위하여 지반으로 침투를 용이하게 고안된 시설을 지칭하며 대부분 당해지역에서 발생한 우수 유출량을 해당지역에서 침투시킬 수 있도록 고안됨
사용 용도	침수형 저류시설	평상시 일반적인 용도로 사용되나 폭우시 우수가 차오르도록 고안된 시설을 말하며, 공원, 운동장, 주차장 등 상대적으로 저지대에 배치된 공공시설물
	전용 저류시설	평상시 빈공간으로 유지되며 강우시 우수를 저장하기 위한 목적으로 인위적으로 설치된 시설로 지하저류지 등이 해당
설치 위치	지역내 저류시설	해당 지역(On Site)에서 발생한 우수유출량을 해당지역에서 저류할 수 있는 시설
	지역외 저류시설	해당지역 및 해당지역 외부(Off Site)에서 발생한 우수유출량을 해당지역에서 저류할 수 있는 시설
연결 형태	하도내 저류시설	하수관거와 직접 연결되는(On Line) 저류시설
	하도외 저류시설	하수관거에 직접 연결되어 있지 않은(Off Line)

자료 : 법제처, 국가법령정보센터

우수유출 저감시설의 종류에 대해서는 다음의 <표 4-7>과 같은 시설을 제안하고 있으며, 기타 동등한 성능을 발휘할 수 있는 시설의 설치 역시 가능하도록 되어 있다.

<표 4-7> 우수유출 저감시설의 종류

구 분	시설의 종류
저류시설	쇄석공극 저류시설, 운동장 저류, 공원저류, 주차장 저류, 단지내 저류, 건축물 저류, 공사장 임시 저류지, 유지·습지 등 자연형 저류시설
침투시설	침투통, 침투측구, 침투트렌치, 투수성 포장, 투수성 보도블럭
기타시설	물대 시스템, 지붕 녹화 등

자료 : 법제처, 국가법령정보센터

### 3) 우수유출 저감대책

우수유출 저감대책은 최근 이상기후로 인한 강우강도의 증가와 자연녹지의 개발 및 도시화로 인하여 연결관거 및 하도의 홍수방어 능력을 초과하는 우수유출 빈도가 증가함에 따라 배수구역내 우수유출 저감시설을 설치하여 우수의 직접 유출량을 경감하기 위한 목적으로 배수구역 단위로 수립하는 계획이다.

이 계획은 현재 또는 향후 예상되는 배수구역내 우수의 초과유출량 중 현재 발생하는 초과유출량 및 이상기후로 발생하는 초과유출량은 공공부문에서 지역의 저류시설의 형태로 분담하도록 하며, 불투수면적 증가로 인한 초과유출량 증가분은 개발 당사자가 지역내 저류 또는 침투시설을 설치하여 분담하도록 수립되어야 한다.

우수유출 저감대책에 따라 배수구역별로 수립되는 우수유출 저감시설 기본계획은 행정구역과는 별도로 지역내 배수체계에 따라 설정되어야 하기 때문에 서로 다른 두 개 이상의 행정구역에 걸쳐 설정될 수 있으며, 도시계획을 고려하여 목표연도를 최소 5년 이상 최대 20년 이하로 결정하도록 하고 있다.

## 5. 관련 법령 및 제도의 문제점

### 1) 관련 법령의 체계 부족

빗물의 관리 및 이용에 관련된 법령은 앞서 살펴본 바와 같이 크게 계획수립에 관

련된 기준을 규정하고 있는 법령과, 관련 시설의 설치에 관련된 기준을 규정하고 있는 법령으로 구분할 수 있다. 이와 같은 법령과 법령에 의거하여 시행되고 있는 제도들은 해당 부처 및 기관의 목적에 따라 유사한 성격의 내용과 시설에 대하여 각각 별도로 운영되고 있는 실정이다.

한 예로서 빗물관리 시설과 관련해서는 재해 예방, 공원녹지, 환경 관련 법령에서 별도로 규정하고 있으며, 각 법령의 제정 목적에 따라 세부적인 항목들이 별도로 규정되어 운영되고 있다. 빗물의 관리와 관련된 계획의 수립에 있어서도 자연재해대책법에서 규정하고 있는 우수유출 저감시설 기본계획이나 하천정비 기본계획은 하천유역을 기준으로 하는 배수구역 단위인데 비해, 도시계획(광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획)이나 풍수해 저감 기본계획은 행정구역 단위로 되어 있다. 또한 계획 수립의 기준 연도들이 각기 상이하게 되는 경우가 많아 각 계획간의 상호 연동이 어려운 실정이다.

## 2) 적용의 실효성 부족

빗물의 관리와 이용에 대한 정책이 실효성을 가지기 위해서는 상위계획 단계에서부터 관련 부문의 계획 수립에 대한 일정 수준의 강제력이 수반되어야 단위 개발사업의 기준을 설정하고 있는 하위계획에서 이를 근거로 구체적인 실행 계획이 수립될 수 있다.

현재 빗물의 관리 및 이용과 관련하여 계획수립에 관련된 사항들을 규정하고 있는 국토해양부의 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립 지침이나 소방방재청의 우수유출 저감대책은 권고적 성격을 가진 것으로, 해당 계획의 적용 여부를 자치단체장의 선택에 위임하고 있다. 특히, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립지침에서는 하위계획인 도시관리계획에서의 물관리 계획 관련 항목들을 자치단체에서 반영하도록 유도하는 것으로 그 실행의 범위를 한정하고 있다.

이에 따라 이들 법령의 실제 적용은 해당 자치단체의 필요성 여부나 자치단체장의 의지에 좌우될 수 밖에 없다는 한계를 지니고 있다. 또한, 자치단체에서 조례 제정 등을 통해 지구단위계획 수립 지침 등에서 관련된 항목에 대한 기준을 마련하고 있더라도 강제력을 부여하지 않으면 단순히 선언적 의미를 가지는 정도의 형식적 규정으로 그칠 가능성이 크다.

### 3) 적용 목적의 한계

저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립 지침이 ‘도시계획 수립지침’의 보조적 성격으로 권고적 성격을 가진 한계를 가지고 있는 것과 마찬가지로, 빗물의 관리와 이용에 관련된 시설들의 세부 항목을 규정하고 있는 우수유출 저감시설의 설치 기준(재해대책법)은 단순히 우수의 일시적인 유출로 인한 홍수 등의 재해경감에 대응하기 위한 저류 기능의 향상을 목적으로 하고 있다는 한계를 가지고 있다.

이에 따라 빗물의 관리 및 이용의 가장 큰 효과중의 하나인 초기 우수의 유출 억제를 통한 비점오염의 감소나 저류 빗물의 활용에 따른 에너지 절약 등에 관련된 고려가 전혀 없다. 즉, 다양한 목적을 가지고 효과적으로 활용할 수 있는 시설을 단순히 홍수저감을 위한 용도로만 사용하게 되는 불합리한 결과를 초래할 수 있다는 측면에서 시설의 기능을 제대로 활용하기 위한 관련 기관간의 연계 운용 대책의 마련이 필요할 것으로 판단된다.

## 제 2 절 제도개선 방안

### 1. LID 적용 활성화를 위한 제도개선 방안

#### 1) 공공부문의 선도사업 추진

LID는 현재 적용 초기단계로서 자치단체는 물론 민간에서의 적용 필요성에 대한 인식이 부족한 실정이다. 또한, 관련 시설의 설치는 공공에서의 관련 기반시설의 조성 과 연계되어야 제대로 효과를 발휘할 수 있기 때문에 적용의 활성화를 위해서는 먼저 공공부문에서 빗물의 관리와 이용에 대한 기준을 설정하고 계획의 수립 및 실행에 적극 노력할 필요가 있다.

#### (1) 공공부문 계획 및 개발단계에서의 LID의 적용

계획단계에서는 도시개발의 기본적인 사항을 규정하고 있는 도시계획과 실제 개발의 기준을 정하고 있는 지구단위계획 수립에 있어서 빗물의 관리와 이용에 관한 사항에 대한 실효성 있는 기준을 마련하여 제시해야 한다.

이를 위해서는 자치단체의 조례나 지구단위계획 수립지침 등을 통해 LID 관련 시설의 설치에 관련된 규정의 실효성 담보해줄 줄 필요가 있다. 현재 국토해양부의 도시계획 수립 지침을 비롯한 대부분의 관련 법령들은 권고적 성격을 가지고 있기 때문에 해당 규정들은 선언적 의미를 지닌 무의미한 계획으로 한정지어질 가능성이 크기 때문에 자치단체의 적극적인 실행 의지와 노력은 매우 중요한 의미를 가지고 있다.

개발 단계에 있어서도 공공에서 추진하는 도로, 공원 등과 같은 기반시설이나 공공의 청사 등과 같은 공공시설물에 우선적으로 LID 관련 시설을 설치하여 사업의 효과에 대한 홍보와 인식 개선을 도모해야 한다.

## (2) LID 관련 계획의 적용 시점

빗물관리시설은 기반시설의 성격을 가지고 있기 때문에 기반시설계획과 함께 모든 개발사업계획 이전에 고려되어야 한다. 이와 같은 빗물관리시설은 물순환을 위한 기본적인 녹지를 제공하기 위한 것으로 그 지역의 지형, 유수의 방향, 토양, 중요 자원 등을 고려하여 최적의 장소에 녹지를 보전하고 유지할 수 있도록 해야 한다. 또한, 물순환을 관리하기 위한 목적으로 설치하는 것이기 때문에 도시의 불투수 지표면으로부터 발생하는 빗물 유출수를 수용하는 것이 중요하다. 따라서, 빗물관리시설은 이미 건설되었거나 건설되는 불투수 지표면의 영향을 줄일 수 있는 입지를 선정해야 한다.

〈표 4-8〉 기반시설 계획 전·후의 빗물관리시설 조성 목적과 기준<sup>6)</sup>

구 분	기반시설 계획 전	기반시설 계획 후
설치 목적	- 물순환을 위한 1차적 녹지계획 - 하천변, 자연녹지 등의 보존 - 보존지역 간의 연결 제공	- 불투수 지표면에 의한 영향 줄이기(불투수 지표면의 단절, 유효 불투수면 줄이기)
대상 범위	- 구역 및 전체 개발범위에서 선정	- 집수구 및 지면 규모에서 선정
관리 대상	- 구역 내에서 발생하는 유출수의 관리	- 도로, 건물 등 불투수 지표면에서 발생하는 유출수 관리
시설 조성 기준	- 지형, 유수 방향, 토양, 중요 자연자원, 생태자연지역, 하천, 수변지역, 토지이용	- 위성사진, 항공사진(불투수면 확인 및 소규모 지역에서의 시설입지 선정, 건물과 도로의 위치와 규모 확인), 경관지수, 저수지 등의 저류가능지 등

6) 한국환경정책·평가연구원, 신도시의 물순환 건전화를 위한 그린인프라 조성 기준에 대한 연구, 2009, p35,

## 2) 민간부문의 적용 활성화를 위한 다양한 지원대책의 마련

민간부문의 LID 적용 활성화를 위해서는 관련 시설의 설치 및 운용에 대한 다양한 인센티브 제공을 통해 초기단계에서부터 적극적인 확산을 도모해야 한다. 특히 도로나 공원, 공공시설을 제외한 대부분의 개발사업들이 민간 영역에 포함된다는 점을 감안할 때 민간 개발사업에 대한 관련 시설의 설치 등에 대한 관련 기술 및 비용의 지원은 LID 적용 활성화에 크게 기여할 것으로 판단된다.

### (1) 관련 조례의 제정을 통한 제도적 장치 마련

인센티브의 적용 대상이나 지원 규모 등에 대한 기준은 각 자치단체별로 해당 지자체의 여건을 감안하여 설정하고, 관련 기준 등에 대한 조례 제정을 통해 관련 사업에 대한 제도적 뒷받침이 함께 고려되어야 한다.

### (2) 협정제도 활용을 통한 자율적인 사업 참여 유도

조례 제정을 통해 제도 적용의 실효성을 담보하는 방안을 마련하는 한편, 민간 영역에서의 자율적인 참여를 독려하기 위한 수단으로서 협정제도를 인센티브와 연계하여 도입하는 것도 가능하다. 협정제도는 경관협정이나 녹지협정과 같이 주거지역이나 상업지역 등에서 주민들이 해당 구역의 주거환경이나 경관 등을 보전·관리하기 위한 목적으로 자체적인 규칙을 만들고 상호간에 계약을 체결하여 운영하는 것으로서 실질적인 주민주도형 도시관리제도라 할 수 있다.

협정제도는 시범사업이나 선도사업과 연계하여 추진하는 것이 효과적이며 제도의 운용을 위해서는 먼저 자치단체에서 관련 조례를 제정하여 제도적인 근거를 마련해야 한다. 이와 함께, 협정 구역의 관련 시설 설치에 대한 우선적인 지원 등과 같은 인센티브 제도를 병행해서 추진함으로써 주민들의 참여를 독려하고 사업 효과의 조기 가시화를 도모할 필요가 있다.

### 3) 정책 확산을 위한 시범사업 및 홍보

#### (1) 시범사업 추진

공공영역은 물론 민간영역에서의 LID 적용 활성화를 위해서는 실제로 건설되고 있는 지역을 대상으로 관련 시설의 설치와 함께 사업 효과를 직접 볼 수 있는 기회를 제공해줄 필요가 있다. 이를 위해서는 지역 내에서 추진 예정인 대규모 개발사업을 시범사업으로 선정하여 추진하는 것이 가장 효과적인 방안의 하나라 할 수 있다.

시범사업으로 추진 가능한 사업들은 보금자리 사업과 같이 공공에서 추진하는 주거단지 개발사업이나 산업단지 조성 등 도내에서 진행되거나 진행될 예정인 대규모 개발사업들을 들 수 있다. 특히 혁신도시 개발사업은 주거·상업·업무를 비롯한 다양한 용도의 토지개발이 이루어지기 때문에 시범사업 대상지로 가장 적합한 조건을 가지고 있다는 점에서 종합적인 빗물관리 및 이용 방안의 적용을 적극적으로 검토할 필요가 있다.

#### (2) 다양한 홍보사업의 추진

시범사업의 추진과 함께 LID 적용을 통해 얻어지는 재해예방, 비점오염원의 감소, 에너지 절약 등 다양한 효과에 대한 적극적인 홍보와 병행해서 이루어져야 한다.

홍보사업의 방법으로는 신문이나 방송 등의 언론을 통한 정보전달이나 계몽 활동은 물론 관련 사업과 효과 등을 소개하는 주민 설명회나 팸플릿 등의 제작·배포를 통해 해당지역 주민들의 인식 전환과 사업 참여 유도를 도모해야 한다. 시범사업 구역이나 LID 관련 시설이 설치된 지역에 대한 안내판을 설치하여 주민들의 관심을 유도하고 사업 효과에 대한 홍보를 도모해야 한다.

LID 관련 시설의 설치나 협정제도의 도입과 관련된 공모사업의 추진, 정책 보급에 기여한 개인이나 단체, 시·군, 단위 사업 등을 대상으로 하는 시상제도의 마련은 민간영역은 물론 공공영역에서의 사업참여를 확대시킬 수 있는 효과적인 방안이다.

## 2. 토지이용에 따른 LID 적용 기준(예시)<sup>7)</sup>

### 1) LID 적용의 전제 조건

#### (1) 지구단위계획 수립지침에서 LID 적용 명시

LID의 적용을 위해서는 기본적으로 해당 구역의 현장의 여건을 우선적으로 고려하여 토지이용별로 적합한 분산형 빗물관리 방안을 수립해야 한다. 빗물관리계획에 따른 실질적인 관련 시설의 설치 기준은 개발 단위별로 수립되는 지구단위계획에서 제시되어야 하기 때문에 자치단체에서 제정·운용할 수 있는 지구단위계획 수립지침이 먼저 마련되어 있어야 한다.

#### (2) LID 적용 대상

도시공간 속에서 LID를 적용할 수 있는 대상지역은 일반적으로 건축물이 입지하지 않은 비건폐지이며, 이중에서도 대규모의 교통용지나 수면 등을 제외한 대기와 토양이 직접 면하여 있는 공간(open space)이 해당된다. 오픈스페이스의 분류는 아래의 <표 5-9>와 같이 다섯가지로 구분할 수 있다.

<표 4-9> 도시공간 내 오픈스페이스의 분류<sup>8)</sup>

구 분		공간의 세분 및 해당 시설			
도시 공간	건폐지	건축물 또는 시설물이 입지하고 있는 공간			
	비건폐지	교통용지	도로, 철도, 공항, 부두시설용지 등		
		오픈스페이스	공공 오픈스페이스	- 공원녹지, 운동장, 광장, 공원으로, 묘지공원 등	
			자연 오픈스페이스	- 하천, 호수, 호소, 수로, 해변, 강변, 호반, 산림, 농지 등	
			공개 오픈스페이스	- 사찰, 공공 및 민간시설 부속 원지, 묘지 등	
			공용 오픈스페이스	- 공동주택 원지, 기업후생 원지, 학교 운동장 등	
전용 오픈스페이스	- 개인 원지, 묘포장, 급배수 및 처리시설 용지 등				

7) 대한주택공사 주택도시연구원의 ‘아산신도시 물순환도시 조성을 위한 우수관리 및 인공습지 시스템 적용 연구(2008)’에서 제시한 유형별 빗물관리시설 가이드라인을 참조하여 정리하였다.

8) 박병주, 도시계획, 2009, 형설출판사, p211,

도시 내부의 오픈스페이스는 대부분 공공용지에 해당되지만 주택에 속해있는 정원이나 사유지에 조성되어 있는 전용오픈스페이스도 일부 포함되어 있다. 따라서, LID 적용을 위한 기준의 마련에 있어서는 이와 같은 공간 구분체계와 함께 해당 공간의 소유 여부를 동시에 고려하여 설정할 필요가 있다. 우선적으로는 공공용지에 포함되어 있는 오픈스페이스에 대한 적용기준을 명확히 설정하여 시범적으로 적용될 수 있도록 하고, 민간용지에 대해서는 인센티브 제공과 연계하여 적용 범위를 확대해 나갈 필요가 있다.

### (3) LID 적용의 기본적 고려 사항

우수가 유출되는 발생원에서 자연적인 저류와 침투를 최대한 유도하여 초기우수의 유출을 방지하는 한편, 시설의 설치를 최소화하면서 우수를 최대한 토양에 침투시키거나 이용할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 현장 여건상 빗물관리 시설이 설치가 어려운 지역은 최근 거리의 주변 녹지(공원) 등에 저류침투조 등을 설치하여 초기우수 등을 발생원에서 관리할 수 있도록 해야 한다.

빗물 침투시설의 설치는 대지나 불투수 면적, 시설면적 등의 일부 구역의 유출 우수가 아닌 전체적인 유출 우수가 고루 침투시설로 유입되도록 계획되어야 한다. 빗물관리시설의 입지는 빗물의 침투와 이용의 효율성 및 안전성을 고려하여 설치되어야 한다.

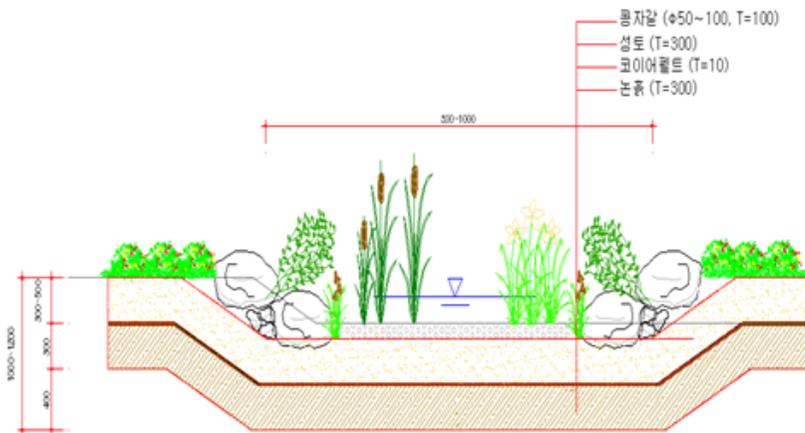
## 2) 공공부문 적용 기준(예시)

### (1) 공원·녹지

도시 내부의 대표적인 공공 오픈스페이스인 공원은 주민들이 많이 이용하는 시설이기 때문에 빗물관리시설의 설치와 공원의 경관향상을 연계하여 계획할 필요가 있다. 이와 함께 빗물정원이나 습지 조성을 통해 경관과 생태성을 향상시키는 방향으로 공원의 빗물관리시설 설치를 계획하는 것이 바람직하다.

공원 내 빗물관리시설의 적용은 주로 자연공원 등을 제외한 신규로 조성되는 근린공원과 어린이공원이 해당된다. 적용되는 시설들은 침투정, 침투트렌치, 침투도랑, 공

극저류조 등의 조합을 통해 구성되며 빗물순환이 공원 내에서 최대한 이루어지도록 계획해야 한다. 근린공원은 기존의 산지와 같은 자연적인 환경을 활용하는 보존형과 택지개발사업 등과 연계하여 도시내 녹지 및 휴게·운동공간 조성을 목적으로 설치하는 조성형 근린공원으로 구분할 수 있다. 빗물관리시설은 주로 조성형 공원과 어린이 공원 등 인위적인 시설이 들어가는 공원에 설치하도록 한다.



〈그림 4-1〉 공원내 광폭 도랑 설치 사례(독일) 및 도랑 단면 예시

## (2) 도로

도로에 적용하는 빗물관리시설은 단독적인 기능을 수행하는 경우와 함께 도로변에 입지하고 있는 다른 시설과 연계하는 경우를 동시에 고려하여 설치해야 한다. 도로내에 적용 가능한 빗물관리시설로는 침투도랑, 침투통, 침투트렌치 등이 있으며, 보도, 보도변 녹지, 가로수 식수대, 빗물받이 등에 설치하도록 한다. 도로에서의 빗물관리는 노면에 누적된 오염물질로 인해 발생하는 초기오염우수의 유출억제와 함께 도로 고유의 기능인 차량 및 보행자 주행의 안정성을 최우선적으로 검토해야 한다.

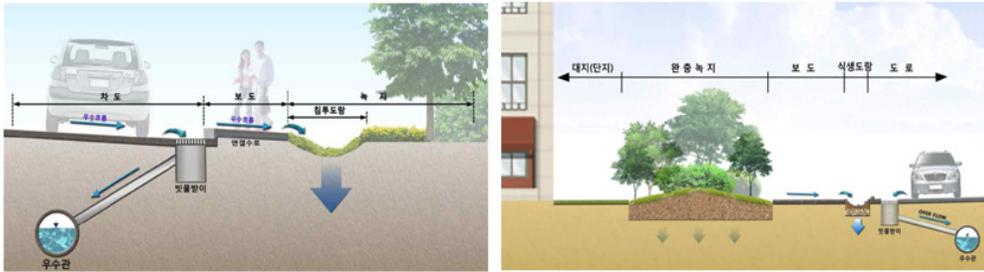
완충녹지, 식수대 등이 도로를 따라 있는 경우 빗물관리시설의 이점 부지를 최대한 이용하도록 하고, 교통섬 등도 빗물 유입구를 조성하여 초기 우수 등을 받아들여 저류·침투시키는 바이오 리텐션으로 조성하는 것이 바람직하다.



〈그림 4-2〉 식수대/완충녹지를 활용한 도로 우수관리시설 사례(좌) 및 단면 예시

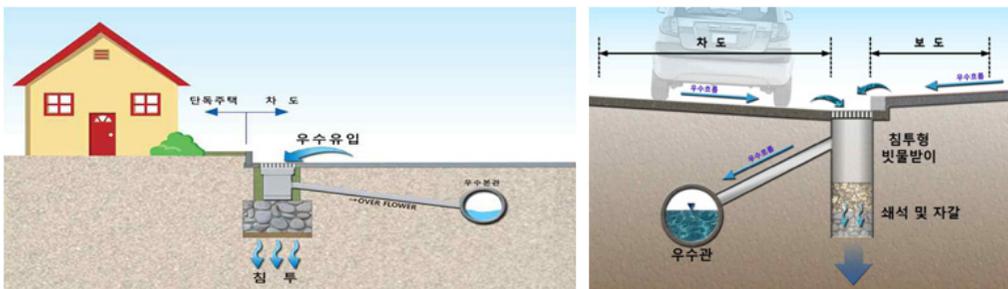
도로는 일반적으로 공간이 협소하기 때문에 빗물관리시설의 설치할 경우 이러한 제약을 해소하기 위해서는 차도나 보도 뿐만 아니라 주변의 완충녹지, 경관녹지, 식수대, 교통섬 등의 부지를 최대한 이용해야 한다. 보행자 도로의 경우에도 초기 우수의 대응과 함께 최대한의 강우량을 자체 부지 내에서 관리하기 위해 우수를 차도로 유출시키지 않고 보도 내 또는 주변 부지를 이용하여 침투시켜 차도의 부하를 줄이도록 한다.

보행자 전용도로에서는 비포장면 또는 틈새 포장면 등의 여유공간을 충분히 이용하여 빗물을 저류·침투 및 이동시키도록 한다.



〈그림 4-3〉 보도와 차도의 우수처리 분담을 위한 단면 예시

식수대나 주변 녹지가 없는 경우에는 침투형 빗물받이와 침투 트랜치 등을 설치하는 방안을 고려해야 한다. 도로에서의 빗물관리는 초기오염우수와 함께 낙엽, 모래 등의 유입 방지를 위해 침투통, 침투 트랜치, 침투형 빗물받이 등의 빗물관리시설 유입 전에 여과 그물망과 침사, 침전시설 등을 두도록 한다.



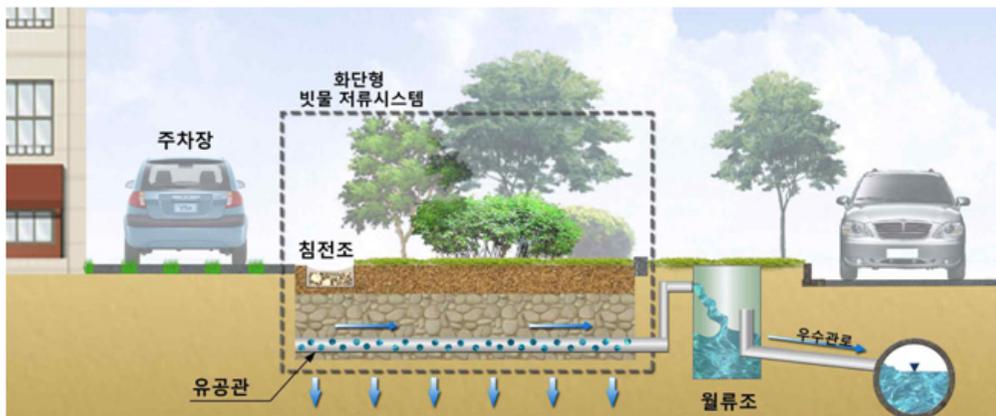
〈그림 4-4〉 보도가 없는 도로의 침투형 빗물받이를 이용한 우수관리시설 단면 예시

### (3) 학교

학교는 학생들의 지구온난화에 대응한 에너지 절감이나 친환경·생태환경 조성 등과 관련하여 이와 같은 빗물의 저류·침투시설을 활용한 빗물 관리 시스템이나 빗물을 이용한 다양한 용도의 시설을 설치하여 체험을 통한 환경 교육의 기회를 제공할 수 있다. 이와 함께 빗물이용과 이송 등에 필요한 에너지로 태양광 등 신재생 에너지의 이용을 연계함으로써 시범사례로 육성하여 LID의 홍보와 적용 확대를 도모하도록 해야 한다.

빗물관리와 관련된 시설은 주로 운동장과 화단 등을 비롯하여 학교의 가용 가능한

비건폐지를 활용하여 적극적인 빗물의 저류, 이용과 침투를 도모하고, 인근의 공공시설 등과의 연계 운용을 검토하는 것이 바람직하다. 특히, 빗물의 이용과 관련하여 옥상 빗물의 활용을 위한 빗물이용시설의 설치와 활용 용도를 모색하며, 운동장 침투 후 유출되는 빗물에 대해서도 적극적인 활용방안을 모색함으로써 LID의 시범·선도사례로 육성할 필요가 있다.



〈그림 4-5〉 학교 등의 화단, 투수성 주차장을 이용한 우수관리시설 단면 예시

#### (5) 기타 공공용지

복합커뮤니티 시설, 공공청사, 철도역사 등은 일반적으로 건축물의 규모가 크고 부지내 공개지 등의 오픈스페이스 확보가 용이하기 때문에 우수침투시설 등 빗물관리시설의 설치를 적극적으로 검토할 필요가 있다. 또한, 대체 수자원으로 우수의 공공성 확보가 가능하기 때문에 우수 이용시설의 설치를 우선적으로 계획하여 조경수나 부지내 친수공간 유지수 등으로 활용하도록 한다.

종교용지나, 가스공급설비, 쓰레기 집하시설 부지에 대해서도 우수침투시설을 우선적으로 설치하고 지하주차장은 투수성 바닥 설치 및 둘레에 우수 침투시설을 설치하도록 한다.

광장은 주변용지의 우수이용시설이나 저류침투조와 연계하여 도랑 등을 계획하여 친수공간으로 활용함으로써 빗물관리와 함께 조경시설로 활용하도록 한다.

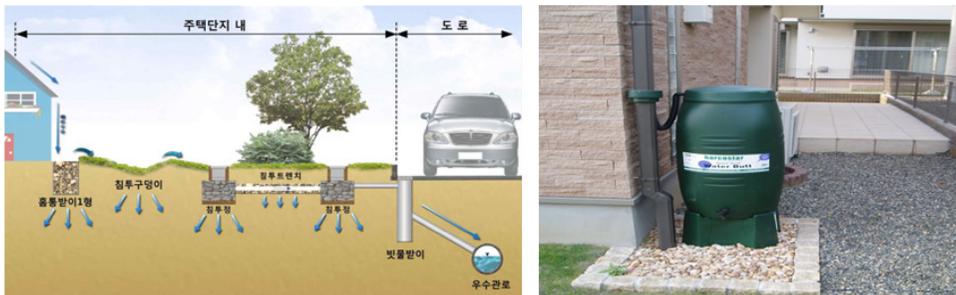


〈그림 4-6〉 독일 Kirchsteigfeld 단지(좌) / 독일 베를린 Rummelsburg 주차장(우)

### 3) 민간부문 적용 예시

#### (1) 단독주택용지

단독주택용지에는 침투형 홈통받이, 침투정, 침투트렌치, 빗물정원 등의 설치를 통한 빗물의 관리와 함께 옥상이나 정원 등에 우수 이용을 위한 빗물 저장통 설치가 가능하다.



〈그림 4-7〉 단독주택 우수관리시설 단면 예시(좌) 및 독일의 우수저장통 설치 사례(우)

홈통받이는 지하실의 유무에 따라 침투형과 비침투형으로 구분하여 설치할 수 있으며, 홈통받이에서 유출되는 빗물은 도랑 등 조경시설과 연계하여 빗물정원 등으로 유입되도록 설치한다.



〈그림 4-8〉 비침투형 흠통받이와 도랑 설치 사례(독일 Karow Nord)

빗물정원(침투구덩이)의 설치로 5~10mm 강우를 주택 내에서 흡수하여 유출을 억제할 수 있기 때문에 초기우수에 효과적인 대응이 가능하므로, 침투정이나 침투트랜치보다 우선적으로 설치를 고려할 필요가 있다. 빗물정원 설치시에는 건축물에서 1.5m 이상 이격하여 월류에 의한 건축물의 침수나 습기 등에 대한 영향을 방지해야 하며, 빗물정원 등에서 월류되는 유수는 도랑 등을 통하여 침투통이나 우수관으로 유입되도록 한다.

단독주택지 부근에 공원이나 녹지가 인접하여 있는 경우에는 이를 활용하여 공극저류침투조를 설치하고, 저류 침투조에서 월류하는 우수는 주변 우수관으로 연결하여 처리하도록 한다.



〈그림 4-9〉 주택지 투수성 주차장과 저류비침투형 흠통받이 사례(Kirchsteigfeld 단지)

## (2) 공동주택 및 상업·업무용지<sup>9)</sup>

상업·업무용지는 건축물의 규모가 크고 대부분 지하공간을 주차장이나 영업장소로 활용하기 때문에 일반적으로 불투수 포장면이 대지면적에 비해 높은 편이다. 반면 대규모 건축물은 상대적으로 조경면적이 넓기 때문에 인공지반 활용과 연계하여 우수관리시설을 설치하며, 옥상녹화를 통해 열섬현상 완화 및 빗물 유출 절감을 도모할 필요가 있다.

빗물의 이용과 관련하여 지하에 우수 이용시설의 설치와 함께 지하수나 중수시설과의 연계 이용을 통해 에너지절감 효과를 도모할 수 있다. 빗물의 이용은 건축물 옥상의 우수와 인공지반으로 침투하여 나오는 우수를 모아서 사용하며, 저류조에 유입되는 우수를 침사지 또는 여과지를 거쳐 오염물질을 사전에 제거해야 한다.

우수이용시설에 모아진 우수는 조경용수나 화장실 세정용수 등으로 사용하며, 조경용수 등으로 이용한 우수는 인공토양 등으로 여과하여 재사용하는 순환체계를 수립함으로써 지속가능한 물순환체계의 적용을 고려할 필요가 있다. 우수의 이용과 관련하여 옥상 표면의 재료는 강우시 중금속과 같은 오염물질이 용출되지 않는 재료를 사용하도록 하며, 초기 우수의 여과나 배제 장치 도입을 통해 오염된 우수의 사용으로 인한 부작용을 미연에 방지해야 한다.

상업·업무용지의 빗물관리 및 이용과 관련하여 독일의 물관리법에서는 환경오염부하 원인자 책임 원칙에 따라 빗물은 비가 내린 그 지점에서 처리하는 것을 원칙으로 하고 있다. 아래의 <그림 4-10>은 독일 베를린의 중심상업지구에 위치한 포츠다머 플라츠의 빗물관리 사례로서 개발계획시 빗물처리에 대한 대응과 수변계획을 함께 진행하여 친수시설을 시민 휴식공간으로 개발하고, 옥상녹화와 함께 지하저류조를 설치하여 빗물의 관리와 이용을 도모하고 있다. 이에 따라 1.2ha의 친수공간이 조성되었으며, 3,000톤 용량의 지하저류조를 설치하여 연간 1억원 정도의 우수세 절감 효과를 얻고 있다.

---

9) 공동주택용지는 빗물관리시설이나 빗물이용시설의 설치에 있어서 상업·업무용지와 토지여건 등이 유사하기 때문에 이를 준용하여 활용하는 것이 가능하다.



〈그림 4-10〉 독일 베를린 중심상업지구 포츠다머 플라츠의 빗물관리 사례

#### 4) 공공/민간 공통부문 적용(예시)

##### (1) 주차장

신규 개발하거나 재개발을 통해 조성되는 주차장은 잔디나 투수성 포장을 통해 우수의 침투를 용이하게 하는 것을 원칙으로 한다. 포장재는 종류에 따라 식생형 포장(메시, 스페이스 페이빙 등)과 투수성 포장(투수블럭 등)으로 구분하며, 주차장 이용 수요 설치 장소의 여건을 고려하여 적합한 포장재를 선정하여 시공하도록 한다. 식생형 포장의 경우에는 잔디의 생육에 필요한 일조 확보를 고려하여 주간 이용시간을 조정해줄 필요가 있으며, 주차수요에 따라 평상시에는 잔디광장으로 이용하고 행사 등으로 주차수요가 증가할 경우에만 주차장으로 활용하는 방안과 같이 탄력적인 운용을 통해 시설의 보호를 도모하는 것이 바람직하다.

주차장 설치와 관련한 제도적 장치로는 지구단위계획을 통해 투수성 주차장의 설치 기준 및 적용시 인센티브 제시 기준 등을 명시함으로써 민간영역에서의 적용을 장려할 필요가 있다.



〈그림 4-11〉 투수성 주차장 조성 사례

## (2) 옥상 녹화

옥상녹화는 도시홍수 예방, 열섬현상 완화, 대기질 개선, 냉난방 비용 절감, 도심내 생물 다양성 확보, 생태체험 학습공간 제공, 휴게공간 제공 등 다양한 효과를 가지고 있다. 일본 동경에서는 일정규모 이상의 건축물 신축시에 옥상면적의 20% 녹화를 의무화하고 있다.

옥상녹화의 적용을 위해서는 지구단위계획 제도를 활용하여 계획단계에서부터 옥상녹화를 유도할 필요가 있으며 신축 공공건물의 옥상녹화 의무화 및 민간 건축물에 대한 적용 시 인센티브 부여에 대한 기준을 설정하여 적용을 적극 도모할 필요가 있다.



〈그림 4-12〉 독일(좌)와 일본(우)의 도심내 대규모 옥상녹화 사례



# 제 5 장



## LID 기법 적용에 따른 환경효과 분석

제 1 절 LID 설계사례

제 2 절 환경적효과



## 제 5 장 LID기법 적용에 따른 환경효과 분석

### 제 1 절 LID설계사례

#### 1. 사무단지재정비

본 사례는 기존 사무빌딩단지에 수질개선을 위해 LID 요소들을 어떻게 접목할 수 있는지를 설명하고 있다. 이 단지는 워싱턴 D.C내 Washington Navy Yard의 Aancostia Annex에 위치하고 있다. 이 지역은 진흙 토양의 극히 평평한 지형으로 되어 있다. 가까이에 아나코스티아강이 있어 수위가 높은 지역이다. 우수의 수량관리 및 수질 제어가 최근까지 이루어지지 않고 있었다.

현재 아스팔트 표면은 수차레의 보수로 인하여 표면상태가 좋지 않다. 주차장의 전면교체가 필요한 실정이다. 또한 많은 수의 배수유입구와 오래된 벽돌배수구조물들이 금이가거나 깨져있어 교체가 필요하다.

건물을 둘러싼 많은 인도(sidewalk)들 또한 금이 가거나 히빙현상(heaving: 굴착 바닥면이 불룩하게 솟아 오른현상)이 발생하였으며, 장애인 보행자를 위한 ADA(Americans Disabilities Act) 표준 규정을 준수 하지 못하는 실정이다. 건물 주위의 식물들은 옷자라고 잔디구역은 관리되지 않아 잔디 상태가 좋지 않다. 이러한 조건들은 직접적인 수질개선을 위해 주차장을 정비하고 제안하기에 적절한 장소를 제공하는 기회가 되었다.



〈그림 5-1〉 조경구역과 주차구역

### 1) 프로젝트 목표 : 재정비목적은

- 주차장 재포장 지역에 통합수질관리 실행
- 인도(sidewalk) 보수공사
- 조경 리모델링

LID로의 재정비를 위한 자금은 지역우수수질규정을 따르고 있어 포장과 재건축 부분으로 승인을 받았다. 기름, 그리스, 총부유고형물, 질소 그리고 인이 주요 오염원이다. 이들 모두는 토지이용으로 발생하는 것들이다. 많은 재정비처럼 이 경우 많은 재정비와 마찬가지로 특정 부하저감을 목적으로 하기 보다는 우수수질개선에 목적을 두는 것이 좋다. 주위 시설의 우수배관 이 충분한 용량이며, 배출구가 큰 수로의 근처에 위치하였기 때문에 수량관리(Quantity control)는 크게 요구 되지 않는다.

## 2) 순서와 우선순위

이 프로젝트를 위해 재정비 기회는 다음 지침에 따라 순서와 우선순위가 정해질 것이다.

- 비점오염원을 줄이기 위한 가장 큰 잠재력
- 최소 금액의 신건축, 신 재료
- 우수배수수리시 통합건설에 따른 최소피해와 최소노력
- 최소한의 유지 보수주기
- 최소한의 유지비 와 보수비
- 부수적인 수입(조경, 에너지보존, 물보존)

## 3) 부지조건

부지는 지형적으로 아주 적게 돌아 있다. 지하수층은 지표면 보다 대략 3피트 (0.91m) 아래 있다. 이 지역은 불투수율이 낮은 토양으로 채워져 있다. 이 부지는 진입로를 따라 완충조경의 앞에 있다.

완충시설 아래에는 배수시설이 설치되어 있다. 공원 근처에는 몇몇의 성목이 있고 완충 조경 쪽으로 배수되게 되어있다. <그림 5.1>은 주차장에 촬영한 조경구역의 사진이다. 수개의 yard inlet이 주차장내에 그리고 진입로를 따라 위치해 있다. <그림 5.2>는 주차장으로 유출수를 차집하기 위한 콘크리트 모형 수로를 가지고 있는 배수 유입구의 사진이다. 시설물지도, 지형도, 항공사진들이 모아졌고 현장방문을 수행했다. 배수패턴을 현장방문 동안 확인하였다.(배수구역과 패턴이 현장조건변화, 새로운시설, 보수 또는 데이터의 오류 때문에 계획에서 벗어나는 경우를 종종 현장에서 볼 수 있다.)



〈그림 5-2〉 배수유입구

#### 4) LID 계획

4가지 형태의 LID요소들이 선택되었다. : 생물학적저류(Bioretention), 투수성포장(Permeable Paver), 나무상자 여과(Tree box filters), 식생지붕(Vegetated roof) 이다. 토양의 낮은 침투능 때문에 이 요소들의 특징들이 지반내 우수침투능이 되지는 않을 것이다. 대신, 암거가 설치되고 수질제어를 위해 이용되어지고 체류저장을 제공하게 될 것이다. 배수구역이 상세히 설명되어있고 LID특징들이 적절한 기술과 유출패턴과 용량 모두를 고려한 장소에 위치해 있다. <그림 5.3>은 배수패턴을 보여주고 있으며, <그림 5.4>는 LID요소의 위치를 보여주고 있다.



〈그림 5-3〉 Drainage Areas of Proposed Practices

- 배수구역 1번에서 3번 : 몇가지의 LID기법들이 접근로를 따라 주차지역 뒤쪽에 큰 식생섬에 설치될 것이다. 이 계획에는 3가지 생물학적저류셀, 생물학적저류저습지 그리고 투수성포장을 이용해 건설한 보도가 포함되어 있다. 설치를 위해서는 현 연석을 제거하고 wheel stops으로 대체할 필요가 있다. 이 LID 구성요소들은 진입로와 인근 주차지역 그리고 남쪽에 주차장으로 흐르는 지표 흐름을 처리할 수 있다. 건물의 진입로 주위의 주행구역에 대한 작은 주의가 주차장으로부터 생물학적 저류셀로의 직접적인 유출을 위해 요구된다.
- 배수구역 4번 : 나무 박스 필터가 이지역을 위해 선정되었다. 이 구조물은 공간이 제한된 곳에 적정하다.
- 배수구역 5번 : 투수성포장이 진입로와 주차장사이 현재 골을 이루고 있는 구역에 건설할 수 있다. 유입구 상부와 일부 관계시설의 재건설이 요구된다. 주차구역 후미에 연석은 낮추고 대체되어야만 한다. 포장넓이는 침투능력에 달려 있다. 지하수의 깊이는 포장면 아래 자갈층이 우수를 저장하고 배수하기 적정하게 건설되도록 결정할 필요가 있다.

- 배수구역 6번 : 생물학적저류셀은 주차구역 북쪽 끝에 식생섬내에 건설될 것이다.
- 배수구역 7번 : 포장구역은 제거될 것이고 생물학적저류셀로 대체될 것이다.
- 배수구역 8번 : 하역장 구역 근처에 있다. 투수성포장이 건설될 수 있다. 모래층이 효과를 증가시키기 위해 시스템내에 포함될 수 있을 것이다.
- 배수구역 9번 : 생물학적저류셀은 진입로의 동쪽, 빌딩 399의 남쪽에 위치한 저장조 출입구 근처에 위치해 있을 것이다. 이 구역은 진입로와 저장구역으로부터 유출수를 처리할 것이다. Driveway apron은 셀로의 직접유출을 위해 재 건설될 것이다.
- 옥상 : 식생지붕이 빌딩 168에 제안되었다. 이것은 지붕에 떨어지는 비로부터 오염물을 여과하고 옥상유출의 체류를 제공하게 될 것이다.



〈그림 5-4〉 Office Complex Retrofit

오염부하계산이 수질개선특징을 두기위한 최선의 구역을 결정하기 위해 스프레드쉬트와 간단한 방법의 개선을 통하여 본 프로젝트를 위해 개발되었다. 비록 이 방법은

보다 큰 유역과 초기 계획에 더 적절하지만 지역 관할구역의 수질부하를 평가하기 위해 이용되었다. 다음 <식 5.1>은 수질계산식이다.

$$L = 0.226 \times R \times C \times A \quad \text{<식 5.1>}$$

여기서 L = 연간 부하(lbs)

R = 연간 유출(inches)

C = 오염물농도(mg/L)

A = 면적(acres)

0.226 = 단위 전환상수(Schueller, 1987)

<식 5.2>는 계획된 부하감소

$$D = L \times (1 - E) \quad \text{<식 5.2>}$$

여기서, D = 연간부하저감(lbs)

L = 연간 부하(lbs)

E = 오염물제거효율(fraction)

이 연구의 목적을 위해 생물학적저류와 나무상자여과가 70%제거율을 위해 그리고 투수성포장이 50%제거율을 달성하기 위해 이용되어졌다. 납, 구리, 아연, 인 그리고 총 질소를 대상으로 산출하였다. 결과는 실행에 의해 구역이 직접적으로 제어되는 곳은 전체 부하의 65% 그리고 오염물을 대상으로 한 연구에서는 전체 연간 부하의 55%가 감소했음을 보여주고 있다. <표 5-1>은 다양한 오염물질의 부하감소를 보여주고 있다.

<표 5-1> LID시설후 계획된 저감부하량

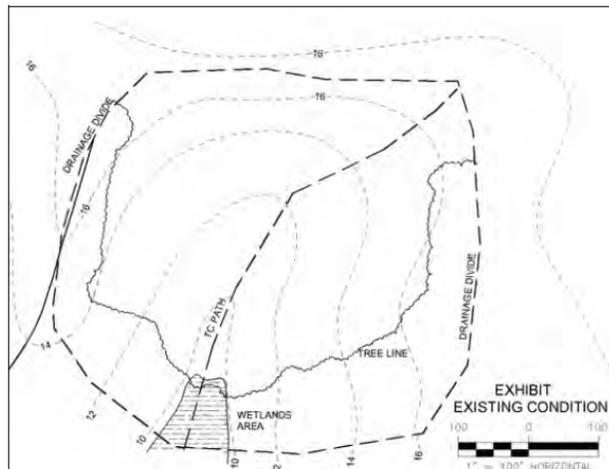
Pollutant	Annual Load Kg(lbs) Existing Condition	Annual Load(lbs) After LID Retrofit
Zinc	7.94(17.5)	2.8(6.1)
Lead	7.76(17.1)	2.7(6.0)
Copper	2.1(4.6)	0.73(1.6)
Nitrogen(TKN)	43.4(95.6)	15.1(33.2)
Phosphorus	20.2(44.5)	7.03(15.5)

## 2. 신규주택계획

여기에 제시된 사례는 해안지역에 전형적인 DoD(Department of Defence) 주택단지에 일반적인 접근과 LID 우수관리 접근 사이의 차이를 설명하기 위한 것이다. 계획목적은 Type II NRCS 2년 24시간 우수사상에 대해 침투유출을 유지하고 개발에 따른 수질제어를 제공하는 것이다. 다음으로 수문학적 분석이 여기에 제시되어 있다. 일련의 그림들은 선택된 LID요소들이 어떻게 최근 건설된 택지개발에서 보여질지를 설명하기 위해 제시되었다.

### 1) 기존 부지조건에서 CN(Curve Number: 곡선지수) 계산

평가대상 부지의 배수구역은 2.6ha(6.5acre)이다. 토지는 비교적 평평하고 배수구역의 배출구에 습지를 가지고 있는 작은 수로로 배수된다. 경사는 완만하며 평균 2%이다. 토양은 NRCS HSG(Hydologic Soils Group) B로 분류된다. 토양은 보통의 침투율과 적당하게 미세하고 적당하게 굵은 성질을 가지고 있다. 토양은 평균적인 물전달율(0.15~0.30in/hr)을 가지고 있으며 재질은 미사질양토와 양토로 분류될 수 있다. 배출구 근처 1.5ha(3.6acre)는 수리학적으로 “Woods in Fair Condition”으로 분류할 수 있다. 토지의 윗부분은 “Brush in Poor Condition”으로 분류된다. <그림 5-5>는 현재상태의 지도이다.



<그림 5-5> 현재상태의 지도

TR-55의 절차에 따라 부지에 대한 CN을 계산한다. <식 5.3>으로 계산된 CN은 2.6ha(6.5acres)에 대해 63이다. <표 5.2>는 이 계산들을 요약해 놓은 것이다.

$$\text{Weighted CN} = \text{Sum of Products} \div \text{Drainage Area} \quad (\text{식 5.3})$$

<표 5-2> 현재조건에 구성요소들의 CN값 계산

Hydrologic Soils Group	Cover Description	CN(Table 2-2 TR-55)	Area (Acres)	Product CN × Area
B	Brush/Poor Condition	67	2.9	194.3
B	Woods, Fair	60	3.6	216.0
Sum of Products				410.3
÷ Drainage Area				6.5
Weighted CN				63

## 2) 개발후 CN(Curve Number)계산

주거지개발에 CN을 할당하기 위한 일반적인 방법은 TR-55에서 제시하고 있는 자료로부터 전체부지에 대한 단일 CN값을 선택하는 것이다. <그림 5.6>은 제안된 주택 형태의 그림이다. 이것은 “Townhouse Residential District”로 분류될 수 있다. 이 토지이용에 대해 TR-55에서 제시하고 있는 자료로부터 얻어진 CN값은 85이다.

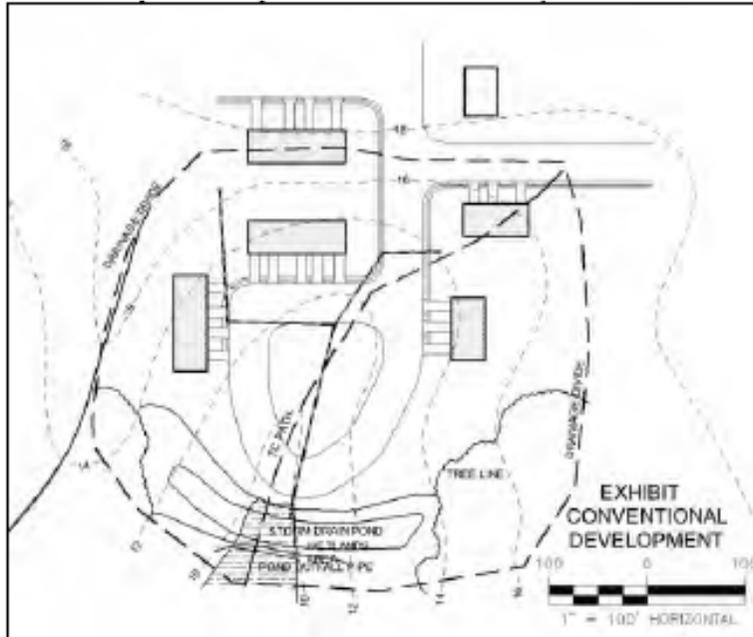
LID방법은 개략적인 추정값 보다는 오히려 실제 현장 조건을 반영한 정의된 CN값을 위한 것이다. 예를들어 불투수성포장과 다른 토지피복 양을 <그림 5.7>에서 직접적으로 계산할 수 있다. <표 5-3>은 LID계산방법을 사용하여 제안된 조건들의 사용자 정의된 CN을 요약한 것이다.

〈표 5-3〉 제안된 조건에서 구성요소들의 CN값 계산

Hydrologic Soils Group	Cover Description	CN(Table 2-2 TR-55)	Area (Acres)	Product CN × Area
B	Lawn(fair condition)	69	3.2	220.8
B	Woods, Fair	60	0.7	42.0
B	Impervious	98	2.6	254.8
Sum of Products				517.6
÷Drainage Area				6.5
Weighted CN				80



〈그림 5-6〉 제안된 주택



〈그림 5-7〉 제안된 조건들(일반적인 계획)

### 3) 현재와 제안된 조건들에 대한 유출량

현재와 제안된 조건들 사이의 유출량 차이는 연간 누적과 침투사상에 꽤 중요한 영향을 끼칠 수 있다. TR-55로 부터 식 5-1를 이용한 130mm(5inch) 강우에 대한 개발전과 개발후 CN값에 의한 유출량(깊이)의 비교를 <표 5-4>에서 보여주고 있다.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (\text{식 5.4})$$

여기서, Q = 유출깊이(in)

P = 강우깊이(in)

I<sub>a</sub> = 초기손실(in)

$$I_a = 0.2S \quad (\text{식 5.5})$$

여기서, S=유출시작후 최대잠재저류량(in)

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (\text{식 5.6})$$

〈표 5-4〉 현재와 제안된 조건에서 유출깊이(5-in 강우)

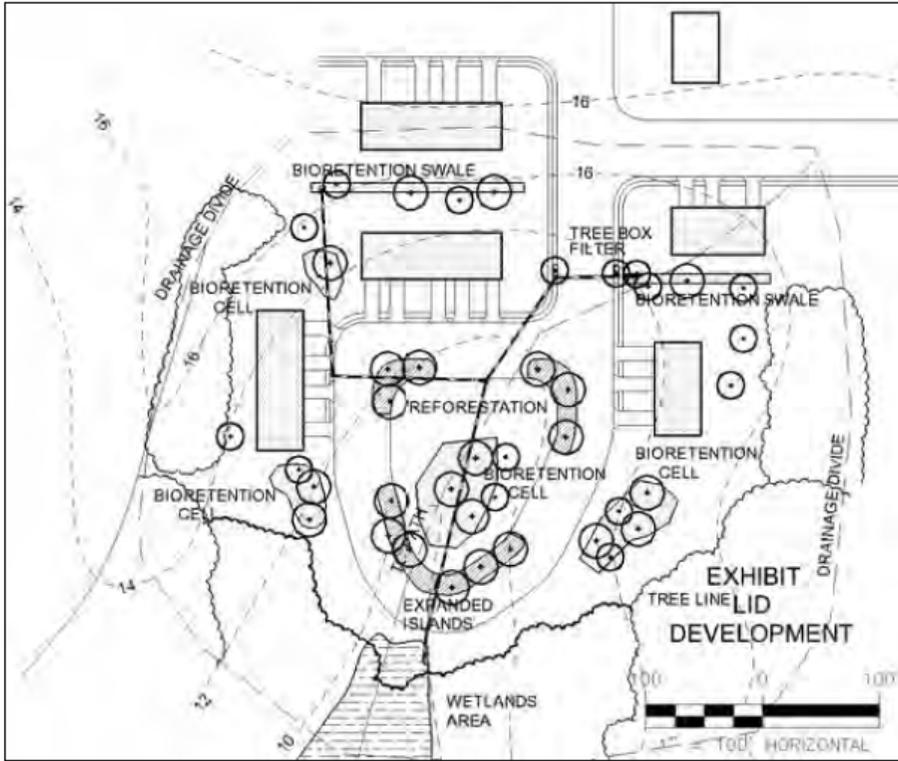
Condition	Runoff(in)
Existing (CN=63)	1.5
Proposed (CN=80)	2.9

#### 4) LID 기법 전략

몇 개의 LID 부지계획전략들은 제안된 조건에서 CN값을 줄이기 위해 채택된다. 낮은 CN값은 다음 사항들에 의해 결정될 것이다.

- 불투성지표줄이기
- 불투성지역단절
- 산림지역을 유지하기 위해 발자국등급 줄이기
- 오염되고 압축된 토양의 침투능력 회복

〈그림 5-8〉은 부지계획 결과를 보여준다. 산림과 습지에 피해를 주는 중요한 요인들은 중앙집중우수시설을 제거하고 부지전체 LID요소들간 분산식 우수관리를 통하여 방지할 수 있다.(습지와 수체에 대한 영향의 제거와 저감은 다른 많은 지역에 중요한 영향을 미칠 것이다.) 잔디지역의 조건은 적절하게 표토와 포기가 프로젝트의 마지막 등급화와 안정화에 포함된다는 보장에 의해 개선될 수 있다. 도로폭은 15m(48ft)에서 9.8m(32ft)로 감소되었다. 주차구역은 주차장내 윗부분에 유지시키고 중앙섬내 녹색공간이 확대되었다. 불투성지역의 추가적 저감은 도로폭의 추가적 저감 또는 차도분할과 같은 계획으로 포함할 수 있을 것이다. 나머지 불투성 지역은 최대 가능한 정도까지 단절되어야 한다. 〈표 5-5〉는 LID 부지계획접근법을 이용하여 제안된 조건들에 대한 CN값 계산을 요약한 것이다.



〈그림 5-8〉 제안된 조건의 지도(LID계획)

〈표 5-5〉 LID를 이용한 제안조건에서 구성요소들의 CN값 계산

Hydrologic Soils Group	Cover Description	CN(Table 2-2 TR-55)	Area (Acres)	Product CN × Area
B	Lawn(good condition)	61	1.8	109.8
B	Woods, Fair	60	2.5	150.0
B	Impervious	98	2.2	245.6
Sum of Products				475.4
÷Drainage Area				6.5
Weighted CN				73

### 5) 현재와 제안된 조건들에서 농도시간(Tc)

농도시간(Tc)는 TR-55에 절차를 이용하여 개발전과 일반적인 개발후 조건들에 대해 계산한다. 이계산들에 대한 요약은 부록 C에 포함되어 있다. 일반적으로 개발된 조

건은 Tc를 0.24시간에서 0.22시간으로 줄어들게 하거나 1.2분의 차이를 나게 한다. LID부지계획은 현재조건이 고려된 Tc를 도출한다. 이 경우 0.24시간이다. 생물학적저류셀 이나 보다 거친 식생지역을 통과하는 흐름에 대한 추가적 계산은 분석을 포함하지 않는다. 그러나 개발후 LID Tc를 더욱 증가시킬 것으로 예상된다.

## 6) 저장량 비교

LID 부지계획에 필요한 저장량의 비교는 아래에 주어져 있다. 2-year 24hour와 10-year 24hour 우수는 수로보호와 적정수송에 대한 계획우수로 이용되곤 한다. 비록 여기에서 계획목적이 2-year 24-hour우수에서 침투유출을 유지하기 위한 것 이지만 10-year 24hour 우수가 두 가지 접근사이에 침투유출율과 용량의 차이를 설명할 수 있다. 계획우수에서 개발전 침투유출을 유지하기 위해 필요한 저장량을 결정하기 위해 현재 조건에서 유출깊이와 침투유출율 그리고 양 제안된 조건들이 TR-55로부터 그래프화 된 침투배출 방법을 이용하여 먼저 계산되어야 한다. <표 5-6>은 이 계산들의 요약이다.

<표 5-6> 그래프화 된 침투배출결과와 요약

Condition	CN	Tc	Peak Discharge(CFS)		Runoff depth(in)	
			2-year storm (3" depth)	10-year storm (5" depth)	2-year storm	10-year storm
Existing Condition	63	0.24	2	10	0.4	1.5
Proposed Condition-convention CN	80	0.22	9	23	1.3	2.9
Proposed Conditionusing LID site design	73	0.24	6	17	0.9	2.3

TR-55컴퓨터 프로그램은 일반적 그리고 LID부지계획 모두에 대한 2-year 24-hour 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 필요한 개발후 저장용량을 추정하기 위해 이용된다. <표 5.6>에서 보여준 것처럼 목표(현재) 2-year 24-hour 침투유출은 2cfs이고 목

표 10-year 24-hour 침투유출은 10cfs이다(순환주기의 값과 배출값이 일치하는 것은 순전히 우연의 일치이다.) 결과는 <표 5.7>과 같다.

<표 5-7> 개발후 저장용량

Design storm	Conventional site design		LID site design	
	Depth, inches(mm)*	Volume,ac-ft(m <sup>3</sup> )	Depth, inches(mm)*	Volume,ac-ft(m <sup>3</sup> )
2-year 24-hour	0.52(13)	0.28(347)	0.28(7)	0.15(187)
10-year 24-hour	0.85(22)	0.46(568)	0.53(13)	0.29(354)

\* depth of runoff distributed across the 6.5 acre(2.6ha) area

2-year 24-hour 우수에서 LID부지계획이 일반적인 부지계획과 비교하여 필요한 저장용량이 46% 저감되는 것으로 나타났으며 10-year 24-hour 우수에서는 38% 저감되는 것으로 나타났다. <그림 5.7>에 있는 연못은 2-year 일반적 체류조 저장용량으로 계산된 크기이다. 부록 C는 컴퓨터프로그램결과의 요약을 보여준다.

## 7) 분배형 저류와 체류저장 요구량

앞에서 유출량(그리고 상응하는 저장용량)에 있어 주요 저감이 다음 LID부지계획접근에 의해 달성될 수 있다는 것을 사례를 들어 설명하였다. 일반적인 체류연못은 보통 LID계획에 이용되지는 않는다. 대신 저장이 분배형 저류와 체류의 이용에 제안될 수 있다. LID계획도면(부록4)이 저류(부록 4 chart 1) 그리고 체류(부록 4 chart 2)에 이용되는 개발전 2-year 24-hour 침투유출을 유지에 필요한 저장용량을 결정하기 위해 이용되었다. CN값 63이 개발전 조건에 이용되었으며 CN값 73이 개발후 조건에 이용되었다. 체류에 이용되는 개발전 배출율을 유지하기 위해 필요한 부지를 가로지르는 저장깊이는 12mm(0.48in)이다. <식 5.7>은 이것이 321m<sup>3</sup>(0.26 acre-feet)에 상당한 것임을 보여준다. 저류이용에 있어 부지를 가로지르는 필요 저장깊이는 8mm(0.3in) 또는 <식 5.7>을 이용한 저장용량은 194m<sup>3</sup>(0.16acre-feet)이었다.

$$\text{저장용량 (acre-feet)} = \text{배수면적 (acres)} \times \text{저장깊이 (feet)} \quad \text{<식 5.7>}$$

토양 HSG B : 그러므로 침투에 있어 좋은 잠재성을 가지고 있으며 저류이용이 적정하다. 저류와 체류 모두를 이용한 hybrid design은 낮은 침투능력(HSG C 또는 HSG D)을 가진 토양을 대상으로 한 것이다. 저류의 이용은 충전을 권장하고 부지에 물 균형을 유지하기 위한 것이다.

개발전 침투배출율을 유지하기 위해서 뿐만아니라 개발전 유출량을 잘 유지하기 위해 부지가 필요할 것이다. 개발전 유출량을 유지하기 위해 필요한 총 저장용량은 부록 4에 chart 3을 이용하여 계산할 수 있다. 이 사례에서는 11mm(0.42in)이다. 이것은 개발전 침투배출율을 유지하기 위해 필요한 용량보다 적다(위의 계산결과는 13mm(0.48in)). 비록 개발전 유출량을 유지하는 것을 이 사례연구에서 제시하고자 한 것은 아니지만 빈번하게 발생하는 우수사상과 2-year 24-hour 우수까지를 포함하여 부지의 개발전 배출과 유출특성을 유지가능성을 보여주고 있다(즉, 침투배출과 용량). 그러므로 전적으로 소규모 수력학적 그리고 수리학적 제어, 빈번하게 발생하는 우수의 제어에 있다.

## 8) 적정IMPs의 선정

위에서 계산된 저류용량은 321m<sup>3</sup>(0.26acre-feet)는 총 저장용량을 선정된 IMPs들 간에 분배하여 이용한다. 선정된 LID 요소들은 생물학적저류셀, 생물학적저류습지 그리고 나무박스여과를 포함한다. 350mm(12in) 연못 깊이는 각각의 생물학적저류장치 크기에 이용된다. <식 5.8>을 이용하여 계산된 생물학적저류에 필요한 총 면적은 대략 1050m<sup>2</sup>(11,300sq.ft)이다. 생물학적저류 미디어내 공극에 저장될 수 있는 유출수량에 따라 필요저장면적은 더욱 저감될 수 있다.

$$\text{생물학적저류면적} = \text{저장용량} \div \text{생물학적저류 깊이} \quad \text{<식 5.8>}$$

이 특징들은 작은 지역내 우수배제를 차단하고 관리하기 위한 것이다. 우수배수형태는 일반적인 시스템과 동일하다. 그리고 적절한 수송시스템을 가지고 있다. 유출량과 최대저감이 LID부지계획과 IMPs에 의해 이루어지기 때문에 원할 경우 보다 작은 우수배제직경이 이용된다.

<그림 5.8>은 개발전 2-year 24-hour 침투배출을 유지하기 위해 필요한 저장용량이 분배형 우수관리를 사용함으로써 달성할 수 있음을 설명하고 있다. 나무박스여과 이외의 요소들이 주거지 우수관리에 이용될 수 있다. 모든 시설들은 최소의 연수과정을 거친 경관유지담당자들에 의해 유지관리 될 수 있다. <그림 5.9, 그림5.14>는 LID 특징들이 주거지개발에서 어떠한 방식으로 포함될 수 있는지를 설명하고 있다.

## 9) 수질계산

수질제어를 위해 이용할 수 있는 다양한 전략과 방법이 있다. 일반적 접근방법중 하나는 유출되는 용량의 일부를 억류하거나 오염물질이 물내에서 침전안정화 하기 위해 체류연못에 유지되도록 하는 것이다. 일반적인 규제사항은 불투수지역(즉 지붕, 포장 또는 보도)으로부터 초기 유출 13mm(0.5in)를 저장하는 것이다. 이러한 사항과 인자들을 바탕으로 제안된 개발지내 불투수지역의 0.85ha(2.1acres)에 대해 수질저장용량 111m<sup>3</sup>(0.09acre-fee)가 필요하다. 이것이 321m<sup>3</sup>(0.26 acre-feet) 필요 총 저류저장량 보

다 작기 때문에 수질저장용량은 이미 제안된 계획에 포함되어있다.

많은 LID요소들이 오염물질을 여과하고 처리하기 위해 식물과 토양 상호작용의 생물학적, 화학적, 물리적 과정을 이용한다. 이 요소들의 효과는 오염농도의 상대적 저감이나 연간 집수된 물이 도달할 수 있는 오염물의 총량에 있어 저감 항목들을 측정함으로써 알 수 있다. 이 방법에서 저감은 저장용량 보다는 오히려 제거율과 흐름율을 기반으로 하고 있다. 일부사례의 경우 LID 요소들의 연계효율의 자세한 분석이 수질을 위한 저장용량이 필요하지 않다는 것을 설명하고 있다.

이 사례연구에서는 어떻게 LID가 택지개발의 계획내 포함될수 있는지를 보여주고 있다. LID실행은 전형적인 우수체류연못을 불필요하게 함으로써 기존 산림지역에서 발생할 수 있는 교란을 저감시켰다. 이러한 산림완충에 의한 저류는 습지와 집수에 대한 영향을 점차적으로 저감하게 될 것이다. 관로 우수수송의 필요기 없어지게 된다. LID접근은 개발의 심미적 개선이라는 부가적 이점, 보호에 있어 공동체 참여에 대한 기회제공 그리고 지역환경의 유지관리를 제공한다.

시설명	설치전	설치후
Street Island Modifications		
Street Alterations		
Trash Rack		
Tree Box Filter		

시설명	설치전	설치후
Bioretention (Rain Garden)		
Reforestation		

〈그림 5-9〉 주택지 LID설치 전후 모식도

## 제 2 절 환경적 효과

### 1. Virginia Stormwater Management Program(VSMP)

버지니아우수관리프로그램(VSMP Virginia Stormwater Management Program) 승 인규정(2005.1.29)에 수록된 Engineers' Toolkit에 제시되고 있는 수질제어효과는 <표 5-8>과 같다. 토지교란으로 인하여 개발된 지역의 불투수포장으로 부터 우수유출은 <표 5-8>에 분류되어진 것 처럼 개발된 불투수성 포장 퍼센트에 따라 요구되어지는 적절한 BMP에 의해 처리될 수 있다. 선정된 BMP는 <표 5-8>에 제시된 목표로 하는 오염물질의 제거효율을 달성하기 위해 위치를 선정하고, 설계하고, 유지관리될 것 이다. 목표로 하는 오염물질의 제거효율을 달성하기 위한 <표 5-8>의 BMPs에 대한 설계기준과 분류들이 현장에서 이용될 수 있다.

<표 5-8> VSMP Engineers' Toolkit 에 제시된 수질제어효과

Water Quality BMP*	Target Phosphorus Removal Efficiency	Percent Impervious Cover
Vegetated filter strip	10%	16-21%
Grassed swale	15%	16-21%
Constructed wetlands	20%	22-37%
Extended detention(2xWQ Vol)	35%	22-37%
Retention basin I(3xWQ Vol)	40%	22-37%
Bioretention basin	50%	38-66%
Bioretention filter	50%	38-66%
Extended detention-enhanced	50%	38-66%
Retention basin II(4xWQ Vol)	50%	38-66%
Infiltration(1xWQ Vol)	50%	38-66%
Sand filter	65%	67-100%
Infiltration(2xWQ Vol)	65%	67-100%
Retention basin III(4xWQ Vol with aquatic bench)	65%	67-100%

\* 여기에 포함되어 있지 않은 새로운 또는 대안 BMP는 지방정부 또는 정부기관의 지침에 따른다. 여기에 포함되어 있지 않은 인이외의 비점오염원에 대한 새로운 또는 대안 BMP는 지방정부 또는 정부기관의 지침에 따른다.

## 2. Bioretention Facility (Beltway Plaza Mall Parking Lot, Greenbelt, MD)

Beltway Plaza에서 현장실험동안 총1000L의 인공유출수가 시간당 약 0.5inch의 비  
 올로 6시간이상 bioretention 지역에 뿌려졌다. 1000L 유입수중 단 39%만이 시스템에  
 남았다. 맨홀안으로 깨진부위를 통하여 누출된 잔존하는 물은 시설내에 보유되거나 침  
 투되었다. 유출샘플은 영양염류와 중금속의 제거정도를 분석하였다.

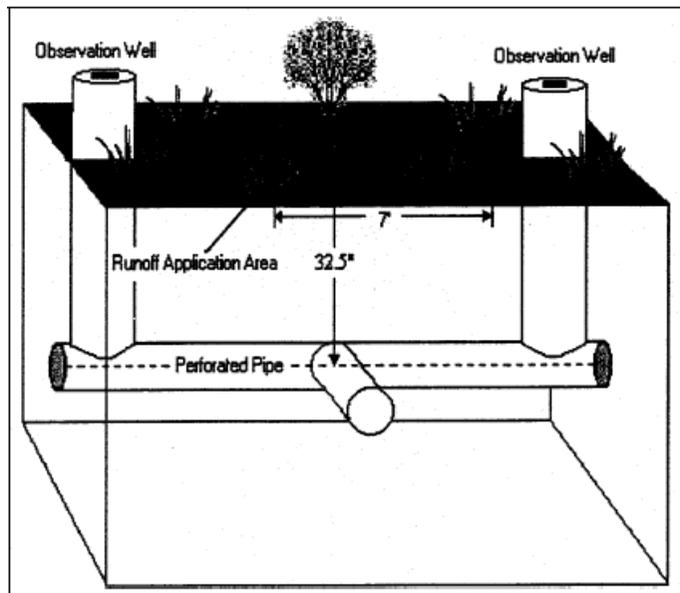
〈표 5-9〉 현장 Bioretention 연구 운영결과 1

	Cu	Pb	Zn	P	TKN	NH4+	NO3-	TN
Removal	97%	95%	95%	65%	52%	92%	16%	49%

### 3. Bioretention Facility

#### (Peppercorn Plaza Parking Lot at Inglewood Center, Landover, MD)

이 연구는 Inglewood Plaza에 두 개의 bioretention 지역 중 하나에서 수행되었다. 강우사상을 위한 모의실험을 목적으로 남쪽시설에서 50ft<sup>2</sup> 면적이 이용되어졌다. bioretention 시설은 시스템의 총길이를 흐르고 지표아래에 32.5inch의 T자형 암거를 포함하고 있다. 암거는 우수배제시스템과 직접적으로 연결되었다. 샘플은 우수배수보존지역내 물풀로부터 채취하였다. 유출샘플은 매 30분마다 수집되었다. 실험실시전 수일간 강우의 결핍으로 인하여 토양은 실험시작초기에 건조되어 있다. 인공강우가 6시간동안 매시간 1.6inch의 비율로 뿌려졌다. 총 1100L가 실험과정에 뿌려졌다.



〈그림 5-10〉 Peppercorn Place에서 Bioretention 시스템

〈표 5-10〉 현장 Bioretention 연구 운영결과 2

	Cu	Pb	Zn	Ca	P	TKN	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Removal	43%	70%	64%	27%	87%	67%	15%

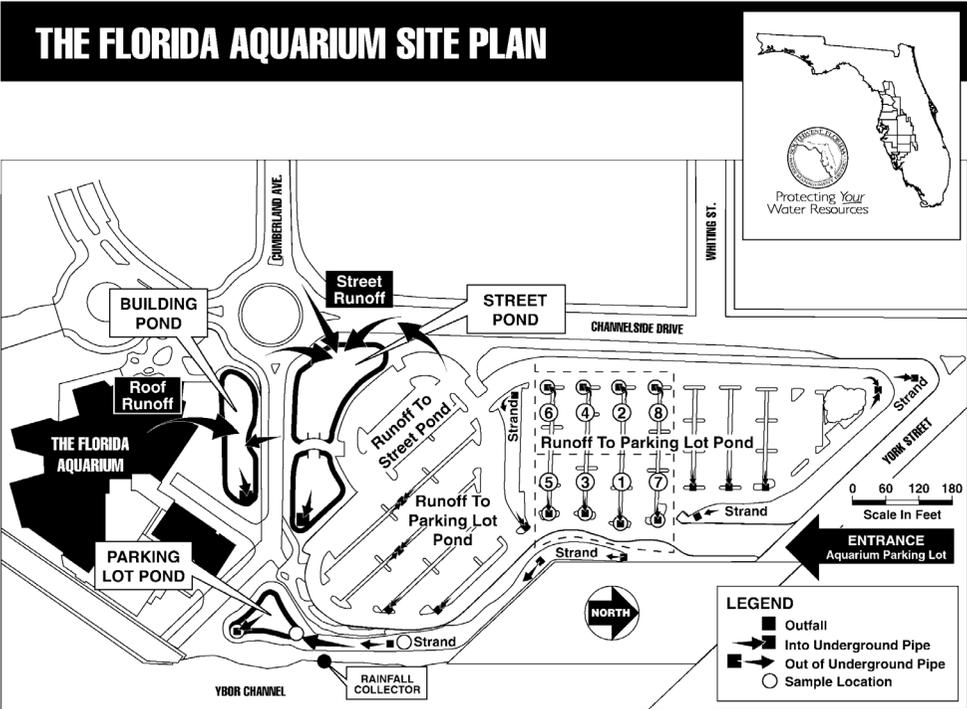
## 4. Permeable Pavements and Swales (Florida Aquarium Parking Lot, Tampa, FL)

연구대상지역은 플로리다 Tampa에 플로리다 아쿠아리움에 있는 주차장이다. 주차장 전면적 4.65ha가 배수지를 확정하기 위해 이용되어졌다. 연구를 위해 주차장은 횡상에 122cm넓이의 식생수로를 조성하고 각 주차장공간의 길이를 61cm까지 줄이는 작업을 수행하였다. 주차장내 다수 주차공간이 줄어들어 드는 것을 방지하기 위해 차량의 앞단이 포장면 대신에 식생수로 위에 놓이게 하였다. 네가지 시나리오가 유출수저감과 오염물질제거를 위한 가장 효과적인 방법을 결정하기 위해 조사되었다. 두 개 형태 8개 조가 흐름이 가중된 수질샘플을 채취하고 우수사상 동안 배출량을 측정하기 위한 장치를 건설하고 고정되었다.

네가지 처리형태은 다음과 같다.

- 식생수로가 없는 아스팔트 포장
- 식생수로가 있는 아스팔트 포장
- 식생수로가 있는 시멘트 포장
- 식생수로가 있는 투수성포장

강우수질과 용량이 각 처리형태의 효과를 결정하기 위해 유출수질과 용량을 비교하였다.



〈그림 5-11〉 플로리다 주차장 연구지역(Rushton, 1999)

〈표 5-11〉 다양한 처리형태에 따른 오염물 제거효율

Constituent	Asphalt with swale	Cement with swale	Permale with swale
Ammonia	45%	73%	85%
Nitrate	44%	41%	66%
Total Nitrogen	9%	16%	42%
Ortho phosphorus	-180%	-180%	-74%
Total phosphorus	-94%	-62%	3%
Suspended Solids	46%	78%	91%
Copper	23%	72%	81%
Iron	52%	84%	92%
Lead	59%	78%	85%
Manganese	40%	68%	92%
Ainc	46%	62%	75%

## 5. Grass Swales

### (Highway Grass Channels, Northern Virginia, Maryland, and Florida)

북부버지니아내 테스트 지역은 I-66을 따라 위치해 있다. 면적은 1.27acres(0.51ha)의 총배수면적을 가지고 평균 4.7%의 경사를 가지고 있다. 우수는 육상흐름으로 간접적으로 들어간다. 우수데이터가 1987년 6월 13일부터 1987년 11월 12일까지 수집되었다. 메릴랜드 실험단지는 I-270에 위치한 식생수로이다. 이 지역은 3.2%의 경사와 육상흐름에 의해 유입되는 우수를 수용하는 1acre(0.4ha)의 총배수구역을 가지고 있다. 데이터는 1987년 6월 18일 시작하여 1987년 9월 중순을 끝으로 수집되었다. 플로리다 실험단지는 I-4의 동쪽과 서쪽 라인 사이에 위치한 식생수로 중간에 있다. 플로리다 식생수로는 0.56acres(0.23ha)의 배수구역을 가지고 있는 다른 두 개 실험단지보다 낮은 경사를 가지고 있다. 데이터 수집은 1988년 2월 25일 시작하여 1988년 10월 31에 끝났다.

〈표 5-12〉 Grassed Swales에 대한 장기간 오염물제거 평가

	TSS	TOC	TKN	NO <sub>2</sub> / NO <sub>3</sub>	TP	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
VA	65%	76%	17%	11%	41%	12-98%	12-16%	28%	41-55%	49%
MD	-85%	23%	9%	-143%	40%	85-91%	22-72%	14%	18-92%	47%
리	98%	64%	48%	45%	18%	29-45%	51-61%	62-67%	67-94%	81%

## 6. LID 기법의 오염원 제거의 효율성<sup>10)</sup>

LID 기법에 대해 나타나는 효과는 토지이용형태와 규모, 지역여건 등에 따라 다양하며 일반적으로 그 효율을 나타내기는 매우 어렵다. 다음 <표 5-13>은 일반적으로 각 기법별 효율의 범위를 보여주고 있으나 적용에 있어 이 범위를 벗어나는 경우도 많음을 이해해야 한다.

<표 5-13> LID 기법별 비점오염원 제거율

구 분	전형적인 오염 제거율(%)				
	부유고형물	질소	인	병원균	금속
BMP Type					
자연 및 건조 구역	30-60	15-45	15-45	<30	15-45
보존 구역	50-80	30-65	30-65	<30	50-80
개발된 건조지	50-80	<30	15-45	<30	50-80
침투 구역	50-80	50-80	50-80	65-100	50-80
침투 도랑/건조한 구덩이	50-80	50-80	15-45	65-10	50-80
침투성의 도로	65-100	65-100	30-65	65-100	65-100
풀이 우거진 습지대	30-65	15-45	15-45	<30	15-45
풀 종류의 필터 Strips	50-80	50-80	50-80	<30	30-65
표면이 흡인 필터	50-80	<30	50-80	<30	50-80
다른 종류의 필터	65-100	15-45	<30	<30	50-80

10) 환경부, “LID기법을 활용한 자연형 비점오염원 관리방안 마련”, pp. 179-180, 2009.12





# 제 6 장



## 결론 및 정책제언

제 1 절 결 론

제 2 절 정책제언



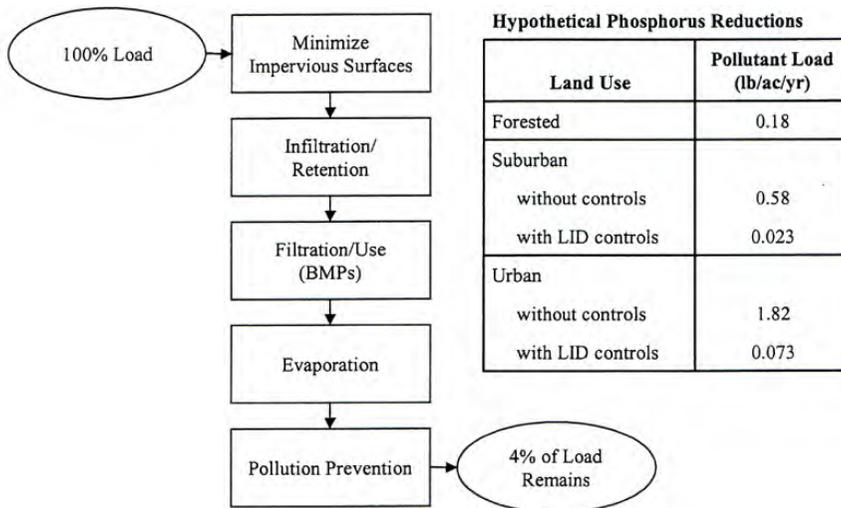
## 제 6 장 결론 및 정책제언

### 제 1 절 결 론

#### 1. 도시개발지역에 대한 수질오염총량관리제 대응

도시지역에서 유출되는 지표수는 질소와 인과 같은 화학적 영양염류를 꽤 많은 양 포함할 수 있다. 이러한 영양염류가 지역 수체에 도달하였을 때 부영양화를 일으킬 수 있다. LID 구성요소중 몇가지는 설계에 따라 효과정도가 다르게 영양염류를 여과한다. LID는 물과 토양내 질소와 인을 여과할 뿐만아니라 식물이 세포조직을 형성하는 데 영양염류를 이용하는 식생을 활용하도록 하는 방법이다.

LID시설중 생물학적체류, 침투정, 식생여과대, 식생완충지, 식생수로, 침투트렌치, 유입장치, 빗물통, 나무상자여과, 식생지붕, 투수성포장 등의 경우 영양염류와 같은 수질 오염물질의 제어에 효과적인 것으로 나타나고 있으며, <그림6-1>과 같이 LID시설의 조합을 통하여 도심에서 발생하는 인부하를 96%까지 제어할 수 있는 특징을 가지고 있어 수질오염총량관리제를 통하여 T-P의 제어를 계획하고 있는 정부정책에 대응할 수 있는 시설로 기대된다. 또한 T-P제어의 필요성이 가장 대두되고 있는 새만금의 경우 도심내 신규 및 기존개발지역에 대한 LID 시설도입에 대한 고려가 반드시 필요한 상황이다.



〈그림 6-1〉 인제거를 위한 전형적 처리절차

## 2. 도심내 불투수성공간 증가에 따른 열섬현상 대응

LID시설도입의 주요 목적중 하나는 물순환체계의 개선이다. 도시의 과도한 개발로 인해 왜곡된 도시의 물순환체계는 우수의 빠른 유출과 토양내 침투량 저감으로 인해 도심하천의 건천화, 열섬/열대야 현상 등을 야기시키고 있다.

LID는 물과 에너지 그리고 생태계의 순환을 통합적으로 고려한 시설로 LID시설을 통한 토양내 수분함량의 증가는 도심내 온도를 절감시킴으로써 도시의 열섬현상을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

### 3. LID적용 활성화를 위한 제도개선방안

#### 1) 공공부문의 선도사업 추진

LID는 현재 적용 초기단계로서 자치단체는 물론 민간에서의 적용 필요성에 대한 인식이 부족한 실정이다. 또한, 관련 시설의 설치에 공공에서의 관련 기반시설의 조성 과 연계되어야 제대로 효과를 발휘할 수 있기 때문에 적용의 활성화를 위해서는 먼저 공공부문에서 빗물의 관리와 이용에 대한 기준을 설정하고 계획의 수립 및 실행에 적극 노력할 필요가 있다.

#### 2) 민간부문의 적용 활성화를 위한 다양한 지원대책의 마련

민간부문의 LID 적용 활성화를 위해서는 관련 시설의 설치 및 운용에 대한 다양한 인센티브 제공을 통해 초기단계에서부터 적극적인 확산을 도모해야 한다. 특히 도로나 공원, 공공시설을 제외한 대부분의 개발사업들이 민간 영역에 포함된다는 점을 감안할 때 민간 개발사업에 대한 관련 시설의 설치 등에 대한 관련 기술 및 비용의 지원은 LID 적용 활성화에 크게 기여할 것으로 판단된다.

#### 3) 정책 확산을 위한 시범사업 및 홍보

공공영역은 물론 민간영역에서의 LID 적용 활성화를 위해서는 실제로 건설되고 있는 지역을 대상으로 관련 시설의 설치와 함께 사업 효과를 직접 볼 수 있는 기회를 제공해줄 필요가 있다. 이를 위해서는 지역 내에서 추진 예정인 대규모 개발사업을 시범사업으로 선정하여 추진하는 것이 가장 효과적인 방안의 하나라 할 수 있다.

시범사업의 추진과 함께 LID 적용을 통해 얻어지는 재해예방, 비점오염원의 감소, 에너지 절약 등 다양한 효과에 대한 적극적인 홍보가 병행해서 이루어져야 한다.

## 제 2 절 정책제언

### 1. LID시설에 대한 비점오염시설 인증필요

국내외 다수의 연구결과에 따르면 LID시설이 영양염류제거에 효과가 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 도심내 LID 적용지역에 대해서는 비점오염관리지역으로 인정 받음과 동시에 LID설치시설을 비점오염시설로 인정받음으로써 수질오염총량관리제를 통하여 관리되어야 할 부하량의 여유량을 확보할 필요가 있음

### 2. 도시정비계획 추진시 LID적용 필요

구도심의 경우 LID도입이 어려운 점이 있음 따라서 가로정비와 같은 사업이 추진 될 경우 우선적 추진이 필요하며, 또한 신규 택지개발사업 추진시 LID를 적용하여 개발전과 개발후의 유출율을 동일하게 유지시켜 줌으로써 물순환체계를 개선할 필요가 있음

### 3. 환경부와 국토해양부에서 계획하고 있는 시범사업에 대한 우선적 추진

환경부는 도심지역에 대한 비점오염문제를 해결하기 위하여 LID적용방안에 대한 연구를 수행한 바 있으며 국토해양부의 경우 도심내 건전한 물순환체계 구축을 위하여 신규택지개발시 LID적용을 계획하고 있음. 아직 LID에 대한 인식이 미진함으로 LID를 추진할 계획을 수립하고 있는 부처를 중심으로 시범사업 추진가능성을 예측하고 도내 물순환왜곡 지역과 수질오염총량관리 애로지역을 중심으로 국가시범사업 추진을 계획할 필요가 있음

#### 4. 도시계획심의시 심의조건으로 신규개발 또는 재개발시 적용조건 삽입

저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립 지침 의 적용 범위는 광역도시계획, 도시기본계획 및 도시관리계획 수립권자인 시·도지사 및 시장·군수가 지역의 특성 및 여건 등을 고려하여 적용할 수 있도록 규정한 권고적 성격의 지침으로 기존 도시계획 수립 지침의 보완적 지침의 위상을 가지고 있어 자치단체의 의지가 없으면 그 실행을 담보할 수 없다는 한계를 가지고 있다. 따라서 시·도지사 및 시장·군수가 광역도시계획, 도시기본계획 및 도시관리계획 수립시 심의조건에 LID적용을 삽입하여 도심내 물순환체계 개선, 오염물질을 제어할 수 있도록 하여야 할 것이다.



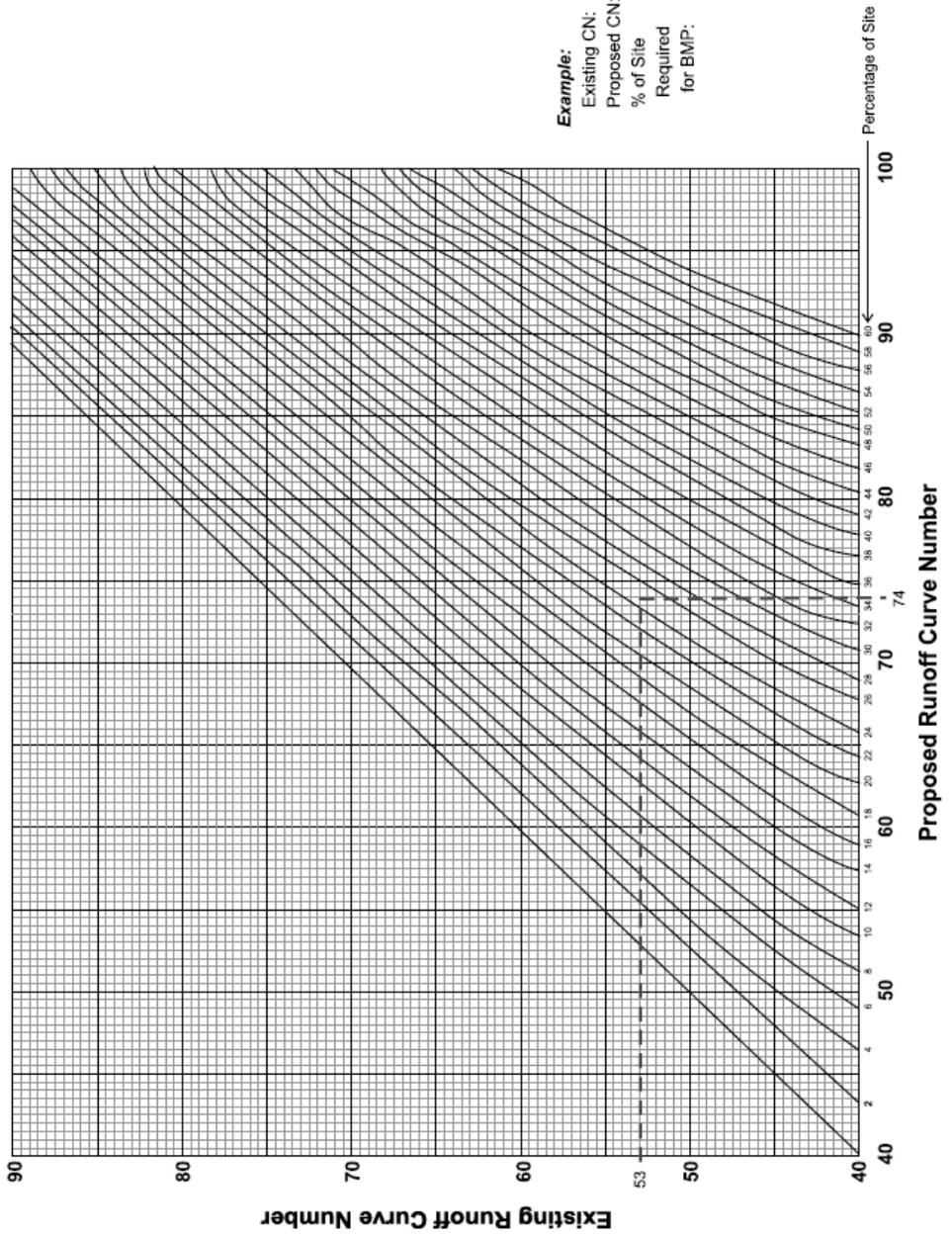


目 次

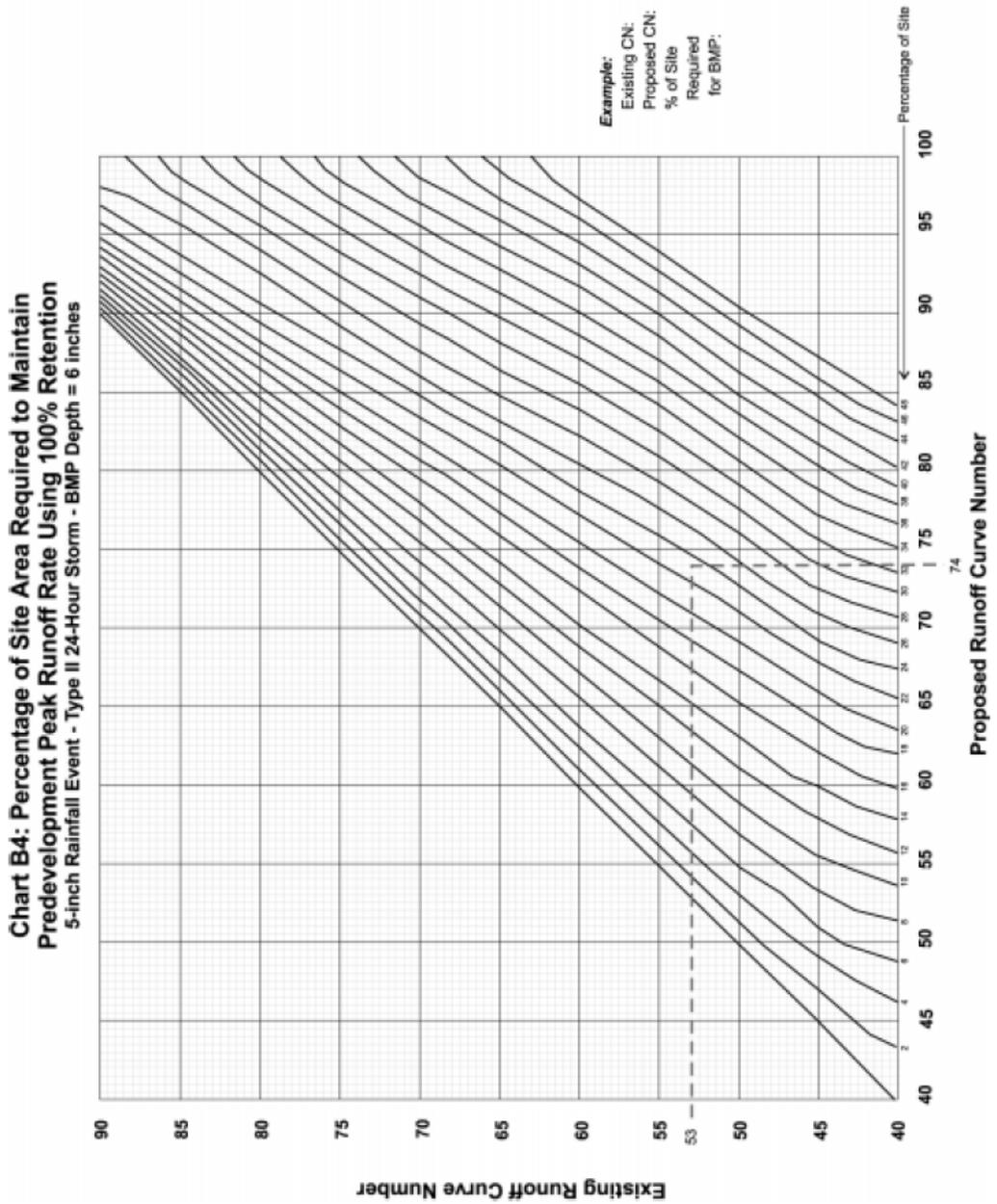


부록 1. 체류저장을 이용하여 개발전 유출량을 유지하기 위해 요구되는 저장용량

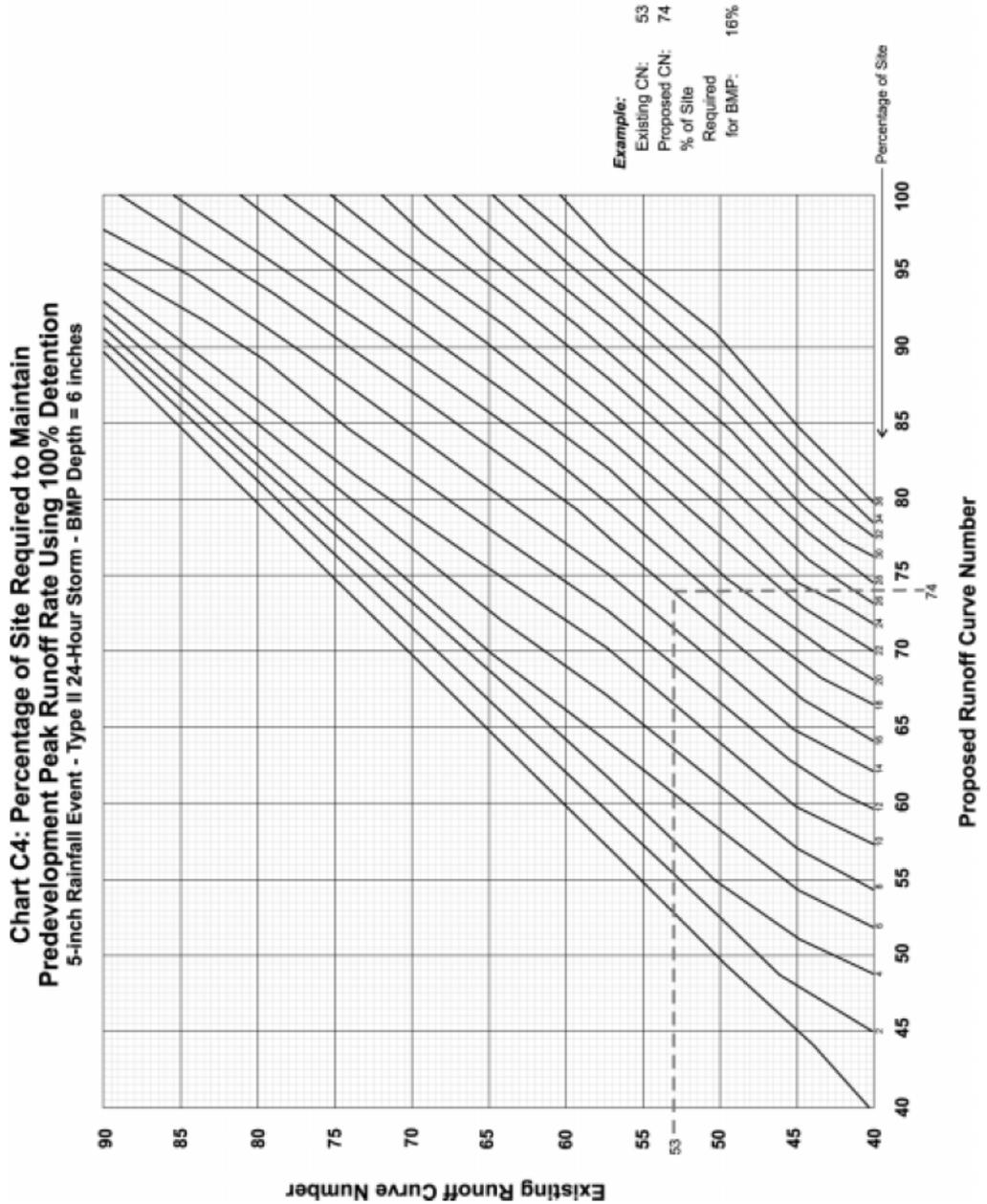
**Chart A4: Percentage of Site Required to Maintain  
Pre-development Runoff Volume Using Retention Storage  
5" Rainfall Event - Type II 24-Hour Storm - BMP Depth = 6"**



부록 2. 100%저류저장을 이용하여 개발전 첨두유출율을 유지하기 위해 필요한 저장용량

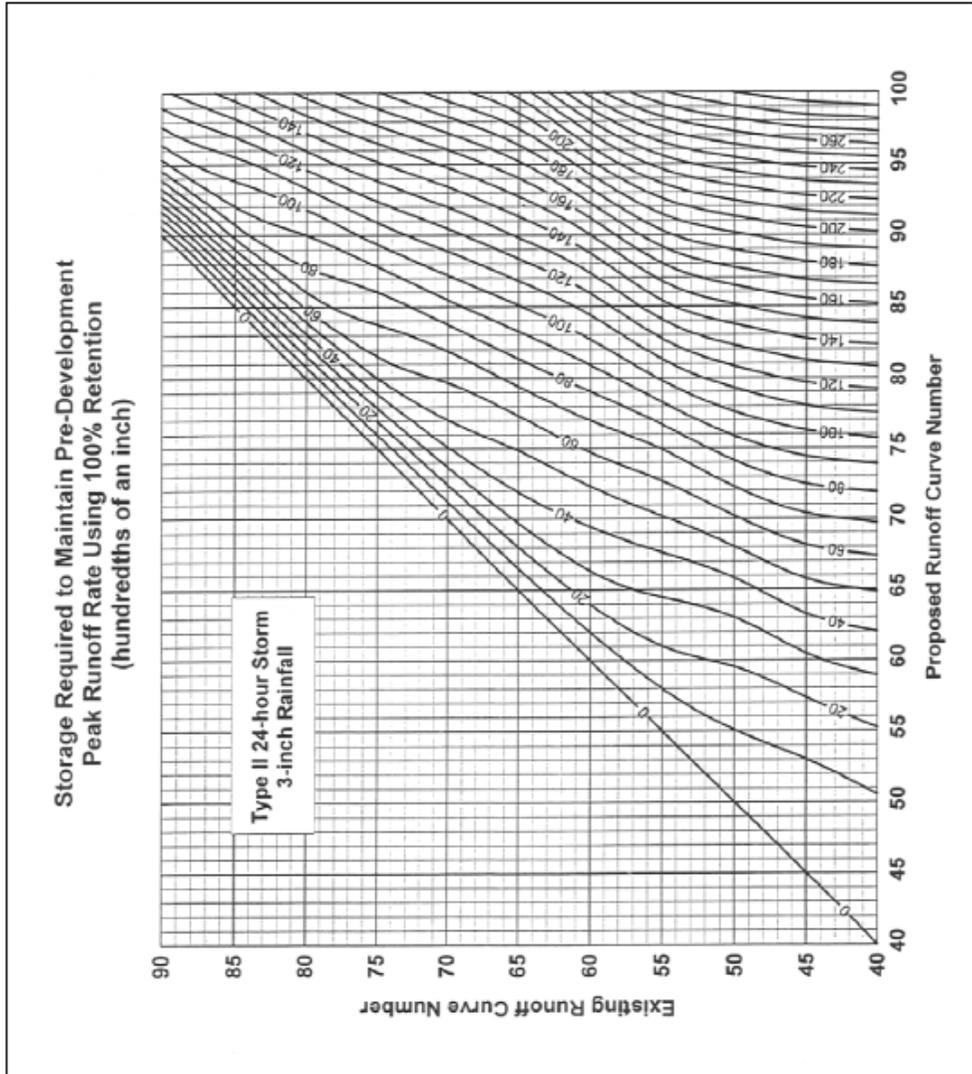


부록 3. 100%체류저장을 이용하여 개발전 침투유출율을 유지하기 위해 필요한 저장용량



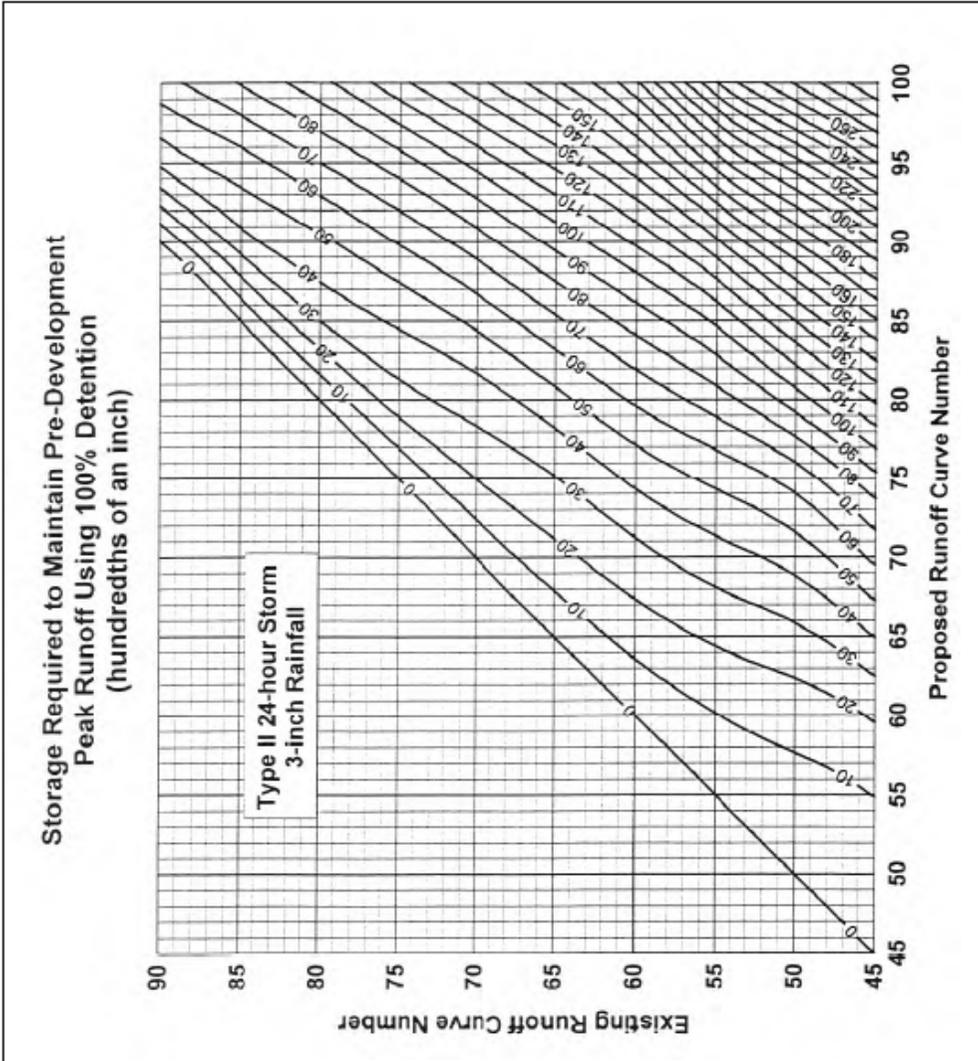
부록 4.

Chart 1



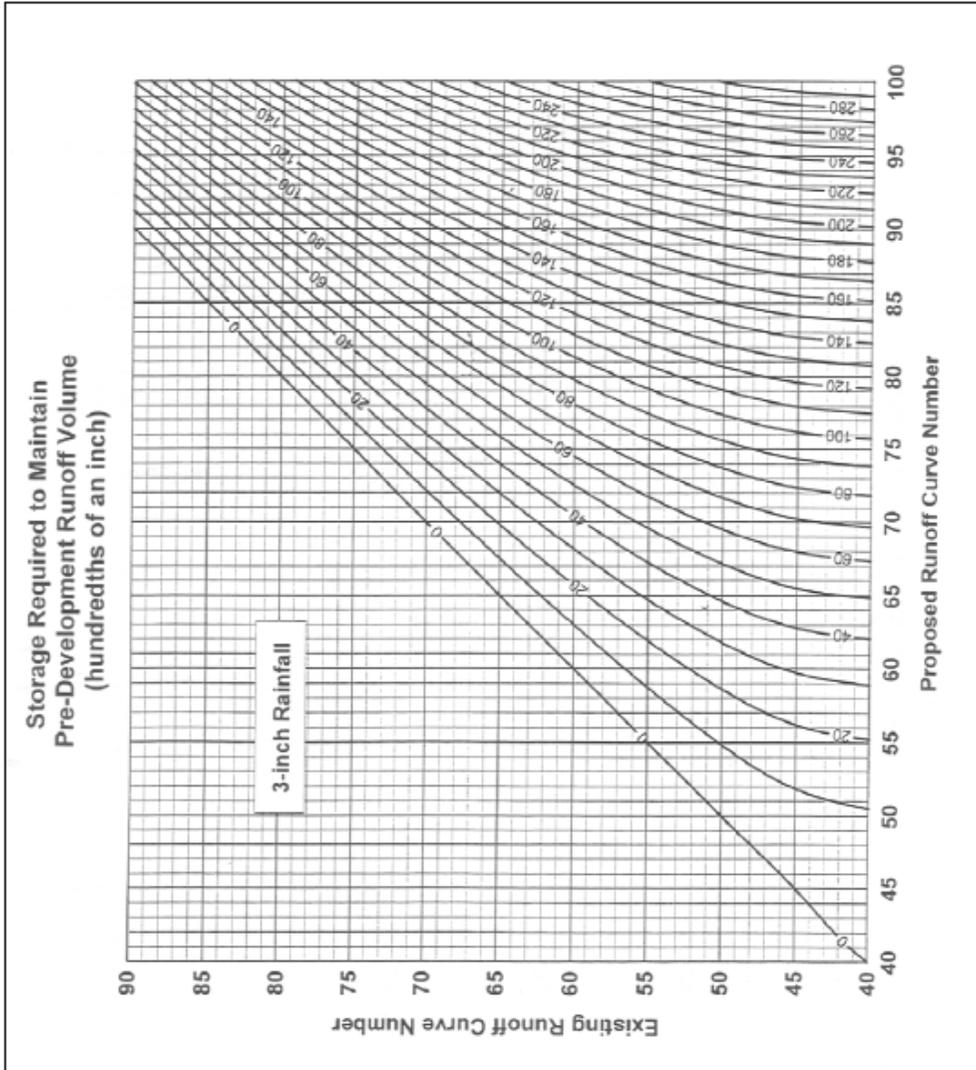
Source: PGDER, 2000b.

Chart 2



Source: PGDER 2000b.

Chart 3



Source: PGDER 2000b.

***Jthink* 2010-BR-09**

**새만금 수질 개선을 위한  
도시개발지역 LID 적용 방안 연구**

---

**발행인** | 원도연

**발행일** | 2010년 12월 31일

**발행처** | 전북발전연구원

560-014 전북 전주시 완산구 전라감영로 57(중앙동 4가 1)

전화:(063)280-7100 팩스:(063)286-9206

---

ISBN 978-89-6612-007-9 93530

본 출판물의 저작권은 전북발전연구원에 속합니다.





