

「생활서비스 맞춤형 주거환경 및 공간복지를 위한」 SH 기후변화대응 가이드라인

2019. 1





목 차

I. 목적 및 적용범위	1
II. 구성체계 및 주요 고려사항	5
III. 기본방향 및 계획기법	15
1. 열환경	17
2. 미세먼지	59
3. 물재난	103
IV. 운영관리	137
[부록] 주요 조성기술	143



목적 및 적용범위 - I





1. 목적

본 가이드라인은 서울주택도시공사가 보다 쾌적하고 안전한 주거환경 조성을 위해 필요한 기후변화 대응 계획기법을 제공하는 데에 그 목적이 있다. 열환경, 미세먼지, 물재난 분야별로 계획기법을 수립하여 서울주택도시공사의 개발사업에서 계획 및 설계 시 기후변화에 대응하고 재해예방형 그린인프라, 조성기술 등을 선도적으로 도입할 수 있도록 한다.

2. 적용대상

서울주택도시공사의 택지조성사업(또는 도시재생사업) 계획 및 설계 담당자, 현장 관리자 등의 관계자들이 개발계획, 실시계획을 수립하고 이에 따라 단지 조성공사를 시행하는 과정에서 적용한다. 필요 시 일부 계획기법에 한하여 단지 조성 후 운영·관리 시 적용한다.

3. 공간위계별 범위

가이드라인의 계획기법은 공간적인 범위로 택지, 단지, 개별 건축물에 따라 적용 가능한 계획기법으로 구분된다. 기존 자연지형 훼손을 최소화하고 재난 취약지역을 고려한 공간배치 또는 바람길 조성 등의 계획기법은 택지단계에서 적용할 수 있으며, 투수성 포장재 적용 등 기후친화적인 포장, 주민들의 쾌적하고 안전한 보행환경 조성, 자연친화적인 녹지 및 수공간 조성 등의 계획기법은 단지단계에서 적용할 수 있다. 단열, 고효율 자재 등을 적용한 에너지이용효율 향상, 실내 공기질 관리 기술 등 실내 주거공간 환경개선 등의 계획기법은 건축물 단계에서 적용 할 수 있다.

공간위계	적용내용(예시)
택지	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 자연지형 훼손 최소화 • 재난 취약지역을 고려한 공간 배치 • 바람길 확보 및 녹지축 조성
단지	<ul style="list-style-type: none"> • 쿨페이브먼트, 투수성 포장재 등을 적용한 포장면적 확대 • 보행, 자전거, 전기차 활성화를 위한 친환경 이동수단 지원 • 야외공간에 미세먼지 대응시설 설치 • 쿨링시설 조성 • 연못, 실개천, 안개분수 등 수공간 확대 조성 • 옥상, 벽면 등 다양한 옥외공간에 녹지 조성 • 보행동선을 고려하여 가로수 조성 • 비오톱 조성 • 상대적 저지대를 활용한 빗물 저류공간 확보 • 빗물관리시설 설치 • 차열식재 등 기후변화를 고려한 식재방식 및 수종 적용
건축물	<ul style="list-style-type: none"> • 단열, 고효율 자재 등을 적용하여 건물의 에너지이용효율 향상 • 태양광 등 신재생에너지 시설 설치 • 차양시스템을 활용한 건물 열손실 최소화 • 입면녹화 • 실내 공기질 관리 기술 도입

〈서울주택도시공사 사업 공간위계별 적용내용 예시〉



구성체계 및 주요 고려사항 - II



1. 가이드라인 구성체계

1) 가이드라인 작성방안

가이드라인의 목적, 적용범위, 구성체계, 주요 고려사항 등 가이드라인 운영에 있어 필요사항을 작성하여 가이드라인의 체계를 잡고, 가이드라인 내용을 작성한다. 가이드라인 내용은 지침, 관리대책, 정책, 인증제도 등 국내외 관련 사례 및 설계기준을 검토하여 1차로 작성하고, 전문가 설문을 통한 주요기술 선정결과와 현장 모니터링 및 시뮬레이션 등 효과분석 결과를 반영하여 보완한다.

① 가이드라인 체계 작성

- 가이드라인 목적 및 적용범위
- 가이드라인 구성 및 운영체계

② 가이드라인 내용 작성(계획기법, 주요 조성 기술)



〈가이드라인 작성방안〉

2) 가이드라인 구성 및 작성양식

가이드라인은 열환경, 미세먼지, 물재난 3개의 중점항목과 토지이용, 에너지, 교통, 물이용, 녹지 5개의 계획부문으로 구분된다. 중점항목의 계획부문별 적용하는 기법에 대한 ①기본방향 및 원칙을 정의하고, ②계획기법에서는 적용방법, 관련기술, 관련사례, 연계기법 등 세부적인 사항이 작성된다. 기법과 관련된 주요기술은 기능, 기후변화대응 효과, 비용 등에 대해서 ③주요 조성기술로 부록으로 설명한다. 세부내용의 서술은 공간위계(택지-단지-건축물)를 고려하여 정리한다.



기본 방향 및 원칙

물재난
1) 토지이용

(물-L1 기존 자연지형 개발 최소화)
자연지형을 최대한 유지하고 자연지반을 10% 이상 확보한다.

- 대규모 절성토와 자연경관 훼손 발생을 최소화 하고 자연지반이 시공부지 면적의 10% 이상 되도록 한다.
- 녹지 하천 지하수층 등 자연자원에 대한 정밀한 사전조사를 실시하고 자연환경과 조화로운 계획을 수립한다.

...

(물-L4 녹지 공간 조성) 불투수면적을 최소화하기 위해 녹지공간을 확보한다.

- 유출수 최대 흡수를 위한 녹지비율을 강화하고 우수유출 통제 및 흡수경로 설정은 대상지 공간구조를 고려하여 우수침투를 위한 자연지반 및 생태저류 공간과 연계한다.
- 건축물 주변 녹지공간을 최대한 확보한다.

구분	계획기법	개념	조성기술
물-L1	기존 자연지형 훼손 최소화	기존 지형을 보존하고 자연환경과 조화로운 개발 유도	
물-L2	우수 유출 경로 고려 공간배치	우수의 유출경로나 노면수의 주요 유출지점을 고려한 공간배치로 재해위험 방지	차수판
...

1) 서울시 건축물 및 정비사업 환경영향평가 기준(서울특별시 제2019-03호)

계획기법

[물-L1] 기존 자연지형 개발 최소화

- 개념
- 적용방법
- 관련기술
- 적용사례
- 연계기법

주요 조성 기술

1. 기술명		
기능		
기후변화 대응효과		
비용		
적용사례	국외	국내
적용특성		
기타		

〈가이드라인 작성양식〉

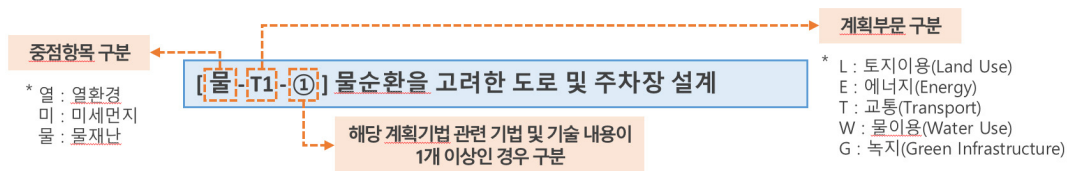
3) 중점항목 및 계획부문

- (1) (중점항목) 가이드라인은 폭염, 가뭄, 집중호우, 대기오염 등 최근 주요 기후변화 이슈를 고려하여 “열환경”, “미세먼지”, “물재난”으로 중점항목을 선정하여 계획기법을 제시한다.
- (2) (계획부문) 기후변화로 인한 위험요소를 최소화하고, 택지개발 수립단계부터 개별 건축물 계획 단계까지 기후변화에 대응하는 계획수립이 이루어지도록 계획부문은 토지이용, 에너지, 교통, 물이용, 녹지 5개 부문으로 구분한다.
 - 토지이용: 주변환경 훼손 최소화, 건축물 배치 및 용도 구분 등의 내용
 - 에너지: 차양시설, 고효율 자재 적용 등 건축물의 에너지이용효율을 향상시킬 수 있는 기법 등의 내용
 - 교통: 친환경 이동수단 이용 확대, 투수성 포장 면적 확대 등의 내용
 - 물이용: 지속가능한 배수체계(수변공간, 침투시설, 저류시설 등), 우수 저장공간 활용 등의 내용
 - 녹지: 자연친화적인 녹지 공간 조성, 식재방식 및 수종 적용 계획 등의 내용

기상재해 기후요인	폭염	한파	가뭄	집중호우	태풍	대기오염
중점검토 항목	"열환경"		"미세먼지"		"물재난"	
계획부문	토지이용	에너지	교통	물이용	녹지	

〈중점검토 항목 및 계획부문〉

(3) (계획기법코드) 계획기법은 중점항목의 계획부문별로 작성하며, 계획기법명에 코드를 부여하여 중점항목과 계획부문이 구분이 되도록 한다. 중점항목 코드(열, 미, 물)를 부여하고, 계획부문 코드(L, E, T, W, G)로 구분한다. 해당 계획기법에 관련 기법 및 기술 내용이 1개 이상인 경우에는 추가로 번호를 붙여 코드를 구분한다.



〈계획기법 코드 예시〉



〈열환경 계획부문별 계획기법〉

계획부문	계획기법	
토지이용	열-L1	미기후 조절을 고려한 개발 환경 분석
	열-L2	바람길 확보
	열-L3	녹지공간 확대 및 그린 네트워크 조성
	열-L4	태양에너지 활용을 극대화 할 수 있는 공간 배치
	열-L5	쿨존(Cool zone) 조성
에너지	열-E1	건물 열손실 최소화
	열-E2	열환경을 고려한 건축 자재 및 설비 설치
	열-E3	외부의 극한 열환경 차단
	열-E4	신재생에너지원 활용
교통	열-T1	미기후 친화적인 도로 포장재 사용
	열-T2	쾌적한 보행 환경 조성
	열-T3	주민의 친환경 이동수단 지원
물이용	열-W1	물을 이용한 쿨링시설 설치
	열-W2	다양한 친수공간 확대 조성
녹지	열-G1	보행 동선을 고려한 가로수 조성 및 관리
	열-G2	차열식재
	열-G3	입체 녹화 활성화
	열-G4	온도저감 효과가 크고 열환경에 생장이 가능한 수종 식재 및 관리
공사장 열환경 관리	열-C1	폭염 및 한파 대응 작업일정 계획 수립
	열-C2	폭염 대응 공사장 근로환경 조성

〈미세먼지 계획부문별 계획기법〉

계획부문	계획기법	
토지이용	미-L1	미세먼지를 고려한 바람길 조성
	미 L2	미세먼지 배출원과의 안전거리를 고려한 시설 배치
	미-L3	그린버퍼존 조성
에너지	미-E1	건물의 태양열 유입량 조절
	미-E1	고효율 건축 자재 및 설비 설치
	미-E2	건물의 열에너지 유입 및 방출 조절
	미-E3	단지의 지형적 특성을 고려한 신재생에너지 사용
	미-E4	아파트 내 ·외부 공기질 관리 시스템 도입
교통	미-T1	미세먼지로부터 안전한 보행 ·이동 환경 조성
	미-T2	주민의 친환경 이동수단 지원
	미-T3	미세먼지 발생 저감형 도로 조성
	미-T4	미세먼지 실내유입 최소화
물이용	미-W1	미세먼지 관리 시스템 도입
녹지	미-G1	미세먼지 저감 수종 식재
	미-G2	입체 녹화 활성화
	미-G3	미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재방식 도입
공사장 비산먼지 관리	미-C1	공사 중 비산먼지 발생 최소화
	미-C2	공사장 인근 미세먼지 제거



〈물 재난 계획부문별 계획기법〉

계획부문	계획기법	
토지이용	물-L1	기존 자연지형 훼손 최소화
	물-L2	우수 유출경로를 고려한 공간배치
	물-L3	재해취약지역을 고려한 배치
	물-L4	녹지공간 조성
에너지	물-E1	건물의 에너지이용효율 향상
	물-E2	신재생에너지시설 설치
교통	물-T1	물순환을 고려한 도로 및 주차장 설계
	물-T2	도로 노면수 차단
	물-T3	가로변 화단 저류
물이용	물-W1	지표면 저류공간 확보
	물-W2	단지 내 수공간 조성
	물-W3	빗물 침투·저류시설 설치
	물-W4	빗물이용시설 설치
	물-W5	물순환 하이브리드 침투·저류 시스템 활용
녹지	물-G1	물순환 체계와 연계한 녹지공간 조성
	물-G2	녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상

2. 가이드라인 주요 고려사항

(1) 주요 지침 및 정책사항 반영

국내의 기후변화대응과 친환경 계획 및 관리와 관련하여 국가, 지자체 등에서 적용하는 관련 지침, 정책, 계획, 연구 등을 검토하여 가이드라인에 반영한다. 특히 계획기법에서 관련된 주요 지침은 명기하여 원자료를 참고할 수 있도록 한다.

(2) 현장 모니터링 및 효과분석 결과 반영

휴대용 미세먼지 측정기를 통해 현장 측정결과, 드론을 이용한 열화상 카메라 측정, 열환경 시뮬레이션, SH관리단지 및 타 시공사 관리 단지의 사례 분석을 통해 효과가 나타나는 기법·기술의 적용 제시와 문제점을 보완하는 방향을 가이드라인에 반영한다.

(3) 기후변화 현황 및 영향 고려

서울시 열환경(폭염·한파), 미세먼지, 물 재난(침수)에 대한 현황 및 영향에 대한 검토, 기후변화 시나리오 및 취약성 평가 결과를 검토하여 취약한 자치구에서 사업을 할 경우 특정 계획기법 반영을 의무화한다. 또한, 특정 기법 및 기술에 대해서는 택지 및 단지 차원의 범위뿐만 아니라 사회적으로 기여할 수 있는 부분을 고려한다.



기본방향 및 계획기법 - III





01

열환경



1.1 토지이용

1) 기본방향 및 원칙

(열-L1 미기후 조절을 고려한 개발환경 분석) 미기후 분석 결과를 활용하여 단지개발계획과 연계한다.

- 사업지구를 둘러싼 삼각형 꼭지점에 위치한 자동기상관측장비(AWS) 자료 및 최소 8방위 풍향에 대한 분석하고, 건물의 층수 및 단지 형태 등 택지 개발에 따른 바람길 및 미기상 변화를 분석한다¹⁾.

(열-L2 바람길 확보) 산림, 하천 등 사업지구와 인접한 자연으로부터 자연풍이 유입될 수 있도록 바람길을 조성한다.

- 단지 내 건물높이, 배치, 인동간격 등을 고려하여 바람통로를 확보한다.
- 자연지형, 풍향, 가로망 등을 고려하여 바람길을 조성한다.
- 바람의 흐름을 방해하지 않도록 주요 바람길 통로구간에는 밀식수목이나 관목식재를 피하고 잔디나 야생초본 중심으로 식재한다.
- 바람길 분석 결과를 활용하여 건물배치, 스카이라인 구성, 필로티 설치, 도로와 건축물 공간 확보 등 다양한 바람길 확보 전략을 적용한다.

(열-L3 녹지공간 확대 및 그린네트워크 조성) 사업지구내 녹지를 최대한 확보하고 주변 자연자원과 연계하여 녹지축을 조성한다.

- 사업지구 면적의 10% 이상을 자연지반녹지로 확보하고, 생태면적률은 35% 이상으로 한다¹⁾.
- 보도 및 차도에서의 가로 녹시율은 25% 이상으로 확보한다¹⁾.
- 생물서식처를 보호하여 개발 후에도 생태네트워크의 기능을 유지할 수 있도록 토지의 용도를 배분하고 공간을 설정한다.

(열-L4 태양에너지 활용을 극대화할 수 있는 공간 배치) 주동 남향배치를 통해 태양에너지 획득조건을 최적화한다.

- 주거지역에서 일조량 확보를 위해 높이 9m를 초과하는 건축물의 부분은 정북방향의 인접대지 경계선으로부터 건축물 각 부분의 높이의 2분의 1 이상 띄워야 한다²⁾.
- 세대 내 주 생활공간은 남향으로 배치하고 화장실, 다용도실과 같은 서비스 공간은 북측 또는 근접하도록 배치한다.

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)

2) 서울시, 2017, 서울시 건축 조례(제7002호) 제35조



(열-L5 쿨존 조성) 그늘막, 쿨링센터 등 극한 열환경을 피할 수 있는 공간을 조성한다.

- 단지 내 놀이터를 중심으로 그늘막, 파고라를 비롯한 열환경 개선 기술을 종합 적용하여 쿨존을 조성한다.
- 유동인구가 많은 오픈 스페이스에 그늘막 또는 공기정화(집진냉방시설) 및 냉방시설을 갖춘 파고라를 설치한다.
- 관리사무소, 주민센터, 경로당과 같은 공용 공간은 폭염 및 한파 대피공간으로 활용한다.

〈열환경 대응 토지이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
열-L1	미기후 조절을 고려한 개발 환경 분석	폭염 취약성을 고려하여 단지 내 미기상 변화 영향 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 열환경컴퓨터 시뮬레이션 • 미기상 및 바람길 분석 수치모델
열-L2	바람길 확보	주변 자연환경으로부터 차고 신선한 공기가 유입될 수 있도록 바람길을 조성하여 도시열이 확산될 수 있도록 공간 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 스카이라인 형성 등 바람길 조성
열-L3	녹지공간 확대 및 그린 네트워크 조성	단지 주변 녹지 공간(산지, 공원 등) 및 기존 생태환경과 연계한 녹지축 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 그린 네트워크 조성
열-L4	태양에너지 활용을 극대화 할 수 있는 공간 배치	태양방향을 고려하여 주요 공간을 계획함으로써 실내로 유입되는 태양에너지를 효율적으로 이용	<ul style="list-style-type: none"> • 태양에너지를 고려한 공간계획
열-L5	쿨존(Cool zone) 조성	극한 열환경에 대응하는 공간을 조성하여 폭염 체감 완화	<ul style="list-style-type: none"> • 그늘막 • 캐노피 • 쿨링센터 • 냉방집진시설을 부착한 파고라 등



2) 계획기법

[열-L1] 미기후 조절을 고려한 개발환경 분석

■ 개념

- 폭염 취약성을 고려하여 단지 내 미기상 변화 영향 분석

■ 적용방법

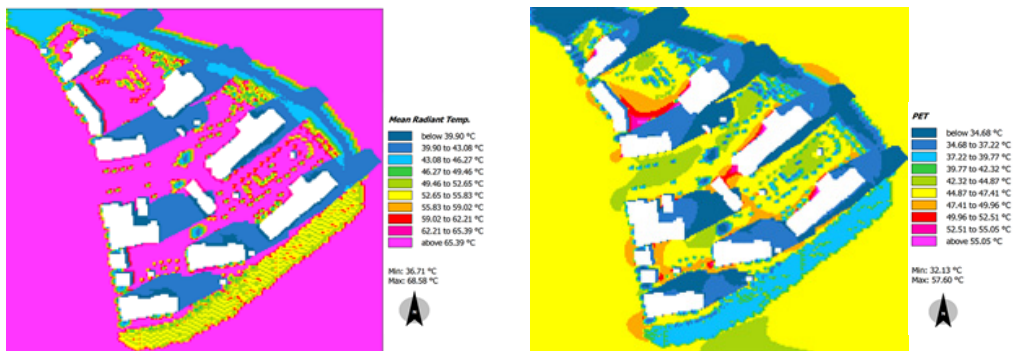
- 기상측정망의 최대풍속(95% 범위) 자료를 활용하여 온도, 습도, 바람 등 국지기상 측정자료와 함께 미기상 변화 영향을 예측하고 분석한다¹⁾.
 - 기상정보는 최근 10년간의 기상 자료를 분석하여 제시한다.
- 택지 개발사업 초기부터 미기상 분석을 통해 단지 내 녹지공간 및 인동간격을 고려한 바람길 확보 방안과 바람길에 따른 대기질 환경 및 보행자 환경을 분석한다.
 - 사업지구를 둘러싼 삼각형 꼭지점에 위치한 자동기상관측장비(AWS) 자료 및 최소 8방위 풍향에 대한 분석을 실시¹⁾하고, 전산유체역학(CFD: Computational Fluid Dynamics) 시뮬레이션 분석을 활용²⁾하여 건물의 층수 및 단지 형태 등 택지 개발에 따른 바람길 영향을 분석한다.
- 바람길 분석 후 건물배치, 스카이라인 구성, 필로티 설치, 도로와 건축물 공간 확보 등 바람길 분석 결과를 활용한 택지계획 방안을 구상한다.

■ 관련기술

- 열환경 컴퓨터시뮬레이션
- CFD 모델 등 바람길 분석 모델을 활용하여 택지개발에 따른 통풍환경변화 분석

■ 적용사례

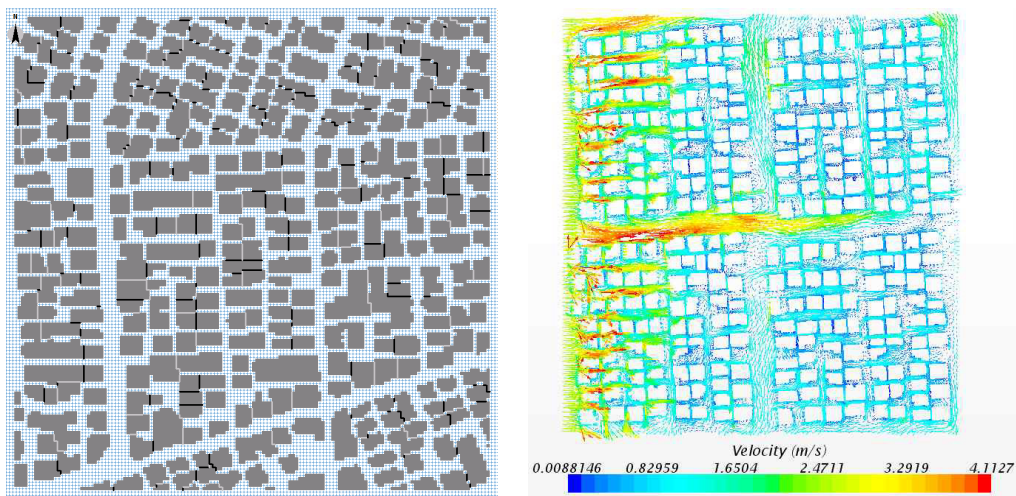
- 열환경 컴퓨터시뮬레이션(ENVI-met 모델)



〈마곡 2단지 열환경 분석 결과 예시(좌: 평균복사온도, 우: 인간 열환경 지수)〉



• 미기상 및 풍환경 분석 수치모델



〈중·저층 주거지 대상 CFD 활용 바람길 분석 결과(좌:모델링, 우:풍속분석 결과⁶⁾)〉

■ 연계기법

- [열-L2] 바람길 확보

- 1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 2) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인
- 3) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
- 4) 환경부, 2014, 이상기후 등을 대비한 환경생태계획 수립지침
- 5) 국토교통부, 2015, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시군 계획수립 지침
- 6) 김태원 외, 2017, CFD 시뮬레이션을 통한 단지유형별 바람길 분석
- 7) 한국환경정책평가연구원, 2006, 도시지역에서의 바람길과 대기질 영향에 관한 연구



[열-L2] 바람길 확보

■ 개념

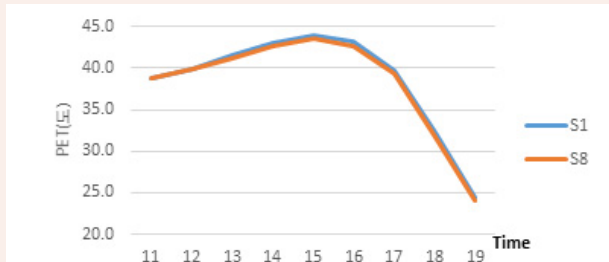
- 주변 자연환경으로부터 차고 신선한 공기가 유입될 수 있도록 바람길을 조성하여 단지내 열이 확산될 수 있도록 공간계획

■ 적용방법

- 지형, 풍향, 가로망 등을 고려하여 바람길을 조성한다.
 - 계획 단계에서 건물에 의해 파편화되고 있는 바람길 네트워크를 조사한다.
 - 여름철 바람길(북동풍)을 열어주고, 겨울철 바람길(북서풍)을 막아주는 구조로 계획한다.
 - 녹지, 공원, 하천 등 주변에서 생성된 차고 신선한 공기가 단지 내에 관통하도록 건물을 배치한다.
- 바람의 흐름을 방해하지 않도록 주요 바람길 통로구간에는 밀식수목이나 관목식재를 피하고 잔디나 야생초본 중심으로 식재한다.
- 바람길 분석 후 건물배치, 스카이라인 형성, 필로티 설치, 도로와 건축물 공간 확보 등 다양한 바람길 확보 전략을 적용한다.
 - 건물의 배치 형태가 주풍향과 정면으로 마주치기 않도록 풍향과 나란한 형태로 계획한다.
 - 바람길을 고려하여 건물형태는 주풍향 방향으로 “-”자 형태의 장방형으로 건축한다.
- 단지 내 건물높이, 배치, 인동간격 등을 고려하여 바람통로를 확보한다. **시뮬레이션**

[시뮬레이션 결과]

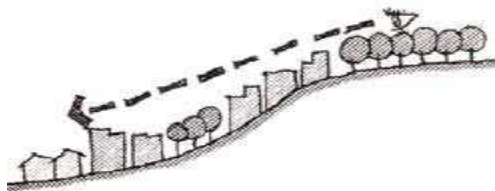
- ▶ 바람길을 고려한 아파트 배치 변경에 따른 열환경 개선 효과 분석
아파트 배치를 변경할 경우 기존 아파트 배치 대비 단지 전체 인간열환경지수(PET) 최대 0.46도 감소할 수 있음



<아파트 배치 변경에 따른 열환경지수(S1: 기존 배치도, S2:변경안)>

■ 관련기술

- 스카이라인 계획 등 시뮬레이션(CFD 모델) 분석 결과를 활용한 바람길 조성



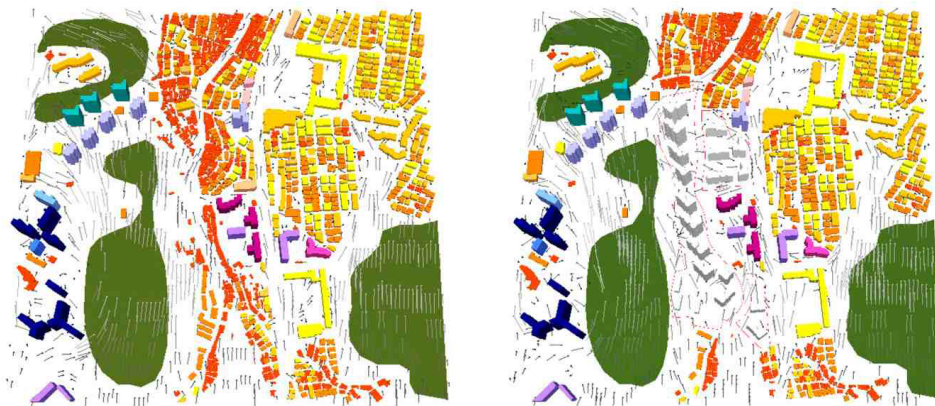
<구릉지에서의 스카이라인 형성>



<오픈스페이스 확보 및 건축물 고도제한을 통한 스카이라인 형성>



■ 적용사례



〈신림 주택재개발정비사업 미기상 변화 분석 사례(좌:사업시행전, 우:시행후)⁸⁾〉



〈신림 주택재개발정비사업 스카이라인 계획 사례⁸⁾〉

■ 연계기법

- [열-L1] 미기후 조절을 고려한 개발환경 분석

- 1) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
- 2) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 3) 환경부, 2014, 이상기후 등을 대비한 환경생태계획 수립지침
- 4) 국토교통부, 2015, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시군 계획수립 지침
- 5) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원 계획기준 수립 연구
- 6) 대구경북연구원, 2008, 도시경관 향상을 위한 건축물 계획방안
- 7) 한국환경정책평가연구원, 2006, 도시지역에서의 바람길과 대기질 영향에 관한 연구
- 8) 신림2재정비촉진구역 주택재개발정비사업조합, 2017, 환경영향평가서(초안) 요약서



[열-L3] 녹지공간 확대 및 그린 네트워크 조성

■ 개념

- 단지 주변 녹지공간(산지, 공원 등) 및 기존 생태환경과 연계한 녹지축 조성

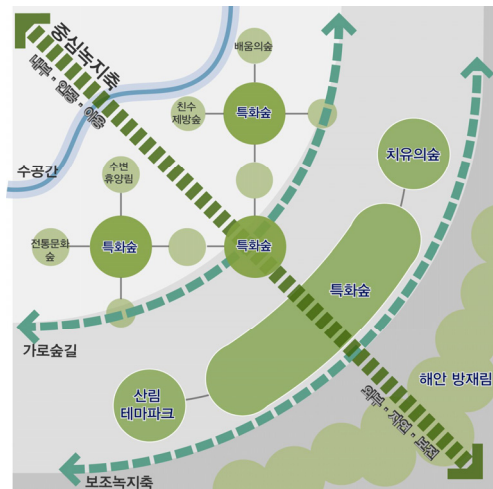
■ 적용방법

- 생태면적률은 35% 이상(재개발·재건축의 경우 45% 이상)으로 계획하고, 생태면적률의 30% 이상(재개발·재건축의 경우 40% 이상) 또는 사업지구 면적의 10% 이상을 자연지반녹지로 확보한다¹⁾.
- 보도 및 차도에서의 가로 녹시율은 25%이상으로 확보하고, 재개발·재건축일 경우에는 보도에서의 가로 녹시율은 30% 이상을 확보한다¹⁾.
- 주변의 수공간 및 자연 녹지축(산지)과 연결하여 녹지공간을 조성한다.
- 생물서식처를 보호하여 개발 후에도 생태네트워크의 기능을 유지할 수 있도록 토지의 용도를 배분하고 공간을 설정한다.
- 현재의 동식물 서식현황 대비 사업시행에 따른 동식물상의 변화를 파악하고, 사업지구 내 주변에 비오톱 유형 1, 2등급지역이 인접하는 경우 사업으로 인하여 미치는 영향 유무 및 사업지구의 생물서식공간과 연계방안을 검토한다.
- 야생동물 이동을 고려한 생태통로의 입지를 선정하고 계획한다.
- 지역 전체 차원의 녹지 및 생물 서식처를 대거점, 중거점, 소거점으로 구분하고 각각을 잇는 선형의 녹지 및 서식처는 회랑으로 설정한다.
- 생물종별 서식처 요구 조건을 고려, 사람의 거주와 야생동물 서식을 고려한 복원 목표종 또는 목표 서식처 설정 계획 수립한다.

■ 관련기술

- 그린 네트워크 조성

■ 적용사례



〈녹지축을 고려한 그린 네트워크 조성안 사례(새만금 그린네트워크)³⁾〉

■ 연계기법

- [열-W2] 다양한 친수공간 확대 조성

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
 2) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
 3) 산림청, 2010, 새만금 그린네트워크 조성 모델개발 연구



[열-L4] 태양에너지 활용을 극대화할 수 있는 공간 배치

■ 개념

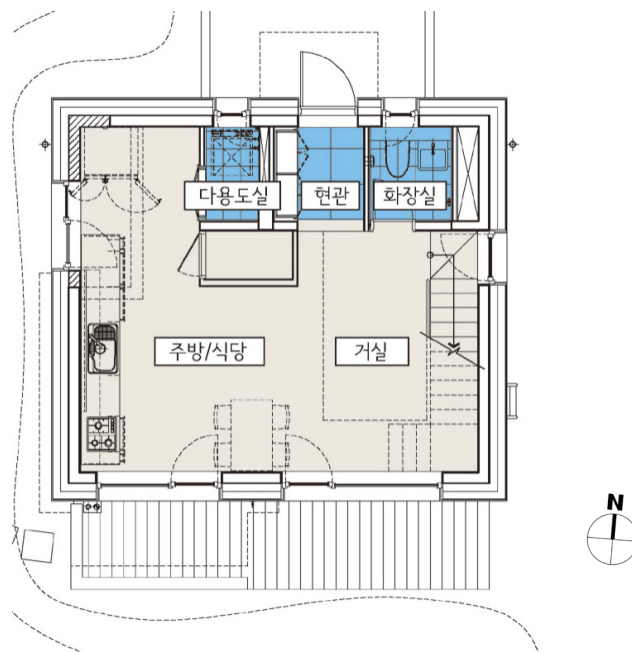
- 태양방향을 고려하여 주요 공간을 계획함으로써 실내로 유입되는 태양에너지를 효율적으로 이용

■ 적용방법

- 단지 또는 세대 내부 공간을 태양에너지 활용을 극대화할 수 있는 구조로 조성한다.
- 주거지역에서 일조량 확보를 위해 높이 9m를 초과하는 건축물의 부분은 정북방향의 인접대지 경계 선으로부터 건축물 각 부분의 높이의 2분의 1 이상 띄워야 한다¹⁾.
- 도시형 생활주택 중 4미터 이상 높이의 단지형 다세대주택은 건물 높이의 0.25배 이상 띄워야 한다.
- 세대 내 주 생활공간은 남향으로 배치하여 겨울철 태양에너지 실내 유입을 최대화하고, 여름철 태양 에너지 유입을 최소화한다.
- 화장실, 다용도실과 같은 서비스 공간은 북측 또는 근접하도록 배치하여 태양에너지를 효율적으로 이용할 수 있다.

■ 관련기술

- 태양에너지를 고려한 공간계획



〈노원구 제로에너지주택 단독주택 평면계획²⁾〉

■ 연계기법

- [열-E1] 건물 열손실 최소화

1) 서울시, 2017, 서울시 건축 조례(서울특별시조례 제7002호) 제35조
 2) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인
 3) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원계획기준 수립 연구



[열-L5] 쿨존(Cool zone) 조성

■ 개념

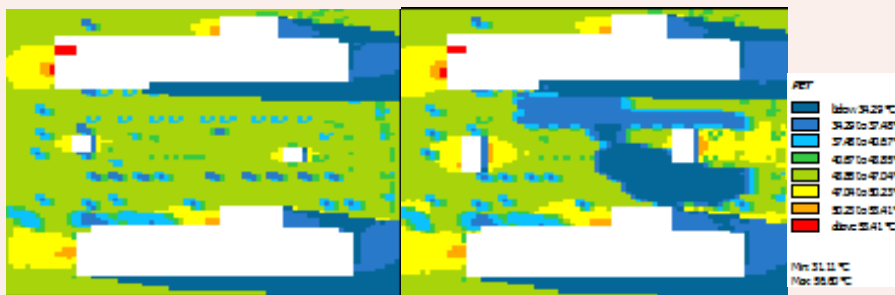
- 극한 열환경에 대응하는 공간을 조성하여 폭염 체감 완화

■ 적용방법

- 단지 내 놀이터를 중심으로 그늘막, 파고라를 비롯한 열환경 개선 기술을 종합 적용하여 쿨존을 조성한다. **제안 시뮬레이션**
 - 놀이터 주변으로 태양고도를 고려하여 지하고 높은 녹음수를 식재한다.
 - 놀이터 규모가 클 경우, 내부에 지하고가 높고 수관폭이 큰 수목을 식재한다.
 - 놀이터 바닥은 기존 우레탄 고무 바닥재에서 열환경 개선 효과가 있는 바닥재로 변경한다.

[시뮬레이션 결과]

- ▶ 놀이터를 중심으로 열환경을 개선할 수 있는 바닥재, 수목식재 방식 변경, 수림 터널 등 쿨존 조성 기술을 적용할 경우에는 기존 놀이터 대비 인간열환경지수(PET)가 6.2~11.9도 감소할 수 있음



〈인간열환경지수 비교(좌:기존 단지 계획, 우:쿨존 조성기술 적용 후)〉

- 유동인구가 많은 오픈 스페이스에 그늘막 또는 공기정화(집진냉방시설) 및 냉방시설을 갖춘 파고라를 설치한다. **제안**
 - 그늘막과 같은 야외구조물을 설치할 경우에는 돌풍이나 강풍으로 인한 추가적인 피해가 없도록 고정하여 설치한다.
 - 일정규모 이상의 공동주택에는 스쿨버스(셔틀버스) 대기공간에 냉방 및 공기정화(집진시설)를 갖춘 소규모 반개폐형 파고라 또는 정거장을 설치한다.
 - 계절별 운영 전략 및 안전사고 방지책을 마련한다.
- 관리사무소, 주민센터, 경로당 등 공용 공간을 활용하여 폭염 및 한파 대피공간을 마련한다. **제안**

■ 관련기술 기술 설명서 상위기술

- 태양고도를 고려한 수목식재
- 그늘막
- 캐노피
- 냉방집진시설을 부착한 파고라 및 휴게시설 등 쿨존 조성 기술



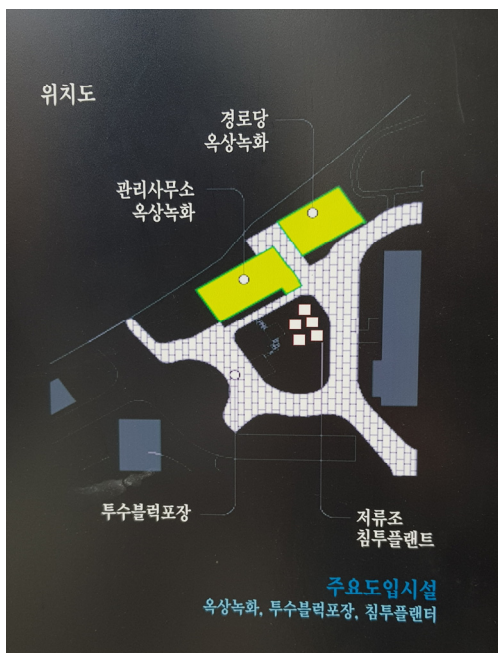
■ 적용사례



〈놀이터 내 교목식재를 통한 그늘생성〉



〈단지내 반개폐형 파고라 설치 사례〉



〈단지내 쿨린존 조성 사례(하남시 자이 아파트)〉

■ 연계기법

- [열-T1] 미기후 친화적인 도로 포장재 사용
- [열-T2] 쾌적한 보행 환경 조성
- [열-W1] 물을 이용한 쿨링시설 설치

- 1) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
- 2) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원계획기준 수립 연구
- 3) 서울시, 2017, 서울시 기후변화대응 종합계획(2017-2021)
- 4) 내부 시뮬레이션 결과
- 5) 연구진 현장조사 사진

열환경 관련 상위기술 1)쿨존조성, 2)옥상녹화, 3)쿨루프, 4)투수성포장, 5)벽면녹화, 6)빗물정원



1.2 에너지

1) 기본방향 및 원칙

(열-E1 건물 열손실 최소화) 차양시스템을 활용하여 열환경에 따라 건물에 유입되는 태양열을 조절한다.

- 기상조건에 맞춰 차양시설이 효율적으로 운영될 수 있도록 종합 센서와 제어 시스템을 연계하여 운영한다.
- 건물의 벽면율을 50% 이상 확보하되, 초과하는 경우 초과부위에 대해서는 동일한 에너지 효율을 유지할 수 있는 외부 차양시설을 설치한다¹⁾.(미-E1 참조)
- 남측 창호비율을 남측 외벽면적 대비 40%를 권장한다²⁾.(미-E1 참조)

(열-E2 열환경을 고려한 건축 자재 및 설비 설치) 건물 내 에너지소요량을 최소화할 수 있도록 고효율 설비를 설치한다.

- 단지 내 사용되는 건축자재 및 설비는 환경표지 등 제품의 환경성능이 인증된 제품을 사용할 것을 권장한다(미-E2 참조).
- 외벽을 제외한 벽체, 천장, 바닥에 환경성능에 대해 인증 받은 건축 자재를 전세대에 적용하고, 유효자원 재활용을 위한 친환경 제품 9종 이상을 사용하도록 한다³⁾.(미-E2 참조)

(열-E3 외부의 극한 열환경 차단) 건물의 열손실을 최소화할 수 있도록 단열 및 기밀 성능을 보완한다.

- 알베도(반사율)가 0.65이상인 쿨루프 제품을 단지 내 다양한 지붕구조에 적용한다⁴⁾.
- 외기에 직접 면하는 세대현관문과 거실 내의 방화문은 기밀성능이 높은 제품을 우선적으로 사용한다.(미-E3 참조)
- 공동주택의 외기에 접하는 주동의 출입구와 각 세대의 현관은 방풍구조로 한다.(미-E3 참조)
- 친환경주택의 벽체, 창호의 단열성능 기준에 맞는 제품을 사용할 것을 권장한다.(미-E3 참조)

(열-E4 신재생에너지원 활용) 조성 단지의 지형 및 기후 특성에 적합한 신재생에너지원을 확보한다.

- 단지 규모 및 건축물 구분에 따라 서울시 「건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준」 및 「서울시 녹색건축물 설계기준」에 기반하여 신재생에너지 설치비율을 설정한다.

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)

2) 국토교통부, 2012, 건축물 에너지절약을 위한 창호설계 가이드라인

3) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인

4) 서울시, 2018, 서울특별시 건물에너지효율화사업(BRP) 용자지원계획



〈 열환경 대응 에너지이용 계획기법 및 조성기술 〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
열-E1	건물 열손실 최소화	차양 시스템을 활용하여 열환경에 따라 건물에 유입되는 태양열 조절	• 외부차양시설 (가변형, 고정형)
열-E2	열환경을 고려한 건축 자재 및 설비 설치	공동주택에서 요구되는 에너지소요량을 최소화할 수 있도록 고효율 설비 설치	• 고효율 친환경 자재
열-E3	외부의 극한 열환경 차단	외부의 극한 열환경에도 건물의 열손실을 최소화할 수 있도록 단열 및 기밀 설비 마련	• 쿨루프
열-E4	신재생에너지원 활용	조성 단지의 지형 및 미기후 특성에 적합한 신재생에너지원 확보	• 지열히트펌프 • 소규모 풍력 발전 • 베란다 태양광 시설



[열-E1] 건물 열손실 최소화

■ 개념

- 차양시스템을 활용하여 열환경에 따라 건물에 유입되는 태양열을 조절

■ 적용방법(마-E1 참고)

- 창호비율을 벽면적 대비 40% 이내로 권장한다.
 - 남향의 창면적비는 40%가 적합하며, 동·서향은 40% 이내로 계획하나, 북향은 창면적비 증가에 따른 에너지 소비량 증가가 크지 않아 겨울철 열손실에 비해 일사획득이 더 많아져 전체적인 에너지 소비량이 감소할 수 있으므로 북향에 고단열 창호를 사용하는 경우에는 창면적비에 제한을 두지 않는다¹⁾.
 - 창면적비를 50% 이하로 계획하되, 창 면적비율을 초과하는 경우에는 초과부위에 동일한 에너지 효율을 유지할 수 있는 외부 차양시설을 설치한다²⁾.
 - 건축물 벽면에 설치한 거치형, 창호형 태양광 면적은 벽면으로 인정한다.
- 열손실량 대비 태양에너지 획득량을 비교하여 에너지 획득량이 크도록 창호를 설계하고, 비바람에 안정적인 레일방식의 외부 블라인드와 종합 제어 시스템을 계획한다.
- 주민이용시설 등 단지내 저층 건물에는 차양시설을 설치하고, 기상조건 변화로부터 안정적으로 운영될 수 있도록 외부 환경에 대응할 수 있는 종합센서와 제어시스템을 연계하여 운영할 수 있다.
 - 예를 들어, 자동 태양광 추적센서를 이용하여 태양광의 궤적에 따라 건물 실내에 들어오는 직사광을 차단할 수 있도록 가변형 차양시설의 각도를 조절할 수 있다.

■ 관련기술

- 고정 차양시설(남향창에 눈썹처마 설치 등)
- 가변형 차양시설

■ 적용사례



〈외부 차양시설(독일 반슈타트)⁶⁾〉



〈눈썹처마⁶⁾〉



〈종합선서와 연계한 제로에너지주택 실증단지 외부블라인드 적용 사례⁷⁾〉

■ 연계기법

- [열-E3] 외부의 극한 열환경 차단
- [열-L4] 태양에너지 활용을 극대화 할 수 있는 공간 구축
- [열-E4] 신재생에너지원 활용

- 1) 국토교통부, 2012, 건축물 에너지절약을 위한 창호설계 가이드라인
- 2) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 3) 차기욱 외, 2017, 가변형 차양장치 적용에 따른 하절기 냉방부하 적마 및 빛환경 개선효과분석, J. Korean Soc. Living Environ.Sys. Vol. 24, No.6, pp810-823
- 4) 전원주택라이프, 2018.6.20., 패시브, 제로에너지 하우스:차양의 효과적 설치 방법,
<https://post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=15883257&memberNo=24659848>
- 5) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
- 6) 한국패시브건축협회 http://www.phiko.kr/bbs/board.php?bo_table=z3_01&wr_id=860
http://www.phiko.kr/bbs/board.php?bo_table=z3_01&wr_id=13
- 7) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인



[열-E2] 열환경을 고려한 건축 자재 및 설비 설치

■ 개념

- 공동주택에서 요구되는 에너지소요량을 최소화할 수 있도록 고효율의 설비 설치

■ 적용방법(마-E2 참고)

- 에너지 효율이 높은 건축 자재 및 설비를 활용하고 효율성과 더불어 경제성, 공급안정성, 친환경성을 종합 검토하여 다양한 설비를 조합한 최적안을 계획한다.
 - 건설자재에 의한 환경부하를 절감하기 위하여 녹색인증제도에서는 자재의 환경영향을 규명한 환경성선언 제품, 자재의 탄소배출량을 저감하는 저탄소 자재, 자원의 재활용을 통해 환경영향을 저감하는 자원순환 자재, 자재에서 배출되는 유해물질을 저감하는 유해물질 저감 자재를 사용하도록 권장한다.
 - 설비는 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」 제7조에 준하여 고효율에너지기자재로 인증 받은 제품 또는 KS 규격에서 정해진 기준 효율 이상의 제품 사용을 우선적으로 고려한다.
 - LED 조명 사용계획을 수립한다⁴⁾.
 - 벽체(외벽 제외), 천장, 바닥에 각종 유해물질 저함유 자재를 전 세대에 적용한다¹⁾.
- 신축 건축물은 「건축물의 에너지절약 설계기준」에 따른 건물에너지관리시스템(BEMS)을 도입하여 월별 에너지소비량과 에너지 생산량을 관리할 수 있다⁴⁾.
 - 전력 사용량, 난방, 조명 등 분야별 에너지 사용량과 사용금액 정보를 거주자가 다양한 유형으로 확인 및 조회할 수 있는 시스템을 설치하는 것을 권장한다²⁾.

■ 관련기술

- 친환경 건설자재(환경표지 인증 제품 및 재활용제품 품질인증 상품)⁵⁾
- 고효율 에너지 기자재⁶⁾

분야	고효율 에너지 기자재 품목
조명설비	등기구, LED 램프, LED 유도등, 문자간판용 LED 모듈
단열설비	고기밀성 단열문, 냉방용 창유리필름
전력설비	무정전전원장치, 인버터, 펌프, 원심식 송풍기, 전력저장장치(ESS) 등
보일러 및 냉난방설비	산업 건물용 가스보일러, 원심식 스크류 냉동기, 작화흡수식 냉온수기, 항온흡습기, 가스히트펌프, 가스진공온수보일러, 중온수 흡수식 냉동기

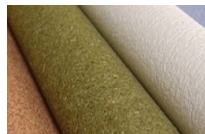
■ 적용사례(친환경 건설자재)⁵⁾



<환경표지>



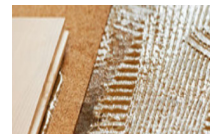
<GR마크>



<친환경 벽지/장판지>



<친환경 목재가구>



<친환경 방수제/접착제>

■ 연계기법

- [열-E1] 건물 열손실 최소화
- [열-E3] 외부의 극한 열환경 차단

1) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인
 2) 국토교통부, 2017, 에너지절약형 친환경주택의 건설기준
 3) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인
 4) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
 5) KEITI 친환경건설자재 정보 시스템 <http://gmc.greenproduct.go.kr/mtrilList.do?mg=10000&mn=11000>
 6) 한국에너지공단 고효율에너지기자재 http://www.kemco.or.kr/web/kem_home_new/ener_efficiency/machine_02.asp



[열-E3] 외부의 극한 열환경 차단

■ 개념

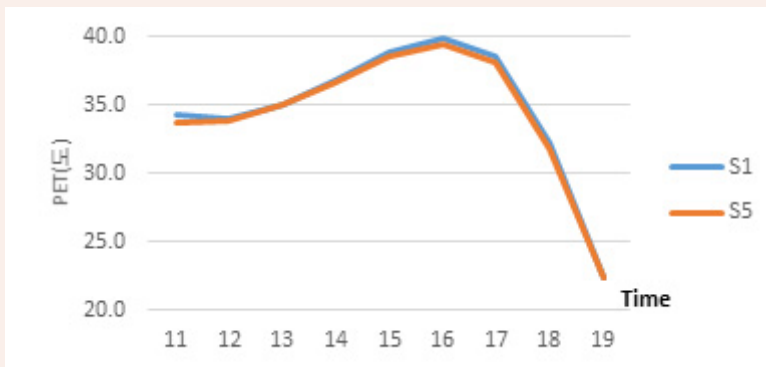
- 외부의 극한 열환경에도 건물의 열손실을 최소화할 수 있도록 단열 및 기밀 설비 마련

■ 적용방법(마-E3 일부 참고)

- 단지 내 건물 지붕에 쿨루프를 적용한다. **시뮬레이션**
 - 쿨루프는 알베도(반사율)가 0.65 이상인 제품을 사용한다¹⁾.
- 겨울철 일사의 유입을 최대화하고, 여름철에는 직달 일사를 차단하여 건물 내 열환경을 조절한다.
- 거실내의 방화문과 외기에 직접 면하는 세대현관문에 친환경주택 벽체, 창의 단열성능 기준에 맞는 기밀성능이 높은 제품을 사용하는 등 자연형(passive) 시스템을 적용하여 건물의 기밀성능을 확보할 수 있도록 설계한다(「건축물의 에너지절약 설계기준」 준수)²⁾.
- 공동주택의 외기에 접하는 주동의 출입구와 각 세대의 현관은 방풍구조로 계획한다.
- 친환경주택의 벽체, 창의 단열성능 기준에 맞는 제품을 사용한다.
 - 창호는 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제7조에서 제시하는 기밀성능 지표를 기준으로 하되, 제로에너지주택에서 요구하는 통기량 기준을 만족하는 창문 및 문으로 적용할 것을 권장한다.

[시뮬레이션 결과]

- ▶ 쿨루프를 조성할 경우, 기존 옥상 대비 인간열환경지수(PET) 최대 0.5도가 감소될 수 있음



〈인간열환경지수 쿨루프 효과 비교(S1:기존 옥상 온도, S5: 쿨루프 조성)〉

■ 관련기술

- 열손실을 방지할 수 있는 단열 및 기밀 설비
- 쿨루프 **기술 설명서** **상위기술**



■ 적용사례



〈부산시 쿨루프 설치⁷⁾〉

■ 연계기법

- [열-E1] 건물 열손실 최소화
- [열-E2] 열환경을 고려한 건축 자재 및 설비 설계
- [미-E3] 건물의 열에너지 유입 및 방출 조절

- 1) 서울시, 2018, 서울시 건물에너지효율화사업(BRP) 응자지원계획
- 2) 국토교통부, 2017, 건축물의 에너지절약 설계기준 제6조 제7조
- 3) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인
- 4) 국토교통부, 2017, 에너지절약형 친환경주택의 건설기준
- 5) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 6) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
- 7) 국토일보, 2017.6.22., 노루페인트, 옥상 쿨루프 캠페인 지원

열환경 관련 상위기술 1)쿨존조성, 2)옥상녹화, 3)쿨루프, 4)투수성포장, 5)벽면녹화, 6)빗물정원



[열-E4] 신재생에너지원 활용

■ 개념

- 조성 단지의 지형 및 미기후 특성에 적합한 신재생에너지원 확보

■ 적용방법(마-E4 참고)

- 단지에서 소요되는 에너지의 일부를 신재생에너지원으로 공급할 수 있도록 설비계획 초기단계에서부터 지형적 특성을 고려하여 에너지 공급시스템 최적안을 계획한다.
 - 남향의 아파트에는 베란다 태양광 발전시설을 의무 적용하여 태양광 시설로 인한 신재생에너지 생산량을 증대한다. **제안**
- 단지 규모 및 건축물 구분에 따라 서울시 「건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준」 및 「서울시 녹색건축물 설계기준」에 기반하여 신재생에너지 설치비율을 설정한다.
 - 2019년 기준, 서울시 환경영향평가 대상 건축물은 에너지 사용량의 16%이상을 신·재생에너지로 공급해야하며¹⁾, 서울시 녹색건축물 설계기준 대상 건축물의 신·재생에너지 설치비율은 민간 주거용 건축물의 경우 6%²⁾로 연도별 설치비율 및 건축물 구분에 따라 신재생에너지 설치비율이 상이할 수 있다.
- 바람길을 고려하여 공동주택 단지 및 주택 옥상부 공간에 수직형 풍력발전시스템을 설치하여 친환경 에너지를 생산할 수 있다.
 - 빌딩풍이 부는 곳이나 빌딩 모서리, 옥상에 설치할 경우 효율이 증대될 수 있다.
 - 소음이 적어 가로등 형태로 태양광 패널과 함께 소형 풍력 발전이 가능하다.

■ 관련기술

- 지열히트펌프
- 소규모 풍력 발전
- 베란다 태양광 패널

■ 적용사례



〈주거용 건축물 지열히트펌프⁸⁾〉



〈베란다 태양광 패널 설치⁹⁾〉



〈LH 수직형 소형 풍력발전 시범사업¹⁰⁾〉



〈인천 아파트 단지 내 소형 풍력발전기 설치¹¹⁾〉

■ 연계기법

- [열-E2] 열환경을 고려한 건축 자재 및 설비 설계

- 1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 2) 서울시, 2017, 서울시 녹색건축물 설계기준
- 3) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인
- 4) 국토교통부, 2017, 에너지절약형 친환경주택의 건설기준
- 5) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
- 6) 국토연구원, 2016, 도시의 미기후 관리방향
- 7) 국토교통부, 2015, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시군 계획수립 지침
- 8) 한국건설기술연구원, 2016, 녹색건축 인증기준 해설서(신축 주거용 건축물 v1.2), p.62
- 9) 연구진 현장조사 사진
- 10) 한국경제, 2013.6.19., LH 제주 임대단지에 소형 풍력
- 11) 장현선, 2009.11.16, 도시형 소형풍력 '탄소제로'아파트에 안성맞춤, 한국에너지



1.3 교통

1) 기본방향 및 원칙

(열-T1 미기후 친화적인 도로 포장재 사용) 차열효과가 높은 도로 포장재료를 선택하여 포장도로에서 발생하는 도심열을 최소화한다.

- 단지 도로(보도)는 차열 또는 열교환 기능이 있는 바닥재를 사용한다.
- 옥외 주차장은 가급적 잔디블록으로 조성한다¹⁾.
- 어린이 놀이터 바닥재는 열저감효과를 갖는 포장재로 설치한다.

(열-T2 쾌적한 보행 환경 조성) 주요 이동 지점에 쿨링 시설을 조성하여 단지 내 쾌적한 보행 동선을 확보한다.

- 도로(보도, 자전거 도로) 상단에 지하고 높은 녹음수에 의한 수목 캐노피 또는 쿨링 터널을 조성하고, 도로(차도) 규모 및 용수 공급 가능 여부에 따라 클린로드 시스템을 설치하여 단지 내 열섬현상을 최소화한다.

(열-T3 주민의 친환경 이동수단 지원) 단지 내·외부를 연결하는 친환경 이동수단이 활성화될 수 있도록 주민 이용 시설을 지원한다.

- 주차단위구획의 5% 이상 환경친화적 차량을 위한 주차면을 확보한다²⁾.(미-T2 참조)
- 친환경 자동차의 주차단위구획을 100으로 나눈 수 이상의 충전시설을 설치하는 등의 환경친화적 차량 도입 계획을 수립한다²⁾.(미-T2 참조)
- 자전거 전용도로 및 주차장을 의무적으로 조성하고, 필로티를 설치하는 경우를 제외한 모든 자전거 주차장은 지붕시설을 반드시 설치하며 이를 활용한 지붕녹화를 연계추진한다³⁾.(미-T2 참조)

1) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인

2) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)

3) 한국건설기술연구원, 2016, 녹색건축 인증기준 해설서(신축 주거용 건축물 v1.2)



〈열환경 대응 교통 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
열-T1	미기후 친화적인 도로 포장재 사용	차열효과가 높은 도로 포장재료를 선택하여 포장도로에서 발생하는 도심열 최소화	<ul style="list-style-type: none"> • 쿨페이브먼트 • 투수성포장 • 코르크포장 • 차열투수블록 • 잔디블록
열-T2	쾌적한 보행 환경 조성	폭염에도 단지 내의 보행자 동선을 유지할 수 있는 쾌적한 보행환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 자전거 쿨링 터널 • 수목캐노피 • 쿨린로드 시스템 • 에어트리
열-T3	주민의 친환경 이동수단 지원	단지 내·외부를 연결하는 친환경 이동수단이 활성화될 수 있도록 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 전기차 충전소 및 주차장 • 자전거 도로 및 주차장(지붕녹화 연계)



[열-T1] 미기후 친화적인 도로 포장재 사용

■ 개념

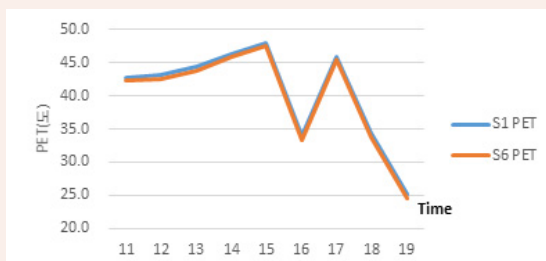
- 차열효과가 높은 도로 포장재료를 선택하여 포장도로에서 발생하는 도심열 최소화

■ 적용방법

- 단지 내 주요 도로는 우선적으로 차열 또는 열교환 기능을 갖는 바닥재를 적용하여 단지 내 미기후를 조절한다. **제안 시뮬레이션**
 - 바닥재 소재별로 시공사례가 많지 않거나 소요비용이 많이 소요되는 소재의 경우, 열저감 효과를 검증할 수 있는 시범적용을 우선 실시하는 등 단계적으로 바닥재 적용 사업을 추진할 수 있다.
- 놀이터 바닥재는 기존 우레탄 포장재보다는 코르크 포장재 등 열환경 개선 효과가 있는 바닥재로 변경한다. **제안 시뮬레이션**
 - KSF3888-2(실외 체육 시설 탄성 포장재 기준) 등 환경유해성 검사 기준치에 적합하고 어린이 놀이터는 HIC(머리상해지수) 기준을 충족하는 포장재가 사용되어야 한다.
- 옥외 주차장 등 단지 내 포장면적의 3%이상은 녹색(잔디)블록을 설치하도록 한다.
- 이용 편의성을 고려해 휴게공간 포장은 미기후 친화적인 인공 포장재와 자연재(잔디블록 등)를 혼합하여 포장할 수 있다.

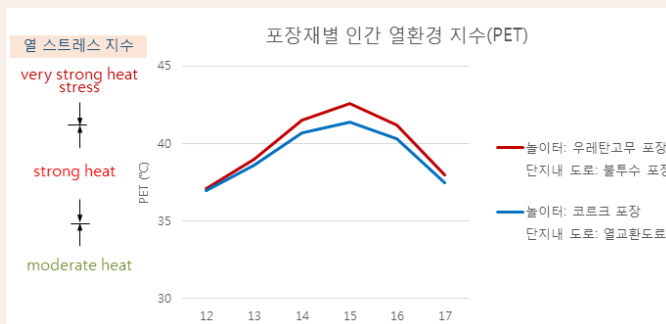
[시뮬레이션 결과]

- ▶ 쿨페이브먼트 조성 결과: 마곡1지구 2단지 전체 보도(투수포장)에 열교환도료를 조성할 경우, 인간 열환경지수(PET)는 최대 0.7도 감소할 수 있음



[단지 내 보도 포장재별 효과(S1:투수포장, S6:투수포장+열교환도료)]

- ▶ 열교환도료(놀이터 주변 보도) 및 코르크 포장(놀이터 바닥) 조성 결과: PET는 최대 1.2℃, 평균복사온도는 3℃ 감소 효과를 가질 수 있음



[놀이터 주변 바닥 포장재 변경 효과]



■ 관련기술

- 쿨페이브먼트 **기술 설명서**
- 투수성포장 **기술 설명서 상위기술**
- 코르크포장 등 열환경 개선 효과가 있는 놀이터 바닥재
(코르크 포장의 경우 KSF3888-2 유해물질 불검출되는 재료임)
- 차열투수블록
- 잔디블록

■ 적용사례



〈쿨페이브먼트 조성(미국 LA)⁵⁾〉



〈차열투수블록(제주시)⁶⁾〉



〈코르크포장 놀이터(서울시 한강공원)⁷⁾〉



〈잔디블록 설치(위례신도시)⁸⁾〉

■ 연계기법

- [열-T2] 쾌적한 보행 환경 조성

- 1) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인
- 2) 국토연구원, 2016, 도시지역 미기후 관리방향 연구
- 3) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원계획기준 수립 연구
- 4) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
- 5) 중앙일보, 2018.8.15. 달궂진 도시를 식혀라... 미 LA에는 흰색 도로가 있다
- 6) 엔씨원 http://www.cwstar.co.kr/portfolio/portfolio_list.php?part_idx=51
- 7) 헤럴드경제, 2017.5.4, 광나무한강공원 '어린이 놀이터' 새단장
- 8) ㈜그랜드코단 <http://kodan.co.kr>

열환경 관련 상위기술 1)쿨존조성, 2)옥상녹화, 3)쿨루프, 4)투수성포장, 5)벽면녹화, 6)빗물정원



[열-T2] 쾌적한 보행 환경 조성

■ 개념

- 폭염에도 단지 내의 보행자 동선을 유지할 수 있는 쾌적한 보행환경 조성

■ 적용방법

- 자전거도로 상단 또는 주 통행로에 지하고가 높은 녹음수에 의한 수목 캐노피 또는 쿨링 터널을 조성한다. **제안**
- 용수 공급 안정성이 확보된 지구의 주요 출입구 또는 택지 내 주도로에 클린로드 시스템을 설치하여 도로열로 인한 열섬현상을 최소화한다.
 - 클린로드 시스템 설치 시, 빗물저장소, 하천, 지하철 용출수 등 용수 공급 용이성 및 도로관리청 의견 등을 고려하여 대상지가 클린로드 시스템 설치조건에 부합하는지 사전 확인한다. ([미-W1-②] 참조)
- 대규모 공원이 조성되는 경우, 하절기에 포장면 냉각과 동절기 적설 관리를 위한 표면 살수 시스템을 설치한다.
- 유동인구가 많은 택지 내 공간을 활용하여 '에어트리'를 벤치마킹하여 조성할 수 있다.
 - 해당 시설을 설치하려는 공간의 안전 및 유지관리 여건을 사전 고려한다.

■ 관련기술

- 자전거 쿨링 터널
- 수목 캐노피(지하고가 높은 녹음용 수목 식재)
- 클린로드 시스템 **기술 설명서**
- 에어트리(스페인) **기술 설명서**

■ 적용사례



〈클린로드시스템 단지 내 설치(안산 신길지구)⁴⁾〉



〈쿨링터널(독일 베를린)⁵⁾〉

■ 연계기법

- [열-L5] 쿨존(Cool zone) 조성
- [미-W1-②] 미세먼지 관리 시스템 도입

1) 서울시, 2017, 서울시 기후변화대응 종합계획(2017-2021)
 2) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원계획기준 수립 연구
 3) 환경부, 2015, 수도권지역 클린로드 시스템 구축 가이드라인 및 관리방안 마련 연구용역 결과보고, p.3
 4) 레인보우스케이프(주)
<http://www.rainbowscape.com/business04/case.php?mNum=&sNum=&boardid=resultboard1&mode=view&idx=790>
 5) Deviant Art <https://www.deviantart.com/mhaza/art/Hedge-tunnel-328208946>



[열-T3] 주민의 친환경 이동수단 지원

■ 개념

- 단지 내·외부를 연결하는 친환경 이동수단이 활성화될 수 있도록 지원

■ 적용방법(마-T2 참조)

- 지하철, 버스 등 대중교통시설과의 근접성을 고려하여 단지 및 보행 출입구를 계획한다.
- 주민이 미세먼지 저감 주체가 될 수 있도록 친환경 이동수단을 이용하기 용이한 단지환경을 조성한다.
- 주차단위구획의 5% 이상을 친환경 차량을 위한 주차공간으로 확보한다¹⁾.
- 주차단위구획을 100으로 나눈 수 이상의 충전시설을 설치하는 등의 환경친화적 차량 지원 계획을 수립한다¹⁾. (세부 기준은 「서울시 환경영향평가 기준」 참조)
- 친환경적 교통환경을 조성할 수 있도록 자전거 전용도로 및 주차장을 마련한다²⁾.
- 필로티에 자전거 주차장을 설치하는 경우를 제외한 모든 주차장은 눈, 비 등을 가릴 수 있는 지붕시설을 반드시 설치²⁾하고, 지붕시설에는 지붕녹화 기법을 연계 적용하여 단지내 미기후를 조절할 수 있다.

■ 제안

- 자전거 주차장의 규모와 설치여건을 고려하여 자전거 지붕에 지붕녹화 기법을 연계 적용하는 것을 고려할 수 있다.

■ 관련기술

- 전기 충전소, 전기차 전용 주차구역, 급속 충전시설 등 친환경 차량 지원 시설
- 자전거 주차장 및 자전거도로(세부 기준은 「녹색건축 인증기준 해설서」 참조)

■ 적용사례



〈자전거 주차장 지붕녹화³⁾〉



〈전기차 충전소⁴⁾〉

■ 연계기법

- [열-T2] 쾌적한 보행 환경 조성
- [마-T2] 주민의 친환경 이동수단 지원

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
 2) 한국건설기술연구원, 2016, 녹색건축 인증기준 해설서(신축 주거용 건축물 v1.2)
 3) Pinterest <https://www.pinterest.co.kr/pin/73887250112418625/>
 4) 강진성, 2018.1.29., 전기차는 없지만 충전소는 뱅뱅한 진주, 경남일보



1.4 물이용

1) 기본방향 및 원칙

(열-W1 물을 이용한 쿨링시설 설치) 주민 이용빈도가 높은 장소에 물을 이용한 쿨링시설을 설치한다.

- 주 보행지 또는 단지 출입구에 쿨링포그와 같이 물을 이용한 쿨링시설을 설치한다.
- 단지 내 빗물저장시설과 연계하여 열저감 시설을 조성한다.

(열-W2 다양한 친수공간 확대 조성) 녹지공간과 연계한 수경공간을 확대 조성하여 주변온도를 저감한다.

- 단지 내 연못, 실개천, 식생수로 등을 조성한다.

〈열환경 대응 물이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
열-W1	물을 이용한 쿨링시설 설치	주민의 이용빈도가 높은 장소에 미스트 분사장치 등 쿨링시설을 설치하여 일시적인 온도 저감 및 주민의 건강 취약성 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 쿨링포그 • 벽면 우수분사 장치
열-W2	다양한 친수공간 확대 조성	녹지공간과 연계한 인공수로, 실개천 등 친수공간을 확대 설치하여 온도 저감 및 심미적 효과 기대	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 내 친수공간 조성



2) 계획기법

[열-W1] 물을 이용한 쿨링시설 설치

■ 개념

- 주민의 이용빈도가 높은 장소에 미스트 분사장치 등 쿨링시설을 설치하여 일시적인 온도 저감 및 주민의 건강 취약성 개선

■ 적용방법

- 주 보행지 또는 단지 출입구에 쿨링포그와 같이 물을 이용한 쿨링시설을 설치한다.
 - 공원 외부, 주민입부와 같이 인공적이면서 이용빈도가 높은 경우 쿨링시설을 도입한다.
 - 광장중심과 외곽부에 열저감 효과 제고를 위한 이동식 미스트 포그 시스템을 활용한다.
 - 도로변 미스트 분사장치를 설치한다.
- 단지 내 빗물저장시설과 연계하여 열저감 시설을 조성한다.
 - 단지 특성 및 유지관리비용을 고려하여 우수이용시스템과 연계하여 벽면 우수분사장치를 설치하거나 저관리형 친수공간을 조성한다.

■ 관련기술

- 쿨링포그 **기술 설명서**
- 벽면 우수분사 장치

■ 적용사례



〈쿨링포그 설치(좌:대구 이곡장미공원, 우:국채보상운동기념공원)³⁾〉

■ 연계기법

- [열-L5] 쿨존 조성
- [열-T2] 쾌적한 보행 환경 조성

1) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인, p.28

2) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원 계획기준 수립 연구

3) 대구광역시, 2018.5.4., 대프리카 여름 대비: 대구 폭염대응 종합대책, 대구광역시 공식 블로그



[열-W2] 다양한 친수공간 확대 조성

■ 개념

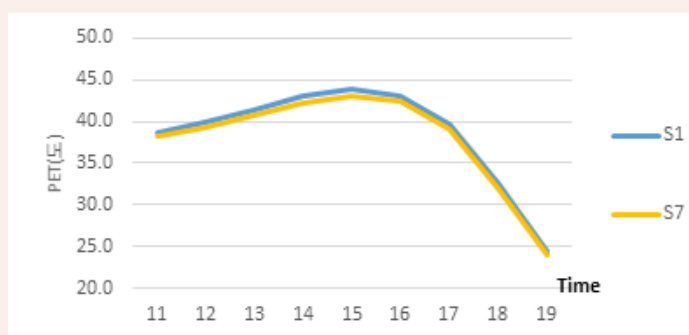
- 녹지공간과 연계한 인공수로, 실개천 등 친수공간을 확대 설치하여 온도 저감 및 심미적 효과 기대

■ 적용방법

- 단지 내 빗물정원 또는 실개천, 식생수로 등을 조성한다. **시뮬레이션**

[시뮬레이션 결과]

- ▶ 빗물정원 조성 결과: 고덕1지구 2단지 내 일부 뜰에 빗물정원을 조성하고, 태양고도를 고려하여 수목을 식재할 경우, 인간열환경지수(PET)가 최대 0.8도 감소할 수 있음



[시뮬레이션 결과(S1:기존 계획, S7:빗물정원 및 식재변경)]

■ 관련기술

- 식생수로 **기술 설명서**
- 빗물정원 **기술 설명서** **상위기술**

■ 적용사례



〈단지 내 빗물정원 조성(마곡지구)³⁾〉



〈단지 내 식생수로 조성(하남시 자이)³⁾〉

■ 연계기법

- [물-W2] 단지 내 수공간 조성

1) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인, p.28
 2) 서울시, 2017, 서울시 기후변화대응 종합계획(2017-2021)
 3) 연구진 현장조사 사진

열환경 관련 상위기술 1)쿨존조성, 2)옥상녹화, 3)쿨루프, 4)투수성포장, 5)벽면녹화, 6)빗물정원



1.5 녹지

1) 기본방향 및 원칙

(열-G1 보행 동선을 고려한 가로수 조성 및 관리) 보행 동선에 그늘 및 찬공기를 생성할 수 있는 가로수를 조성한다.

- 단지 내 지하고가 높고 엽면적이 넓은 낙엽활엽수를 활용하여 다양하게 그늘을 생성한다.
- 2열식재, 가지와 잎이 무성한 나무 등을 식재하여 가로수의 폭염 완충기능을 강화한다.
- 열환경을 고려하여 전지작업을 하며, 주민이 참여하는 관리체계를 구축한다.

(열-G2 차열식재) 미기후 조절 효과를 극대화 할 수 있는 차열 식재방법을 적용한다.

- 단지 내 녹지 공간은 온도저감 기능을 강화할 수 있도록 활엽수 중심의 다층구조로 식재하고, 보도폭에 따라 수종을 선정한다¹⁾.
- 놀이터 주변부는 태양고도를 고려하여 지하수고가 높은 교목을 식재한다.

(열-G3 입체 녹화 활성화) 단지 내 녹화 면적을 최대화 할 수 있도록 건축물 또는 구조물 외부공간을 다양한 방식으로 녹화한다.

- 조경의무면적을 확보하고 녹화로 인한 열환경 개선효과를 극대화할 수 있도록 건물 입체녹화를 활성화한다. (미-G2 참고)
 - 면적 2,000m²이상인 대지에 건축물을 건축할 경우, 조경의무면적(대지면적의 15%이상)을 확보한다²⁾.
 - 너비 20m이상의 도로에 접하고 2,000m² 이상인 대지 안에 설치하는 조경은 조경의무 면적의 20%이상을 가로변에 연접하게 설치하여야 한다³⁾.
 - 옥상, 지붕, 지하주차장 상부 등 인공지반 형성면적에 대하여 인공지반 녹화를 적용한다⁴⁾.
- 입체녹화에 따른 구조물 영향(녹화 하중 등)과 설치 및 유지비용의 경제성을 고려하여 단지별 최적의 설치규모를 계획하고, 단지 내 빗물관리시스템과 연계하여 관수에 따른 유지관리비 저감 방안을 마련하여 주변 온도를 내리고 생태기능을 확보한다.

1) 정희은 외, 2014, 서울 도심 가로수 및 가로녹지의 온도저감 효과와 기능 향상 연구
 2) 서울시, 2017, 서울시 건축 조례(제7002호) 제4장
 3) 국토교통부, 2015, 조경기준(제2013-46호) 제2장
 4) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인



(열-G4 온도저감 효과가 크고 극한 열환경에 생장이 가능한 수종 식재 및 관리) 온도 및 탄소저감 효과가 높은 수종을 우선적으로 식재하여 열환경을 개선한다.

- 그늘생성 및 탄소저감 효과가 높은 수종을 우선으로 식재한다.
- 단지 내 주풍향 구간은 밀식수목이나 관목식재는 지양하고, 잔디 및 야생초본류를 식재한다.

〈열환경 대응 녹지 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
열-G1	보행 동선을 고려한 가로수 조성 및 관리	단지 주 진입로 및 주요 보행 동선을 고려하여 가로수를 조성함으로써 그늘 및 찬 공기 생성 등 폭염 완충효과 극대화	• 가로수 조성
열-G2	차열식재	더운 공기가 발생하기 쉬운 대상 공간에 지피, 교목, 관목을 조합하여 미기후 조절 효과를 극대화할 수 있는 차열 식재 방법 적용	• 다층식재
열-G3	입체 녹화 활성화	단지 내 녹화 면적을 최대화할 수 있도록 건축물 또는 구조물의 외부공간에 벽면, 수직 녹화 등 다양한 방식으로 자연피복면적 확충함으로써 주변 및 지표온도 저감효과 기대	• 벽면녹화 • 옥상녹화
열-G4	온도저감 효과가 크고 열환경에 생장이 가능한 수종 식재 및 관리	지속적인 관리를 고려하여 기존 자생종을 활용하되 온도저감 및 탄소저감 효과가 높은 수종을 우선적으로 식재하여 녹지의 열환경 개선 효과 제고	• 열환경개선효과가 있는 수종



2) 계획기법

[열-G1] 보행 동선을 고려한 가로수 조성 및 관리

■ 개념

- 단지 주 진입로 및 주요 보행 동선을 고려하여 가로수를 조성함으로써 그늘 및 찬 공기 생성 등 폭염 완충효과 극대화

■ 적용방법

- 단지 내 보행 동선에 그늘을 조성한다. **제안**
 - 덩굴 및 지피류 수목을 활용하여 보행 동선에 다양하게 그늘을 조성한다.
 - 지하고가 높고 엽면적이 넓은 낙엽활엽수를 활용하여 포장통행로 상부에 자연 차광막을 조성한다.
- 2열 식재 및 전지작업을 하여 가로수의 폭염 완충기능을 강화한다.
- 주민참여형 관리 체계를 추진하여 지구 내 가로수를 체계적으로 구축한다.

■ 관련기술

- 가로수의 폭염 완충기능 강화

■ 적용사례



〈보행도로 2열 식재(충청북도 오송)⁴⁾〉



〈주요 보행로 2열 식재(고덕 래미안)⁵⁾〉

■ 연계기법

- [열-L5] 쿨존 조성
- [열-G2] 차열식재

1) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원 계획기준 수립 연구
 2) 서울시, 2017, 서울시 기후변화대응 종합계획(2017-2021)
 3) 서울시, 2012, 가로수 생육환경 개선 및 가로변 녹지량 확충 사업
 4) 산림청 녹색도시 우수사례 <https://www.forest.go.kr/>
 5) 연구진 현장조사 사진



[열-G2] 차열식재

■ 개념

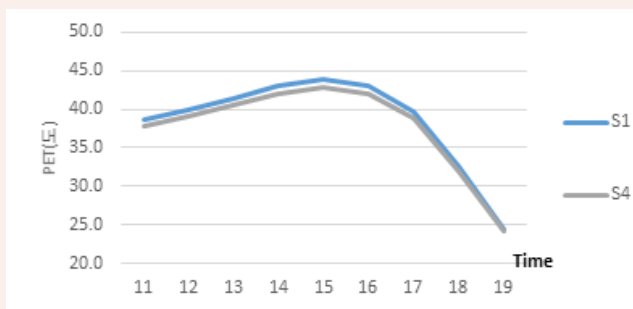
- 더운 공기가 발생하기 쉬운 대상 공간에 지피, 교목, 관목을 조합하여 미기후 조절 효과를 극대화할 수 있는 차열 식재 방법 적용

■ 적용방법

- 보도폭에 따라 온도저감 기능을 강화할 수 있는 수종을 선택한다¹⁾. **제안 시뮬레이션**
 - 보도폭이 3m미만인 경우 최대 1m의 띠녹지 폭을 확보하고 수관용적이 작은 낙엽활엽수 중심으로 다층식재(교목-관목-초본)를 한다.
 - 보도폭이 3m이상인 경우에는 수관용적이 큰 낙엽활엽수가 적당하고 교목열수를 증가하거나 다층 구조의 식재 방식을 선택한다.
 - 보행로와의 인접녹지부 또는 교목 하부는 지피류로 녹화한다.

[시뮬레이션 결과]

- ▶ 다층식재 적용 결과: 고덕 1지구 2단지 내 녹지공간을 다층식재로 변경할 경우(S4), 기존 계획안 대비 인간열환경지수(PET)가 최대 1.1도 감소할 수 있음

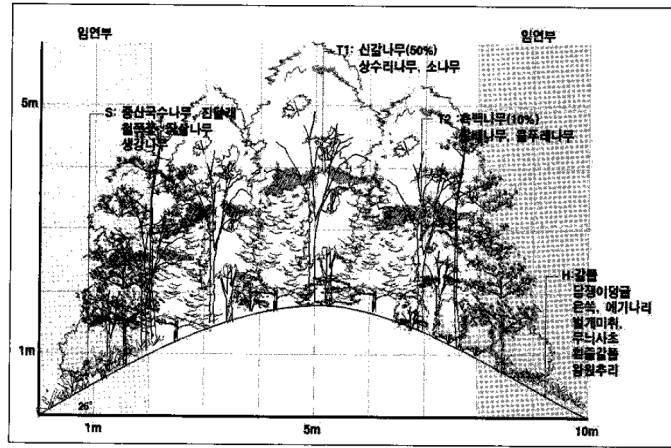


〈인간열환경지수 결과 (S1:기존계획안, S4:다층식재)〉

- 유아, 노인 등 폭염 민감군이 주로 이용하는 시설(어린이 놀이터 등)을 중심으로 태양고도를 고려한 지하고가 높은 교목을 식재한다. **제안**

■ 관련기술

- 놀이터 주변 지하고 높은 교목 식재
- 차열식재



〈신갈나무-촉백나무 다층식재 모델 예시⁵⁾〉

■ 적용사례⁶⁾



〈단지 보도 주변 활엽수 식재(하남시 자이)⁶⁾〉



〈놀이터 주변 지하고 높은 수목 식재⁶⁾〉

■ 연계기법

- [열-L1] 쿨존(Cool zone) 조성
- [열-G1] 보행 동선을 고려한 가로수 조성 및 관리
- [미-G3] 미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재 방식 도입

- 1) 정희은 외, 2014, 서울 도심 가로수 및 가로녹지의 온도저감 효과와 기능 향상 연구, 한국조경학회
- 2) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원 계획기준 수립 연구
- 3) 환경부, 2012, 이상기후 대비 도시개발 환경생태계획 가이드라인 마련
- 4) 문수영, 장대희, 2012, 공동주택 단지 내 식재유형에 따른 온도저감 효과 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, 12(2), 65-75
- 5) 김민경, 심우경, 2010, 식생 군집분석과 종간친화력 분석을 통한 서울형 다층구조 식재모델 제안, 한국조경학회지, 38(4), 106-127
- 6) 연구진 현장조사 사진



[열-G3] 입체 녹화 활성화

■ 개념

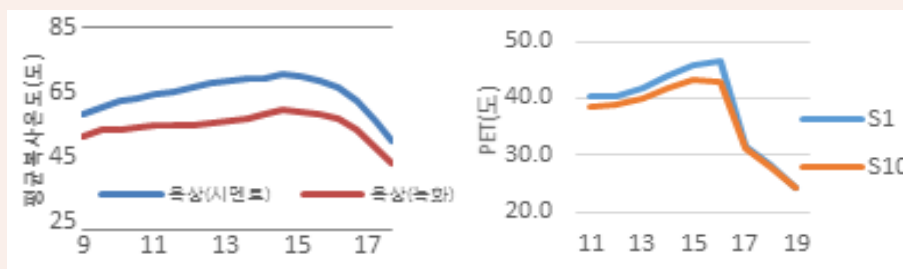
- 단지 내 녹화 면적을 최대화할 수 있도록 건축물 또는 구조물의 외부공간에 벽면, 수직 녹화 등 다양한 방식으로 자연피복면적 확충함으로써 주변 및 지표온도 저감효과 기대

■ 적용방법

- 아파트 및 단지 내 건물 지붕구조를 고려하여 옥상녹화면적을 최대화한다. **시뮬레이션**
 - 옥상 및 인공지반에는 고열, 바람, 건조 및 일시적 과습 등의 열악한 환경에서도 건강하게 자랄 수 있는 식물종을 선정한다.
 - 조성비용 및 유지관리 비용을 고려하여 저관리형(초화, 잔디) 옥상녹화를 우선 검토한다.
- 단지 내 아파트 1동 당 2x4m² 규모의 벽면녹화를 조성한다. **시뮬레이션**
- 건물 입면녹화를 위한 공간 마련, 등반보조재의 설치 조건 등의 지침은 「서울시 가로수 조성·관리 기본계획」을 준용하도록 한다.
- 옥외 공간 설계 대안에 동물서식을 유도하기 위한 녹지 공간 조성 계획 및 설계안을 마련하도록 한다.

[시뮬레이션 결과]

- ▶ 옥상녹화 조성 결과: 옥상녹화 조성할 경우 시멘트 옥상 대비 평균복사온도가 최대 12도 감소할 수 있음
- ▶ 벽면녹화 조성 결과: 아파트 양쪽 외벽에 10x10m² 규모로 조성할 경우에는 기존(S1) 대비 PET가 최대 3.7도 감소할 수 있음



[옥상녹화 시뮬레이션 결과]

[벽면녹화 시뮬레이션 결과(S1:기존, S10:벽면녹화)]

■ 관련기술

- 옥상녹화 [기술 설명서](#) [상위기술](#)
- 벽면녹화 [기술 설명서](#) [상위기술](#)



■ 적용사례



〈옥상녹화(김포 한강신도시)⁴⁾〉



〈벽면녹화(서울시 마곡지구)⁵⁾〉

■ 연계기법

- [열-E3]외부의 극한 열환경 차단
- [열-G4]온도저감 효과가 크고 열환경에 생장이 가능한 수종 식재 및 관리
- [미-G2]미세먼지 저감 수종 식재
- [미-G4]단지 내 미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재 방식 도입

1) 서울시, 2017, 서울시 가로 설계·관리 매뉴얼

2) 국토교통부, 2015, 조경기준(제2013-46호)

3) 서울시, 2013, 옥상녹화시스템 설계 및 설계도서 작성지침

4) ㈜한국그린인프라연구소 http://www.greeninfra.co.kr/portfolio/sub_02.php?page=1&CategoryNo=27

5) 연구진 현장조사 사진

6) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인

열환경 관련 상위기술 1)클존조성, 2)옥상녹화, 3)쿨루프, 4)투수성포장, 5)벽면녹화, 6)빗물정원



[열-G4] 온도저감 효과가 크고 열환경에 생장이 가능한 수종 식재 및 관리

■ 개념

- 지속적인 관리를 고려하여 기존 자생종을 활용하되 온도저감 및 탄소저감 효과가 높은 수종을 우선적으로 식재하여 녹지의 열환경 개선 효과 제고

■ 적용방법

- 엽면적이 크고 탄소저감 효과가 높은 수종을 우선으로 식재한다.

	열환경 개선 효과 큰 수종(온도 및 탄소저감 효과 기준)
교목 ³⁾	톨립나무, 회화나무, 느티나무, 단풍나무, 팽나무 등
관목 ³⁾	화살나무, 쥐똥나무, 명자나무, 산수국, 낙상홍, 철쭉류, 회양목, 사철나무, 무궁화 등
초본 ⁴⁾	구절초, 붓꽃, 노루오줌, 돌양지꽃, 옥잠화, 잔디, 바위연꽃, 민들레, 해국, 꼬리풀, 꽃범의 꼬리, 섬초롱, 패랭이 등

- 단지 내 주풍향 구간은 밀식수목이나 관목식재는 지양하고 잔디 및 야생초본류를 식재하되, 유지관리를 고려하여 초화류의 식재규모를 설정한다.
- 옥상 및 인공지반에는 고열, 바람, 건조 및 일시적 과습 등의 열악한 환경에서도 건강하게 자랄 수 있는 식물종을 선정한다.

■ 관련기술

- 열환경 개선 효과가 있는 수종 식재

■ 적용사례



〈단지 내 단풍나무길 조성 사례(고덕 래미안)⁵⁾〉

■ 연계기법

- [열-L2] 바람길 확보
- [열-G3] 입체 녹화 활성화

1) 한국토지주택연구원, 2016, 기후변화에 따른 폭염대응형 도시공원 계획기준 수립 연구
 2) 환경부, 2012, 이상기후 대비 도시개발 환경생태계획 가이드라인 마련
 3) 국토교통과학기술진흥원, 2015, 탄소저감형 도로수목 시공 유지관리 기술개발, p.48
 4) 농촌진흥청, 2014, 건강한 녹색도시를 위한 건축물 녹화
 5) 연구진 현장조사 사진
 6) 한국토지주택연구원, 2017, 기후변화 대응 식재환경 개선 기초 연구



1.6 공사장 열환경 관리

1) 기본방향 및 원칙

(열-C1 폭염 및 한파 대응 작업 일정 계획 수립) 기후여건을 고려하여 작업 일정을 계획함으로써 극한 열환경에도 공사작업 효율을 유지한다.

- 폭염, 한파 등 최근 10년간 기상정보를 고려하여 전체 공사일정을 계획한다¹⁾.
- 기상청 폭염예방정보를 활용하여 당일 시간대별 작업일정을 조정할 수 있다.

(열-C2 폭염 대응 공사장 근로환경 조성) 극한 열환경에도 안전한 공사 작업환경을 조성한다.

- 극한 열환경에 대비하여 폭염특보 발령단계에 맞춰 사업장에서 실행할 수 있는 대응체계를 구축한다.
- 건설근로자의 열환경 적응역량을 높일 수 있도록 폭염예방교육을 주기적으로 운영한다.
- 건설분야 작업 경험이 적은 근로자의 경우 야외 활동시간과 업무량을 조절하여 여름철 작업환경에 순차적으로 적응할 수 있도록 한다.

〈열환경 대응 공사장 관련 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
열-C1	폭염 및 한파 대응 작업 일정 계획 수립	기후여건을 고려하여 작업환경에 맞는 작업일수 및 시간대를 산정하여 계획함으로써 극한 열환경에도 공사작업 효율 유지	-
열-C2	폭염 대응 공사장 근로환경 조성	폭염 등 극한 열환경에서도 건설근로자의 작업환경을 안전하게 유지하고 계획된 공사일정안에 원활하게 공사가 수행될 수 있는 환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 그늘막 • 쿨링 작업복 • 방열막 • 폭염대비 근로자 교육 프로그램

1) 국토교통부, 2019a, 공공 건설공사의 공사기간 산정기준(국토교통부 훈령 제1140호)



[열-C1] 폭염 및 한파 대응 작업일정 계획 수립

■ 개념

- 기후여건을 고려하여 작업환경에 맞는 작업일수 및 시간대를 산정하여 계획함으로써 극한 열환경에도 공사작업 효율 유지

■ 적용방법

- 최근 10년간 기상정보를 고려하여 폭염, 한파 등과 같은 기후여건에 대한 작업불능일을 고려한 공사 일정을 사전에 계획하여야 한다¹⁾.
 - 서울시 최근 10년간의 기상데이터(기상청의 기상관측 데이터)를 활용하여 공사의 주공정에 영향을 미치는 기상조건을 고려한 비작업일수를 산정할 수 있다.

〈열환경 관련 서울시 월평균 기상 데이터(2008년~2017년)²⁾〉

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	소계
33도 이상	0	0	0	0	0.1	0.4	2.4	5.4	0	0	0	0	8.3
35도 이상	0	0	0	0	0	0	0.2	1.9	0	0	0	0	2.1
최고온도 0도 이하 및 신적설 5cm 이상	12.6	4.6	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2	9.4	27
최저기온 영하 12도 이하	2.5	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	4.9

- 기상청 폭염예방정보를 활용하여 당일 시간대별 작업일정을 조정할 수 있다. **제안**
 - 기상청 날씨누리(www.weather.go.kr)을 통해 5월~9월간 제공*되는 더위체감지수를 확인하여 열환경에 대응하여 작업환경을 계획할 수 있다.

* 2일후까지의 더위체감지수를 3시간단위로 구분하여 제공하며, 오전 6시와 오후 6시에 하루 2회 발표

〈실외작업장 대상 단계별 대응요령³⁾〉

	지수범위	대응요령
■ 매우위험	30 이상	실외작업현장의 모든 근로자는 작업을 중지하고 별도의 지시가 있을 때까지 시원한 그늘에서 휴식을 취해야 함
■ 위험	28 이상 30 미만	가급적 작업을 중지하는 것이 좋음
■ 경고	25 이상 28 미만	작업시간이나 작업량을 줄이고 자주 휴식을 취할 필요가 있음
■ 주의	21 이상 25 미만	고온순화가 안 된 온열질환 취약자는 주의를 요함
■ 관심	21미만	

■ 연계기법

- [열-C2] 폭염 대응 공사장 근로환경 조성

1) 국토교통부, 2019, 공공 건설공사의 공사기간 산정기준(국토교통부 훈령 제1140호)
 2) 국토교통부, 2019, 공공 건설공사의 공사기간 산정기준 제정안
 3) 안전보건공단, n.d., 열사병 예방 3대 기본수칙 이행가이드



[열-C2] 폭염 대응 공사장 근로환경 조성

■ 개념

- 폭염 등 극한 열환경에서도 건설근로자의 작업환경을 안전하게 유지하고 계획된 공사일정안에 원활하게 공사가 수행될 수 있는 환경 조성

■ 적용방법

- 서울시 폭염 대비 건설현장 안전관리 대책('18)을 준수하여 폭염 대비 건설현장 대응체계를 구축하고 행동수칙을 마련한다.
 - 아이스박스, 보냉 물통 등을 통해 식수와 식염을 비치한다.
 - 일하는 장소와 가까운 곳에 구조물 또는 그늘막에 의해 그늘이 제공되는 휴게공간을 조성한다.
 - 폭염특보가 발령된 경우 그늘에서 물을 섭취하면서 자주 쉴 수 있도록 조치하며 폭염 단계별* 행동요령을 준수한다.
 - * 폭염주의보: 6~9월에 일 최고기온이 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속 예상
 - 폭염경보: 6~9월에 일 최고기온이 35℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속 예상
 - '휴식시간제' 운영, 쿨링조끼 착용, 방열막 설치 등 폭염주의보 단계에서 요구되는 행동요령을 고려하여 사업장별 대응 체계를 마련한다.
 - 폭염경보 발령시에는 한낮 시간대(12시~16시)에는 실외 작업 중지 및 휴식을 취하고, 기온이 높은 시간대를 피해 근무시간을 조정하는 '탄력시간 근무제' 등 적용을 검토할 수 있다.
- 건설근로자의 열환경 적응역량을 높일 수 있도록 주기적으로 폭염예방교육을 운영한다.
 - 작업시작 전 폭염대비 행동요령 및 응급조치 요령을 교육하는 등 공사장별 매일 자체 교육을 실시한다²⁾.
 - 사업장 기술지원교육과 연계하여 폭염대비 근로자 건강보호 교육을 강화한다.
- 현장 온도를 실시간 적용할 수 있도록 사업장에 온도계와 체온계를 비치하여 근로자가 극한 열환경에 노출되지 않도록 관리한다.
- 작업환경에 따라 특수 쿨링 장비를 추가 제공하여 극한 열환경으로부터 야외 근무자들을 보호할 수 있다.
 - 야외 장시간 근무가 불가피한 경우에는 쿨링조끼와 함께 쿨 섬유, 쿨스카프 등 쿨링소재를 이용한 작업복을 마련한다.
- 건설분야 작업 경험이 적은 근로자의 경우 야외 활동시간과 업무량을 조절하여 여름철 작업환경에 순차적으로 적응할 수 있도록 한다. **제안**
- 변압기, 냉각장치 등 공사장 내 시설 점검을 통해 폭염으로 인한 과부하에 사전 대비한다.

■ 관련기술

- 그늘막(쿨링포그와 연계 조성)
- 쿨링 작업복(아이스조끼, 냉풍조끼, 쿨스카프 등)
- 방열막
- 폭염대비 근로자 교육 프로그램



■ 적용사례



〈공사장 내 그늘막 설치³⁾〉



〈폭염대비 근로자 교육³⁾〉

■ 연계기법

- [열-W1] 물을 이용한 쿨링시설 설치

- 1) 서울시, 2018, 폭염 대비 건설현장 안전관리 대책
- 2) 서울시, 2018, 폭염대비 건설현장 근로자 안전대책 추진
- 3) 서울시, 2017, 건설공사장 폭염대비 안전사고 예방대책 실행계획



02

미세먼지



2.1 토지이용

1) 기본방향 및 원칙

(미-L1 미세먼지를 고려한 바람길 조성) 공기의 흐름이 막히지 않도록 주풍향을 고려하여 건물을 배치한다.

- 주변 하천 및 녹지에서 생성된 차고 신선한 공기가 단지 내에 관통하도록 배치계획을 수립한다.
- 바람의 흐름을 방해하지 않도록 주요 바람길 통로구간에는 밀식수목이나 관목식재를 피하고 잔디나 야생초본 중심으로 식재한다.
- 바람길 분석 후 건물배치, 스카이라인 구성, 필터티 설치, 도로와 건축물 공간 확보 등 다양한 바람길 확보 전략을 적용한다.

(미-L2 미세먼지 배출원과의 안전거리를 고려한 시설배치) 영유아 또는 노약자 사용시설은 미세먼지 배출원과의 안전거리를 고려하여 배치한다.

- 미세먼지에 취약한 대상이 주로 사용하는 단지 내 시설(어린이집, 학교, 경로당)은 설계 시 미세먼지 안전거리를 고려하여 배치한다.
- 주변 고속도로나 교통량이 많은 도로로부터 150m 이내에는 학교 신축을 제한한다¹⁾.
- 대상 시설의 주 출입구 또는 정문은 미세먼지 발생지(도로, 공장 등)로부터의 주풍향을 고려하여 설계한다.

(미-L3 그린버퍼존 조성) 단지 주변 도로에서 발생한 미세먼지가 단지로 유입되는 것을 차단하는 녹지대를 조성한다.

- 도로 또는 미세먼지 유발 시설과 인접한 단지 외곽은 완충녹지를 조성한다.
- 도로 및 주차장 경계선으로부터 공동주택의 외벽까지 2m 이상의 안전거리가 필요하므로, 해당 공간을 활용하여 미세먼지 저감수종을 활용한 그린버퍼존을 조성한다²⁾.
- 택지 내 주도로변 양쪽으로 2~3m폭으로 녹지대를 조성하고, 차량과 주민이 혼용하는 부도로 및 보행도로는 1~2m규모로 도로변 녹지대를 조성할 것을 권장한다.

1) California legislative information, 2003, SB-352 Schoolsites: sources of pollution, California Legislative information (캘리포니아 학교부지선정기준)

2) 국토교통부, 2018, 주택건설기준 등에 관한 규정(대통령령 제29459호) 제10조



〈미세먼지 대응 토지이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
미-L1	미세먼지를 고려한 바람길 조성	주변 하천 및 녹지에서 생성된 차고 신선한 공기의 흐름이 막히지 않고 단지 내에 유입될 수 있도록 배치	• 바람길 계획
미-L2	미세먼지 배출원과의 안전거리를 고려한 시설 배치	영유아 또는 노약자 사용시설은 고속도로, 대로변 등 교통량이 많은 도로 등 미세먼지로부터 안전거리를 유지할 수 있도록 건물 배치	• 미세먼지를 고려한 공간배치
미-L3	그린버퍼존 조성	단지를 미세먼지로부터 보호할 수 있도록 그린버퍼존을 조성하여 외부로부터 미세먼지 유입 최소화	• 그린버퍼존



2) 계획기법

[미-L1] 미세먼지를 고려한 바람길 조성

■ 개념

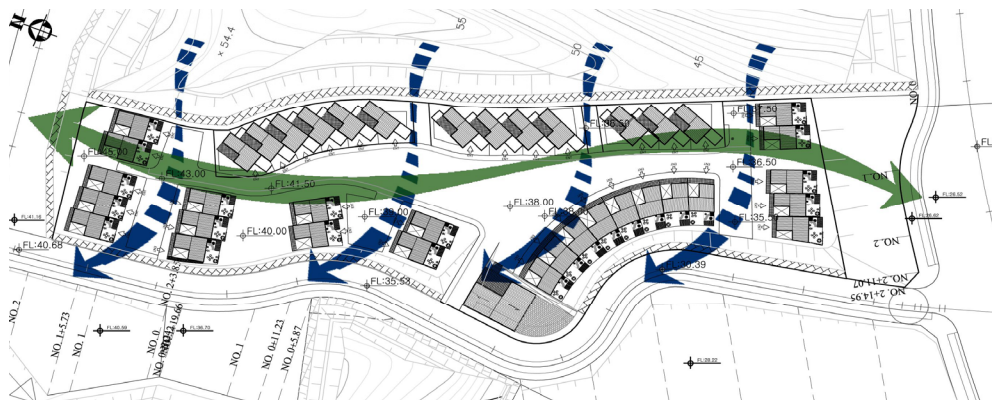
- 주변 하천 및 녹지에서 생성된 차고 신선한 공기의 흐름이 막히지 않고 단지 내에 유입될 수 있도록 배치

■ 적용방법

- 여름철 바람길(북동풍)을 열어주고, 겨울철 바람길(북서풍)을 막아주는 구조로 계획한다.
- 계획단계에서 건물숲에 의해 파편화되고 있는 바람길 네트워크를 조사하여 녹지, 공원, 하천 등 주변에서 생성된 차고 신선한 공기가 단지 내에 관통하도록 단지배치계획을 수립한다.
 - 사업지구를 둘러싼 삼각형 꼭지점에 위치한 자동기상관측장비(AWS) 자료 및 최소 8방위 풍향에 대한 분석을 실시한다¹⁾.
 - 전산유체역학(CFD: Computational Fluid Dynamics) 시뮬레이션 분석을 활용하여 바람길 조성 여건을 평가할 수 있다²⁾.
 - 주변 산지 및 하천에서 단지로 유입되는 자연풍의 흐름을 막지 않도록 주 풍향에 맞추어 배치계획을 수립한다.
- 바람길 분석 후 건물배치, 스카이라인 구성, 필로티 설치, 도로와 건축물 공간 확보 등 바람길을 확보할 수 있는 다양한 전략을 적용한다.
- 바람길을 고려하여 주동을 배치한다³⁾.
- 바람의 흐름을 방해하지 않도록 바람길 주요 통로 구간은 밀식 수목이나 관목 식재를 피하고 잔디나 야생초본 위주로 식재한다.

■ 관련기술

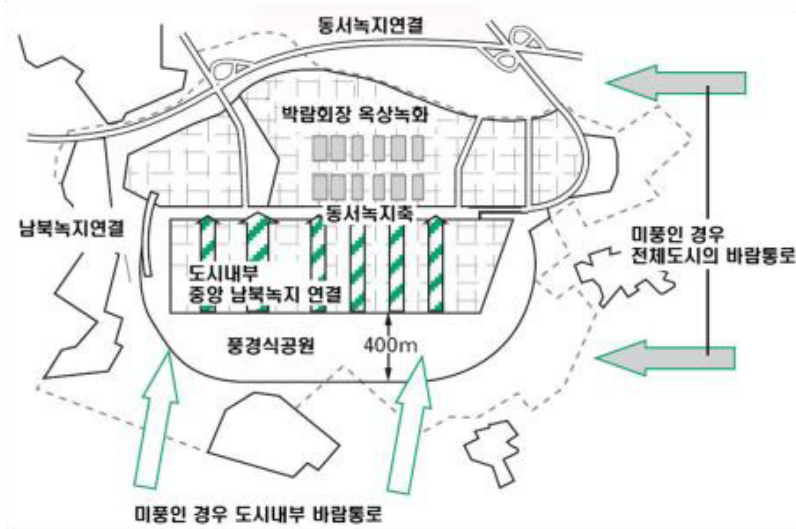
- 바람길 계획



<단지 내 바람길 계획⁵⁾>



■ 적용사례



〈독일 림(Riem) 바람길 계획도⁶⁾〉

■ 연계기법

- [열-L2]바람길 확보
- [미-L3]그린버퍼존 조성
- [미-G3]미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재 방식 도입

- 1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 2) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인
- 3) 국토교통부, 2017, 에너지절약형 친환경주택의 건설기준
- 4) 김태원 외, 2017, CFD 시뮬레이션을 통한 단지유형별 바람길 분석, 2017 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 제37권 제1호
- 5) 국토교통부, 2009, 친환경 주택의 설계 및 성능평가 지침
- 6) 씨드스페이스 베를린 환경 아카데미, 2016, 독일 생태도시 탐방 6



[미-L2] 미세먼지 배출원과의 안전거리를 고려한 시설 배치

■ 개념

- 영유아 또는 노약자 사용시설은 고속도로, 대로변 등 교통량이 많은 도로 등 미세먼지로부터 안전거리를 유지할 수 있도록 건물 배치

■ 적용방법

- 단지 내 어린이집, 학교, 경로당과 같이 미세먼지에 취약한 대상이 주로 이용하는 시설은 단지 설계 단계에서 미세먼지 안전거리를 고려하여 배치한다.
- 고속도로나 교통량이 많은 도로로부터 150m 이내에는 학교 시설의 건축을 제한한다¹⁾. **제안**
- 주 출입구 또는 정문의 방향을 도로 또는 미세먼지 발생 시설과의 영향(바람방향 등)을 고려하여 설계한다. **제안**
- 이미 설치되었거나 입지조건상 안전거리를 고려한 시설 배치가 어려울 경우에는 대상 시설 주변에 나무를 심거나 벽을 세워 미세먼지 유입을 최소화한다.

■ 관련기술

- 미세먼지를 고려한 공간 배치

■ 적용사례



<미국 캘리포니아의 학교입지 기준²⁾>

■ 연계기법

- [미-L1]미세먼지를 고려한 바람길 조성
- [미-L3]그린버퍼존 조성

1) California legislative information, 2003, SB-352 Schoolsites: sources of pollution, California Legislative information (캘리포니아 학교부지선정기준)
 2) 윤지로, 2018.4.23. [도로변, 잃어버린 숨 쉴 권리] 미세먼지 농도 12ug/m³. 한국은 ' 좋음' 단계, 영국선 '별별', 미국 환경보호청(EPA) 자료 인용



[미-L3] 그린버퍼존 조성

■ 개념

- 단지를 미세먼지로부터 보호할 수 있도록 그린버퍼존을 조성하여 외부로부터 미세먼지 유입 최소화

■ 적용방법

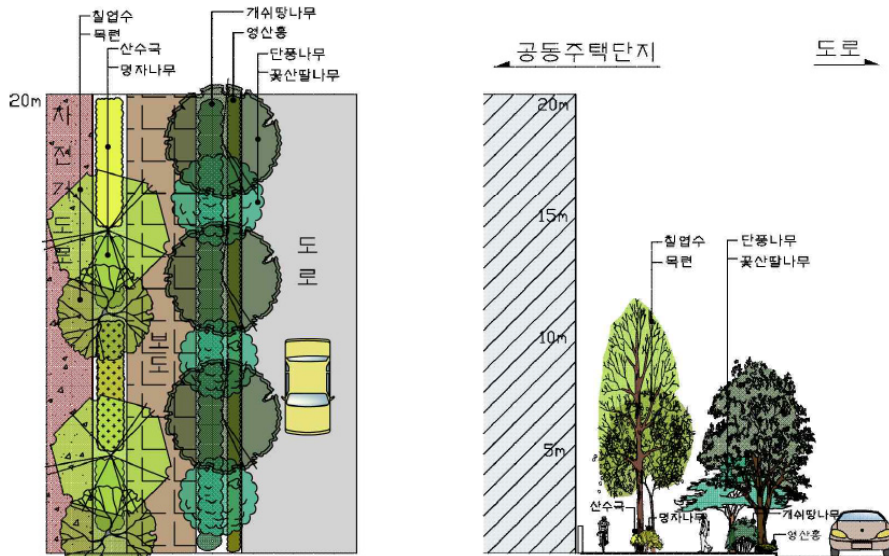
- 도로 또는 미세먼지 유발 시설과 인접한 단지 외곽은 완충녹지를 조성하여 외부로부터 고농도의 미세먼지 유입을 최소화하고, 단지 내부에 위치한 주도로와 부도로 경계면에도 녹지대를 조성하여 분진 이동을 최소화한다.
- 택지 내 주도로변 양쪽으로 2~3m폭의 녹지대를 조성하고, 차량과 주민이 혼용하는 부도로 및 보행도로는 1~2m의 녹지대를 도로 양쪽에 조성하여 미세먼지 유입을 저감하도록 권장한다. **제안**
 - 도로* 및 주차장의 경계선으로부터 공동주택의 외벽 간에 2m이상의 조경 공간을 마련하는 것을 권장한다¹⁾.
 - * 공동주택의 1층이 필로티 구조인 경우 필로티에 설치하는 도로 등 일부 도로 여건에 따라 조경 면적을 조정할 수 있다.
 - 도로변 그린버퍼존을 조성할 경우에는 스카이로켓향나무, 서양측백나무 등 상록침엽수를 우선적으로 식재한다. **제안 모니터링**

[모니터링 결과]

- ▶ 도로변과 도로변 옆 측백나무 식재지의 미세먼지 농도를 비교한 결과, 1m 높이에서는 최대 11.4~20%의 PM10 저감효과, 1.5m에서는 3.6~28.6%의 저감효과를 가짐
- 미세먼지 흡착 효과가 높은 식종으로 식재밀도를 높게 완충녹지를 조성해야 하며, '교목-관목-초본'의 형태로 다층식재하여 외부 오염물질의 유입을 최소화한다.

■ 관련기술

- 그린버퍼존(완충녹지대 및 가로수 공간) 조성



<주거지역 가로수 기능 향상을 위한 조성 예시⁵⁾>



■ 적용사례



〈미사 지역 아파트 단지 앞 완충지⁶⁾〉



〈마곡 도로변 완충 녹지대 조성⁶⁾〉

■ 연계기법

- [미-G2]미세먼지 저감 수종 식재
- [미-G4]단지 내 미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재 방식 도입

- 1) 국토교통부, 2018, 주택건설기준 등에 관한 규정(대통령령 제29459호) 제10조
- 2) 허의염, 김진오, 2017, 미세먼지 저감을 위한 식재기법 및 도시 녹지계획 방향:중국 베이징시 사례를 중심으로, 한국조경학회지, 45(6), 40-49
- 3) 최호순, 박성준, 2017, 대학캠퍼스 주변 환경개선을 위한 가로환경디자인 제안, Archives of Design Research, 30(2), 139-151
- 4) 환경부, 2003, 환경친화적 완충녹지 기준설정 및 조성기법 개발
- 5) 산림청, 2014, 도시숲의 유형별 조성·관리 매뉴얼
- 6) 연구진 현장조사 사진



2.2 에너지

1) 기본방향 및 원칙

(미-E1 건물의 태양열 유입량 조절) 계절에 따라 건물에 유입되는 태양열을 조절하여 건물의 전력에너지 사용량을 절감한다.

- 창호비율을 외벽면적 대비 40% 이내를 권장하고, 창면적비율을 초과하는 경우에는 초과부위에 동일한 에너지효율을 유지할 수 있는 외부 차양시설을 설치한다¹⁾²⁾.
- 차양시설은 기상조건 변화로부터 안정적으로 운영될 수 있도록 외부 환경에 대응할 수 있는 종합 센서와 제어 시스템을 연계하여 운영한다.

(미-E2 고효율 건축 자재 및 설비 설치) 환경성능이 인증된 에너지 저감형 건축자재를 사용한다.

- 단지 내 사용되는 건축자재 및 설비는 환경표지 등 제품의 환경성능이 인증된 제품을 사용할 것을 권장한다.
- 외벽을 제외한 벽체, 천장, 바닥에 환경성능에 대해 인증 받은 건축 자재를 전세대에 적용하고, 유효자원 재활용을 위한 친환경 제품 9종 이상을 사용하도록 한다³⁾.
- 주거생활로 인해 발생하는 미세먼지를 최소화할 수 있도록 에너지 효율이 높고 질소산화물을 적게 배출하는 가정용 저녹스 보일러를 설치한다.

(미-E3 건물의 열에너지 유입 및 방출 조절) 단열 및 기밀 설비를 통해 건물의 열손실을 최소화한다.

- 외기에 직접 면하는 세대현관문과 거실내의 방화문은 기밀성능이 높은 제품을 우선적으로 사용한다.
- 공동주택의 외기에 접하는 주동의 출입구와 각 세대의 현관은 방풍구조로 하여 기밀성을 확보한다.
- 친환경주택의 벽체, 창의 단열성능 기준에 맞는 제품을 사용한다.

(미-E4 단지의 지형적 특성을 고려한 신재생에너지 사용) 주거환경에 소요되는 에너지를 단지 환경에 적합한 신재생에너지원으로 확보한다.

- 단지 규모 및 건축물 구분에 따라 서울시 「건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준」 및 「서울시 녹색건축물 설계기준」에 기반하여 신재생에너지 설치비율을 설정한다.
- 남향의 아파트에는 베란다 태양광 발전시설을 의무 적용하여 태양광 시설로 인한 신재생에너지 생산량을 증대한다.

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)

2) 국토교통부, 2012, 건축물 에너지절약을 위한 창호설계 가이드라인

3) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인



(미-E5 아파트 내·외부 공기질 관리 시스템 도입) 단지 내 공기질 관리 시스템을 자동화하여 적은 에너지로 실내 공기질을 관리한다.

- 연평균 미세먼지 고농도 지역에 위치한 주거지역은 아파트 세대 내부와 주차장에 미세먼지 자동관리시스템을 적용하여 실내 미세먼지 농도를 효과적으로 관리한다.

〈미세먼지 대응 에너지 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
미-E1	건물의 태양열 유입량 조절	계절에 따라 건물에 유입되는 태양열을 조절할 수 있도록 차양 시스템을 설치하여 자연에너지를 활용한 에너지 절감	• 외부차양시설(가변형, 고정형)
미-E2	고효율 건축 자재 및 설비 설치	아파트를 포함한 단지 내 건축물에서 소요되는 에너지량을 최소화할 수 있는 고효율 설비 설치	• 고효율 친환경 자재 • 저녹스보일러
미-E3	건물의 열에너지 유입 및 방출 조절	건물의 열손실을 최소화할 수 있도록 단열 및 기밀 설비 마련	• 열손실을 방지할 수 있는 단열 및 기밀 설비
미-E4	단지의 지형적 특성을 고려한 신재생에너지 사용	조성 단지의 지형적 특성에 적합한 신재생에너지원을 확보	• 지열히트펌프 • 소규모 풍력 발전 • 베란다 태양광 패널
미-E5	아파트 내·외부 공기질 관리 시스템 도입	아파트 내부, 주차장 등 단지 내 시설물에 미세먼지 자동관리시스템을 도입하여 고농도 초미세먼지 처리	• 클린에어 시스템 • 창문 스마트 환기 청정기 • 스마트 공기질 시스템



2) 계획기법

[미-E1] 건물의 태양열 유입량 조절

■ 개념

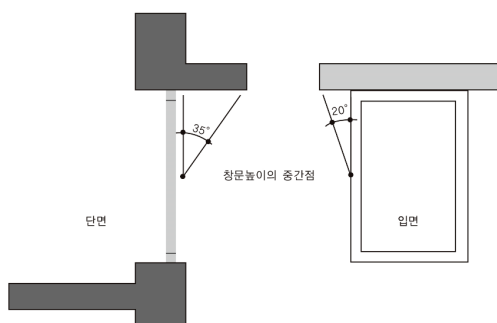
- 계절에 따라 건물에 유입되는 태양열을 조절할 수 있도록 차양시스템을 설치하여 자연에너지를 활용한 에너지 절감

■ 적용방법

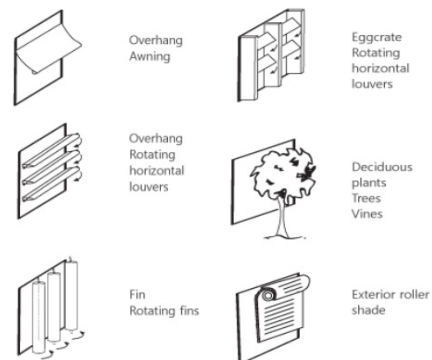
- 겨울철 일사의 유입을 최대화하고, 여름철에는 직달 일사를 차단하여 냉난방 에너지를 절감한다.
- 주민이용시설 등 단지내 저층 건물에는 차양시설을 설치하고, 기상조건 변화로부터 안정적으로 운영될 수 있도록 외부 환경에 대응할 수 있는 종합센서와 제어시스템을 연계하여 운영할 수 있다.
 - 예를 들어, 자동 태양광 추적센서를 이용하여 태양광의 궤적에 따라 건물 실내에 들어오는 직사광을 차단할 수 있도록 가변형 차양시설의 각도를 조절할 수 있다.
- 창호비율을 벽면적 대비 40% 이내로 권장한다.
 - 남향의 창면적비는 40%가 적합하며, 동·서향은 40% 이내로 계획하나, 북향은 창면적비 증가에 따른 에너지 소비량 증가가 크지 않아 겨울철 열손실에 비해 일사획득이 더 많아져 전체적인 에너지 소비량이 감소할 수 있으므로 북향에 고단열 창호를 사용하는 경우에는 창면적비에 제한을 두지 않는다¹⁾.
 - 창면적비를 50% 이하로 계획하되, 창 면적비율을 초과하는 경우에는 초과부위에 동일한 에너지 효율을 유지할 수 있는 외부 차양시설을 설치한다²⁾.
 - 건축물 벽면에 설치한 거치형, 창호형 태양광 면적은 벽면으로 인정한다.
- 시뮬레이션을 통해 열손실량 대비 태양에너지 획득량을 비교하여 에너지 획득량이 크도록 창호를 설계하고, 비바람에 안정적인 레일방식의 외부 블라인드와 종합 제어 시스템을 설계에 반영할 수 있다.

■ 관련기술

- 고정형 차양시설
- 가변형 차양시설



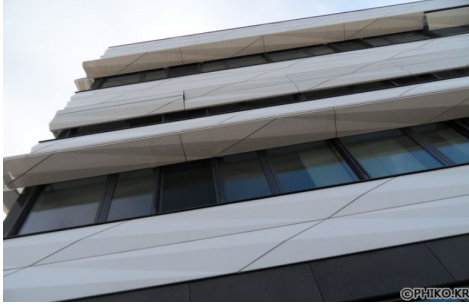
<국내 남향 창 눈썹처마(고정형) 최적안⁴⁾>



<가변형 차양장치 종류⁴⁾>



■ 적용사례



〈외부 차양시설(독일 반슈타트)⁵⁾〉



〈눈썹처마⁵⁾〉



〈종합센서와 연계한 제로에너지주택 실증단지 외부블라인드 적용 사례⁶⁾〉

■ 연계기법

- [열-L4] 태양에너지 활용을 극대화 할 수 있는 공간 구축
- [미-E4] 단지의 지형적 특성을 고려한 신재생에너지 사용

- 1) 국토교통부, 2012, 건축물 에너지절약을 위한 창호설계 가이드라인
- 2) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 3) 차기욱 외 3, 2017, 가변형 차양장치 적용에 따른 하절기 냉방부하 적마 및 빛환경 개선효과 분석, J. Korean Soc. Living Environ. Sys. 24(6), 810-823
- 4) AIRED
<http://www.aired.kr/Contents/ContentsView.aspx?mc=WEB020&CntsIdx=339&CtrgIdx=0>
- 5) 전원주택라이프, 2018.6.20., 패시브, 제로에너지 하우스: 차양의 효과적 설치 방법
- 6) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인
- 7) 국토연구원, 2011, 녹색도시·건축 활성화 방안 연구



[미-E2] 고효율 건축 자재 및 설비 설치

■ 개념

- 아파트를 포함한 단지 내 건축물에서 소요되는 에너지량을 최소화할 수 있는 고효율 설비 설치

■ 적용방법

- 에너지 효율이 높은 건축 자재 및 설비를 활용하고 효율성과 더불어 경제성, 공급안정성, 친환경성 등을 종합 검토하여 다양한 설비를 조합한 최적안을 계획한다.
 - 건설자재에 의한 환경부하를 절감하기 위하여 녹색인증제도에서는 자재의 환경영향을 규명한 환경성선언 제품, 자재의 탄소배출량을 저감하는 저탄소 자재, 자원의 재활용을 통해 환경영향을 저감하는 자원순환 자재, 자재에서 배출되는 유해물질을 저감하는 유해물질 저감 자재를 사용하도록 권장한다.
 - 설비는 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」 제7조에 준하여 고효율에너지기자재로 인증 받은 제품 또는 KS 규격에서 정해진 기준 효율 이상의 제품 사용을 우선적으로 고려한다.
 - LED 조명 사용계획을 수립한다⁴⁾.
 - 벽체(외벽 제외), 천장, 바닥에 각종 유해물질 저함유 자재를 전 세대에 적용한다¹⁾.
 - 주거생활로 인해 발생하는 미세먼지를 최소화할 수 있도록 에너지 효율이 높고 질소산화물을 적게 배출하는 가정용 저녹스 보일러를 설치한다.
- 신축 건축물은 「건축물의 에너지절약 설계기준」에 따른 건물에너지관리시스템(BEMS)을 도입하여 월별 에너지소비량과 에너지 생산량을 관리할 수 있다⁴⁾.
 - 전력 사용량, 난방, 조명 등 분야별 에너지 사용량과 사용금액 정보를 거주자가 다양한 유형으로 확인 및 조회할 수 있는 시스템을 설치하는 것을 권장한다²⁾.

■ 관련기술

- 친환경 건설자재(환경표지 인증 제품 및 재활용제품 품질인증 상품)⁵⁾
- 저녹스보일러 [기술 설명서](#) [상위기술](#)
- 고효율에너지기자재⁶⁾

분야	고효율에너지기자재 품목
조명설비	등기구, LED 램프, LED 유도등, 문자간판용 LED 모듈
단열설비	고기밀성 단열문, 냉방용 창유리필름
전력설비	무정전전원장치, 인버터, 펌프, 원심식 송풍기, 전력저장장치(ESS), 전기자동차 충전장치
보일러 및 냉난방설비	산업 건물용 가스보일러, 원심식 스크류 냉동기, 작화흡수식 냉온수기, 향온흡습기, 가스히트펌프, 가스진공온수보일러, 중온수 흡수식 냉동기



■ 적용사례(친환경 건설자재)⁵⁾



〈환경표지〉



〈GR마크〉



〈친환경 벽지/장판지〉



〈친환경 목재가구〉



〈친환경 방수제/접착제〉

■ 연계기법

- [미-E3]건물의 열에너지 유입 및 방출 조절

- 1) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인
- 2) 국토교통부, 2017, 에너지절약형 친환경주택의 건설기준(제2018-747호)
- 3) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인
- 4) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 5) KEITI 친환경건설자재 정보
시스템 <http://gmc.greenproduct.go.kr/mtrilList.do?mg=10000&mn=11000>
- 6) 한국에너지공단 고효율에너지기자재
http://www.kemco.or.kr/web/kem_home_new/ener_efficiency/machine_02.asp



[미-E3] 건물의 열에너지 유입 및 방출 조절

■ 개념

- 건물의 열손실을 최소화할 수 있도록 단열 및 기밀 설비 마련

■ 적용방법

- 단지 내 모든 건물의 단열 설비를 개선 및 내후화(weatherization)하여 에너지 사용을 최소화한다.
- 거실내의 방화문과 외기에 직접 면하는 세대현관문에 친환경주택 벽체, 창의 단열성능 기준에 맞는 기밀성능이 높은 제품을 사용하는 등 자연형(passive) 시스템을 적용하여 건물의 기밀성능을 확보한다¹⁾.(「건축물의 에너지절약 설계기준」 제6조 및 제7조 준수)
- 공동주택의 외기에 접하는 주동의 출입구와 각 세대의 현관은 방풍구조로 계획한다.
- 친환경주택의 벽체, 창의 단열성능 기준에 맞는 제품을 사용한다.
 - 창호는 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 제7조에서 제시하는 기밀성능 지표를 기준으로 하되, 제로에너지주택에서 요구하는 통기량 기준을 만족하는 창문 및 문으로 적용할 것을 권장한다.

■ 관련기술

- 열손실을 방지할 수 있는 단열 및 기밀 설비

〈건축물 단열재별 특징²⁾〉

	열전도율 (W/mK)	투습계수 (ng/m ² ·s·Pa)	압축강도 (N/cm ²)	특징
글라스울	0.034	-	-	• 흡습, 흡수에 의한 단열성능 저하 큼 • 습식마감 불가능
비드법 보온판 1호	0.036	146 (두께 25mm당)	16	• 흡습, 흡수에 의한 단열성능 저하 큼 • 콘크리트 타설부착 가능하나 부착강도 미흡하여 도장, 드라이비트 등 가벼운 마감재 적용 • 현장절단 간편
압출법 보온판 특호	0.027	146 (두께 25mm당)	25	• 흡습, 흡수에 의한 단열성능 저하 적음 • 가볍고 취급 용이 • 현장절단 간편
경질 폴리우레탄보 온판	0.024	146 (두께 25mm당)	30	• 흡습, 흡수에 의한 단열성능 저하 큼 • 건식부착으로 열교발생 및 정밀한 시공이 어려움
탄산칼슘계 단열재	0.036	31	18	• 흡습, 흡수성능 낮음 • 타설부착, 현장절단 가능
발포유리 단열재	0.042	-	60	• 거의 0에 가까운 흡수율, 투습계수로 내수성이 우수 • 무기질이므로 박테리아, 쥐, 개미의 먹잇감이 되지 않음



■ 적용사례

〈노원구 제로에너지주택 실증단지 단열재 선정계획²⁾〉

	종류	열전도율 (W/mK)	투습계수 (ng/m ² ·s·Pa)	압축강도 (N/cm ²)	적용 특징
외벽	탄산칼슘계 복합단열재	0.036	31 (두께25mm당)	26	해당 단지는 드라이빗과 벽돌타일 마감재를 고려하여 스빅부착이 가능하고, 준불연 성능을 가진 탄산칼슘계 복합단열재 적용
기초	압출법 보온판 1호	0.027	146 (두께25mm당)	25	해당 단지는 일반적으로 사용하는 압출법 보온판을 사용하였으나
지붕	압출법 보온판 1호	0.027	146 (두께25mm당)	25	경제성을 검토하여 물리적 성능이 더 우수한 단열재를 적용하는 것이 바람직함
합벽	글라스울	0.034	-	-	해당 단지는 장수명 주택으로 설계하기 위해 세대간 벽을 경량벽체로 설계하였으며 벽체 내 글라스울을 충전하여 방음, 단열, 방화성능을 확보함

■ 연계기법

- [미-E2]고효율 건축 자재 및 설비 설치
- [열-E3]외부의 극한 열환경 차단

- 1) 국토교통부, 2017, 건축물의 에너지절약 설계기준(제2017-71호)
- 2) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인
- 3) 국토교통부, 2017, 에너지절약형 친환경주택의 건설기준(제2018-747호)
- 4) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 5) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인, p.28



[미-E4] 단지의 지형적 특성을 고려한 신재생에너지 사용

■ 개념

- 조성 단지의 지형적 특성에 적합한 신재생에너지원을 확보

■ 적용방법

- 단지에서 소요되는 에너지의 일부를 신재생에너지원으로 공급할 수 있도록 설비계획 초기단계에서부터 지형적 특성을 고려하여 에너지 공급시스템 최적안을 계획한다.
 - 남향의 아파트에는 베란다 태양광 발전시설을 의무 적용하여 태양광 시설로 인한 신재생에너지 생산량을 증대한다. **제안**
- 단지 규모 및 건축물 구분에 따라 서울시 「건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준」 및 「서울시 녹색건축물 설계기준」에 기반하여 신재생에너지 설치비율을 설정한다.
 - 2019년 기준, 서울시 환경영향평가 대상 건축물은 에너지 사용량의 16%이상을 신·재생에너지로 공급해야하며¹⁾, 서울시 녹색건축물 설계기준 대상 건축물의 신·재생에너지 설치비율은 민간 주거용 건축물의 경우 6%²⁾로 연도별 설치비율 및 건축물 구분에 따라 신재생에너지 설치비율이 상이할 수 있다.
- 바람길을 고려하여 공동주택 단지 및 주택 옥상부 공간에 수직형 풍력발전시스템을 설치하여 친환경 에너지를 생산할 수 있다.
 - 빌딩풍이 부는 곳이나 빌딩 모서리, 옥상에 설치할 경우 효율이 증대될 수 있다.
 - 소음이 적어 가로등 형태로 태양광 패널과 함께 소형 풍력 발전이 가능하다.

■ 관련기술

- 지열히트펌프
- 소규모 풍력 발전
- 베란다 태양광 패널

■ 적용사례



〈주거용 건축물 지열 히트펌프⁸⁾〉



〈베란다 태양광 패널 설치 사례⁹⁾〉



〈LH 수직형 소형 풍력발전 시범사업¹⁰⁾〉



〈인천 아파트 단지 내 소형 풍력발전기 설치¹¹⁾〉

■ 연계기법

- [미-L1]미세먼지를 고려한 바람길 조성
- [미-E1] 건물의 태양열 유입량 조절

- 1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 2) 서울시, 2017, 서울시 녹색건축물 설계기준
- 3) 국토교통부, 2016, 공동주택의 제로에너지 설계 가이드라인
- 4) 국토교통부, 2017, 에너지절약형 친환경주택의 건설기준(제2018-747호)
- 5) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인
- 6) 국토연구원, 2016, 도시의 미기후 관리방향
- 7) 국토교통부, 2015, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시군 계획수립 지침(제1126호)
- 8) 한국건설기술연구원, 2016, 녹색건축 인증기준 해설서(신축 주거용 건축물 v1.2)
- 9) 연구진 현장조사 사진
- 10) 한국경제, 2013.6.19, LH 제주 임대단지에 소형 풍력
- 11) 한국에너지, 2009, 도시형 소형풍력 '탄소제로'아파트에 안성맞춤



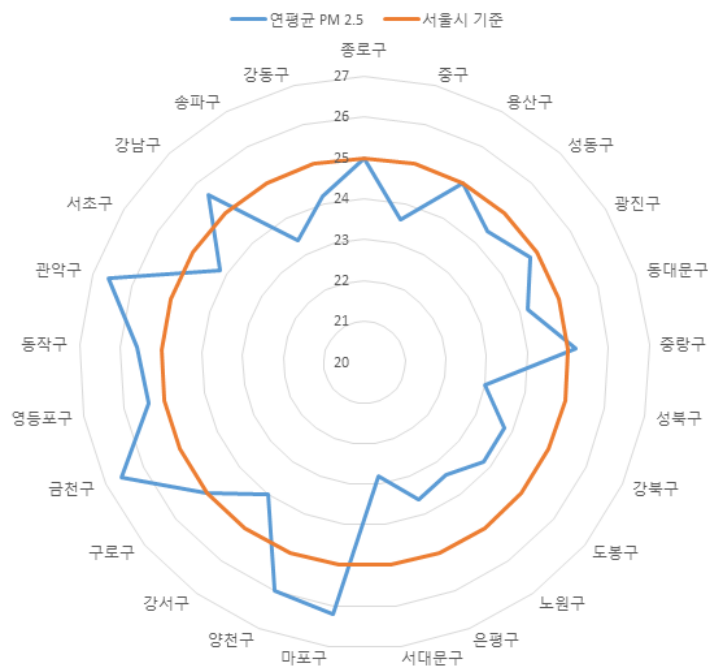
[미-E5] 아파트 내·외부 공기질 관리 시스템 도입

■ 개념

- 아파트 내부, 주차장 등 단지 내 시설물에 미세먼지 자동관리시스템을 도입하여 고농도 초미세먼지 처리

■ 적용방법

서울시 자치구별 초미세먼지 농도(2013-2017년)



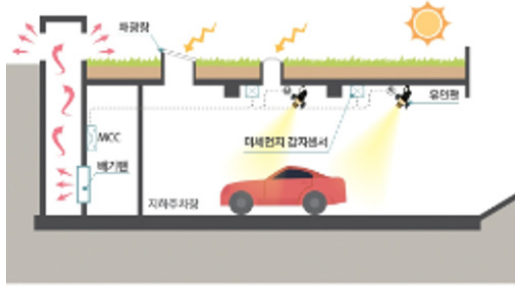
- 연평균 초미세먼지 고농도 지역에 위치한 주거지역(관악구, 금천구, 양천구, 마포구 등 상단의 통계 결과 참조)은 세대 내부 및 주차장 공기질 자동관리시스템을 적용하여 실내 미세먼지 농도를 효과적으로 관리한다. **제안**
 - 클린에어 시스템은 70~80m 반경마다 미세먼지를 감지하는 센서를 설치하여 미세먼지 농도가 기준 이상시 팬을 자동으로 가동하여 자동차 매연 및 미세먼지 제거하는 기술로 아파트 지하주차장에 적용할 수 있다.
 - 스마트 공기질 관리시스템 또한 각 세대에 먼지센서를 설치하여 먼지, 온·습도, 이산화탄소 등 실내 공기질 데이터를 수집하고 오염정도에 따라 자동 환기되는 시스템으로 세대 내부 월패드와 모바일을 통해 환기시스템을 제어할 수 있다.
- 창문 설치형 스마트 환기청정기는 실시간 정보를 분석해 스스로 작동하는 IoT 전용 필터로 약 95%의 미세먼지 차단율을 갖는 미세먼지 필터를 활용하여 실내 공기질을 관리할 수 있다.

■ 관련기술

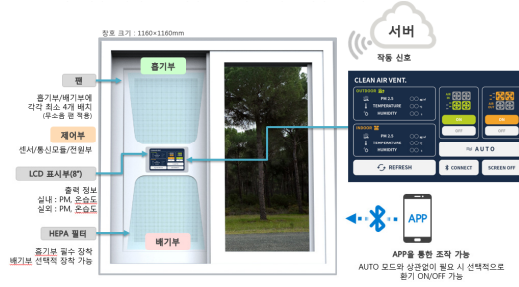
- 창문 설치형 스마트 환기청정기
- 클린에어 시스템/스마트 공기질 관리 시스템 **기술 설명서** **상위기술**



■ 적용사례



<클린에어 시스템²⁾>



<창문 스마트 환기청정기³⁾>

■ 연계기법

- [미-L2]미세먼지 배출원과의 안전거리를 고려한 시설 배치
- [미-T4]미세먼지 실내유입 최소화

- 1) 김하수, 2016.2.25., 똑같은 평면, 허물고 새 공간을 열었다, 이코노미리뷰
- 2) 이미연, 2017.8.3., 대우건설, 미세먼지 차단기술 5ZCS 개발, 매일경제
- 3) 공존연구소, 2018, 도시 미세먼지 저감 솔루션 디바이스/시스템, '미세먼지에 안전한 대구를 위한 그린인프라 확충 방안 세미나' 발표자료
- 4) 세계일보, 2018.5.18., 미세먼지 잡는 우리집 환기시스템 '웨이브' 출시 예정
- 5) 서울특별시 대기환경정보(http://cleanair.seoul.go.kr/air_pollution.htm?method=average#tab07) 활용 연구진 작성

미세먼지 관련 상위기술 1)저녹스보일러, 2)옥상녹화, 3)클린에어시스템, 4)집진/냉방 일체형 버스정류장, 5)벽면녹화, 6)단지 내 미세먼지 알람시스템



2.3 교통

1) 기본방향 및 원칙

(미-T1 미세먼지로부터 안전한 보행환경 조성) 미세먼지 고농도 발령시에도 주민들의 안전한 이동환경을 조성한다.

- 단지 내 주보행로와 부보행로의 교차지점 또는 주민들이 밀집되는 야외 공간에 미세먼지 대응시설을 설치하여 주민들의 보행 쾌적성을 개선한다.
- 미세먼지알람시스템을 활용하여 주민들에게 고농도 미세먼지 발생상황을 공지한다.

(미-T2 주민의 친환경 이동수단 지원) 전기차, 대중교통 등 친환경 이동수단이 활성화될 수 있도록 단지 내 지원시설을 설치한다.

- 주차단위구획의 5% 이상을 환경친화적 차량을 위한 주차면으로 확보한다¹⁾.
- 친환경 자동차의 주차단위구획을 100으로 나눈 수 이상의 충전시설을 설치하는 등의 환경친화적 차량 도입계획을 수립한다¹⁾.
- 단지내 자전거 전용도로 및 자전거 주차장을 의무적으로 조성하고, 필로티를 설치하는 경우를 제외한 모든 자전거 주차장은 지붕시설을 반드시 설치하며 지붕 녹화를 연계추진한다.

(미-T3 미세먼지 저감형 도로 조성) 도로변 미세먼지 제거기술을 단지 내·외 주도로에 적용한다.

- 회전교차로와 단지 출입구, 학교 앞 속도제한 구역은 미세먼지 저감형 도로 포장 자재를 우선적으로 활용하여 도로를 조성한다.

(미-T4 미세먼지 실내 유입 최소화) 주요 출입구에 외부 미세먼지 차단시설을 설치한다.

- 주요 출입구에 미세먼지 차단시설을 설치하여 의복 또는 신체에 붙어 있는 미세먼지를 제거하여 실내 공기질을 유지한다.

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)



〈 미세먼지 대응 교통 계획기법 및 조성기술 〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
미-T1	미세먼지로부터 안전한 보행·이동 환경 조성	단지 내 야외공간에서 미세먼지를 저감하는 시스템을 설치하여 주민들의 보행·이동환경 유지 및 건강 보호	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 내 미세먼지 알람 시스템 • 집진시설을 부착한 벤치 • Smog free tower
미-T2	주민의 친환경 이동수단 지원	전기차 등 주민들의 친환경 이동수단 사용을 독려할 수 있도록 단지 내 보조시설 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 전기차 충전소 • 전기차 전용 주차구역 • 자전거주차장 및 자전거도로
미-T3	미세먼지 저감형 도로 조성	단지 내 ·외 주도로에 미세먼지 저감형 도로포장재를 적용하여 단지 주변 미세먼지 발생 저감 기여	<ul style="list-style-type: none"> • 광촉매 도로 포장 • 광촉매 보도블록
미-T4	미세먼지 실내유입 최소화	주요 출입구에 외부에서 아파트 실내로 유입되는 먼지를 차단·제거할 수 있는 시설을 설치하여 실내의 쾌적한 거주환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 에어샤워룸 • 에어커튼



2) 계획기법

[미-T1] 미세먼지로부터 안전한 보행·이동 환경 조성

■ 개념

- 단지 내 야외공간에서 미세먼지를 제거하거나 알람서비스를 제공하는 시스템을 설치하여 주민들의 보행·이동환경 유지 및 건강 보호

■ 적용방법

- 단지 내 주보행로와 부보행로의 교차지점 또는 주민들이 밀집되는 야외 공간에 미세먼지 대응시설을 설치하여 주민들의 보행 쾌적성을 개선한다. **제안**
- 단지 내 주민 밀집빈도가 높은 공간에 집진기능을 갖춘 휴게벤치(파고라)를 설치하여 야외공간에서도 미세먼지를 직접적으로 제거하는 시설을 운영할 수 있다.
- 미세먼지 알람 시스템은 미세먼지 농도를 보행중인 주민에게 시각화하여 전달하는 알람시설로, 주민들의 미세먼지 노출에 따른 피해를 최소화할 수 있도록 단지 내 해당 시스템을 설치하여 주민들의 보행환경을 관리한다.

■ 관련기술

- 단지 내 미세먼지 알람 시스템 **기술 설명서** **상위기술**
- 집진시설을 부착한 휴게벤치 **기술 설명서** **상위기술**
- Smog free tower **기술 설명서**

■ 적용사례



〈광주 주민센터 앞 미세먼지 알람 시스템⁵⁾〉



〈반개폐형 파고라에 집진·냉방시설 설치(안)⁴⁾〉



〈경기도 개방형 청정 정류장³⁾〉

- 1) 서울시, 2017, 미세먼지 신호등 설치 결과 보고
- 2) 교육부, 2017, 고농도 미세먼지 대응 실무 매뉴얼
- 3) 머니투데이, 2016.9.21., 경기도 청정버스정류장 200곳 설치...도심지역 우선
- 4) Priyankar Bhunia, 2018.3.12., Smart Bus Stop being trailed in Singapore to improve commuter experience, OpenGov
- 5) 조시영, 2017.12.26., 광주 광산구, 미세먼지 신호등 설치 '눈길', 노컷뉴스

미세먼지 관련 상위기술 1)저녹스보일러, 2)옥상녹화, 3)클린에어시스템, 4)집진/냉방 일체형 버스정류장, 5)벽면녹화, 6)단지 내 미세먼지 알람시스템



[미-T2] 주민의 친환경 이동수단 지원

■ 개념

- 전기차 등 주민들의 친환경 이동수단 사용을 독려할 수 있도록 단지 내 보조시설 설치

■ 적용방법

- 주민이 미세먼지 저감 주체가 될 수 있도록 친환경 이동수단을 이용하기 용이한 단지환경을 조성한다.
- 주차단위구획의 5% 이상을 친환경 차량을 위한 주차공간으로 확보한다¹⁾.
- 주차단위구획을 100으로 나눈 수 이상의 충전시설을 설치하는 등의 환경친화적 차량 지원 계획을 수립한다¹⁾. (세부 기준은 「서울시 환경영향평가 기준」 참조)
- 지하철, 버스 등 대중교통시설과의 근접성을 고려하여 단지 및 보행 출입구를 계획한다.
- 친환경적 교통환경을 조성할 수 있도록 자전거 전용도로 및 주차장을 마련한다²⁾.
- 필로티에 자전거 주차장을 설치하는 경우를 제외한 모든 주차장은 눈, 비 등을 가릴 수 있는 지붕시설을 반드시 설치하고²⁾, 지붕시설에는 지붕녹화 기법을 연계 적용하여 단지내 미세먼지를 흡착·제거할 수 있다. **제안**
 - 자전거 주차장의 규모와 설치여건을 고려하여 자전거 지붕에 지붕녹화 기법을 연계 적용하는 것을 고려할 수 있다.

■ 관련기술

- 전기 충전소, 전기차 전용 주차구역, 급속 충전시설 등 친환경 차량 지원 시설
- 자전거 주차장 및 자전거도로(세부 기준은 「녹색건축 인증기준 해설서」 참조)

■ 적용사례



〈자전거 주차장 지붕녹화³⁾〉



〈전기차 충전소⁴⁾〉

■ 연계기법

- [미-T1]미세먼지로부터 안전한 보행·이동 환경 조성
- [열-T3] 주민의 친환경 이동수단 지원

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)

2) 한국건설기술연구원, 2016, 녹색건축 인증기준 해설서(신축 주거용 건축물 v1.2)

3) Pinterest, <https://www.pinterest.co.kr/pin/73887250112418625/>

4) 강진성, 2018.1.29., 전기차는 없지만 충전소는 뱅뱅한 진주, 경남일보



[미-T3] 미세먼지 저감형 도로 조성

■ 개념

- 단지 내 ·외 주도로에 미세먼지 저감형 도로포장재를 적용하여 단지 주변 미세먼지 발생 저감 기여

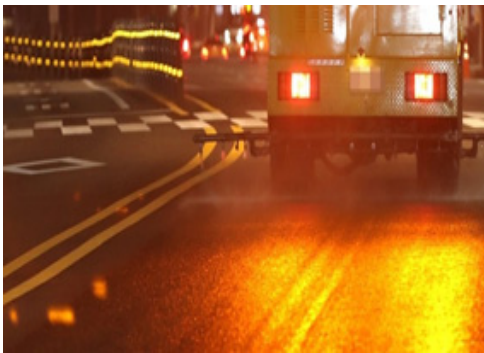
■ 적용방법

- 단지 내 회전교차로, 단지 차량 출입구, 학교 앞 속도제한구역 등 상대적으로 차량의 속도가 줄어드는 구간을 미세먼지 저감형 도로로 조성한다. **제안**
 - 이산화티탄(TiO₂)을 이용하여 빛과 반응하여 NOx를 저감하는 광촉매 도로 포장재 등 미세먼지 저감 효과를 갖는 도로 포장재를 적용한다.
 - 설치 사례가 적은 포장재의 경우, 설치여건 및 도로관리청 등 관계자 의견을 고려하여 단계적으로 적용할 수 있다.

■ 관련기술

- 광촉매 소재를 이용한 도로 코팅 또는 보도블럭 **기술 설명서**

■ 적용사례



〈서울 양재역 일대 광촉매 시범적용 사례¹⁾〉



〈일본 광촉매 보도블럭²⁾〉



〈벨기에 광촉매 보도블럭 조성 사례³⁾〉



1) 문화뉴스, 2018.6.28., 서울시, 강남대로 도로포장에 '광촉매' 활용... "미세먼지 저감 기대"
 2) 안상우 외 2, 2016, 건설환경공학분야에서 광촉매 활용, KIC News, 19(5)
 3) 한국건설기술연구원, 2015, 대기오염 저감을 위한 광촉매 콘크리트 제조 및 실용화



[미-T4] 미세먼지 실내 유입 최소화

■ 개념

- 외부에서 아파트 실내로 유입되는 먼지를 차단·제거할 수 있는 시설을 주요 출입구에 설치하여 실내의 쾌적한 거주환경 조성

■ 적용방법

- 주민들의 아파트 출입과정에서 내부로 미세먼지가 유입되지 않도록 차단하고 이를 포집하여 제거한다.
 - 아파트 동 출입구, 단지 내 영유아 등 취약 계층이 주로 이용하는 시설(어린이집, 경로당 등)의 출입구에 미세먼지 차단 시설을 설치한다. **제안**
 - 설치조건에 따라 유입된 외부공기 속 미세먼지를 필터로 처리하는 '에어샤워룸'을 출입구에 설치하거나, '에어커튼'을 부착하여 고속 공기로 의복 또는 신체에 붙어있는 미세먼지를 털어냄으로써 실내 미세먼지 유입을 최소화한다.

■ 관련기술

- 에어샤워룸 **기술 설명서**
- 에어커튼 **기술 설명서**



〈에어커튼²⁾〉



〈세대 출입구 에어 샤워룸 설치안³⁾〉

■ 적용사례



〈건물 출입구 에어커튼 설치²⁾〉



〈실험실 클린룸 에어샤워 적용 사례⁴⁾〉

■ 연계기법

- [미-L2] 미세먼지 배출원과의 안전거리를 고려한 시설 배치

1) 이정선, 2011.3.21., 에어샤워실까지..단지 시설의 진화, 한국경제
 2) 세기시스템 <http://www.segiair.co.kr/aircur-1.html>
 3) 뉴스핌, 2017.4.17., '미세먼지 잡는 아파트' 삼성래미안, 에어샤워룸·먼지측정기 선봬다
 4) INDI http://indigroup.kr/index.php?mid=sub5_05&order_type=desc&page=6&listStyle=webzine&document_srl=14748



2.4 물이용

1) 기본방향 및 원칙

(미-W1 미세먼지 관리 시스템 도입) 주민들의 이용빈도가 높은 장소에 물을 이용한 미세먼지 관리 시스템을 설치한다.

- 단지 내 공원, 녹지터널, 횡단보도 인근, 단지 출입구 등 유동인구가 많은 야외 공간에 10~20micron 이하의 미세 물 입자를 분사하여 비산먼지를 제거한다.
- 연평균 미세먼지 농도가 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상인 단지는 우선적으로 용수 공급 여부를 확인한 뒤 단지 출입구 또는 인근 주도로에 클린로드 시스템을 설치할 것을 권장한다¹⁾.
- 시스템 운영은 계절별 일정 지정시간에 운영하고 미세먼지 경보시에는 일 1회 추가 운영할 수 있다.

〈미세먼지 대응 에너지 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
미-W1	미세먼지 관리 시스템 도입	단지 내 녹지터널, 공원 입구 등에 물을 이용한 미세먼지 관리 시스템을 설치하여 공기 중에 부유하는 미세먼지 제거	<ul style="list-style-type: none"> • 쿨링포그 시스템 • 클린로드 시스템

1) 환경부, 2015, 수도권지역 클린로드 시스템 구축 가이드라인 및 관리방안 마련 연구용역 결과보고



2) 계획기법

[마-W1-①] 미세먼지 관리 시스템 도입

■ 개념

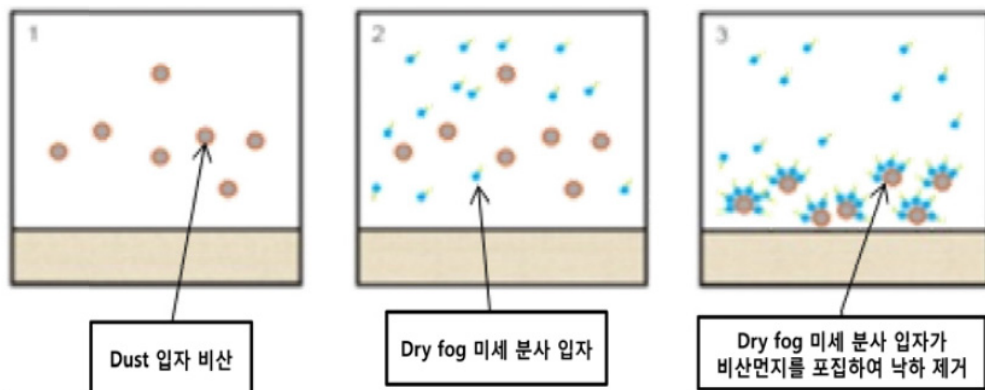
- 단지 내 녹지터널, 공원 입구 등에 미스트 시스템을 설치하여 공기 중에 부유하는 미세먼지 제거

■ 적용방법

- 단지 내 공원, 녹지터널, 횡단보도 인근, 단지 출입구 등 유동인구가 많은 야외 공간에 고압 펌프에 의해 압력이 가해진 상수도 물을 10~20micron 이하의 미세 물입자(Fog)로 분사하여 비산먼지를 포집 및 하강시켜 제거한다.
 - 사람의 의복이나 노출된 피부가 젖지 않으면서 부유하는 미세먼지를 포집하여 하강시키므로 도로 청소 또는 클린로드 시스템과 연계하여 포집된 미세먼지를 최종 처리한다.
- 물을 이용한 미세먼지 관리 시스템을 도입할 경우, 계절에 따른 시설 운영 및 유지 관리 전략을 수립해야 한다.
 - 미세먼지 농도가 심한 봄, 가을에 운영하여 미세먼지를 저감하고, 여름철에는 열환경 개선을 목적으로 운영이 용이한 장점이 있으나 겨울철에는 계절상 운영의 한계점이 있으므로 이를 고려한 유지 및 운영 관리 전략이 수립되어야 한다.

■ 관련기술

- 쿨링포그 시스템 [기술 설명서](#)



〈쿨링포그(Dry fog)의 비산먼지 포집원리³⁾〉



■ 적용사례



〈대구 국채보상공원 설치⁴⁾〉



〈서울 광화문 설치 사례⁴⁾〉



〈신규 건설 아파트 단지내 설치 추진⁵⁾〉

■ 연계기법

- [물-W4] 빗물이용시설 설치

- 1) 국가기후변화적응센터, 2016, 지자체 기후변화 적응선도사업 지원전략 및 관련사업 발굴
- 2) 대구시설관리공단, n.d., 도심공원 쿨링포그 시스템 설치 사례
- 3) 환경부, 2017, 비산먼지 관리 매뉴얼, p.109
- 4) 강남구, 2018, 쿨링포그 시스템 설치공사 계획
- 5) 김기환, 2017.4.17., 삼성물산 래미안 아파트 미세먼지 잡는다, 중앙일보



[미-W1-②] 미세먼지 관리 시스템 도입

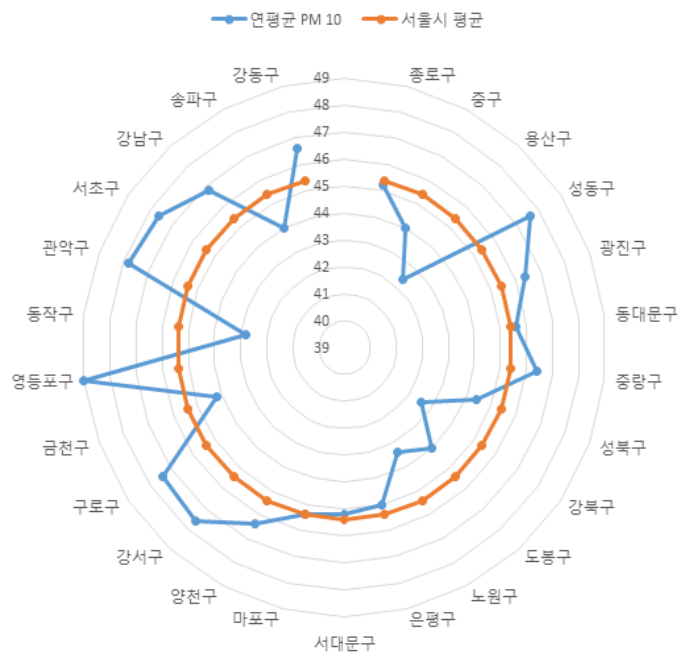
■ 개념

- 택지 출입구, 주요 도로 등 차량 통행량이 많은 장소에 먼지 제거 시설을 설치하여 미세먼지 제거 및 주민의 건강 취약성 제고

■ 적용방법

- 택지 내 주요 도로*에 클린로드 시스템을 설치하여 도로에서 비산되는 미세먼지를 효과적으로 제거한다.
 - * 통행량이 많은 4차로 이상의 도로이거나, 미끄럼 사고 방지를 고려한 30km/h미만의 집산 도로를 중심으로 설치 대상지 우선 검토
- 연평균 미세먼지 농도가 상대적으로 높은 지역은 용수 공급 조건에 따라 클린로드 시스템을 설치 및 운영할 것을 권장한다. **제안**

서울시 자치구별 미세먼지 농도(2013-2017년)

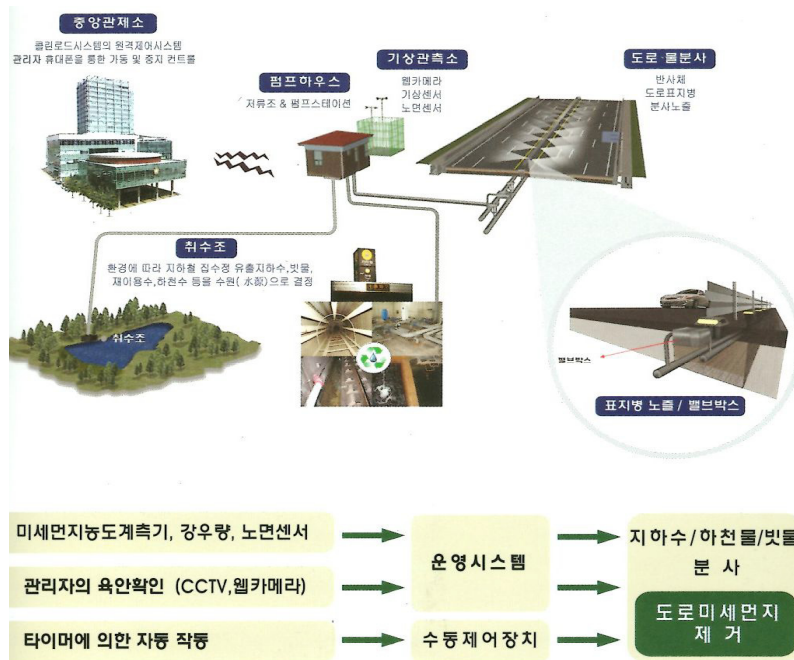


- 연평균 미세먼지 농도가 50μg/m³ 이상¹⁾인 단지는 우선적으로 용수 공급 여부를 확인한 뒤 단지 출입구 또는 인근 주도로에 클린로드 시스템을 설치할 것을 권장한다.
- 양방향 살수노즐을 도로 중앙 구조물에 부착하여 도로면의 미세먼지를 제거한다.
- 빗물저장소, 하천, 지하철 용출수 등 용수 공급* 용이성 및 도로관리청 의견 등을 고려하여 대상지가 클린로드 시스템 설치조건에 부합하는지 사전 확인한다.
 - * 대도시에서 운영한 클린로드 시스템 사례에서는 1km당 약 34톤의 용수 소요
- 겨울철에는 물을 이용한 시설이 갖고 있는 운영상의 한계점을 고려하여 운영계획을 마련할 필요가 있다.
- 계절별로 지정한 시간에 운전하고, 미세먼지 경보 시에는 일 1회 추가 운영할 수 있다.



■ 관련기술

• 클린로드 시스템 기술 설명서



〈클린로드 시스템 구성 체계¹⁾〉

■ 적용사례



〈안산시 단지 내 클린로드 설치사례³⁾〉



〈포항시 클린로드 설치사례¹⁾〉

■ 연계기법

- [물-W4] 빗물이용시설 설치
- [열-T2] 쾌적한 보행 환경 조성

1) 환경부, 2015, 수도권지역 클린로드 시스템 구축 가이드라인 및 관리방안 마련 연구용역 결과보고
 2) 서울특별시 대기환경정보(http://cleanair.seoul.go.kr/air_pollution.htm?method=average#tab07) 활용 연구진 작성
 3) 레인보우스케이프(주)
<http://www.rainbowscape.com/business04/case.php?mNum=&sNum=&boardid=resultboard1&mode=view&idx=790>



2.5 녹지

1) 기본방향 및 원칙

(미-G1 미세먼지 저감 수종 식재) 미세먼지 저감효과가 큰 수종을 우선적으로 식재한다.

- 지역의 자연조건에 적합한 토착수종을 기본으로 하되 미세먼지 저감종을 우선적으로 식재한다.
- 단지 내부에는 상록활엽수 중심으로 식재하고, 단지 외곽은 침엽수로 방풍림을 조성한다.

(미-G2 입체 녹화 활성화) 아파트 또는 시설물의 외부공간에 다양한 방식으로 입체녹화를 실시하여, 단지 내 식재면적을 확충한다.

- 조경의무면적을 확보하고 녹화로 인한 미세먼지 저감효과를 극대화할 수 있도록 건물 입체녹화를 활성화한다.
 - 면적 2,000m²이상인 대지에 건축물을 건축할 경우, 조경의무면적(대지면적의 15% 이상)을 확보한다¹⁾.
 - 너비 20m이상의 도로에 접하고 2,000m² 이상인 대지 안에 설치하는 조경은 조경의무 면적의 20%이상을 가로변에 연접하게 설치하여야 한다²⁾.
 - 옥상, 지붕, 지하주차장 상부 등 인공지반 형성면적에 대하여 인공지반 녹화를 적용한다³⁾.
- 입체녹화에 따른 구조물 영향(녹화 하중 등)과 설치 및 유지비용의 경제성을 고려하여 단지별 최적의 설치규모를 계획하고, 단지 내 빗물관리시스템과 연계하여 관수에 따른 유지관리비 저감 방안을 마련한다.

(미-G3 미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재방식 도입) 단지 내 미세먼지 제거 효과를 극대화할 수 있는 식재방식을 적용한다.

- 통행차량과 바람방향, 조성 공간의 크기를 고려하여 교목-아교목-관목-초본 형태로 다층식재한다.
- 식재 배치법은 바람방향과 도로방향, 조성공간의 크기에 따라 군락규모 및 배치법을 선정한다.
- 미세먼지 분산 현상을 최소화할 수 있도록 도로 인접 녹지는 오목형 화단으로 조성한다.

1) 서울시, 2017, 서울시 건축 조례(제7002호) 제4장
 2) 국토교통부, 2015, 조경기준(제2013-46호) 제2장
 3) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인



〈미세먼지 대응 토지이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
미-G1	미세먼지 저감 수종 식재	지역 환경에 적합한 토착수종을 활용하되 미세먼지 흡착효과가 큰 수종을 우선적으로 식재	• 미세먼지 저감 수종
미-G2	입체 녹화 활성화	아파트 또는 시설물의 외부공간에 다양한 방식으로 입체녹화를 실시하여, 단지 내 미세먼지 흡착 식재면적 확충	• 옥상녹화 • 벽면녹화 • The city tree
미-G3	미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재방식 도입	단지 내 미세먼지 제거효과를 극대화할 수 있는 다층식생구조 적용	• 오목형 화단 • 식재기법(복합 배치법/계단식 배치법)



2) 계획기법

[미-G1] 미세먼지 저감 수종 식재

■ 개념

- 지역 환경에 적합한 토착수종을 활용하되 미세먼지 흡착효과가 큰 수종을 우선적으로 식재

■ 적용방법

- 지역의 자연조건에 적합한 수종을 기본으로 하되 미세먼지 농도가 높은 지역에 단지를 조성할 경우 미세먼지 저감종을 우선적으로 식재한다.
 - 미세먼지 저감 효과가 큰 수종은 주로 잎의 구조(표면구조 등) 및 형태적 특성이 복잡하고, 단위 면적당 기공의 크기와 밀도가 높은 특징을 갖는다¹⁾.
- 단지 내부는 활엽수로 식재하고, 단지 외곽 도로변은 침엽수 중심으로 식재하여 미세먼지 저감효과를 극대화한다. **제안**
 - 미세먼지 흡착효과가 높은 수종으로 완충녹지는 '교목-관목-초본'의 형태로 식재하여 외부 오염 물질의 유입을 최소화한다.

■ 관련기술

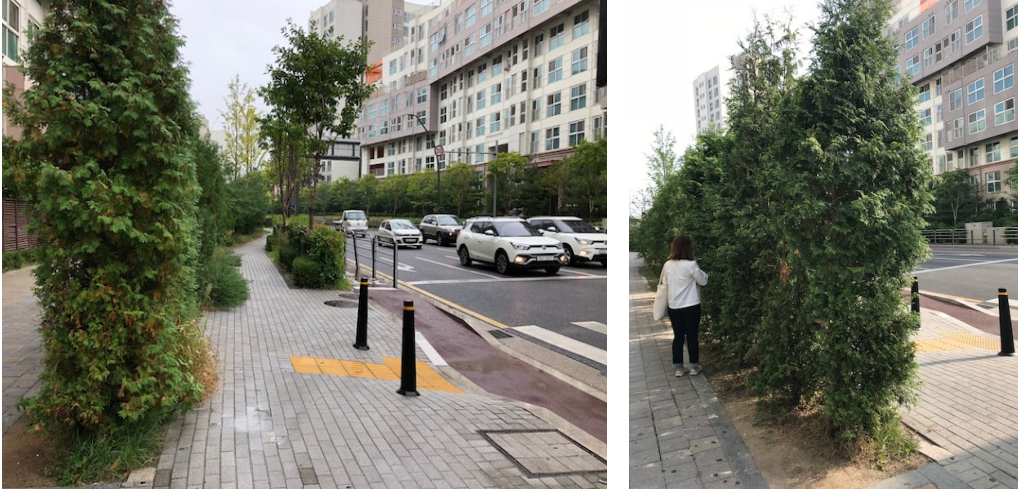
- 미세먼지 저감 수종¹⁾
 - 2018년 조달청 고시 조경수목, 산림청 권장 주요 조림수종 및 주요 지표면 피복수종 중 미세먼지 저감 효과가 우수한 것으로 검토된 수종만 선별*하여 제시함
 - * 산림청에서 제시한 미세먼지 저감 수종에서 산지수종이거나 중부지방 기후와 맞지 않는 구상나무, 자귀나무, 참나무, 두릅나무는 제외함

구분		미세먼지 저감효과 우수 수종
상록	교목	소나무*, 스트로브잣나무*, 곰솔(조형), 금송, 나한송, 독일가문비, 백송, 삼나무, 서양측백, 섬잣나무, 실편백, 잣나무, 전나무(젓나무), 주목, 측백나무, 카이즈카향나무(가이즈까향나무), 편백, 편백(황금), 향나무(동근향), 화백, 가문비나무, 리기테다소나무, 버지니아소나무, 분비나무, 비자나무
	관목	눈향나무, 옥향, 황금측백
교목	교목	느티나무*, 낙우송, 메타세쿼이아, 낙엽송, 밤나무
	관목	산철쭉*, 고광나무(3가지), 국수나무, 덜꿩나무, 만첩산철쭉(겹철쭉), 말발도리, 병꽃나무, 분꽃나무, 자귀나무
지표면 피복		눈주목*, 눈향나무

* 공동주택에 적용 용이한 조경수종



■ 적용사례



〈마곡 단지 앞 도로변 측백나무 식재 사례⁴⁾〉

■ 연계기법

- [미-L3] 그린버퍼존 조성
- [미-G2] 입체 녹화 활성화
- [미-G3] 미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재 방식 도입

- 1) 산림청, 2018.11.26., 미세먼지 저감효과 큰 나무 심어 도시민 숨통 틔운다
- 2) 박찬열, 2018, 도시숲 미세먼지 농도자료에 기반한 도시숲 조성 및 관리방안, 한중 도시숲과 미세먼지 대응 심포지엄 발표자료
- 3) 허의염, 김진오, 2017, 미세먼지 저감을 위한 식재기법 및 도시 녹지계획 방향: 중국 베이징시 사례를 중심으로, 한국조경학회지, 45(6), 40-49
- 4) 연구진 현장조사 사진



[미-G2] 입체 녹화 활성화

■ 개념

- 아파트 또는 시설물의 외부공간에 다양한 방식으로 입체녹화를 실시하여, 단지 내 미세먼지 흡착 식재면적 확충

■ 적용방법

- 단지 내의 녹화면적이 한정적이므로 보다 넓은 식재면적을 확보할 수 있도록 건물 지붕, 벽면 또는 구조물에 녹화하여 미세먼지 흡착량을 최대화한다.
- 미세먼지 저감효과를 높이기 위해 입체녹화 방식별로 녹화 가능한 미세먼지 저감 수종을 선별하여 우선 적용한다.
- 효과 극대화를 위해 입체녹화 면적을 최대화할 수 있도록 계획하되, 녹화에 따른 구조물 영향(녹화 하중 등)과 설치 및 유지비용의 경제성을 고려하여 단지별 최적의 설치규모를 사전에 산정한다.
 - 옥상녹화와 벽면녹화는 미세먼지 저감 효과와 더불어 열환경 개선 효과를 갖는 상위기술이므로 설치 구조물을 고려하여 조성을 최대화하고, 벽면녹화의 경우 1개소 당 2×4m² 규모로 조성할 것을 권장한다.
 - 별도 설치물에 수직녹화를 하는 형태인 ‘The City tree’는 소요 비용 및 적용 규모 적합성에 따라 택지의 랜드마크 형식으로 조성하는 것을 검토할 수 있다.
- 단지 내 빗물관리 시스템과 연계하여 관수에 따른 유지관리비 저감방안을 마련한다.

■ 관련기술

- 옥상녹화 [기술 설명서](#) [상위기술](#)
- 벽면녹화 [기술 설명서](#) [상위기술](#)
- The city tree(국내 생장 가능한 식종으로 적용 필요) [기술 설명서](#)

■ 적용사례



〈은평뉴타운 벽면녹화 설치⁴⁾〉



〈런던 city tree 조성⁵⁾〉

■ 연계기법

- [미-G1] 미세먼지 저감 수종 식재
- [열-L3] 녹지공간 확대 및 그린 네트워크 조성
- [열-G3] 입체녹화 활성화
- [열-W2] 우수관리 시설 및 공간 마련을 통한 열환경 개선

1) 서울시, 2013, 옥상녹화시스템 설계 및 설계도서 작성지침
 2) 최호순, 박성준, 2017, 대학캠퍼스 주변 환경개선을 위한 가로환경디자인 제안, Archives of Design Research, 30(2), 139-151
 3) 환경부, 2003, 환경친화적 완충녹지 기준설정 및 조성기법 개발
 4) 서울주택도시공사 내부자료
 5) Airquality News, 2018.3.19., CityTree pollution ‘moss filter’launched in Westminster
 미세먼지 관련 상위기술 1)저녹스보일러, 2)옥상녹화, 3)클린에어시스템, 4)집진/냉방 일체형 버스정류장, 5)벽면녹화, 6)단지 내 미세먼지 알람시스템



[미-G3] 미세먼지 이동을 최소화할 수 있는 식재 방식 도입

■ 개념

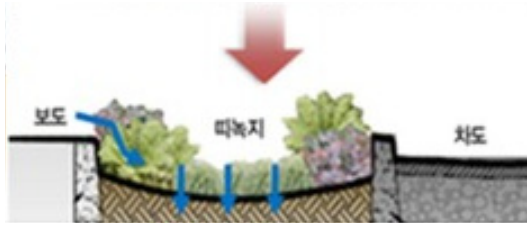
- 단지 내 미세먼지 제거효과를 극대화할 수 있는 다층식생구조 적용

■ 적용방법

- 주거지 진입도로 및 단지 내 도로에서 발생하는 미세먼지를 차단할 수 있는 식재 방식을 우선 적용한다.
 - 식재 배치법은 바람방향과 도로방향, 조성공간의 크기에 따라 군락규모 및 배치법을 선정한다. **제안**
 - 미세먼지 차단 효과가 큰 곰솔, 소나무, 스티나무 등을 우선적으로 선정한다. ([미-G1]에서 제시하는 미세먼지 저감 우수 수종 참고)
- 도심 주풍향이 택지 내 주도로와 수직이거나 큰 각도를 이룰 경우, 에어 트래핑 문제를 개선할 수 있도록 '복합 배치법'을 적용하는 것을 권장한다. **제안**
 - 복합 배치법은 키가 큰 교목을 분산식재하여 배경을 이루도록 하고, 앞쪽에는 중형관목을 군락 형태로 조합하는 식재 방식으로, 군락 단위로 조성하여 오염된 공기의 확산을 차단하고, 군락 사이에는 일정한 틈을 만들어 바람의 유입시 오염된 공기가 외부로 배출되도록 유도한다²⁾.
 - 차량 통행량과 녹화면적에 따라 군락규모를 계획한다.
 - 복합 배치법을 적용하여 가로수를 식재할 경우에는 수관의 형태가 뾰족하고 수목 지하고가 높은 교목을 선택하고, 하목으로는 시선을 가리지 않는 수고가 낮은 관목을 함께 식재함으로써 상단에 개방된 공간을 만들어 오염물질이 도로 길을 따라 쉽게 지역 밖으로 배출될 수 있도록 식재한다²⁾.
- 택지 내 주도로 방향이 도심 주풍향과 일치할 경우에는 오염된 공기가 바람을 따라 주택지역으로 확산되지 않도록 '계단식 배치법'을 이용한다. **제안**
 - 바람에 따른 미세먼지의 확산을 방지할 수 있도록 잎이 크고 수관이 뾰뾰하며, 증산률이 높은 활엽관목과 교목을 층층이 배치한다²⁾.
 - 도로의 폭이 클 경우에는 도로 양측에 녹지대를 조성하여 차도와 보도를 분리시키고, 교목은 자전 거도로와 보도 옆에, 관목은 운전자의 시선을 가리지 않는 높이로 미세먼지 발생지인 차도에 가깝게 식재한다²⁾.
- 미세먼지 분산현상을 최소화할 수 있도록 볼록형 화단에서 오목형 화단으로 변경한다. **제안**
 - 도로 중앙분리대, 화단 등 경계석은 오목형으로 제작 및 설치한다.
 - 높은 경계석 상으로부터 5cm 이하로 복토하고 토사유출이나 먼지의 비산을 방지할 수 있도록 초본(잔디)을 식재하여 표면 노출을 방지한다⁴⁾.

■ 관련기술

- 오목형 화단
- 복합배치법
- 계단식 배치법



〈오목형 화단¹⁾〉



〈복합배치법²⁾〉

■ 적용사례



〈독일 오목형 화단(식생대) 조성사례⁵⁾〉



〈복합배치 조성사례⁶⁾〉

■ 연계기법

- [미-G1] 미세먼지 저감 수종 식재
- [미-L1] 미세먼지를 고려한 바람길 조성

- 1) 이수빈, 2016, 도로변 오목형 화단 조성으로 미세먼지 잡는다, 토목신문
- 2) 허의염, 김진오, 2017, 미세먼지 저감을 위한 식재기법 및 도시 녹지계획 방향: 중국 베이징시 사례를 중심으로, 한국조경학회지, 45(6), 40-49
- 3) 황광일, 2016, 도로변 완충녹지의 식재구조에 따른 초미세먼지 농도 저감효과 연구: 서울 송파구 완충녹지를 대상으로, 서울시립대학교 석사학위논문
- 4) 환경부, 2017, 비산먼지 관리 매뉴얼
- 5) 서울시, 2012, 주택정비사업에서의 빗물관리 의무화 타당성 연구, p.68
- 6) 환경부, 2003, 환경친화적 완충녹지 기준설정 및 조성기법 개발



2.6 공사장 비산먼지 관리

1) 기본방향 및 원칙

(미-C1 공사 중 비산먼지 발생 최소화) 공사장 비산먼지 관리계획에 따라 공사 단계별 비산먼지 발생 억제 시설을 설치 및 운영한다.

- 장기간 공사를 진행하거나 연평균 미세먼지 고농도 지역일 경우에는 먼지 억제제를 살포하고 하고, 1.8m 이상의 방진벽 상단에 1.5m의 방진망을 추가 설치한다¹⁾²⁾.
- 공사장 내 건설기계의 70% 이상은 최근 대기오염물질 배출허용기준을 만족하는 친환경 건설기계로 사용한다³⁾.

(미-C2 공사장 인근 미세먼지 제거) 공사장 인근 지역에 미세먼지 제거 시설을 도입하여 공사기간동안 지역사회 미세먼지 저감에 기여한다.

- 연평균 미세먼지 고농도 지역에 위치한 공사장의 경우에는 공사장 인근 미세먼지를 직접적으로 제거할 수 있는 시설을 운영한다.

〈미세먼지 대응 공사장 비산먼지 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
미-C1	공사 중 비산먼지 발생 최소화	공사기간 동안 지속적으로 관리할 수 있는 비산먼지 관리계획을 수립하고, 공사 공정별 비산먼지 발생 억제	<ul style="list-style-type: none"> • 살수시설 • 자동세륜시설 • 스프링클러 등 • 분진흡입청소차 • CMA 기법 등 먼지 억제제
미-C2	공사장 인근 미세먼지 제거	공사장 인근 지역에 비산먼지를 포함한 미세먼지를 제거할 수 있는 조성기법을 적용하여 주변 지역사회의 미세먼지 저감에 기여	<ul style="list-style-type: none"> • 분진흡입형 차량 • 가설방음판넬 녹화 • CMA 기법 등 먼지 억제제 • 차량장착형 미세먼지 필터 시스템

1) Hafner et al., 2012, CMA+ Instruction Manual 1.1 for the reduction of fine-dust(PM) pollution through the application of a liquid "fine-dust glue"

2) 환경부, 2017, 비산먼지 관리 매뉴얼

3) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)



2) 계획기법

[미-C1] 공사 중 비산먼지 발생 최소화

■ 개념

- 공사기간 동안 지속적으로 관리할 수 있는 비산먼지 관리계획을 수립하고, 공사 단계별 비산먼지 발생 억제시설 설치

■ 적용방법

- 공사로 인해 발생하는 비산먼지를 최소화할 수 있도록 「비산먼지 관리 매뉴얼」, 「대기환경보전법 시행규칙」에 기반한 공사 공정별 비산먼지 발생 억제 계획을 수립한다.
- 공사장 내 대기오염정도를 상시 관리할 수 있도록 PM₁₀ 및 NO₂ 관련 측정 계획을 수립한다¹⁾.
- 공사장 경계에 높이 1.8m 이상의 방진벽을 설치하고, 공사지 경계면의 50m이내에 주거지역 및 학교가 있을 경우에는 3m 이상의 흡음형 방진벽을 설치한다²⁾.
- 장기간 공사를 진행하거나 대규모 공사(연면적 1,000m²) 또는 연평균 미세먼지 고농도 지역일 경우에는 공사장 내 도로에 먼지 억제제를 살포하고, 방진벽 상단에 1.5m의 방진망을 추가 설치한다.

제안

- 공사차량에 의해 비포장도로에서 포장도로로 먼지가 이동할 수 있으므로 타이어 세척시설 (wheel-washing facility)을 구비해야한다.
- 동절기(12월~2월말)에 살수장치 및 세륜시설을 가동하지 못할 경우에는 먼지 억제제와 분진흡입차를 활용하여 비산먼지가 흩날리지 않도록 한다.
- 개구율 40% 상당의 방진망을 사용하여 풍속 감소 효과를 극대화하도록 한다.

저감기술	풍속 저감률	저감기술	풍속 저감률
방풍림	30%	개구율 40%의 방진망 설치	80%
방풍벽/방풍펜스	75~80%	개구율(50%)의 3면 방진망 설치	90%

출처: Katestone(2011);Countess Environmental(2006);환경부(2012);Katestone(2012)

- 공사장 내 건설기계의 70% 이상은 최근 대기오염물질 배출허용기준을 만족하는 친환경 건설기계로 사용한다¹⁾.
 - 덤프트럭, 콘크리트펌프트럭(경유사용), 콘크리트믹서트럭 EURO5 이상, 지게차(건설기계), 굴삭기 Tier3 이상의 친환경 건설기계를 사용한다.
 - 매연 저감장치(DPF) 부착, 신형엔진교체 등 저공해 조치가 완료된 건설기계를 사용한다.
- 공사장에서 분사방식의 도장작업을 할 때는 날림을 최소화할 수 있도록 방진막을 설치해야 하고, 취약계층 생활시설 50m 이내에서 작업할 때는 반드시 붓이나 롤러 방식으로 작업한다⁴⁾.
 - 2019년부터 적용되는 대기환경보전법 시행령 및 시행규칙에서는 병원, 학교 등 취약계층이 생활하는 시설 50m 이내에서 시행되는 공사는 규모와 관계없이 해당 지자체 조례로 신고대상사업에 포함될 수 있다.
- 공사장 내 비산먼지가 발생하는 지점에 풍속기를 설치하여 평균초속 8m 이상의 바람이 불 경우 심거나 내리는 작업 및 야외연마 등 먼지발생 작업을 중지한다²⁾.



■ 관련기술

- 비산먼지 관리 매뉴얼 권고 기술(자동 세륜시설, 살수, 이동식 드라이 포그 등)
- 분진흡입차량 운행
- 공사장 내 차량도로에 CMA 등 먼지 억제제 도포 기술 설명서

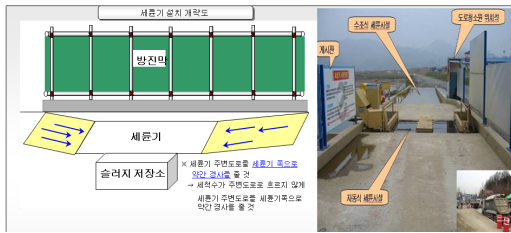
■ 적용사례



〈공사 작업 시 살수²⁾〉



〈이탈리아 공사장 CMA 도포 사례³⁾〉



〈자동식 세륜시설²⁾〉



〈방진망 추가 설치²⁾〉

■ 연계기법

- [미-C2] 공사장 인근 미세먼지 제거

- 1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 2) 환경부, 2017, 비산먼지 관리 매뉴얼
- 3) Hafner et al., 2012, CMA+ Instruction Manual 1.1 for the reduction of fine-dust(PM) pollution through the application of a liquid "fine-dust glue"
- 4) 환경부, 2018.9.13., 대기환경보전법 하위법령 입법예고... 날림먼지 관리 강화, <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=286&boardMasterId=1&boardCategoryId=39&boardId=909750> 대기환경보전법 시행규칙 제57조 개정안(보도자료)



[미-C2] 공사장 인근 미세먼지 제거

■ 개념

- 공사장 인근 비산먼지를 포함한 미세먼지를 제거할 수 있는 조성기법을 적용하여 주변 지역사회의 미세먼지 저감에 기여

■ 적용방법

- 연평균 미세먼지 고농도 지역에 위치한 공사장의 경우에는 공사장 인근 도로(공사장 경계로부터 최소 50m 이상²⁾)의 도로비산먼지를 직접적으로 제거할 수 있는 시설을 운영한다. **제안**
 - 도로재비산먼지 농도가 높은 기간(겨울철)이나 미세먼지 고농도 시기에는 도로노면상태에 따라 공사장 주 진입로 및 주변 외곽 도로에 비산먼지 억제제를 도포하거나 노면청소차량과 물청소를 시행한 후 공사장 주변 지역을 중심으로 분진흡입차량을 운영한다. **제안**
 - 공사장 여건에 따라 공사차량에 미세먼지 필터 시스템을 부착하여 공사차량 운행 중 주변 미세먼지를 저감하는 방안을 검토한다. **제안**
 - 가설형 방음벽을 활용하여 벽 재질에 따라 덩쿨식 녹화 또는 미세먼지 흡착 효과가 높은 수종으로 소규모 화단을 조성할 수 있다. **제안**

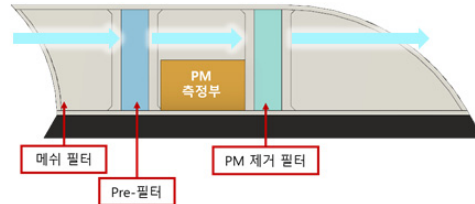
■ 관련기술

- 공사장 주 출입구 및 공사 부지 외곽 도로에 CMA 등 비산먼지 바인더 도포 **기술 설명서**
- 공사차량 대상 장착형 미세먼지 필터 시스템 적용
- 분진흡입차량 자체 운영
- 가설 방음 판넬 녹화

■ 적용사례



〈분진흡입차량³⁾〉



〈미세먼지 흡입기를 장착한 운송 차량⁴⁾〉



〈가설 방음 판넬 주변 녹화⁵⁾〉



〈CMA 도포¹⁾〉

■ 연계기법

- [미-W1-②] 미세먼지 관리 시스템 도입
- [미-C1] 공사 중 비산먼지 발생 최소화

- 1) Hafner et al., 2012, CMA+ Instruction Manual 1.1 for the reduction of fine-dust(PM) pollution through the application of a liquid "fine-dust glue"
- 2) 환경부, 2018.9.13., 대기환경보전법 하위법령 입법예고... 날림먼지 관리 강화, <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=286&boardMasterId=1&boardCategoryId=39&boardId=909750>, 대기환경보전법 시행규칙 제57조 개정안(보도자료)
- 3) 권예림, 2017.3.16., 서울시, 계절 상관없이 도로 미세먼지 빨아들인다, TBS
- 4) 공존연구소, 2018, 도시 미세먼지 저감 솔루션 디바이스/시스템, '미세먼지에 안전한 대구를 위한 그린인프라 확충 방안 세미나' 발표자료
- 5) Merits http://www.merits.co.kr/wall/php/content_21_m.php



03

물재난



3.1 토지이용

1) 기본방향 및 원칙

(물-L1 기존 자연지형 훼손 최소화) 자연지형을 최대한 유지하고 자연지반을 10% 이상 확보한다.

- 대규모 절성토와 자연경관 훼손 발생을 최소화하고, 자연지반이 10% 이상 되도록 한다.¹⁾
- 녹지, 하천, 지하수층 등 자연자원에 대한 정밀한 사전조사를 실시하고, 자연환경과 조화로운 계획을 수립한다.

(물-L2 우수 유출경로를 고려한 공간배치) 우수 유출경로나 노면수의 주요 유출 지점을 고려하여 공간배치를 계획한다.

- 하천, 소하천, 계곡 등 평상시 유출경로 뿐만 아니라 호우 시 우수의 유출경로나 저류지로서 기능할 수 있는 지역 등 자연적인 유출경로를 확인하고, 노면수의 주요 유출경로로 식별된 지점에 대해서는 완충공간을 조성하고 이격거리를 두고 건축물을 배치한다.
- 하천변 일정 공간은 이격하여 공원 등 오픈스페이스로 활용하고, 하천에 가까운 건축물은 필로티 구조, 차수판 설치 등을 통해 침수피해를 저감하도록 한다.

(물-L3 재해취약지역을 고려한 배치) 침수발생 가능성이 있는 위치 내에 건물설치를 제한한다.

- 홍수위보다 낮은 저지대에 대해 성토량을 고려한 토공계획을 수립한다.
- 교통시설(도로, 지하도로 등), 학교, 대피시설 등은 침수발생 위험이 높은 곳에 설치를 제한한다.
- 녹지, 광장 등은 주변지대보다 낮은 곳에 배치하고 완만한 경사를 갖도록 설계한다.

(물-L4 녹지공간 조성) 불투수면적을 최소화하기 위해 녹지공간을 확보한다.

- 유출수 최대 흡수를 위한 녹지비율을 강화하고, 우수유출 통제 및 홍수경로 설정은 대상지 공간구조를 고려하여 우수침투를 위한 자연지반 및 생태저류 공간과 연계한다.
- 건축물 주변 녹지 공간을 최대한 확보한다.

1) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인



〈물재난 대응 토지이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
물-L1	기존 자연지형 훼손 최소화	기존 지형을 보존하고, 자연환경과 조화로운 개발 유도	
물-L2	우수 유출경로를 고려한 공간배치	우수의 유출경로나 노면수의 주요 유출지점을 고려한 공간배치로 재해위험 방지	• 차수판
물-L3	재해취약지역을 고려한 배치	집중호우, 태풍 등을 고려하여 용도를 배치하고, 침수발생 가능성이 있는 위치 내에 시설 설치 제한	• 침투도랑
물-L4	녹지공간 조성	녹지공간 확보를 통해 불투수면적을 최소화하며, 빗물유출을 감소시켜 침수예방 및 침투·저류시설로서의 기능을 담당	



2) 계획기법

[물-L1] 기존 자연지형 훼손 최소화

■ 개념

- 기존 지형을 보존하고, 자연환경과 조화로운 개발 유도

■ 적용방법

- 개발사업 계획수립 초기단계부터 적극적으로 환경을 고려한다.¹⁾
- 자연지반 녹지는 생태면적률의 30% 이상 또는 사업부지 면적의 10%이상 확보한다.²⁾
- 토지의 절성토량을 최소화하며, 원형보존이 아니더라도 설계상 지하구조물이 없는 자연지반이 10% 이상이 되도록 계획한다.³⁾
- 기초조사 단계에서 녹지, 자연하천, 실개천, 습지, 얇은 지반이나 지하수층 등 자연자원 등을 식별하고, 계획에 반영하여 자연환경과 조화로운 개발을 유도한다.

■ 적용사례

- 기존 비탈면을 유지하여 단지 조성



〈서판교 월드힐스 단지⁴⁾〉



〈용인 구성 휴먼시아 물푸레마을⁵⁾〉

■ 연계기법

- [물-L4] 녹지공간 조성

1) 환경부, 2014, 이상기후 등을 대비한 환경생태계획 수립지침
 2) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
 3) 서울시 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인
 4) 최임주, 2010.10.15., 친환경건축, 도시를 살리다 공생을 위한 주거, 친환경에서 길을 찾다, 건축사신문
 5) 문화일보, 2011.3.29., 청량한 물소리..울창한 소나무 숲..산속에 녹아든 인공자연



[물-L2] 우수 유출경로를 고려한 공간배치

■ 개념

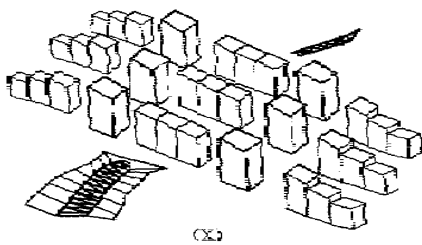
- 우수의 유출경로나 노면수의 주요 유출지점을 고려한 공간배치로 재해위험 방지

■ 적용방법

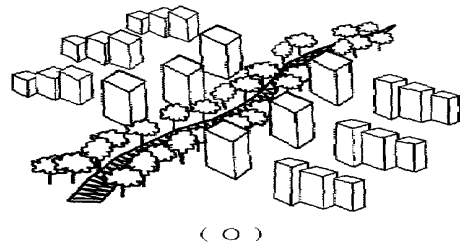
- 하천, 소하천, 계곡 등 평상시 유출경로와 호우 시 우수의 유출경로 등 자연적인 유출경로를 확인한다.
- 하천변은 하천범람 위험이 있기 때문에 중요 기반시설, 건축물을 이격 배치하고, 공원 및 녹지, 방풍림 등 완충공간을 조성한다.
- 하천에 가까이 건축물을 배치하는 경우 유출경로에 지장을 주지 않도록 하며, 필로티 구조의 건축물 또는 차수판을 설치하여 침수피해에 대비한다.

■ 관련기술

- 하천, 소하천 계곡 등 유출경로를 고려한 건축물 배치¹⁾



〈유출경로를 고려하지 않은 배치〉



〈유출경로 고려 및 방풍림 조성 등을 통한 건물배치〉

- 차수판 : 우수유입 등 침수방지를 위해 놓은 막 또는 판

■ 적용사례



〈자연적인 유출경로(계곡) 고려한 아파트 단지²⁾〉



〈울산아파트 지하주차장 차수판³⁾〉

■ 연계기법

- [물-L4] 녹지공간 조성

1) 대구경북연구원, 2008, 도시경관 향상을 위한 건축물 계획방안
 2) 블로그(사진활용) <https://m.blog.naver.com/jvj24601/135813036>
 3) 한국안전차수판 <http://www.chasu119.com/>



[물-L3] 재해취약지역을 고려한 배치

■ 개념

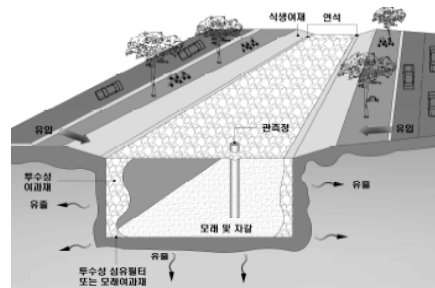
- 집중호우, 태풍 등을 고려하여 용도를 배치하고, 침수발생 가능성이 있는 위치 내에 시설 설치 제한

■ 적용방법

- 인근하천의 홍수위보다 낮은 저지대에 대해 성토량을 고려하여 토공계획을 수립한다.
- 집중호우시 침수발생 위험이 있는 곳은 용도 배분 시 가급적 공공시설용도(공원, 녹지, 운동장, 주차장 등)로 계획한다¹⁾.
- 교통시설(도로, 지하도로 등), 학교, 대피시설 등은 침수발생 위험이 높은 곳에 설치를 제한한다.
- 건축물의 내외부에 설치되는 건축설비(배전, 배관, 냉난방, 위생, 운송, 방재설비 등)는 오작동 방지를 위해 예상침수위 이상에 설치한다.
- 녹지, 광장, 운동시설 등은 집중호우 발생 시 저류 및 침투기능을 수행하도록 주변지대보다 낮은 곳에 배치하고 완만한 경사를 갖도록 설계한다.
- 상업시설 등의 옥외간판(대형간판, 돌출간판 등)을 제한하도록 규정한다.

■ 관련기술

- 침투도랑²⁾ : 돌로 채워진 형태의 도랑으로 강우 유출수를 담아두고 토양으로 침투



〈침투도랑 모식도〉

■ 적용사례



〈가로수 식재부에 식생도랑⁴⁾〉



〈침투도랑(전주시 빗물유출제로화단지)⁵⁾〉

■ 연계기법

- [물-L4] 녹지공간 조성

1) 환경부, 2014, 이상기후 등을 대비한 환경생태계획 수립지침
 2) 환경부, 2013, 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인
 3) 서초타임즈, 2017.10.12., 양재그린공원, 빗물 저류조, 공영주차장, 체육시설 들어서
 4) 라펜트 http://www.lafent.com/news2/sub_01_view_print.html?news_id=51294&b_cate=10&m_cate=01
 5) 전북일보, 2014.9.17., 전국 서곡 '빗물유출제로화단지' 조성
 6) 국제신문, 2014.8.27., 부산 65%가 매립지.. 폭우엔 '물바다', 빗물저장소·배수차 늘려 재앙 막아야



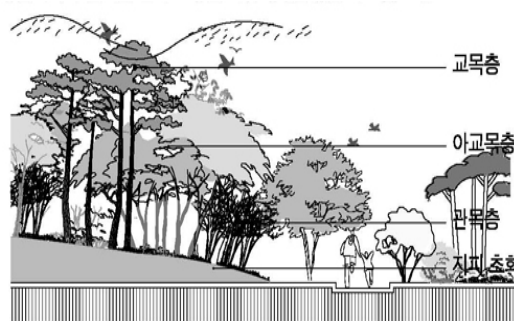
[물-L4] 녹지공간 조성

■ 개념

- 녹지공간 계획시 불투수면적을 최소화하며, 빗물유출을 감소시켜 침수예방 및 침투·저류시설로서의 기능을 담당

■ 적용방법

- 개발지역의 유출수를 최대한 흡수하기 위하여 녹지비율을 강화한다¹⁾.
- 우수침투를 위한 기존 자연지형 및 생태저류 공간과 연계하여 계획한다.
- 녹지배치 특성(지구 내·외 배치, 관통 등)과 주변 환경여건을 고려하고, 수변공원, 근린공원, 체육공원 등 주민 접근성을 최대한 제고할 수 있도록 계획한다.
- 건축물 주변 녹지 공간을 확보하고, 교목층, 아교목층, 관목층, 지피층의 다양한 층위를 나타내는 다층적 식생구조 유도한다.



〈다층식생 구조²⁾〉

■ 적용사례



〈미사 지역 아파트 단지 내 다층식재〉



〈미사 지역 아파트 단지 내 자연지형 및 생태저류 공간 조성〉

■ 연계기법

- [물-L1] 기존 자연지형 개발 최소화
- [물-G2] 녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상

1) 환경부, 2014, 이상기후 등을 대비한 환경생태계획 수립지침

2) 그룹·한

http://www.grouphan.com/bbs/board.php?bo_table=pj&wr_id=245&sca=%EA%B7%9C%EB%AA%A8



3.2 에너지

1) 기본방향 및 원칙

(물-E1 건물의 에너지이용효율 향상) 건물의 에너지이용효율을 향상하고, 고효율에너지 기자재를 적용한다.

- 건물은 채광과 통풍성이 뛰어나도록 가능한 남향 위주로 배치한다.
- 단열을 강화하고 고효율에너지 기자재로 인증 받은 설비시스템을 설치한다.

(물-E2 신재생에너지시설 설치) 신재생에너지 설비를 통해 제로에너지 건물에 기여한다.

- 단지 규모 및 건축물 구분에 따라 서울시 「건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준」 및 「서울시 녹색건축물 설계기준」에 기반하여 신재생에너지 설치비율을 설정한다.

〈물재난 대응 토지이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
물-E1	건물의 에너지이용효율 향상	건물의 에너지 손실을 막고 고효율에너지 기자재를 적용하여 에너지이용효율 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 자연채광 • 고효율 LED조명 • 태양광 패널
물-E2	신재생에너지시설 설치	신재생에너지 시설 설치를 통해 제로에너지 건물에 기여	<ul style="list-style-type: none"> • 아파트 배란다용 미니태양광 • 지붕설치용/건물 일체형 태양광



2) 계획기법

[물-E1-①] 건물의 에너지이용효율 향상

■ 개념

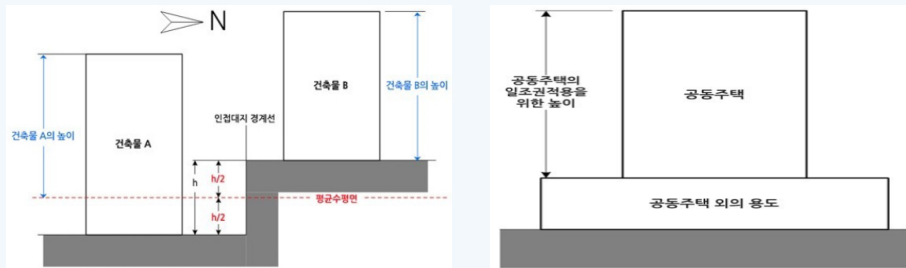
- 건물의 에너지 손실을 막고 고효율에너지 기자재를 적용하여 에너지이용효율 향상

■ 적용방법

- 인증대상 건축물의 종류 및 인증기준 등에 대한 사항들에 대한 규정을 따르도록 한다¹⁾.
- 건물은 채광과 통풍성이 뛰어나도록 가능한 남향 위주로 배치한다.
- 건축물간 간격을 적정하게 확보하여 일조 방해 최소화한다.
 - 동지일 기준 9시~15시까지 사이의 6시간 중 일조시간이 연속하여 2시간 이상, 8시~16시까지 8시간 중 일조시간이 총 최소 4시간 이상으로 한다²⁾.

[일조확보를 위한 높이규정]

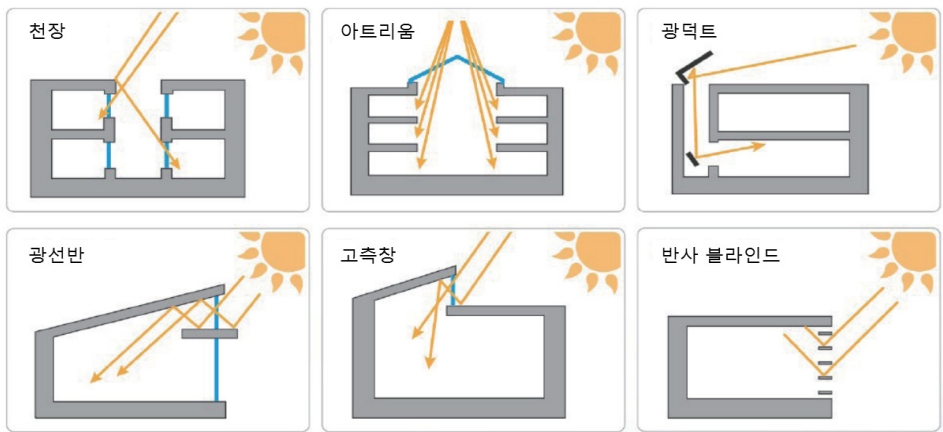
- ▶ 지표면 간 고저차가 있는 경우, 지표면의 평균 수평면 = 지표면
- ▶ 전용주거지역 및 일반주거지역을 제외한 지역에서 공동주택을 다른 용도와 복합(주상복합)하여 건축하는 경우, 공동주택의 가장 낮은 부분 = 지표면



자료: 건축물의 높이규정 <https://m.blog.naver.com/nsj3010/220684114662>

■ 관련기술

- 자연채광³⁾



〈자연채광 계획 방법〉



■ 적용사례



<자연채광 활용⁴⁾>



<서울 잠실 아파트 단지 내 지하주차장 자연채광⁵⁾>

■ 연계기법

- [물-E2] 신재생에너지시설 설치

- 1) 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙(국토교통부령 제399호)
- 2) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 3) 한국에너지공단, n.d., 제로에너지빌딩 요소기술 자료집
- 4) SH공사 도시연구소, 2011, SH아파트 외부환경디자인 가이드라인 연구
- 5) 블로그(사진활용) <http://blog.naver.com/clotho3000/150035195805>



[물-E1-②] 건물의 에너지이용효율 향상

■ 개념

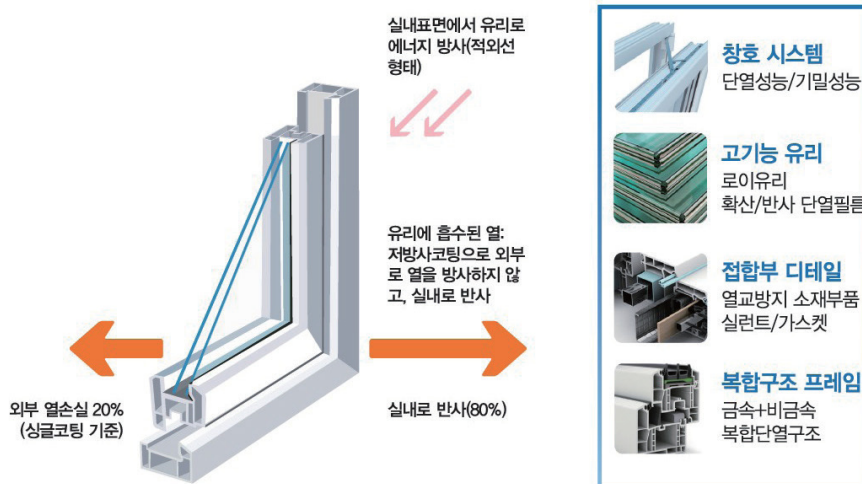
- 건축물 단열을 강화하고, 고효율에너지기자재로 인증받은 기자재를 적용하여 에너지 절약

■ 적용방법

- 고효율에너지기자재로 인증받은 설비시스템을 설치한다¹⁾.
- 건축물의 단열을 강화하여 열손실을 방지한다.
 - 거실의 외벽, 최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕, 최하층에 있는 거실의 바닥, 바닥난방을 하는 층간 바닥, 거실의 창 및 문 등은 열관류율 기준 또는 단열재 두께 기준을 준수한다²⁾.

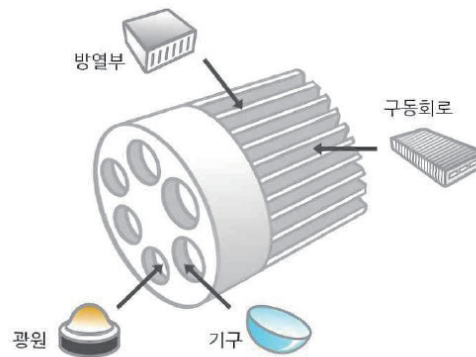
■ 관련기술

- 고성능 창문(또는 창호)³⁾



〈고성능 창문의 구성 및 원리〉

- 고효율 LED조명³⁾



〈LED조명 구성요소〉



■ 적용사례

- 고성능 창문(또는 창호)³⁾



〈3중유리 적용 창호〉



〈로이유리를 적용한 창호〉

- 고효율 LED조명³⁾



〈LED조명 설치 체육시설〉



〈LED조명 설치 복지시설〉

■ 연계기법

- [물-E2] 신재생에너지시설 설치

1) 산업통상자원부, 2018, 고효율에너지 기자재 보급촉진에 관한 규정(제2018-125호)
 2) 국토교통부, 2017, 건축물의 에너지절약설계기준(제2017-71호)
 3) 한국에너지공단, n.d., 제로에너지빌딩 요소기술 자료집



[물-E2] 신재생에너지시설 설치

■ 개념

- 신재생에너지 시설 설치를 통해 제로에너지 건물에 기여

■ 적용방법

- 단지 규모 및 건축물 구분에 따라 서울시 「건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준」 및 「서울시 녹색건축물 설계기준」에 기반하여 신재생에너지 설치비율을 설정한다.
 - 2019년 기준, 서울시 환경영향평가 대상 건축물은 에너지 사용량의 16% 이상을 신·재생에너지로 공급해야하며¹⁾, 서울시 녹색건축물 설계기준 대상 건축물의 신·재생에너지 설치비율은 민간 주거용 건축물의 경우 6%²⁾로 연도별 설치비율 및 건축물 구분에 따라 신재생에너지 설치비율이 상이할 수 있다.
- 상업용시설로 구분된 판매시설, 업무시설 등과 문교사회용으로 구분된 문화 및 집회시설, 의료시설, 교육연구시설 등은 신재생에너지 설치를 의무화한다.³⁾
- 경로당, 관리사무소, 보육시설 등의 공용시설에 신재생에너지를 우선적으로 설치한다.

■ 관련기술

- 아파트 배란다용 미니태양광
- 지붕설치용/건물일체형 태양광

[서울시 '미니태양광' 설치 지원 사업⁴⁾]

- ▶ 공동주택 배란다 철봉난간에 200~260W 용량의 미니태양광을 설치하여 가정 내 전기 요금을 절감하는 사업 진행
- ▶ 태양광패널(260W)설치시 서울시 보조금(41만 5천 원)을 지원 받아 설치비용은 10~15만 원 수준('17년 기준)

■ 적용사례⁵⁾



〈아파트 배란다형 미니태양광〉



〈주택형 태양광〉

■ 연계기법

- [물-E1] 건물의 에너지이용효율 향상

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)

2) 서울시, 2017, 서울시 녹색건축물 설계기준

3) 산업통상자원부, 2018, 신재생에너지 설치의무화제도 안내

4) 한국에너지공단, 2017, 제로에너지빌딩 신재생 및 인센티브 효과 분석

5) 서울정책아카이브, 서울시, 주택용 태양광 미니발전소 설치, 전기요금 누진 완화 효과 특특!

<https://seoulsolution.kr/ko>



3.3 교통

1) 기본방향 및 원칙

(물-T1 물순환을 고려한 도로 및 주차장 설계) 도로 및 주차장에 노면수를 지체시켜 일시적인 빗물집중 및 최대유출량을 저감한다.

- 도로 및 주차장에 침투도랑, 잔디수로 등 침투·저류시설을 설치한다.
- 주차장 포장의 경우 투수성 재료를 사용하거나 잔디블록을 설치하여 우수가 지표면으로 침투되도록 하고 주변지역으로의 유출을 저감하도록 한다.

(물-T2 도로 노면수 차단) 도로 노면수로 인한 저지대 침수를 방지한다.

- 도로 노면수 차단을 위해 횡단 배수시설, 차수판을 설치한다.

(물-T3 가로변 화단 저류) 가로변 화단에 우수를 유입시켜 일시적으로 저류 또는 지체 시킨다.

- 가로변에 화단을 조성하는 경우 경계턱을 제거하거나 우수유입을 위한 유입구를 설치하여 주변에 우수를 화단으로 유입시키도록 한다.
- 나무나 화초를 심는 경우 그 식재면의 높이를 보행자전용도로의 바닥 높이와 같게 하거나 낮게 조성한다.

〈물재난 대응 토지이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
물-T1	물순환을 고려한 도로 및 주차장 설계	도로 및 주차장에 침투·저류 기능을 부여하여 빗물집중 및 최대유출량 저감	<ul style="list-style-type: none"> • 식생수로 • 침투도랑 • 투수성재료
물-T2	도로 노면수 차단	도로 노면수로 인한 저지대 침수를 방지하기 위해 도로 횡단배수로 설치	<ul style="list-style-type: none"> • 횡단배수로 • 차수판
물-T3	가로변 화단 저류	가로변에 나무나 화초를 심는 경우 식재면의 높이를 도로높이와 같게 하거나 낮게 조성하고 또는 가로변 화단 경계턱을 제거하여 우수를 화단으로 유입시켜 일시적으로 저류 또는 지체	<ul style="list-style-type: none"> • 저류형 화단



2) 계획기법

[물-T1-①] 물순환을 고려한 도로 및 주차장 설계

■ 개념

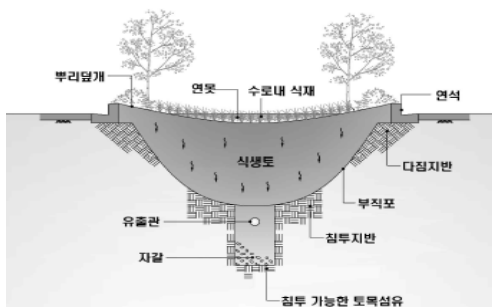
- 도로 및 주차장에 침투·저류시설을 설치하여 노면수를 저류 또는 지체시켜 일시적인 빗물집중 및 최대유출량 저감

■ 적용방법

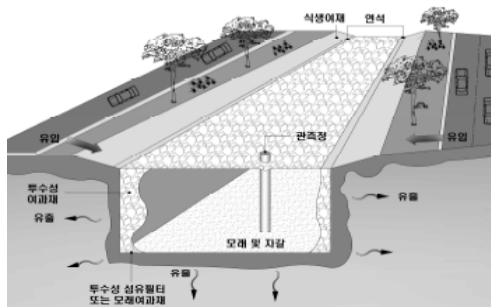
- 도로를 따라 설치하는 식생수로, 침투도랑 등은 규모와 형태를 조절하여 적용한다.
- 도로 및 주차장에 설치한 시설 내에 식재식물은 물의 흐름에 견딜 수 있는 식물로 선정하며, 주변경관과 조화롭게 한다.
 - 식생을 이용하는 시설은 식생종류, 식재위치, 밀식정도, 성장력 등 다양한 인자를 검토해야한다.¹⁾

■ 관련기술

- 식생수로¹⁾: 강우 유출수의 여과 및 침투, 배수 기능을 갖고, 도로, 주차장, 건축물 인접부 등 다양한 지역에 설치 가능
- 침투도랑¹⁾: 돌로 채워진 형태의 도랑으로 강우 유출수를 담아두고 토양으로 침투하며, 불투수면과 인접한 수로, 녹지에 설치 가능



〈식생수로 단면도〉



〈침투도랑 단면도〉

■ 적용사례



〈도로변 식생수로(미국 조지아)³⁾〉



〈침투도랑 공사현장(미국 버지니아)²⁾〉

■ 연계기법

- [물-W3] 빗물 침투·저류시설 설치

1) 환경부, 2013, 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인
 2) Enviro-Utilities, Inc. <http://www.enviro-utilities.com/storm-water-solutions.html>
 3) MIDTOWN <https://www.midtownatl.com/about/midtown-alliance/newsroom/midtown-monthly/june-2015/bioswale-pilot-project>



[물-T1-②] 물순환을 고려한 도로 및 주차장 설계

■ 개념

- 투수성 재료 등을 활용하여 투수성을 향상시키며, 단지 내 불투수 면적을 감소시켜 물순환 체계 구현에 기여

■ 적용방법

- 주차장 포장의 경우 투수성 재료를 사용하거나 잔디블록을 설치한다.
- 투수포장은 종단경사가 15% 이내인 장소에 설치하며, 교통량을 고려하여 설치한다.¹⁾
- 투수 성능저하를 막기 위해 정기적으로 공극청소, 투수시험 등 유지관리를 한다.

■ 관련기술

- 투수성 재료(투수성블록, 잔디블록 등)



〈투수성 콘크리트²⁾〉



〈투수성 자갈²⁾〉



〈잔디블록⁴⁾〉

■ 적용사례³⁾

- 서울시 도봉구 마들길 투수성 도로포장 시험시공 사례



〈투수성 포장 시공 전〉



〈투수성 포장 시공 후〉

■ 연계기법

- [물-W3] 빗물 침투·저류시설 설치

1) 서울시, 2013, 청계천 유역 환경치수 도시관리방안 수립
 2) HECOREA, n.d., LID시설기술보고서(투수성 포장체/연석식생지/보수성포장)
 3) 서울시 도시안전본부, 2011, 투수성 도로포장(블록) 시험시공 모니터링 분석 결과
 4) 그랜드코단 <http://kodan.co.kr>



[물-T2] 도로 노면수 차단

■ 개념

- 도로 노면수로 인한 저지대 침수를 방지하기 위해 도로 횡단배수로 설치

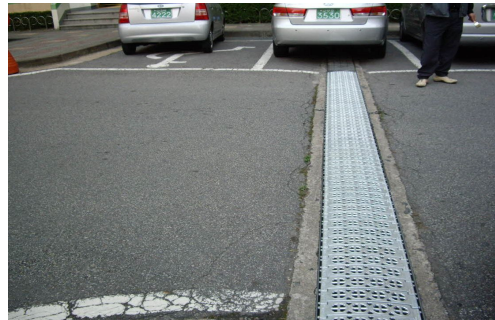
■ 적용방법

- 주변지역보다 높은 곳에 위치한 도로 연결 부분에 횡단배수로를 설치하여 유입되는 우수를 하천 또는 수로 등으로 배수한다.
- 단지 내 지하주차장 등 지하연결부에 차수판을 설치한다.

■ 관련기술

- 횡단배수로
- 차수판

■ 적용사례



〈수원 영통 아파트 단지 내 횡단배수로¹⁾〉



〈학교 교문 앞 횡단배수로²⁾〉

■ 연계기법

- [물-L2] 우수 유출경로를 고려한 공간배치
- [물-T1] 물순환을 고려한 도로 및 주차장 설계

1) 트랜치생산전문회사 (주)강국 <http://kangkook.com>

2) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인



[물-T3] 가로변 화단 저류

■ 개념

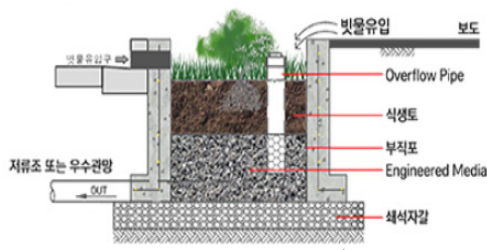
- 가로변에 나무나 화초를 심는 경우 식재면의 높이를 도로높이와 같게 하거나 낮게 조성하고 또는 가로변 화단 경계턱을 제거하여 우수를 화단으로 유입시켜 일시적으로 저류 또는 지체

■ 적용방법

- 차도나 보도에 가로변 화단을 조성하는 경우 경계턱을 제거하거나 우수유입구를 설치한다¹⁾.
- 가로변 나무 및 화초의 식재면은 높이를 바닥 높이와 같게 하거나 낮게 조성한다.

■ 관련기술

- 저류형 화단³⁾: 녹지화 공간을 낮게 배치하여 우수를 흡수



〈저류형 화단 단면도³⁾〉



〈저류형 화단 상세도³⁾〉

※ (참고)공동주택 내 좁은녹지에 조성 적용이 어려운 경우 수생비오톱으로 대체 적용 검토

■ 적용사례



〈가로변 우수유입구¹⁾〉



〈저류형 화단²⁾〉



〈고덕 지역 아파트 단지 내 나무 및 화초의 식재면 높이 낮게 조성〉

■ 연계기법

- [물-W2] 단지 내 수공간 조성
- [물-W3] 빗물 침투·저류시설 설치
- [물- G2] 녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상

1) 국토교통부, 2014, 방재지구 가이드라인

2) 국민안전처, 2017, 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리기준

3) ㈜LID 워터 http://lidwater.com/app/page/?pcd=s51_8



3.4 물이용

1) 기본방향 및 원칙

(물-W1 지표면 저류공간 확보) 공원 내 시설공간, 학교 운동장 등을 상대적 저지대로 조성하여 저류기능을 부여한다.

- 공원 내 운동시설, 산책로, 광장 등을 주변지역보다 낮추는 지표면 저류를 통해 공원에 내린 우수를 일시 저류함으로써 주변 저지대로의 유출영향을 저감하도록 한다.
- 학교 운동장을 주변 지표면 높이보다 낮게 조성하여 침수형 저류시설로 이용한다.

(물-W2 단지 내 수공간 조성) 환경적이고 생태적인 공간제공 및 우수저류 등을 위해 단지 내 수공간을 조성한다.

- 수공간은 주변지역보다 낮게 설치하여 강우 시 빗물저류 및 정화공간으로 활용한다.

(물-W3 빗물 침투·저류시설 설치) 단지 내 빗물관리를 통해 침수 및 수질오염을 최소화한다.

- 단지 내 비상차로, 소방관련 차량도로, 보도, 자전거도로의 포장을 투수성 포장으로 설치한다.
- 자연침투된 빗물은 자연지반이나 습지공간, 비오톱 공간에 저류한다.
- 건물에서 모아진 빗물은 중수와 연계하여 재처리 후 빗물이용시설에서 활용한다.
- 기존 가로수 식재공간을 연계하여 빗물침투형 가로수를 설치한다.

(물-W4 빗물이용시설 설치) 빗물의 양 저감 및 건물 운영비 절약을 고려하여 빗물과 중수를 연계하여 사용한다.

- 건축물 옥상 등에 빗물을 모아서 이용할 수 있는 시설을 설치한다.
- 저장된 빗물은 습지공간 및 수생비오톱에서 이용한다.

(물-W5 물순환 하이브리드 침투·저류 시스템 활용) 빗물과 유출지하수를 겸용하여 수자원으로 활용함으로써 물순환율을 제고하고 물이용 자급단지를 조성한다.

- 침투시설을 LID기술(빗물연못, 식생수로 등)과 연동하여 강우유출을 저감한다.
- 유출지하수 활용을 위해 암거를 지하저류조와 연결하여 물순환율을 증진한다.



〈물재난 대응 토지이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
물-W1	지표면 저류공간 확보	공원, 학교 운동장 등을 주변지역보다 상대적 저지대로 조성하여 저류기능을 부여하여 침수피해 저감	<ul style="list-style-type: none"> • 침수트렌치 • 침수형 저류시설
물-W2	단지 내 수공간 조성	단지 내 수공간을 조성하여 주민들에게 환경적이고 생태적인 공간을 제공하고, 우수의 저류 및 비점오염원 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 식생체류지 • 식생수로 • 빗물정원
물-W3	빗물 침투·저류시설 설치	단지 내 빗물관리를 통해 침수 및 수질오염의 저감, 개발로 인한 물순환 왜곡의 최소화 유도	<ul style="list-style-type: none"> • 빗물침투형 가로수 • 침투도랑 • 침투통
물-W4	빗물이용시설 설치	저장한 빗물을 중수와 연계 사용하여 하수도로 유입되는 우수의 양을 저감하고 건물 운영비 절약	<ul style="list-style-type: none"> • 빗물이용시설(빗물 통 등)
물-W5	물순환 하이브리드 침투·저류 시스템 활용	지표수와 유출지하수를 활용하여 단지 내 물자급을 향상	<ul style="list-style-type: none"> • 물순환 하이브리드 빗물이용시설 • 연속 유로형 침투시설



2) 계획기법

[물-W1] 지표면 저류공간 확보

■ 개념

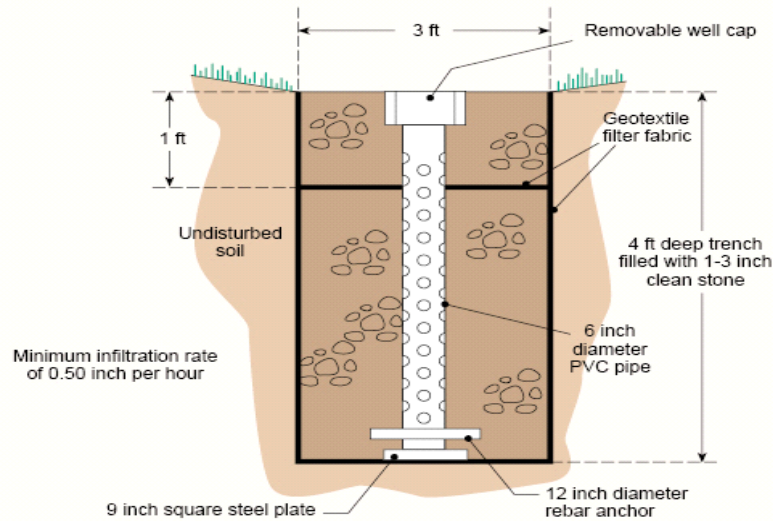
- 필요시 공원, 학교 운동장 등을 주변지역보다 상대적 저지대로 조성하여 저류기능을 부여하여 침수피해 저감

■ 적용방법

- 공원 내 운동시설, 산책로, 광장 등 지표면 저류를 통해 우수를 일시 저류한다.
 - 공원저류의 저류한계수심은 토지이용이 아동병원으로 분류된 경우 20cm, 근린·지구공원으로 분류된 경우 30cm로 제한한다¹⁾.
 - 공원의 기능, 이용자의 안전대책, 경관 등을 고려하여 저류장소, 저류가능용량을 정한다.
- 학교 운동장을 주변 지표면 높이보다 낮게 조성하여 침수형 저류시설로 이용한다.
 - 운동장저류의 저류한계수심은 초등학교, 중학교, 고등학교 모두 30cm로 제한한다¹⁾.
 - 수심이 얇은 굴착식을 원칙으로 하며, 이용자의 안전을 위해 보행로를 높여 설치한다.
 - 정기적인 시설의 점검이나 청소 등 관리가 필요하다.
- 일시적인 지표면 저류로 우수처리에 한계가 있을 경우를 대비하여 침투트렌치, 저류조 등을 설치한다.

■ 관련기술

- 침투트렌치²⁾: 소규모로 적용이 가능한 기술로 우수유출수 저류·침투시켜 우수관거의 대체시설로 활용 가능



〈침투트렌치 구조도〉

- 침수형 저류시설



■ 적용사례

- 침수형 저류시설(학교 운동장 저류)¹⁾



(정상시)



(저류시)

- 침투트렌치



〈미사 지역 아파트 단지 내 침투트렌치〉

■ 연계기법

- [물-L3] 재해취약지역을 고려한 배치

1) 국민안전처, 2017, 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리기준
 2) 한국산학기술학회, 2014, 침투트렌치 시설의 유출저감 효과 분석



[물-W2] 단지 내 수공간 조성

■ 개념

- 단지 내 수공간을 조성하여 주민들에게 환경적이고 생태적인 공간을 제공하고, 우수의 저류 및 비점 오염원 관리

■ 적용방법

- 수공간은 주변지역보다 낮게 설치하여 강우 시 빗물 저류 및 정화공간으로 활용한다.
- 공원, 놀이터 주변 또는 옥상 등에 공간적인 여유가 있어 수공간을 조성하는 경우, 환경과 생태적인 기능을 고려하여 조성한다.

■ 관련기술

- 식생수로¹⁾: 강우 유출수의 여과 및 침투, 배수 기능을 갖고, 도로, 주차장, 건축물 인접부 등 다양한 지역에 설치 가능 기술 설명서
- 식생체류지¹⁾: 토양에 의한 여과, 침투·저류 등의 방법으로 강우유출수를 조절하는 식생으로 덮인 소규모 저류시설
- 빗물정원²⁾: 토착식물 등을 심어놓은 플랜터박스 또는 정원을 통해 빗물을 토양으로 침투시키는 시설
[기술 설명서](#)

■ 적용사례



〈미사 지역 아파트 단지 내 자연지형 및 생태저류 공간 조성〉



〈미사 지역 아파트 단지 내 수공간〉



〈미사 지역 아파트 단지 내 빗물정원〉



〈고덕 지역 아파트 단지 내 수공간〉

■ 연계기법

- [물-G2] 녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상

1) 환경부, 2013, 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인

2) 서울시, 2013, 청계천 유역 환경치수 도시관리방안 수립



[물-W3] 빗물 침투·저류시설 설치

■ 개념

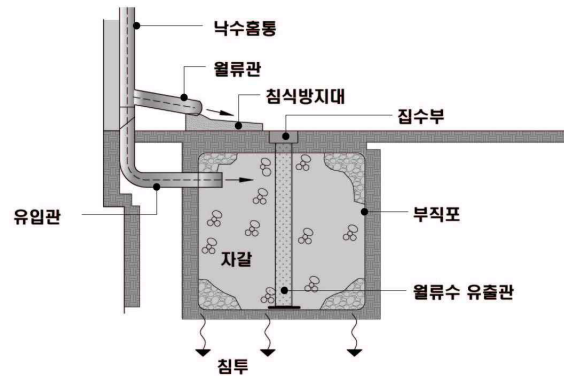
- 단지 내 빗물관리를 통해 침수 및 수질오염의 저감, 개발로 인한 물순환 왜곡의 최소화 유도

■ 적용방법

- 단지 내 비상차로, 소방관련 차량도로, 보도, 자전거도로의 포장을 투수성 포장으로 설치한다¹⁾.
- 빗물침투시설을 통해 채집된 우수를 자연 침투 후 우수배관을 통해 수생비오톱이나 습지공간으로 보내 저류한다¹⁾.
- 빗물 침투·저류 기능을 가진 빗물 침투형 가로수를 설치한다²⁾.
 - 기존 가로수 설치지역에 설치 가능하며, 가로수 수종은 오염 및 가뭄 등에 강한 수종을 식재한다.
 - 필터층은 일반적으로 80%의 모래층과 20%의 퇴비층으로 구성한다.
- 빗물의 지표면 유출을 억제하고 지면으로 환원되도록 침투시설 설치계획을 수립한다³⁾.

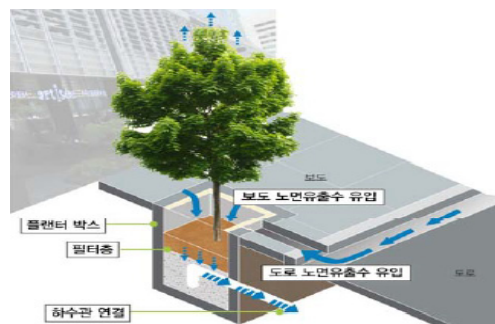
■ 관련기술

- 침투도랑⁴⁾: 돌로 채워진 형태의 도랑으로 강우 유출수를 담아두고 토양으로 침투하며, 불투수면과 인접한 수로, 녹지에 설치 가능
- 침투통⁴⁾: 불투수면의 유출수가 유입될 수 있도록 설치되어 토양으로 침투



<침투통 구조도>

- 침투형 가로수²⁾: 가로수와 빗물정원을 통합하여 설치하는 것으로 소규모 식생침투 시설



<침투형 가로수 구조도>



■ 적용사례



〈침투통⁴⁾〉



〈빗물침투형 가로수²⁾〉

■ 연계기법

- [물-T1] 물순환을 고려한 도로 및 주차장 설계
- [물-W1] 지표면 저류 공간 확보
- [물-W4] 물 재이용
- [물-W5] 빗물이용시설 설치
- [물-G2] 녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상

- 1) 서울시 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인
- 2) 서울시, 2013, 청계천 유역 환경치수 도시관리방안 수립
- 3) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)
- 4) 환경부, 2013, 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인



[물-W4] 빗물이용시설 설치

■ 개념

- 저장한 빗물을 중수와 연계 사용하여 하수도로 유입되는 우수의 양을 저감하고 건물 운영비 절약

■ 적용방법

- 빗물이용시설의 용량 및 설치위치, 면적, 집수된 우수의 활용계획, 청천 시 및 우천 시의 운영 및 관리 계획을 제시한다¹⁾.

※ 「서울특별시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례」, 「서울특별시 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 조례」, 「서울특별시 빗물관리시설의 설치 및 지원에 관한 지침」, 「서울특별시 빗물관리 기본계획」 및 「빗물관리시설 설치 및 관리매뉴얼」에 따른 빗물관리계획 수립

- 저장한 빗물은 중수와 연계하여 사용하며, 중수도 수질기준에 의하여 습지공간 및 수생비오톱에서 이용한다²⁾.

■ 관련기술

- 빗물이용시설³⁾



■ 적용사례



〈빗물이용시설의 활용(조경용수 등)〉

■ 연계기법

- [물-W1] 지표면 저류 공간 확보
- [물-W3] 빗물 침투·저류시설 설치
- [물-G2] 녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)

2) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인

3) 서울시, 2013, 청계천 유역 환경치수 도시관리방안 수립



[물-W5] 물순환 하이브리드 침투·저류 시스템 활용

■ 개념

- 지표수와 유출지하수를 차집하여 강우유출을 저감하고 생활용수 및 비오름 유지용수 등으로 활용하기 위해 물순환 하이브리드 침투·저류 시스템을 도입

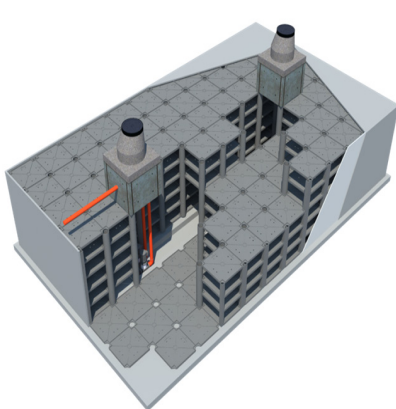
■ 적용방법

- 건축물의 지붕과 지표면에 내린 빗물을 빗물연못, 식생수로 등 저영향개발(LID) 기술요소와 연계하여 지하저류조로 보내 저류한다.
- 유출지하수를 무동력으로 집수할 수 있는 장치(CRV)를 암거와 연결하여 물순환율을 증진한다.
- 침투저류조를 자연지반의 지표면 가까이 설치하고 연속강우 시에는 오리피스를 통하여 무동력으로 자연배수하고 잉여수는 인공함양하여 강우유출을 저감한다.

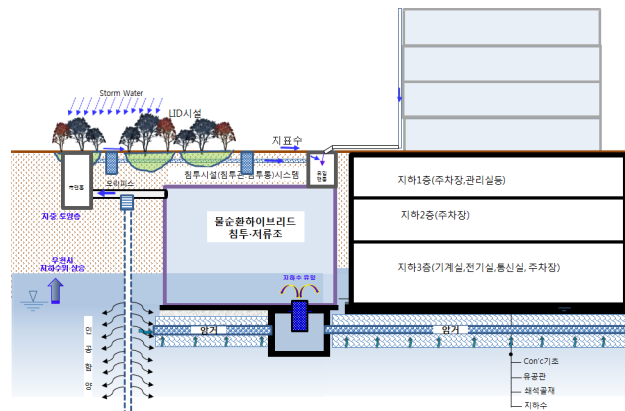
- ▶ 저영향개발(Low Impact Development, LID) : 빗물 유출 발생지에서부터 침투, 저류 등을 통해 빗물의 유출을 최소화하여, 개발로 인한 자연 물순환과 물환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 토지이용계획 및 도시개발기법
 - ※ 개발사업자는 각종 사업시행 시 빗물의 표면유출을 최소화하기 위해 저영향 개발계획을 수립하여 인허가 전에 「서울특별시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례」 제8조에 의거 저영향개발(LID) 사전협의를 거쳐야 함
- ▶ 물순환 하이브리드(Hybrid) 침투·저류 시스템 : 지표수와 지하수를 겸용하는 형태로 수자원을 확보하기 위한 시스템
- ▶ CRV(Compressive Re-lief Valve) : 유출지하수가 침투저류조 내로 집수하기 위해 활용되는 밸브

■ 관련기술¹⁾

- 물순환 하이브리드 빗물이용시설 : 지표수 및 지하수 동시 활용을 위해 설치하는 시설물로 LID 시설과 연계 가능



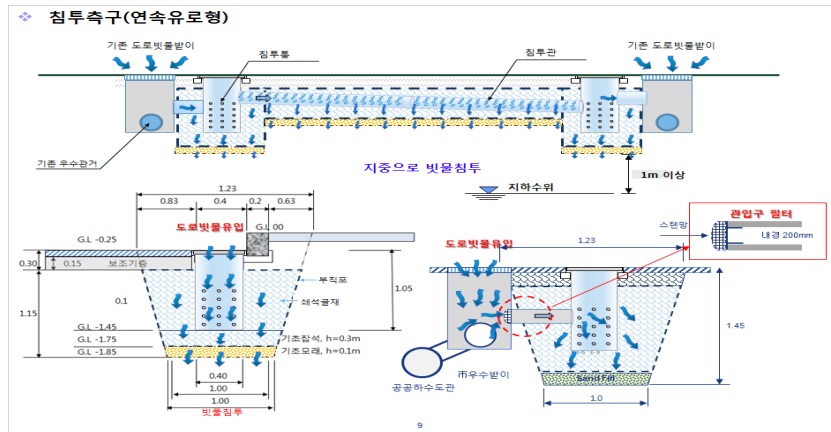
〈물순환 하이브리드 침투·저류조〉



〈물순환 하이브리드 침투·저류 시스템 모식도〉



- 빗물집수를 위한 연속 유로형 침투시설 : 지표면 빗물집수를 위한 이송 및 침투기능을 가진 시설



〈연속 유로형 침투시설〉

■ 적용사례¹⁾

- 물순환 하이브리드 침투·저류 시스템과 연계한 바이오톱



〈물마름 없는 사계절 바이오톱〉

■ 연계기법

- [물-W4] 빗물이용시설 설치
- [물-G2] 녹지 및 바이오톱 연계를 통한 생태환경 향상

1) LID워터 부설 그린인프라연구소



3.5 녹지

1) 기본방향 및 원칙

(물-G1 물순환 체계와 연계한 녹지공간 조성) 물순환 체계와 연계하여 자연친화적인 녹지를 조성한다.

- 단지의 특성과 여건에 따라 생태면적률 35% 이상(재개발·재건축의 경우 45% 이상)을 만족하도록 계획한다¹⁾.
- 빗물침투·저류시설, 수공간 조성 등 물순환 체계와 녹지공간을 연계한다.
- 옥상에 녹화를 적용하여 빗물의 지체 및 증발산을 통해 유출량을 저감한다.
- 벽면에 식물을 식재하여 건물에너지를 차단하고, 식물의 증발산을 통해 주변온도를 저감한다.

(물-G2 녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상) 단지 내부와 외부의 녹지 연계성을 고려하여 계획한다.

- 단지 내부와 외부에 조성된 녹지 및 비오톱 간 연계를 통해 생태계 안정성을 높이고, 녹지공간의 기능을 극대화한다.
- 육생비오톱, 수생비오톱 조성을 계획한다.

〈물재난 대응 토지이용 계획기법 및 조성기술〉

구분	계획기법(안)	개념	조성기술
물-G1	물순환 체계와 연계한 녹지공간 조성	단지 내 공간유형, 입지조건 등을 고려하고, 물순환 체계와 연계하여 녹지 조성	<ul style="list-style-type: none"> • 옥상녹화 • 벽면녹화 • 빗물침투형 가로수보호판 • 빗물침투형 띠녹지보호판
물-G2	녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상	단지 내부와 외부에 조성된 녹지 및 비오톱 간 연계를 통해 개발로 인해 파괴될 수 있는 지역 생태계 안정성을 고려	<ul style="list-style-type: none"> • 비오톱

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)



2) 계획기법

[물-G1-①] 물순환 체계와 연계한 녹지공간 조성

■ 개념

- 단지 내 공간유형, 입지조건 등을 고려하고, 물순환 체계와 연계하여 녹지 조성

■ 적용방법

- 도로, 공원, 건물 등 주민의 공간이용에 불편함이 없도록 녹지를 조성하며, 단지의 특성과 여건에 따라 생태면적을 35% 이상(재개발·재건축의 경우 45% 이상)을 만족하도록 계획한다¹⁾.
- 빗물침투·저류시설, 수공간 조성 등 물순환 체계와 녹지공간을 연계한다.
- 가로수보호판과 띠녹지보호판을 설치하여 원활한 빗물침투를 유도하고, 가로수의 생육환경을 개선한다.

■ 관련기술²⁾

- 빗물침투형 가로수보호판 : 빗물 재활용 및 지하투수 가능
- 빗물침투형 띠녹지보호판 : 녹지에 빗물공급과 영양분공급을 용이하게 함

■ 적용사례³⁾



〈빗물침투형 가로수보호판〉



〈빗물침투형 띠녹지보호판〉

■ 연계기법

- [물-L4] 녹지공간 조성
- [물-W2] 단지 내 수공간 조성
- [물-W3] 빗물 침투·저류시설 설치
- [열-G2] 차열식재

1) 서울시, 2018, 서울시 건축물 및 정비사업의 환경영향평가 항목 및 심의기준(제2018-83호)

2) 어스그린코리아 earthgreen.co.kr

3) Landscape Times <http://www.latimes.kr/news/articleView.html?idxno=21212>



[물-G1-②] 물순환 체계와 연계한 녹지공간 조성

■ 개념

- 옥상, 지붕 등에 녹화를 적용하여 빗물의 지체 및 증발산을 통해 유출량 저감

■ 적용방법¹⁾

- 옥상녹화의 유형은 이용목적과 조성방식에 따라 녹화유형이 구분되며, 이에 따라 식재식물을 선정하고 식생형태를 결정한다.
- 옥상이용에 따른 안전성 확보, 배수 및 방수, 적용 하중 등을 고려하며 원활한 배수를 위해 최소 2%의 경사율을 갖는 건축물 옥상에 시공한다.¹⁾
- 식재의 생육을 위한 최소한의 관리가 필요하며, 녹화 시설물 등은 정기적으로 점검, 보수한다.

[시스템 하중에 따른 유형 구분¹⁾

- ▶ 중량형 녹화 [녹화 하중(D.L.) - 300kgf/m² 추가, 사람 하중(L.L) - 200kgf/m²]
- ▶ 경량형 녹화 [녹화 하중(D.L.) - 120kgf/m² 추가, 사람 하중(L.L) - 100kgf/m²]
- ▶ 혼합형 녹화 [녹화 하중(D.L.) - 200kgf/m² 추가, 사람 하중(L.L) - 200kgf/m²]

※「옥상녹화시스템 상세설계 및 관련도서 작성지침(서울시, 2011)」에 따라 조성

■ 관련기술

- 옥상녹화 기술 설명서

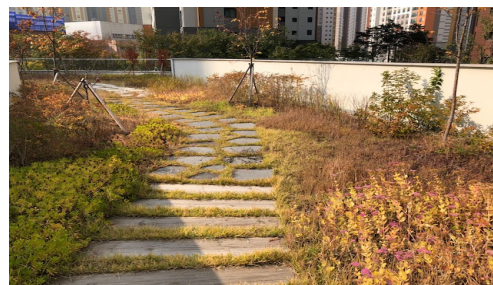


〈옥상녹화 구성요소¹⁾〉

■ 적용사례



〈서울시 용산구 비비안빌딩 옥상녹화²⁾〉



〈미사 지구 아파트 단지 내 옥상녹화〉

■ 연계기법

- [열-G3] 입체 녹화 활성화

1) 서울시, 2011, 옥상녹화시스템 상세설계 및 관련도서 작성지침

2) 라펜트 가든 <http://www.lafent.com>



[물-G1-③] 물순환 체계와 연계한 녹지공간 조성

■ 개념

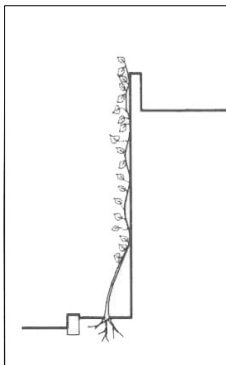
- 벽면(방음벽, 건물벽 등)에 식물을 식재하여 녹화하는 방법으로 건물에너지를 차단하고 식물의 증발산 작용으로 주변온도 저감

■ 적용방법

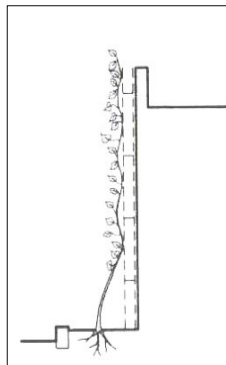
- 현장여건에 적합한 규모, 재료 등을 선정하고 계절적인 경관변화를 고려한 다양한 식물을 선정한다.
 - 벽면녹화는 높이 10m 이하로 계획하며, 개구부가 없는 벽면길이에 적용한다.
 - 식물의 종류, 녹화면적 및 기간, 토양 상태 등에 따라 식재간격을 조정한다.

■ 관련기술

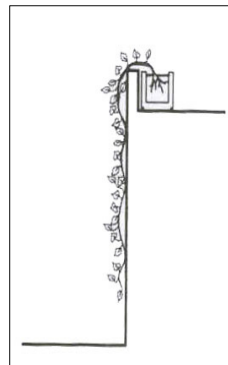
- 벽면녹화¹⁾ [기술 설명서](#)



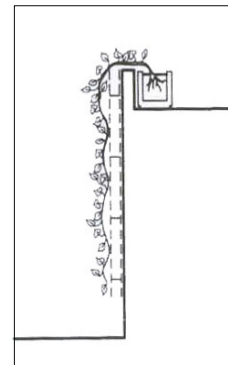
(등반형 녹화)



(등반보조형 녹화)



(하수형 녹화)



(하수보조형 녹화)

■ 적용사례



〈SH 마곡지구 아파트 단지 내 벽면녹화〉

■ 연계기법

- [미-G1] 미세먼지 저감 수종 식재
- [미-G2] 입체 녹화 활성화

1) 서울시, 2015, 도시구조물 벽면녹화 기법



[물-G2] 녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상

■ 개념

- 단지 내부와 외부에 조성된 녹지 및 비오톱 간 연계를 통해 개발로 인해 파괴될 수 있는 지역 생태계 안정성을 고려

■ 적용방법

- 단지 내·외 녹지는 하나의 공간으로 인식되고 이용될 수 있도록 계획한다¹⁾.
 - 연결녹지, 완충녹지 등의 광역적인 녹지를 계획하며 주거지역과 연계되는 보행녹도를 조성한다²⁾.
 - 주거동의 필로티를 활용하여 단지 내·외부 공간을 연결할 수 있도록 계획한다.
- 생물서식 공간 조성을 위해 육생·수생 비오톱 조성을 의무화한다²⁾.
 - 육생비오톱은 최소면적 100㎡을 충족, 수생비오톱은 최소면적 50㎡을 충족하여 설계한다³⁾.

■ 관련기술

- 육생비오톱 : 곤충류, 조류 등을 비롯한 동물과 기타 식물이 생육할 수 있는 환경을 제공하는 조경영역
- 수생비오톱 : 어류, 잠자리, 수초, 조류 등 수생 동식물이 생태적으로 순환체계를 이룰 수 있도록 조성한 물이 있는 공간

■ 적용사례



〈고덕 아파트 단지 내 수생비오톱〉



〈SH마곡지구 아파트 단지 내 육생비오톱〉

■ 연계기법

- [물-L4] 녹지공간 조성
- [물-W2] 단지 내 수공간 조성

1) 서울시, 2011, 공원녹지분야 업무협약 매뉴얼
 2) 강동구, 2010, 저에너지 친환경 공동주택 가이드라인
 3) 국토교통부, 2008, 친환경건축물 인증기준



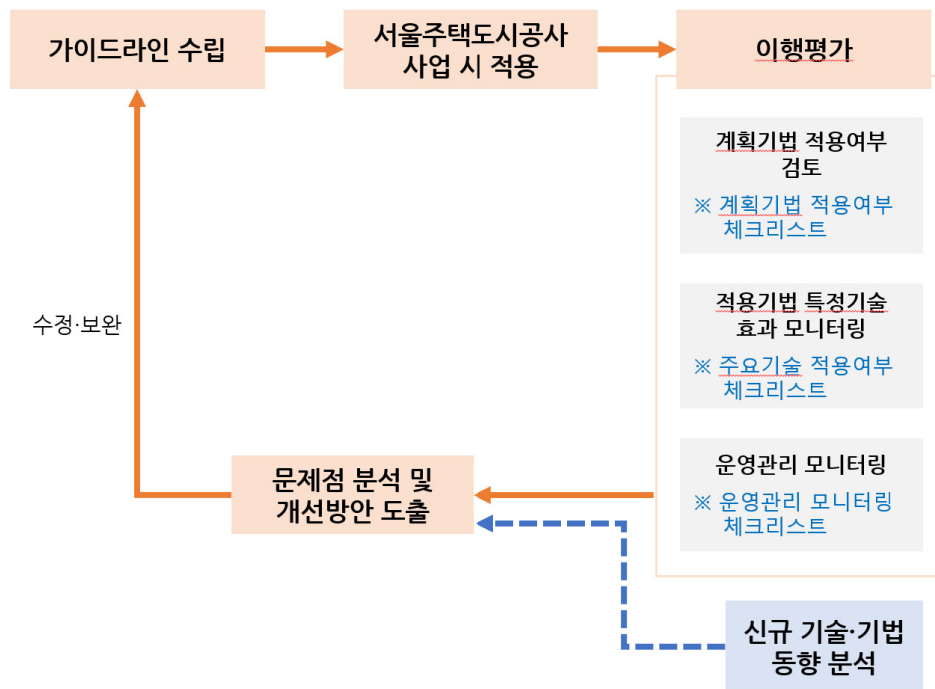
운영관리 - IV



1. 가이드라인 운영체계

가이드라인이 수립되면 서울주택도시공사 사업시 적용할 수 있으며, 향후 추진되는 공사 개발사업에 개선하여 반영될 수 있도록 계획기법 적용여부, 적용기법 특정기술 효과 및 운영관리 현황을 모니터링 한다. 체크리스트를 활용한 이행평가와 신규 기술·기법 동향분석을 실시하여 체계적인 관리가 이루어지도록 한다.

계획기법 적용여부 체크리스트를 통해 적용되는 계획기법에 대한 적용여부를 확인하고, 적용시 나타나는 문제점 또는 효과 등에 대해서 작성한다. 주요기술 적용여부 체크리스트를 통해 주요 기술에 대한 적용여부를 확인하여 적용시 문제점 또는 효과 등에 대해서 작성하고, 신규로 제시되는 기술과 기법에 대한 동향분석을 통해 기술정보에 대해 개선한다. 운영관리 모니터링 체크리스트를 통해서 조성된 기술에 대한 운영관리 현황을 확인하며, 1: 매우나쁨 ~ 5: 매우양호로 유지관리 상태에 대해 평가를 실시한다. 이를 통해 문제점을 분석하고, 신규 기술·기법 동향 분석을 실시하여 개선방안을 도출하고 가이드라인을 수정·보완하여 적용한다.



〈가이드라인 운영체계〉



〈계획기법 적용여부 체크리스트〉

계획기법	적용여부	비고(문제점 등)
미기후 조절을 고려한 개발 환경 분석		
바람길 확보		
쿨존 (Cool zone) 조성		
외부의 극한 열환경 차단		
신재생에너지원 활용		
미기후 친화적인 도로 포장재 사용		
쾌적한 보행 환경 조성		
주민의 친환경 이동수단 지원		
물을 이용한 쿨링시설 설치		
폭염 및 한파 대응 작업 일정 계획 수립		
그린버퍼존 조성		
미세먼지 발생 저감형 도로 조성		
미세먼지 실내유입 최소화		
미세먼지 저감 수종 식재		
입체 녹화 활성화		
공사 중 비산먼지 발생 최소화		
물순환을 고려한 도로 및 주차장 설계		
물순환 체계와 연계한 녹지공간 조성		
녹지 및 비오톱 연계를 통한 생태환경 향상		

〈주요기술 적용여부 체크리스트〉

조성기술	적용여부	비고(문제점 등)
벽면녹화		
옥상녹화		
쿨루프		
쿨페이브먼트		
빗물정원		
투수성포장		
클린로드 시스템		
쿨링포그 시스템		
The city tree		
집진 /냉방 시스템		
에어트리		
쿨존조성		
광촉매 적용 기술		
미세먼지 알람 시스템		
CMA 기법		
에어샤워룸		
에어커튼		
저녹스보일러		
⋮		



〈운영관리 모니터링 체크리스트〉

주요조성기술	유지관리현황					비고(문제점 등)
	1	2	3	4	5	
벽면녹화	1	2	3	4	5	
옥상녹화	1	2	3	4	5	
쿨루프	1	2	3	4	5	
쿨페이브먼트	1	2	3	4	5	
빗물정원	1	2	3	4	5	
투수성포장	1	2	3	4	5	
클린로드 시스템	1	2	3	4	5	
쿨링포그 시스템	1	2	3	4	5	
The city tree	1	2	3	4	5	
집진 /냉방 시스템	1	2	3	4	5	
에어트리	1	2	3	4	5	
쿨존조성	1	2	3	4	5	
광촉매 적용 기술	1	2	3	4	5	
미세먼지 알람 시스템	1	2	3	4	5	
CMA 기법	1	2	3	4	5	
에어샤워룸	1	2	3	4	5	
에어커튼	1	2	3	4	5	
저녹스보일러	1	2	3	4	5	
⋮						

1:매우나쁨 2:나쁨 3:보통 4:양호 5:매우양호



[부록] 주요 조성기술

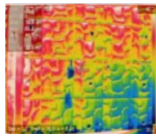
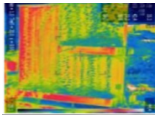
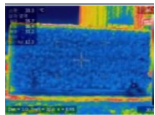
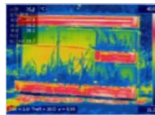
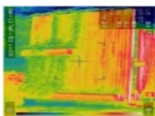
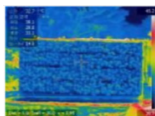
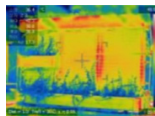
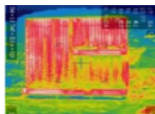
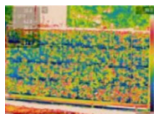
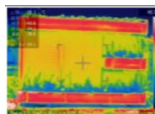
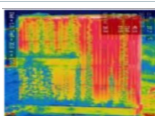
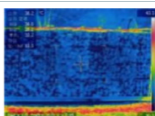
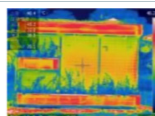


주요 조성기술 목록

✓ 기술 명칭을 클릭하면 해당 기술 설명 페이지로 이동함

번호	주요 조성기술
1	벽면녹화
2	옥상녹화
3	단지 내 미세먼지 알람시스템
4	클린로드 시스템
5	CMA 기법
6	클린에어 시스템
7	에어 샤워룸
8	에어 커튼
9	The city tree
10	집진/냉방 일체형 버스정류장
11	Smog free tower
12	저녹스보일러
13	쿨루프
14	쿨페이브먼트
15	빗물정원
16	식생수로
17	투수성 포장
18	쿨링포그 시스템
19	에어트리
20	쿨존(Cool zone) 조성
21	광촉매 적용 기술

1. 벽면녹화

기능	벽면에 식물을 식재하여 녹화하는 방법으로 건물 에너지를 차단하고 식물의 증발산 작용으로 주변온도 저감을 통한 열환경 개선 및 수중에 따른 미세먼지 흡착 기능				
기후변화 대응 효과	(열환경 개선) ¹⁾ - 이중외피 벽면녹화 설치 시 실내 온도가 3.5~5.6 °C 낮아지며 1개 층(one layer)일 때 태양열 투과율 37% 감소 - 리빙월(Living Wall)은 벽체와 녹화면 사이 온·습도 변화로 열복사를 차단 및 방해하여 콘크리트 벽 대비 0.24kWh/m ² 의 에너지 전달 감소 효과가 있음 - 벽면 유형 및 방향에 따라 열환경 개선 효과는 상이할 수 있음				
시멘트벽 (대조군)  최고온도 58.3°C	구분	다래덩굴 + 와이어형	수호초 + 패널형	줄사철 + 플랜터형	
	동향	 42.4°C	 35.7°C	 47.9°C	
	서향	 46.1°C	 39.1°C	 42.3°C	
	남향	 48.1°C	 43.0°C	 42.8°C	
	북향	 40.5°C	 36.0°C	 45.2°C	
	(미세먼지 저감) ²⁾ - 벽면식물의 증발산작용으로 미세먼지 저감에 소요되는 시간 단축 - 미세먼지 저감 효과가 있는 수종으로 100m ² 규모의 벽면녹화를 조성시 연간 약 66g의 미세먼지(PM10) 저감 예상(관련 문헌을 활용한 연구진 추정값)				
	비용 ¹⁾ (식재비, 관수비, 시설 설치비)	와이어형	107,000~140,000원/m ²	메쉬형	80,000~278,000원/m ²
		패널형	690,654~900,000원/m ²	플랜터형	880,000~920,000원/m ²
		포켓형	350,000 원/m ² 내외	매트형	337,000~540,000원/m ²
	적용 사례	국외	- (레바논) '키네틱 그린 캔버스'를 설치하여 벽면녹화 효과와 더불어 예술작품으로 인식됨. 어플리케이션을 이용해 유지보수가 가능함 - (유럽) 영국, 네덜란드, 독일 등 유럽국가에서 건물 벽면이나 버스정류장에 벽면/옥상녹화 사업을 실시함		
		국내	- (서울) 시청내부, 학교 및 공항 대합실 등 다양한 공간에 조성됨		

적용 특성	- 환경 조건상 1~2년에 한번씩 식물의 10~20% 교체 필요 - 조성 공간에 따른 녹화 방법에 따라 식재식물 및 관리방법이 다양함 ³⁾				
	유형	시스템	구성	특징	식재식물
	1 자력등반형		입면하부의 지면이나 플랜트 등에 덩굴식물을 식재하여 식물의 성장에 따라 덩굴을 입면에 부착시키거나 잡아 올라가게 하여 녹화하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 입면의 표면이 콘크리트블록, 벽돌 등 다공질이거나 줄눈이 있으면 흡착이 용이함 - 저비용으로 설치가 가능하며 단기간 초기녹화 가능 - 전지작업과 같은 관리 필요 - 별도의 관수시설을 설치하지 않고 지상의 관수시설을 활용할 수 있음 - 개구부가 많은 입면의 부분녹화방법으로 유리 	담쟁이덩굴, 헤데라류, 모란류, 농소화류 등
	2 보조등반형		그물이나 격자 등의 등반보조재를 설치하여 덩굴식물을 입면의 가부에 식재하고 덩굴이 잡아 올라가도록 녹화하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 입면의 구조, 재질에 관계없이 어떤 벽면에도 녹화가 가능 - 저비용으로 설치가 가능하며 단기간 초기녹화 가능 - 전지작업과 같은 관리 필요 - 별도의 관수시설을 설치하지 않고 지상의 관수시설을 활용할 수 있음 	농소화, 헤데라류, 자스민, 머루류, 인동덩굴, 등나무, 으름덩굴, 노박덩굴, 콩과식물 등의 감기형 식물
	3 하수형		식물을 건축물 상부에서 늘어뜨려 피복하는 식재방법 건물옥상이나 베란다 등에 식재받판을 설치하고 성장하는 덩굴을 늘어뜨려 녹화	<ul style="list-style-type: none"> - 관수, 전정작업 등 관리 필요 - 설치 및 유지관리비용 저렴 - 식물뿌리가 받는 하중이 커서 설치 장소나 성장속도에 따라 하중을 저감시킬 수 있는 보조자재 설치 검토 - 녹화속도가 상대적으로 느림 	헤데라류, 마삭줄류 등
	4 입면장착형		패널 매트, 플랜트 시트 등 여러 가지 형태의 식재받판을 포함하는 일체화된 식재방법 크게 컨테이너형 식재받판일체형으로 구분	<ul style="list-style-type: none"> - 설치비용과 유지관리 비용 고가 - 전용 관수, 배수시설 필요 - 초기녹화를 우수 - 외단열기능 우수 - 도시경관 개선 우수 - 설치 보수 해체 단위식재장치의 교체가능, 절거보수 용이 	덩굴식물, 잔디, 지피식물, 원예용 초과, 다육식물 등 다양한 식물식재 가능
	5 발코니 이용형		발코니가 있는 건물에서 식재용기나 화단 등을 설치하여 녹화하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 건축물의 부분녹화에 이용 - 관수관리 필요 	제라늄, 베고니아, 페튜니아, 아이비 등
6 에스켈레이터		입면하부에 조경수목, 덩굴식물 등을 식재하여 신장하는 가지, 덩굴을 여러 가지 형으로 유인하여 입면에 밀착시켜 얇은 녹화부를 조성하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 경관적인 측면에서 녹화가 요구되는 공간에 적합 - 유럽에서 역사적으로 많이 사용 - 의도하는 녹화부 형태를 구성하기 위해 전지, 전정작업 필요 - 별도의 관수시설 불필요 - 식물뿌리로부터 건축물의 훼손을 방지하기 위해 경우에 따라 방근제 사용 	주목, 박태기나무, 산딸나무, 개나리 등	
기타	- 바이오월(농진청) : 750,000원/m ² 의 설치비용 및 연 20%의 식물 교체 비용 발생 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>식물의 잎과 뿌리, 탄소필터를 통해 정화된 신선한 공기</p> <p>공기중 유해한 성분</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>황균 filter</p> <p>겨스용 motor</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>오염된 공기</p> <p>정화된 공기</p> <p>정경수로 먼지 흡착</p> <p>뿌리 미생물로 유해물질 제거</p> <p>〈바이오월 원리〉</p> </div>				

1) 한국건설연구원, 2015, 도시열섬 저감을 위한 저비용 지속 가능한 벽면녹화 시스템 개발
 2) 권계정, 박봉주, 2017, 실내녹화 방법이 온습도 및 미세먼지 농도에 미치는 영향, 한국조경학회지 45)4:1~10
 3) 한국건설기술연구원, 2013, 건축물구조에 따른 입체녹화 시스템 개발

2. 옥상녹화

기능1)	<p>건물 지붕면에 설치된 정원생태계로서 빗물의 지체 및 증발산을 통해 유출량을 줄이고, 빗물 중 질소오염 관리에 도움</p>	
기후변화 대응 효과2)	<p>(열환경 개선) 도시기후 개선 및 에너지절약 - 건물 냉난방에너지 연간 약 16.6% 절약 - 콘크리트 옥상에 비해 약 10배 대기 냉각효과 - 도시차원의 온도저감 및 도시열섬 완화 효과, 대기정화, 생물다양성 증대 효과 (물재난 방지) 도시홍수 예방 효과 - 토심 10cm GRS 1제곱미터 당 20~30L 우수저장가능 - 연강수량 55~75% 저장, 증발산 - 약 3시간 우수유출 지연 효과 (생활환경 개선) - 50제곱미터 녹화옥상이 1인 호흡 가능한 산소 생산 - 초기우수 정화 - 공중소음 20db 흡음 (미세먼지 저감) - 단위건물 차원의 단열 및 에너지 저감, 우수유출 감소에 따른 간접적 미세먼지 저감 효과3)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="492 1021 878 1322"> <p>FLIR +70.9°C 콘크리트 72 31 2009-07-10 13:30:14 e=0.98</p> </div> <div data-bbox="894 1021 1281 1322"> </div> <div data-bbox="492 1338 878 1639"> <p>FLIR +30.3°C 관목식재 46 관석포장 잔디식재 28 2009-07-10 13:38:42 e=0.98</p> </div> <div data-bbox="894 1338 1281 1639"> </div> </div> <p style="text-align: center;">〈녹화지와 비녹화지 비교4〉</p>	
비용5)	<p>(공사비) 약 200,000~350,000/㎡ (운영 및 유지관리비) 공사비의 0.1% (안전관리비) 공사비*안전관리비율 (환경비) 6,287원/㎡ (대지면적 200,000㎡ 미만인 경우, 서울시 기준)</p>	
적용 사례	국외	<p>- (일본) 도쿄도 하수도국 펌프소의 옥상 4,664㎡에 설치 - (독일) 뮌헨 소재 공동주택단지 옥상으로 미기후 조절 및 빗물유출지연을 목적으로 조성된 무관리 경량형 옥상녹화시스템 조성</p>

	<p>국내</p> <ul style="list-style-type: none"> - (서울) 서울시청별관 초록뜰에 '보급형 옥상녹화 시스템 E-100-S'를 기본모델로 한 시범사업(저관리·경량형) - (부산) 2009년 부산시 옥상녹화 지원사업의 지원으로 조성, 34종의 수목류와 지피, 초화류 63종, 세덤류 15종의 다양항 식물 식재(혼합형)
<p>적용 특성²⁾ (주의사항)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수직배수와 수평배수 동시 고려 - 저관리 경량형의 경우 배수불량은 시스템 붕괴 초래 - 식물부리 성장으로 배수층의 기능이 저하되지 않도록 유의
<p>기타⁴⁾</p>	<div style="text-align: center;"> <p>〈옥상정원 일일 온도변화〉</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>〈옥상정원 월별 온도변화〉</p> </div>


1) 한국건설기술연구원, 2015, 물순환 효과분석 및 인프라구축기술 개발연구 용역
 2) 한국건설기술연구원, 2006, 옥상녹화시스템 및 공법
 3) 한국토지주택연구원, 2010, 그린홈 적용을 위한 옥상녹화 방안 연구
 4) 서울연구원, 2008, 에너지 절감을 위한 옥상녹화의 활성화 방안과 모니터링
 5) 김흥순 외 2, 2014, 옥상녹화사업의 종류에 따른 경제성 분석

3. 단지 내 미세먼지 알람 시스템

기능	환경부의 실시간 지역별 '미세먼지 등급' 정보를 놀이터/세대 홈네트워크 월패드에서 확인할 수 있으며 기준치 이상시 알람/방송 조치	
기후변화 대응 효과	(미세먼지 피해 최소화) 고농도의 미세먼지 발생 시 주민들이 미세먼지에 노출되지 않도록 단지 내 알람 서비스 제공	
비용 ¹⁾	882만원/대(서울 미세먼지 신호등 설치 사례 기준)	
적용 사례	국외	- 해당사항 없음
	국내	- (주요 건설사) 놀이터, 주차장, 단지 입구 등 미세먼지 알람 시스템 도입 - (서울시) 양재천, 청사 등 서울시내 3곳에 설치함 - 국공립 어린이집 44개소에 미세먼지 신호등을 설치함
적용 특성	- 미세먼지 취약 연령층(영유아/노인 등)이 많은 구역에 시각/청각적으로 설치하여 효과를 극대화할 수 있음	
기타	<p>- (놀이터) 미세먼지 신호등을 설치하여 농도에 따라 4가지 색으로 정보 전달</p>   <p><국내 건설사 미세먼지 신호등 설치안(좌) 및 서울 도성초등학교 설치사례(우)></p>	

1) 서울시, 2017, 미세먼지 신호등 설치 결과 보고, <http://opengov.seoul.go.kr/sanction/13187013>

4. 클린로드 시스템(Clean Road System)

기능	도로 중앙의 표지병과 연계된 노즐을 통해 물을 분사하여 오염물질을 도로 측면 배수구로 세척하여 방출			
기후변화 대응 효과	(열환경 개선) 노면온도 최대 20% 하강			
		미세먼지(변동률%)	대기온도(변동률%)	노면온도(변동률%)
	15:00	기준	기준	기준
	16:00	-17	-6	-3
	17:00	-30	-8	-12
	18:00	-26	-14	-14
	19:00	-30	-15	-18
	20:00	+30	-17	-20
〈클린로드 시스템 설치 지역 모니터링 결과 ¹⁾ 〉				
(미세먼지 저감) 최대 30% 저감 효과(시간대별 상이)				
비용	- 설치비용: 13.5억원/km(대구사례) - 연간 운영비용*: 약 1,500만원/km * 대구의 9.1km 클린로드 유지관리비(약 1.3억원/년 소요) 기준, 연간운영비 추정			
적용 사례	국외	- (도쿄) 도로 지면 온도 저하를 목적으로 약 350m 구간의 클린로드 시설 설치		
	국내	- (서울) 클린로드 시범사업으로 태평로와 올림픽로에 총 600m 길이의 시스템 설치 >> 서울시 신청사 공사로 인한 차선 변경 및 지하수 고갈 등의 문제로 운영 중지 - (대구) 9.1km 길이의 시스템을 설치 및 운영 중임(회당 308톤의 용수 사용) - (포항) 실개천 활용 클린로드 시스템 설치(830m)		
적용 특성 ²⁾	- 연평균 미세먼지 농도가 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이며, 산업단지 등 미세먼지 배출량 많은 곳이 효과적임 - 평탄한 직선차선이나 지하차도 및 터널 진입 전에 설치하면 효과적이고, 4차로 이상의 도로에 설치하는 것이 적합 - 하절기 도로온도 저하 효과를 고려하여 인구밀집도가 높은 지역 및 신도시 건설지역 등에 설치 필요 - 대구시 설치 사례의 경우에는 1km당 약 34톤의 용수 소요			
기타 ²⁾	- 판교-양재 구간 클린로드 시스템 설치(안) 비용-편익 분석 결과: B/C비율은 3.85로 높은 사업성이 있을 것으로 분석됨(미세먼지 저감효율: 28%, 비용:173억원, 편익:665억 원)			
	 〈대구시(좌) 포항시 설치사례(우)〉			

1) 환경부, 2008, 도로 재비산 먼지 저감 시범사업 타당성 조사 연구, p.18

2) 환경부, 2015, 수도권 지역 클린로드 시스템 구축 가이드라인 및 관리방안 마련 연구 용역 결과보고



5. CMA 기법

기능	고농축 석회(dolomitic lime)와 아세트산(acetic acid) 혼합물로 포장도로에 도포 시 미세먼지의 비산 방지	
기후변화 대응 효과 ¹⁾	(미세먼지 저감) 일평균 최대 30%, 연평균 10% 저감 도로 상태/ 교통량 등 설치 환경에 따라 효과가 미비하거나 최대 43%의 제거율을 가짐	
비용 ²⁾	(도포비) 약 4,000원 (EUR 3.05)/km(20km/h 속도로 도포 기준) (재료비) 약 18,000원(EUR 13.50)/km	
적용 사례	국외	- (오스트리아 도시 3곳) EU LIFE+ 프로젝트하에 약 180km 길이의 도로에 연간 14~80일 가량 도포 후 효과 분석을 실시하였고, 이를 통해 약 10~20%의 미세먼지 제거 효율이 입증됨(포장도로) - (런던) 런던 교통부에서 9개 지점에 CMA 시범사업을 실시하였고, 지역별로 PM10 재비산이 많은 지역(공사장, 도로작업 등 먼지 발생지)의 경우 제거 효과가 입증됨
	국내	- 제설제 용도로 소개된 바 있지만 미세먼지 억제제로 사용된 바 없음
적용 특성 ³⁾ (주의사항)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공사장/비포장도로 - 비포장도로의 경우 m²당 100~200g 용량 필요 - 날씨, 도로 표면, 교통량에 따라 도포 빈도가 결정됨 - 공사장에 적용 시 공사차량에 의해 비포장도로에서 포장도로로 먼지가 이동할 수 있으므로 타이어세척시설(wheel-washing facility)을 구비해야 함 - 젖은 지면에 도포될 경우 그 효과가 증대될 수 있음 ■ 겨울철 - 80%이하의 습도, 건조한 날, 눈이 오거나 PM 오염이 증가했을 경우 도포하는 것이 바람직하며, 영하 10도 이하의 기온일 경우 빙판 발생 가능성이 있어 CMA 도포에 부적합 함 - 차량수에 따라 도포 기간 상이 (예) 도로에 일일 15,000대 이상의 차량이 통과시, 일일 2회 도포 권장, 일일 도로당 2,500 이상의 차량이 통과한다면 3일에 한번 도포 등 - 아침 교통시간 이전에 도포하고 1회는 전체 도로에 살포 후 바퀴 트랙 중심으로 도포하는 것이 효율적임 	
기타 ⁴⁾	<ul style="list-style-type: none"> - CMA와 포름산 칼륨의 50:50 혼합물이 먼지 억제제로서 더욱 효율적으로 실험되었으나 추가 현장 시험 필요 - 화학혼합물을 도포할 경우 발생할 수 있는 2차 오염에 대한 추가 검토 필요 - Klagenfurt, 오스트리아에서 2012년 겨울에 30일간 164km 길이의 도로에 도포하여 약 1억 1,100만 원(EUR 84,000)의 비용이 소요되었고, 배기가스부문 미세먼지(PM10)은 8~11%, 비배기가스의 경우 11~12%가 저감됨 	

1) Font et al., 2015, Effectiveness of the application of water and CMA to abate re-suspension of dust emissions in construction sites, King's college London
 2) Hafner et al., 2012, CMA+ Instruction Manual 1.1 for the reduction of fine-dust(PM) pollution through the application of a liquid "fine-dust glue"
 3) Karanasiou et al., 2016, The efficacy of dust suppressants to control road dust re-suspension in Northern and Central Europe, AIRUSE LIFE 11/ENV/ES/584 Report 14
 4) Bachler, G., 2012, Results of Air Quality Measurement Campaigns in the Partner Cities Klagenfurt Lienz and Bruneck within EU-Life Project CMA+, Fine Dust Congress 2012

6. 클린에어 시스템(미세먼지 차단/환기 시스템)


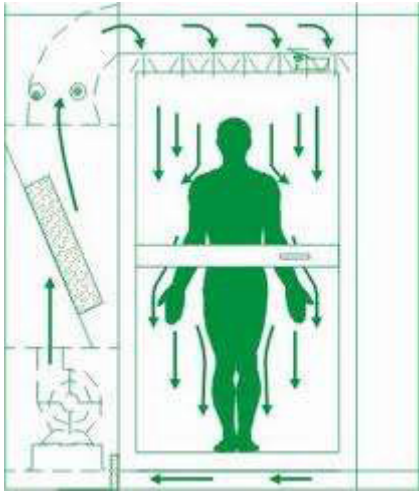
기능	센서를 통해 미세먼지 농도가 기준 이상 시 팬을 자동 가동하여 실내를 환기하고 미세먼지 제거하는 통합 시스템	
기후변화 대응 효과	(미세먼지 저감) 거주자의 오감만으로 실내 공기상태 변화를 인지하는데 한계가 있으므로 아파트 단지 내 미세먼지 농도에 따라 자동 환기/차단 >> 필터에 따라 0.3 μ m 이상의 초미세먼지 99.75% 제거 가능 ¹⁾	
비용	건설사 및 조성 범위에 따라 상이	
적용 사례	국외	- 해당사항 없음
	국내	- (주요 건설사) 스마트폰과 연계한 클린에어 시스템 개발 및 설치 - (한국토지주택공사) '17년 7월부터 신규 공공분양·임대 아파트에 스마트 환기시스템 도입
적용 특성	- (지하주차장) 70~80m 반경마다 미세먼지를 감지하는 센서를 설치하여 미세먼지 및 매연 관리 ²⁾	
	<p style="text-align: center;">〈대우건설 클린에어 시스템 계획안〉</p>	
기타	- (세대내부) 센서를 통해 실내 미세먼지 및 이산화탄소 농도를 4단계(좋음, 보통, 나쁨, 매우 나쁨)로 감지해 상태를 표시하고 상태에 따른 단계별 자동 환기 시스템 ³⁾	
	<p style="text-align: center;">〈LH 스마트 환기 시스템 계획안〉</p>	

1) 김범수, 2016.2.15., 대림산업 초미세먼지 잡는 환기시스템 특허출원, Chosum Biz

2) 문정원, 2017.8.14., 건설업계, 아파트 미세먼지를 잡아라, Business Report, <http://www.businessreport.kr/news/articleView.html?idxno=6156>



3) 한국토지주택공사, 2017.6.1., LH, 스스로 감지하고 환기하는 스마트 환기시스템 본격 도입

7. 에어 샤워룸

기능 ¹⁾	세대 현관에 에어 샤워기를 설치하여 강한 공기바람으로 옷과 몸에 묻는 미세먼지를 고속(25m/s 이상)으로 털어내고 이를 포집하여 필터를 통해 정화된 공기를 배출	
기후변화 대응 효과	(미세먼지 제거) 5 μ m 이하의 입자는 50~70%, 10 μ m 이상의 입자는 80~95%를 집진(의복 표면에 부착된 미세먼지 기준) ²⁾ > 필터에 따라 초미세먼지 저감율은 더 높아질 수 있음(HEPA필터는 0.3 μ m입자의 먼지를 99.9% 제거)	
비용	조성 규모에 따라 상이	
적용 사례	국외	- 공장, 연구소 등에서 클린룸 기술을 활용
	국내	- (주요 건설사) 공장의 클린룸 기술을 활용하여 신축 아파트 세대 출입구에 에어 샤워시설을 적용할 계획 ⁽¹⁸⁾ - (울산) 공장지역 특성상 옷에 부착된 먼지를 털어내기 위해 일부 아파트 로비에 설치 ³⁾
적용 특성	- 아파트 신축 시 세대 출입구에 설치용이	
기타	- (작동원리) 현관 출입 시, 팬이 가동되면서 상부에 있는 노즐에서 고속의 제트 기류가 사람을 향해 토출되어 부착된 입자를 털어 공기 중에 부유시키고 이는 기류를 따라 하부의 개구부를 통해 포집됨. 이를 필터로 정화하여 노즐에서 배출시킴 ²⁾	
	 <p><세대 출입구 에어 샤워룸 설치(안⁴⁾)></p>	 <p><작동원리></p>

1) 나기천, 2017.4.18. 출입구에 에어 샤워룸, 자동 실내환기시스템...미세먼지 걱정없는 아파트 만든다, 드림위즈 뉴스
 2) 한국환경산업기술원, 2011, 환경기술 기술동향보고서
 3) 이정선, 2011.3.21., 에어샤워실까지..단지 시설의 진화, 한국경제
 4) 이성희, 2017.4.17., 래미안 아파트에 미세먼지 감지·차단 시스템, 경향비즈

8. 에어 커튼

기능 ¹⁾	건물 출입구에 직선토출 기류의 바람을 이용해서 외부 공기 유입은 막고 실내 공기 누출을 차단하여 열손실을 최소화할 수 있음	
기후변화 대응 효과	(미세먼지 저감) 실외 미세먼지의 실내 유입 방지 ²⁾ (열환경 개선) 외부 공기가 차단되어 실내 열환경 유지 및 냉난방비 절감 가능	
비용	약 30만 원/대 (국내 구매가격)	
적용 사례	국외	건물 출입구 등 다양한 공간에 설치함
	국내	가게 출입구 등 다양한 공간에 설치한 사례가 많음
적용 특성	- 주민 센터, 노인정 등 주민 공동 공간 출입구에 설치 용이	
기타	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>〈에어커튼〉</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>〈건물 출입구 에어커튼 설치사례〉</p> </div> </div>	

1) 이승희, 청호나이스, 에어커튼 출시... 미세먼지 차단 효과, 쿠키뉴스

9. The City Tree

기능	수직녹화 시설물과 시민 휴식공간(벤치)가 결합된 미세먼지 및 공기정화 시설물	
기후변화 대응 효과	(미세먼지 저감 ¹⁾) 약 250g/일의 부유성 입자물질을 저감 및 연간 약 240ton의 이산화탄소 제거 효과 (열환경 개선 ²⁾) 약 275그루의 나무 식재효과	
비용 ³⁾	약 2천 800만원/대(EUR 25,000)	
적용 사례	국외	- 베를린, 파리, 홍콩 등 14개 도시에 20개의 시설물이 설치됨('18.3)
	국내	- 해당사례 없음
적용 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 작은 면적(바닥면적: 3.5m²)에 설치 가능 - 식재식물은 moss로 엽면적이 큰 식물로 알려졌다으나 국내 계절의 특성에 적합하고 미세먼지 저감 효과가 큰 수종 식재 필요 - 태양열로 전력을 공급받고, 우수를 포집하여 내장된 관개 시스템을 활용한 관수 가능 	
기타	<ul style="list-style-type: none"> - 내장된 센서를 활용하여 설치물의 효과 및 성장 환경을 확인할 수 있음 - 시설물 크기: 3m(가로) * 4m(세로) * 0.6m(두께) 	
	 <p>〈식재 방식³⁾〉</p>	 <p>〈London square 설치 사례⁴⁾〉</p>

1) Natalie Myhalnytska, 2016.4.15., City Tree of Future That Helps Reduce Air Pollution in Urban Areas, http://magazine-mn.com/news/39_urban_tree_of_future_39_that_helps_reduce_air_pollution_in_cities/2016-04-15-299

2) Green in Future Pte Ltd., 2017, Green Pulse, <http://greeninfuture.com/pdf/greenPulseAugust2017.pdf>

3) DB, 2017, Green City Solutions, Deutsche Bahn, https://www.deutschebahn.com/en/Digitalization/startups/db_startups/mooswaende_en-1214836

4) Airquality News, 2018.3.19., CityTree pollution 'moss filter'launched in Westminster

10. 집진·냉방 일체형 버스 정류장(Airbitat Oasis 버스 정류장)

기능	버스정류장에 미세먼지 저감 및 쿨링 시설을 설치하여 버스를 기다리는 시민들에게 쾌적한 공기 제공				
기후변화 대응 효과 ¹⁾	- (미세먼지 저감) 유입되는 공기의 유해물질(먼지, 초미세 먼지 등) 최대 90% 제거 - (열환경 개선) 미세먼지가 저감된 24°C 정도의 차가운 공기를 생산하여 버스 정류장 안쪽(대기실)에 분사				
비용 ¹⁾	- 운영비: 에어컨 가동비용의 약 1/3소요(싱가폴의 경우 약 500원/시간 비용으로 운전 가능)				
적용 사례	<table border="0"> <tr> <td>국외</td> <td>- (싱가폴) 1년간 시범사업으로 Plaza Singapura에 설치되어 운영 중</td> </tr> <tr> <td>국내</td> <td>- (경기도) 2018년까지 버스이용 수요가 높은 도심지역을 우선적으로 선정해 200개의 '청정버스정류장' 설치 계획(약 23억 예산 소요) - LH공사에서 경기도 고양항동지구에 미세먼지 저감형 '스마트 클린버스쉘터' 시범 도입 예정(에어커튼 및 공기정화장치 내장)</td> </tr> </table>	국외	- (싱가폴) 1년간 시범사업으로 Plaza Singapura에 설치되어 운영 중	국내	- (경기도) 2018년까지 버스이용 수요가 높은 도심지역을 우선적으로 선정해 200개의 '청정버스정류장' 설치 계획(약 23억 예산 소요) - LH공사에서 경기도 고양항동지구에 미세먼지 저감형 '스마트 클린버스쉘터' 시범 도입 예정(에어커튼 및 공기정화장치 내장)
	국외	- (싱가폴) 1년간 시범사업으로 Plaza Singapura에 설치되어 운영 중			
국내	- (경기도) 2018년까지 버스이용 수요가 높은 도심지역을 우선적으로 선정해 200개의 '청정버스정류장' 설치 계획(약 23억 예산 소요) - LH공사에서 경기도 고양항동지구에 미세먼지 저감형 '스마트 클린버스쉘터' 시범 도입 예정(에어커튼 및 공기정화장치 내장)				
적용 특성	- 버스 정류장 하단부 센서를 통해 온도, 습도, 통근자 교통체증(Commuter traffic) 등을 측정하여 운전 모드를 조정 - 싱가포르와 유사한 기후를 가진 장소에 설치시 열환경 개선 등 기후변화대응 효과가 극대화될 수 있음				
기타	<div style="text-align: center;"> <p>Interactive Panels: Displays real-time information on environmental conditions within and outside of bus stop, and bus services information.</p> <p>Sensors: Embedded sensors to detect hyperlocalised environmental conditions to optimise energy-smart performance.</p> <p>Airbitat Oasis: Creates cool and pure air, while removing harmful particles such as PM2.5 and PM10.</p> <p>Computer Vision: Video analytics to detect commuter traffic, waiting time and suspicious activities such as unattended bags and loitering.</p> <p>Overhead Nozzles: Cool and pure air is delivered directly to commuters' waiting zone through overhead nozzles.</p> </div> <p>〈Airbitat Oasis 시설개요²⁾〉</p> <div style="text-align: center;"> <p>01 Creating cold water: Creating a reservoir of cold water through evaporative cooling to boost cooling cycle.</p> <p>02 Removing large particles: Large particles such as debris and dirt are trapped.</p> <p>03 Charging small particles: Particles pass through an electric field and become charged.</p> <p>04 Removing small particles: Electrically charged plates attract particles and remove them from the air.</p> <p>05 Cooling air rapidly: Purified air is cooled rapidly through the heat exchanger.</p> <p>06 Deeper cooling: Air becomes deeply cooled through a second stage of evaporative cooling.</p> <p>07 Delivered through overhead nozzles: Cool and pure air is delivered directly to commuters' waiting zone through overhead nozzles.</p> </div> <p>〈공기정화 원리²⁾〉</p>				



1) Bangkokpost, 2018.3.12., New Singapore 'smart' bus stop promises a cooler wait, <https://www.bangkokpost.com/news/asean/1426935/new-singapore-smart-bus-stop-promises-a-cooler-wait>

2) Priyankar Bhunia, 2018.3.12., Smart Bus Stop being trialled in Singapore to improve commuter experience, OpenGov <https://www.opengovasia.com/articles/smart-bus-stop-being-trialled-in-singapore-to-improve-commuters-experiences>

3) 이데일리, 2018.9.9., 경기 고양항동지구에 '미세먼지' 차단하는 버스정류장 시범 도입, <http://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01357926619338480&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y>

11. Smog free tower

기능	공공장소에 대용량 크기로 설치되는 공기정화기 개념으로, 이온화/전리 기술(ionization technology)을 이용하여 공기 중의 오염물질을 정화	
기후변화 대응 효과	(미세먼지 저감) 시간당 3만m ³ 공기를 처리 ¹⁾ 하며 최대 70%의 PM10, 50%의 PM2.5 먼지를 제거 ²⁾	
비용 ³⁾	- 약 1억 3천만 원(125,000달러)/대 (타워 생산에 소요된 크라우드펀딩 예산액) - 운영비: 1,400와트 전력 소모	
적용 사례	국외	- 네덜란드에서 시범사업으로 설치 가능하고, 중국, 폴란드 등 세계 곳곳에 이전하여 설치됨
	국내	- 해당사례 없음
적용 특성	- 약 7m 높이의 타워로 설치 부지 및 개방된 공간 확보 필요 - 태양광, 풍력 등 그린에너지 활용 가능 - 유사한 형태의 대형 공기정화탑이 중국 지구환경연구소에서 시험 가동하였으나 건설비용과 공기정화탑의 효과에 대한 경제성 분석 등을 통한 사업 실효성 비교가 되지 않음	
기타 ²⁾	 <p>〈설치사례: 중국 북경〉</p>	

1) Studio Roosegaarde, n.d., Smog Free Project, <https://www.studio Roosegaarde.net/project/smog-free-tower>

2) Nick Lavars, 2018.1.30., Pollution-sucking smog free tower makes its way to Poland, New Atlas <https://newatlas.com/pollution-smog-free-tower-poland/53172/>

3) Braden Phillips, 2016.7.20., A 23-foot-tall air purifier gets a tryout in smoggy Beijing, The New York Times, <https://www.nytimes.com/2016/07/21/us/a-23-foot-tall-air-purifier-gets-a-tryout-in-smoggy-beijing.html>



12. 저녹스(NOx) 보일러

기능	일반 보일러에 비해 질소산화물 배출량은 낮고 열효율은 높은 친환경 보일러를 보급하여 미세먼지 발생 저감									
기후변화 대응 효과 1)	(미세먼지 저감) 저녹스 보일러*로 교체할 경우 질소산화물 배출농도가 최소 50% 이상 감소하고, 열효율은 6% 이상 높아짐 * KEITI 환경표지 인증을 받은 보일러: 시간당 증발량이 0.1톤 미만, 또는 열량이 61,900Kcal 미만인 보일러									
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>NOx 배출</th> <th>열효율</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>일반 보일러</td> <td>85~173ppm</td> <td>80%~85%</td> </tr> <tr> <td>친환경 콘덴싱보일러</td> <td>40ppm</td> <td>91% 이상</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">〈보일러 성능 비교〉</p>		구분	NOx 배출	열효율	일반 보일러	85~173ppm	80%~85%	친환경 콘덴싱보일러	40ppm
구분	NOx 배출	열효율								
일반 보일러	85~173ppm	80%~85%								
친환경 콘덴싱보일러	40ppm	91% 이상								
비용	- 일반보일러에 비해 1대당 약 20만원의 추가비용 발생									
적용 사례	국외 ²⁾	- (영국) 1990년대부터 정부의 저녹스보일러 지원제도 시행으로 전체 보일러 시장에서 콘덴싱보일러가 차지하는 비중이 약 95%에 달함 - (네덜란드) 1980년도에 일반보일러와 콘덴싱보일러의 구입차액 지원 및 1990년도는 Building regulation을 통해 법으로 콘덴싱보일러 설치를 의무화함								
	국내	- (서울) 2015년부터 전국 최초로 시비를 지원함 - (한국) 2017년부터 환경부와 수도권 지역은 일반가정을 대상으로 가정용 저녹스 보일러 지원 사업을 시작함(1대당 16만 원의 보조금 지원)								
적용 특성	- 하수구, 배기통 등 설치장소의 환경조건에 따라 설치가 어려울 수 있음 - 응축수 배수관이 얼거나 비로 인한 과부화현상으로 고장 발생 가능									
기타	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>보일러 수량(대)</td> <td>8,521,493</td> </tr> <tr> <td>NOx 저감량(톤/년)</td> <td>12,782</td> </tr> <tr> <td>CO2 저감량(톤/년)</td> <td>340,860</td> </tr> <tr> <td>연료절감량(천 Nm³/년)</td> <td>178,546</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">〈수도권 지역의 NOx 저감 보일러 교체시 기대효과²⁾〉</p>		보일러 수량(대)	8,521,493	NOx 저감량(톤/년)	12,782	CO2 저감량(톤/년)	340,860	연료절감량(천 Nm ³ /년)	178,546
보일러 수량(대)	8,521,493									
NOx 저감량(톤/년)	12,782									
CO2 저감량(톤/년)	340,860									
연료절감량(천 Nm ³ /년)	178,546									

1) 서울시, 2018, 2018년 가정용 저녹스(친환경 콘덴싱)보일러 설치 지원계획

2) 강은철, 2018.3.10., 가정용보일러 NOx 해결 방안은 콘덴싱보일러 설치 의무화밖에 없다, Karn, https://www.kharn.kr/news/article_print.html?no=6398

13. 쿨루프(Cool roof)

기능	지붕에 반사율(알베도)이 높은 도료를 칠하거나, 반사율이 높은 지붕 자재 설치																		
기후변화 대응 효과	<p>(열환경 개선)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 옥상의 표면온도 20.7~28도¹⁾ 감소, 실내 온도 4~5도 낮춤(부산시 및 울산시 쿨루프 시공 모니터링 결과)²⁾ - 쿨루프 적용 시 열반사율에 따라 건물 에너지 사용 감소로 화이트 루프 100m² 면적당 약 1ton CO₂저감 효과 																		
비용 (창원사례)	30,000원/m ² (옥상녹화 시공 비용의 약 25%)																		
적용 사례	국외	<ul style="list-style-type: none"> - (미국) 교육부에서 운동장 포장 기준을 변경하여 쿨도료를 적용하는 학교가 증가하는 추세이고, 미국 전역에 기온이 높은 지역은 쿨루프 설치를 장려하고 '쿨루프 선택 가이드라인' 및 쿨루프 소재별 효율성을 제시하는 사이트를 제공하며 관련 산업이 활성화되어 있음³⁾ 																	
	국내	<ul style="list-style-type: none"> - (부산) 환경부 시범사업으로 쿨루프(15개소) 사업 추진 완료, '17년 400채 이상의 건물에 쿨루프 시공 확대 - (창원) 시청 본관 옥상 일부(600m²)에 1,800만원의 사업비로 쿨루프 조성⁴⁾ - (서울) '14년부터 2년간 에너지 취약계층 68가구에 쿨루프 설치 지원 완료. '17년에 시 예산을 활용해서 추가 70개 건물에 쿨루프 설치 지원 및 건물에너지효율화 사업으로 설치비용을 저리 융자 형태로 지원 - (울산) 약 3,000만 원의 사업비로 '17년 5~6월 1달간 총 37개소의 쿨루프 조성 사업 완료 																	
적용 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 지붕 종류에 따라 효과-열반사율 상이할 수 있음(종류별 효과 및 시공 방법은 참고문헌 참고)⁵⁾ - 시공에 따른 하중 부담이 없어 다양한 지붕구조에 시공 가능 																		
기타 ¹⁾	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>쿨루프</th> <th>옥상녹화(경량형)</th> <th>옥상태양광</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>비용</td> <td>30~40천원/m²</td> <td>90천원/m²</td> <td>375천원/m²</td> </tr> <tr> <td>단점</td> <td>국내사례부족</td> <td>비용, 관리</td> <td>면적한계, 비용</td> </tr> <tr> <td>장점</td> <td>비용절감, 모든 건물 적용</td> <td>경관양호</td> <td>에너지절감, 수익</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">〈지붕설치형 기후변화 대응 기술 비교〉</p>			구분	쿨루프	옥상녹화(경량형)	옥상태양광	비용	30~40천원/m ²	90천원/m ²	375천원/m ²	단점	국내사례부족	비용, 관리	면적한계, 비용	장점	비용절감, 모든 건물 적용	경관양호	에너지절감, 수익
구분	쿨루프	옥상녹화(경량형)	옥상태양광																
비용	30~40천원/m ²	90천원/m ²	375천원/m ²																
단점	국내사례부족	비용, 관리	면적한계, 비용																
장점	비용절감, 모든 건물 적용	경관양호	에너지절감, 수익																

1) 서울시, 2014, 서울형 쿨루프 지원사업 추진계획, 쿨루프 비용 및 효과검토

2) 연합뉴스, 2017.5.23., '폭염 막아라' 건물 온도 낮추는 '쿨루프' 조성 구슬땀

3) CRRC, <http://coolroofs.org/products/results>

4) 국가기후변화적응센터, 2016, 지자체 기후변화 적응선도사업 지원전략 및 관련사업 발굴

5) GCCA, 2012, A practical guide to cool roofs and cool pavements

14. 쿨페이브먼트(Cool pavement)

기능	기존의 도로 포장재에 비해 열 저장량이 낮고 표면온도가 낮은 재료(도로, 블록)를 활용한 도로 포장법										
기후변화 대응 효과	<p>(열환경 개선) 태양에너지를 반사하여 포장도로의 온도상승 완화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차열도로: 아스팔트 대비 표면온도 약 9도 감소 효과(고속도로 적용에 적합함) - 열교환도로: 아스팔트 대비 표면온도 약 11도, 우레탄고무 대비 16도 감소 효과 - 차열블록(투수기능포함): 아스팔트 대비 표면온도 약 13도 감소 및 LID 1~3등급의 투수 효과¹⁾ - 코르크포장: 우레탄 고무 대비 표면온도 약 6도 감소²⁾(놀이터 바닥재에 적합) <p>* 온도감소 효과는 각기 다른 대기온도 환경에서 측정된 결과로 포장재별 효과 비교에는 제약이 있음</p>										
비용	<ul style="list-style-type: none"> - 차열도로³⁾: 1,500 ~ 27,000원/m²(미국 저채도 코팅:Light colored aggregate~접착식 white topping 시공비) - 열교환도로(시공비)¹⁾: 30,000원/m² - 차열투수블록(재료비)¹⁾: 32,000~ 40,000원/m²(일반 투수블록: 약 16,000원/m²) - 코르크포장(놀이터두께 시공비)¹⁾: 약 140,000원/m² 										
적용 사례	국외	- (미국) 시카고에서는 쿨 페이브먼트 조성사업을 추진하고, 디트로이트 공항 활주로를 반사율 높은 시멘트로 재포장함									
	국내	<ul style="list-style-type: none"> - (서울) 차도용 아스팔트에 차열도로 포장 시험사업 추진 - (대구) 기후변화 선도사업으로 강창공원 차열 포장 공사 추진 - (부산, 제주 등) 차열투수블록 설치 									
적용 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 조성 완료된 단지에 적용할 경우 기존 아스팔트 포장 철거 비용 및 시간 소요 - 접착력 저하 등의 이유로 도로 벗겨짐 현상이 발생한 사례 존재 										
기타 ⁴⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 열환경 개선 효과를 지닌 기타 포장재 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>포장재</th> <th>최대 온도 저감 효과</th> <th>특징</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>점토바닥벽돌</td> <td>22℃</td> <td>동결융해 저항성 우수</td> </tr> <tr> <td>황토포장</td> <td>19.1℃</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		포장재	최대 온도 저감 효과	특징	점토바닥벽돌	22℃	동결융해 저항성 우수	황토포장	19.1℃	
	포장재	최대 온도 저감 효과	특징								
점토바닥벽돌	22℃	동결융해 저항성 우수									
황토포장	19.1℃										
<ul style="list-style-type: none"> - 블록색상에 따라 평균 3~8도의 온도차이 발생 											

1) 관련 기술개발업체 외부 시험성적서 및 업체별 시공비 조사 결과 활용

2) 범현주, 2017.4.20., 바스프, 내구성 바닥재 솔루션 개발, 내일신문

3) City of Chula Vista Engineering Department, 2012, Cool Pavements Study Final Report, p.40

4) 서울시 품질시험소, 2016, 도심지 열섬저감 포장(주차장) 시험시공 및 효과분석

- 미국 환경청 기준 클레이브먼트 포장재 종류 및 효과⁵⁾

포장재 종류	주거지		주차장/자전거도로		알베도(반사율)		사용기한(년) ¹⁾	도시열섬 (개선) 효과 ²⁾
	신규	기준	신규	기준	설치초기	시간 경과후		
Conventional Asphalt	✓		✓		0.05~0.10	0.10~0.15	20~30	△
Rubberized asphalt	✓		✓		0.05~0.10	0.10~0.15	20~30	△
Porous Asphalt	✓		✓		0.05~0.10	0.10~0.15	15~20(20 ~30)	○
Conventional Concrete	✓		✓		0.35~0.40	0.20~0.30	20~40(15 ~35)	○
Pervious Concrete	✓		✓		0.35~0.40	0.35~0.40	15~25	○
White Cement Concrete	✓		✓		0.70~0.80	0.40~0.60	20~40(15 ~35)	◎
Concrete Pavers	✓		✓		0.10~0.80	0.10~0.80	15~30	○
Titanium Dioxide Cement	✓		✓		0.35~0.40	0.35~0.40	20~40	◎
Conventional Asphalt Overlay		✓			0.05~0.10	0.10~0.15	15~20	△
Rubberized Asphalt Overlay		✓			0.05~0.10	0.10~0.15	15~25	△
Chip Seals(Light Colored Aggregate)		✓	✓	✓	~0.20	감소	5~10 (5~10)	○
Conventional Scrub/Slurry/Cape seals		✓	✓	✓	0.05~0.10	0.10~0.15	5~10 (3~7)	△
Light Colored Binder		✓		✓	0.10~0.80	0.10~0.80		○
White topping		✓	✓	✓	0.40	0.25	20~30(10 ~15)	○
Light Colored Binder			✓		0.10~0.80	0.10~0.80		○
Color Pigments and Seals			✓	✓	0.10~0.80	0.10~0.80	3~7 (5~10)	○
Resin Based			✓		0.33~0.55	감소		○

기타

주:1) 주차장/자전거 도로의 클레이브먼트 사용기한이 주거지에 시공할 때와 다를 경우 괄호 안에 별도 표기, 2) ◎: 높음, ○: 보통, △: 낮음

5) City of Chula Vista Engineering Department, 2012, Cool Pavements Study Final Report 번역하여 재작성

15. 빗물정원(Rain garden)

기능	유휴공간에 식물재배화분 또는 정원 등의 녹지공간을 조성하여 빗물이 지면으로 침투 및 저류되면서 일시 저류하고 오염물질을 여과								
기후변화 대응 효과	(열환경 개선) 토양 표면온도를 낮춰 여름철 도심 열기 해소 ¹⁾								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>조건</th> <th>토양 표면 온도</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>식물이 없는 토양</td> <td>40~50도</td> </tr> <tr> <td>일반 정원</td> <td>35±2도</td> </tr> <tr> <td>빗물정원</td> <td>30±3도</td> </tr> </tbody> </table>		조건	토양 표면 온도	식물이 없는 토양	40~50도	일반 정원	35±2도	빗물정원
조건	토양 표면 온도								
식물이 없는 토양	40~50도								
일반 정원	35±2도								
빗물정원	30±3도								
	(물재난) - 식물재배화분 조성 시 약 40%의 우수유출 저감(잔디밭은 빗물의 27% 보유) ²⁾ - 지역의 5~7% 규모로 조성될 경우 총 강우량의 최대 90%이 관리될 수 있음(노르웨이 시뮬레이션 결과) ³⁾								
비용 ⁴⁾	약 45만원/m ²								
적용 사례	국외	- (미국) 시카고(Green alley programme 일환으로 빗물정원 조성 사업 실시), 펜실베이니아 등							
	국내	- (서울) 광화문광장 레인가든 등 - (부산) LID 기법을 적용한 공원을 조성하여 빗물 재이용 순환시스템의 하나로 빗물정원이 조성됨							
적용 특성 (주의사항)	- 지상부 높이에 비해 뿌리가 1.5~2배까지 뻗어가는 그라스류, 사초류, 속새, 홍피 등은 넓은 면적에서 한 가지 식물로 조성 - 길가 도로에 위치하는 빗물정원의 경우 컨테이너형 빗물정원 시스템 활용 가능								
기타	- (LID) '빗물 유출 제로화 단지(충북 청주시 오창읍)'사업으로 빗물 유출량 17.5% 감소로 연간 180억원 편익 발생 ⁵⁾								
	- 빗물 정원 계획도								



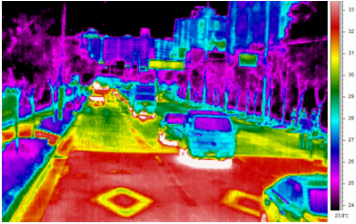
- 1) 농촌진흥청, 2017.6.1., '빗물정원으로 여름철 도심 열기 식히세요', http://www.rda.go.kr/board/board.do?boardId=farmprmninfo&prgId=day_farmprmninfoEntry&currPage=1&dataNo=100000735363&mode=updateCnt&searchSDate=&searchEDate=&totalSearchYn=Y
- 2) 환경부, 2013, 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인
- 3) 국가기후변화적응센터, 2016, 지자체 기후변화 적응선도사업 지원전략 및 관련사업 발굴
- 4) 라펜트, 2012.10.28., 도심지 레인가든 '보도규정·영화갈숨' 해결책은? https://www.lafent.com/inews/news_view.html?news_id=107708
- 5) 세계일보, 2017.1.10., 빗물 모아 미래 대비. 울산 '물순환 도시'로, <http://www.segye.com/content/html/2017/01/10/20170110003115.html?OutUrl=naver>

16. 식생수로

기능 ¹⁾	얇게 잔디로 덮인 유압식 수로로 유출수의 흐름을 늦추고 침투를 활성화함. 빗물이 수로를 따라 흐르면서 오염물질 제거 (유출저감, 수자원보호, 수질개선, 열환경개선, 생태경관개선)	
기후변화 대응 효과 ¹⁾	(열환경 개선) - 도시열섬 저감 효과 약 80% 이상 (물재난 방지) - 유출수 수질개선(유출저감 40~80%) - 수자원 보호(지하수 함양, 재사용)	
비용	(설치비) 10.39백만 원/ha-배수구역 (연평균운영비) 2,547천 원/년 (배수면적당 운영비) 3,308천 원/년·ha·배수면적 (오염물질 저감량당 운영비) 9.0천 원/년·TSS-kg ※ 모니터링 사례지인 용인 삼계(0.77ha) 기준으로 작성	
적용 사례	국외	- (미국) 필라델피아 vilanova대학, 도심공원 등 자체 유출저감 공간 확보 (옥상녹화, 빗물정원, 인공습지, 투수포장 등 함께 조성) 
	국내	- (아산시) 국내 최초 분산형 빗물관리 도시 조성 사례 - (서울시) 남산 주변 소월길에 오목형 식생수로 조성 
적용 특성	초지수로, 건식 식생수로, 습식 식생수로 등 다양한 방식으로 조성	
기타	-	

1) 한국건설기술연구원, 2015, 물순환 효과분석 및 인프라구축기술 개발연구 용역

17. 투수성 포장

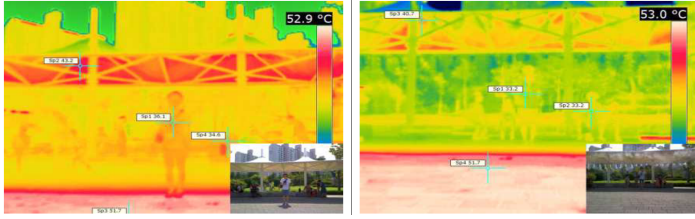

기능	포장체를 통해 빗물을 하부 지층으로 침투시키며, 포장체 하부는 여과층, 침투수의 일시 저류 기능을 하는 자갈층, 섬유여과층 및 적정 침투율을 갖는 토양층으로 구성 (유출저감, 수자원보호, 수질개선)	
기후변화 대응 효과	(열환경 개선) 도시열섬 저감 효과 약 80% 이상 (물재난 방지) 유출수 수질개선(유출저감 40~80%)	
비용 ¹⁾	(공사비) 약 12,700원/㎡ ※ 시공범위 : 모래 및 모래포설 다짐, 투수시트 깔기, 블록설치	
적용 사례 ²⁾ *	국외	<p>- (일본) 침투시설만으로 집중호우 대비(310mm 연속강우 및 시간당 91mm : 전량침투) 및 지하수 보전·활용 (침투통, 침투트렌치 함께 적용)</p> 
	국내	<p>- (부산) 부산대학교 양산캠퍼스 LID실증단지에 설치</p> 
적용 특성 ²⁾ (주의사항)	<p>- 가파른 경사지에서는 표면 유출이 잘 일어나 침투 효율이 낮아질 수 있으므로 완만한 경사지에 적용하는 것이 적합</p> <p>- 적용지역의 토지이용이나 경관, 교통량과 통행 차량의 특성에 따라 포장의 형태와 두께가 달라짐</p> <p>- 부분적인 설치나 공간적 제약이 적은 시설로 현장 설치가 용이</p> <p>- 가로변 조경 공사나 조경공간으로부터 유입되는 토사로 포장면 공극이 막히는 현상을 피해야 함(조경공사 선행 후 토사유입을 방지한 후 투수성 포장 공사 실시)</p>	
기타 ³⁾	<p>- 설치 사례 효과분석</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 대상 : 서울시 도봉구 마들길(누원초등학교 앞) 시험시공 현장(연장 100m, 폭 3.75m) ▶ 효과분석 <p>- 우천시 100㎡당 약 6.7톤 빗물 저장</p> <p>- 아스팔트에 비해 표면온도는 최고 4.7℃, 대기온도 0.5℃ 낮음</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	

1) <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=neosun1977&logNo=220684780648>

2) 한국건설기술연구원, 2015, 물순환 효과분석 및 인프라구축기술 개발연구 용역

3) 서울시, 2011, 투수성 도로포장(블록) 시험시공 모니터링 분석 결과 보고

18. 쿨링포그 시스템(Cooling fog system)

기능	옥외나 실내 넓은 공간에 미세 물입자(빗방울의 1/100만 크기)를 분사하여 공기 중 더운 공기와 만나 기화함에 따라 주변 온도 저감 및 미세먼지 감소	
기후변화 대응 효과	<p>(열환경 개선) 주변 온도 2-3도 하강 효과¹⁾</p>  <p>〈쿨링포그 시스템 설치 전(좌) 및 후(우) 열환경 차이〉</p> <p>(미세먼지 저감) 공기 중에 부유하는 미세먼지 저감 효과</p>	
비용 ²⁾	<p>- 설치비 : 약 1,000~3,000만 원/100m</p> <p>- 유지관리비 : 소모성 부품(정수 필터 및 노즐 등)은 연 1회 교체 및 550~1,250Watt/시간 소비</p>	
적용 사례	<p>국외</p> <ul style="list-style-type: none"> - (프랑스) 2003년 파리 폭염 행사에서 도심에서 일정 온도가 넘을 경우 미스트를 분사하는 시설을 시범 설치함 - (기타) 미국, 호주에서 야외 인구의 폭염피해 저감을 위해 분무시스템을 설치 및 운영 중임 	<p>국내</p> <ul style="list-style-type: none"> - (서울) 광화문 광장 보행로 80m 구간에 7,000만 원 예산으로 시범운영³⁾ - (대구) 국채보상공원 내 총 253m 구간에 1억 6,000만 원을 투입해 운영 중임 - (기타) 여수 엑스포, 순천만국제정원박람회, 재래시장 및 축사 등 다양한 공간에 설치 및 운영 중임
적용 특성	- 횡단보도 인근, 버스 정류장, 유원지/공원, 전통시장, 지하철 플랫폼, 경기장 등 유동인구가 많은 오픈 스페이스에 미세 물 입자 분사 장치를 설치하여 효과 극대화할 수 있음	
기타 ⁴⁾	 <p>〈설치사례: 대구 국채보상공원〉</p>	

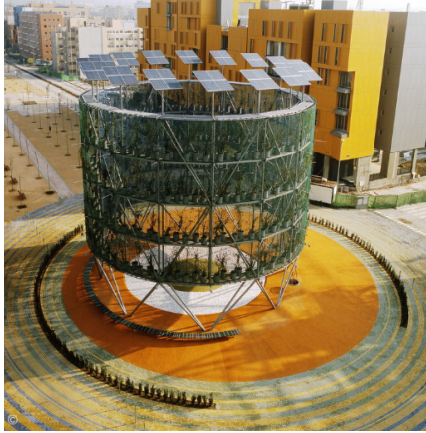
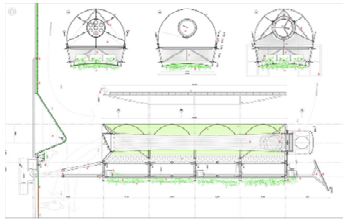

1) 강남구, 2018, 쿨링포그 시스템 설치공사 계획

2) 신창호, 2015, 기후변화에 따른 여름철 강원도 관광지 폭염피해 예방시설 제안, 한국기후변화연구원

3) 원낙연, 2017.6.15., 광화문광장에 쿨링포그 설치.. 폭염주의보때 도로 물청소, 서울&, http://www.seoul.go.kr/artsociety/society_general/2106.html

4) 뉴스, 2014.6.17., 대구시, 국채보상공원에 쿨링포그 시스템 시험 가동, <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=003&aid=0005909461>

19. 에어 트리: 폭염 적응형 랜드마크


기능	조형물을 녹화하여 그늘을 만들고 태양광 발전설비를 통해 구조물에 유지되는 필수 전력을 충당할 수 있는 폭염 적응형 랜드마크 설치하여 주변온도를 저감하고 시민들의 심미적 효과 기대	
기후변화 대응 효과 ¹⁾	(열환경 개선) 내·외부 온도를 약 10도 저감시키고, 태양광 발전설비를 활용하여 구조물에 소요되는 전력을 전량 충당하는 등 간접적인 열환경 개선 효과	
비용	-	
적용 사례	국외	- (마드리드) 가벼운 재활용 자재를 활용하여 폭염 적응형 구조물을 설치하여 '에어 트리(Air tree)'라는 랜드마크 조성
	국내	- 적용 사례 없음
적용 특성 ²⁾	- 이동인구가 많고 일사량이 풍부한 장소에 설치할 경우 심미적 효과가 증대될 수 있음 - 에어트리 상단에 설치된 태양광 패널을 통해 신재생에너지를 생산할 수 있음	
	   <p style="text-align: center;">〈마드리드 설치사례(좌) 및 설계도면(우)〉</p>  <p style="text-align: center;">〈에어트리 하단부를 활용한 시민 생활환경 조성³⁾〉</p>	
기타	-	

1) Simon Leufstedt, 2008.3.8., Huge 'Air Tree' in Spain produces energy and oxygen, Green Blog, <http://green-blog.org/news/design-architecture/huge-air-tree-in-spain-produces-energy-and-oxygen-r241/>

2) Plataforma arquitectura, 2007.12.19., Eco Boulevard de Vallecas/Ecosistema Urbano, <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/624474/eco-boulevard-de-vallecas-ecosistema-urbano>

3) Nicole Jewell, 2011.4.12., Madrid's Eco-Boulevard, Buildipedia, <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/madrids-eco-boulevard>

20. 쿨존(Cool zone) 조성

기능	폭염 등 극한 열환경에 취약한 주민들이 일시적으로 대피할 수 있는 공간을 조성	
기후변화 대응 효과	(열환경 개선) 그늘막, 쿨링센터 등 극한 열환경을 피할 수 있는 공간을 마련하여 주민의 열쾌적성 제고	
비용	<ul style="list-style-type: none"> - (그늘막) 설치비: 평균 100만 원 이하/대 (접이식 파라솔, 몽골 천막, 차광막 등 그늘막 비용 평균값¹⁾) - (쿨링센터) 운영비: 기존 공용 공간을 활용하고 추가적인 공간 운영비(전력) 소요 	
적용 사례	국외	- 유럽 도심 거리에 다양한 형식의 캐노피를 설치하여 그늘을 형성함
	국내	<ul style="list-style-type: none"> - 서울, 충남, 울산 등 전국적으로 폭염 대응형 그늘막(접이식 파라솔) 설치가 활성화됨 - 하남시 소재 아파트의 경우 다양한 조성기법을 접목하여 단지 내 쿨존을 조성함
적용 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 단지 내 관리 사무소, 주민센터, 경로당 등 공용 공간을 활용하여 쿨링센터 개념의 폭염/한파 대피 공간을 마련할 수 있음 - 그늘막은 주로 폭염 등 여름 열환경에 대한 대응 효과가 크므로, 겨울철 운영방식에 대한 고민이 필요하고 관리 소홀에 따른 안전사고가 발생할 수 있음 	
기타	 <p>〈스페인 도심 캐노피 설치사례(좌) 및 서울시 '서리풀 원두막' 설치사례(우)〉</p>	

1) 국민권익위원회, 2017, 폭염 방지 그늘막 설치·관리 기준 마련



<놀이터 내 교목식재>

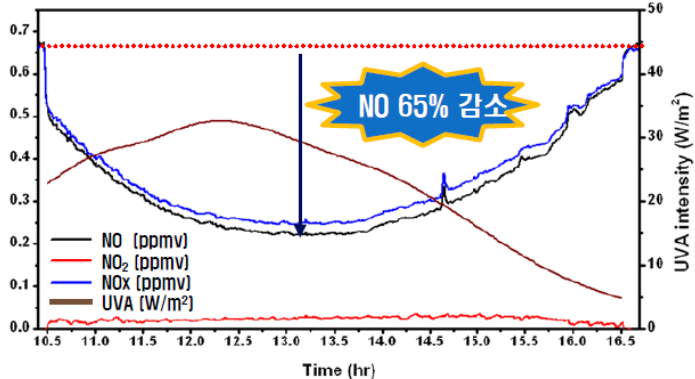


<단지 내 반개폐형 파고라 설치>



<단지 내 쿨린존 조성 사례(하남시 자이 아파트)>

21. 광촉매 적용 기술

기능	광촉매를 포함한 각종 매개물(콘크리트, 무기 페인트, 석고, 아스팔트 도로 등)을 건물과 도로 등의 구조물에 활용하여 TiO ₂ 의 광촉매 기능을 통한 대기질 및 열환경 개선				
기후변화 대응 효과	<p>(열환경 개선) 광촉매 효과로 자외선이 차단되고, 도로 또는 건물 표면을 깨끗하게 유지시켜 열반사율을 높게 유지할 수 있어 도시열섬 개선 효과가 높음¹⁾</p> <p>(미세먼지 저감)</p> <ul style="list-style-type: none"> - NO_x의 15~28%이 저감되어 미세먼지 발생량이 저감될 수 있음 - 축구장 1개 규모(7,140m²)의 광촉매 보도블록을 설치할 경우, 시간당 17.35g의 NO_x 분해²⁾  <p style="text-align: center;">〈광촉매 5% 함유 보도블록의 NO 제거 성능³⁾〉</p>				
비용	<ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 대량 생산 시, 약 1.5만 원/kg(NP-100제품) 예상⁴⁾ * 국내산 고품질 산화티탄: 6~9만원/kg, 중국산: 3만원/kg - 광촉매 투수블록²⁾: 약 4만 원/m² 				
적용 사례	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;">국외⁵⁾</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - (일본) 광촉매 기술개발이 활발하게 진행되었으며, 50,000m² 면적에 광촉매 콘크리트 블록 포장을 시공하여 자동차에서 배출되는 NO_x의 15%이 저감되는 것으로 보고됨 - (네덜란드) 폭 5m, 길이 150m의 광촉매 코팅 보도블록을 시공하여 질소산화물이 19~28% 감소한 사례가 있음 - (그외) 도로 및 건물에 적용하여 광촉매의 셀프클리닝 기능 활용 중임 </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">국내</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - (서울) 양재역 일대 150m, 왕복 8차로 구간에 광촉매 시험포장을 완료하였고, 미세먼지 모니터링 계획 중임⁶⁾ - (광주) 약 1000m² 규모의 광촉매 보도블록이 시공됨(17년)²⁾ </td> </tr> </table>	국외 ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> - (일본) 광촉매 기술개발이 활발하게 진행되었으며, 50,000m² 면적에 광촉매 콘크리트 블록 포장을 시공하여 자동차에서 배출되는 NO_x의 15%이 저감되는 것으로 보고됨 - (네덜란드) 폭 5m, 길이 150m의 광촉매 코팅 보도블록을 시공하여 질소산화물이 19~28% 감소한 사례가 있음 - (그외) 도로 및 건물에 적용하여 광촉매의 셀프클리닝 기능 활용 중임 	국내	<ul style="list-style-type: none"> - (서울) 양재역 일대 150m, 왕복 8차로 구간에 광촉매 시험포장을 완료하였고, 미세먼지 모니터링 계획 중임⁶⁾ - (광주) 약 1000m² 규모의 광촉매 보도블록이 시공됨(17년)²⁾
국외 ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> - (일본) 광촉매 기술개발이 활발하게 진행되었으며, 50,000m² 면적에 광촉매 콘크리트 블록 포장을 시공하여 자동차에서 배출되는 NO_x의 15%이 저감되는 것으로 보고됨 - (네덜란드) 폭 5m, 길이 150m의 광촉매 코팅 보도블록을 시공하여 질소산화물이 19~28% 감소한 사례가 있음 - (그외) 도로 및 건물에 적용하여 광촉매의 셀프클리닝 기능 활용 중임 				
국내	<ul style="list-style-type: none"> - (서울) 양재역 일대 150m, 왕복 8차로 구간에 광촉매 시험포장을 완료하였고, 미세먼지 모니터링 계획 중임⁶⁾ - (광주) 약 1000m² 규모의 광촉매 보도블록이 시공됨(17년)²⁾ 				
적용 특성	- 태양광 여건 및 광촉매 활용 방식(혼합재, 함유량 등)에 따라 효과가 상이할 수 있음				

1) City of Chula Vista Engineering Department, 2012, Cool Pavements Study Final Report

2) 국내 광촉매 투수블록

제작업체<http://ecopaver.co.kr/product/product.php?ptype=view&prcode=1801260001&catcode=100000&page=1&catcode=100000&searchopt=&searchkey> 시험 결과

3) 김중호, 2017.7.14., 대기 중 미세먼지 원인물질을 직접 제거할 수 없을 까?, 2017년 제2차 여성과총 과학커뮤니케이션 포럼

4) 한국건설기술연구원기술, 2015, 대기오염 저감을 위한 광촉매 콘크리트 제조 및 실용화 기술 개발, p.20

5) 안상우 외, 2016, 건설환경공학분야에서 광촉매 활용, KIC News, Vol 19, No.5

6) 문화뉴스, 2018.6.28., 서울시, 강남대로 도로포장에 '광촉매' 활용.. "미세먼지 저감 기대"
<http://m.munhwanews.com/news/articleView.html?idxno=146622>



기타	- 광촉매 기술 수준 ⁷⁾				
	주거 및 근린 상업시설 광촉매 기술	광촉매 콘크리트 제조 기술	광촉매 콘크리트 포장시공 기술	광촉매 콘크리트 도로 부속 시설물 적용 기술	터널 및 지하공간 광촉매 적용 기술
기술수준 (%)	68.53	65.02	61.22	58.16	65.80

* 기술수준 41~60%: 선진기술의 도입적용 가능, 61~80%: 선진기술의 모방 개량 가능

7) 국토교통부, 2016, 슬러지에서 제조한 광촉매를 활용한 건설재료, 자재 개발 및 적용기술 개발기획 최종보고서, p.149

주의사항

1. 본 보고서는 SH 서울주택도시공사에서 출연하여 서울연구원에서 위탁수행한 연구용역과제의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용 중 필요하다고 인정되는 부분은 대외적으로 공개하지 않으며,
3. 본 보고서의 내용을 인용, 발표하기 위해서는 반드시 출처를 밝혀야 하며, SH 서울주택도시공사의 동의 없이 무단 전재 및 복제 등을 할 수 없습니다.

