

SMART CITY STANDARDS

Laying the foundation for international Standardization of Smart cities

- D1.1 스마트시티 거버넌스 체계 및 프레임워크 개발 - 한국건설기술연구원, 가천대학교
- D1.2 통합플랫폼 등 공공서비스 표준화 및 표준 인덱스 개발 연구 - 스마트도시협회, 성균관대학교
- D1.3 스마트시티 포트폴리오-프로그램-프로젝트 프로세스 표준화 - 한양대학교
- D1.4 스마트시티 데이터 상호운용성 확보 및 가이드라인 정립 - 한국정보통신기술협회
- D2.1 스마트교통-에너지 연계분야 표준지침개발 - 한국지능형교통체계협회, 한국교통대학교, 홍익대학교, 한국과학기술원
- D2.2 스마트에너지-빌딩 연계분야 표준지침개발 - 스마트에너지협회, 한국기계전기전자시험연구원
- D2.3 스마트시티 공간정보 분야 표준지침개발 - 한국정보통신기술협회, 연세대학교
- D2.4 스마트 ICT분야 표준지침개발 - 한국전자기술연구원, 연세대학교
- D3.1 스마트시티 표준화 역량강화 프로그램 - 한국정보통신기술협회
- D3.2 스마트시티 품질 평가체계 구축 및 인증 - 한국정보통신기술협회
- D3.3 스마트시티 국제표준화 및 양-협력프로그램 - 한국정보통신기술협회

**STRATEGIC PLANNING
GOVERNANCE**
스마트시티 표준화 전략 및
체계 구축

**TECHNOLOGY
STANDARDS**
스마트시티 도메인별 기술표준 및
서비스 시험표준 개발

스마트시티 표준화 역량개발
및 국제협력
**CAPABILITY
DEVELOPMENT**

KAIA Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement

스마트시티 국제표준화 기반 조성 (R&D)

SMART CITY STANDARDS

MARCH 2022, ISSUE #11
SMART CITY, STANDARDIZA-
TION AND ITS SERVICES

AN INTE-
GRATED AP-
PROACH FOR
CITIES

**Integrated
approach**

LTRA-EFFICIENT
BUILDINGS
SMART ENERGY IN-
FRASTRUCTURE
CLEAN ELECTRIFICA-
TION
COMPACT CITIES

Systemic Efficiency

Systemic Efficiency is a delivery mechanism that encompasses clean electrification, smart digital technology, and efficient buildings and infrastructure, along with a circular economy approach to water, waste and materials.

Net Zero Carbon City

Net Zero Carbon
Cities: An Integrated
Approach, World
Economic Forum



KAIA

Korea Agency for
Infrastructure Technology
Advancement



비매품/무료

95530

9 791192 052045

ISBN 979-11-92052-04-5 (PDF)
ISBN 979-11-963090-6-0 (세트)

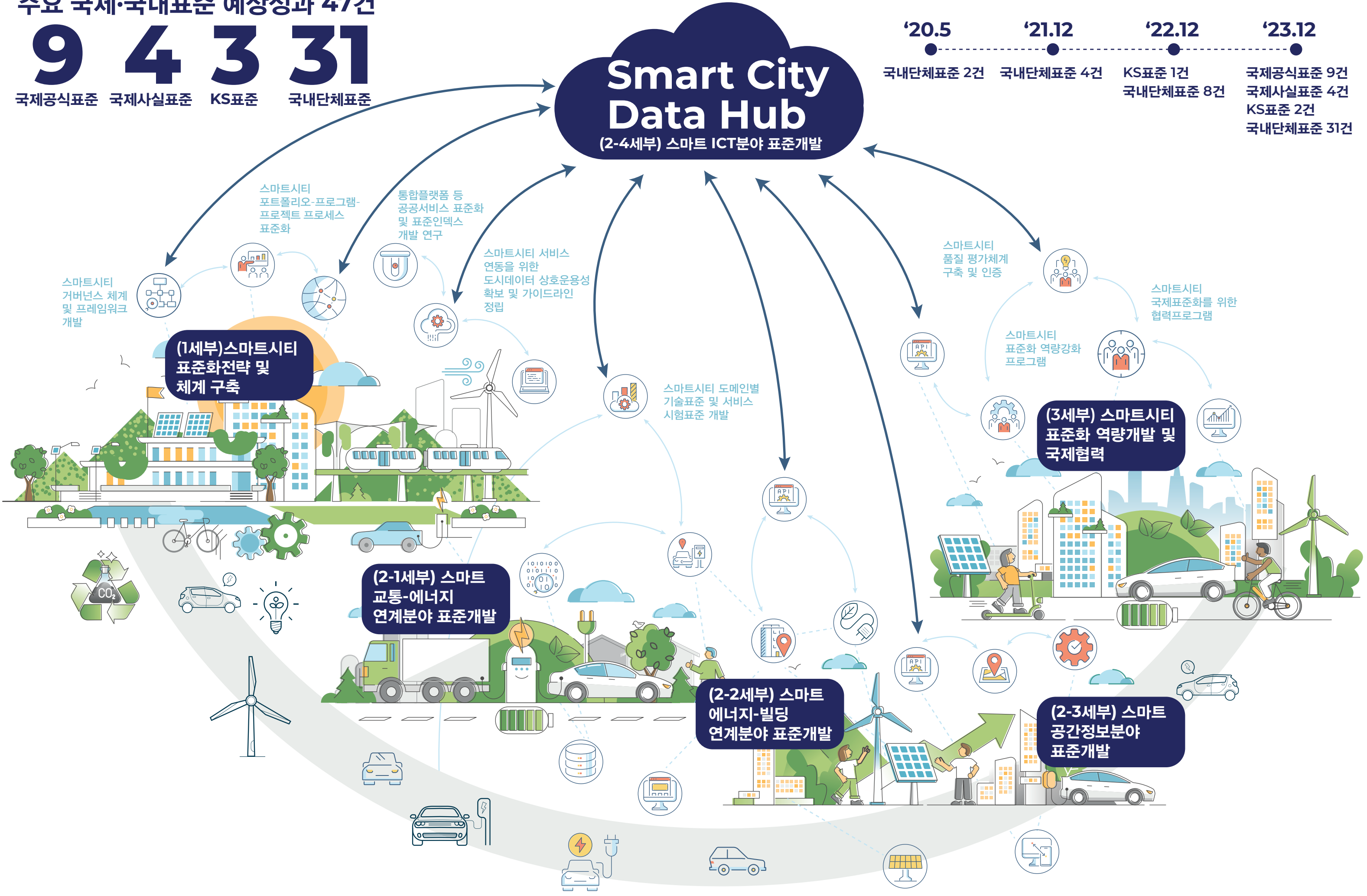
스마트시티 국제표준화 기반조성(R&D) '20.5-'23.12

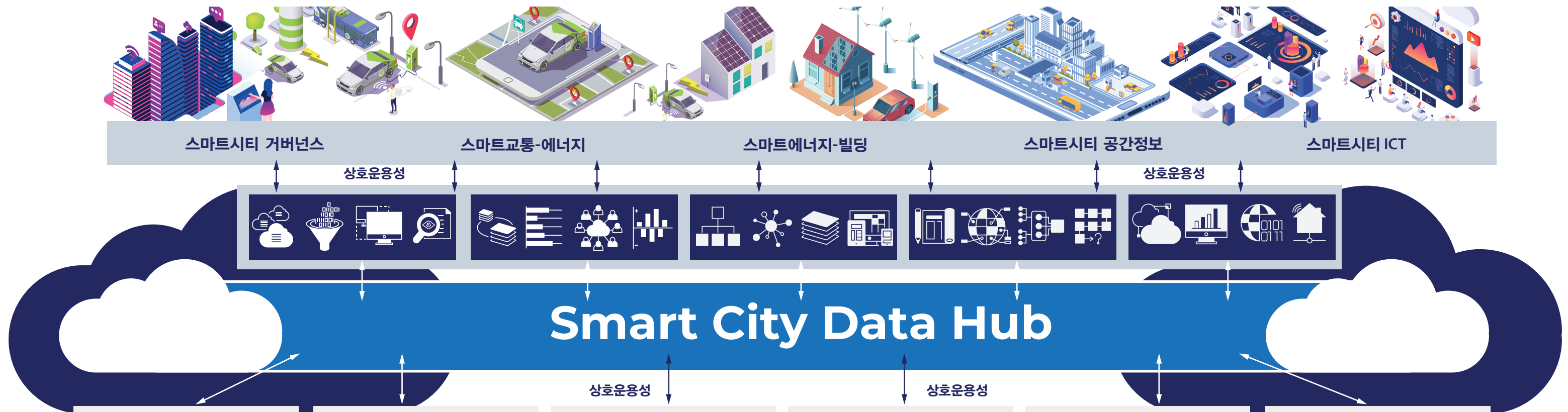
주요 국제·국내표준 예상성과 47건

9 4 3 31

국제공식표준 국제사실표준 KS표준 국내단체표준

'20.5	'21.12	'22.12	'23.12
국내단체표준 2건	국내단체표준 4건	KS표준 1건 국내단체표준 8건	국제공식표준 9건 국제사실표준 4건 KS표준 2건 국내단체표준 31건





(1세부)스마트시티 표준화전략 및 체계 구축

- Proposed a new work item on "Requirements for Real-Time Event Monitoring and Integrated Management Platforms in Smart Cities"
- Interoperability evaluation system of NGSI-LD based Smart City Data
- 스마트시티 통합플랫폼 - 제1부 소프트웨어 일반요구사항 및 기능
- 스마트시티 정보의 통합 관리 및 운영을 위한 플랫폼 소프트웨어 기능 및 상호연동 시험규격 2.0
- 스마트시티 정보의 통합 관리 및 운영을 위한 플랫폼 소프트웨어 요구사항 개정
- 스마트시티 정보의 통합 관리 및 운영을 위한 플랫폼 소프트웨어와 서비스 연계를 위한 데이터 교환(R1)
- 실시간 영상 및 저장된 영상을 연동하기 위한 서비스 Part 1. 스마트시티 서비스 연계구조/Part 2. 스마트시티 서비스 운영기능 요구사항/Part 3. 제3부: 플레이어 요구사항(안)
- 스마트시티 국제표준(3P) 매뉴얼(안)
- 스마트시티 메타데이터 표준
- 국가 데이터맵 프레임워크

(2-1세부)스마트교통-에너지 연계분야 표준개발

- Services for providing power supply & demand information of EV charging stations in the Smart cities
- Smart transportation-energy services concept and usecase definitions
- 스마트교통-에너지 연계서비스 구현을 위한 일반적인 요구사항과 유즈케이스 정의
- 전기자동차 충전소 인프라 및 충전정보시스템 간 정보연계표준
- MaaS 플랫폼과 에너지 데이터 정보연계 표준
- 에너지 긴급상황 및 정전 시 충/방전 정보연계 표준

(2-2세부)스마트에너지-빌딩 연계분야 표준개발

- Framework of city-level energy data sharing and analytics among buildings
- Requirements for building-level energy data interoperability in smart city
- Evaluation criteria for energy management system(EMS) to reduce energy consumption in smart buildings
- 스마트에너지-빌딩 연계시스템 - 제1부 데이터 모델/제2부 데이터 처리/제3부 데이터 관리
- 스마트빌딩&에너지-빌딩 성능평가 모델 표준

(2-3세부)스마트시티 공간정보분야 표준개발

- Securing interoperability among heterogeneous smart city domain information models
- Guidelines for bidirectional GIS/BIM information exchange
- Geographic Information - Gap analysis of geospatial standards for indoor-outdoor seamless navigation
- 스마트시티 통합 운영 및 관리 Part 2. 통합플랫폼과 GIS연계 방안
- 공간정보 기반 도시 에너지 데이터 표준 모델 및 식별체계(안)
- 실외 IoT 센서 위치 데이터 명세
- 공간정보 기반 이동형 IoT 플랫폼(안)
- 스마트시티 데이터허브와 공간정보 플랫폼 간 실시간 연계 구조 및 인터페이스 규격(안)
- 공간 및 교통 분야의 표준 상호운용성을 위한 용어 정의
- 공간 및 건축(BIM)분야의 표준 상호운용성을 위한 용어 정의
- 디지털 트윈 데이터(CityGML)의 모바일 서비스를 위한 표준(안)
- BIM(IFC) 데이터의 디지털 트윈 데이터(CityGML) 변환을 위한 표준(안)
- 공간정보 기반의 건축(BIM) 및 교통 분야 상호운용성을 위한 온톨로지 구현 가이드(안)

(2-4세부)스마트 ICT분야 표준개발

- Case Study of NGSI-LD Adoptions
- NGSI-LD/oneM2M interworking proxy proposal
- Study of NGSI-LD Architecture Deployment Scenarios
- 스마트시티 ICT 통합 프레임워크 구조 표준(안)
- 스마트시티 ICT 통합 프레임워크 플랫폼 간 연동 표준(안)
- 스마트시티 ICT 통합 프레임워크 활용 표준(안)
- 데이터허브 기반 데이터 마켓플레이스거래 거버넌스 모델
- 데이터 허브 기반 데이터 유통거래 가이드라인

(3세부)스마트시티 표준화 역량개발 및 국제협력

- 스마트시티 ICT&데이터 기술 표준(안)
- 스마트시티 ICT&데이터 시험 규격 표준(안)
- 스마트시티 데이터 플랫폼 인터페이스 적합성 시험도구
- 스마트시티 데이터모델 적합성 시험도구
- 스마트시티 서비스 어플리케이션 품질 측정 매트릭
- 스마트시티 보안 품질검증 장비
- 스마트시티 품질평가 인증 기준(안) 개발
- 국제 표준 기반 인증제도 운영
- 스마트시티 표준화 협력 프로그램 운영
- 스마트시티 국제표준화 협의체 운영
- 스마트시티 표준화 협력 프로그램 시범 운영
- 스마트시티 국제표준화 대응기구 설립 전략
- 스마트시티 국제표준 우수연계 사례 국제표준화 기구 등재
- 표준 라이브러리 툴킷 및 표준 맵 보고서
- 스마트시티 아카데미 교육자료 개발 및 시범 교육과정 운영
- 표준 라이브러리 툴킷 및 표준 맵

Content



Net Zero Carbon Cities

An integrated approach for cities → 10

도시의 통합적 접근법

How to transition to an integrated approach → 17

통합적 접근법으로의 변화

A. Ultra-efficient buildings → 19

초고효율 건물

B. Smart energy infrastructure → 23

스마트 에너지 인프라

C. Clean electrification → 27

친환경 전동화

D. Compact cities → 30

컴팩트 시티

Francesco Starace, Chief Executive Officer and General Manager Enel Group

Jean-Pascal Tricoire, Chairman and Chief Executive Officer Schneider Electric

Francesco Starace and Jean-Pascal Tricoire are Co-Chairs of the Net Zero Carbon Cities: An Integrated Approach programme at the World Economic Forum.

Foreword

Why is it so important that we decarbonize cities? How should we do it?

도시의 탈탄소화가 중요한 이유는 무엇인가? 어떻게 해야 하는가?

본 연구는 이 질문에 대한 답을 제시한다.

첫 번째 질문에 대한 답은 간단하다. 즉, 인류의 절반 이상이 살고 있는 도시들은 기후변화의 근본 원인인 CO₂ 배출량 중 3분의 2를 생산하고 있다. 초거대도시의 고층건물, 쇼핑물, SUV 자동차와 에어컨 사용량 증가 등은 모두 CO₂ 함량이 높은 에너지를 막대하게 사용한다.

두 번째 질문에 대한 답은 좀 더 복잡하다.

여러 도시들은 넷제로탄소 도시가 되기 위한 노력을 점차 강화하고 있지만 아직 갈 길이 멀다.

기후변화의 속도가 빨라지면서 세 가지 측면에서 행동해야 한다. 먼저, 사용하는 에너지 중 대부분이 재생에너지여야 한다. 둘째, 자동차, 대중교통, 난방은 전기로 가동해야 한다. 셋째, 시스템의 효율을 높여야 한다. 이는 모든 것의 생산 효율을 말한다 - 공장에서 가정, 교통수단, 전자장치에 이르는 모든 것의 에너지 효율과 연결성을 높여야 한다. 스마트 에너지 인프라는 이러한 통합적이고 효율적인 시스템의 근본적 연결수단이다.

디지털화는 탈탄소화의 성공을 위한 자산과 행동의 통합에 핵심적인 역할을 한다. 이를테면, 자동으로 건물 냉방이나 조명을 특정 순간의 건물 재실 비율에 맞춰 조절하는 기술이나 제조현장의 작업자가 보다 효율적으로 작업할 수 있는 디지털 도구가 가능할 수 있다.

이러한 측면에서의 발전은 아직 대부분의 경우 서로 단절된 상태로 이루어지고 있다. 가정, 대학, 병원 등 건물의 에너지 프로파일은 상보적 역할을 하는 방안을 생각해내야 한다. 지붕 태양광 패널은 “동네”가 아닌 설치된 건물에

만 에너지를 공급하는 경우가 대부분이다. 전기차(electric vehicle, EV) 배터리는 설치된 차량 1대의 에너지만 저장하지만, 주변 지역사회의 에너지 저장소 역할을 할 수도 있다. 기후변화에 보다 성공적으로 대응하기 위해 도시들은 디지털 기술로 이러한 개별 자산을 도시 지역 전체적으로 통합 및 연결하고, 도시 공간의 컴팩트화와 접근성을 높이도록 설계, 개조할 수 있다.

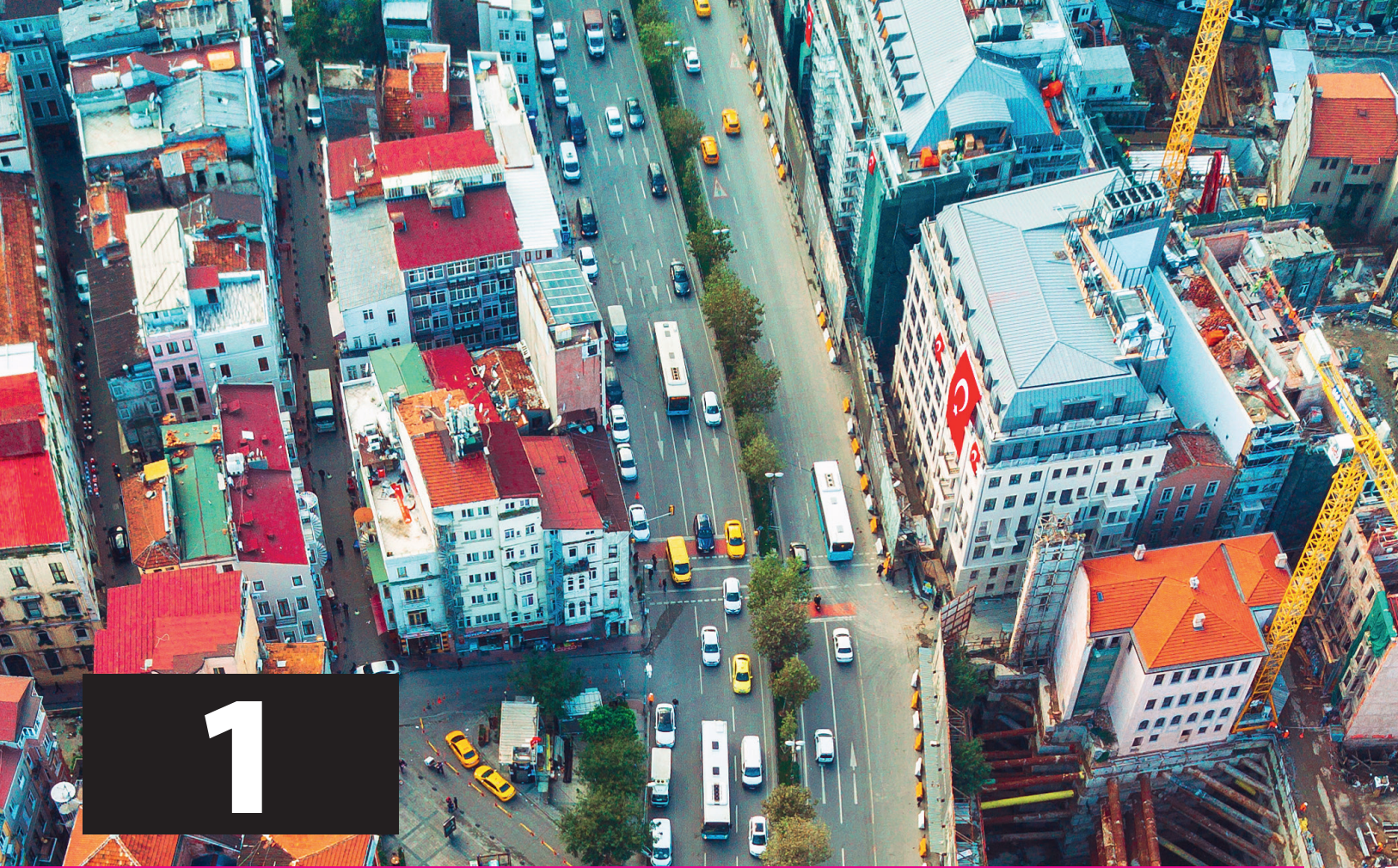
본 글로벌 프레임워크는 도시 및 에너지 계획수립에 대한 보다 통합적 접근법의 장점과 이를 취할 수 있는 기회를 제시한다. 또한, 도시 생태계 전체적인 이해당사자의 통합을 결합하여 도시들이 체계적 변화를 일으키고, 에너지 인터페이스와 건물, 운송수단의 에너지 효율 및 효과를 극대화하여 실제로 매우 강력한 성과를 얻을 수 있는 방법을 설명한다.

이러한 범시스템적 효율을 일으키는 기술은 이미 존재한다. 다만, 도시들은 그 잠재력을 활용하고 보다 친환경적이면서 효율이 우수한 도시를 만들려는 투자가 환경뿐 아니라 일자리 창출, 보건, 지역사회의 안녕, 도시의 전반적 거주성과 지속가능성에도 기여함을 인식해야 한다.

기후 목표를 달성하려면 정치권과 기업, 인프라 및 부동산 개발사, 지자체, 민간 사회, 금융 분야 등이 모두 역할을 맡아야 한다. 본 글로벌 프레임워크는 도시 이해당사자를 위해 공통적이고 통합적인 의제를 제시한다. 모든 기후 문제의 만병통치약이 될 수는 없지만 여러 경험과 성공담이 도움이 되기를 바란다. 본 공동 의장들은 도시의 지속가능성 변화를 가속화하고, 시장님들이 가치를 창출하는데 도움을 드리고자 한다. 본 “넷제로탄소 도시: 통합적 접근법”에 대한 참여는 언제든지 환영한다.



An Integrated Approach



“An integrated approach for cities”

SYSTEMIC EFFICIENCY OVERVIEW

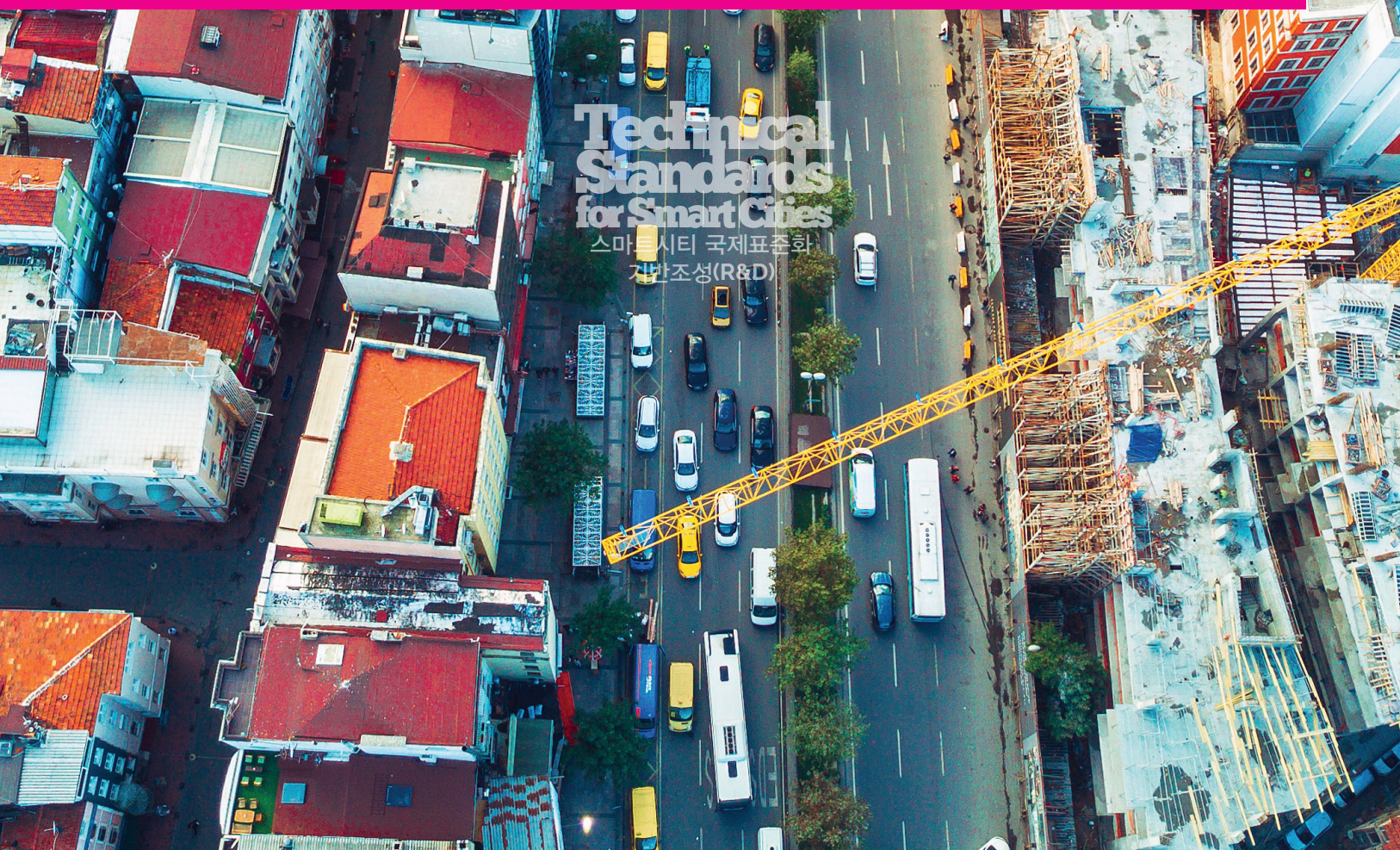
A

전 세계적으로 도시들은 탄소배출량과 에너지 사용량의 대부분을 차지한다. 도시는 지구 표면 중 단 3%만 차지하지만¹ 탄소배출량 중 70% 이상을 생성하며,² 이는 주로 건물, 에너지, 교통수단 등에서 발생한다. 또한, 전 세계 1차 에너지 중 78%를 소비한다. 현재 전 세계 인구 중 54%는 도시 거주자이며, 이는 2050년까지 68%로 증가할 것으로 예상된다. 인구가 증가하면서 건축물도 늘어나고, 에너지 사용량과 탄소배출량도 증가한다. 지구 온도의 증가분을 섭씨 1.5도 미만으로 낮추려면 도시들은 급세기 중반까지 넷제로 배출을 달성해야 한다.³ 또한, 세계가 COVID-19로 인해 경제, 보건, 사회적 문제에 직면하면서 이들에 대한 해법은 매우 중요하면

서 제한적 자원을 극대화할 수 있어야 한다. 본 보고서는 현재의 환경, 경제, 보건, 사회적 위기에 대한 해법으로 “시스템적 효율성”이라 정의되는 글로벌 프레임워크인 통합적 에너지 접근법을 제시한다. 시스템적 효율이라는 개념에는 친환경 전동화, 스마트 에너지 기술, 효율적 건물 및 인프라를 비롯하여 물, 폐기물, 물질에 대한 순환경제적 접근법이 포함된다. 건물, 에너지, 교통수단, 수자원 시스템을 통합하는 계획수립과 디지털 기술은 시스템적 효율성의 핵심이다. 도시들은 전체론적 접근법을 취함으로써 다양한 잠재적 기후 및 보건 관련 위기를 극복할 회복력을 강화할 수 있다. 이 프레임워크는 도시들이 인프라에 대해 다시 생각하면서 그 친환경성, 스마트함, 회복력, 공정성, 효율을 높일 수 있는 해법을 제시하는 것이 목적이다.

시스템적 효율

시스템적 효율이라는 전달 메커니즘의 개념에는 친환경 전동화, 스마트 디지털 테크놀로지, 효율적 빌딩 및 인프라를 비롯하여 물, 폐기물, 물질에 대한 순환경제적 접근법이 포함된다





The need for an integrated approach becomes clear when looking at energy flows (See Chart 1).

NET ZERO CARBON FUTURE

NET ZERO CARBON

City and national level leaders, as well as private businesses, often approach urban infrastructure with recommendations, policies and actions from their individual sectors (energy, buildings, mobility). While this can help move cities towards a net zero carbon future, integrated solutions will result in greater impact.

도시와 국가 지도자뿐 아니라 민간 기업은 도시 인프라에 대해 에너지, 건물, 이동수단 등 각 분야의 권고안, 정책, 조치를 이용하여 접근하는 경우가 많다. 이는 도시가 넷제로탄소 미래(Net Zero Carbon Future)로 나아가는데 도움이 될 수 있지만, 통합적 솔루션(Integrated Solution)을 이용하면 더욱 강한 영향을 미칠 수 있다.

통합적 접근법의 필요성은 에너지의 흐름을 생각하면 보다 명확해진다 (차트1). 이를테면, 이 그림은 미국에서 1차에너지 중 67.5%가 낭비되고 있음 (“거부됨, rejected”)을 나타낸다. 차트1 상단의 1차에너지원은 자동차, 가정, 산업용 연료와 전기로 변환된다. 화석연료를 1차에너지원으로 연소하면 폐열이 발생하며, 화석연료의 추출과 운송으로 인한 추가 에너지를 소모해야 한다.

재생에너지를 1차에너지원으로 전환하고, 최종 사용량의 전동화 비율을 높이면 낭비가 크게 줄어든다.

Rewiring America는 최근 전동화를 통해 화석연료를 에너지로 변환할 시 폐열에서 25%, 효율적 전력 전송을 통해 15%, 화석연료의 탐사, 채굴, 정제 등에서 11%, 건물 전동화에 효율적 히트펌프를 이용할 시 6~9%, 아스팔트 등 미연소 화석연료에서 4~5% 등 도시에서 필요하다고 판단하는 에너지의 절반 이상을 절약할 수 있다는 연구 결과를 발표했다.⁵

Chart 1. Estimated US Energy Use in 2019: ~100.2 Quads
2019년 추정 미국 에너지 사용량: ~100.2 Quads⁴

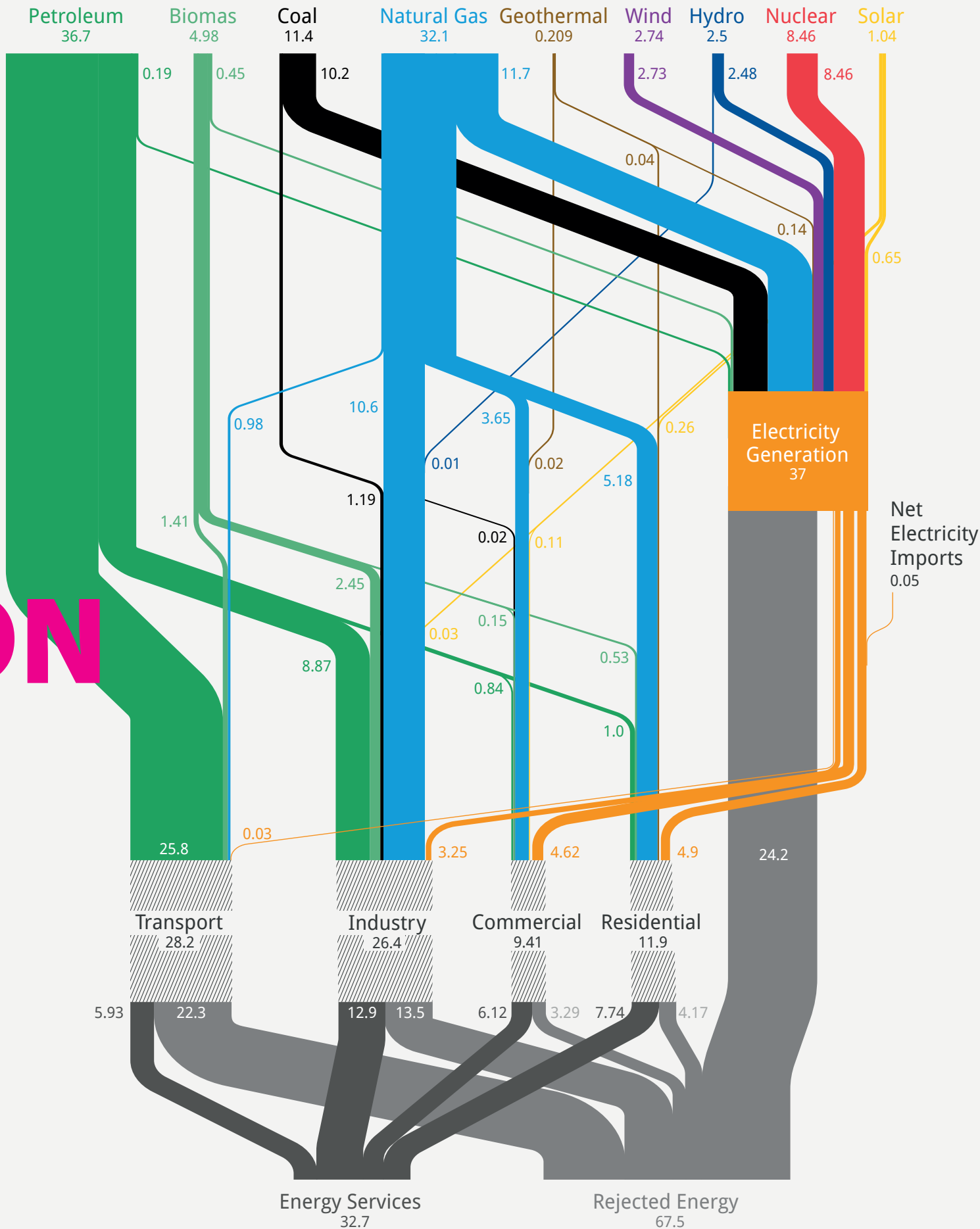


Diagram adapted from Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) and US Department of Energy, Estimated US Energy Consumption in 2019 Energy Flow Chart



An integrated approach to transitioning cities to net zero carbon needs:

넷제로 탄소를 향한 도시 변화의 통합적 접근법:

1. 시스템적 효율을 위한 기회 실행 (차트 2): 향후 10여년간 이해당사자인 도시들은 재생에너지의 비율을 높이고 최종 에너지 사용량의 전동화에 집중하면서 시스템 통합을 위한 디지털화에 노력해야 한다. 이를테면, 에너지 수요를 최적화하여 유연성을 높이고 전기 이동수단으로의 전환을 가속화하며, 냉난방 기능에서 탄소를 제거하는 것이다. 동시에 컴팩트한 도시 형태를 목표로 하는 스마트 성장 방식을 채택하여 토지와 교통수단의 사용량을 줄여야 한다.

2. 도시 가치망 전체적인 협력: 인프라, 부동산 개발사와 소유주, 이동수단, 설비 및 기술 업체, 공기업 등 여러 분야에서 공공 - 민간 협력은 보다 통합적이고 최적화된 시스템을 조성하게 된다. 동시에 이 협력을 도시 및 국가 차원의 정책과 자금지원 제도로 지원해야 한다.

Chart 2. Opportunities for the decade ahead
2019년 추정 미국 에너지 사용량: ~100.2 Quads

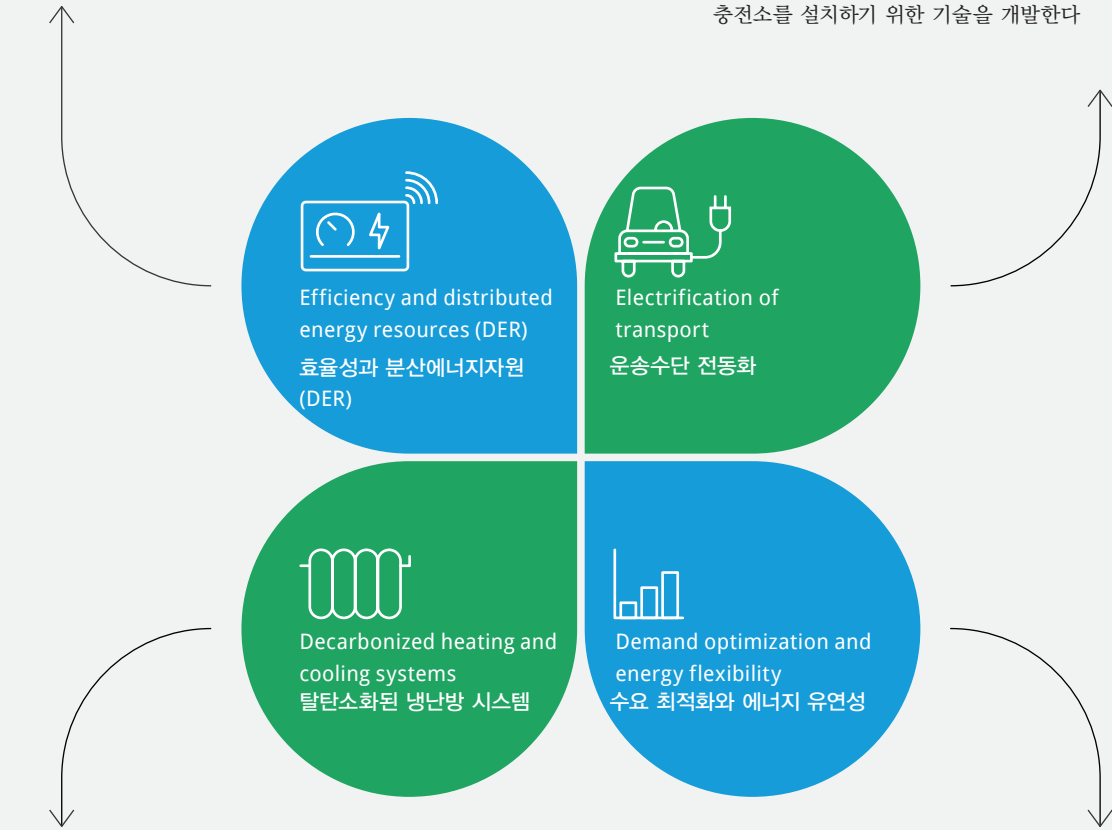
넷제로탄소 도시를 향한 변화를 가속화하려면 이러한 기회를 우선적으로 파악하여 시스템적 효율성을 확보해야 한다.⁶

Improving energy productivity

- 에너지 생산성 제고
- 효율성 확보: 저소득가구, 지역, 상업지에 초점을 맞추며, 스마트 효율성 제고와 재생에너지 활용도를 높이기 위한 지원을 강화한다.
 - 스마트하며 효율적인 가전제품: 에어컨 등 가전제품의 스마트성과 효율성을 높인다.
 - 분산 태양광 및 BTM(behind-the-meter)용 배터리: 소규모 배터리 설비와 분산 태양광 설비를 결합하여 발전량이 수요를 충족하도록 함으로써 송배전계통의 손실을 줄인다.

Electrification of personal vehicles, fleets and public transit

- 개인용 차량, 상업용 차량 플릿, 대중교통의 전동화
- 정책 및 규제: 청정대기구역, 국가적으로 단계화된 내연기관차량 판매 중단 및 차량 배출가스 표준을 시행한다. 전기 모빌리티 및 에너지 공기업들이 EV 인프라와 스마트 충전에 함께 투자하는 등 산업간 시너지를 도모한다. EV 충전소 설치를 지원하기 위한 인허가 및 건축물 규제를 시행한다. 공급을 보완하는 효율적 가격제도를 통해 새로운 매출을 창출한다.
 - 배터리 전기차(Battery Electric Vehicles, BEV) 구매와 충전소 설비에 대한 지원 및 자금 제도를 실시한다.
 - 역동적 가격책정과 V2G/V2H/V2B 기능을 갖춘 스마트 충전소를 설치하기 위한 기술을 개발한다



Limiting the role of fossil fuels

- 화석연료의 역할 제한
- 지역 냉난방(District Heating and Cooling, DHC): 지역 내 건물에 서비스를 제공하는 지하 단열 냉온수관망을 구축하여 냉난방 및 가정/산업용수와 전력 공급에 있어 시너지를 창출한다.
 - 난방 전동화(Electrification of Heating): 가능하면 지역 난방망에 연결된 히트펌프를 유연하게 사용한다. 히트펌프 이용료를 유연화하여 사용자가 비수기 시간대로 난방 수요를 전환하도록 유도한다.

Optimizing demand to meet supply curve

- 공급문제 해소를 위해 수요를 최적화한다.
- 동적 가격책정, 사용시점 기준 요금 및 수요 대응(Dynamic pricing, ToU (Time of Use) rates and demand response): 고객 참여도를 높이고 이들의 비용과 풍력/태양광 출력제한을 줄일 수 있다.
 - 수요 조절(Aggregation): DER이 침투 부하를 해소하고 계통혼잡을 해소하며 전압 지원 서비스를 제공하도록 촉진하는 새로운 인센티브와 프로그램을 실시한다.

Diagram adapted from World Economic Forum and Accenture Analysis, System Value; for more information, see <https://www.weforum.org/projects/system-value> (link as of 04/12/2020)

도시를 위한 통합적 접근법의 효용

Benefits of the integrated approach in cities

Investing at scale in efficient, clean energy solutions will boost economies while delivering positive environmental, social and public health outcomes for residents.



유연하게 효율적이며 친환경 에너지 솔루션에 투자하게 되면 경제를 발전시키는 동시에 긍정적인 환경, 사회, 보건 관련 성과를 주민들에게 제공할 수 있다. 특히, 일자리 창출 가능성은 놀라울 정도이다. Rewiring

America는 적절한 재정지원과 규제개혁 및 넷제로 경제로의 전환이 미국에서만 향후 15년에 걸쳐 2,500만개의 신규 일자리를 창출할 것이며, 그 중 현재 에너지 산업에서 직간접적으로 지원하는 일자리의 2배에 달하는 5백만개가 장기 지속형 일자리라고 전망했다.

2020년에 세계경제포럼은 Accenture와 협력하여 시스템 가치(System Value) 프레임워

크를 만들었다. 이 프레임워크를 이용하면 초점을 비용에서 가치로 전환하며, 시장 전체적인 관점에서 잠재적 에너지 솔루션에 대해 보다 전체론적으로 경제, 환경, 사회, 기술적 성과를 평가할 수 있다. 여러 시장에서 분석을 통해 이 프레임워크의 효과를 입증했다. 이 분석에서는 도시의 에너지 전환에 대한 지속적 투자가 일자리 창출, 온실가스 저감 및 인체 건강과 물 사용 측면에서의 동시적 효용과 같은 긍정적 결과를 일으키는 것으로 파악되었다.⁷ 이 프레임워크와 시장분석에 대한 자세한 정보는 시스템 웹사이트(System Value, weforum.org/projects/system-value)에서 확인할 수 있다.

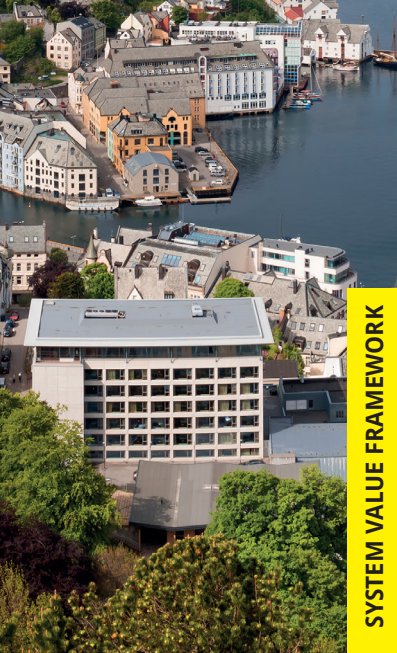


Chart 3. Maximizing system value benefits for cities across the globe

전 세계 도시들을 위한 시스템 가치와 효용의 극대화

Europe

효율성 이니셔티브를 통해 유럽 도시들을 탈탄소화하고 디지털화와 수요 최적화를 통해 스마트한 유연성을 확보하며, 전기 모빌리티와 탈탄소화된 난방계통으로의 전환으로 전동화를 가속화하면 2030년까지 상당한 효용을 거둘 수 있다:



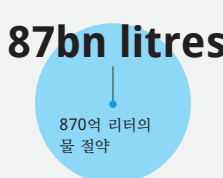
2030년까지 263Mt의 추가 CO₂ 배출량 저감 가능성이 존재한다. 운송수단 전동화, 냉난방 탈탄소화, 수요 최적화가 주요 동인이 된다.



스마트 충전 및 전기 이동수단 인프라 개발과 히트펌프, 스마트 계량기, 기타 수요 최적화 활동을 통해 2030년까지 연간 68만개의 일자리를 창출이 가능할 수 있다.



2030년까지 대기오염물질 저감을 통해 360억 달러가 넘는 보건상 효용을 확보할 수 있다. 재생에너지를 이용한 추가 수요 충족, 지속적 전력망 투자, 도시 중심부의 시스템적 효율 개선이 주요 동인이다.



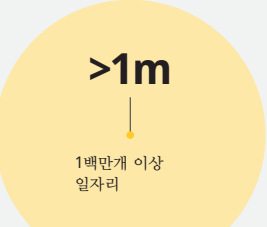
2030년까지 기본 전기 시스템과 관련된 870억 리터의 물 사용량을 줄일 수 있다. 효율 및 수요 최적화 활동을 통한 구체적인 절감도 가능하다.

Brazil

2025년까지 “연결되고 효율적인 도시”에 지속적으로 투자하여 높은 효용을 거둘 수 있다:



보다 효율적인 가전제품과 공공 서비스, 전기 모빌리티, 분산 발전의 확대를 통해 최대 7%의 효율을 높여 2025년까지 45Mt의 누적 CO₂ 저감을 달성할 수 있다.



2025년까지 스마트 건축물(건설, 자재), 전력망 최적화, HVAC와 조명 등 시스템의 고효율화를 통해 1백만개 이상 일자리를 창출할 수 있다.



2025년까지 대기오염물질 저감을 통해 34억 달러가 넘는 보건상 효용을 확보할 수 있다. 수력 외 재생에너지를 이용한 추가 수요 충족과 도시 중심부의 시스템적 효율 개선이 주요 동인이다.



2025년까지 기본 전기 시스템과 관련된 15억 리터의 물 사용량을 줄일 수 있다. 수력 외 재생에너지 활용도 증가와 전력망 및 도시 전체적인 효율성 제고를 통해 절감이 가능하다.

United States

미국의 경우 2009년 경기회복법안 수준의 투자를 재현하여 스마트 빌딩과 에너지 인프라를 구축하고 소비자의 에너지 비용을 줄일 수 있다. 여기에 육상 이동수단의 전동화와 전기 히트펌프의 확산이 더해지면 2025년까지 높은 효용을 거둘 수 있다:



2025년까지 110Mt의 추가 CO₂ 배출량 저감 가능성이 존재한다. 건축물, 이동수단, 산업의 친환경 전동화에 수요 최적화가 함께 동인으로 작용한다.



정부와 교육기관 대상 스마트 기술과 효율성 개선, 내후 지원 프로그램, 전기 모빌리티와 저장장치 투자를 통해 2025년까지 연간 55만개 이상 일자리 추가가 가능할 수 있다.



2025년까지 순전히 보다 공격적인 효율성 프로그램과 수요 최적화 및 전동화를 통해 대기오염물질을 줄임으로써 140억 달러가 넘는 누적 보건 효용을 확보할 수 있다.



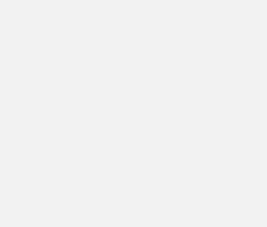
효율성 제고 활동에 대한 투자를 늘려 2025년까지 1,830억 리터의 물 사용량을 줄일 수 있다.

India

인도에서는 강력한 에너지 효율성 투자가 이루어지고 있다. 냉방 효율의 개선과 신규 거주용 및 상업용 건물에 대한 표준의 강화 그리고 전력망 최적화를 함께 실시하여 CO₂ 배출량을 줄이고, 송배전 손실을 줄여 2025년까지 높은 효용을 거둘 수 있다:



2025년까지 CO₂ 배출량 저감수준.



정부와 교육기관 대상 스마트 기술과 효율성 개선, 내후 지원 프로그램, 전기 모빌리티와 저장장치 투자를 통해 2025년까지 연간 55만개 이상 일자리 추가가 가능할 수 있다.



2030년까지 대기오염물질 저감을 통해 130억 달러가 넘는 보건 효용을 확보할 수 있다.



2025년까지 2,680억 리터의 물 사용량을 줄일 수 있다.

Diagram adapted from World Economic Forum and Accenture Analysis, System Value; for more information, see <https://www.weforum.org/projects/system-value> (link as of 04/12/2020)

“

To transition cities to a net zero carbon future, this framework recommends focusing on ultra-efficient buildings, smart energy infrastructure and clean electrification alongside consideration of compact urban form.

”

2

HOW TO TRANSITION TO AN INTEGRATED APPROACH

How to transition to an integrated approach

통합적 접근법으로의 변화

도시의 넷제로탄소 미래를 가능하게 만들기 위해 본 프레임워크는 초고효율 건축물, 스마트 에너지 인프라, 친환경 전동화 등의 노력과 함께 컴팩트한 도시 형태를 고려할 것을 권장한다.

Ultra-efficient, connected buildings

초고효율성 커넥티드 건축물은 고성능 저탄소 건축자재와 전기 시스템, 분산 에너지 및 지능형 관리 시스템을 함께 이용하여 효율을 극대화한다.

Ultra-efficient, connected buildings combine high performance and low-carbon buildings materials with electric systems, distributed energy and intelligent management systems to maximize efficiency

Smart energy infrastructure

스마트 에너지 인프라에는 비용효율적이며, 안전한 배전망, 스마트 계량기, 전기 이동수단 충전소 등이 있다.

Clean electrification

친환경 전동화는 풍력이나 태양광 등 제로탄소 에너지에 기반한 전동화를 말한다. 이동수단, 냉난방, 조명, 가전제품도 친환경 전기를 사용할 수 있다.

Compact urban form

컴팩트한 도시 형태라 함은 주거지와 그 네트워크의 형태, 크기, 밀도, 구성을 비롯한 인공적 생활환경의 물리적 특성이 컴팩트함(소형)을 말한다.

본 장은 이러한 동인들을 각각 통합적 시스템에서 상호작용하도록 설계, 계획하여 도시들의 넷제로탄소 전환을 가속화하는 방안에 대해 알아본다

Chart 4. Integrated energy systems in cities
도시의 통합적 에너지 시스템

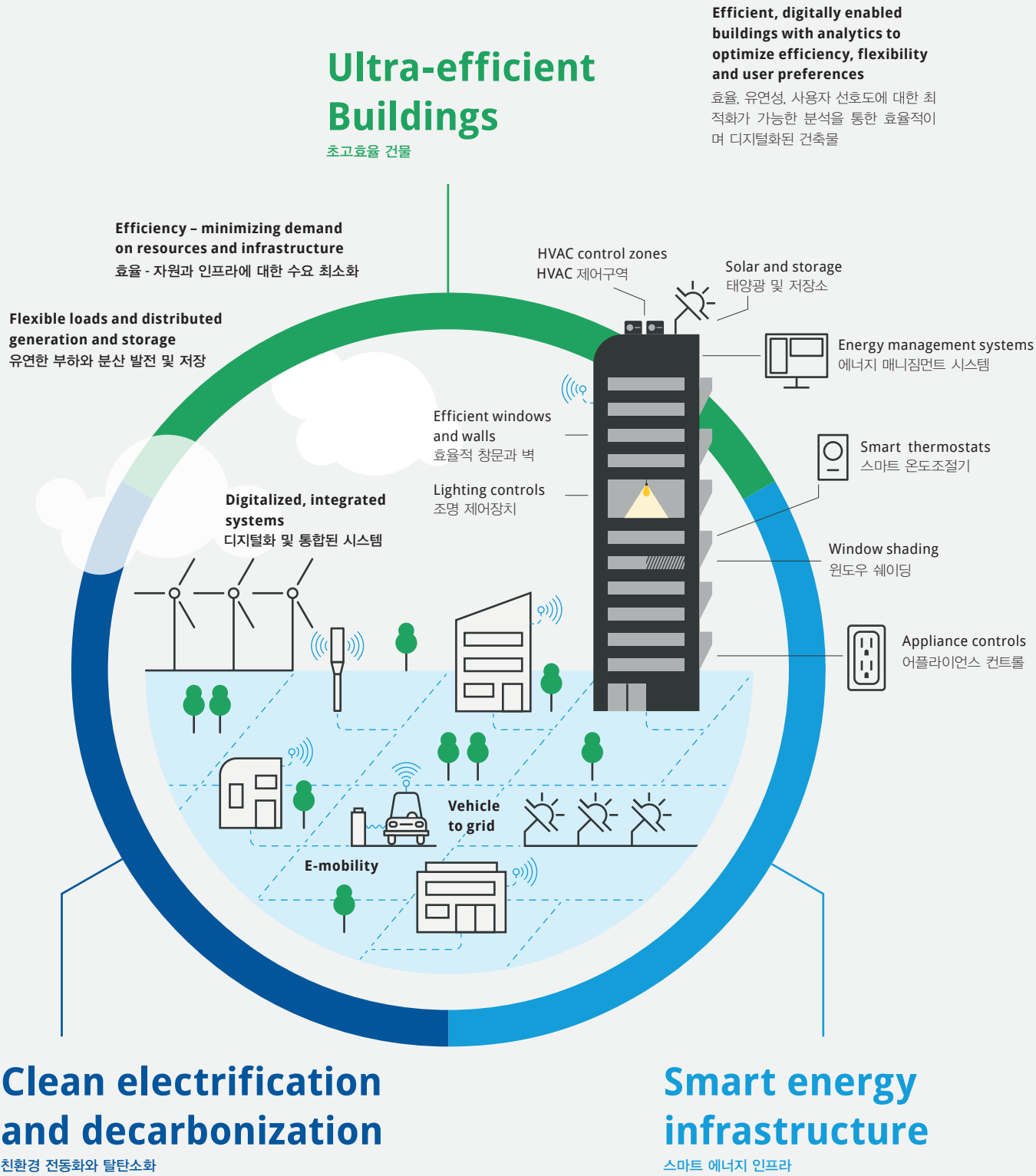


Diagram adapted from World Economic Forum and Accenture Analysis, System Value; for more information, see <https://www.weforum.org/projects/system-value> (link as of 04/12/2020)

Net Zero Carbon Cities: An Integrated Approach, World Economic Forum

Challenge Buildings are
at the heart of the de-
carbonization equation.

A Ultra-efficient buildings

Solutions to decrease building emissions have largely focused on the level of individual buildings, mainly because of the lack of an integrated system-wide strategy.

Challenge:

건물은 탈탄소화 공식의 핵심이다. 전 세계 온실가스 중 약 40%가 건물에서 나오며, 그 중 약 30%는 건물 운용, 10%는 건축활동과 자재에서 발생한다. (내재탄소배

출량)⁸

건축물 배출량을 줄이기 위한 해법은 통합적 및 범시스템적 전략의 부재로 인해 주로 개별 건물의 배출량에 초점을 맞춘다. 이를테면, 도시계획과 정책은 건물들의 대규모 상호작용을 고려하지 않는다. 그러나 보다 빠른 발전과 더 높은 효율을 위해 건물은 서로 상호작용할 뿐 아니라 전력망 및 다른 자산과도 상호작용해야 한다.

Heating and Cooling

냉난방

냉난방은 도시 에너지 수요에서 가장 큰 비중을 차지한다. 현재에도 넷제로탄소가 가능한 효율적 온도조절 기술은 존재하지만, 문제는 확산의 정도이다. 난방의 친환경화를 위해서는 건물의 화석연료 사용을 중단하고 효율을 높여야 한다. 단열이 잘 되고 지역난방이나 히트펌프로 난방하는 건물은 시스템 수요를 크게 줄일 수 있다. 지역난방의 경우 네트워크를 이용하여 시스템 내 사용자간 가용한 열의 분배를 최적화할 수 있다. 사실, 산업 프로세스의 잉여열을 이 공유 네트워크에서 재활용할 수 있다. 이를테면, Vattenfall의 SamEnergi 방식은 잉여열을 데이터센터나 공장 등 시설로부터 구입한다. 이 열은 기존 지역난방 인프라를 통해 전달하여 보다 순환적 경제가 구축되며,⁹ 동시에 디지털화된 시스템을 이용하여 열

수요를 보다 정확히 추적, 관리하여 효율을 더욱 높이는 것이 가능하다.

냉방의 경우 약 10억명이 냉방 접근성 부족으로 인해 위험에 처해 있으며, 22억명은 청정하고 효율적인 냉방을 누리지 못하고 있다.¹⁰ 한편, 생활수준 향상과 온도상승으로 인한 공간 냉방 수요는 유례없는 규모로 높아지고 있다. IEA에 따르면, 2030년까지 설치된 에어컨의 수는 현재 20억대에서 70% 이상 상승할 것으로 보인다. 냉방설비의 효율이 크게 높아지지 않을 시 건물 냉방의 전기 수요는 2030년까지 전 세계적으로 50%가 상승할 수 있으며, 이는 피크시간대의 전력망 부담을 크게 높일게 된다.¹¹ 지속가능한 냉방에 대한 자세한 사항은 SE4all Cooling for all initiative 사이트에서 볼 수 있다.

Opportunity

효율, 최종 사용 에너지의 친환경 전동화, 적극적 에너지 관리, 통합적 설계와 디지털 기술이 함께 작용하면 건물 에너지 사용량과 CO₂ 배출량을 크게 줄일 수 있다. 이는 효율적 자금 지원을 받는 스마트 기술과 혁신적 설계를 함께 적용하는 도시계획 및 정책수립에 대한 새로운 협력적 접근법을 통해 가능할 수 있다.

새로운 넷제로탄소 개발과 기존 건물의 개보수는 각기 신흥국과 선진국에 다른 문제를 야기하므로 구분해야 한다. 글로벌 사우스(아프리카, 라틴 아메리카 및 아시아 및 중동 개도국) 대부분에서 CO₂ 감축은 신규 개발에서 이루어지게 되며, 동시에 비용의 합리성과 효율의 균형을 도모해야 한다. 선진국의 경우 신규 개발과 개보수 투자 모두 필요하지만 특히 경제적으로 어려운 거주지의 개보수가 더 큰 문제이다.

개보수는 넷제로탄소 목표 달성의 핵심이다. 이를테면, 기존 건물 중 30%를 2030년까지(연간 약 3%) 히트펌프 난방 방식으로 완전 전동화하고, 50%의 에너지 효율 상승이 가능한 디지털화가 이루어지면 아래와 같은 효율이 가능하다:

- 에너지 수요 20% 감소
- CO₂ 배출량 35% 감소(전력상 생산에서 40%의 탈탄소화가 이루어진다고 가정할 시)



INTEGRATING TECHNOLOGIES



ULTRA-EFFICIENT BUILDINGS



BUILDING SYSTEMS



Ultra-efficient buildings
초고효율 건물

Digital integration and management
디지털 통합과 매니지먼트



Electrified heating and cooling
냉난방 전동화



Solar rooftop and distributed storage
지붕 태양광과 분산저장장치



Building management systems
빌딩 매니지먼트 시스템



Charging infrastructure
냉난방 전동화

HOW TO BUILDINGS CONTRIBUTE?



빌딩이 넷제로에 기여하는 방안은?

1. Integrating technologies

통합적 기술

빌딩은 이동수단, 에너지 등의 분야에 서비스를 제공하는

거나 도움을 받아 탈탄소화를 가속화할 수 있다. 관련 기회에는 아래와 같은 것이 있다:

건물 내 전기차 충전이 가능하게 되면 지붕 태양광과 같은 분산 에너지 자원을 통해 생산한 에너지를 최적화할 수 있다. 이는 재생에너지를 보다 빠르고 경쟁력 있게 확산시키는데 큰 도움이 된다. 스마트 계량기와 동적 가격책정도 중요한 역할을 한다.

건물은 건물 관리계통 및 수요 조절장치를 통해 전력망 유연성 등의 서비스를 제공할 수 있

다. 효율에는 계통혼잡 완화, 투자 연기 등의 상향 비용 절감 등이 있다.

또한, 건물은 인근 재생에너지 사용지역과 자신의 전기를 공유함으로써 새로운 고효율 및 고회복성 공유 모델이 등장할 수도 있다.

2. Examples of enabling policies

넷제로 정책 예시

Existing buildings

기존 건축물

수명 중 성능 모니터링: 이는 장기적으로 축소되는 총당 최종 에너지 사용량 및 배출량 제한이 가능하며, 소유주로 하여금 효율 개선 및 전동화를 위한 개보수 및/또는 전력망 상호작용적 제어, 재생에너지 등이 포함된 통합 시스템 패키지 등을 사용하도록 유도할 수 있다. 이러한 정책을 통해 지역 규모에서도 가능한 정상 경과 설비 교체 및 기타 자본투자와 같은

건물 수명 중 개입을 “적시”에 실행할 수 있다. 선진국에서는 이러한 정책이 최우선사항이다.

New construction

신규 건축

현장 내의 재생에너지 시스템 및 스마트 전기 이동수단 인프라를 갖추고 완전 전동화되며 고효율 및 전력망 상호작용적 건물을 만들도록 의무화하는 건축법을 시행할 수 있다. 또한, 수명 중 평가를 의무화하고 목표 감축량에 기반한 내재 탄소 벤치마크를 설정하는 건축법도 가능하다.¹³ 순환적이며 폐기물이 전혀 없는 접근법 재사용되거나 재사용 가능한 자재, 모듈식 및 현장 외 건축법과 유지보수 및 철거를 염두에 둔 설계를 함께 이용하면 건물의 탄소 영향을 줄이는데 도움이 된다.¹⁴ 또한, 화석연료 및 관련 인프라에 대한 연결을 금지하는 법안도 넷제로 전환을 가속화할 수 있다.

CASE STUDIES:



EDGE Olympic - Amsterdam | A development by EDGE Technologies

Lidl Distribution Centre, Finland EDGE Olympic Building, Netherlands



EDGE Next raises the bar on sustainability and employee well-being with Azure Digital Twins

Building codes can require fully electric, highly efficient, grid-interactive buildings with on- and/or off- site renewable energy systems and smart e-mobility infrastructure.

핀란드 Lidl 유통센터

Järvenpää에 소재한 6만 평방미터에 달하는 Lidl의 유통센터는 국내 최대 창고이다. 2019년에 완공되었으며, 100% 재생에너지를 사용하고 연간 사용량보다 많은 에너지를 생산한다. 최대한의 효율이 가능하도록 이 디지털화

된 창고는 마이크로그리드와 포괄적 건물 관리계통을 함께 이용하여 실시간 데이터 및 예측적 머신러닝 알고리즘을 통해 현장 자원의 운용을 예측하고 최적화할 수 있다. 또한, 핀란드 최초로 혹한기에 대비하여 열을 저장하거나 잉여열을 도시 난방 네트워크에 공급할 수 있어 약 500여 가구에 난방수를 제공하는 통합 냉난방 계통 적용 건물이다. 그 외에도 핀란드 시스템 사업자에게 전력망 서비스를 제공하고 전력망의 안정성을 보호한다. 이 건물은 Schneider Electric EcoStruxure Microgrid 및 EcoStruxure 건물 운영 솔루션을 통합하여 최대 70%의 에너지 비용을 절감한다.

네덜란드 EDGE 올림픽 빌딩

2018년에 완공된 이 암스테르담 소재 건물은 과거 우체국을 재개발한 사무용 건물이다. 개발사는 사용자의 안녕, 지속가능성, 설계, 기술이라는 전체론적인 4개의 기둥 접근법을 이용했다. 이 건물은 순환적인 재료 폐기물 설계 원칙과 스마트 디지털 인프라를 이용하여



SUSTAINABLE ENERGY SOLUTIONS FOR LIDL DISTRIBUTION CENTRE, FINLAND

LIDL DISTRIBUTION CENTRE



에너지 사용량을 최적화한다. 사용한 자재 중 50%는 전면의 천연석을 바닥재로 사용하는 등 원래 건물에서 재사용한 것이다. 상부 2개 층은 목재이며, 향후 쉽게 분해하여 재사용이 가능하다. 이 건물의 디지털 인프라는 사용자가 온도와 조명 등 업무 환경을 앱으로 쉽게 조절할 수 있어 거주성이 극대화된다. 또한, 15,000개의 센서가 실내 환경 기능을 지속적으로 측정 및 관리한다. 에너지 중립적이며 평균 비거주용 건물보다 에너지 사용량이 70%나 적다. 업무공간의 임대료도 상대적으로 저렴하며, 이렇게 첨단 기능과 친환경성에도 불구하고 시세를 넘지 않으므로 공실률은 10% 미만이다.



ENERGY IS FUNDAMENTAL FOR SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT



B

Smart energy infrastructure – power generation, distributed energy sources, wires, heating and cooling networks, smart meters, smart charging and everything that encompasses the “grid” – is what makes cities run.

SMART

ENERGY INFRA



Smart energy infrastructure
스마트에너지 인프라
The challenge

발전, 분산 에너지원, 배선, 냉난방 네트워크, 스마트 계량기, 스마트 충전, 그 외 전력망과 연결되는 모든 것이 포함되는 스마트

에너지 인프라는 도시의 핵심 기능을 제공한다. 에너지는 사회경제적 발전과 모든 서비스의 근본이다. 에너지 인프라가 없다면 전기도 없고 통신이 불가능하며, 폐수처리나 전기 이동수단도 이용할 수 없다. 넷제로탄소를 향한 변화는 특히 도시에서 친환경 인프라 개발과 최신화를 필요로 한다. 문제는 이러한 인프라와 관련 정책 및 규제가 적합하지 않다는 것이

다. 현재 에너지 인프라는 수십 년 전에 개발되어 중앙집중형 전력망을 형성하고 있으나 지금 필요한 것은 점차 대량의 재생에너지에 기반한 탈중앙화되고 디지털화된 전력 시스템이다. 한편 정책 및 규제 역시 기술의 발전을 따라잡지 못하고 있다.

The opportunity

도시에서 통합형 넷제로 에너지 시스템을 만들 수 있다는 것이 기회이다. 이 시스템은 에너지 인프라, 건축물, 전기차 간의 거의 즉각적 상호작용을 원활히 촉진할 수 있다. 최신 에너지 인프라는 이 통합형 도시 에너지 시스템의 중추 역할을 한다.

이러한 통합은 정책 및 규제가 가속화할 수 있으며, 디지털 기술이 효율을 높이는데 필요한 환경을 조성하고 대량의 재생에너지와 새로

운 비즈니스 모델을 연동하여 수요와 공급을 최적화할 수 있다. 또한, 친환경적 정책 및 규제는 적시에 적절한 인프라 투자를 촉진할 수도 있다.

ENERGY INFRASTRUCTURE



NET ZERO CARBON FUTURE



DIGITALIZED SYSTEM

HOW CAN SMART ENERGY INFRA-STRUCTURE CONTRIBUTE?



Smart energy infrastructure
스마트 에너지 인프라

Urban digital platform
도시 디지털 플랫폼



Ultra efficient buildings
초고효율 건물



Distributed generation and storage
분산 발전과 저장



E-mobility (public transport)
전기 이동수단 (대중교통)



E-mobility (private transport)
전기 이동수단 (개인교통수단)



Smart city lighting
스마트시티 조명

스마트 에너지 인프라의 기여 방식

1. Integrated technologies

통합적 기술

미래의 통합적 에너지 시스템은 고수준의 재생 에너지와 보다 견고하고 디지털화되며, 회복력이 우수한 네트워크에 기반하게 된다. 신규 인프라 투자도 필요하다.

이를테면, 유럽에서 통합적 에너지 시스템을 구축하기 위해 유럽 의회는 최근 2021년부터 2050년까지 연간 400~620억 유로를 송배전망에 투입해야 한다고 추정된 결과를 발표했다.¹⁵ 동시에 기술이 중요한 역할을 하는데 전력흐름 제어기술의 발전은 현재 전력망의 잉여 처리량을 보다 효과적으로 사용하면서 계통혼잡 문제를 해소하는데 도움이 될 수 있다.¹⁶

한편, 공공 서비스 전체적으로 고급 계량 인프라를 보급하여 수요 최적화와 효율 개선을 촉진할 수 있다. 동시에 데이터 플랫폼을 이용하여 전기, 가스, 수도 계량을 통합하면서 가로등, 폐기물 관리, 주차 데이터 등 IoT 어플리케이션과 결합해야 한다.

여기에는 여러 기술들과 통신 프로토콜 간의 상호운용성이 필수이다.

이러한 도시 데이터 플랫폼에서 일어나는 주요 문제로는 데이터를 실시간으로 여러 이해당사자에게 유용한 정보로 변환해야 한다는 것이 있다. 또한, 이 정보는 새로운 에너지 인프라에 대한 투자 시점이나 스마트 가전제품의 충전 시점 등에 대한 보다 정확한 의사결정에 활용될 수 있다.

그 외에도 장기적으로 건물 관리계통을 이용하여 커넥티드 디바이스들이 에너지 및 수도로 등의 신호에 대응하도록 만들 수 있다. 동시에, 전기차가 늘어나면 더 많은 충전 인프라도 필요하다. 도시의 충전 인프라는 분산 에너지원 및 건물 관리계통과 같은 기술과 함께 구현해야 한다. 또한, 에너지 시스템의 안정성을 보장하면서 전기차의 유연성을 충분히 활용하려면 주의 깊은 고려를 통해 전력망과 통합해야 한다.

디지털화와 이해당사자간 협력은 확실히 기존 에너지 인프라의 최신화와 신규 에너지 인프라의 개발뿐 아니라 신기술의 확대와 구현에도 근본적인 역할을 한다.

2. Enabling policies

넷제로 지원 정책

정책입안자들은 지역 및 국가 차원 정책이 상호간에 지원하면서 보완적 성격을 갖도록 해야 한다. 결과에 기반한 규제는 정책 실행에 도움이 되도록 설계해야 한다. 아래와 같은 활동을 통해 넷제로에 기여할 수 있다:

단·중·장기적 목표를 포함한 회복력 로드맵을 구축하여 지역, 도시 및 다분야간 계획을 반영한다.¹⁷

도시 기관과 긴밀히 협력하여 교외 개발을 추진함으로써 공정한 에너지 접근성을 촉진한다. 에너지 흐름과 관련되며, 점차 늘어나는 데이터 거버넌스에 대비한다.

이를테면, 데이터에 접근이 가능한 사람, 데이터 소유주, 개인정보 보호 등을 고려해야 한다.

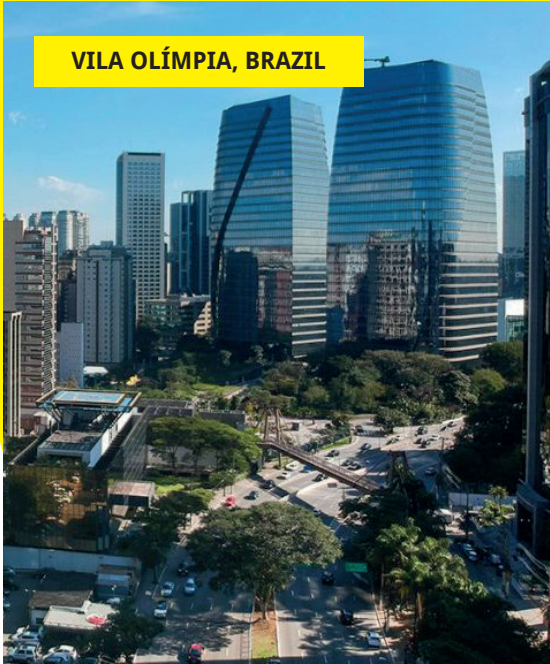
규제 패러다임을 새로이 정립한다(차트 7). 세계경제포럼에서 과거 발표한 EV's for Smarter Cities 보고서는 중요한 메시지를 담고 있다.¹⁸

For more detail on the integration of mobility with the electricity system see Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility.



CASE STUDIES:

VILA OLÍMPIA, BRAZIL



Vila Olímpia: um bairro com tudo que você precisa - KASA

한때 상파울로 인근의 농촌이었던 빌라 올림피아는 이제 브라질의 “실리콘밸리”이자 미래 하이테크 지역의 모델이 되었다. 이탈리아 기업인 Enel이 지자체 및 브라질 규제기관으로 자금 지원에 도움을 준 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)과 협력하여 남미 최초의 네트워크 디지털 트윈을 구축했다. 이 트윈 모델은 실제 전력망에 설치되어 각각 송전사 및 지역 이해당사자와 실시간으로 상태 정보를 주고받는 약 5천개 센서에 기반하여 이 전력망을 시뮬레이션한다. 이 트윈은 네트워크 자동화, 인공지능, IoT, 3D 모델링을 이용하여 시스템을 관리하고 서비스의 품질을 높인다. 이를테면, 증강현실을 활용하여 전력망 검사를 촉진하며, 발생한 문제를 해결하는 개선형 유지보수를 벗어나 예방형 유지보수로 위험을 사전에 파악하고 대응한다. 디지털 플랫폼은 에너지 사용량, 효율, 절

감액에 대한 인식을 높인다. 또한, 이 트윈은 전력망, EV 충전지점, 지붕 태양광 설비, 에너지 서비스 제공자, 소비자 간의 상호작용을 시험하는 연구소 역할도 한다.

미시건 Consumers Energy
미시건 최대 에너지 제공업체인 Consumers Energy는 4년 전만 해도 1천만 미시건 주민 중 670만명에게 제공하는 전기 중 74%를 화석연료 발전소에서 생산했다. 현재 이 회사는 에너지 사용량의 원격 추적과 관리를 위한 대량의 스마트 온도조절기와 계량기를 보급하는 등 재생에너지 발전으로 전환하려는 노력을 기울이고 있다. 구체적으로 이 회사는 2040년까지 자체 전력량 중 절반을 재생에너지로 전환하고 6GW의 태양광 전력 및 풍력을 확보할 계획으로, 이를 위해 59 평방마일의 패널을 구매야 한다. 지금까지 이러한 활동을 통해 Consumers Energy는 7기의 석탄발전소를 가동 중단했

CONSUMERS ENERGY, MICHIGAN



A Mata Atlântica Forest in Vila Olímpia, São Paulo, Brazil - ArchitecturePin

으며, 2040년까지 남은 5기도 점차 중단할 예정이다. 이러한 전환에 향후 10년간 250억 달러 이상이 소요된다. 이는 노후 전기 및 가스 설비를 교체하고 재생에너지, 배터리, 전기차용 전력망을 구축하는데 드는 비용으로, 이러한 자본투자는 결국 저렴한 재생에너지를 제공하는 덕분에 주주들에게도 이익이 될 것으로 보인다.

“
THE DIGITAL PLATFORMS ALSO CREATE GREATER AWARENESS OF ENERGY USE, EFFICIENCY, AND SAVINGS.
”

“
CHANGE THE RULES OF THE GAME, ENABLING NEW ROLES FOR NETWORK OPERATORS, INNOVATION AND FULL INTEGRATION OF DECENTRALIZED ENERGY RESOURCES
”

Smart City, Standardization and its Services



ON PHOTO: ANIVA LORAC

CHART 7. REDESIGN REGULATION PARADIGM

네트워크 사업자들이 새로운 역할을 맡고 탈중앙화된 에너지 자원의 혁신과 완전 통합이 가능하도록 게임의 규칙을 수정한다.

Evolve the revenue model(수익모델을 발전시킨다.)
결과 기반 규제를 통해 혁신과 효율을 촉진한다.
다양한 대안을 반영하여 자본투자의 편향을 제거한다.

Integrate Distributed Energy Resources (DERs) into markets and monetize their services
(DER을 시장에 통합하여 관련 서비스로 수익을 창출한다.)
역할, 자산 유형, DER 소유권을 명확히 정의한다.
DER의 독립적 조정과 위치기반 가치평가가 가능하도록 시장을 적절히 설계한다.

Modernize system planning(시스템 계획수립을 최신화한다.)
분산 네트워크 사업자로부터 분산 서비스 플랫폼 제공자로 전환한다.
통합적 계획을 통해 지역, 산업, 분야 등 규제의 한계를 제거한다.
넷제로 변화의 경로와 규제 일정을 명확히 하여 투자자에게 확신을 제공한다.

Use price signals by redesigning rate structures(요금구조를 재설계하여 가격 신호를 제공한다.)
동적 가격을 도입하고 유연 수요 이용료의 효과를 평가한다.

Source: Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility, World Economic Forum, 2018, http://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf

“
ENERGY EFFICIENCY COMPLEMENTS ELECTRIFICATION.
”



CLEAN ELECTRIFICATION



Clean electrification

친환경 전동화

The challenge

오늘날 도시에서 사용하는 에너지의 대부분은 화석연료에서 구하는 것이다. 화석연료는 냉난방 및 가전제품용 전기 생산과 운송수단에 사

용된다. 이 에너지는 효율이 낮은 변환을 거쳐 구하며 특히 난방과 운송수단에 사용되는 에너지는 효율이 낮다.¹⁹ 현재 재생에너지로 도시에 전력을 공급하는 기술은 존재하지만 문제는 재생에너지의 확대와 이를 뒷받침할 전력망

의 구축 또는 확대에 대규모 투자가 필요하여 쉽지 않다는 것이다.

The opportunity

친환경 전동화는 시스템적 효율 개념의 시발점이자 건축물 및 이동수단과 같이 도시에서 가장 많은 에너지를 사용하는 요소의 전력을 공급하는 한편 재생에너지의 발전에도 기여한다. 전동화는 전력원과의 연결을 공유하는 분야를 통합하는 역할을 한다. 이를테면 건물과 이동수단에 사용함으로써 상호간에 자원으로 새로운 방식의 상호작용이 가능할 수 있다. 즉, 건물과 차량은 필요 시 서로 에너지를 주고받을 수 있다.

에너지 효율은 전동화를 강화하는 역할을 한다. 예를 들어, 건물을 단열하고 지역 냉난방을 이용하는 등의 방법으로 초기 수요를 낮춤으로써 필요한 전력 인프라도 줄일 수 있다. 친환경 전동화와 고효율은 함께 제로탄소 미래를 만들어갈 수 있다.

HOW CAN CLEAN ELECTRIFICATION CONTRIBUTE?



Utility scale – Solar PV and wind
스마트 에너지 인프라

Digital integration and management enabled by smart energy infrastructure
스마트 에너지 인프라로 가능해지는 디지털 통합과 관리



Buildings
빌딩



Networks
네트워크



Mobility (private and public transport)
이동수단 (개인 및 대중교통)

Today, a dynamic system is possible. Energy, payments and information can flow in all directions through buildings, transport and the grid. This enables more robust demand response programmes, time-of-use and locational pricing, and energy storage services.

1. Integrating technologies

통합적 기술

친환경 전동화는 서로 관련성이 전혀 또는 거의 없었던 분야 간의 전력망 통합을 가능하게 해준다. 과거의 모델에서는 (공)기업이 연료나 에너지를 제공하는 한편 사용자는 요금을 납부하며, 여기에 수반되는 정보의 흐름은 거의 없다. 이제는 동적 시스템이 가능하다. 에너지 요금과 정보는 건물, 운송수단, 전력망을 통해 전방위적으로 흐를 수 있다. 이는 보다 견고한 수요 대응 프로그램과 사용 시점 및 위치 기반 가격책정 및 에너지 저장 서비스를 가능하게 만든다.

Electrification of buildings. 건물 전동화. 스마트 히트펌프 덕분에 대부분 건물에서 에너지 사용 비중이 가장 높은 냉난방 부하를 이제 같은 설비로 처리할 수 있다. 히트펌프는 평균 일반 화석연료 기술 대비 효율이 4배 정도 높으며,²⁰ 그 외에도 설비 필요성을 중앙화하며,

이를 통해 분리된 스마트 계량기나 보조계량기를 각기 다른 연료원으로 연결하는 대신, 하나의 시스템만 갖추면 된다. 또한, 이는 이중화된 인프라의 설치 및 유지보수비를 줄여준다. **Electrification of mobility.** 이동수단의 전동화. 대중교통의 전동화는 개인들이 제로 배출량 차량으로 전환하도록 촉진하는데 있어 중요한 역할을 한다.

이를테면, 전기 버스는 탈탄소화와 소음공해 저감의 본질적 효용 외에도 혁신적인 실시간 스마트 관리 기술을 활용하며, 배터리 사용량 최적화 등이 가능하다.²¹ 또한, 스마트 충전은 단순 전기차 충전 외에도 전력망, 건물 등에 저장 용량과 서비스를 제공하여 시스템 비용 절감에 기여한다.

IRENA에 따르면, 스마트 충전은 피크 부하를 크게 줄일 수 있어 전력망 보강의 필요가 사라지고 그 덕분에 전력망 보강에 소요되는 비용도 절감할 수 있다.²²

2. Examples of enabling policies

넷제로 지원 정책의 예시

에너지 정책은 시스템 차원의 친환경 전동화를 촉진해야 한다. 이를테면, 통합적 냉난방 시스템을 지원하여 혹서기의 냉방과 같은 극한 기후 시 필요성과 수요 상승을 충족해야 한다. 동시에, 넷제로 정책은 히트펌프 확산에 대한 교육 및 역량 장벽을 해소하고 사람들이 저탄소 난방 방식을 인지하도록 도와주며, 히트펌프 기업들의 관련 교육 프로그램을 지원해야 한다. 그 외에도 에너지 조세와 히트펌프 보조금 정책 개혁도 넷제로 전환에 도움이 될 수 있다.

중국 메이산
절강성 내 인구 70만 규모인 메이산은 저탄소 신흥 산업과 탄소를 거의 배출하지 않는 활동을 통해 매우 친환경적인 곳이 되었다. 한때 소규모 어촌이었으나 이제 하이테크, 관광업, 상업 및 주거 서비스 기업이 가득한 산업 항구의 모습을 갖추었다. 지자체는 에너지 서비스 기업들과 협력하여 이해당사자들이 보다 효율적인 에너지 시스템의 위험과 이익을 모두 공유하도록 하여 친환경 에너지 인프라와 저탄소 개발이 가능한 혁신적 솔루션을 계획했다. 이 저탄소 지역 프로젝트에는 컨테이너 트럭의 점차적 전동화를 통한 스마트 저탄소 항구 개발, 대중교통 관리 개선, 고압 도크 충전소, 스마트 기술을 이용한 지역사회 개보수(도로, 수도, 전력, 정보, 물류, 홍수 대응, 폐수 처리시설 개선) 등이 포함되어 있다.

ZHEJIANG PROVINCE



NEAR-ZERO CARBON ZONES IN CHINA POLICY ROAD-MAP AND CASE STUDY, RMI

CASE STUDIES:

Meishan, China
Meishan, with a population of 700,000, in Zhejiang province, is a near-zero carbon zone, combining economic development driven by emerging low-carbon industries and achieving near-zero carbon emissions.

Peña Station NEXT, Colorado
Located next to Denver International Airport, Peña Station NEXT is a net-zero energy real estate development powered by a solar mini-grid with storage and connected to the local grid.



콜로라도 Peña Station NEXT, 덴버 국제공항 바로 옆의 Peña Station NEXT는 미니 태양광 그리드의 전력을 이용하는 넷제로 에너지 시설로 저장시설을 갖추었으며, 지역 전력망에도 연결되어 있다. 약 2km²에 이르며, 100개의 태양광 주택 및 상업용 건물로 구성되어있고 원래 고효율 에너지 친환경 건물과 태양광 재생에너지 및 CO₂ 프리 이동수단을 갖춘 지역사회 및 교통수단 중심 개발이 계획되었다. 태양광 시스템은 2개이며, (각각 1.6 MW 및 259 kW) 재생에너지로 전력을 공급한다. 대형 현장 배터리 시스템이 에너지 회복력을 높여준다. Panasonic CityNOW이 관장하는 스마트 기술이 견고한 파이버 통신망과 친환경 에너지 기반 마이크로그리드 및 대기품질과 조명 강도를 모니터링하는 스마트 스트리트를 제공한다. 이 프로젝트는 전력회사, 부동산 개발사, 토지주 등 이해당사자 간의 파트너십이었다.²³

Pena Station Next | Denver's Smart City Community, penastationnext.com



컴팩트 시티

The challenge

친환경 기술의 발전에도 불구하고 많은 도시에서 탄소배출량이 계속 상승하고 있다. 전 세계 도시에는 교외 지역의 성장과 팽창이 일어나는 중이다. 중국 도시의 경우 Pew Research와 세계경제포럼에서 밝힌 바와 같이 밀도가 줄어들고 있으며²⁴ 미국에서는 Climate Mayors Steering Committee에 참여하는 24개 도시 시장 중 5명 이상이 대규모 고속도로 확장을 지지하는 한편 교통수단의 CO₂ 배출량을 줄이고자 하고 있다.²⁵

The opportunity

도시 형태의 효율 개선은 단순 자산 회전율보다 정량화가 어렵지만 전체 에너지 분야에 걸쳐 CO₂ 배출량 저감을 위한 전략 중 가장 적은 비용이 소요되는 방법이다. 성장이 빠른 도시들이 적절한 개발 패턴을 택하지 못하게 되면 배출량은 수십 년 동안 정체된다. 반대로, 보다 효과적 토지 활용, 교통 계획수립, 주택 정책과 실무 등 도시계획 전문가의 원칙을 따르면 넷제로탄소 도시의 비전을 훨씬 용이하게 현실화할 수 있으며, 그렇지 않을 시 같은 결과에 필요한 것보다 적은 수의 전기차, 히트펌프, 건물 개보수, 배터리, 태양광 패널만 있어도 가능하다. 개별 건물의 에너지 효율이 난방 전동화 기술의 효율을 높이는 것처럼 효율적 도시 형태는 도시를 구성하는 각 시스템의 탈탄소화에 도움이 된다. 컴팩트하며 연결되고, 친환경하며 밀도가 일정한 도시는 성장, 확장하는 도시보다 토지와 물질/소재 및 에너지 사용량이 더 적다. 마찬가지로, 높은 인구 밀도는 지역 냉난방이나 철도 등 인프라 투자의 경제적 타당성을 높여준다. Coalition of Urban Transitions의 “Climate Emergency Urban Opportunity” 보고서에서 볼 수 있듯이, 스톡홀름과 피츠버그는 인구가 비슷하

지만 후자가 약 5배 넓은 땅을 사용하며, 1인당 CO₂ 배출량도 5배 더 많다. 한편, 스톡홀름은 컴팩트하며 연결된 도시 형태 덕분에 높은 생활수준과 발전하며 포용적인 경제로 잘 알려져 있다. 또한, 이 전략은 저렴한 주택, 양질의 교통수단, 경제적 기회, 필수 서비스를 누리지 못하는 빈곤 지역사회에도 직접적인 도움이 된다.

How can urban form contribute?

도시 형태의 기여 방식

차량 지향적 설계와 관련된 CO₂ 배출량을 줄이려면 도시들은 지속가능한 교통수단과 토지 사용 계획을 이용해야 한다. 가장 성장세가 강한 대도시 지역에서 효과가 가장 좋은 저감 전략은 교외지 확장이 아닌 도시 내의 공간을 이용하여 주택 수요를 충족하는 것이다. 파리와 멜버른 등지에서 실시하는 15~20분 인근지역 혼합용도 개발의 개념은 누구나 직장, 필수 서비스, 여가시설에 근접한 곳에서 거주할 수 있도록 해준다. 대안적 이동수단을 우선시하는 거리 재설계와 인프라 투자는 이동수단 의존도가 높은 저소득 지역에 부정적 영향을 높일 수 있다. 지능형 도시 형태는 CO₂를 줄이고 방지하는 외에도 성공적 도시를 결정짓는 인재의 군집화를 통해 경제 생산성과 조세 기반 확대에 도움이 된다. 또한, 조세 매출을 희생하며 도시에 고속도로 및 공공 서비스 확대에 의한 부채 부담을 안기는 교외 확산 경향을 역전시킬 수도 있다. 동시에, 교외의 생태계와 농지를 보존하는 데에도 도움이 된다. 한편으로 교통 의존성 저소득층의 편의를 우선시하여 도시를 보다 공정한 환경으로 만들 수도 있다. 충전소 간 거리를 단축하여 전기차 사용자의 불안감도 줄이게 된다.

Enabling policies

넷제로 지원 정책

Promoting 15-minute neighbourhoods

15분 동네 개념의 확산

고려가 필요한 정책에는 아래와 같은 것이 있다:

- 시 전역 또는 일부 구역 기반 “도시 형태 규약”을 제정하여 개발자들이 건물의 종류, 크기, 용도에 있어 유연성을 확보하도록 한다.
- 개인 차량을 이용할 필요 없이 일자리, 식품, 의료, 여가 등 기본적 필요시설에 대한 접근성을 높이는 15분 동네 정책을 수립한다. 이는 일자리와 무관한 이동으로 인한 배출을 줄이고, 도시의 과도한 확장을 막는데 있어 필수적이다.
- 컴팩트한 성장과 공터 기반 주택정책의 동기를 모색해야 한다. 이러한 동기와 인센티브에는 인허가 간소화, 조세담보금융(TIF), 주택개발사 조세신용제도, 위치 효율성 담보 등이 있으며, 이는 교통수단과 목적지가 많은 환경의 주택에 대한 차입 한도를 높이게 된다.

Prioritizing mobility alternatives

대안적 이동수단의 우선화

여러 도시들이 자동차가 지배하는 공간을 사람들에게 돌려주며, 대안적 교통수단을 제공하기 시작했다는 사실은 고무적이다. 지자체는 요금 및 투자 결정을 사회적 비용과 효용에 맞추는 정책을 통해 1인이 타는 자동차보다 대중교통, 자전거, 도보, 전기 마이크로 모빌리티를 우선시할 수 있다. 이러한 정책에는 아래와 같은 것이 있다:

- 대도시 전역의 시간 및 수요기반 정책 요금
- 고속도로 확장 대신 대안적 이동수단을 우선화하는 거리 재설계와 개보수를 지향하는 투자 유도
- 화석연료 차량에 대한 금지



CASE STUDIES:

SEOUL, SOUTH KOREA



Seoul, South Korea(대한민국 서울)
“Climate Emergency Urban Opportunity” 보고서에서 언급한 바와 같이, 서울시는 1950년대부터 많은 변화를 겪어왔다. 인구는 이제 거의 1천만명이며, 인접한 수도권에는 2,550만명이 거주한다. 또한, 여러 재개발법을 통해 중저층 주택과 아파트를 고층건물로 교체해왔다. 마찬가지로 비공식 거주형태의 문제를 해결하기 위해 파편화된 토지 계획을 연속적이고 표준화된 구역으로 나누어 대규모 부동산 개발과 매우 필요한 인프라 투자를 촉진했다.

입지가 좋은 주택가와 그에 산재한 상업 시설 및 공공기관 덕분에 가격은 어느 정도 높지 않게 고정하고 통근거리도 적절히 유지했다. 한편, 높은 인구밀도는 세계 최고 수준의 지하철, 버스 네트워크 및 보행용 보도와 같이 광범위한 대중교통 덕분에 발생했으며, 이를 통해 시민들

ROAD AND CONGESTION PRICING: SINGAPORE AND LONDON



중교통 이용 비율을 높이고 교통량을 줄이고자 했다.

런던의 최근 교통정체 부담금 제도도 유사한 효과가 있었다. 첫 해에는 교통량이 15% 줄었으며, 정체 또는 교통 지연은 30% 감소했다.²⁹ 이는 주로 기업 임직원을 통해 일어나, 25%의 운전자가 차량을 이용하지 않게 되었다. 한편, 대중교통 이용자는 7% 증가했는데,³⁰ 이는 정체 부담금을 대중교통 시스템에 바로 투자한 결과이기도 하다.

은 특정 지역을 제외하고 심한 교통정체 없이 집중화의 효율을 누릴 수 있었다. 서울의 비공식 거주형태 규제 및 핵심 인프라 확장 성공사례는 민간이 양질의 고밀도 주택을 연결성과 활력이 높은 지역에 제공할 수 있는 기반이 되었다.

Road and Congestion Pricing: Singapore and London
(도로 및 정체 요금: 싱가포르와 런던)
1975년에 싱가포르는 최초의 교통정체 요금 프로그램을 시행했다. 오전 피크시간에 중심 상업지구(CBD)로 진입하는 차량에 지역 차량 인허가 제도로 1일 3달러, 월 60달러를 부과했다. 이를 피하기 위해 시민들은 시 외곽으로 다니거나 대중교통을 이용하면서 최저 50센트만 부담했다. 이 프로그램은 1983년까지 대중교통 이용자를 33%에서 70%로 높이는 즉각적 효과가 있었다. 1990년대에는 동적 전자 도로 요금으로 대체하여 피크 외 시간대까지 요금을 부과함으로써 대

CITY OF SINGAPORE ESTABLISHED THE FIRST FORM OF A CONGESTION PRICING PROGRAMME.

WATER AND WASTE MANAGEMENT

순환경제원리를 도시 인프라와 서비스에 반영하여 효율 및 환경 영향을 개선한 도시에 대한 자세한 이야기는 세계경제포럼의 보고서(Circular Economy in Cities Evolving the model for a sustainable urban future)에서 확인할 수 있다.

The challenge:

도시 생태계의 통합적 성격은 매우 강력하다. 수도, 폐기물 처리, 위생, 토지사용 등 필수 공공 서비스는 도시 에너지 시스템과 그 효율적 관리와 밀접하게 연관되어 있다. 이들의 상호의존성은 자원 및 물질 사용을 최적화하고 형태를 불문한 폐기물을 최소화할 수 있는 기회를 제공한다. 실제로 이는 도시들이 폐기물을 제거하고 그 대신 부산물을 재사용/활용할 수 있는 순환경제 접근법을 촉진할 수 있음을 의미한다.

도시들은 2016년에 20억 톤의 고체 폐기물을 생산했으며, 이는 2050년에 34억톤으로 늘어날 전망이다.²⁶ 이러한 대량의 폐기물은 보건 문제를 유발하고 환경을 손상시키며 재사용이 가능함에도 그렇지 못하면서 상당한 경제적 손실을 뜻한다. 이를테면 뉴욕의 2018년 위생부서 예산은 15억 달러였으며, 그 중 대부분은 순환경제원칙을 이용했다면 크게 줄어들었을 쓰레기 집하, 처리, 수출에 사용되었다.²⁷

The opportunity:

순환경제는 폐기물을 새로운 제품으로 재사용 또는 재활용함으로써 폐기물을 제거하며, 보다 회복력 높고 살기 좋은 도시의 핵심 요소이다.

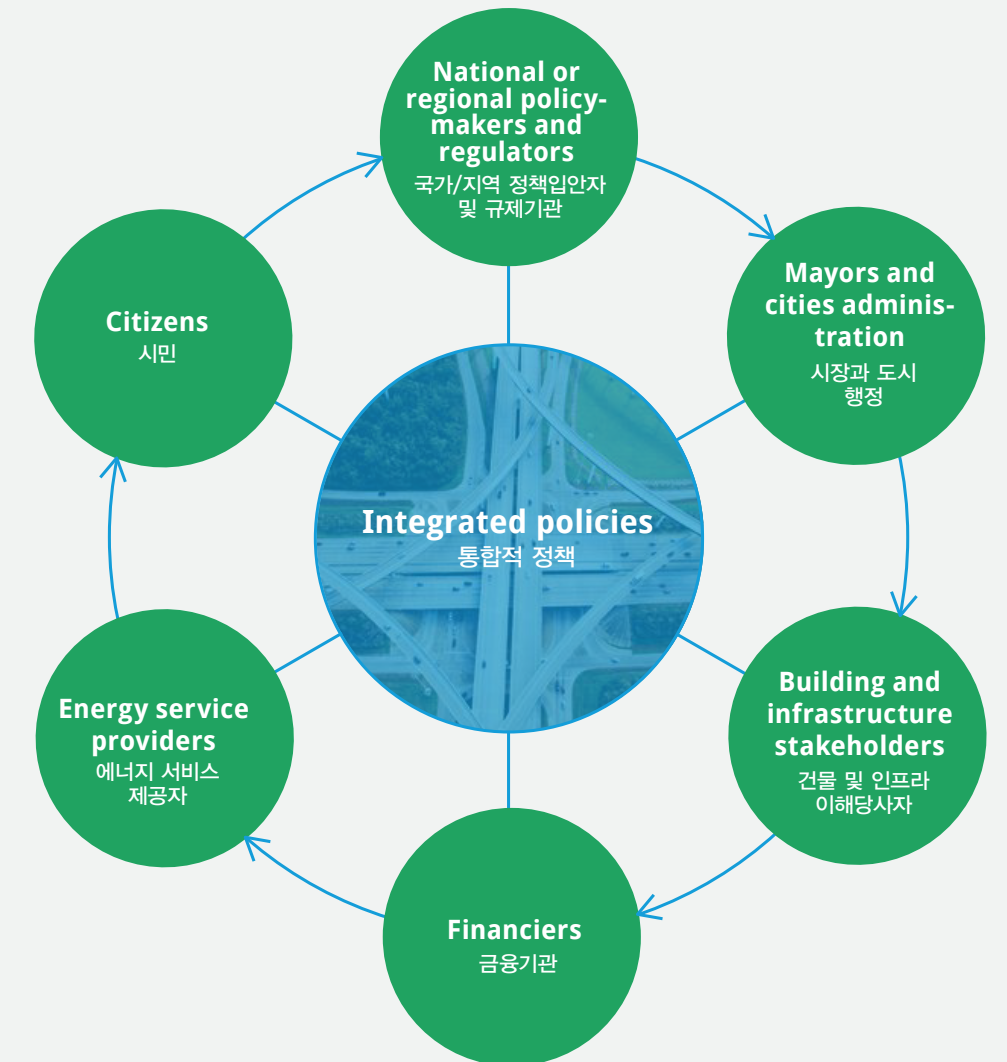
한 예로 남아공 케이프타운의 회복력 전략에 따라 Western Cape Industrial Symbiosis Programme (WISP)은 기업들이 자신의 폐기물이 처리되는 과정을 이해하고, 에너지, 물, 전문성 등 미사용 또는 저사용된 자원을 파악할 수 있도록 기술적 지원을 제공한다. 또한, WISP는 자원 공유, 비용 절감, 매출 창출, 순환경제 기여가 가능하도록 폐기물에 대응하는 대책을 마련하는데 도움을 준다. WISP는 지금까지 104,900톤의 폐기물을 재사용하고, 309,200톤의 화석연료 온실가스 배출량을 줄였으며, 720만 달러의 경제적 효율을 일으켰다.²⁸





NATIONAL OR REGIONAL POLICY-MAKERS AND REGULATORS

3 WHO NEEDS TO ACT?



INTEGRATED POLICIES FOR STAKEHOLDER COLLABORATION

To deliver net zero carbon cities it is essential that city and national governments, business and civil society align and collaborate on a common agenda. This chapter provides a summary of who needs to act and specific recommendations.

W

누가 행동해야 하는가?
Integrated policies for stakeholder collaboration

이해당사자 협력을 위한 통합적 정책

넷제로 탄소 도시를 만들기 위해서는 도시와 중앙정부, 기업, 사회가 반드시 힘을 합쳐 공통적 의제를 위해 노력해야 한다. 본 장은 행동이 필요한 이들과 구체적인 권고안을 제시한다.

National or regional policy-makers and regulators

국가/지역 정책입안자 및 규제기관

시 정부는 단독으로 CO₂를 줄일 수 없다. 도시의 미래는 상위 기관이 내리고 지원하는 결정에 따라 정해지는 것이나 다름없다. 정책입안자는 시스템의 재설계를 주도하며, 공중 보건과 경제 발전을 1차적 목표로 하는 정책을 수립할 수 있다. 정부는 도시와 협력하여 친환경 에너지로의 전환을 지원할 수 있도록 로드맵을 구상해야 한다.

현재 전 세계적으로 매우 소수의 국가만이 명시적 도시 관련 국가 정책을 갖췄으며, 그 중에서도 유의미하게 기후 조치 및 인적 발전을 도모하는 정책은 소수에 불과하다. 여기에는 국가 에너지, 조세, 교통수단 정책 및 대규모 인프라 프로젝트의 자금지원 정책 등이 있다.³¹ 한편, 정책입안자들은 기존 및 신기술을 이용하여 사회적 효용을 극대화하면서 가장 효율적이고 경쟁력 높은 해법을 실행할 수 있는 로드맵을 구상해야 한다.

Coalition for Urban Transitions 보고서 - The Economic Ease for Greening the Global Recovery through Cities -는 중앙정부의 정책입안자들이 도시 환경에 대한 재정 촉진책과 친환경 및 회복력, 고효율성 경제회복 정책을 수립하기 위한 권고안을 제시한다.

A report by the Coalition for Urban Transitions - The Economic Ease for Greening the Global Recovery through Cities - provides recommendations to national government decision-makers for shaping fiscal stimulus packages for a green, resilient and inclusive economic recovery in urban environments.

City governments cannot address the challenges of reducing emissions alone. The future of cities depends substantially on decisions made by or supported by higher levels of government. National policy-makers can create policies that drive the redesign of our systems, with public health and economic prosperity as primary goals. Nations can create road maps, collaborating with cities, to support their transition to clean energy. Currently, fewer than two in five countries have an explicit national strategy for cities, and only a

handful of these meaningfully address climate action and human development. These include national energy, tax and transport policies, as well as funding and financing for large infrastructure projects. It is important that policy-makers understand existing and emerging technologies to create road maps that maximize societal benefits while enabling the most efficient and competitive solutions.

ENERGY SERVICE PROVIDERS, ESPECIALLY UTILITY AND ENERGY COMPANIES, PLAY A KEY ROLE IN INCREASING RENEWABLE ENERGY SUPPLY AND CITY ELECTRIFICATION.

ENABLE INTEGRATED SOLUTIONS

Mayors and city administration

시장과 시 당국

시장과 시 기관은 친환경적이며 공정한 도시의 변화를 주도하여 CO₂를 줄이고 일자리 창출, 보건, 회복력 측면에서 부가적인 효용을 일으킬 수 있다. 협력적이며 전체론적인 계획수립은 이 변화에 필수적이며,³² 실질적인 시스템의 변화는 개별 자산 및 분야 중심적인 계획수립을 벗어나 통합적 시스템으로 나아가고 분야 및 산업 간에 전문성을 공유함을 뜻한다. 시장들은 여러 분야의 기업뿐 아니라 도시계획, 설계, 공학, 부동산, 공기업, 금융, 투자 분야의 권위자를 비롯한 사회 및 학계의 이해당사자와 협력하여 여러 문제를 해결하는 통합적 해법을 파악, 실행해야 한다.³³

한 예로, 로스앤젤레스는 미국 국가 재생에너지 연구소 및 지역 공기업 등의 이해당사자와 협력하여 100% 재생에너지 기반 에너지 시스템으로 나아가는 길을 분석했다. LA100 연구는 의사결정권자들이 CO₂ 배출량, 지역 대기품질, 사회적 공정성 문제를 반영하여 인프라 개선 필요성을 파악하는데 도움이 된다.³⁴

Building and infrastructure sector

건물 및 인프라 이해당사자

부동산 개발사, 건축주, 사업자, 사용자를 포함한 공공 및 민간 인프라 개발사는 건축가, 도시계획가, 대중교통 기관, 엔지니어, 건설업체, 공기업 등과 설계 및 건축 과정 전체적으로 협력하여 넷제로탄소 미래에 필요한 규모의 변화를 일으켜야 한다. 이 통합적 가치망에 설계 솔루션을 내재하여 상호 연결되고 데이터가 풍부한 미래를 가능하게 만들으로써

보다 효율적이고 인간 중심적 설계가 가능해야 한다. 동시에, 이 당사자들은 공동으로 해법을 실행하고 주민의 의견과 통찰을 보상하는 방법으로 가장 빈곤한 지역사회의 필요를 직접적으로 충족해야 한다. 이를테면 아래와 같은 행동이 가능하다:

Early planning

조기 계획수립

프로젝트 후원사와 개발사는 지속가능성과 저탄소 기회를 최대한 조기에 파악하여 효용을 극대화해야 한다. 이를테면, 건축가와 설계자는 최저 탄소배출량을 위해 건물을 재건축하는 대신 개보수하는 안을 고려할 수 있다. 초기 계획수립은 건물들이 2050년 목표를 충족할 수 있도록 진화하는 배출량 목표를 반영하면서 낮은 이용료를 유지하는 문제의 해소에 도움이 된다. 또한, 초기 계획수립은 에너지 자산과 사용 전체에 대한 통합적 설계가 가능하며, 이를 통해 에너지 수요를 크게 낮추고 에너지 시스템의 크기를 적절히 설정할 수 있다.

“We would like to see the majority of cities in China commit to achieving net zero by 2035-2045 to ensure the country can hit net zero by 2060.”
Lin Boqiang, Chair of the World Economic Forum’s International Energy Community China

Thinking beyond isolated projects

다중 프로젝트에 대한 사고 확대

부동산 개발사는 단일 건축 프로젝트를 넘어 여러 건의 프로젝트에서 공공 등 이해당사자와 협력하여 보다 광범위한 지속가능성 지역을 구축하여 환경에 대한 긍정적 영향을 넓힐 수 있다. 이를 위해서는 지역사회 의 필요를 고려하고, 보다 넓은 도시 지역에 기술을 통합하여 더욱 효율적이고 우수한 시스템을 만들어내야 한다. 이는 지역 에너지 시스템, 건물간 에너지 사용량의 균형 도모, 건물과 이동수단 등 여러 시스템의 통합과 같은 새로운 기회를 제공한다. 지속가능성 구역 인증 제도³⁵는 이러한 시스템 차원 접근법을 촉진하는 방법 중 하나이다.

Whole Lifecycle Carbon

전체 수명주기 탄소

프로젝트 설계와 건축은 전체 수명주기 탄소(WLC) 배출량, 즉 건물의 건축에서 전체 수명 중 사용 중에 발생하는 배출량을 고려해야 한다.³⁶ 여기에는 내재 탄소 배출량, 즉 원료물질 추출, 건축자재 생산 및 운송, 건축 및 유지보수, 수리와 교체 및 최종적인 해체, 철거, 자재 폐기 관련 배출량 등이 포함된다.³⁷

Accelerating the integration of digital solutions

디지털 솔루션의 통합 가속화

건물이나 인프라 자산의 전체 수명 중 건물 정보 모델링(BIM) 및 건물의 특성에 대한 모든 정보가 담긴 건물의 가상 모델을 말하는 디지털 트윈과 같은 디지털 기술은 가치망 내 이해당사자 간에 보다 원활한 정보의 흐름을 가능하게 만들어 폐기물을 줄이고 에너지 및 물질 효율은 높여주는 효과가 있다. 이는 설계와 가동/사용 간의 성과 간극을 줄이는 데 있어서도 중요하다.

Understanding the business case for green buildings

친환경 건축물에 대한 이해

부동산업의 건축물 개발 및 개보수 방식을 최신회려면 투자회수 방식을 명확히 이해해야 하며, 이 회수가 매력적이어야 한다. 이러한 프로젝트의 회수에 대해 여러 자산 분류와 지역 간에는 차이가 상당하며, 이는 행동을 가로막는 장벽으로 인식되고 있다.³⁸ 이에 대한 자세한 사항은 JLL's report The Impact of Sustainability on Value를 참고한다.

Energy service providers

에너지 서비스 제공자

에너지 서비스 제공자, 특히 공기업과 에너지 기업들은 재생에너지 공급량 증가와 도시 전동화의 확산에 중요한 역할을 한다. 이들은 전기를 공급할 뿐 아니라 에너지 효율의 설계 및 구현, 냉난방 공급, 전력망에 대한 유연성 서비스를 비롯한 분산 자원 설비와 에너지 관리를 비롯한 다양한 솔루션도 제공한다.

A few ideas for action:

이를테면 아래와 같은 행동이 가능하다:

Communication with customers (고객과의 소통)

여러 가용한 솔루션에 대해 비용과 효용을 비롯한 명확한 정보를 제공한다. 이러한 솔루션에는 패에너지 저감, 태양광 패널 설치, 전기 냉난방 계통으로의 전환, 가정 에너지 관리계통의 디지털화 등 가정에서 할 수 있는 조치가 포함된다. 소통은 개별 가구 또는 동네나 지역사회를 대상으로 할 수 있다.

Enable integrated solutions (통합적 솔루션의 제공)

에너지 서비스 제공자는 도시나 구역 내 여러 자산을 동시에 파악하고 데이터, 분석, 금융을 이용하여 여러 건물 유형에 걸친 전력 부하의 균형 도모, 전기차 서비스 설비(Electric Vehicle Service Equipment, EVSE) 최적화, 분산 및 구역 에너지 시스템의 효과적 활용을 비롯한 통합 프로젝트 개발을 지원할 수 있는 몇 안 되는 당사자 중 하나이다.

Scale up progressive business models

(점진적 비즈니스 모델의 확대)

에너지 절감 사업(Energy Savings Performance Contracting, ESPC) 및 서비스형 효율(Efficiency as a Service, EaaS)과 같은 비즈니스 모델은 고객이 초기에 비용을 부담할 필요 없이 에너지 및 운송비 절감(ESPC) 또는 실제 생산량의 사용량별 부과(EaaS)를 통한 자금지원으로 시설의 개선이 가능하다. 이러한 모델을 확대하여 더 큰 긍정적 영향을 미칠 수 있다. BASE (Basel Agency for Sustainable Energy)에서는 신흥국 내 효율적이며 친환경 냉방의 수요를 확대한다는 목표로 비즈니스 모델을 구축했는데, 이는 냉방 외에 여러 인공 환경 요소에도 적용이 가능하다. 서비스형 냉방(Cooling as a Service, CaaS)에 대한 자세한 정보는 CaaS page(caas-initiative.org)에서 볼 수 있다.

Develop innovative solutions for residential customer

(주민 고객을 위한 혁신적 솔루션 개발)

사용이 간단한 “플러그 앤 플레이” 솔루션은 고객의 제품이나 기술 이용을 용이하게 해 준다. 이를테면, 가정의 발코니에 설치되어 가정용 소켓에 연결하는 방식의 태양광 시스템은 쉽게 설치와 연결이 가능하므로 개별 지붕이 없는 아파트 주민이 태양광 기술을 쉽게 이용할 수 있다.³⁹

Increase technical capacity (기술 역량 확대)

현재 화석연료 분야에 종사하는 숙련 인원의 채용을 비롯하여 전체 가치망에 걸쳐 보다 강력한 기술 역량을 구축해야 한다.

Citizens

시민

개인이 함께 거주하고 장기적으로 지역사회를 형성하는 방식은 습관, 문화와 생활수준을 결정하며, 인공 환경을 만들어가는 과정이 된다. 그에 따라, 적극적인 지역사회원과 소비자들은 넷제로탄소를 향한 미래로 나아가는 속도에 영향을 미칠 수 있다.

시민과 지역사회는 지속가능하며 기후친화적인 가치에 부합하도록 자

환경, 사회, 거버넌스 표준
과 보편적 통계치 및 공개
를 위한 운동 관련 자세
한 사항은 세계경제포럼의
Measuring Stakeholder
Capitalism: Towards
Common Metrics and
Consistent Reporting
of Sustainable Value
Creation 보고서를 참
고한다.

신의 방법에 따라 살아가는 방식과 소비하는 대상에 대해 주
의 깊은 선택을 할 수 있으며, 에너지 서비스의 구매, 이동수
단 선택, 신기술 사용 등의 일상적 행동은 도시의 에너지 전
환을 뒷받침할 수 있다.

Financing

금융/재정

도시들이 넷제로탄소 시대로 전환하는 과정에서 직면하는
주요 문제로는 필요한 인프라를 확보하는데 소요되는 자금
이 있다. Coalition for Urban Transition에서는 도시 배출
량을 90% 줄이는데 필요한 투자액은 연간 1조 8,300억달러
(전 세계 GDP의 약 2%)로 추정했으며, 이는 2030년까지 연
간 2조 8천억 달러의 절감액을 일으키고, 2050년까지는 6조
9,800억의 비용을 절감하는데 기여한다.⁴⁰ 다만, 이러한 투자
가 가능하려면 은행, 펀드, 다자간 개발은행을 비롯하여 모든
가용한 공공 및 민간 자금지원을 사용해야 한다.
금융 이해당사자에 따르면, 가용 자금의 부족은 이러한 투자
를 이끌어내는데 큰 문제가 되지 않는다. 이들이 말하는 가
장 일반적인 문제는 “담보화 가능한 프로젝트”, 즉 전체적 구
조와 위험 프로필이 금융기관의 예상에 부합하는 프로젝트가
아니라는 점이다. 금융기관들이 프로젝트의 구조 및 위험/회
수 프로필에 만족하지 못하면 투자하지 않거나 위험 완화 조
치를 요구하게 되며, 이는 프로젝트 비용을 높이게 된다. 일
반적으로 초기 비용이 많이 소요되고 회수 기간도 긴 건축물
의 에너지 효율 프로젝트가 이에 해당한다.
가치망 전체적으로 이해당사자와 금융기관 간의 보다 긴밀

한 협력이 이 장벽을 넘어서는데 도움이 될 수 있다. 금융
기관을 프로젝트 초기에 참여시키면 특히 대규모일 시 담보
화가 가능한 프로젝트의 완수 방안에 대한 역량 구축을 통
해 자금을 확보할 수 있다. 동시에, 안정적 정책이 투자 유치
에 필수적이다.
이러한 문제에도 불구하고 전망은 밝아 보인다. 최근에는 일
부 금융기관들이 기후변화 대응과 사회적 책임형 및 미션 지
향적인 자금지원을 통해 환경, 사회, 거버넌스(ESG) 기준을
충족하려는 노력을 기울이는 것으로 나타났다.⁴¹ 또한, 전통
적 제도와 새로운 제도를 결합하여 기회를 모색하는 아래 사
례연구와 같이 보다 혁신적인 자금 솔루션도 등장하고 있다.

Case study:
The Green Funds Scheme

사례연구

네덜란드 Green Funds 제도

네덜란드 정부는 채권 보유자에 대한 조세 인센티브를 통해
녹색채권의 할인된 수익률에 보조금을 제공한다. 이 채권
의 수익은 저리로 지역 녹색 프로젝트에 대출하는데 사용하
다. 이 Green Funds 제도는 풍력 터빈, 태양광 셀, 수력 설
비, 히트펌프를 비롯하여 가로등용 LED 램프 또는 도시 난
방용 폐열 등에도 자금을 지원한다. 또한, 엄격한 지속가능
성 기준을 충족하는 “녹색” 가정과 사무실도 대상이 될 수
있다. 2001년 이후 이 제도는 연간 약 0.5 mt의 평균 CO₂
저감을 일으켰다.



Recommendation for greener,
healthier and more sustainable
cities

Assess city emission and energy flows,
building and infrastructure performance
levels. Set ambitious targets.
Coordinate with national level policy-
makers.
Develop an action plan, measure and
report progress.
Involve citizens to contribute to their own
city transition.
Create cross-sectoral boards for integrated
city planning and development.
Establish regular dialogue with academia
and businesses.



ENDNOTES

1. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/> (link as of 04/12/2020)

2. <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview> (link as of 04/12/2020)

3. Bazaz, A., Bertoldi, P., Cartwright, A., de Coninck, H., Engelbrecht, F., et al., Summary for Urban Policymakers: What the IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C Means for Cities, IPCC, December 2018 <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/12/SPM-for-cities.pdf> (link as of 07/12/2020)

4. Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) and US Department of Energy, Estimated U.S Energy Consumption in 2019 [Energy Flow Chart], <https://flowcharts.llnl.gov/> (link as of 04/12/2020) Data is based on DOE/EIA MER (2019). Distributed electricity represents only retail electricity sales and does not include self-generation. EIA reports flows for non-thermal resources (i.e. hydro, wind, geothermal and solar) in BTU-equivalent values assuming a typical fossil fuel “heat rate”. The efficiency of electricity production is calculated as the total retail electricity delivered divided by the primary energy input into electricity generation. End use efficiency is estimated as 65% for the residential, and commercial sectors, 21% for transport and 49% for the industrial sectors, which was updated in 2017 to reflect DOE’s analysis of manufacturing. Total may not be equal to sum of components due to independent rounding.

5. Griffith, Saul, Rewiring America, 2020, <https://www.rewiringamerica.org/handbook> (link as of 04/12/2020)

6. World Economic Forum and Accenture Analysis, System Value; for more information, see <https://www.weforum.org/projects/system-value> (link as of 04/12/2020)

7. Ibid. The analysis for Brazil, India and the US describes benefits to 2025 and for Europe to 2030.

8. Bringing embodied carbon upfront, World Green Building Council, 2019, <https://www.worldgbc.org/embodied-carbon> (link as of 04/12/2020)

9. <https://www.vattenfall.se/foretag/fjarrvarme/samenergi/> (link as of 04/12/2020)

10. Chilling Prospects: Tracking Sustainable Cooling for All 2020, SEforAll, 2020. [https://www.seforall.org/chilling-](https://www.seforall.org/chilling-prospects-2020)

[prospects-2020](https://www.seforall.org/chilling-prospects-2020) (link as of 04/12/2020)

11. Cooling, IEA, 2020, <https://www.iea.org/reports/cooling> (link as of 04/12/2020)

12. Schneider Electric assessment based on EU average case, assuming 50% energy efficiency savings per retrofit and 60% baseline share of fossil fuels for heating demand.

13. Bringing embodied carbon upfront, World Green Building Council, 2019, <https://www.worldgbc.org/embodied-carbon> (link as of 04/12/2020)

14. From principles to practice: First steps towards a circular built environment, Arup and the Ellen MacArthur Foundation, 2018, <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/first-steps-towards-a-circular-built-environment> (link as of 04/12/2020)

15. European Energy Industry Investments, Directorate General for Internal Policies Policy Department A: Economic and Scientific Policy, European Parliament, Page 16, 2017, https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/files/energy_investment.pdf (link as of 04/12/2020)

16. Global Innovations from the Energy Sector 2010-2020, World Economic Forum, 2020, Page 6 http://www3.weforum.org/docs/WEF_Transformational_Energy_Innovations_2010_2020.pdf

17. Conclusions, 2nd E.DSO Stakeholder and Innovation Council, 2019, https://www.edsoforsmartgrids.eu/wp-content/uploads/2020/02/E.DSO-SIC-paper-2019_final.pdf

18. Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility, World Economic Forum, 2018, http://www3.weforum.org/docs/WEF_2018_%20Electric_For_Smarter_Cities.pdf

19. Griffith, Saul, Rewiring America, 2020, <https://www.rewiringamerica.org/handbook> (link as of 04/12/2020) Rewiring America has estimated that so much energy is wasted converting fossil fuels to energy that if we electrify everything, we need only one-half our primary energy to fuel our lives.

20. Best available technologies for the heat and cooling market in the European Union, JRC Scientific and Policy Reports, European Commission, 2012, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC72656/eur%2025407%20en%20-%20heat%20and%20cooling%20final%20report-%20online>.

[pdf](#) (link as of 04/12/2020)

21. Electric buses, the green revolution on the streets of Santiago, EnelX, 2018, <https://www.enelx.com/it/en/news-media/notizie/2018/12/electric-buses-santiago-chile> (link as of 04/12/2020)

22. Electric-vehicle smart charging, innovation landscape brief, IRENA, 2019, https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_EV_smart_charging_2019.pdf?la=en&hash=E77FAB742226D29931E8469698C709EFC13EDB2 (link as of 04/12/2020)

23. <https://www.colorado.edu/faculty/hodge/research/pena-station-project> (link as of 04/12/2020)

24. Myers, Joe, Why are China’s cities becoming less crowded?, Agenda, 2015, <https://www.weforum.org/agenda/2015/11/why-are-chinas-cities-becoming-less-crowded/> (link as of 18/12/2020)

25. Walker, Alissa, These mayors pledged to reduce emissions. Why are they widening highways?, Curbed, 2019, <https://archive.curbed.com/2019/12/6/20802235/climate-mayors-widening-highways-emissions> (link as of 18/12/2020)

26. Solid Waste Management, The World Bank, 2019, <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management> (link as of 04/12/2020)

27. Report of the Finance Division on the Fiscal 2019 Preliminary Budget and the Fiscal 2018 Preliminary Mayor’s Management Report for the Department of Sanitation, The Council of the City of New York, 2018, <https://council.nyc.gov/budget/wp-content/uploads/sites/54/2018/03/FY19-Department-of-Sanitation.pdf> (link as of 04/12/2020)

28. https://resilientcitiesnetwork.org/urban_resiliences/waste-circular-economy/ (link as of 08/12/2020)

29. Badstuber, Nicole, London congestion charge: what worked, what didn’t, what next, The Conversation, 2018, <https://the-conversation.com/london-congestion-charge-what-worked-what-didnt-what-next-92478> (link as of 18/12/2020)

30. Pike, Ed, Congestion Charging: Challenges and Opportunities, The International Council on Clean Transportation (ICCT), 2010, https://theicct.org/sites/default/files/publications/congestion_apr10.pdf (link as of 18/12/2020)

31. Climate Emergency Urban Opportunity, Coalition for Urban Transitions, 2020, <https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2019/09/Climate-Emergency-Urban-Opportunity-report.pdf>, page 11 (link as of 04/12/2020)

32. Principles for Effective Urban Infrastructure, National Infrastructure Commission, 2020, <https://nic.org.uk/studies-reports/cities-programme/principles-for-urban-infrastructure-strategies/> (link as of 04/12/2020) In the UK, two important government advisory bodies – the National Infrastructure Commission and the Committee on Climate Change – have

recently made separate and compelling cases against siloed infrastructure sectors and fragmented governance.

33. C40 Mayors’ Agenda for Green and Just Recovery, C40, 2020, <https://www.c40.org/other/agenda-for-a-green-and-just-recovery>(link as of 04/12/2020) The C40 Mayors’ Agenda for Green and Just Recovery provides further recommendations and actions.

34. <https://www.nrel.gov/analysis/los-angeles-100-percent-renewable-study.html> (link as of 08/12/2020)

35. Examples include LEED for Cities and Communities, LEED ND, BREEAM Communities or DGNB Urban Districts among others. <https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/leed-for-cities>, <https://www.breeam.com/discover/technical-standards/communities/>, <https://www.dgnb-system.de/en/districts/urban-districts/index.php> (link as of 07/12/2020)

36. Net zero carbon buildings: three steps to take now 2020, Arup, 2020, <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/net-zero-carbon-buildings-three-steps-to-take-now> (link as of 04/12/2020)

37. How to calculate embodied carbon, The Institution of Structural Engineers, 2020, <https://www.istructe.org/IStructE/media/Public/Resources/istructe-how-to-calculate-embodied-carbon.pdf> (link as of 04/12/2020)

38. The impact of sustainability on value, JLL, 2020, <https://www.jll.co.uk/en/trends-and-insights/research/the-impact-of-sustainability-on-valuerreport> (link as of 04/12/2020)

39. <https://www.enelx.com/it/it/news-media/comunicati-stampa/2020/12/enel-x-sun-plugplay-limpianto-fotovoltaico-chesi-monta-sul-balcone-per-contribuire-allenergia-della-casa> (link as of 04/01/2021).

40. Climate Emergency Urban Opportunity, Coalition of Urban Transitions, 2020, <https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2019/09/Climate-Emergency-Urban-Opportunity-report.pdf> page 12. (link as of 04/12/2020) Based on global GDP of \$84.74 trillion. See: IMF Data Mapper, 2019. GDP, current prices: Billions of US dollars. International Monetary Fund, Washington, DC. Available at: <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/OEMDC/AD-VEC/WEOWORLD>

41. Measuring Stakeholder Capitalism: Top Global Companies Take Action on Universal ESG Reporting, World Economic Forum, 2020, <https://www.weforum.org/press/2020/09/measuring-stakeholder-capitalism-top-global-companies-take-action-on-universal-esg-reporting/> (link as of 04/12/2020)