ice
Institution of Civil Engineers

BRUNEL
INTERNATIONAL
LECTURES

친환경 시대의 시작 : 엔지니어의 역할

The Institution of Civil Engineers Brunel Lecture Series

목차:

THE BRUNEL LECTURE 2008

저자: Peter HEAD OBE FREng FRSA

친환경 시대의 시작:

엔지니어의 역할

개요 5

감사의 인사: 9

1. 소개 11

2. 새로운 시대의 시작 15

3. 배경 17
친환경 시대의 경제학 17

문화적 단절 19
개요 19
도시와 시골의 단절 20
영향력 21

자원 효율성 22
토지 및 도시 구역 22
토지와 식량 25
물과 식량의 안전 및 건강 29
에너지와 원자재 32
제조 및 낭비 37

기후 변화에 대한 적응 38

4. 변화를 위한 구조 41
생체 모방 원칙 41

2050 목표 42

5. 각 국가별 모델 43

6. 고소득 국가의 과제 –영국(유럽) 45

7. 저소득 및 중간 소득 국가의 과제- 중국 **47**

8. 친환경 시대 시작을 위한 전략 및 기술 **49**
생체 모방 원칙: 쓰레기를 자원으로 활용, 자재 절약 및 자원 감소 방지 49

생체 모방 원칙: 다각화 및 협력 52

생체 모방 원칙: 효율적인 에너지 축적 및 사용 52
개요 52
산업적, 영리적 요구 53
가정에서의 요구 54
시내 및 도시 내 지상 운송 수단 56
시내 및 도시 간 지상 운송 수단 57
항공 이동 58
전기 및 에너지 공급 58

생체 모방 원칙: 최대화가 아닌 최적화, 다양한 정보 수집 61

생체 모방 원칙: 오염이 아닌 정화 61

생체 모방 원칙: 생태계와 조화 유지 63
통합 탄소 주기 단축(SICC) 63

생체 모방 원칙: 지역 자원 사용 65

요약 66

9. 경제학 및 정책 **67**
소개 67

정책 구조 67
자연 환경을 파괴하지 않는 경제적 장치 67
분배 68
국제적 정책 70

10. 배급 모델 **71**

11. 엔지니어의 역할 **73**

12. 결론 **75**

13. 참고 문헌 **77**

개요

최근 몇 십 년 동안 지구가 건강하지 않으면 인류의 멋진 미래도 기대할 수 없다는 사실을 많은 사람들이 깨닫기 시작했습니다. 지구, 공기 그리고 물은 태양을 동력으로 매우 복잡한 생태계를 뒷받침합니다. 인류는 이렇게 복잡한 생태계를 이루고 있는 하나의 구성원에 불과합니다. 하지만 지난 몇 십 년 동안 인류는 지구에 매장된 화석 자원의 대부분을 소진하였으며 이렇게 지구에서 대기로 이동한 자원으로 인해 대기 구성 요소를 심각하게 변질되고 있습니다. 경제 체제의 세계화는 현대 인류와 미래 자손이 생존하는 데 밑거름이 되는 지구의 생명 기반 시스템을 약화시키고 있습니다. 인류 개발에 이렇게 직접적인 영향을 미친다는 것은 식량 및 자원 비용의 증가와 함께 현재 경제적인 성장이 급속도로 지지 기반을 잃어 가고 있으며 인류의 문명이 친환경 시대로 이동하고 있다는 것을 의미합니다.

여기에서는 자연 환경을 파괴하지 않는 미래에 도달하기 위해 어떻게 해야 하고 그런 미래가 실현 가능한지와 관련하여 세계적으로 진행되고 있는 학문에 대해 자세히 살펴 보겠습니다. 지속적인 인류의 발전과 인구 증가와 함께 기후 변화에 적응하면서 앞으로 다가올 몇 십 년 뒤에도 환경적인 제약 속에서 자연 환경을 파괴하지 않고 살아가도록 해야 한다는 것이 결론입니다.

친환경 시대인 2050년의 모습:

- CO_2 배출 80% 감소
- 생태발자국 지수 1.44gha/capita
- 인간 개발 지수 증가

국가별 사회 경제적 수준 차이를 인정하고 계속 사용할 수 없는 자원의 사용을 줄이면서 인류가 발전할 수 있는 견고한 솔루션을 제공하는 것이 목표입니다. 영국과 같이 소득이 높은 국가의 경우 기존 도시 및 시골 개발을 새롭게 바꾸는 데 다음과 같은 인프라 투자와 접근 방법이 요구됩니다. 중국과 같이 소득 수준이 낮거나 중간 정도인 국가의 경우 새로운 도시 및 시골을 개발하는 데 필요한 시스템은 다음과 같습니다.

교통 수단:

- 오염 물질을 전혀 배출하지 않는 효율적이고 편안한 대중 교통 수단
- 도보 및 자전거 전용 도로
- 국제 공항을 통과하는 도시 고속 철도
- 화물 운송 기지에서 친환경 물류 서비스 제공

물과 쓰레기:

- 물의 획득, 저장, 재활용 및 별도의 수도관, 이동식 하수도관
- 물 저장, 재활용 및 혐기성 처리
- 별도의 변기 구비 및 딱딱한 쓰레기를 수집하는 진공 집하장
- 도시 건축 자재 재활용

에너지:

- 사막 태양열 발전을 포함한 고갈되지 않는 대규모 에너지
- 도시 열 병합 발전 및 시외 난방 및 전기 시설망
- 발전소의 탄소 회수 기능
- 대체 에너지 및 제품 사용

식량 및 통신:

- 도시 내 집약적 식량 생산
- 광대역 통신 및 사용자 취향에 맞춘 정보

이 모든 시스템은 연결되어 있으며 환경을 구성하는 다양한 구성 요소의 경제적, 사회적, 환경적 영향력을 통합하는 차원 높은 순환 고리를 형성합니다. 따라서 한 분야가 변화될 때 다른 분야에도 좋은 영향을 미칠 수 있습니다.

다음과 같은 도시 설계 원칙도 자연 환경을 파괴하지 않고 도시를 개발하는 데 매우 중요한 역할을 합니다.

- 엄격하고 복잡하기보다는 즉각적으로 반응할 수 있는 간편하고 세련된 설계 채택. 이것은 산업 혁명 시대의 매우 복잡한 화석 연료 발전 시스템의 사용을 자제하고 환경을 지키는 친환경 시스템을 도입한다는 것을 의미합니다
- 환경 친화적 개발 목표를 설정하고 도시 외곽에서도 친환경 시대 원칙에 맞게 투자하겠다는 목표를 세웁니다.
- 시너지 효과를 일으키는 선순환을 설계, 구현 및 지지할 수 있도록 생체 모방 원칙을 하부 구조로 이용합니다.
- 지역 및 시외 부지 사용 계획 수립. 인구 밀도가 높은 대중 교통 요지 주변에 이런 밀도 있는 혼합형 개발을 추진할 경우 장점이 아주 많습니다.
- 시골과 도시 사이의 물, 에너지, 쓰레기 및 무기물의 자원 흐름을 차단합니다.
- 쓰레기를 자원으로 재활용하여 제품을 만듭니다. 제조업체에 보내어 분해한 다음 다시 사용할 수 있도록 제품을 설계합니다. 2차 바이오매스 자재 및 스마트 자재를 원자재로 사용합니다.
- 제품에 효율 레이블을 제공합니다.
- 기후 변화에 따른 적응 및 완화

자연 환경을 파괴하지 않으면서 도시를 설계한다는 원칙이 지켜지려면 다음과 같은 개발 기술이 지원되어야 합니다.

- LED 조명
- 전기 및 수소 동력 교통 수단
- 발전소에서 발생하는 CO_2양과 석탄 가스화를 수집하는 해조 반응기를 사용하여 탄소 순환 감소
- 쓰레기 혐기성 처리
- 수경 재배 및 영양소 공급으로 집중적 식량 생산
- 항공 연료로 2차 바이오매스 사용

여기에서는 이런 목표를 달성하는 데 도움이 되는 정책들을 소개합니다. 친환경적 경제 모델이 존재하려면 경제 전반에 걸쳐 친환경 시스템이 유지될 수 있는 지속적인 노력이 수반되어야 합니다. 친환경 시스템 내에서 허용되는 수준으로 쓰레기를 이용하고 자원을 재생성하여 자원을 재활용한다면 자연 환경을 파괴하지 않고 경제와 사회를 지속적으로 발전시킬 수 있습니다. 도시에서 발생하고 있는 산업 사회 시대 문제의 족쇄에서 벗어나 사회를 발전시킨 예는 실제로도 많이 있습니다.

세 가지 정책 영역

첫째 정책은 과거에는 자유롭게 사용할 수 있었던 천연 자원과 서비스가 고갈되어 가고 있는 재화라는 사실과 제도의 한계를 해결하는 데 필요한 최적인 제도 또는 자연을 파괴하지 않는 제도를 유도해야 합니다. 예를 들면 다음과 같습니다.

- 에너지 배급 법
- 공해를 일으킨 사람에게 세금 부과. 세금 추징으로 인한 수익은 기업 부문에 도움이 되는 공공 부문 투자에 사용됨
- 최저 사회 및 기업 비용이 사회적 이익에 해당하도록 하는 배출권 거래제(할당제)

둘째 친환경성이 척도의 기준이어야 하고 공정성은 사회와 전 세계에 공평하게 배포되도록 하는 기준이어야 합니다. 예를 들면 다음과 같습니다.

- 국가 및 지역 토지 사용 계획
- 지역 사회에 부를 재분배할 수 있도록 토지세 부과
- 환경 정화 혜택에 대해 사회 개발 혜택 교환
- 탄소 계약 및 수렴, 생태발자국 감소 및 공유

셋째 정책은 자원을 효율적으로 배정해야 하고 최대한 비용 효율적이어야 합니다. 예를 들면 다음과 같습니다.

- 공생 제조를 장려하는 국가적 자원 효율성 목표 및 순환형 경제 법률
- 자원 효율성의 반동 효과를 관리하는 국가적 정책

자연 환경이 파괴되지 않은 미래를 원한다면 지구 상의 생명체를 보호할 수 있도록 인프라를 근본적으로 변화시켜야 합니다. 여기에는 기존 기술과 함께 공공, 기업, NGO, 국내 공동체 내 지역 그룹, 국제적인 조합 간의 강한 유대 관계가 필요합니다.

여러 분야의 팀 작업에 정통하고 경험이 풍부한 엔지니어들은 새로운 인프라 시스템을 성공적으로 설계하고 구현하는 데 매우 중요한 역할을 합니다. 하지만 50년 이내라는 매우 촉박한 시간 안에 이런 새로운 도전을 수행할 수 있는 엔지니어의 수는 한정되어 있습니다. 따라서 이런 도전에 젊은 세대들이 동참하도록 동기를 부여하고 교육하여 21세기를 이끌어 갈 수 있도록 해야 합니다. 친환경 협회의 전 세계적인 네트워크가 구성되고 있으며 이는 지식의 공유와 전달 능력을 향상시키고, NGO 및 지역 그룹과 공공 및 기업 간의 유대 관계를 통한 전달 모델은 친환경으로의 변화를 제안합니다.

이것은 희망 찬 미래를 향한 첫 항해를 시작하는 것과 같습니다. 하지만 긴 여정의 첫 발을 내디딘 것에 불과합니다. 2009년 12월 코펜하겐 기후정상회의에서 전 세계가 함께 모여 우리가 나아가야 할 방향과 실천해야 할 것에 대해 충분히 인식하고 있고 준비해야 한다는 데 대해 동의를 구하는 것이 목표입니다.

이 글로 인해 전 세계 엔지니어들이 동참하게 되고 아마도 그 어떤 세대보다도 가장 훌륭한 세대가 될 현대 젊은 세대들이 이러한 도전에 참여하려는 마음을 가질 수 있게 되기를 바랍니다.

감사의 인사:

전문 심사를 맡아 주셔서 감사 드립니다.

Brunel Lecture 시리즈 프로젝트 관리 및 리서치를 담당해 준 Arup의 Debra Lam에게도 감사 드립니다.

1. 소개

토목 기사들은 인류 문명이 급속도로 발전한 1700년에서 1900년 사이에 자신들이 크게 기여했다는 사실에 대해 자부심을 가지고 있습니다. 지금 우리는 Isambard Kingdom Brunel과 같이 대빅토리아 시대 엔지니어들의 수혜를 받고 있는 것입니다. 그는 영국의 경제 성장의 기반이 되었던 혁신적인 인프라를 개발했습니다. 당시 영국은 인구가 5백만에서 3천만으로 폭발적으로 증가하였고, 사람들은 도시로 이주하기 시작했으며, 산업 성장이 일 년에 최고 3.5%에 달했습니다.[1] 산업 혁명은 짧은 기간에 서방 세계를 농경 사회에서 산업 사회로 바꾸었습니다. 또한 산업 혁명과 함께 도시에서의 삶은 국가를 이끄는 사람들의 이익을 위해 지구의 풍부한 자원을 개발하도록 하였습니다. 인구 증가율이 어느 시점에서 식량 자급 자족율을 넘어 서게 될 것이라고 주장한 경제학자 Thomas Malthus[2]처럼 우려한 사람도 있었지만 이와 같은 예측은 당시 기계, 수확률이 높은 밀과 벼, 비료 및 화석 연료의 사용으로 생산성을 증가시킨 뛰어난 능력 덕분에 잘못된 것으로 증명되었습니다. 지금은 인구가 Malthus가 예측한 당시보다 7배나 증가하였지만 분배가 잘 이루어진다면 아직은 충분한 식량을 보유하고 있습니다.[3]

산업 발전과 도시화는 전 세계적인 중요성에 대한 특별한 고려 없이 지속적으로 진행되어 왔고 경제 성장과 삶의 질을 높이는 모델로 전 세계에 퍼져 나갔습니다. 토목 기사는 이런 산업화와 도시화에서 에너지, 물, 쓰레기, 통신, 대중 교통, 홍수 방지에 필요한 인프라를 설계하고 구축하는 데 중추적인 역할을 했습니다. 화석 에너지 소비는 이런 인류 개발 모델과 배선과 같이 재생할 수 없는 자원 소비 사회를 만든 이런 시스템을 설계하고 만드는 데 중추적인 역할을 합니다.

수백년 전에 만들어진 화석 연료를 사용하는 데 전적으로 의존하는 것은 이런 연료가 고갈되면 끝나게 될 수 있습니다. 특히 소득 수준이 높은 국가의 경우 이런 천연 자원을 낭비할 수 밖에 없는 태생적인 한계가 있습니다. 고소득 국가의 이런 물질적인 풍요와 현재 경제 모델은 한정적인 자연 자원의 비효율적인 사용을 더욱 가속할 할 것으로 보입니다. 우리는 이런 방향을 빨리 변화시켜야 할 상황에 처해 있습니다.

1 Floud, Roderick and D.N. McCloskey eds. The Economic History of Britain since 1700 Cambridge: Cambridge University Press. 1994

2 Malthus, Thomas R., Ratios of the increase of population and food, An Essay on the Principle of Population, Book 1, Chapter I, 페이지 13-21, (1992).

3 Population Reference Bureau, (2007) World Population Data Sheet, 페이지 1-16, 제공: http://www.scribd.com/doc/326077/World-Population-Datasheet-2007.

소득 수준이 높은 국가의 성장 모델은 도시화에 기반을 두었고 이것은 소득 수준이 낮거나 중간 정도의 국가들의 벤치마크 역할을 하여 자원의 소비를 급속도로 부채질하였습니다. 급속도로 경제 성장을 이루고 있는 중국의 경우 2020[4]년이면 전체 인구의 60%를 차지하는 8억명이 넘는 인구가 도시에 거주하게 될 것으로 보이고 이는 전 세계 자원의 소비 더욱 촉진하게 될 것입니다. 또한 이런 자원의 대부분은 다시 사용할 수 없습니다.

제1차 유류 파동이 있었던 1970년대 이후 이런 성장 모델의 한계에 대한 우려가 다시 대두되었지만 레이건과 대처 시대에 이내 수그러들었습니다. 브룬트란트 위원회(Brundtland Commission) 보고서 '인류 공동의 미래(Our Common Future)'가 발표된 1987년에서야 성장의 한계가 국제적으로 담론화되었습니다.[5] 생태발자국이란 개념과 계산 방법은 캐나다 밴쿠버의 브리티시 콜롬비아 대학(University of British Columbia)의 Mathis Wackernagel이[6] William Rees의 도움을 받아 1990년에서 1994년 연구 발표한 박사 논문에서 소개되었습니다.[7] 1998년 WWF는 2년에 한 번씩 지구 보고서(Planet Report)를 출간하기 시작했고 2006년 보고서에는 인류가 심각한 자원 고갈 위기에 처해 있다고 발표했습니다. 현재 지구가 대체할 수 있는 자원의 25% 이상을 소비하고 있으며 인류를 뒷받침할 수 있는 자연재의 매장량이 급속도로 줄어들고 있다는 사실을 전 세계에 경고했습니다.[8]

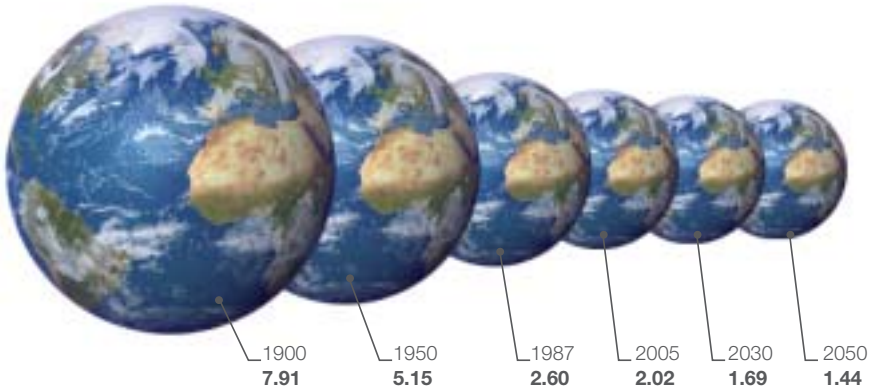
4 Peoples' Daily Online, Chinas urban population to reach 800 to 900 million by 2020, 제공: http://english.people.com.cn/200409/16/eng20040916_157275.html, (2004).

5 United Nations General Assembly Report A/42/427, Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development, 원문 출처: http://www.worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf, (1987)

6 Wackernagel, M, How Big Is Our Ecological Footprint? – Using the Concept of Appropriated Carrying Capacity for Measuring Sustainability, Taskforce on Planning Healthy and Sustainable Communities, University of British Columbia, (1993).

7 Wackernagel, M, Ecological footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning towards sustainability, University of British Columbia., 박사 학위 논문 (1994). Wackernagel, M. & Rees, W.E, Our Ecological Footprint—Reducing Human Impact on the Earth, Gabriola Island, B.C., Canada: New Society Publishers, (1996).

8 World Wildlife Fund, Living Planet Report, 원문 출처: http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf, (2006).



연도
인구 1인당 대지 면적(헥타르)

욕지의 감소 [9]

이 분석에 대한 주요 척도 중 하나가 각 국가별 인구에 대한 '생태적발자국'이며 이것은 인류가 생활하는 데 필요한 물, 에너지, 식량, 자원 제공 및 쓰레기 처리에 요구되는 지구 표면의 영역을 계산합니다.

후진타오가 중국 주석이 되던 2003년 그의 내각은 중국의 산업적 개발 및 도시 개발로 인한 trajectory를 신중하게 검토했습니다. 그에 따라 '인간과 자연의 조화'를 강조하고 '에너지 절약과 환경 친화적인 사회를 건설'하는 새로운 정책이 나오게 되었습니다. 중국의 정치 지도자들이 '경제 개발은 환경과 사회에 미치는 영향을 고려해야 한다'는 것을 강조하기 시작했습니다.

산티아고에서 개최된 2004 아시아태평양 경제협력체(APEC) 정상회의 연설에서 후진타오 주석은 다음과 같이 주장했습니다.

지금까지 인류가 경험한 역사에서 우리는 자원을 낭비하거나 환경을 파괴하면서까지 개발해서는 안 된다는 사실을 절실하게 깨닫게 되었습니다. 이런 사실을 망각한다면 인류는 값비싼 대가를 치뤄야 하고 결국 개발 자체가 위협을 받게 될 것입니다. 개발은 높은 기술 지식과 견실한 경제적 효율성과 함께 자원은 사용은 줄이고, 환경 오염을 일으키지 않으면서 인적 자원을 충분히 활용해야 진행되어야 할 것입니다.

그는 여기에 그치지 않고 2007년 17차 전당회의에서 새로운 5개년 계획안을 발표했습니다.[10] 그 자리에서 처음으로 '중국이 더욱 효율적인 자원과 재생 가능한 에너지를 사용하여 친환경적인 개발을 이루어 나갈 것이다'라고 언급했습니다. 또한 연구, 새로운 서비스의 필요성과 디자인에 대해 강조하였으며 새로운 법, 오염 물질 배출 제어, 환경 개선을 통해 순환 경제의 개발에 대해 언급했습니다. 이것은 국가 지도자가 산업적 성장 모델이 결국에는 환경과 건강 및 원자재에 대한 비용을 유발하여 비경제적이라는 사실을 인식하고 있다는 것을 보여 주는 좋은 사례입니다.

9 FAOSTAT, Chapter 9 population projection, WTO 2007, Geo data Portal compiled from UNPD 2007, World Bank 2006, UNFCCC-CDIAC, 2006.

10 National Development & Reform Commission (NDRC), 11th Five Year Plan for National and Economic and Social Development, 원문 출처: http://en.ndrc.gov.cn/hot/t20060529_71334.htm.

동시에 지구를 배로 총 원료 생산을 화물로 보는 친환경적 경제학 논리가 대두되었다는 것을 의미합니다. 이 모델에서 경제학자들은 우리가 화물의 무게가 어느 정도 무거워야 안전한지는 아직 모르지만 화물이 너무 무거우면 배가 가라 앉을 수 있다는 사실을 알고 있다고 말합니다.[11] 이 이론은 학계에서는 이미 20년 동안 논의되어 왔고 경제 성장이 결국에는 자원 사용의 지속적인 증가 없이도 인류를 발전시킬 수 있는 대안적인 발전 방안으로 대체되어야 한다는 사실이 명백해 졌습니다.

12

이런 자연 환경을 파괴하지 않는 발전과 친환경적 개발이 현재 중국에서 전통적인 GDP 성장 목표와 함께 지방 정부의 환경 정화, 에너지 효율성 및 사회적 목표 설정으로 진행되고 있습니다. 관련 법도 개정되어 예를 들면 경작 가능한 땅을 개발용으로 양도하는 것과 관련된 조항이 엄격하게 제한되었습니다. 이는 다시 사용할 수 있는 에너지로 제품을 생산하고 제조 시 자원을 순환 사용하도록 독려합니다. 또한 경제 발전이 처음으로 자원을 소비하는 것에서 벗어난 새로운 방식으로 전환되고, 친환경 시대로의 이행 시작을 목표로 친환경 도시 프로젝트 시연 계획이 시작되었습니다.

11 Daly, Herman E. & Farley, Joshua, Ecological Economics: Principles and Applications, Part III, Microeconomics, chapter 9, Supply and Demand, 페이지 141-157, (2004).

12 © Doug Sephton in Drivers of Change: Demographics, Arup 2008

SIIC(Shanghai Industrial Investment Corporation)[13] 와 같은 미래지향적인 비전을 가진 고객을 위해 동탄 및 기타 중국 내 친환경 도시 및 유사한 전 세계 프로젝트 계획을 통해 Arup은 이런 급변하는 환경을 뒷받침하고 다음을 이끌었습니다.

- 자원의 효율성 수준에 대한 이해 심화. 이는 현재 '산업화 시대' 시스템과 이의 생태발자국의 영향력에 비교하면 얻을 수 있습니다.
- 이를 달성하는 데 필요한 인프라와 기술에 대한 지식
- 매워야 할 기술적인 격차에 대한 통찰력
- 새로운 방향에 대한 경제적 측면에서의 매력도

이러한 생각이 기존 고소득 국가에 충분히 번져서 자체의 무게를 지탱하지 못해 세계 대재앙이 오는 것을 막으려면 세계 모든 국가가 변화해야 한다는 것을 이해하게 되었습니다. 이 모든 배움에는 기후 변화의 영향과 최근 IPCC의 4차 평가 보고서(Fourth Assessment Report)에서 권장한 완화를 처리하는 데 필요한 것이 포함되었습니다.[14] 인구 증가와 자원 소비가 인류의 활동 원인 소비 체계를 파괴하지 않으려면 우리가 무엇인가를 해야 한다는 것은 명백합니다.

13 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020, (2008).

14 Intergovernmental Panel on Climate Change Report, Working Group III Report Mitigation of Climate Change, 원문 출처: http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm, (2008).

2. 새로운 시대의 시작

한정된 자원의 과소비로 인한 인류 발전 역행을 방지하기 위해 노력해야 하는 새롭고 중요한 여정의 첫걸음을 인류는 딛고 있습니다. 우리가 문제를 해결하는 데 필요한 지식의 대부분은 이미 알고 있는 내용입니다. 문제는 우리가 처한 상황을 잘 이해하고 이미 알고 있던 지식을 보다 효율적으로 적용하는 것입니다.

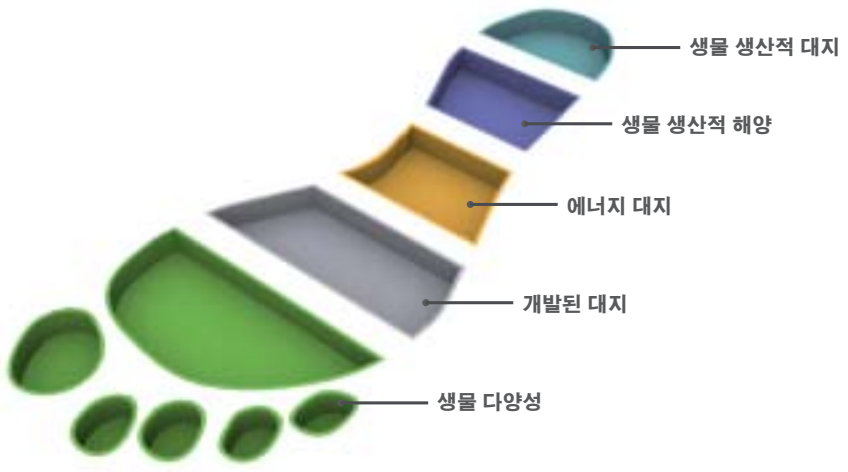
여기에서는 이런 지식에 대해 알아 보고 자연 환경을 파괴하지 않는 시스템공학, 전과정 분석, 산업생태학 및 지구시스템공학과 같은 학문에 대해 살펴 보도록 하겠습니다. 이러한 시도는 이해할 수 있는 논리적인 형태로 정보를 전달하기 위한 것이고 공학, 경제 및 정부 관련 청중들에게 이런 문제를 처리하는 엔지니어의 역할을 강조하는 것이 주요 목표입니다. 우리 모두는 이것이 근본적으로 새로운 방향으로의 여정이라는 것과 명확한 목표를 세우고 이런 목표를 달성하는 데 비전 확립도 중요하다는 것을 인식하고 있습니다. 2050년까지 자연 환경을 파괴하지 않고 환경적인 한계 내에서 생활하도록 유도하는 전 세계 경제 개발의 빠른 방향 전환에 대한 하부 구조와 모델이 제시되고 있습니다. 이것은 살아 있는 지구 보고서(Living Planet Report)의 '고속 감소 시나리오'에 해당됩니다.

2050년까지 달성할 명확한 목표는 다음 세 가지 측정 기준으로 설계됩니다.

- CO_2 감소: 2050년까지 1990년 수준으로 80% 감소
- 생태발자국 감소: 모든 국가에서 전체 지구 점유율에 대한 생태발자국 변화, 1인당 1.44gha(2050년 예상 전체 인구 대비)
- 인간 개발 지수: 국민 소득, 평균 수명, 교육 수준 등 전반적인 복지 향상

탄소 배출량 감소만으로는 친환경 시대로 바뀌었다고 할 수 없습니다. 제한되어 있는 자원을 잘 활용하여 꾸준하게 성장하고 발전해야 하는 것입니다. 생태발자국은 인간의 요구를 충족시킬 수 있는 농경지, 목초지, 산림지, 어장과 같이 생산적인 영역에서의 지구 생태 수용력을 나타냅니다.[15] UN의 인간 개발 지수는 수명 연장, 정규 교육, 국민 소득과 같이 인간 개발과 관련된

15 Word Wildlife Fund, Living Planet Report, 원문 출처: http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf, (2006).



생태발자국 토지 형태별 이용 현황

세 가지 기본 척도로 전체 복지 정도를 나타냅니다. 이런 세 가지 목표는 친환경 시대로 들어가는 데 안내자 역할을 합니다.[16] 생태발자국 안에서 탄소 배출량은 줄고 인간 개발 지수는 높아진 환경에서 사는 것은 모든 사람들의 권리입니다. 자연과 조화를 이루면서 위의 세 가지 조건을 만족시키고 성장과 개발을 이루어야 합니다. 여기에서 언급한 인프라 투자와 함께 교육과 건강을 향상시킨다는 목표를 달성하려면 투자가 추가로 이루어야져야 한다는 가정이 우선되어야 합니다. 추가 비용은 일 년에 미화로 770억 달러에 이를 것으로 예상됩니다.[17]

각 국가별로 인간 개발, 탄소 배출량, 생태발자국과 함께 조건과 정책이 다르므로 상황에 맞는 솔루션을 제시하여 전 세계가 친환경 시대에 동참할 수 있도록 했습니다. 우리가 제안하는 기술과 시스템은 소득의 높고 낮음에 따라 다르게 적용될 것입니다.

전 세계의 모든 분야에서 불평등을 야기할 수 있다는 우려와 함께 윤리적인 가정을 두고 접근하였습니다. 극도로 빈곤한 상태로 살아가는 사람의 수는 늘어가고 있고 이들은 자원의 과소비나 부족으로 인한 영향을 민감하게 받을 수 있습니다. 또한 미래로 눈을 돌려 세대 간의 평등과 미래 세대 또한 중요하게 고려해야 해야 합니다.

16 United Nations Development Programme, Human Development Report, 원문 출처: http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_en_complete.pdf, (2007-2008).

17 Brown, Lester, Plan B 3.0, New York: W.W. Norton & Company. 2008.

다음과 같은 본질적인 문제에 대해 선견지명이 있는 대답을 제공하는 것이 기본적인 목적입니다.

- 자연 환경을 파괴하지 않는 방식으로 삶을 변화시킬 수 있을까요?
- 소득이 높거나, 중간이거나, 낮은 국가에 어떤 정책과 투자가 필요한가요?
- 친환경 시대로 이행하는 데 엔지니어의 역할은 무엇인가요?

Climate Change, 탄소 측정에 대한 새 연구, 전세계 개발 프로젝트 경험 등을 포함하는 Drivers of Change에서의 Arup의 연구 프로그램에 근거를 기반 했으며[18], 런던 등의 도시의 기후 변화 조절 계획 등을 지원하기 위해 이 기반 자료를 준비했습니다.[19] 참고 자료는 권위에 의거하여 선택하였고 이 문서는 전 세계 전문가의 심사를 거쳤습니다.

18 Arup Global Foresight and Innovation, Arup Drivers of Change, http://www.arup.com/landing.cfm?pageid=8870, (2007-2008).

19 Greater London Authority, Action Today to Protect Tomorrow: Mayor's Climate Change Action Plan, 원문 출처: http://www.london.gov.uk/mayor/environment/climate-change/docs/ccap_ fullreport.pdf, (2008).

3. 배경

이 단원에서는 산업 개발 모델에서 직면하게 되는 매우 긴급한 문제를 분석하고 친환경 모델이 지구에 빠르게 영향을 미치는 급속한 향상을 가능하게 하는 몇 가지 주요 기회에 대하여 자세하게 살펴 보겠습니다.

친환경 시대의 경제학

경제학은 제한되고 부족한 자원을 경쟁하여 배분하는 것과 관련이 있습니다. 신고전주의 경제학에서는 세계 거시 경제 규모가 자원을 무제한적으로 공급할 수 있다는 가정 하에 시장에서 이런 배분 과정을 보다 효율적으로 운용할 수 있도록 하는 데 초점이 맞춰져 있었습니다.

친환경 경제학에서는 지구가 태양에서 에너지를 가져오고 열로만 내보낼 수 있는 폐쇄적인 시스템이라는 것을 인식하고 있습니다. 이 시스템의 문제점은 내부에서만 순환되고 관통하여 흐르지 못한다는 것입니다. 인류의 경제적인 성장 모델은 삶을 뒷받침하는 지구 생태 시스템 안에서 존재하는 것인데 세계 경제 규모가 성장할수록 자연 환경은 파괴되고 있습니다. 각 성장 증가분에 대한 생태 시스템의 파괴가 매우 커서 그 가치보다 지불해야 할 비용이 높을 정도로 세계 경제 규모가 커졌다는 사실을 이제 우리는 인식하고 있습니다. 따라서 과거 모델을 기반으로 한 성장은 경제적이지 않을 수 있으며 이제 한계 비용으로 한계 효과를 얻을 수 있는 최적의 규모를 찾기 시작해야 할 수 있습니다. 이 목표에 도달하기 위해 성장 속도를 높이도록 자원을 보다 효율적으로 사용하고 인류의 발전을 가속화할 수 있는 새로운 방법을 찾아 생태 시스템에 미치는 영향을 줄이는 방법을 찾는 데 초점을 맞추고 있습니다. 특히 도심에서 진행될 방법은 적은 자원을 사용하여 인류가 발전할 수 있는 기회를 많이 얻을 수 있도록 다시 평가되어야 합니다. 여기에는 미적 가치관과 함께 도시 디자인에서 핵심이 되는 미래 요소인 깨끗한 물, 영양가 높은 음식, 직업, 공중 위생, 교육 , 의료 및 생명 공학, 인간의 다양성을 향상시키는 것도 포함됩니다.

변화를 추진하려면 태양 에너지, 대지, 광물 및 화석 연료, 물, 생명체와 같은 자연의 자산과 이런 자산을 통해 얻을 수 있는 서비스에 가치를 두어야 합니다. 또한 우리의 미래를 보호하려면 이런 자연 자산을 보호하고 인류 발전에 긍정적인 역할을 할 수 있도록 해야 합니다. 친환경 시대로 이행하는 데 이런 근본적인 패러다임의 변화는 필수적입니다. 생활 방식이 유기체, 바람, 파도, 조류를 통해 수집되거나 태양 집광기로 직접 수집된 태양 에너지를 사용하는 것과 같이 친환경적으로 바뀌는 데는 매우 오랜 시간이 걸립니다. 따라서 이런 친환경 시대로 이행되기 전까지는 대체 방법을 찾아야 환경 오염을 줄이면서 자원을 사용할 수 있는 동안 화석 연료와 원자력을 이용할 수 있습니다.

20

생태 경제학에서는 천연 자본의 희생이 방정식의 한 요소로 고려되어야 한다는 것을 인정하여 인간이 만든 자본의 변환과 사용에 있어서 효율성을 가장 중요한 척도로 봅니다.

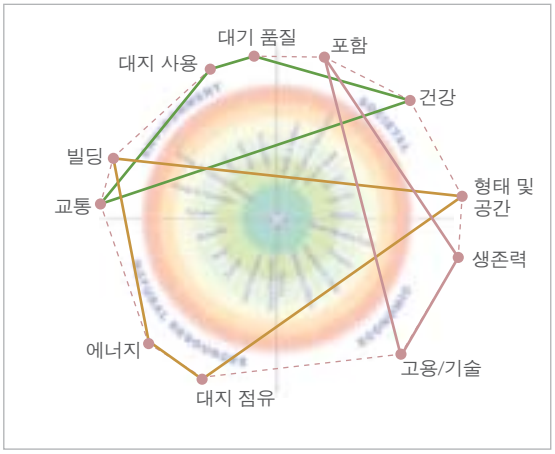
포괄적 효율성으로 사용되는 이 용어는 다음과 같은 요소를 내포합니다.

- 자원의 기술적 디자인, 배정 및 분배에서의 서비스 효율성
- 유지 관리 및 내구성 성능 효율성
- 천연 자본의 성장 효율성 및 수확 효율성
- 천연 자본 추가 생성 및 천연 자본 사용당 생태 시스템 서비스 희생 감소

20 © Jupiter Images UK Ltd, in Drivers of Change: Demographics, Arup (2008).

이 책에서 소개한 접근 방식들은 이 효율성 모델을 사용하고 엔지니어가 창조하고 형상화하여 만든 환경에 적용하는 것이 목표입니다. 발생한 이익은 만들어진 환경의 서로 다른 구성 요소의 환경, 경제 및 사회적 효율을 연결하는 선순환을 결집하여 최대화될 수 있으며 디자인을 구성하는 한 요소의 변화가 다른 요소의 이익을 이끌어 낼 수 있습니다.

간단하게 예를 들면, 조용한 전기 자동차를 사용하고 차량 통행을 금지하는 거리를 확대하게 되면 소음을 줄이는 데 필요한 건물 정면의 무게가 줄어 들게 되어 자원을 적게 소비하도록 할 수 있고 건물을 짓는 데 자연 환경 파괴를 줄이는 재료를 선택하여 CO_2 배출량이 줄일 수 있습니다. 오염 물질을 방출하지 않는 운송 수단을 사용하면 대기가 깨끗해지므로 건물에서 자연 환기가 가능해지고, 에너지 비용을 줄이며, 건물에 거주하는 사람들의 건강이 좋아지게 됩니다.



Arup의 선순환 [21]

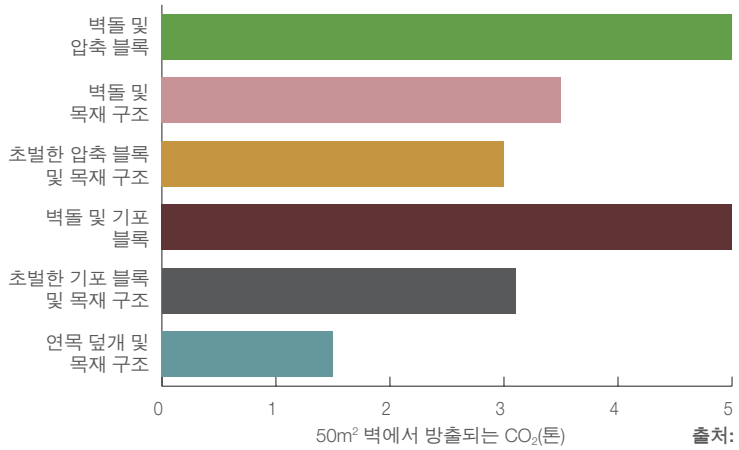
21 Arup's Integrated Urbanism: http://www.arup.com/integratedurbanism/whoweare.cfm?pageid=7937.

고소득 국가들이 최적의 경제 활동 규모 내에서 자연 환경을 파괴하지 않고 인류 발전을 이루는 것이 목표인 새 모델로 이행하도록 하는 시장의 압력과 정책이 시작되고 있다는 확실한 징후들이 포착되고 있습니다. 하지만 환경 정책, 사회적 요구 및 경제 시장 압력을 포함한 복합적인 동력원이 많습니다.

이미 개발에 있어서 재생 가능한 자원을 소비하는 비중이 점차 커질 것이고 재생할 수 없는 자원들은 그 희소성으로 인해 가격이 상승하고 사용하는 데 있어 규제를 받게 될 것입니다. 개발은 높은 효율성과 낮은 환경 오염, 친환경 시대로의 이행을 통한 인류 개발의 효율성 향상에 대한 강조 등으로 뒷받침될 것입니다. 현재 에너지 효율이 높고 재생 가능한 자원 제품과 서비스의 매출이 증가하고 있다는 것을 예로 들 수 있습니다. 재생 가능한 에너지는 일자리를 창출해 내는 주요 요소로 2020년에는 독일에서 100,000개의 새로운 직업을 만들어 낼 것으로 기대되고 있습니다. 이런 결과를 얻을 수 있는 것은 정부의 정책 덕분입니다.[22] 일본에서는 거주 및 상업용 건물에 대한 새로운 건축 에너지 규범으로 매년 에너지 비용을 미화로 53억 달러 절약하고 CO_2 3천 4백만 톤을 줄일 것으로 예상됩니다.[23]

22 The Climate Group Report, In the Black: The Growth of the Low Carbon Economy - Summary Report, http://theclimategroup.org/assets/resources/TCG_ITB_SR_FINAL_COPY.pdf, (August 2007).

23 The Climate Group Report, In the Black: The Growth of the Low Carbon Economy - Summary Report, http://theclimategroup.org/assets/resources/TCG_ITB_SR_FINAL_COPY.pdf, (August 2007).



출처: www.roadmap2010.eu/wisd/pdfs/42.pdf

벽 건축법 차이에 따른 CO_2 배출량 [24]

소득 수준이 낮거나 중간 규모인 국가의 경우에는 고소득 국가들이 겪은 소모적인 단계를 거치지 않고 기술과 함께 이 새로운 경제적 사고를 결합할 수 있는 기회가 있습니다. Stern Review[25]나 McKinsey[26]의 주요 보고서와 같은 탄소 배출 감소와 관련된 가장 자세한 연구에 따르면 친환경 시대로의 이행에 필요한 비용은 우리가 감당할 수 있을 정도이며 경제 성장을 해치지 않을 것이라고 밝히고 있습니다. McKinsey 보고서에서는 미국이 2030년까지 온실 효과를 일으키는 유해 가스 배출을 1/3에서 1/2까지 줄일 수 있고 그 비용은 경제적으로 감당할 수 있을 규모라고 밝히고 있습니다. 여기에서 제안된 것처럼 실제로 자원 효율성에 대해 더 큰 계획이 채택되었다면 경제적 동력원이 보다 명확했을 것입니다.

Stern Review의 결론에 이어 영국의 CBI(Confederation of British Industry)는 지금 실행에 옮기지 않으면 이후 온도 변화 문제를 처리하는 데 비용이 더욱 많이 들게 될 것이고 영국은 탄소가 낮은 경제에 주어지는 상업적인 기회를 잃게 될 것으로 보고 있습니다. 탄소 배출을 위한 투자가 연간 GDP 성장 속도를 늦추는 비율은 0.12% 밖에 되지 않을 것으로 예상됩니다.[27]

세금의 경제학이 탄소 감소 기술에 대한 비용을 줄여주고 있습니다. 이미 미국에서는 LEED 표준에 따라 설계되고 건축된 에너지 효율 건물에 대한 연구가 진행되어 비 LEED 건물에 비해 수치가 증가하고 자연 환경을 파괴하지 않는 에너지의 성능이 향상되면 초기 비용 증가에 대한 부담이 사라진다는 결과를 증명해 보였습니다.[28] 재원 분배 정책과 개발적인 실행의 결합이 발전 방향을 바꾸는 데 필요합니다. 가장 큰 장애물은 우리 자신이 자원을 소비하지 않고는 인류의 개발이 있을 수 없다고 믿고 있는 것입니다.

24 World Business Council for Sustainable Development, Policy Directions to 2050, http://www.wbcsd.org/DocRoot/bdA09BFxjVkjEeXJKjle/int_low_res.pdf, (2007).

25 UK Chancellor of the Exchequer, Stern Review: The Economics of Climate Change, http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm, (2007).

26 Mckinsey & Company, Reducing Greenhouse Gas Emissions: How much at what costs?, US Greenhouse Gas Abatement Mapping Initiative Executive Report, http://www.mckinsey.com/clientservice/ccsi/pdf/US_ghg_final_report.pdf, (December 2007).

27 Climate Change: Everyone's Business. CBI Climate Change Taskforce. November 2007 http://www.avtclient.co.uk/climatereport/docs/climatereport2007full.pdf

28 Turner, Cathy and Mark Frankel, Energy Performance of LEED for New Construction Buildings, US Green Building Council, https://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=3930, (2008년 3월 4일).

인식 부재

개요

개발 과정의 한 부분으로 자연은 지배 대상이고 일상 생활과는 관련이 없다는 인식으로 인류는 지난 150년 동안 자원을 낭비하고 지구를 오염시켰으며 이로 인해 지속적인 세계 경제 성장은 이미 제약 받기 시작하고 있습니다. 우리는 풍부한 재화와 소비를 행복의 조건이라고 생각하고 우리들의 요구를 충족시켜 줄 것이라고 믿었고 경제 성장은 영원히 지속될 것이라고 생각했습니다. 자연을 지배하고 부를 축적하려는 두 가지 목표는 인식 부족과 환경 파괴를 불러 일으켰습니다. 우리가 사용하고 있는 자원은 한정되어 있고 영원 불멸한 것이 아닙니다.

지금 우리는 산업화 이전 다양한 문화에서 수천 년 동안 자리 잡은 인식의 뿌리를 이용하여 자연 환경을 파괴하지 않는 개발 원칙을 세우고, 변화를 가속화하도록 이런 철학을 가르쳐야 합니다. 산업 개발 모델은 제한된 자원이 매장된 땅에 대한 시장 경쟁이 치열해져서 사회적 불평등을 심화시킵니다. 사회적 불평등을 심화시킬 뿐 아니라 풍부해진 재화가 행복을 가져다 주는 것은 아니었습니다.[29]

29 Layard, Richard. Happiness: Lessons from a New Science, 페이지 110-217, Penguin Publishing Press, (2004).

굳이 장점을 찾는다면 소비가 증가할수록 빠르게 향상될 수 있는 기회가 많이 있다는 것입니다. 개발 모델에서 발생된 각 문제는 다른 화석 연료에 의존하는 방법으로 해결되는 경향을 보이며 따라서 상호 의존적인 자원 소비 기술을 만들게 되었습니다. 각 문제를 적절한 방법으로 해결하면 이익의 선순환을 통해 놀랄 만큼 큰 사회적, 경제적, 환경적 이익을 얻을 수 있다는 사실을 알게 되었습니다.

문제를 쌓아 두는 것은 인프라를 복잡하게 만들고 그와 함께 유지 관리 비용을 높였습니다. 이제 이런 융통성 없는 복잡성이 아닌 민접하게 대응하는 단순함으로 나아가는 명료한 비전이 대두되고 있습니다. 예를 들면, 새롭고 컴팩트한 혼합 개발에서 사람들은 걷거나, 자전거를 타거나, 대중 교통 수단을 이용하여 직장, 학교, 상점, 레저 시설에 쉽게 갈 수 있습니다. 따라서 이동에 드는 비용과 차에서 배출되는 오염 물질을 줄일 수 있습니다. 따라서 건강에 도움이 되고, 사회적인 관리 비용이 줄어 들게 되며, 거주하기 적합한 곳이 늘어나게 되고, 개발자는 투자 비용을 회수할 수 있게 됩니다. 밴쿠버처럼 가장 살기 좋은 도시들은 미국의 도시에 비해 고속도로가 10% 정도 밖에 없어서 높은 유지 비용을 걱정할 필요가 없습니다.[30] 여러 국가에서 실시된 최신 조사는 사람들이 다른 방식으로 살고 삶의 방식을 바꿀 준비가 되어 있다는 사실을 보여 줍니다.[31]

빠르게 변화하려면 먼저 대중과 지역 서비스에 효과적으로 실시간 정보를 제공하여 사람들이 보다 가볍고 효율적으로 살 수 있도록 하고 오랜 기간의 선택과 투자가 이런 변화를 뒷받침할 수 있다는 사실을 지속적으로 알려 주어야 합니다.

패러다임이 빨리 바뀌어야 재생할 수 없는 자원에 대한 요구를 상당히 줄일 수 있고 동시에 재생 가능한 자원을 공급할 수 있는 다양하고 효과적인 소스를 찾을 수 있습니다. WWF의 지역 사회 조성 프로그램인 친환경 살림 운동 One Planet Living의 예처럼 전 지구에서 생태계 발자국을 공유하면서 살아가는 것이 목표인 자원 효율성 변화라는 방향을 유도하는 논리적인 시작 지점입니다. 'One Planet Living'의 비전은 다음과 같습니다. "전 세계 모든 사람이 야생 생명체와 자연 보호 구역과 함께 지구의 자원을 공평하게 공유하면서 행복하고 건강하게 살 수 있도록 한다."[32] 행복은 자원의 축재로 얻어지는 것이 아니라 삶의 조건을 바꾸는 것으로 얻어질 수 있습니다. 가장 필요한 것은 모든 사회 수준에서 친환경 시대에 맞는 삶, 사업, 투자, 정책을 실행할 수 있도록 교육 프로그램을 개발하는 것입니다.

30 U.S. Department of Transportation, FHWA's Highway Performance Monitoring System and the Canadian Equivalent or Gordon Price?,Highway Performance Monitoring System Report, http://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/hpms/, (2008년 4월 3일).

31 BBC News, (2007), Most people ready for Green Sacrifices, (11월 9일) http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/7075759.stm http://news.bbc.co.uk/1/shared/bsp/hi/pdfs/09_11_2007bbcpollclimate.pdf

32 Word Wildlife Fund, Living Planet Report 2006, http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf

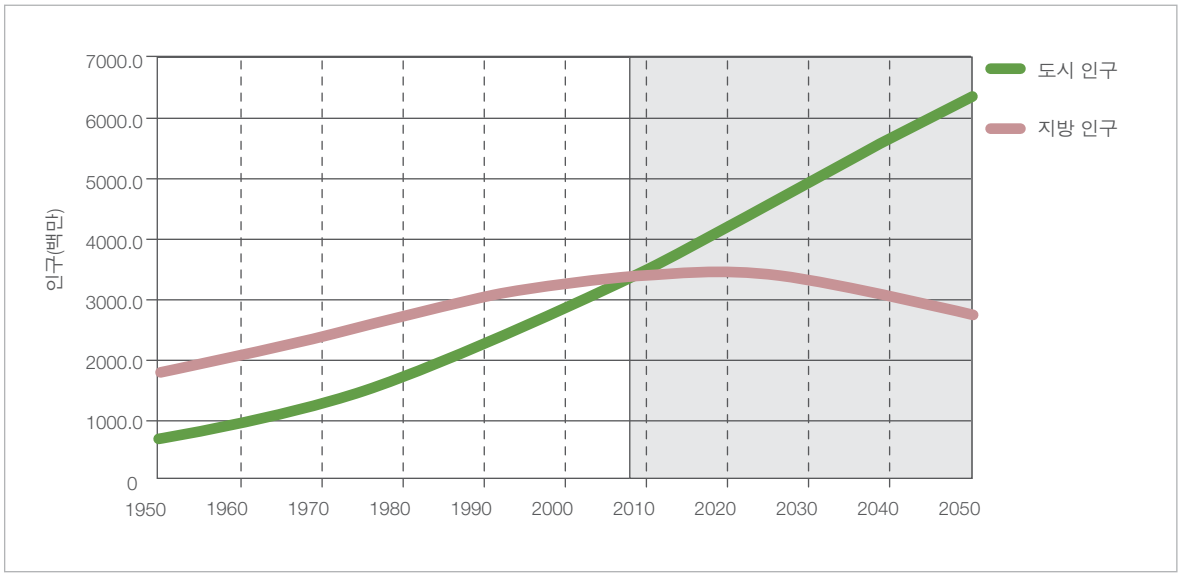
도시 및 시골의 단절

농업에서는 화석 연료의 대부분이 에너지를 많이 필요로 하는 인공 비료의 사용과 도시 소비자에게 운송 및 화석 비료를 사용한 전기 생성으로 물을 끌어 드리는 데 사용됩니다. 경지의 고갈은 식품의 미네랄 손실을 가져 왔고 인류의 건강에도 영향을 미치게 되었습니다. 우리는 도시와 시골의 개발을 다시 연결해야 하고 자연 환경을 파괴하지 않는 미래를 위해 긴밀한 자원의 고리로 시선을 돌려야 합니다. 이것은 농경, 제조, 도시 체계, 삶의 방식의 근본적인 변화를 의미합니다. 이행을 하는 동시에 녹색 공간, 경치, 농토에 대한 우리의 관념과 정의에 대해 근본적인 재평가가 이루어져야 할 것입니다.

Arup의 전망과 혁신 연구 팀에서는 전세계 사람들을 대상으로 한 인터뷰를 통해 변화의 동력에 대해 분석했습니다. 결론은 토지의 사용, 식량의 생산, 에너지와 같이 인류에게 있어 자원이 고갈되는 데 피할 수 없는 영향을 미치는 것과 가장 직접적인 연관이 있는 동력원들의 완벽한 균형이었습니다. 인류에게 기본적으로 필요한 것이 집, 음식, 물, 시원함과 따뜻함이라는 것을 생각하면 위와 같은 결과는 어쩌면 당연한 것입니다. 미네랄 자원 추출도 물 자원 유용성이라는 중요한 문제와 함께 논의되어야 할 것입니다.

33

33 © Tuca Vieira in Drivers of Change: Urbanisation, Arup (2008).



전 세계 도시 및 시골 인구 1950-2050 [34]

영향력

현 문제점을 더욱 심화시키는 두 가지 주요 요인은 (i) 전 세계 인류의 지속적인 증가(2050년 90억 명에 이를 것으로 예상됨)와 (ii) 아시아, 아프리카, 카리브해 연안국과 같이 도시에 인구가 집중되는 것과 관련된 자원 소비의 빠른 성장입니다. 2008년은 역사상 처음으로 전체 인구의 절반이 도시에 거주하는 것으로 기록되었습니다. 또한 전 세계 도시 인구는 2007년 33억 명에서 2050년에는 64억 명으로 거의 2배가 증가할 것으로 예상됩니다.[35]

도시화를 이끄는 주요 잠재적인 요인은 생활 수준이 높아질 것이고, 사망율은 낮아지고 오래 살 수 있을 것이라는 것입니다. 하지만 현재 사회는 이런 기대치를 만족시키지 못합니다. 소득 수준이 높은 도시에서의 삶은 CO_2 배출량이 매우 높은 환경에 노출되는 것이며 이런 문제는 배출량의 감소를 주요 관심사로 만들었습니다. 또한 도시에서 생존하는 데 필요한 모든 자원은 도시 안으로 운송되어야 하고 모든 쓰레기는 도시 밖으로 운송되어야 합니다. 우리는 또한 도시에서 소비되는 식량과 제품이 도시 변두리 밖에서 발생하는 전단계 배출(Upstream Emission)과 관련되어 있다는 사실을 상기해야 합니다. 미래의 도심은 온실 가스 배출을 대폭 줄여 지구에서 인류가 보다 가볍게 살 수 있도록 다시 설계되어야 합니다. 특히 소득이 낮거나 중간 수준인 국가는 새로운 친환경 모델에 따라 자신들의 자원들을 보다 효율적으로 사용하여 현재 소득이 높은 국가들의 문제를 경험하지 않을 수 있는 기회가 있습니다.

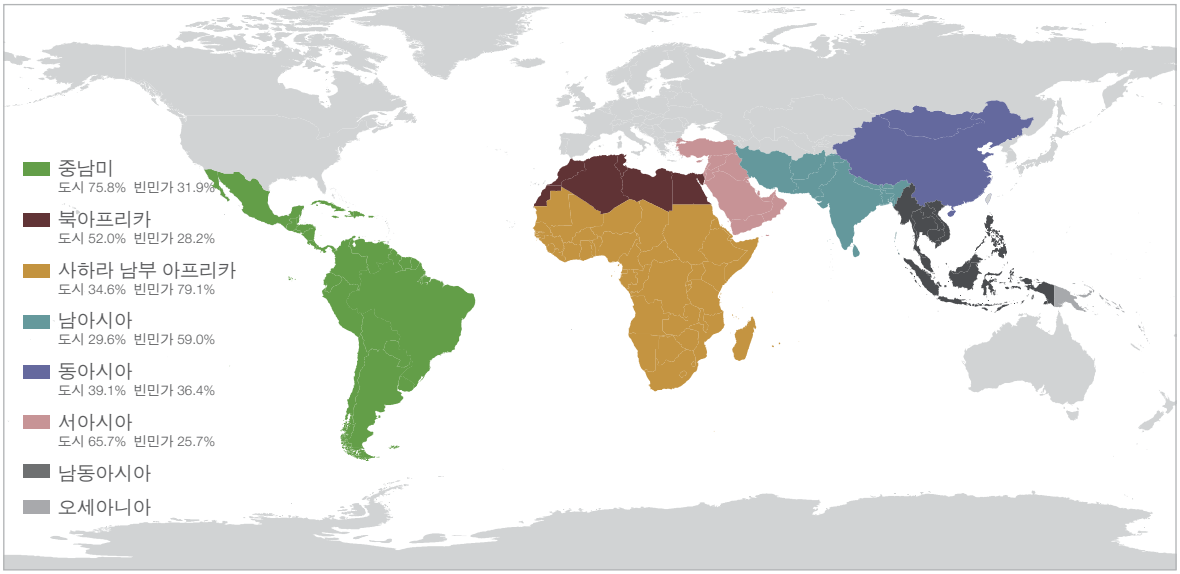
온실 가스 방출의 증가는 이제 장기간의 관점에서 인류에게 가장 큰 위험이 될 것으로 일반적으로 받아 들여지고 있습니다. 기후 체계 반향 효과에 대한 새로운 이해는 친환경 시대로 빨리 변화하지 않는다면 예상했던 것보다 빨리 기후 변화로 인한 부정적인 영향을 받게 될 것이라고 경고하고 있습니다. 현재 우리는 그린란드의 만년설이 처음 예상보다 훨씬 빨리 녹고 있으며 바다 수위가 매우 빨리 높아질 것이라는 소식을 듣고 있습니다.[36] 전 세계 여론은 친환경 시대로의 변화에 대한 의심보다는 변화하는 방법으로 빠르게 옮아가고 있습니다. 우리는 자원을 빠르게 소비하고 산림을 개간하는 인류의 행위가 기후 변화를 가속화시키는 가장 큰 원인으로 밝혀졌다는 사실을 알고 있습니다.

기후가 안정되려면 2050년까지 탄소 배출량을 80% 줄여야 하고 이런 감소는 특히 고소득 국가에서 중점적으로 진행되어야 한다는 것에 대해 전 세계적으로 동감하고 있습니다. 주요 초안은 독일과 영국에서 보강되어 발리에서 개최된 UN의 기후 변화 회의에서 준비 단계를 거쳐 2012년 교토에서 계획 및 대상이 논의되는 것으로 발표되었습니다. 이미 유럽은 이전에 동의했던 20%가 아닌 2020년까지 40% 감소를 제안하고 있습니다. 하지만 목표를 정하고 실제로 자연 환경을 파괴하지 않게 감소하는 것은 다릅니다.

34 The United Nations, World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, United Nations Publication, http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007WUP_Highlights_web.pdf, (2008년 2월 26일).

35 The United Nations, World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, United Nations Publication, (2008년 2월 26일) http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007WUP_Highlights_web.pdf

36 Hansen, J.E, Scientific reticence and sea level rise. Environmental Research Letters, 원문 출처: http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/2/2/024002/erl7_2_024002.html, (2007).



저소득 및 중간 소득 국가의 빈민가 인구 [37]

자원 효율성

토지 및 도시 구역

인구가 폭발적으로 증가하고 오염이 심화되자 각 개인의 삶을 뒷받침하는 데 필요한 생산적인 토지 영역이 지난 세기 8헥타아르에서 지금은 2헥타아르로 감소했고 인구 증가가 지속되면 생산적인 토지의 감소는 더욱 가속화될 것입니다.[38] 기술의 발전으로 토시 생산성이 증가하여 이런 감소가 일어나지 않은 것으로 착각하였으며 빨리 변화해야 한다는 사실을 인식하지 못하였습니다. 미래 세대가 지구에서 살아갈 수 있도록 하는 데 가장 중요한 요소는 토지와 자원을 더욱 효율적으로 사용하는 것입니다. 먼저 도시 구역을 살펴 보도록 하겠습니다.

대부분의 도시에서 존재하는 토지에 대한 경쟁은 주택지 가격을 상승시켰습니다. 이것은 높아진 토지의 가치가 향상된 효율성으로 투자를 뒷받침하는 데 사용될 수 있다는 것을 의미합니다. 하지만 주택한 소유한 사람과 임대한 사람 간의 불평등은 심화되고 있습니다. 런던의 경우 알맞은 가격의 주택 공급 부족으로 임시 수용 시설에 살고 있는 무주택자의 수가 6만 명에 이르며 이것은 영국 전체 무주택자 수의 2/3에 해당합니다. 토지 가격의 상승은 공공 임대 주택 공급 부족이라는 결과를 낳았습니다. 영국에서 건설된 공공 임대 주택 수는 1994-95년 연간 42,700호였던 것이 2002-03년에는 연간 21,000호로 감소했습니다.[39]

도심으로 이주하려는 야망을 가진 사람들은 대부분 이러한 사실을 인식하지 못하고 있다는 것입니다. UN 해비타트 사무국장인 Anna Tibaijuka는 “사람들은 잘 살 수 있을 것이기 때문이 아니라 잘 살 수 있을 것으로 기대하기 때문에 도시로 이주하고 있다.”[40] 라고 말했습니다. 이렇게 이주한 사람들은 자신들이 꿈꾼 경제적인 기회를 찾는 것이 힘들다는 것을 알게 됩니다. 연료와 식품 비용의 증가로 그들의 재정 상황은 비참해지고 거처할 비용조차 없어서 무주택자로 전락하거나 빈민가에서 살 수 밖에 없게 됩니다. 빈민가에 거주하는 인구는 2020년에 14억 명에 이를 것이며 이들 대부분은 아프리카에 분포할 것으로 예상됩니다.[41]

지구의 적재 능력 안에서 살려면 도시에 거주하려는 요구를 빨리 변회시켜 토지를 보다 효율적으로 사용할 수 있도록 해야 합니다. 생태발자국은 도시의 인구 밀도, 식품 및 제품 선택, 에너지 공급 효율성, 연료 선택 수준에 의해 근본적으로 변화됩니다. 식품과 제품은 소비자가 선택하지만 도시의 인구 밀도, 공급 효율성, 연료 선택은 정부나 도시의 계획으로 결정됩니다.

따라서 훌륭한 도시 설계와 계획은 성공적인 변화로의 주요 열쇠가 되며 토지 사용 계획의 법률적 구조를 투명하게 하는 데 매우 중요한 역할을 합니다.

37 빈민가 인구 수치는 전체 도시 인구에 대한 비율임. BBC News, Report reveals global slum crisis, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/5078654.stm#slums, (2006년 6월 16일).

38 GEO-4, United Nations Environmental Programme 그림 8.1. http://www.unep.org/geo/geo4/media/, (2007).

39 Barker, Kate, Review of Housing Supply: Delivering Stability: Securing our Future Housing Needs, HM Treasury http://www.hm-treasury.gov.uk/media/E/3/barker_review_report_494.pdf, (2004).

40 BBC News 16 June, Report reveals global slum crisis, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/5078654.stm#slums, (2006).

41 UN Habitat에서 규정한 빈민가 주택은 견고함이 부족하고 생활 공간이 충분하지 않으며 깨끗한 취수원이 없고 위생 상태가 적절하지 않은 한편 거주에 안전하지 않음.

공간 및 운송 수단 [42]

도시의 생태발자국을 변화시키는 가장 큰 요인 중 하나는 도시 인구 밀도와 운송 에너지 사이의 관계입니다. 미국 도시 거주자가 한 해 평균 이동에 소비하는 에너지 소비량은 중국 도시 거주자의 24배에 이릅니다.[43]

도시 인구 밀도가 1헥타아르당 75명일 때 도시의 공원과 정원을 위한 넓은 공간은 유지하면서 경제적인 대중교통 수단을 제공하여 운송 수단에 필요한 에너지는 줄일 수 있습니다.[44]

훌륭한 대중 교통 수단과 연료 효율적이고 재생할 수 있는 에너지로 움직이는 차량을 사용하면 도시 인구 밀도가 높아진다고 해도 이동 수단과 관련된 에너지 사용을 줄일 수 있고 거주 환경을 향상시킬 수 있습니다.

딱딱한 도시 경관과 인류 생존을 위한 열 발생은 여름철 냉방을 위한 높은 에너지 소비와 함께 열섬 효과를 일으킵니다. 전체 온도가 올라가면 인류 건강도 위협하게 됩니다. 녹색 공간과 주변 수역이 거의 없는 도시의 저녁 온도는 2~3도 정도 높을 수 있고 이런 현상으로 여름의 높은 기온이 오래 동안 지속될 수 있습니다.

42 Press Office City of Müenster, 독일

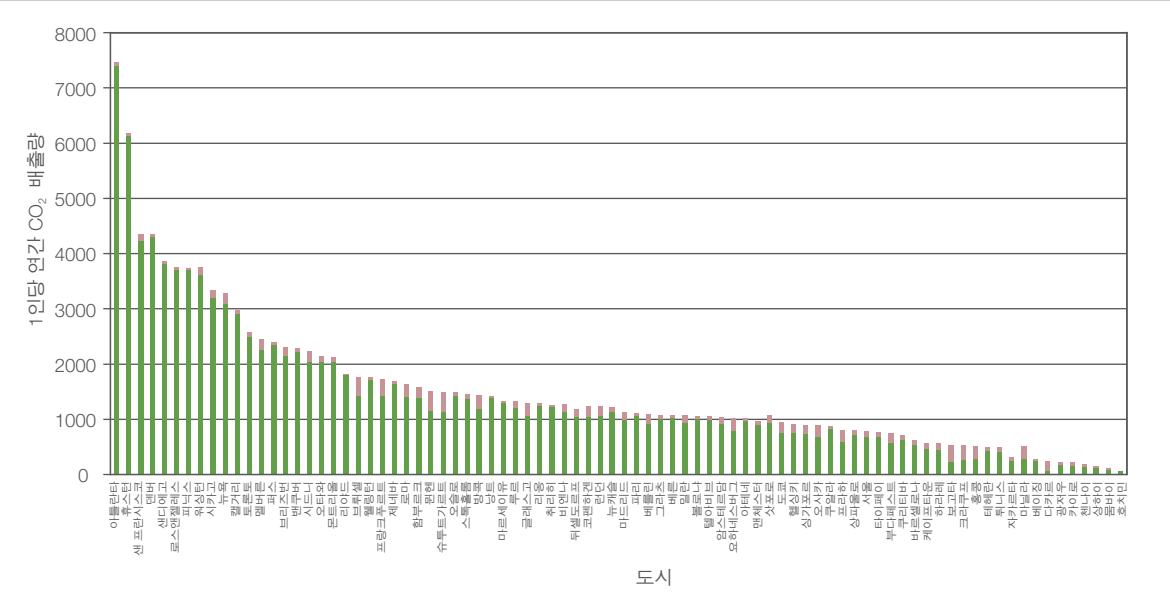
43 Kenworthy, J.R, Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities, 지속 가능한 개발을 위한 지역 정부 네트워크 제 3회 컨퍼런스에서 발표된 내용, Notre Dame University, Fremantle, Western Australia, http://cst.uwinnipeg.ca/documents/Transport_Greenhouse.pdf, (2003년 9월 17-10일).

44 Newman, Peter and Jeffrey Kenworthy, Urban Design to Reduce Automobile Dependence, Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan Studies: Vol. 2: No. 1, Article 3. http://repositories.cdlib.org/cssd/opolis/vol2/iss1/art3, (2006).

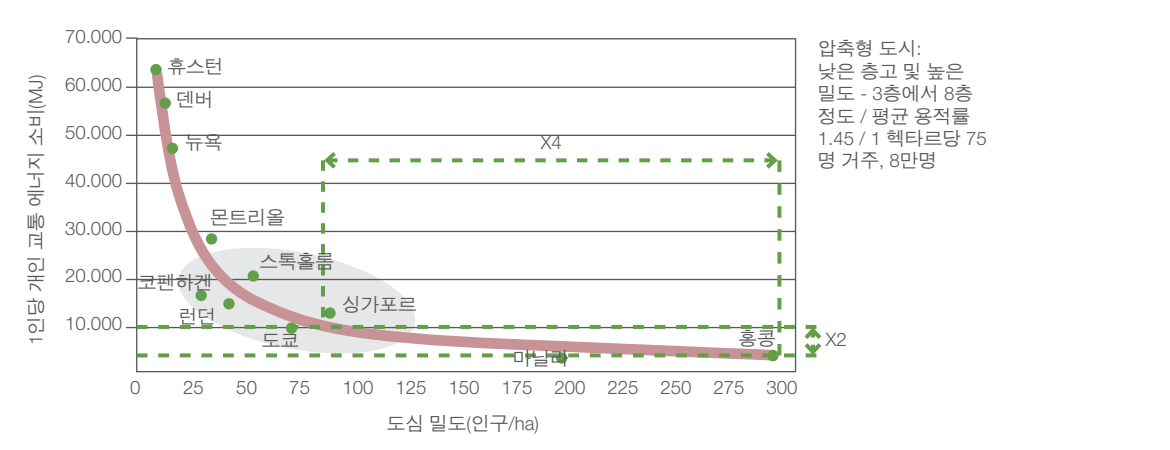
녹색 지붕, 도시 공원, 가로수는 생물의 다양성을 증가하여 열섬 효과를 감소시키고 거리의 온도를 낮추고 정신 건강을 향상시켜 건강에 도움이 됩니다.[45] 생물의 다양성과 건강과의 연관 관계는 공원에서의 생물 다양성 관리에 대한 싱가포르의 접근으로 예증될 수 있습니다. 잠자리 서식지가 도시의 모기 및 뎅기열 문제를 해결하는 데 도움이 되는 것으로 소개되고 있습니다. 멜버른도 모기가 서식하지 못하도록 천적을 이용한 생태계를 만들었습니다.

도시의 생물 다양성 간의 선순환이 존재하며 따라서 자연, 에너지 소비, 삶의 수준을 조화시켜 살 수 있습니다. 개발이 요구되는 녹색 공간을 늘리려는 접근이 시도되고 있고 토지 가치를 높여 자금을 제공하려는 시대가 열렸음을 알리는 강력한 증거가 있습니다. 이는 생명을 유지 관리하는 자연계에도 도움이 됩니다. 나무와 식물도 물의 관리, 물 고갈 및 대기 오염을 완화하는 데 도움을 주고 있습니다. 시골과 도시 밖의 수중 생물 다영화도 복구되어야 하고 이런 요구가 전체적인 친환경 시대로의 이행 단계 중 한 부분으로 고려되어야 합니다. 미래의 도심은 모든 형태로 자연과 조화를 이루면서 살아가는 곳을 의미하는 곳으로 변화될 수 있습니다.

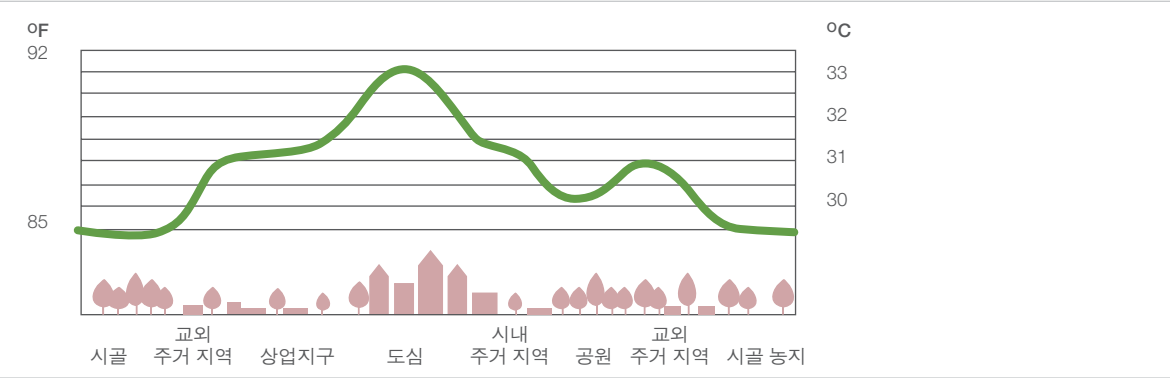
45 Mind Organisation, Ecotherapy: The Green Agenda for Mental Health, http://www.mind.org.uk/mindweek2007/report/, (2007년 5월).



84개 도시에서 승객 운송 수단에서 발생하는 1인당 CO_2 발생량(개인 및 대중 교통 수단) [46]



운송 수단과 도시 인구 밀도 [47]

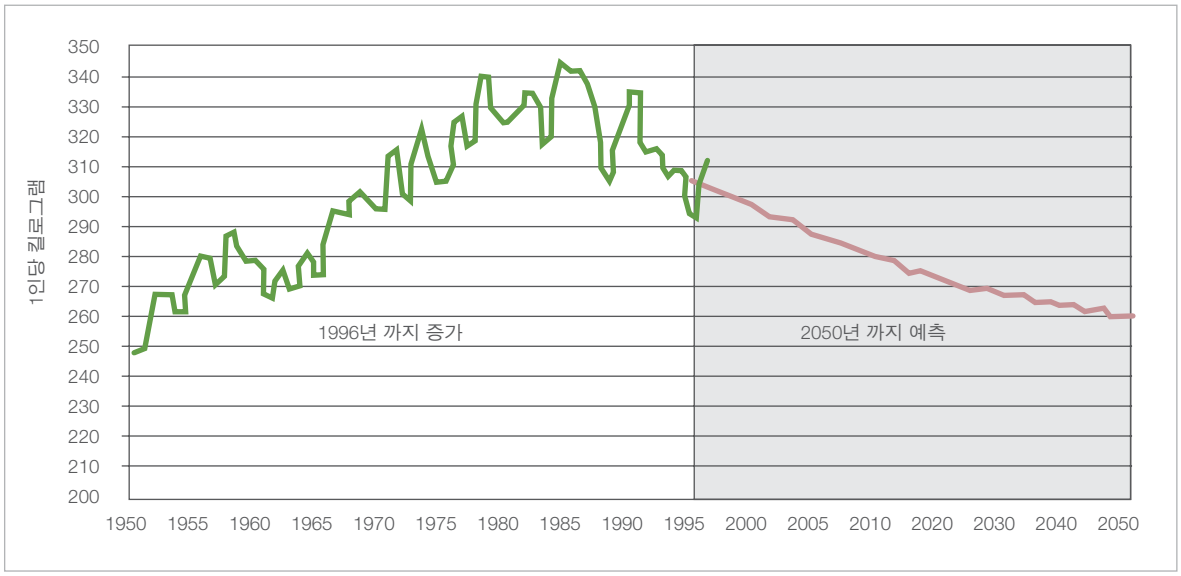


도시 열섬 그래프 [48]

46 Kenworthy, J.R, Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities, 지속 가능한 개발을 위한 지역 정부 네트워크 제 3회 컨퍼런스에서 발표된 내용, Notre Dame University, Fremantle, Western Australia, http://cst.uwinnipeg.ca/documents/Transport_Greenhouse.pdf, (2003년 9월 17-10일).

47 Newman, Peter and Jeffrey Kenworthy, Urban Design to Reduce Automobile Dependence, Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan Studies: Vol. 2: No. 1, Article 3. http://repositories.cdlib.org/cssd/opolis/vol2/iss1/art3, (2006).

48 Pon, B., and Diagram: Sketch of an Urban Heat-Island Profile, 원문 출처: http://heatisland.lbl.gov/HighTemps/, (2007).



식량 생산 감소 [49]

토지 및 식량

도시화, 오염, 기후 변화로 식량을 생산할 수 있는 농지가 일반적으로 줄어들고 있습니다. 토질의 악화와 무분별한 방목의 증가로 감소된 경작지에서 식량의 생산은 감소하고 있고 화학 비료의 사용 요구와 재생 가능하지 않는 에너지 소비는 증가하고 있고 그와 함께 탄소 배출량이 늘어나고 있습니다. 수자원도 고갈되어 가고 있습니다. 생태계 보존과 효율적인 탄소 저장에 중요한 역할을 하는 열대 삼림이 식량과 생물 연료 생산을 위해 파괴되고 있습니다.

농업은 저소득 국가 및 중간 소득 국가의 GDP에서 11% 정도를 차지하고 있습니다.[50] 농작물 생산량이 1% 변경되면 하루에 1달러 이하로 생활하는 사람의 숫자가 전 세계적으로 6백만 명씩 변경될 수 있습니다. [51] 우리는 기후가 변화하면 물이 부족하게 되고 온도가 변화되어 특히 가난한 사람들이 크게 영향을 받게 될 수 있는 것을 쉽게 알 수 있습니다.

전 세계 인류가 생존하는 데 필요한 식량을 공급하는 것을 보장하는 것은 중요합니다. UN에서는 최저 세계 식량 보유량이 30년이며 긴급 상황 시 53일을 버틸 수 있다고 보고했습니다. 이는 2007년 169일에 비하면 매우 감소한 수치입니다.[52] 가장 기본이 되는 식량 자원인 곡물류의 1인당 공급이 몇 십 년 동안 꾸준하게 증가한 이후 이제 예상치가 빠른 속도로 감소하고 있는 것을 보고 있습니다. 인구 증가를 제외하더라도 이 문제는 지구 온도 상승으로 식량 생산 패턴이 기본적으로 변화되는 직접적인 영향으로 심각하게 악화될 것입니다.

이 문제는 생선류에서도 동일하게 발생합니다. 세계 생선류 시장의 3/4은 이미 완전히 개척되었거나, 과도하게 개발되었거나, 고갈되었습니다. 2050년이면 대부분의 생선류 시장이 붕괴할 것으로 예상되고 있습니다.[53] 주요 원인은 CO_2 수준의 증가로 인한 대양의 산성화이며 이는 수중 먹이 사슬에 더욱 큰 영향을 미칩니다.

아직은 어린이, 여성, 남성 모두에게 충분한 식량을 생산할 수 있고 최대 120억의 인구가 먹을 수 있는 양입니다. 하지만 8억 5천 명의 인구(대부분 여성과 어린이)가 만성적인 굶주림에 시달리는 반면 11억의 인구는 비만이거나 과체중입니다.[54] 식량 공급이 불평등하게 배분되고 있는 것입니다.

49 출처: Worldwatch Institute, Washington DC, United States http://maps.grida.no/go/graphic/grain_production_in_the_world_1950_1995_and_projection_for_2050

50 Statistics from Development Data Group, The World Bank, 2007 World Development Indicators Online. Washington, DC: The World Bank. 원문 확인: http://go.worldbank.org/3JU2HA60D0 (2006).

51 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/ 페이지 367, (2007).

52 BBC News, UN warns on food price inflation, http://news.bbc.co.uk/2/hi/in_depth/7281686.stm, (2008년 3월 6일).

53 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/, (2007).

54 The Economist, An Expensive Dinner, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=10085859, (2008년 11월 3일).

다른 고민거리는 식단의 변화입니다. 삶의 수준이 높아짐에 따라 자원 집중적인 식량을 더욱 많이 소비하고 있습니다. 예를 들면 식단이 곡물에서 육류로 변화하게 됨에 따라 육류를 생산하는 데 토지가 2.5~3.5배 이상 필요하게 되었습니다. 이 예는 중국에서 가장 뚜렷하게 드러나고 있습니다.[55] 30년 동안 중국의 생활 수준이 향상됨에 따라 육류 소비가 증가하여 토지가 2.5배 필요하게 되었습니다.

영국의 수석 과학 고문인 John Beddington은 다음과 같이 언급했습니다.

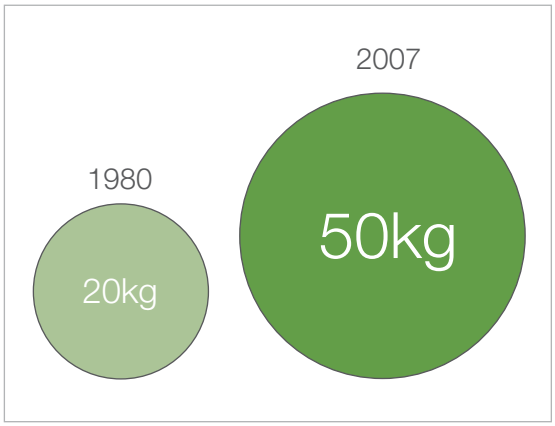
"하루 수입이 1파운드에서 5파운드로 증가하면 육류와 유제품의 소비가 증가하고 곡물도 추가로 소비하게 됩니다. 하루 소득이 5파운드가 넘으면 더 많은 에너지가 필요한 가공 식품과 포장 처리된 식품을 요구하기 시작합니다."[56]

풍부한 미네랄, 토지의 균형, 전체 관개 시설은 식량 생산과 경제적인 출하량에 중요한 역할을 합니다. 지금까지는 이런 조건을 만드는 데 비료가 사용되었지만 비료를 생산하는 데 많이 에너지가 소모되어 결국에는 불균형과 오염을 발생시킵니다.[57]

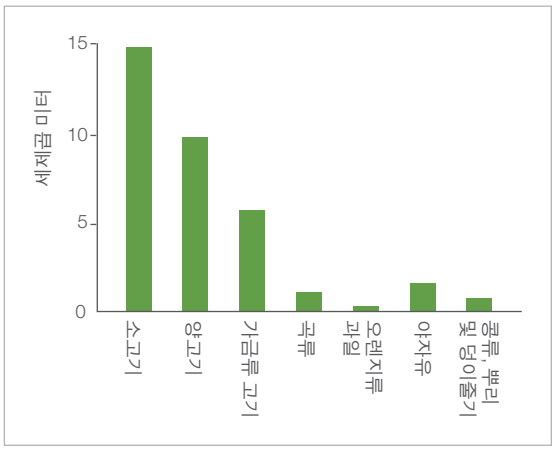
55 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/ 페이지 142, (2007).

56 Randerson, James, Food crisis will take hold before climate change, warns chief scientist, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/science/2008/mar/07/scienceofclimatechange.food, (2008년 3월 7일).

57 Holmgren, David, Permaculture: Principles & Pathways Beyond Sustainability, Holmgren Design Services (2002).



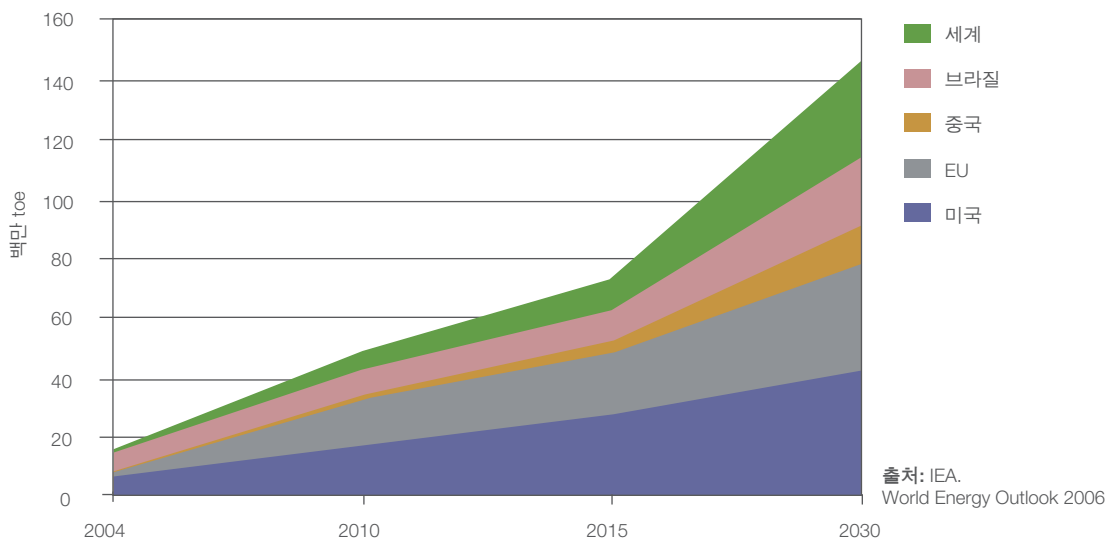
중국의 1인당 육류 소비량 증가 [58]



식량 유형에 따라 사용되는 물의 양 [59]

58 FAO/OECD, The BBC News, The Cost of Food: Facts & Figures, World Food Commodity Prices, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/7284196.stm, (1971-2017).

59 Food and Agriculture Organisation, 1997 in Drivers of Change: Water, Arup (2008).



출처: IEA.
World Energy Outlook 2006

효율적인 에너지 축적 및 사용:
세계 생물 연료 소비, 대체 정책 시나리오 [60]

식량의 효율적인 생산과 분배는 자원의 효율성을 결정짓는 주요 요소이며 해결해야 하는 문제입니다. 예를 들어 토지를 비옥하게 만들고 균형을 유지하기 위해 에너지 적게 소비하는 새로운 방식으로 변화해야 하는 것과 같습니다. 이것은 도시의 삶과 시골의 식량 생산 사이의 자원 고리 폐쇄로 가능해 질 수 있습니다. 수요와 공급 사이의 불균형이 가격 상승을 일으키고 있습니다. 소비가 생산을 능가하고 있는 것입니다. 일반적으로 미래를 위해 저장된 식량 비축분이 지금 사용되고 있는 것입니다. 미래의 식량 공급이 위험에 처하게 되는 것이서 수요를 줄이려는 시도가 있었지만 식량 가격은 상승했습니다. 토지 사용에 대한 경쟁으로 생물 연료 사용이 증가하게 되어 상황은 더욱 악화되었습니다.

지금은 기본적인 곡류인 옥수수, 쌀, 밀 가격이 폭등하여 실제 식량 위기 상황에 처했습니다. UN의 WFP(World Food Programme) 사무국장인 Josette Sheeran은 "자신의 수입 중 60%를 식량 구입에 사용하는 세계에서 가장 취약한 사람들은 터무니없이 폭등한 가격으로 식량 시장에서 밀려 났다"라고 말했습니다.[61] 8억 5천여 명이 굶주림에 시달리고 있고 그 수는 더욱 증가하고 있으며, 그 외에는 건강 관리와 교육과 같은 필수적인 재화와 서비스를 포기하거나 소비를 바꾸도록 강요당하게 될 것입니다.[62]

Sheeran은 다음과 같이 이어서 말했습니다.

중산층의 경우에는 의료 비용의 삭감을 의미하게 될 것입니다. 하루 소득이 2달러인 사람에게는 육류 섭취가 불가능하고 아이를 학교에 보내지 못하게 된다는 것을 의미하게 될 것입니다. 하루 소득이 1달러인 사람에게는 육류와 채소류 섭취가 불가능하고 곡물만 먹어야 한다는 것을 의미하게 될 것입니다. 하루 소득이 50센트인 사람에게는 완전한 재앙을 의미하게 될 것입니다.[63]

식량이 사람들의 예산에서 큰 부분을 차지하기 시작하고 있습니다. "아프카니스탄 가족이 2006년 소득 중 식량에 소비한 평균 비율이 11%였던 것에서 지금은 45%에 육박하고 있습니다."[64] 따라서 사람들은 저렴한 식품을 사거나 식품 소비를 줄여야 합니다. 가공되거나 포장 처리된 식품과 같이 저렴한 식품은 영양이 풍부하지 않을 뿐 아니라 생산하는 데 에너지가 많이 소모됩니다.[65]

도시의 공동 경작 정원이 도시의 식량 공급에 주요한 역할을 할 수 있지만 쓰레기 증기로 재생한 수경 재배와 영양분으로 도시에서 식량을 재배하고 에너지 소비로 인한 탄소를 재생하여 다시 생산지에 되돌려 보낼 수 있는 보다 자연 친화적인 방법이 있습니다. 이런 방법은 토지 사용을 억제하여 새로운 숲의 조정을 가능하게 하여 탄소를 흡수할 수 있고 생물이 다양해질 수 있습니다.

60 World Business Council on Sustainable Development, Biofuels, (2007).

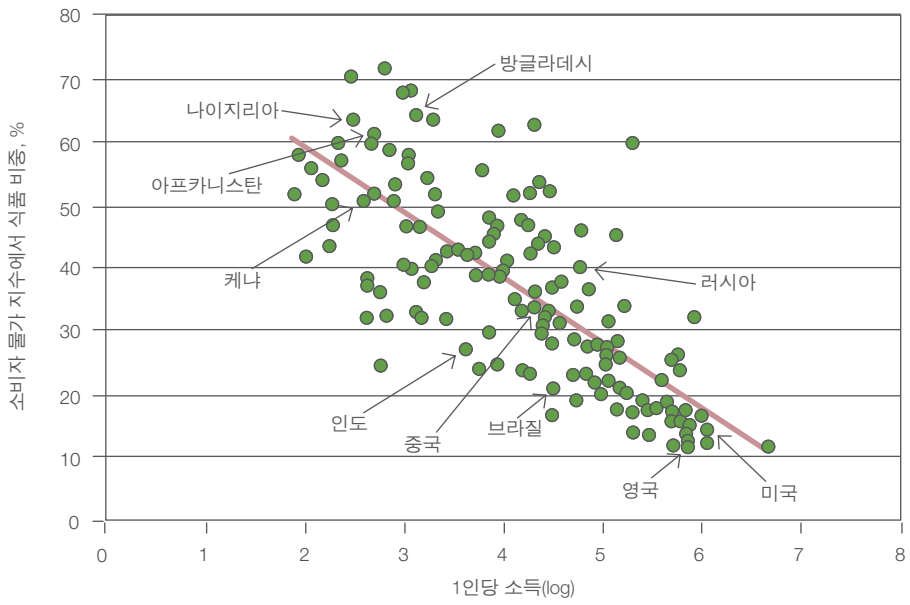
61 The Economist, An Expensive Dinner, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=10085859, (2008년 11월 3일).

62 Varma, Subodh, Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_ to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (2008년 3월 13일).

63 The Economist, The New Face of Hunger, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=11049284, (2008년 4월 17일).

64 Ban Ki-moon, The new face of hunger, Washington Post, http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2008/03/11/AR2008031102462.html?hpid=opinionsbox1, (2008년 3월 12일).

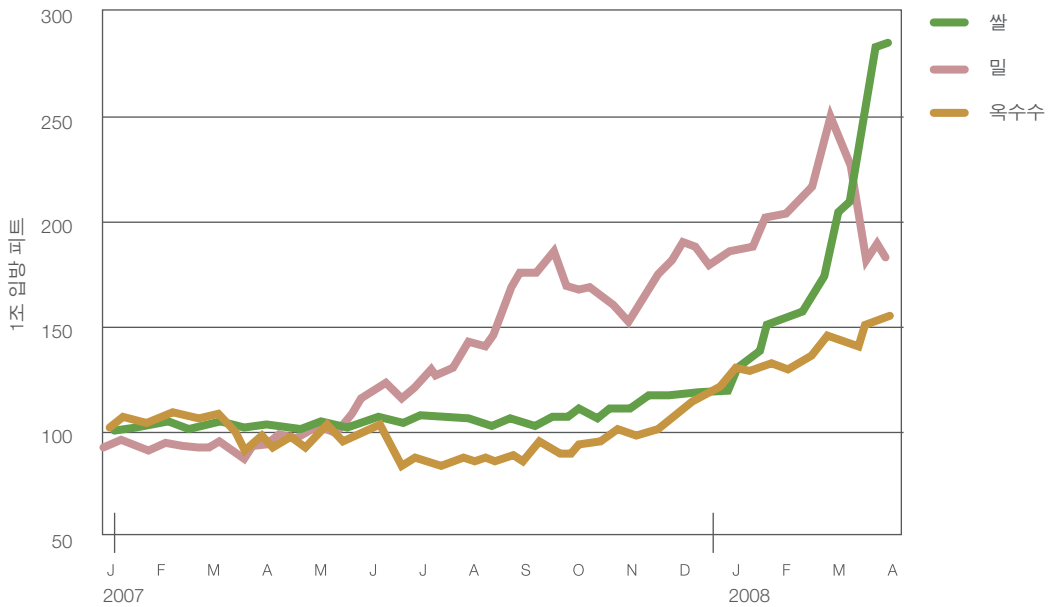
65 신선한 야채와 과일 같이 칼로리가 낮은 식품의 가격이 빠르게 상승하고 있음.



참조: 빈곤 계층은 수입에서 비교적 많은 비율을 식품에 지출하고 있으므로 식품 가격이 상승할 경우 더욱 어려움을 겪게 된다.

출처: International Monetary Fund

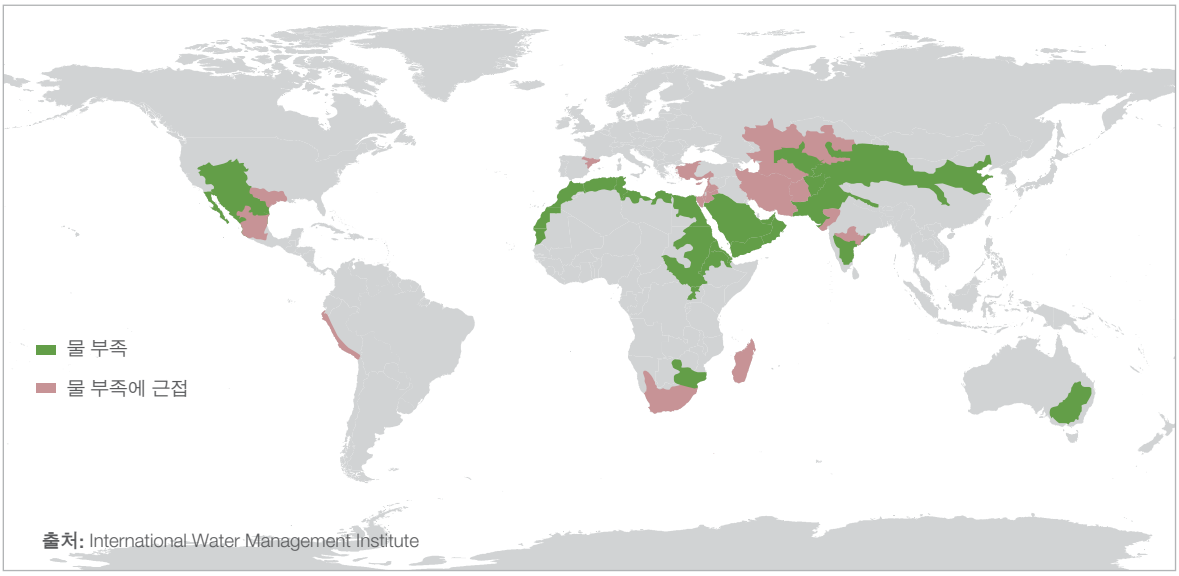
소득 대 에너지 소비(2000년):
식량 가격 상승 - 불평등 영향 [66]



곡물 소비 증가 [67]

66 World Economic Forum, Global Risks: Global Risk Network Report, http://www.weforum.org/pdf/globalrisk/report2008.pdf, (2008).

67 The Economist, The New Face of Hunger, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story id=11049284, (2008년 4월 17일).



세계 물 가용성

물과 식량 보장 및 건강

깨끗한 물은 농업, 식량 생산 및 인류 개발에 기본이 되는 자원입니다. UN 환경 프로그램은 "현재 추세가 계속된다면 2025년에는 18억 명의 인구가 물이 절대적으로 부족한 국가나 지역에 살게 될 것이고 세계 인구의 2/3가 물 부족으로 인해 고통을 겪게 될 수 있다."[68] 라고 보고했습니다. 이런 물 부족의 주요 원인은 물의 낭비, 비효율적/불평등한 사용, 인류가 만든 오염, 산림 개간으로 인한 생태계 파괴입니다. 농업 분야의 용수 과소비, 대수층의 축소, 비효율적인 물 가격 결정 또한 주요 원인입니다.[69]

영국 또한 이 문제에서 자유롭지 않습니다. 기후 변화로 영향을 받기 전에 이미 물 수요 증가로 영국 남동부 지역에서는 심각한 물 부족 사태를 겪고 있습니다.[70] 수역의 경우 무관심과 낭비가 주요 원인입니다. 500개의 수역이 과도한 취수로 위협을 받고 있고 130만 개의 업체에서 흘러 나오는 하수가 강으로 직접 흘러 들어가고 있습니다. 농업 하수, 생활 하수, 산업 하수로 인해 영국 강의 70%에서 연어가 서식하지 못하고 있습니다.[71]

다른 한편으로는 처음부터 처리된 방대한 양의 하수를 재활용하지 못하고 있다는 점과 빗물을 모아서 사용하지 못하고 대량의 처리된 물이 누출되고 있다는 것입니다. 하수를 처리하는 데 사용되는 많은 에너지 역시 허비되고 있는 것입니다.

재생된 물을 사용할 수 있는 기회는 아주 많습니다. 도시 개발 중에 나온 하수를 재생하여 주변 경작지에 농수로 효율적으로 사용할 수 있고 도시에서 배출된 하수를 모으고 저장하여 보조 용도의 중수도 용수로 사용할 수 있습니다. 이는 마실 수 있는 물에 대한 수요와 하수 처리에 필요한 에너지 사용이 감소되도록 합니다. 또한 집중적인 폭우로 홍수가 발생하는 것과 같은 기후 변화의 영향을 완화시킬 수도 있습니다.

이렇게 물을 재생하고 사용하는 기술은 현재 충분히 시행할 수 있고 비용이 과도하게 많이 드는 것도 아닙니다. 우리는 이런 간단한 기술을 채택하지 않고 도시를 계획 및 구현하려는 태도에 대해 의문을 가져야 합니다. 이런 태도의 고소득 국가에서 재활용된 자원을 사용하는 것은 어울리지 않는 일이라고 생각하는 문화와 관련이 있습니다.

68 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/p 148, (2007).

69 Timmins, C., Environmental Resource Economics, Volume 26, Number 1, 원문 출처:, http://www.springerlink.com/content/rp22580246p40t34, (2004).

70 Department for Environmental, Food and Foreign Affairs, Future Water; The Governments Strategy for water in England, 원문 출처: http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf (2008년 2월).

71 Blueprint for Water, 10 steps to sustainable water by 2015, Blueprint for Water, http://www.blueprintforwater.org.uk/Blueprint_A4.pdf (2006년 11월).

생물 연료의 증가는 경작지와 물의 공급에 부정적인 영향을 미치게 되어 결국 식량의 가격을 더욱 상승시키게 될 것입니다. 이것은 생물 연료에 직접 사용되는 곡물에만 해당되는 것이 아니라 다른 곡물과 가격에도 영향을 미칩니다. Stanford University의 David Victor 법학 교수는 다음과 같이 말했습니다.

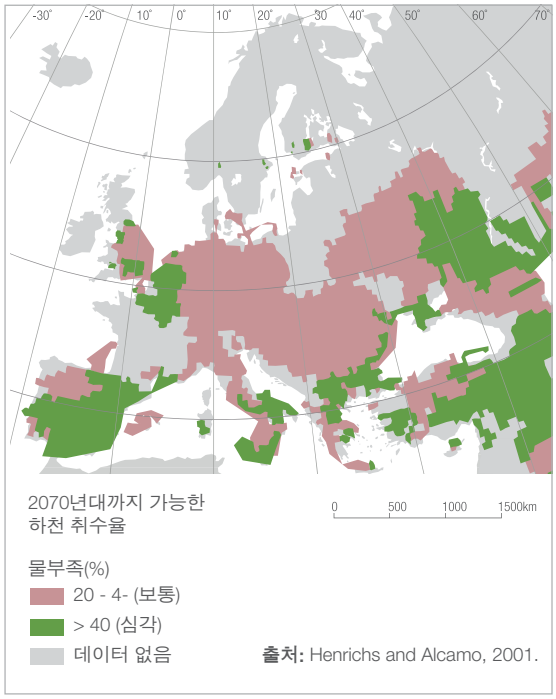
미국에서 생산되는 옥수수 중에서 에탄올 바이오 연료 생산에 사용되는 비중이 높아지고 있어서 옥수수 가격이 높아지고 있으며 이것은 단지 잘못된 발상의 에너지 정책 때문입니다. 미국은 세계 최대 옥수수 수출국이므로 전 세계 시장에 영향을 미칩니다. 이런 옥수수 가격 상승은 밀에도 일부 영향을 미치는데, 밀이 옥수수 대신 주식으로 이용될 수 있기 때문입니다.[72]

유럽 정책 입안자들은 사회 및 환경에 영향을 미칠 수 있는 옥수수 수요 증가를 피하기 위해 바이오 연료 대상을 다시 검토하고 있습니다. 유럽은 2020년까지 운송수단 연료로 바이오 연료를 10%만 이용하겠다고 서약했습니다. 영국은 별도로 2010년까지 휘발유와 디젤에서 바이오 연료를 5%만 사용하겠다는 목표를 세웠습니다.[73] 바이오 디젤 생산은 말레이시아와 같은 우림 지역에서 석유 회사 플랜테이션이 확산되도록 하여 토지가 변질되게 하고 대량의 탄소가 배출되게 됩니다.

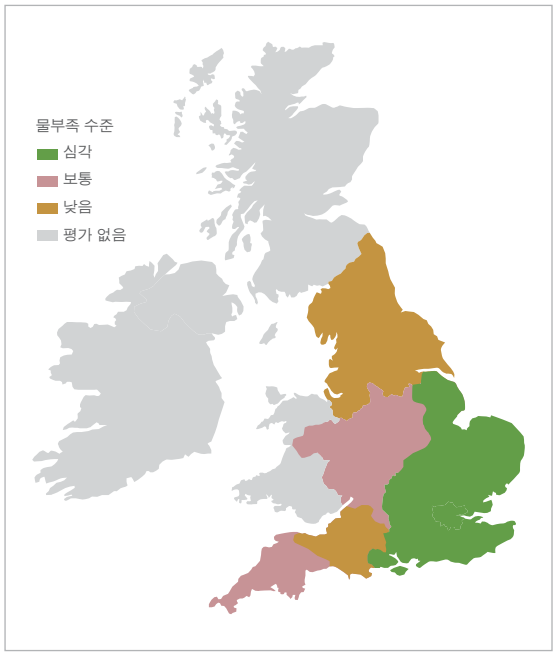
볏짚, 옥수수대, CO_2 흡수 조류와 같은 농업 폐기물에서 바이오 연료를 2차 생산하는 것은 낮은 생태발자국과 함께 보다 자연 친화적이며 오염 물질 배출을 줄이고 생태발자국을 낮출 수 있는 기회를 제공합니다.

72 Varma, Subodh., Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (2008년 3월 13일).

73 Adam, David and Alok Jha, EU review biofuel target as environmental doubts grow, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jan/15/biofuels.carbonemissions, (2008년 1월 15일).



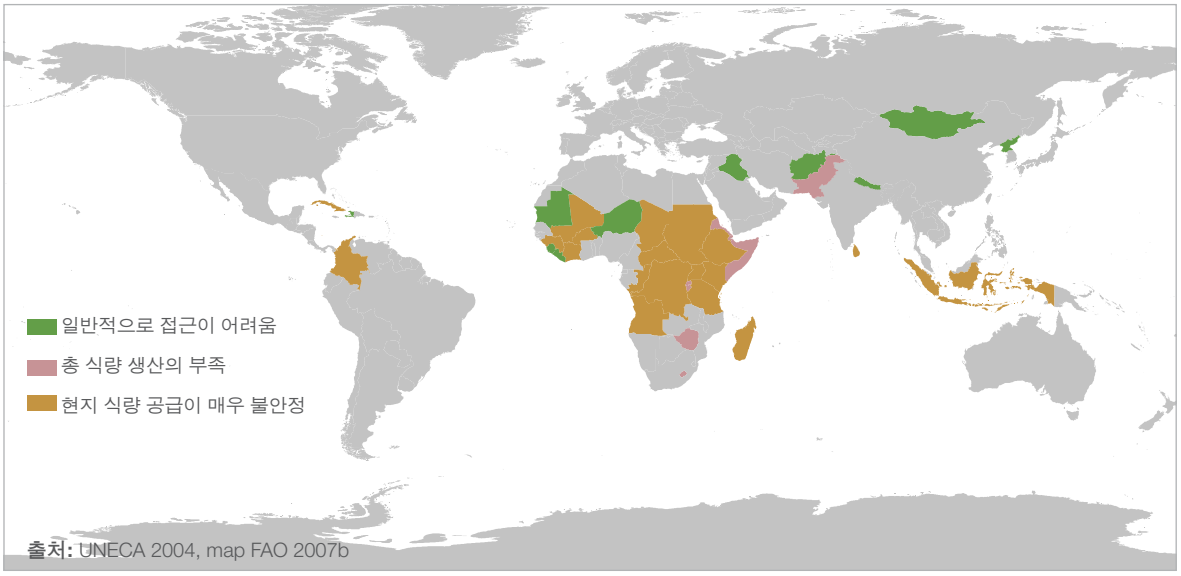
2070년 유럽 물 부족 [74]



영국 지역 상대 물 부족 [75]

74 Dickie, Phil., Rich countries, Poor Water, World Wildlife Federation Freshwater Program, http://assets.panda.org/downloads/rich_countries_poor_water_ final_170706.pdf, (2006).

75 Diagram Figure 4: Areas of Relative Water Stress, http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf, (2007). 출처: Environment Agency



출처: UNECA 2004, map FAO 2007b

자급자족 감소

국가적인 수준에서 식량이 보장되는 정도는 식량 자급자족으로 측정됩니다. 일부 국가의 경우 식량에 접근하기가 힘들어지고 있고, 일부는 생산 부족을 겪고 있으며 일부는 심각한 고갈 상태입니다. 이런 현상은 특히 아프리카 국가에서 주로 나타나고 있습니다.

심지어 영국에서도 식량 자급자족도가 낮아지고 있습니다. 점점 더 많은 식량이 높은 운송 비용을 통해 수입되고 있고 앞으로 안정적이고 건강하게 식량이 공급될 가능성이 낮아지고 있습니다. 이런 문제는 자원 고리를 폐쇄하거나 효율적인 새로운 생산 기술을 통해 일부 해결될 수 있습니다. 하지만 국가 원칙으로 국가의 경제 및 환경에 대한 균형을 유지하는 것은 매우 복잡하고 기후와 토지 공급에 크게 영향을 받습니다.

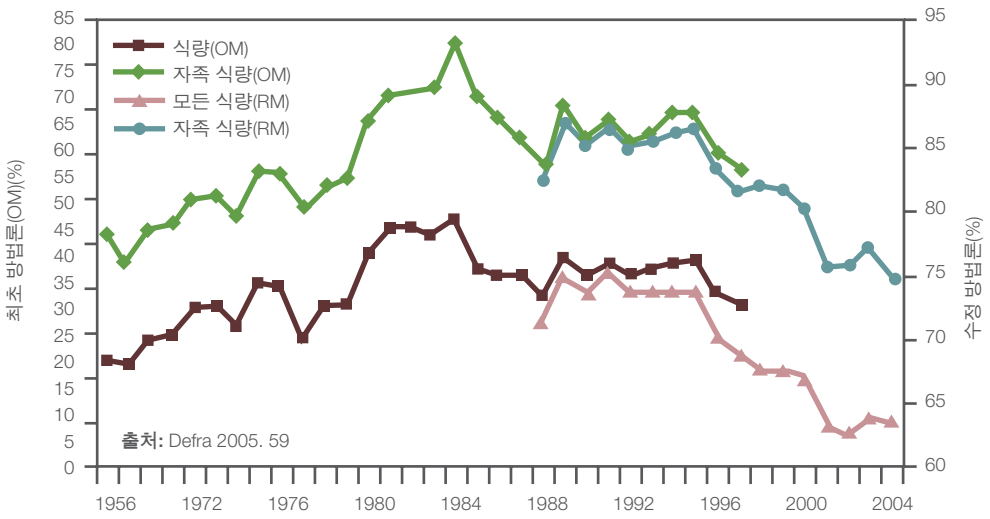
식량 수요는 인구 증가와 삶의 표준 향상으로 2050년까지 70-90% 증가할 것으로 예상됩니다.[76] 국가에서 국민에게 식량과 같은 기초 생필품을 제공하지 못하면 소비자는 높은 가격을 지불할 능력이 없거나 생산자는 비용을 감당하지 못하는 사회 혼란이 일어날 수 있습니다. 우리는 이미 이런 현상이 많은 아프리카 국가에서 발생하는 것을 보았고 다른 저소득 국가와 중간 소득 국가에서 이런 현상이 증가하게 될 것입니다. "콜카타, 나미비아, 짐바브웨, 모로코, 우즈베키스탄, 오스트리아, 헝가리, 멕시코에서 식량 폭동이 발생했다고 보고되었다."[77] 영국에서도 이러한 문제가 발생할 수 있습니다. 2007년 3월 수백 명의 양돈업자가 Downing Street 외곽에서 돼지 가격 폭락에 대해 시위하였습니다. 그들은 돼지 사육에 드는 비용이 보상되려면 베이컨 500g 가격에서 슈퍼마켓이 자신들에게 10펜스를 더 주어야 한다고 주장했습니다. 양계, 육류, 달걀 생산자들도 유사한 요구를 하고 있습니다.[78] 적당한 가격의 영양가 있는 식품의 부족은 국민의 건강 문제와 직결되고 국가를 이끌 다음 세대의 지도자와 공급자가 부족해질 수 있는 잠재적인 문제를 일으킬 수 있다는 점에서 악순환이 될 수 있습니다.

건강은 증진시키고 건강을 유지하는 데 드는 비용을 줄일 수 있는 방법은 운송 수단에서 발생하는 오염 물질 배출을 줄여 깨끗한 대기를 만들고 도심 안이나 근처에서 높은 품질의 식품을 공급하는 것입니다.

76 Varma, Subodh., Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (2008년 3월 13일).

77 Varma, Subodh., Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (2008년 3월 13일).

78 Elliott, Valerie. Price rises feed through to your shopping basket, The Times, http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article3500963.ece, (2008년 3월 7일).

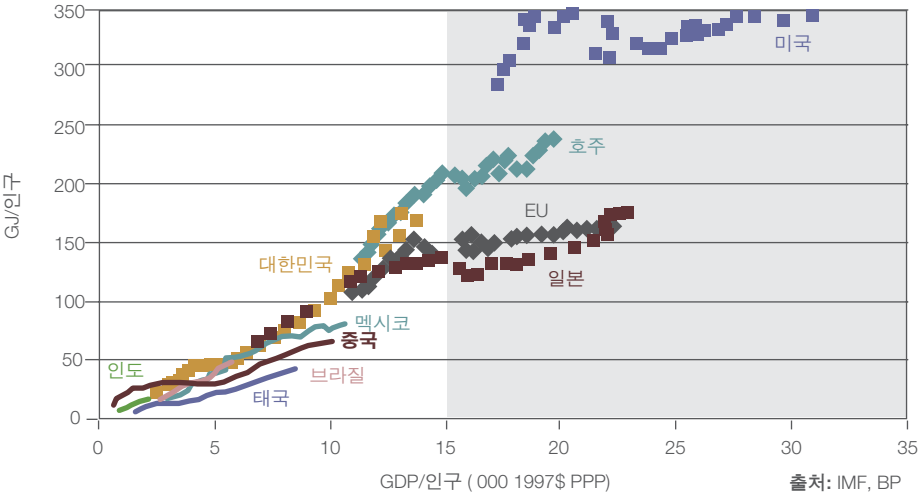


영국 식량 자급자족도 감소 [79]

에너지 및 원자재

현재 추세가 지속된다면 전 세계의 주요 에너지 수요가 2030년에는 두 배 이상 증가하게 될 것이고 그중 절반은 인도와 중국이 차지할 것입니다.[80]

영국의 경우 사용하고 있는 에너지의 90%가 화석 연료로 생산된 것입니다. 산업 혁명 시대에서는 GDP가 낮은 수준에서 높아지면 에너지 수요와 배출량도 비례하여 증가하였습니다. 이런 현상은 최근까지도 스페인과 아일랜드에서 확인할 수 있습니다.[81] 하지만 고소득 국가에서 다른 국가에 제조업체를 두어 생산하기 시작하여 고소득 국가의 에너지 소비와 배출량은 안정화된 경향을 보이고 있습니다.

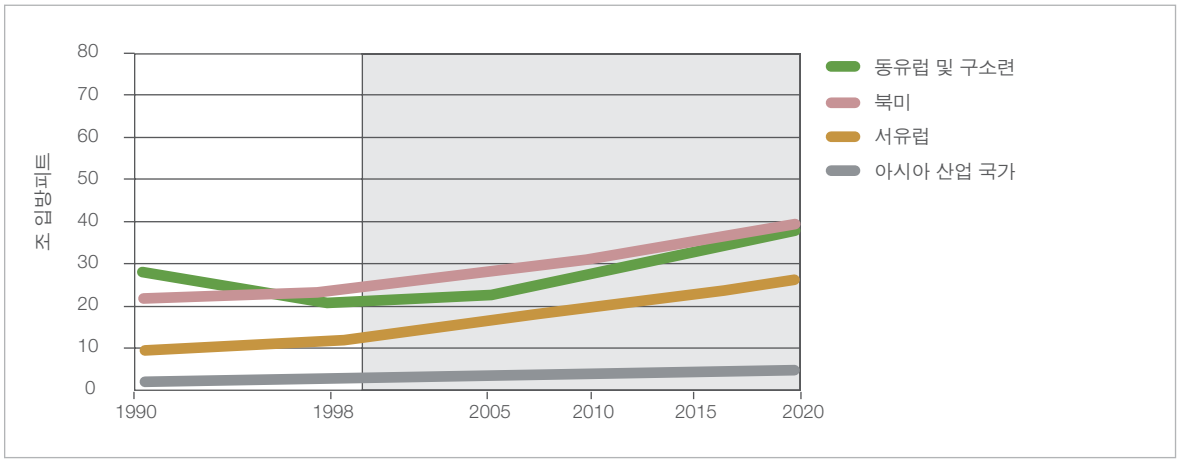


에너지 소비

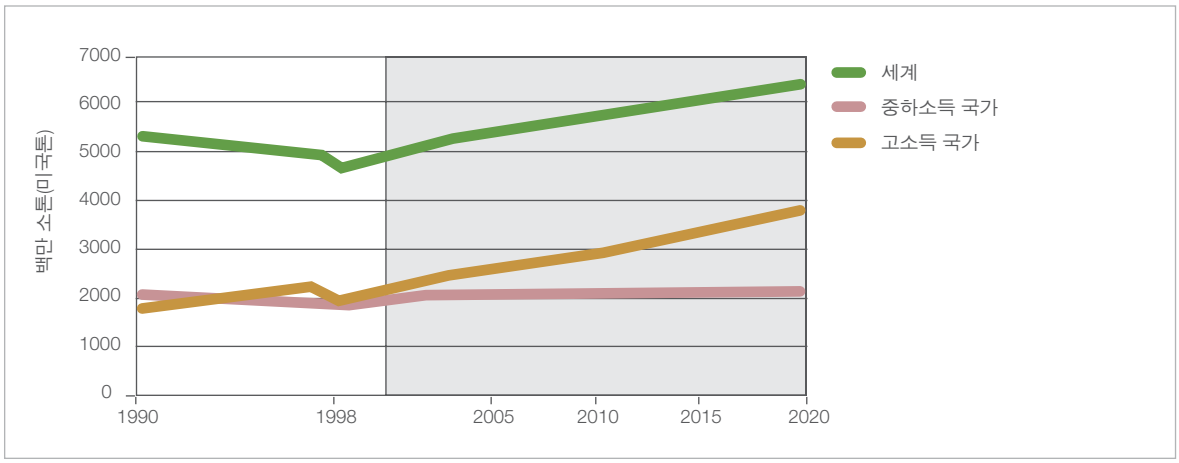
79 Simms, Andrew, Dan Moran and Peter Chowla, UK Interdependence Report, New Economics Foundation, http://www.neweconomics.org/gen/uploads/f2abwpumbr1wp055y2l10s5514042006174517.pdf, (2006).

80 International Energy Agency, World Energy Outlook 2007- China and India Insights, http://www.worldenergyoutlook.org/, (2007년 11월 7일).

81 Energy and emissions increase in Ireland, Environment Protection Agency, (2007년 12월).



세계 가스 소비 [82]



세계 석탄 소비 [83]

현재 잠재적 에너지의 2/3는 생산, 배급, 공급, 사용의 비효율성으로 허비되므로 이 허비되는 에너지를 사용할 있는 기회가 아직 있으며 이런 기회는 향상된 성과를 제공하게 됩니다. 모든 연료에 대한 수요는 높아질 것으로 예상됩니다.[84] 여기에서 '전통적인 화석 자원으로 수요에 맞게 공급할 수 있는가?'라는 의문이 생깁니다. 현재 지표들은 약속할 수 없음을 나타냅니다.

석탄 소비는 2005년과 2030년 사이에 세계 수요가 73% 증가할 것이라는 예측과 함께 석유와 가스보다 빨리 증가하고 있습니다.[85] 이제 석탄이 석유와 가스 이외에 인류에게 남은 가장 풍부하고 저렴한 자원이어서 화력 발전소가 오염 물질을 배출할 수 있음에도 전 세계에 건설되고 있습니다. 오염 물질 배출 위험에도 불구하고 석탄 소비가 증가하는 이유는 '기득권'을 얻기 위함입니다. 현재 자원 예측치는 소비 증가가 아닌 현재 수준의 소비를 가정합니다. 공식적인 석탄 매장 예상치는 우리가 믿고 있는 것 만큼 높지 않을 수 있고 150년 동안 사용할 수 있을 것이라는 예상이 맞지 않을 수도 있습니다.[86]

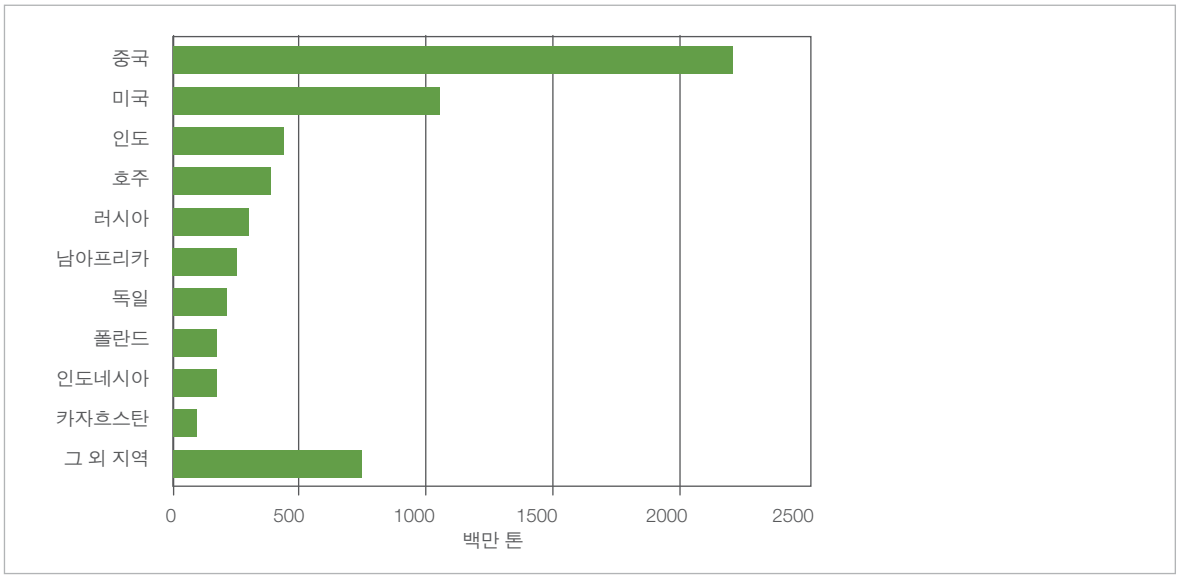
82 Energy Information Administration/International Energy Outlook 2001, EIA에 근거, International Energy Annual 1999, DOE/EIA-0219(99) Washington DC, 2001년 1월 및 EIA, World energy projection systel 200.

83 Energy Information Administration/International Energy Outlook 2001, EIA에 근거, International Energy Annual 1999, DOE/EIA-0219(99) Washington DC, 2001년 1월 및 EIA, World energy projection systel 200.

84 The Economist, The Elusive Negawatt, http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=11326549, (2008년 5월 10일).

85 International Energy Agency, World Energy Outlook 2007 - China and India Insights (2007년 11월 7일)

86 Strahan, David. Coal Bleak outlooks for the black stuff, New Scientist, http://environment.newscientist.com/data/images/archive/2639/26391802.jpg, (2008년 1월 19일).



석탄 생산 세계 10위 국가(2007년) [87]

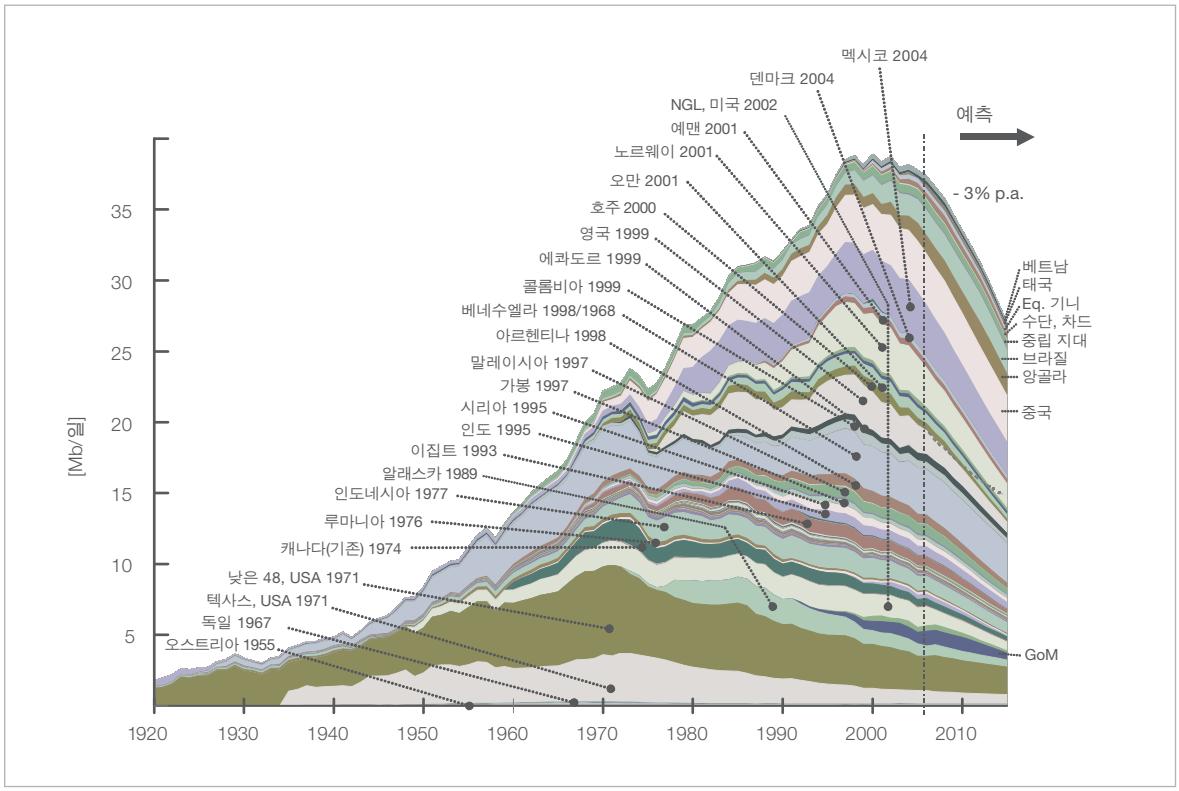
석탄 비용 상승 [88]

탄소 포획 및 저장과 새로운 석탄 기술은 화력 발전소의 오염 배출량을 줄이는 데 도움이 될 수 있습니다. 하지만 이산화탄소 가스를 액화하여 저장해야 하므로 비용이 높습니다. 지역 발전소에서 배출되는 이산화탄소를 다른 조류 형태로 흡수시켜 도시 지역에서의 탄소 순환 주기를 단축하고 조류와 부산물을 지역 연료로 사용하여 탄소가 토지에 되돌아 가도록 하는 새로운 기술이 곧 개발될 예정입니다.

태양, 바람, 조수, 파도와 같은 재생 가능한 에너지 자원에서 에너지를 생성하는 것은 아직 충분히 활용되지 않고 있습니다. 태양을 제외한 다른 자원에서 에너지를 생산하려면 상당한 양의 강철이 필요합니다. 강철을 만드는 데는 석탄에서 추출한 코크가 필요합니다. 이것은 서로 연결된 여러 순환 사이의 관계를 나타냅니다. 광전지 태양 에너지를 생산하는 데는 현재 실리콘이 필요합니다. PV에 필요한 실리콘을 만드는 데는 에너지가 매우 많이 사용됩니다.

87 Strahan, David. Coal Bleak outlooks for the black stuff, New Scientist, http://environment.newscientist.com/data/images/archive/2639/26391802.jpg, (2008년 1월 19일).

88 Strahan, David. Coal Bleak outlooks for the black stuff, New Scientist, http://environment.newscientist.com/data/images/archive/2639/26391802.jpg, (2008년 1월 19일).



세계 최대 석유 저장량 [89]

현재 화석 연료에서 생산하는 양보다 훨씬 많은 에너지를 세계 사막 지역의 태영 에너지에서 생산해 낼 수 있습니다. 2006 UN 환경 보고서에 따르면 640,000 평방 킬로미터의 지역에서 세계에 필요한 전기를 모두 생산할 수 있습니다(사하라 사막의 규모는 9백만 평방 킬로미터에 이름).[90] 하지만 기후 변화가 높은 온도와 물 부족으로 사람이 살지 않는 사막과 사막의 태양 자원을 변화시킬 수 있습니다. 우리는 사막에 내재된 동력을 변환하여 도시로 전달할 수 있는 인프라를 기꺼이 건설해야 합니다. 이것은 새로운 기술이 우리의 문제를 해결하는 데 도움이 되는 가장 큰 기회 중 하나입니다.

원자력과 석유가 여전히 다양한 에너지 공급원 중에서 중요한 역할을 차지하겠지만 이런 자원들은 공급의 한계가 있고 원자재 가격이 상승할 수 밖에 없습니다.

우리가 마침내 선택한 석유는 공급이 수요를 따르지 못하게 될 것이라고 예측되고 있습니다. 여기에서 발생할 수 있는 하나의 현상을 꼽자면 투기, 자원 옵션의 통합, 재정 시장에서의 미래로 인해 변동성이 높아진 시점에서 가격이 높아지는 추세입니다. 가격은 7년 동안 4배 상승했습니다.[91] 전통적인 생산 비용은 크게 변하지 않았으나 유정을 더욱 깊게 파야 하거나 인간의 손이 닿기 힘든 곳을 개발해야 하는 상황이 비용에 영향을 미치고 있습니다. 고전적인 경제 모델에서는 공급이 수요를 만족시키지 못할 때 대부분 가격이 상승합니다. 석유 수요의 비용통성은 수요가 '없어지기' 전에는 가격이 계속 상승한다는 것을 의미합니다. '석유 정점'은 총 석유 공급량이 곧 감소하기 시작할 것이고 새로운 자원의 양은 이전 자원이 고갈된 양보다 작다고 예상한다는 점에서 논쟁의 여지가 있습니다.[92] 석유 가격 상승는 에너지 비용 상승과 함께 운송 비용의 상승으로 인한 다른 제품의 비용 상승에도 영향을 미칩니다. 특히 생필품과 같은 제품의 가격이 높아지면 생필품을 살 능력이 부족한 사람들에게 큰 영향을 미치게 됩니다. 우리는 현재와 같은 석유 공급이 영원히 지속되지 않을 것이라는 사실을 잘 알고 있고 역청암과 같이 석유 대신 새로운 자원을 사용하는 것은 그와 관련한 환경 부담이 커서 경제적인 성장 모델이 될 수 없다는 것도 알고 있습니다.

원자재 소비가 매우 빠른 속도로 증가하고 있습니다. 1994년까지 20년 동안 인구는 40% 증가하였지만 시멘트 소비는 80% 증가하였고 플라스틱은 200% 증가하였습니다.[93] 광물 채굴은 매년 자연적으로 침식되는 것보다 지구 표면을 더 많이 채굴하여 환경 비용을 지

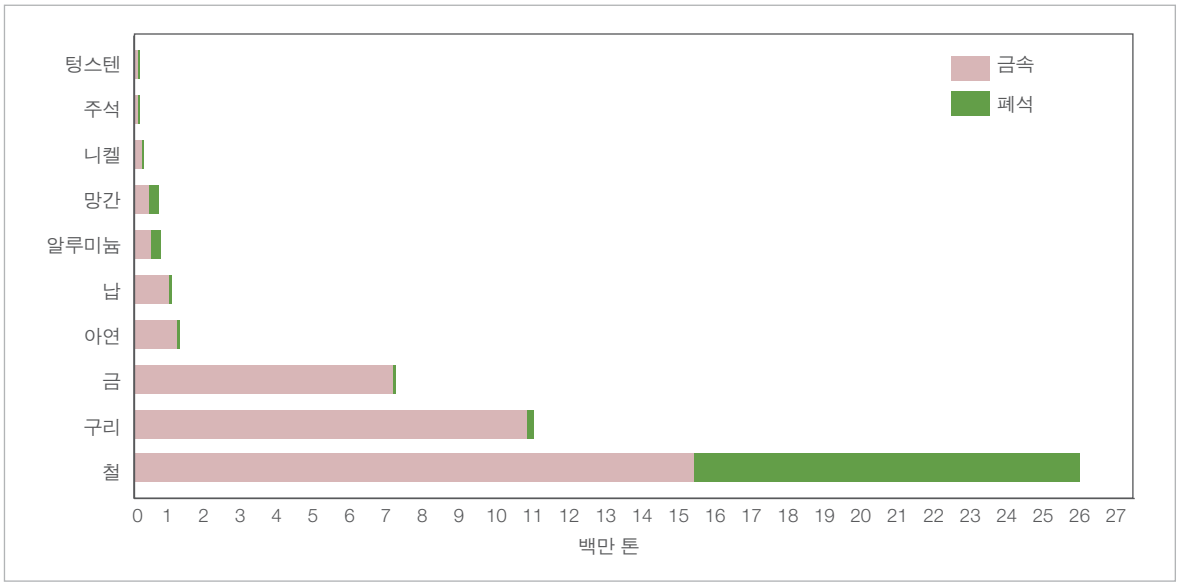
89 Energy Watch Group. "Crude Oil: The Supply Outlook". EWG-Series No3/2007 2007년 10월.

90 United Nations Environment Report (2006).

91 The Economist, Shock Treatment, http://www.economist.com/finance/displaystory.cfm?story_id=10130655, (2007년 11월 15일).

92 Roberts, Simon. Email to author. 2008년 4월 1일.

93 U.S Geological Society, Materials Flow & Sustainability, USGS Fact Sheet FS-068-98, http://pubs.usgs.gov/fs/fs-0068-98/fs-0068-98.pdf, (1998년 6월).



원자재 소비 [94]

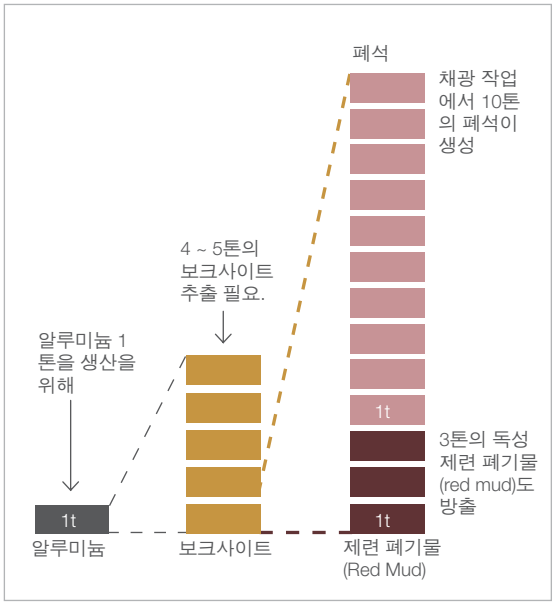
불해야 하는 상황에 도달했습니다. 일반적으로 채굴한 125톤의 구리 원석에서 구리는 1톤만 생산해 낼 수 있습니다.[95] 하지만 이제 세계에서 잠재적으로 가장 큰 구리 광산은 이제 뉴욕이나 도쿄와 같은 도시의 건물, 제품, 인프라 속에 있습니다. 개간되지 않은 구리 광산에서 구리를 채굴하는 것보다 오래된 건물에서 구리를 재생하는 것이 빠른 상황이 되었습니다. 매장된 여러 천연 광석에서 추출할 수 있는 광물이 감소하고 있다는 것은 광물을 현대 요구에 맞게 추출하고 처리하는 데 지금까지보다 훨씬 높은 수준의 에너지가 필요하다는 것을 의미합니다.[96]

우리는 채굴하는 방법과 이미 도시를 구성하고 있는 곳에서 재활용하여 새로운 제품과 새로운 건설 현장에서 사용하는 방법에 대해 연구해야 합니다. 예를 들어 교외에서 개인에게 다양한 용도로 사용되었던 자재가 도심의 커뮤니티에서 보다 높은 활용의 형태로 재활용될 수 있으며 이런 삶의 방식은 높은 연료와 자원 비용으로 인해 더욱 매력적으로 느껴질 것입니다.

94 University of Minnesota

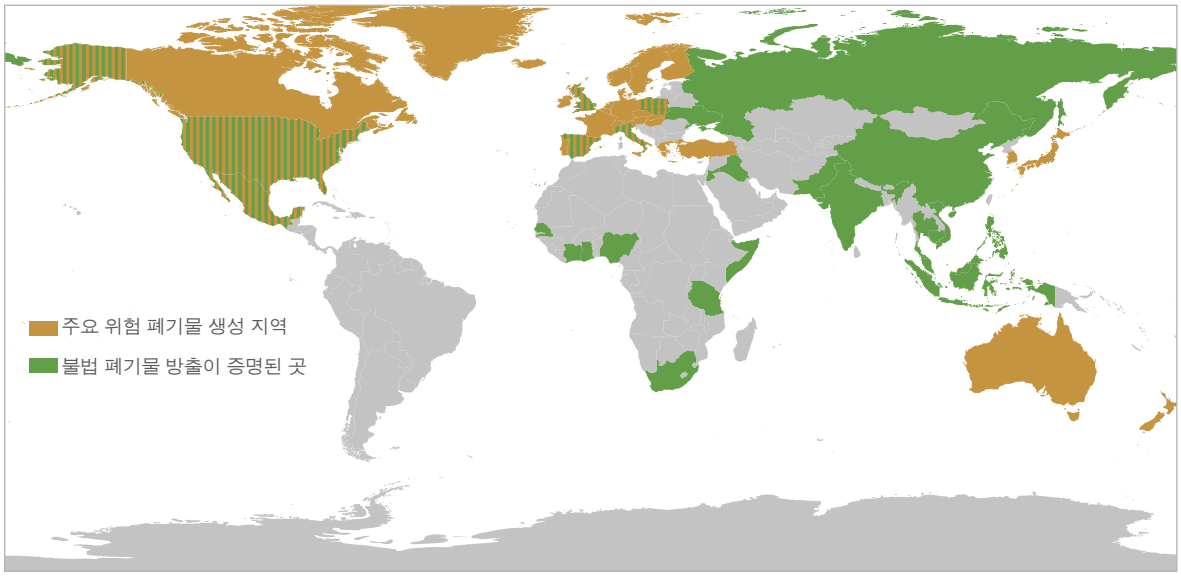
95 United Nations Environment Programme/GRID-Arendal, Vital Waste Graphics, http://maps.grida.no/go/graphic/how-long-does-it-take-for-some-commonly-used-products-to-biodegrade, (2004).

96 Department of Treasury & Finance, DTF Research Note, The World Iron market in 2005, 원문 출처: http://www.dtf.wa.gov.au/cms/uploadedFiles/iron_research_note_may2005.pdf (2005).



채굴 및 재활용 [97]

97 EAA C. Sperlinger, Nachhaltige Stadtentwicklung beginnt im Quartier OeKoinstiut e.V (Ed) Freiburg, 1999 in Drivers of Change: Waste, Arup 2008



소비 국가 대 제조 국가 98

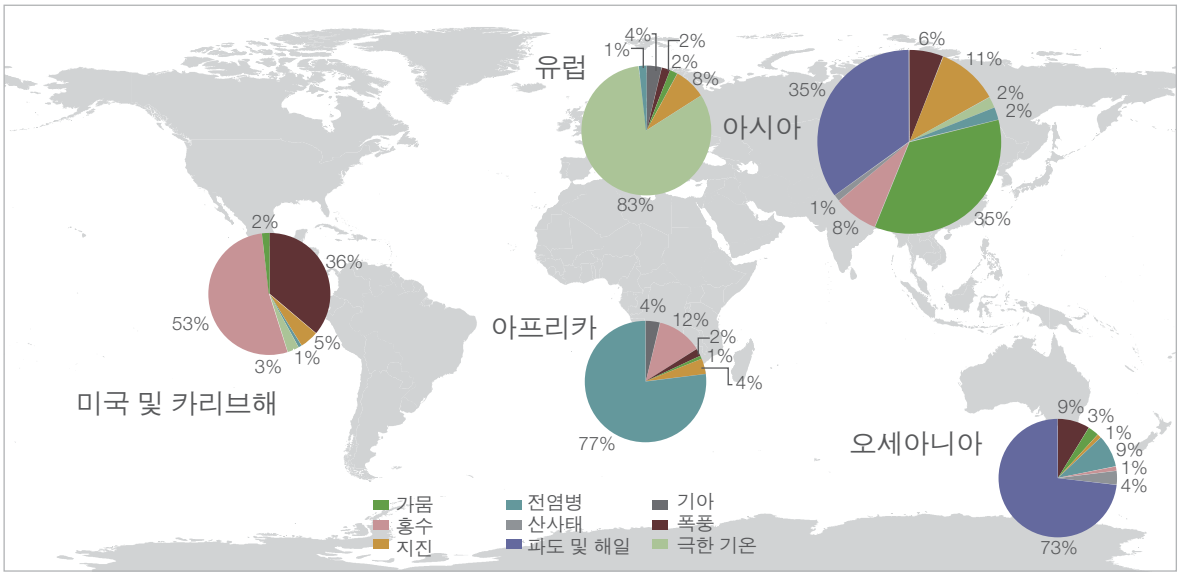
제조 및 쓰레기

고소득 국가가 배출량을 성공적으로 줄일 수 있었던 주요 원인 중 하나는 저소득 또는 중간 소득 국가에서 제조된 제품을 수입한 것입니다. 저소득 및 중간 소득 국가의 값싼 노동력, 연약한 노동자, 안전 및 환경 표준이 고소득 국가의 소비자에게 낮은 가격의 제품을 제공하지만 환경 문제는 증가되고 있습니다. 다국적임에도 불구하고 좀 더 나은 표준을 종종 소개하고 있습니다. 저소득 및 중간 소득 국가에서 빠른 속도로 증가하고 있는 오염 물질 배출의 큰 부분이 고소득 국가에 수출되어 소비되는 제품과 관련되어 있고, 이런 제품의 대부분은 상대적으로 짧은 기간에 '버려집니다.'

또한 해로운 쓰레기가 불법적으로 저소득 및 중간 소득 국가에 다시 버려져서 제조 과정에서 이미 오염된 국가에 오염을 가중시켜 생태계에서 모두 흡수할 수 없을 정도의 문제를 일으킨다는 것입니다. 실제로 많은 쓰레기가 절대 없어지지 않습니다.

쓰레기가 자원으로 제품 생산에 사용되고 제조업체들이 생산자 책임 재활용 제도(Extended Producer Responsibility)에 따라 제품을 분해하여 다시 사용할 수 있도록 설계한다면 향상된 선순환이 가능합니다. 일부 시장에서 재사용 법률을 소개한 EU를 포함한 여러 국가 및 지역에서 이러한 제도를 잘 이해하고 있습니다. 또한 지역적으로 생산되는 바이오 기술 자원으로 이동하여 탄소를 실제로 저장하여 제품에 재활용하는 기회가 있습니다.

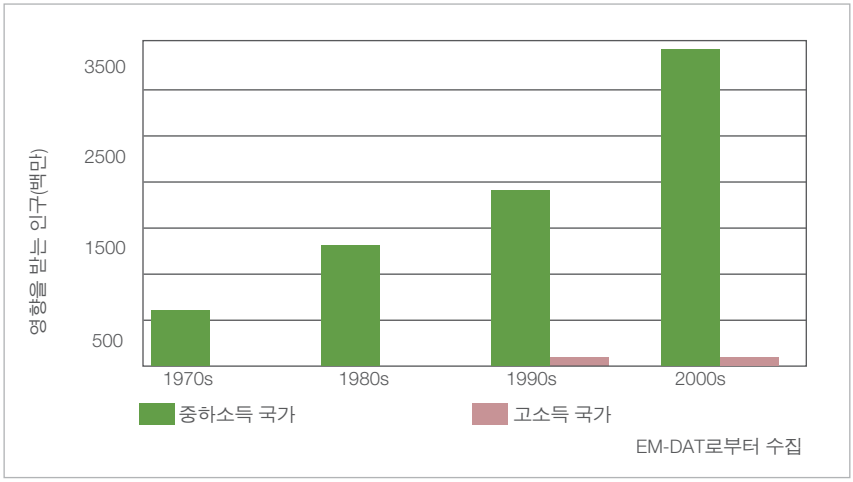
98 GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/, (2007).



지역별 재해 분포 99

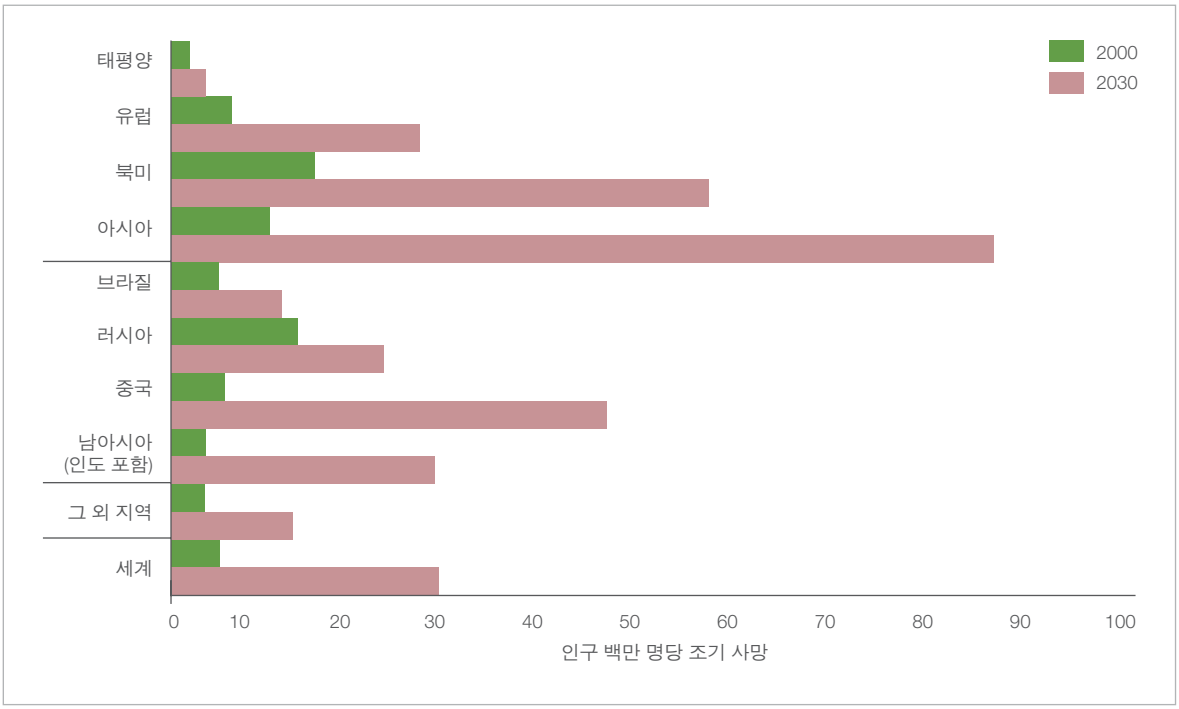
기후 변화 영향에 대한 적응

기후 변화로 발생하는 자연 재해가 크게 증가하고 있습니다. 인구 증가(특히 해안 지역에 거주하는 삶들은 홍수, 열대성 저기압, 가뭄, 식량 부족에 노출될 가능성이 높아짐)는 식량 생산과 가격, 여름 온도 상승, 노약자에게 위험한 환경 조성 등에 영향을 미치고 있습니다. 원인은 높아진 폭풍우 밀도입니다. 화재도 더욱 자주 발생하고 있습니다. 저소득 및 중간 소득 국가가 온실 가스 배출에 거의 영향력을 미치지 않았음에도 기후 변화 영향으로 위협을 받는 많은 국가와 지역에 이들 국가가 포함됩니다. 이들 국가들은 기후 변화에 따른 영향력을 대처할 기술이나 자원을 충분히 갖추지 않고 있고 발생을 예방하지도 못합니다. 사람들이 미리 안전한 곳으로 피신할 수 있도록 조기 경고하는 시스템으로 일부 국가에서는 사망자의 수가 줄어들고 있기는 하지만 재해로 인한 경제적 사회적 손실은 막대합니다. 전반적으로 이미 매우 심각한 상황입니다.



기후 변화에 가장 큰 영향을 받는 저소득 및 중간 소득 국가, 대처할 자원이 거의 없음

99 EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. http: //www.em-dat.net, UCL - Brussels, BelgiumBase Map: UNEP/DEWA/GRID-Europe, 2005년 6월



도시 조기 사망률
2000-2030 오존 노출 [100]

우리는 오염 배출량과 생태발자국을 줄이는 매우 큰 책임이 있습니다. 이런 변화를 진행하는 데 있어 취약한 커뮤니티를 보호할 수 있는 전략과 투자를 동시에 세워야 합니다.

적응이 우선적으로 진행되어야 하고 고소득 국가가 서로 협력하여 전 세계에서 이행되어야 합니다. 비용은 여러 용도를 동시에 충족할 수 있도록 인프라에 투자하여 줄일 수 있습니다. 예를 들어 도시 지역에서 녹색 지붕이나 정원으로 자원 냉각과 함께 온실 효과로 인한 대기 오염 물질 방출을 줄여서 도시 거주자가 열섬 효과로 피해를 입지 않도록 할 수 있습니다. 저소득 및 중간 소득 국가의 도시 개발은 자연을 파괴하지 않는다는 개발 목표를 가지고 각 국가에 맞게 수정되어 진행되어야 합니다.

100 OECD Environmental Outlook to 2030, www.oecd.org/environment/outlookto2030, (2008년 3월 5일).

4. 변화를 위한 제도

지구의 경제 발전을 뒷받침하고 있는 시스템이 바로 우리를 위협하고 있다는 결론을 내릴 수 있습니다. 광물과 에너지 자원은 무분별하게 사용되고 있고 농업에서의 비효율성은 유래 없이 증가하고 있는 인구에게 필요한 식량을 충분히 공급하지 못하는 위기에 처해 있습니다. 우리의 사회 구조는 압력을 받고 있고 지구의 폐쇄된 시스템은 증가하고 있는 인구의 삶을 위협하는 방식으로 변화되고 있습니다.

지구를 공유하고 있는 우리 모두는 자연과 함께 조화를 이루며 살아가는 방법을 찾아야 합니다. 농경 및 산업 시대에서 친환경 시대로 변화하는 데 적합한 구조를 가지는 것이 중요하며 이런 구조를 가지게 되면 CO_2 발생량 감소, 생태발자국 감소, 인류 개발 향상이라는 세 가지 목표를 달성할 수 있게 됩니다.

가장 논리적인 접근 방법은 생태 시스템을 모방한 원칙을 채택하는 것입니다. 이것은 우리가 경제적, 환경적, 사회적 영향력의 균형을 맞추고 있는 친환경 원칙의 확장입니다.

생체 모방 원칙

지구상에서 가장 성공적인 유기체는 생태계에서 자신의 생태 자본을 소비하지 않고 수백 만 년 동안 경쟁하면서 살아온 유기체입니다.

생명 모방학의 저명한 학자인 Janine Benyus는 다음과 같이 저술하고 있습니다.

[인]류가 다른 생명체와 구별되는 이유는 우리가 이해하고 있는 것을 총괄하여 행동으로 옮길 수 있는 능력이 있기 때문입니다. 지금 이 순간 우리는 생명에 귀 기울이고, 우리가 들은 것에 반응하고, 자연이 이끄는 방향으로 이성적으로 선택하는 문화처럼 결정할 수 있습니다.[101]

저는 생체 모방 원칙을 사용하고 자연의 효과적인 유기체를 사용하는 것이 위험을 최소화하면서 친환경 시대로 빨리 변화할 수 있다고 확신합니다. 생태계는 놀랄 만한 자원 재생 능력을 가지고 있으며 태양 에너지를 사용하여 자연 친화적으로 발전하고 충격을 견디어 냅니다. 우리는 이런 생태계에 대하여 연구하고 우리가 생태계에서 도움 받을 수 있는 부분이 무엇인지 배워야 합니다.

궁극적인 목표는 지속적으로 규모를 최대화하는 것이 아니라 최적의 경제 규모로 변화하고 우리 자신의 시스템 관계를 다른 유기체에도 적용하는 것입니다. 우리는 우리 시스템이 균형을 잘 이루도록 다시 조정하고 태양을 에너지원으로 하는 우리의 세계를 재발견해야 합니다. 이런 미래 비전은 2050년 이후에나 가능한 것이 아니라 2050년까지 가능하도록 친환경 시대로 변화해야 합니다.

Benyus는 이렇게 변화하는 데 필요한 10가지 원칙을 정했고 Arup에서 우리는 이 원칙을 참고하여 전 세계에서 여러 프로젝트를 진행하고 있습니다. 이 원칙들은 도시 지역, 제조, 식량 생산, 에너지 및 물 공급 방식을 변화시키는 데 사용될 수 있고, 박테리아나 조류처럼 최적화된 자연 유기체를 활용하여 작업하는 알려진 기술이나 개발 중인 기술을 사용할 수 있는 가능성을 알아 보거나, 새로운 목표에 도달하는 데 사용될 수 있습니다.

101 Benyus, Janine. Biomimicry: Innovations that Inspired by Nature. Harper Collins: New York, (1997).

아래 나열된 원칙은 고소득, 중간 소득, 저소득 국가들이 새로운 목표를 향해 나아가는 데 필요한 경제 성장 궤도를 안내하는 데 사용되고 있습니다.

- 쓰레기를 자원으로 활용
- 다각화 및 협력
- 효율적인 에너지 수집 및 사용
- 최대화가 아닌 최적화
- 자원 절약
- 오염이 아닌 정화
- 자원 감소 방지
- 생태계와 조화 유지
- 지속적인 정보 수집
- 지역 자원 활용

앞서 언급한 건강 및 교육 프로그램과 함께 진행해야 되어야 한다고 간단하게 언급하는 것이 좋습니다.

2050 목표

저소득 및 중간 소득 국가에게 자원의 효율성이 개발을 뒷받침하는 새로운 친환경 세계 경제 모델 안에서 삶의 질을 높이고 일자리와 기회를 창출하는 방식으로 국가를 개발하는 것은 중요합니다. 계획, 설계, 투자 모델은 브라질의 큐리티바와 같은 도시의 장기간 교훈과 현재 진행 중인 중국 상하이의 동탄 환경 도시를 따르는 새로운 것이 될 것입니다. 저소득 및 중간 소득 국가들의 이런 접근 형태는 산업 시대를 뛰어 넘어 농경 시대에서 친환경 시대로 이동하는 것으로 생각될 수 있습니다.

동시에 고소득 국가들은 친환경 시대 경제를 활용하여 도시 생활, 시골 식량 생산, 물 관리, 에너지 공급 및 제조에 대한 새로운 기준을 설정해야 하며 산업 시대의 생산 형태로 풍부한 재화에 익숙하여 친화경 시대로 이행할 때 기본적인 재화의 감소로 발생할 수 있는 인플레이션 피해나 정치적인 위험을 피해야 합니다. 이런 위험을 피하려면 런던 기후 변화 실천 계획 (London Climate Change Action Plan) 조항과 WWF의 One Planet Living 연구 조항과 함께 기존 도시를 변화하는 투자가 필요합니다. 우리는 이런 투자를 갱신이라고 하며 최소 5만 명에서 10만 명 규모의 지역 사람들에게 이행될 것으로 내다봅니다.

서두에서 언급한 것처럼 2050 친환경 시대를 위한 주요 목표는 다음과 같습니다.

- CO_2 감소: 2050년까지 1990년 수준으로 80% 감소
- 생태발자국 감소: 모든 국가에서 전체 지구 점유율에 대한 생태발자국 변화, 1인당 1.44gha(2050년 예상 전체 인구 대비)
- 인간 개발 지수: 국민 소득, 평균 수명, 교육 수준 등 전반적인 복지 향상

위에서 언급한 목표는 현재의 지식과 나아갈 방향을 알려 주는 생체 모방 원칙을 함께 사용하여 결과를 얻을 수 있는 방법이 있는지 평가할 용도의 이론적인 목표입니다. 기본적으로 깔려 있는 주요 가정은 전체 효율성이 향상되면 소득이 낮은 사람들에게 재분배되는 혜택을 주고 더욱 박탈감을 느끼지 않도록 하는 것입니다.

5. 각 국가별 모델

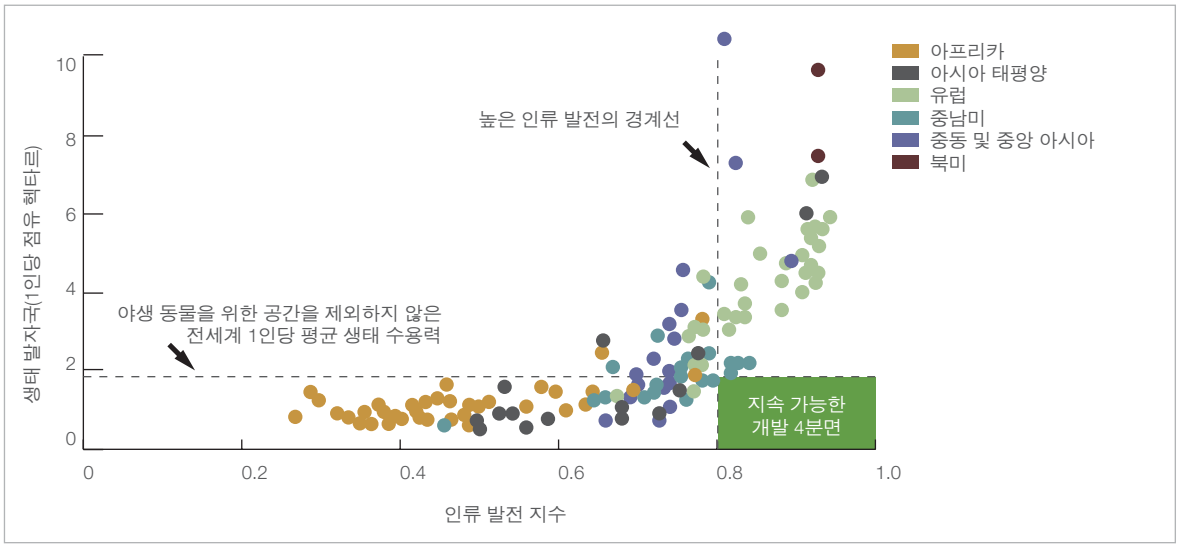
이것은 매우 복잡한 주제이며 이해하기 쉬운 몇 가지 유용한 결과를 얻기 위해 필요한 몇 가지 간단한 가정이 필요합니다.

기존 도심은 세 가지 기본 모델로 분류할 수 있습니다.

도심 모델	주요 특징	생태발자국	인간 개발 지수	예
신흥 국가	밀도 증가, 인구 증가	1-2	.4-.8	아프리카, 라틴 아메리카, 동유럽, 중국, 인도
유럽	고밀도, 낮은 차량 사용	4-8	>.08	서유럽, 일본, 대한민국, 싱가포르
미국	저밀도, 높은 차량 사용	8-15	>.08	북아메리카, 오스트레일리아

첫 번째 유형은 도시를 만들거나 확장하는 데 초점을 맞추고 있고 나머지 두 유형은 기존 도시의 새롭게 바꾸는 데 초점을 맞추고 있습니다. 새로운 경제 모델의 목표는 계속 커지고 있는 생태발자국을 더 이상 커지지 않도록 하고 인간 개발 지수를 향상시키는 것입니다. 유럽과 미국 모델은 생태발자국을 감소시키면서 인간 개발 지수를 높이는 것을 목표로 합니다.

그런 다음 친환경 시대를 위한 인프라 구성이 평가됩니다. 기존 생태발자국, 자원 소비 및 오염 물질 배출 수준을 그대로 유지하면서 국가의 인간 개발 지수 목표를 달성하는 것이 가능할까요? 전체 토지 사용 효율성을 향상시키고, 자원 밀도를 낮추고, 재생 가능한 자원을 사용하고 오염 물질 배출을 제어하는 것으로 가능할까요? 이렇게 하는 과정 중에 기후 변화로 인한 영향력은 적절하게 개조된 측정법이 채택된 이후 토지와 생산성의 변화에 따라 가능한 곳에서 예측될 것입니다.



생태발자국 및 인간 개발 지수 [102]

다른 지수로는 알 수 없는 다음과 같은 질문에 대한 대답을 생태발자국으로 파악할 수 있습니다. "지구의 생태 용량 이내에서 살고 있습니까?" 생태발자국은 환경의 한계와 환경이 인류에게 줄 수 있는 능력을 이해하는 데 도움이 됩니다. 우리가 영국에서 평균적인 사람으로 살려면 세 개의 지구의 자원이 필요하다는 것은 강력한 은유이고 교육적인 용도와 인식을 높이는 데 사용할 수 있습니다. 생태발자국은 친환경 평가와 함께 친환경적으로 자원을 관리해야 하는 비친환경적인 추세 및 미래에 우리가 겪게 될 도전 과제를 파악하는 데 도움이 될 수 있습니다.

생태발자국의 기본 단위는 글로벌 헥타아르(gha)이며 해당 연도에 모든 생산적인 토지와 해양 면적에 대한 세계 평균 생산성을 헥타아르로 나타낸 것입니다.[103] 결과는 달러나 유로처럼 통화를 사용하여 전 세계의 거래와 재정 흐름을 비교하여 재정을 평가하는 것과 마찬가지로 전 세계적으로 비교할 수 있습니다. 이것은 토지 종류에 따라 생산성이 달라질 수 있으므로 예를 들어 경작지의 글로벌 헥타아르가 생산성이 낮은 목초지보다 실제 면적이 작을 수 있고 경작지 1헥타아르에서 생산하는 양을 목조치에서 생산하려면 훨씬 큰 면적이 필요할 수 있다는 것을 의미합니다. 따라서 세계 생산성과 gha 값이 해마다 조금씩 달라질 수 있습니다.

생태발자국은 생태적 친환경성만 나타내며 수량 단위이고 환경의 수준을 평가하지는 않습니다. 오염 물질, 토지 품질 관리 또는 원자력과 같이 천연 자원에 영향을 미칠 수 있는 기타 외부 요인을 고려하지 않습니다.[104] 생태발자국과 생태 용량을 비교할 때 생태 한계 내에서 소비하는지 여부를 구별해주는 전 지구 범위에서 고려해야 합니다. 하지만 지역 인구의 생태발자국과 지역 생태 용량을 비교할 때는 생태발자국을 전 지구 범위에서 친환경적인지 여부를 예측하지 않아도 됩니다. 또한 생태발자국 지수는 지역 데이터로 뒷받침될 수 있고 친환경 개발이라는 전체 그림을 보기 위해 경제적 사회적 지표도 고려해야 합니다. 무엇보다도 이런 제한 사항과 다른 지표인 UN의 인간 개발 지수와 전체 CO_2 배출량을 고려하는 것이 생태발자국의 장점을 활용하고 친환경 시대로 이행하기 위한 완벽한 준비에 도움이 됩니다.

우리가 지구의 수용 능력 안에서 2050년을 살아가는 방법에 대한 실질적이고 기초가 잘 다져진 비전을 가지고 있다면 지도력과 합력을 통해 거기에 도달할 수 있는 더욱 많은 기회를 잡을 수 있습니다.

102 Global Footprint Network: http://www.footprintnetwork.org/

103 Global Footprints Network, Footprint Standards, http://www.footprintstandards.org/, (2003-2007).

104 현재 국제 전문가 그룹이 원자력 발전 적절하게 사용하는 방법에 대해 조사하고 있음.

6. 고소득 국가의 과제영구(유럽)

비고	운송 수단	주택	식량	소비재	개인 서비스	공공 서비스	자본 투자	총계 (GHA)
2007년 영국 생태발자국	0.91	1.47	1.23	0.75	0.57	0.37	0.24	5.45
2001년 런던 생태발자국	0.716	1.519	1.302	0.773	0.571	0.370	0.239	5.48
2050년 런던 생태발자국	0.14	0.36	0.45	0.21	0.15	0.09	0.06	1.44

영국과 런던의 현재 생태발자국 값은 위의 표에 나와 있습니다.[105] 생태발자국은 다음 토지 사용 범주에서 감소하고 있습니다. 운송 수단의 생태발자국은 대중 교통 및 개인 운송 수단에서 배출되는 오염 물질의 영향력과 차량을 유지하고, 운송 수단 인프라를 건설하는 것과 관련된 영향력도 측정합니다. 주택의 생태발자국은 열, 온수, 조명, 전기를 사용하는 장치와 주택을 유지하고 건축하는 데 사용되는 에너지 방출의 영향력을 측정합니다. 식품 생태발자국은 가정, 식당, 테이크아웃으로 소비되는 모든 유기 또는 비 유기 식품의 영향력을 측정합니다. 소비자 항목 생태발자국은 신문에서 가전제품까지 가정에서 구입하는 모든 제품을 생산하는 데 필요한 에너지 영향력을 측정합니다. 개인 서비스에 대한 생태발자국은 엔터테인먼트에서 재정 서비스에 이르는 서비스의 영향력을 측정합니다. 또한 공공 서비스(교육, 하수 및 건강 관리), 자본 투자(광석 채굴) 및 기타(해외 관광의 영향력) 등이 전체 생태발자국에 포함됩니다. 이 수치들은 영국에 거주하는 모든 사람에게 동일하게 적용됩니다.

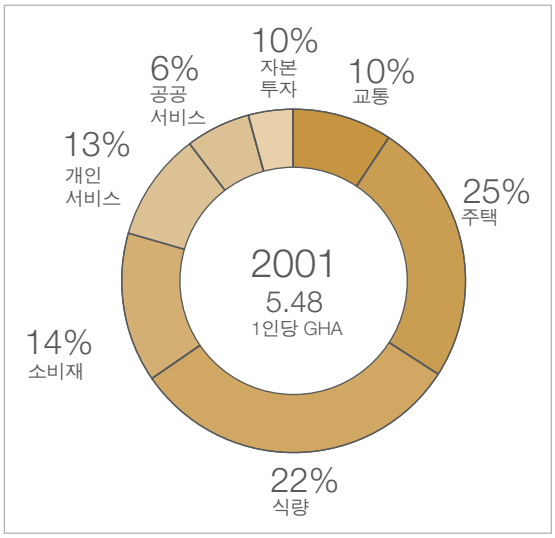
105 보고서의 영국 데이터는 Living Planet Report 2004 데이터와 같은 REAP의 2001 데이터를 바탕으로 함. 영국의 생태 발자국이 인구당 5.6gha라는 더 최근의 데이터(LPR 2006)도 존재하지만 이 데이터는 영국 런던 데이터와 비교할 수 없고 영국 데이터를 소비 범주 별로 세분화한 수치가 없기 때문에 사용되지 않음. REAP (SEI, 2007)

2050년에는 지구에 90억 명의 인구가 살게 될 것으로 예측되고 있습니다. 지구에서 사는 모든 사람이 지구 자원을 공평하게 나누어 가진다면 모든 자원과 함께 1인당 1.44 헥타아르가 제공되게 될 것이고 지구의 수단 안에서 살 경우 배출되는 탄소가 흡수될 것입니다. 각 생태발자국이 줄어 들어 사람들이 2050년에 지구에서 생존하도록 하는 방법을 이해하려면 탄소 배출로 인한 영향력의 비율을 이해해야 합니다. 생태발자국 구성요소에 따라 상당히 달라질 수 있습니다. 예를 들어 식품 소비 영향력의 22%만 탄소 배출을 통해 생성되는 반면 운송 수단 탄소 배출은 영향력의 80%를 차지합니다. 따라서 모든 탄소 배출을 80%까지 줄일 수 있을 것으로 가정했습니다. 그런 다음 요구되는 1.44gha까지 줄이기 위해 자원의 효율적인 사용과 전체 소비 감소가 요구된다고 가정하였습니다. 감소는 모든 분야에서 비례적으로 적용되는 것으로 가정되었습니다.

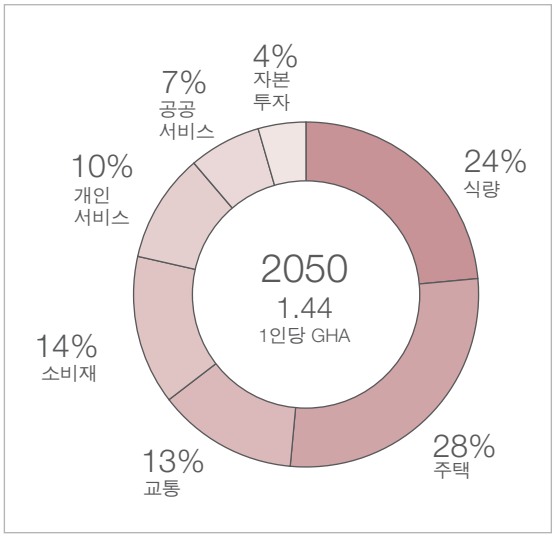
도시 생활은 자원의 소비, 식품 생태발자국이 높아서 생태발자국이 약간 높지만 대중 교통 수단을 사용하여 이동 에너지 생태발자국이 낮아서 상쇄됩니다. 2050년에 1인당 1.44gha를 목표로 하면 생태발자국 감소가 런던의 경우 74% 정도 감소해야 합니다. 이것은 탄소 배출을 80% 줄이는 것과 유사합니다.

영국의 생태발자국은 매년 1.17% 정도 증가하고 있습니다.[106] 이런 증가의 주요 요인은 세계 여행의 증가로 인한 운송 수단 에너지 증가, 가공된 식품 및 소비재 증가, 세계적 자원 고갈 공급 고리입니다. 에너지와 자원 가격 인플레이션으로 인한 경제적 압박이 중간 개입 없이 이 성장세를 누그러뜨릴 수 있지만 그럼에도 상향 궤적이 빠르게 하락세로 바뀌지 않거나 필요한 74% 감소가 심지어 높아질 수 있습니다.

106 World Wildlife Fund, Living Planet Report, 원문 출처: http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf (2006). 이 보고서에 따르면 영국의 생태 발자국이 1975년부터 2003년 사이에 33% 증가하였음.



2001년 런던 생태발자국

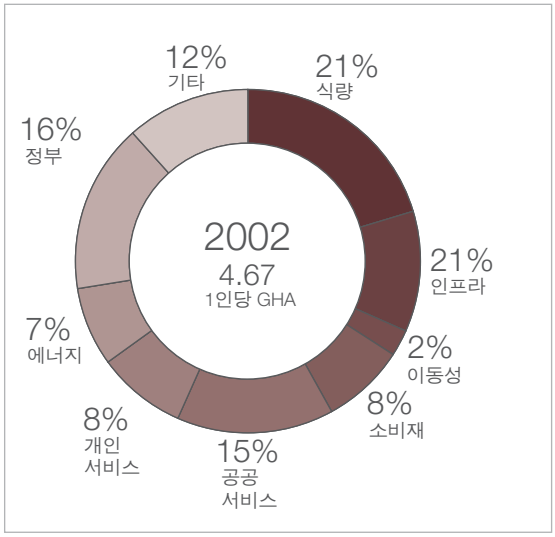


2050년 런던 생태발자국

7. 저소득 및 중간 소득 국가의 과제- 중국

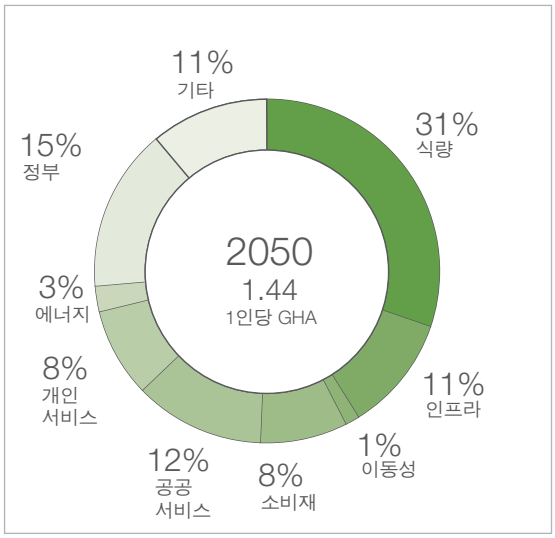
비고	식량	인프라	이동성	소비재 및 쓰레기	개인 서비스	공공 서비스	에너지 소비	정부	기타	총계 (GHA)
현재 상하이 생태발자국	0.950	0.531	0.114	0.357	0.690	0.396	0.343	0.739	0.546	4.67
2050년 상하이 생태발자국	0.4464	0.1584	0.144	0.1152	0.1728	0.1152	0.0432	0.216	0.1584	1.44

중국의 현재 생태발자국은 1인당 1.6gha로 전 지구 공유 면적에 근접하고 있지만[107] 인구 증가와 함께 부유층의 증가로 빠른 속도로 높아지고 있습니다. 상하이의 생태발자국은 이미 1인당 4.7gha입니다.[108] 차량 소유 수준의 증가와 도시화가 자원에 대한 압박을 가하고 있습니다. 따라서 중국에서는 이러한 발전 방식이 자연환경을 파괴한다는 사실은 인식하고 도시 개발은 자원을 지금보다 더 재활용하고 재사용하는 폐쇄형 경제 형태로 개발되어야 한다는 새로운 패러다임을 가져야 합니다. 이미 식품과 석유 가격이 상승하여 경제에 심각한 인플레이션 압박을 가하고 있고 환경 관리 비용을 보수적으로 예측한다고 해도 총 GDP의 8-13%에 해당할 것으로 예상됩니다.[109]



2002년 상하이 생태발자국

상하이의 동탄 환경 도시 계획은 1인당 2.6gha의 생태발자국으로 도시 지역으로 이주하여 현대적인 삶을 살 수 있는 도시화 방법이 있다는 것을 보여 줍니다. 런던과 같은 형태로 1인당 1.44gha까지 추가로 감소할 수도 있을 것입니다.[110] 종합적으로 다른 곳에서 설명되어 있는 기존 도심 향상과 함께 중국은 2050년까지 전체 지구 공유 수치에 가깝게 도달할 수 있을 것입니다.



2050년 상하이 생태발자국

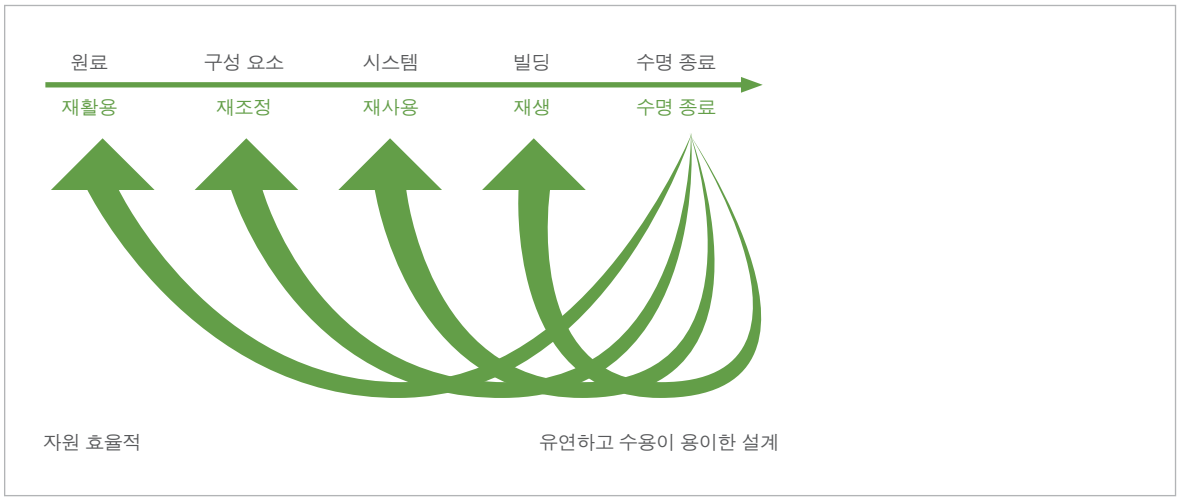
107 Word Wildlife Fund, Living Planet Report 2006, http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf

108 SEI and Arup Eco footprint research

109 The Economist, A large black cloud, (2008년 3월 21일).

110 중국의 모든 소비량은 중국에서 생산된 상품과 같은 영향을 미치는 것으로 간주함. 따라서 석탄 화력 발전소가 아닌 곳에서 생산된 전기(중국과 마찬가지로)로 가동된 공장에서 만든 수입품을 구매했을 경우 미치는 영향이 감소하면 점유 면적이 낮아질 수 있음. 그러므로 결과도 낮게 예측.

8. 친환경 시대 시작을 위한 전략 및 기술



실질적인 자연 친화성 [111]

생체 모방 원칙: 쓰레기를 자원으로 활용, 자재 절약 및 자원 감소 방지

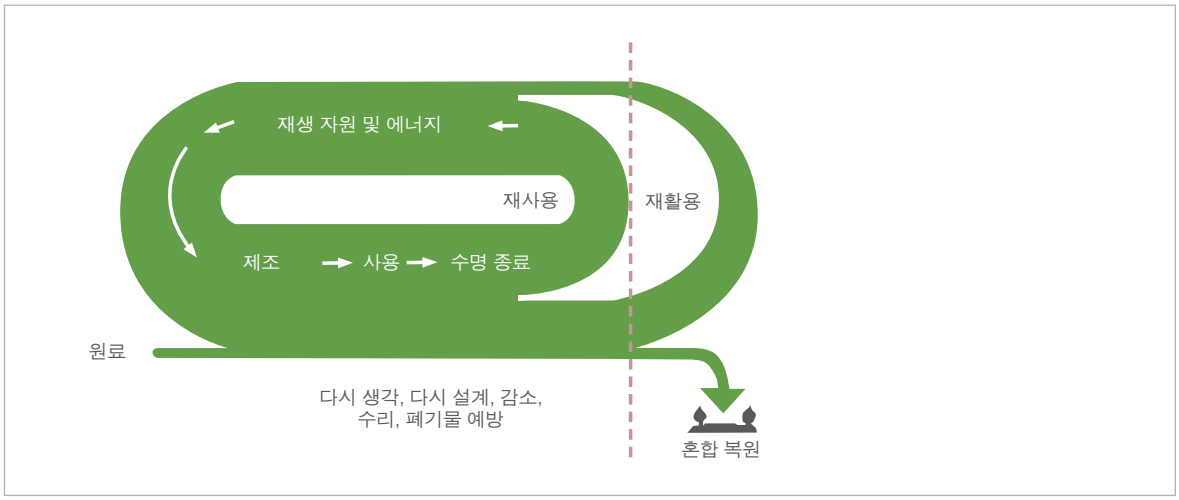
우리는 현재 세부적인 연구를 통해 재생되지 않는 주요 자원이 인위 개변 순환으로 흐른다는 것을 충분히 이해하기 시작했습니다.[112] 시간이 흐를수록 이 정보는 재사용 및 재활용할 수 있는 친환경적인 기회를 알려줄 것입니다. 오늘날의 기술은 매우 광범위한 자원을 이용하는 것에 의존하고 있습니다. 따라서 이런 자원이 처음 특별한 용도로 사용된 뒤 이를 재생하고 다시 사용할 수 있는 매우 뛰어난 엔지니어링 기술이 최소한 필요합니다.

재생할 수 없는 주요 자원 소비를 감소시키고, 대부분의 기존 자원의 되도록 현재 형태로 사용하고, 그것이 가능하지 않을 경우에는 새로운 제품으로 다시 제조하거나 사용 가능한 공급 원료로 다시 재활용하는 데 이런 접근 방식이 전제조 업계에서 필요합니다. 사용할 수 있는 자원을 많이 보유하고 있는 저소득 및 중간 소득 국가에게는 자원 구매 금융 흐름쪽으로 성장하는 부분을 연구 개발에 투자하여 산업 시대 시스템을 모방하지 않고 완전히 새로운 제품과 자재를 개발할 수 있는 기회가 있습니다. 예를 들면 밀짚이나 볏짚으로 뛰어난 성능을 가지고 가격 경쟁력이 있는 내연 건물 벽을 만들거나 건물 절연에 양털을 사용하는 기술이 존재합니다.

모든 제품은 수요가 있는 측과 교환을 통해 다시 사용되고 공급하는 측의 친환경 클러스터를 통해 마침내 다시 제조될 수 있는 확장된 주가를 가지도록 설계되어야 합니다. 재사용되거나, 재활용되거나, 퇴비화될 수 있는 포장재를 사용을 늘려 포장재 문제도 해결해야 할 것입니다.

111 Hillier, Graham. “Construction Products for a Sustainable Society”Sustainability - Steel and the Environment Conference. 2004년 11월 2일

112 Graedel, T.E. et al. Multilevel cycle of anthropogenic copper, Environmental Science & Technology, 38, 1242 – 1252 (2004) B. Reck, et al. Anthropogenic nickel cycle: Insights into use, trade, and recycling. Environmental Science & Technology, 42, 3394-3400, (2008).



자원 및 쓰레기 [113]

보증금 환불, 제조업체 제품 회수, 환경 마크 제도 및 건전지와 같이 환경 오염에 큰 영향으 미치는 제품에 대한 직접적인 규제와 같은 제도가 친환경 시대로의 이행에 도움을 줄 수 있습니다. WEEE Directive[114] 및 End of Life Vehicles Directive[115]는 이런 접근 방식을 독려하는 유럽 지역의 두 법적 제도입니다. 수명이 다한 장비를 새 제품이나 부품으로 전환하는 Xerox의 프로그램과 같이 실적을 가진 직접적인 기업용 모델도 있습니다.[116]

영국에서는 소비하는 펄프 및 종이의 70%를 수입합니다.[117] 잡지에 사용되는 그래픽 용지와 기타 높은 품질의 종이는 97% 수입되고 있고 이런 수요를 충족시키는 데 전 세계 산림 중 1백만 헥타아르의 면적이 필요합니다.[118] 생태 지역적으로 자연 친화적인 지역 종이 사용은 지역에서 생산된 원목이나 기타 바이오 생산체의 원 섬유를 20% 사용하여 사무 용지를 재활용하는 것에 중점을 둡니다. 지역에서 재활용되는 종이의 생태발자국은 수입되는 종이의 생태발자국보다 86% 낮을 것으로 예상되고 영국에는 이런 접근 방식에 충분한 산림과 기타 적절한 종이 원료 섬유가 있습니다.[119]

113 Arup, Drivers of Change: Waste, http://www.zerowaste.org/case.htm, (2008).

114 Environment Agency, Waste, Electrical and Electronic Equipment, http://www.environment-agency.gov.uk/business/1745440/444663/1106248/, (2007).

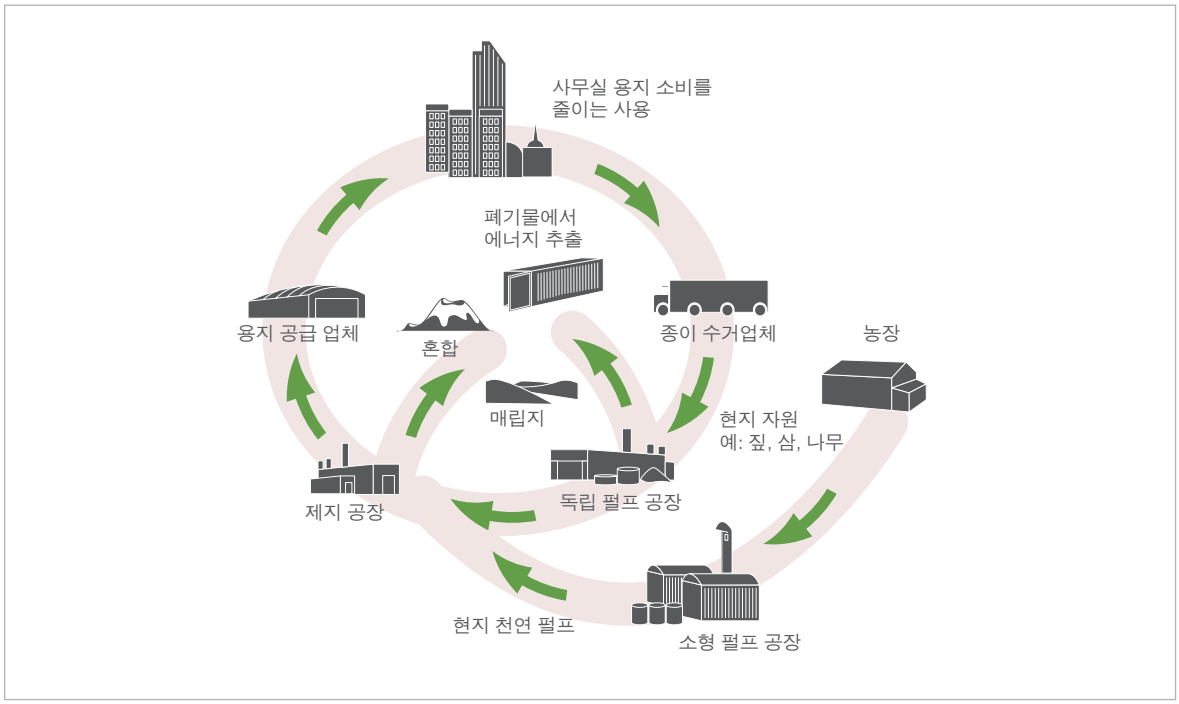
115 European Environment Commission, Waste: End of Life Vehicles, http://ec.europa.eu/environment/waste/elv_index.htm, (2008).

116 Linstead, C. and C. Gervais, and P. Elkins, Mass Balance: An Essential Tool for Understanding Resource Flows, London: Forum for the Future, (2007).

117 Environment Agency, landfill and waste regulation studies, 원문 출처:: http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/waste/?lang.

118 Environment Agency, landfill and waste regulation studies, 원문 출처: http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/waste/?lang.

119 BioRegional Solutions for Sustainability, Local Paper for London, http://www.bioregional.com/programme_projects/pap_fibres_prog/lp4london/lpaper_facts.htm, 2008.



종이 순환 [120]

세계 5대 고철 수입국인 영국의 고철 재활용 규모는 45억 파운드에 이릅니다. 이 업계에 종사하는 사람은 8,000명이 넘고 영국이 무역 균형을 이루는 데 기여하고 있습니다.[121] 경제적인 이익 이외에도 환경적인 이익을 부과적으로 얻을 수 있습니다. 2006년 영국에서 생산된 1390만 톤의 철강 중에서 480만 톤이 재활용된 철강에서 생산되었습니다.[122] 재활용된 철강을 사용하여 새로운 철강을 만들면 다음과 같은 감소 효과가 있습니다.

- 매년 2억 톤의 CO_2 배출량 감소
- 대기 오염 86% 감소
- 물 사용 40% 감소
- 수질 오염 76% 감소
- 쓰레기 매립 150만 톤 감소[123]

고소득 국가에서 채굴 금속이나 기타 광물을 기존 제품이나 인프라에서 재활용한다는 이런 개념은 생태발자국과 주요 자원 소비를 상당히 감소시킬 수 있습니다. 또한 주요 원자재의 채굴과 운송도 감소할 수 있습니다. 다음 원칙에 따라 영국의 주요 자원에 대한 총 소비가 상당히 감소할 수 있다고 예측되어 왔습니다.[124]

2050년 모든 제품의 원료는 80-100% 자연 친화적이어야 하고 규정에 의한 신임장과 환경 마크를 가지고 있어서 제품 생명 주기 동안 환경에 미치는 영향을 보여주어야 합니다.[125]

제조업체는 통합된 공급망 관리와 함께 산업 공생 원칙에 따라 군집을 이루어야 합니다. 이런 모델은 제품의 친환경 설계와 함께 제품의 수명을 늘리고 수요를 관리하여 전체 소비를 줄여 영국에서의 제품 생태발자국을 총 75%까지 줄일 수 있도록 합니다.[126]

120 BioRegional Solutions for Sustainability, Local Paper for London, http://www.bioregional.com/programme_projects/pap_fibres_prog/lp4london/lpaper_facts.htm, 2008.

121 British Metal Recycling Agency (BMRA), What is Metals Recycling, http://www.recyclemetals.org/whatis.php, (2008).

122 British Metal Recycling Agency (BMRA), What is Metals Recycling, http://www.recyclemetals.org/whatis.php, (2008).

123 British Metal Recycling Agency (BMRA), What is Metals Recycling, http://www.recyclemetals.org/whatis.php, (2008).

124 Word Wildlife Fund, One Planet Wales, (2007).

125 Word Wildlife Fund, One Planet Wales, (2007).

126 Word Wildlife Fund, One Planet Wales, (2007).

생체 모방 원칙: 다각화 및 협력

도시 및 도심을 계획하는 데 사용되는 토지는 다시 고려되어야 하고 2050년 지역 공간 전략 및 지역 개발 구조는 지구의 환경 제한 내에서 낮은 탄소 배출 생활에 특히 중점을 두어야 합니다.

이것은 토지를 한 가지 용도로 사용하는 데서 벗어나 사람들이 아주 근접하여 생활하고, 일하고, 배우고, 즐길 수 있도록 다양한 용도로 사용하는 방식으로 이동하고 있다는 것을 의미합니다. 또한 대중 교통의 인터체인지와 같은 도시 지역의 고밀도 토지 사용 지역이 생기게 되고, 더욱 다양한 교통 수단을 가지게 된다는 것도 의미합니다. 도심에서 자신의 차로 이동하지 않고 대중 교통을 이용하게 되면 에너지 소비가 줄어들게 되고 삶의 질은 높아지게 됩니다. 교외의 외곽 환상 대중 교통 경로가 소개되어 방사형의 경로와 함께 새로운 인터체인지를 만들 수 있으며 이런 인터체인지가 생기는 지역에는 고밀도의 혼합 사용 개발도 이루어 질 수 있습니다.

이런 접근 방법은 지역적으로 도보나 자전거 이용을 장려하게 될 것입니다. 낮은 밀도로 교외로 뻗어 나가기보다 도심과 도시에서 혼합 사용 밀도를 증가시키면 기존 노선이나 새로운 노선을 서로 연결할 때 유도 장치가 있는 버스나 트램과 같은 에너지 효율적이고 재생 가능한 에너지로 움직이는 대중 교통 시스템이 가능하게 됩니다.

이런 시스템이 오염 물질을 적게 발생하게 되면 고소득 국가의 국민들이 겪고 있는 건강 문제이 감소하고 방지할 수 있게 되고 건강에 투자되는 비용이 줄어들게 되어 경제적 이익도 부수적으로 얻을 수 있게 됩니다.

에너지, 물, 쓰레기를 관리하는 지역 공공 설비는 협업, 토지 공동 사용 및 자원 공동 사용이 가능하도록 통합되어야 합니다. 새 친환경 시스템을 갱신할 때에도 이 모델을 따라야 합니다. 자치 도시의 쓰레기와 하수 처리에서 나오는 침전물을 처리하는 쓰레기 혐기성 소화 공장에서 나오는 에너지가 일반적인 예입니다.

문화, 연령, 가족 그룹의 다양성은 커뮤니티 안에서 서로 '교환'되는 상호 지원 시스템을 통해 인간 개발을 크게 도울 수 있습니다. 이 모든 요인들은 교육을 받고, 여가를 즐기고, 공원을 이용하는 것과 인간 개발에 도움이 되는 작업을 포함한 밀집된 혼합 용도용으로 도시를 고품격으로 설계하는 데 필요합니다.

이 모든 개념이 고소득 및 중간 소득 국가에서 도시를 갱신하는 프로그램을 설계하는 데 반영될 수 있고 생태발자국을 낮추는 데 주요한 역할을 할 수 있습니다.

생체 모방 원칙: 효율적인 에너지 수집 및 사용

개요

시스템과 설비를 효율적으로 운영하고 중앙화되거나 지역화된 공급 사이에서 혼합된 공급에 적합하게 인프라를 관리하여 낮은 생태발자국으로 친환경적으로 개발할 수 있는 기회가 있습니다. 특히 공급 측면에서 화석 연료에 의존하지 않고 재생 에너지를 사용하는 것이 권장되고 있습니다.

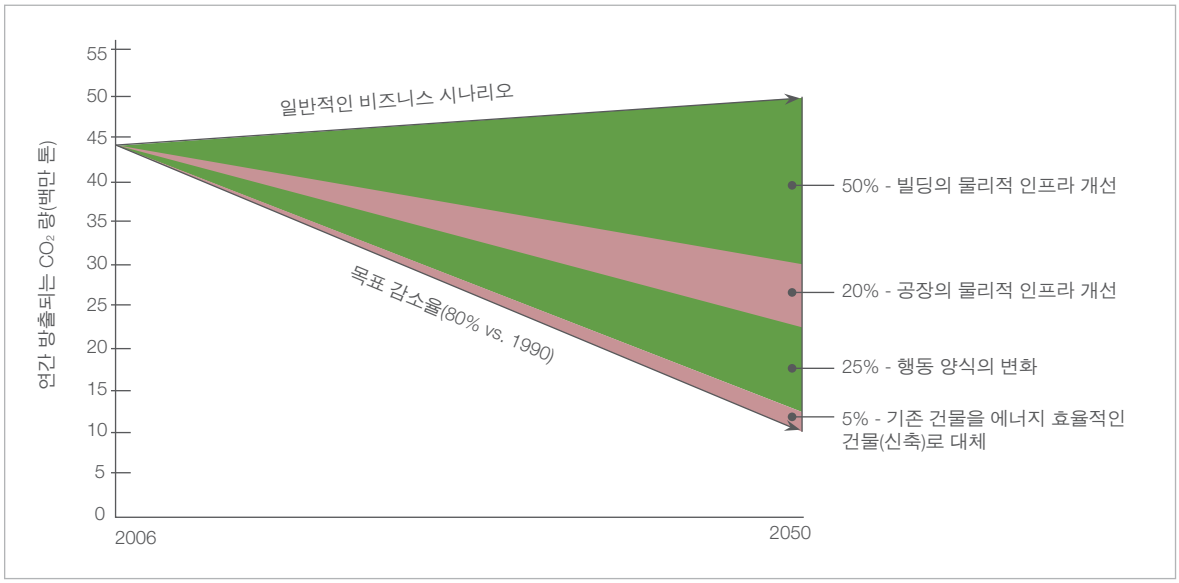
저소득 및 중간 소득 국가의 경우 매우 적은 비용을 빨리 투자하여 광패널을 설치하고, 쓰레기 설비의 지역 에너지를 사용하고, 태양 에너지를 이용한 관개 펌프를 사용하면 지금의 석유 가격에서 비싼 중앙화된 동력을 공급하는 것보다 지역 재생 에너지 자원을 사용하는 것이 멀리 떨어진 접근하기 힘든 곳에서 인간 개발하는 것이 훨씬 매력적이라는 것을 보여줍니다. 경제적인 전기 차량이 상용화된다면 이런 추세가 운송 수단에도 미치게 될 것이라고 가정하지 못할 이유가 없으며 이미 전기 자전거의 사용은 시작되고 있습니다. 여기에서 우리는 새로운 친환경 시대 모델이 대두되고 있다는 것을 볼 수 있습니다.

이런 모든 경우 태양, 바람, 파도, 조수에서 얻어지는 재생 가능한 에너지가 수집되는 곳에서 전지, 펌프로 끌어올린 물처럼 에너지를 저장할 수 있는 인프라에서 투자해야 할 필요성이 있게 되고 이런 인프라는 아직 덜 개발되었습니다. 에너지로 변환하여 수소 저장 시스템에 저장할 수 있지만 이 방법은 아직 상대적으로 처리 과정이 효율적이지 않습니다.

고소득 국가의 경우 탄소 배출 감소를 가속화할 수 있는 탄소 포획 기술에 초기 투자하여 2050년을 목표로 한 진보적인 투자 전환이 필요합니다. 경제가 발전하면서 에너지 의존적인 제품과 서비스에 대한 요구도 지속적으로 증가하게 되겠지만 공급, 사용, 인프라, 장비에서 얻어지는 효율성이 전체 에너지 수요에 대한 패러다임을 빠르게 변화시킬 수 있다고 인식되고 있습니다. 고소득 국가에 대해 이런 결론을 내리는 데 사용된 출저는 런던 기후 변화 실천 계획(London Climate Change Action Plan)[127] 및 옥스퍼드 대학 Environmental Change Institute의 저탄소 전략입니다.[128] 모두 기존 건물과 인프라에 대한 주요 인프라 갱신 프로그램은 런던 계획을 따르는 것으로 가정되었습니다.

127 Greater London Authority, Action Today to Protect Tomorrow: Mayor's Climate Change Action Plan, http://www.london.gov.uk/mayor/environment/climate-change/docs/ccap_fullreport.pdf, (2006년 2월).

128 Boardman, Brenda, Home Truths: A Low Carbon Strategy to Reduce UK Housing Emissions by 80% by 2050, University of Oxford's Environmental Change Institute, http://www.foe.co.uk/resource/reports/home_truths_summary.pdfCo-o, (2007년 11월).



영국 산업적, 영리적 요구: 탄소 배출량 80% 감소

산업적, 영리적 요구

저소득 및 중간 소득 국가들은 현재 태양과 바람에서 얻어지는 에너지를 모아서 난방과 냉방에 사용하고, 쓰레기와 바이오매스를 자원으로 사용하여 지역 열병합 발전하는 산업적, 영리적 개발을 하겠다는 목표를 세우고 있습니다. 또한 건물과 설비는 이전 산업 시대 모델보다 60-70% 에너지를 덜 사용하도록 설계될 수 있습니다.[129] 많은 다국적 기업들이 주요 에너지 공급을 통해 탄소를 배출하지 않는 창고와 같은 서비스 공장을 건설하고 있으며 이런 창고의 건설이 오히려 비용 효율적입니다.

중국의 경우 오염 물질 배출의 70%가 산업적인 제조 현장에서 발생하여 자원 밀도(소비된 에너지/GDP 단위)를 20%까지 향상시키는 주요 에너지 효율성 프로그램이 구현되고 있습니다.[130] 이 프로그램에는 오래된 공장을 폐쇄하고 에너지 효율적인 새 공장을 건설하는 것도 포함됩니다. 프로그램의 증가로 자원 공유라는 순환 경제 원칙을 따르도록 장려되고 있습니다.

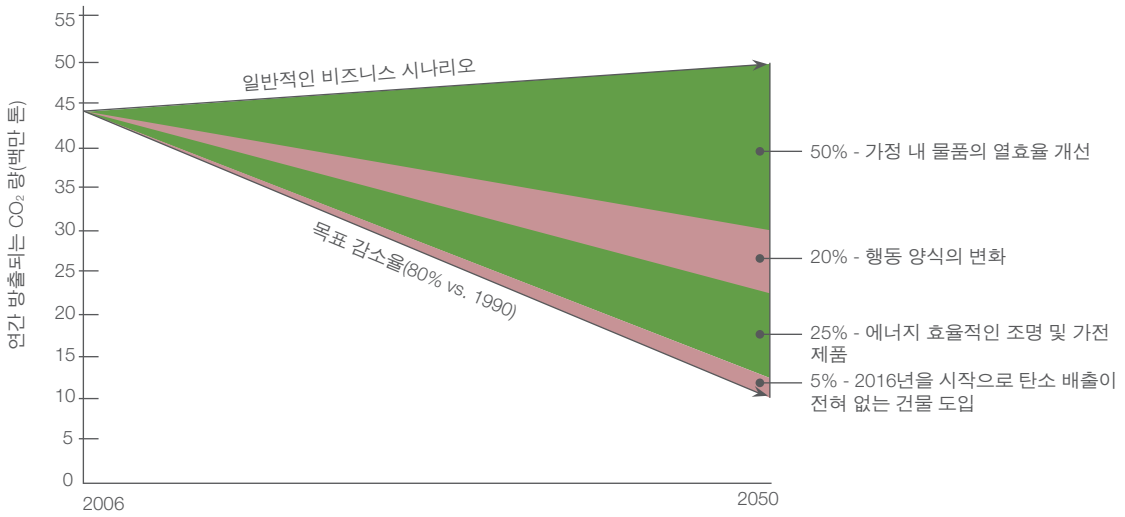
영국에서 요구되고 있는 탄소 배출 80% 감소는 다음과 같이 실현될 수 있습니다.

- 50%- 건물의 물리적인 인프라 향상
- 20%- 공장의 물리적인 인프라 향상
- 25%- 행동 변화
- 5%- 기존 설비를 대체하는 에너지 효율적인 (새로운) 설비 건설

구조나 지역 계획 규칙에서 허용한다면 오랜된 기존 공장을 없애거나, 건물 외관을 바꾸거나, 옥상에 층을 추가로 올리는 것과 같이 계속 근무하면서 건물의 층 수를 높이는 것과 같은 영리적으로 건물의 인프라를 갱신할 수도 있습니다.

129 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).

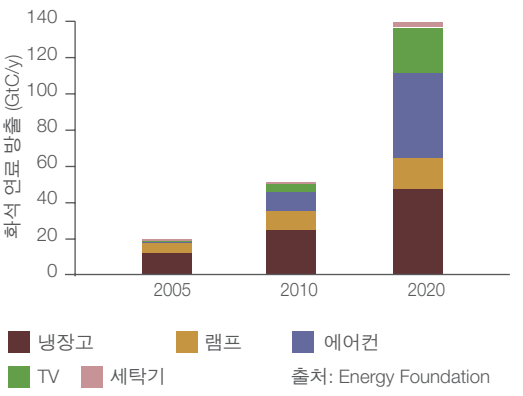
130 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).



영국 가정에서의 요구: 탄소 배출 80% 감소

가정에서의 요구

우리는 현재 발전소의 도움 없이 에너지를 소비하기보다는 생성하는 주택 인프라를 가질 수 있는 지역 전원 수집과 생성, 석유 가격 수준에 필요한 기술이라는 새로운 문을 지나고 있습니다. 이런 기술은 저소득 및 중간 소득 국가에 매력적입니다. 하나 빠진 요소는 커뮤니티 안에서 저렴하게 예비용으로 에너지를 저장할 수 있는 능력이며, 이것은 전지가 개발되면 곧 해결될 것으로 보입니다. 쓰레기 설비 및 2차 바이오매스를 사용하는 소규모 공장에서 발생되는 에너지도 이런 인프라를 구성하는 요소가 될 것입니다.



가전 표준의 에너지 절약 [131]

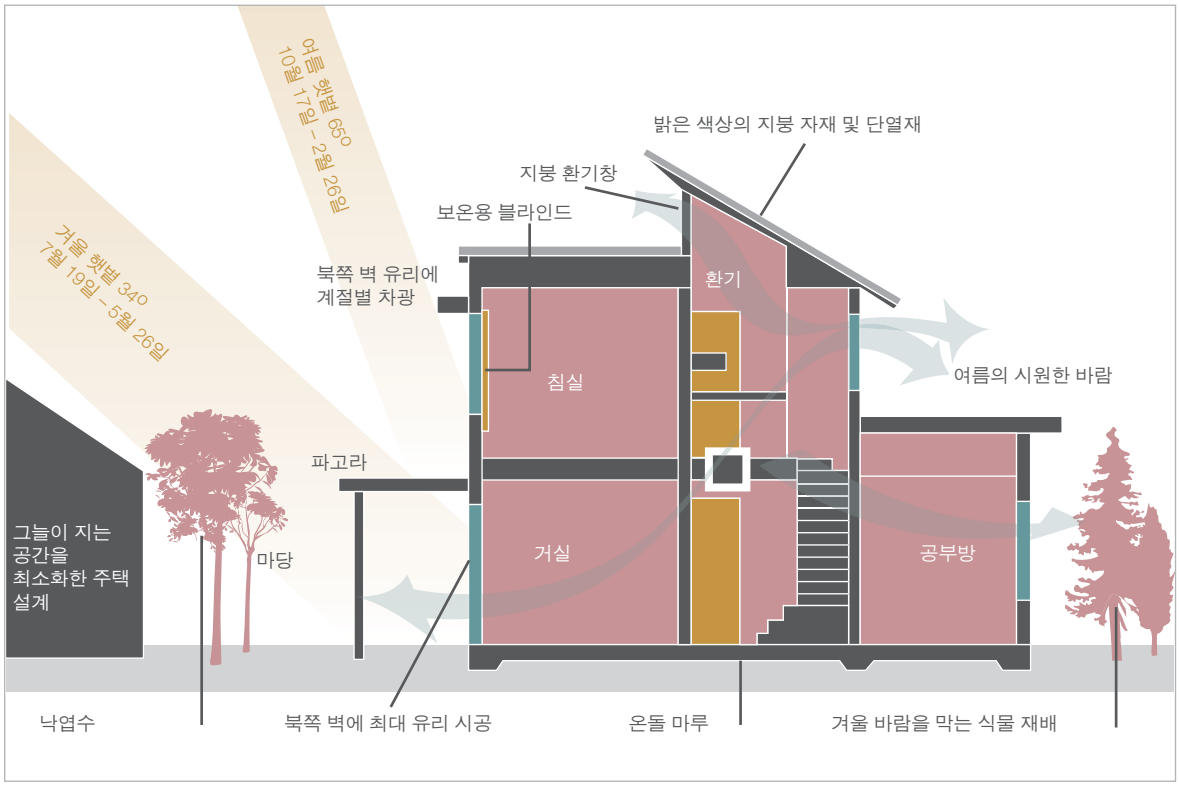
131 Design to Win: Philanthropy's role in the fight against Climate Change,California Environmental Associates (2007년 8월).

영국의 탄소 배출 80% 감소는 다음과 같이 실현될 수 있습니다.

- 50%: 주택의 열 효율성 향성
- 20%: 행동 변화
- 25%: 에너지 효율성이 높은 조명 및 가전 사용
- 5%: 2016년 시행되는 새로운 탄소 무배출 건축

중국에서 전력망이 있는 곳의 경우 에너지 무료 공급 법률이 대규모 주택 개발에서 지역 CHP, PV, 쓰레기나 바람을 이용하여 에너지 생성할 수 있는 설비를 건설하는 데 매력적인 역할을 하고 있습니다. 이런 주택은 에너지 요구를 낮추도록 설계될 수 있고 규모의 경제가 시작되면 매력적인 가격으로 건설될 수 있습니다. 중국 가전 제품 표준은 전기에 대한 국가 거주 수요를 10% 삭감할 것이고 36개 대형 화력 발전소(1,000MW) 건설을 미연에 방지할 것입니다.[132]

132 China White Paper on Energy: China Energy Conditions and Policies, (2007) 원문 출처: http://www.10thnpc.org.cn/english/environment/236955.htm#0.



친환경 주택 133

소유권은 분산되어 있고 품질이 각각 달라서 실질적으로 빨리 처리할 수 있는 부분은 거리 개조라는 지역 프로그램을 통한 것이며 동시에 에너지, 쓰레기 관리, 통신, 접근 용이성, 녹색 공간과 같은 여러 다른 인프라 문제를 해결하면서 기존 주택 환경을 향상시키는 것은 고소득 국가에게 매우 어려운 도전 과제입니다. 이 문제는 개인 가정에 규모의 경제를 가져오게 될 것입니다. 절연, 효율적인 온수, 에너지 효율이 높은 가전 제품 및 조명 사용과 같은 방법은 대부분의 가정에 투자 비용을 빨리 회복할 정도의 이익을 주는 것으로 나타냈습니다. 공급 측면에서의 향상은 지역 지원과 기존 공급 효율성을 최적해야 하고 지역에 따라 다르게 적용되어야 할 것입니다.

133 World Business Council for Sustainable Development, Policy Directions to 2050, http://www.wbcsd.org/DocRoot/bdA09BFxjVkjEeXJKjle/int_low_res.pdf, (2007).

시내 및 도시 내 지상 운송 수단

도시 지역에서 개인 차량의 석유 및 디젤유의 사용을 근본적으로 줄이는 것은 변화를 가져다 주는 주요 요인이 될 것이고 건강과 대기 수준이 향상되는 부수적인 효과도 얻을 수 있게 됩니다. 개인, 대중 교통, 제품 운송 차량에 전지 및 수소 전지를 사용하는 것은 천연 가스나 기타 자원에서 추출되는 수소 원료의 제품을 사용하게 되는 것을 의미합니다.

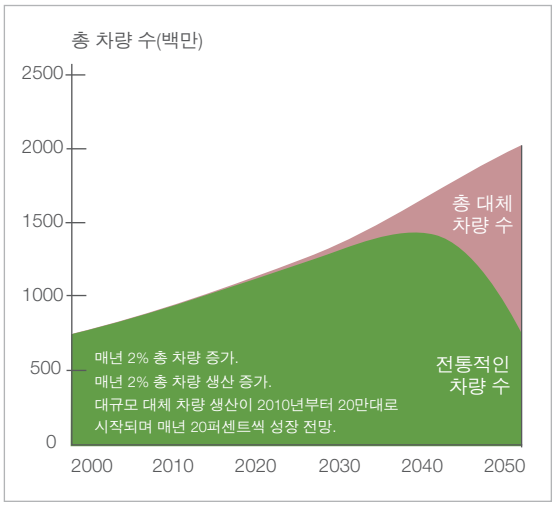
134

자동차 클럽은 사람들이 차량이 필요할 때 해당 차량을 자신들이 필요할 때 고용할 수 있게 하고 이런 차량의 대부분은 오염 물질을 배출하지 않거나 적게 배출하게 됩니다. 자동차 클럽 이용이 런던과 같은 많은 도시에서 증가하고 있습니다. 연구에 따르면 사용자들이 클럽에 가입한 뒤 64% 운행 거리가 줄었고 각 클럽 차량은 평균적으로 개인 소유의 차량 20대를 대처한 것으로 나타났습니다.[135] 제품 운송의 경우 도시의 집하 센터를 이용하는 것이 운송과 에너지 효율성을 향상시킬 것입니다.

134 © Daisuke Tofuku in Drivers of Change: Urbanisation, Arup (2008).

135 Transport for London information on motor vehicle usage and ownership, http://www.tfl.gov.uk/tfl/search/?keywords=car%20drivers%20research&direction=next&filter=1&restrict=&lastResult=10, accessed (2008).

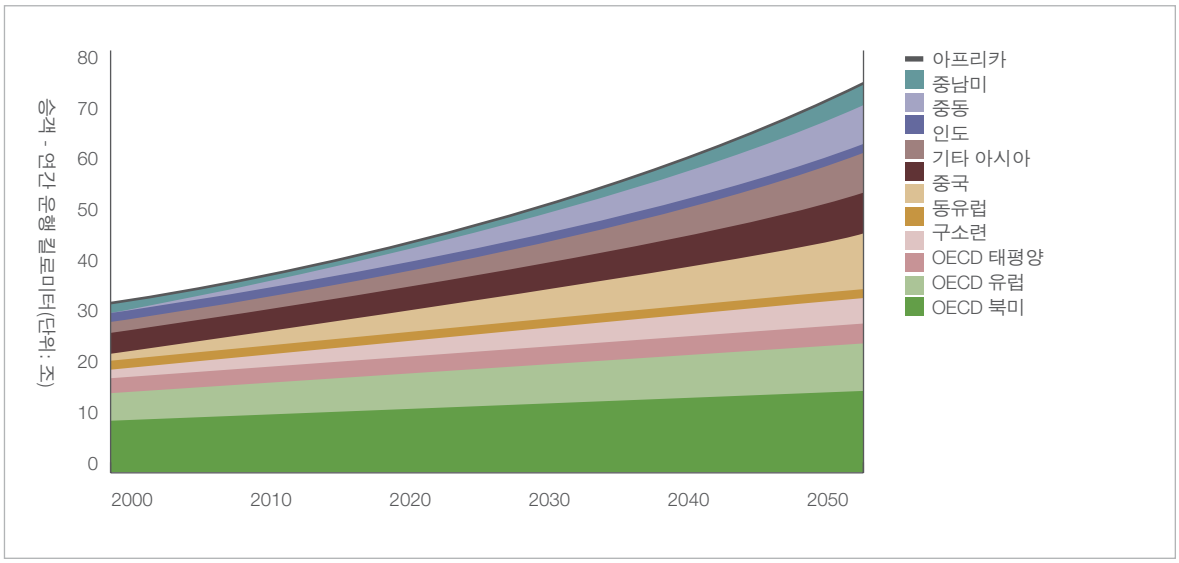
대중 교통 수단에 대한 투자는 도시 밀도, 철도, 지하철, 버스, 트램 및 더 나은 정보 시스템의 증가의 도움을 받아 효율적인 대중 교통 수단으로 보다 쉽게 이동할 수 있도록 합니다. 전용 도로를 이용하는 상대적으로 비용이 저렴한 버스 시스템의 경우 큐리티바와 같은 곳에서 매우 성공적이었습니다.[137] 선정된 도로의 폐쇄는 직장, 학교, 상점 및 공공 서비스 기관에 갈 대 도보나 자전거를 타도록 유도할 것입니다.



효율적인 에너지 수집 및 사용 138

137 Modes for Rapid Transport, Race, Poverty & the Environment; Curitiba's Bus System, 원문 출처: http://www.urbanhabitat.org/node/344 (2007).

138 World Business Council for Sustainable Development, Facts and Trends to 2050: Energy and Climate Change, http://www.wbcsd.org/DocRoot/FjSOTYajhk3cIRxCbijT/Basic-Facts-Trends-2050.pdf, (2004).



지역별 운송 수단 활동 136

136 Design to Win: Philanthropy's role in the fight against Climate Change,California Environmental Associates (2007년 8월).

1990년 32개 도시 교통 수단별 연료 효율성 및 수송 능력		
교통 수단	**평균 연료 효율성** 승객당 MJ-km	**평균 차량 수송 능력** 수송 인원 수
자동차	2.91	1.52
버스	1.56	13.83
무거운 기차(전기)	0.44	30.96
무거운 기차(디젤)	0.44	27.97
가벼운 기차/트램	0.79	29.73

1990년 32개 도시 교통 수단별 연료 효율성 및 수송 능력 [139]

위의 표에는 교통 수단별 연료/에너지 효율성과 평균 수송 능력이 나와 있으며, 이 표에서 수송 능력이 1.5인 자동차보다 도시 전기 지하철의 에너지 효율성이 7배 크다는 것을 알 수 있습니다.

큐리티바의 버스도 이와 같이 효율성이 좋고 앞으로 재생될 수 있는 에너지 연료 자원으로 모두 운행될 수 있을 것입니다.

이런 조합은 생태발자국은 적정한 수준으로 유지할 수 있지만 도로와 차량 연료 시스템을 포함한 고소득 국가에서의 기존 도시 운송 인프라를 친환경적으로 변화하는 것이 요구될 수 있습니다. 자동차 의존율과 운송 에너지 소비율이 매우 높은 미국의 경우 이런 요구와 함께 교외 개발에 대한 요구는 매우 큰 도전 과제입니다. 로스앤젤레스는 도심에서 저밀도의 단일 사용을 고밀도 혼합 사용으로 대체하는 노력을 진행하고 있고 이것은 영리적으로 성공적이라는 것이 증명되고 있습니다. 도시 지역의 주요 무료 간선 도로를 제거하는 것은 유용한 개발 토지를 해방시키고, 막대한 관리 부담을 없애며, 대중 교통 수단을 건설할 수 있는 기금을 제공합니다. 밴쿠버는 무료 간선 도로 없이도 도시가 잘 운영될 수 있다는 것을 보여 주는 대표적인 도시입니다. 밴쿠버는 세계에서 가장 살고 싶은 도시 중 한 곳이며 상대적으로 탄소 배출량이 낮습니다. 교외를 확대되는 것보다 도시 내 높은 삶의 수준을 제공하는 고밀도 개발이 현재 진행 중입니다.

139 Newman, Peter and Jeff Kenworthy, Greening Urban Transportation: State of the World 2007, Worldwatch Institute (Eds.) New York, W.W. Norton & Company, (2007).

도시 지역에서 제품 운송에 소비되는 에너지는 도시 철도나 일반 철도를 이용하여 도달할 수 있는 도시 경계 주위의 집하 센터를 이용하여 최소화할 수 있습니다. 이런 센터에서 운송하면 오염 물질을 발생시키지 않는 운송 수단으로 조직적으로 제품을 운송할 수 있어서 운송 거리와 교통 체증을 최소화할 수 있습니다. 연구 결과에 따르면 현재 고소득 국가 모델에 비해 에너지가 70% 감소하는 것을 알 수 있습니다.[140] 운송 신뢰도도 향상됩니다.

시내 및 도시 사이 지상 운송 수단

도시 내 이동의 에너지 효율성은 고속 도시 철도 운송 네트워크(궁극적으로 재생 에너지 사용), 도로에서 버스 및 동승 차량에 우선 순위 주기, 정보 및 교통 관리 시스템 향상, 차량 및 연료 기술 향상이 함께 이루어져야 얻어질 수 있습니다. 이제 유럽에서는 유용한 고속 철도 네트워크가 구축되어 최대 600km 떨어진 곳을 이동할 때 항공보다 철도가 더욱 매력적일 수 있다는 사실을 이미 알고 있습니다. 고속 철도가 철도 사용자에게 소개되었을 때 300km 거리의 파리와 브레셀 구간은 이용객이 두 배 증가하였고 항공을 이용한 이동은 무시해도 좋을 수준으로 떨어졌습니다. 이런 현상은 일본에서도 나타났습니다. 고속 철도에 대한 투자에는 도시 외곽 집하 센터와 직접 연관된 철도 화물 운송 능력도 포함되어야 합니다. 생태발자국을 감소할 수 있는 분야이지만 장거리 승객과 화물에 대해 경쟁력 있는 가격을 제공할 수 있는 재생 가능 연료가 기차에 공급될 때까지는 생태발자국 감소가 어려울 수 있습니다. 하지만 2050년에는 가능해 질 수 있습니다.

140 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).

항공 여행

여가를 즐기기 위한 항공 이용이 증가하면서 영국 공항에서 항공을 이용하여 여행을 떠나는 수치는 여전히 증가하고 있습니다. 기술의 변화 없이 이런 수준의 사용이 지속되면 항공 여행으로 인한 오염 배출물이 2050년에는 온실 효과를 일으키는 가스 배출에서 단일 요인으로는 가장 큰 비중을 차지하게 될 것입니다.[141]

따라서 무엇보다도 가장 먼저 도전해야 할 생태발자국 감소 분야입니다. 앞에서 언급한 것처럼 영국 전 지역을 연결하고 히드로와 샤를 드 드골 공항과 같은 공항을 연결하는 광범위한 유럽 고속 철도망을 건설하는 것과 2050년까지 비행기 연료로 사용할 수 있는 재생 가능 자원을 찾는 것이 매우 중요합니다.

여기에서 얻을 수 있는 교훈은 저소득 및 중간 소득 국가에서 새로운 공항을 건설할 때는 국제적이나 지역적으로 600km 이상 떨어진 곳으로 고려해야 하고 각 공항은 고속 철도와 연결되고 대중 교통 체계로 주변 도시에 쉽게 갈 수 있어야 한다는 것입니다. 또한 고속 철도에 대한 투자 우선 순위를 도로 건설에 대한 투자와 동일하게 두어야 합니다. 미국의 주요 도전 과제는 이와 같은 원칙에 따라 서로 600km 이내 거리의 도심을 연결하고 공항을 통과하도록 고속 철도망을 구축하는 것을 고려해야 한다는 것입니다.

141 Hickman, Martin, Cheap Flights threaten UK target for carbon emissions, The Independent, http://www.independent.co.uk/environment/cheap-flights-threaten-uk-targets-for-carbon-emissions-524879.html, (2006년 1월 28일).

전기 및 에너지 공급

저소득 및 중간 소득 국가에서는 주요 에너지 자원으로 자신들의 화석 연료, 우라늄, 천연 재생 가능 자원을 우선적으로 사용해야 할 것입니다. 이후에 소개될 탄소 포착이나 재활용 기술의 도입으로 자국 자원의 우선적 사용은 가능할 수 있습니다. 특히 석탄의 경우 이 책에서 권장하는 내용을 따르다면 탄소 배출량의 증가 없이 사용할 수 있습니다. 그런 다음 지역 열, 전원망 병합, 국가 차원의 전원 공급망으로 이런 자원을 효율적으로 배분하고 수소 전지와 같은 에너지 저장 장치로 이동하는 등에 우선 순위가 매겨지게 됩니다. 이제 우리는 이런 시스템의 모든 분야가 잘 구축되면 효율성이 놀랍게 향상될 수 있고 목표로 삼은 낮은 생태발자국을 현실적으로 달성할 수 있다는 것을 알고 있습니다.

142

많은 재생 가능한 동력 자원이 이제 공급망이 구축되지 않은 곳에서도 지역 화석 연료와 비교할 때 매력적인 가격으로 제공되고 있습니다. 사막 지역에서 수집된 태양열 발전은 스페인과 아리조나에서 진행된 최근 프로젝트에서 알 수 있는 것과 같이 많은 국가에 친환경 적인 주요 전원을 공급할 수 있고 이것은 분매망 투자에 대한 정당한 이유가 될 수 있습니다. 미국 캘리포니아 주에 본사를 둔 PG&E는 태양열로 900MW를 발생시키는 네 플랜트와 단독 계약을 맺었습니다.[143] 미국은 남서부에서만 650,000평방 킬로미터 이르는 광대한 태양 자원을 가지게 된 것입니다. 바람, 바이오매스 및 지열 전력과 함께 121평방 킬로미터에 불과한 면적의 태양력 발전소 설치로 $4000억 달러를 해외 석유 수입에 투자하는 미국의 석유 의존도를 끝낼 수 있다고 예측됩니다.[144] 또한 온실 효과 가스 배출도 감소될 수 있습니다.

142 출처: Shot in the Dark

143 TMC Net, eSolar and Southern California Edison to Produce 245MW of Solar Power, http://callcenterinfo.tmcnet.com/news/2008/06/03/3477818.htm, (2008년 6월 3일).

144 Zweibel, Ken; and James Mason; and Vasilis Fthenakis, A Solar Grand Plan, Scientific American, (2007년 12월 16일).

화석 연료 및 원자력 시설망이 있는 곳에서는 지역에서 사용할 수 있는 연료와 점차 화석 연료를 대체하는 재생 가능 연료를 동력원으로 하는 지역 열병합 망과 함께 중앙에서 발전하는 방식으로의 변화가 증가하고 있는 것을 보게 될 것입니다. 변화 속도는 국가 및 지역 정책의 영향을 받을 수 있습니다. 영국의 예를 보기로 하겠습니다.

영국에서 인프라를 위한 공급은 다음을 혼합 사용하는 전원 시설망에서 나옵니다. [145]

- 가스 38%
- 석유 35%
- 석탄 16%
- 원자력 9%
- 재생 가능 자원 2%
- 주로 가스에서 발생하는 열

영국 에너지국은 2020년까지 주로 해안 바람을 이용한 재생 가능 자원 비율을 20%로 높일 수 있을 것으로 파악하고 있으며 이는 원자력 발전소를 대체하고 깨끗한 석탄 발전 사용으로의 이행을 의미합니다. 영국은 석유 및 가스의 자급자족율이 거의 0에 가까우므로 에너지 공급 안정 또한 해결해야 할 주요 문제입니다.

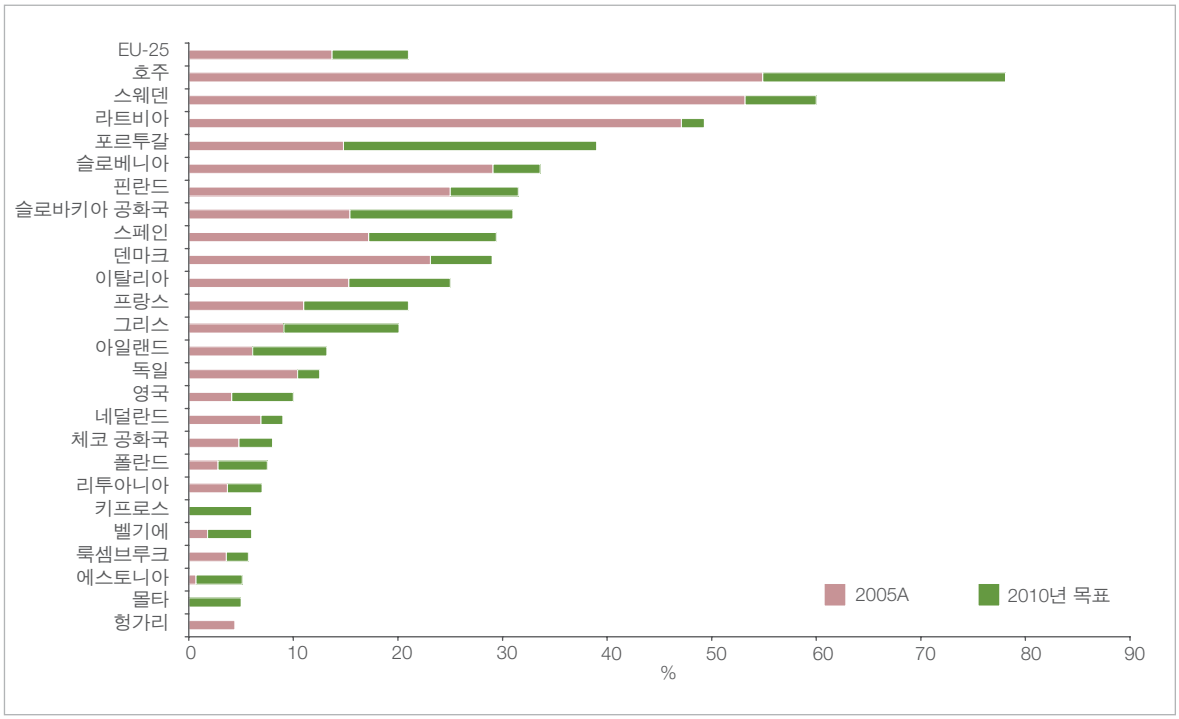
따라서 연료가 경제적인 가격으로 제공되는 한 원자력은 최소한 현재 전원 공급에서 차지하는 비율로 공급이 유지될 수 있습니다.

145 UK Energy Research Centre: Energy Infrastructure and Supply, 원문 출처:, http://www.ukerc.ac.uk/ResearchProgrammes/EnergyInfrastructureandSupply/EnergyInfrastructureAndSupply.aspx.

중앙집중식 발전 및 배포는 실제로 사용자에게 전달될 수 있는 전원이 생산된 양의 10%에 불과하여 효율적이지 않습니다. 발전소의 효율성을 향상시킬 프로그램이 준비 중이며 도심과 도시에 분산형 열병합 설비가 도입될 예정입니다. 이런 설비는 가스, 쓰레기 자재, 지역 자원의 바이오매스를 연료로 사용하고 지열 히트 펌프를 결합한 연합 열병합 발전소의 형태를 띨 수 있습니다. 이런 연료 자원은 도시에서 공급될 수 있는 것이어서 에너지에서 배출되는 량이 50% 줄어들 것으로 예상됩니다.[146]

2020년뿐 아니라 최고 2050년까지 석유과 가스 공급이 줄어들어 가격은 계속 오를 수 있습니다. 따라서 영국은 이런 자원 이외에 친환경적이면서 난방과 전원을 제공할 수 있는 미래 연료를 찾고 있습니다.

146 Greater London Authority, Action Today to Protect Tomorrow: Mayor's Climate Change Action Plan, http://www.london.gov.uk/mayor/environment/climate-change/docs/ccap_fullreport.pdf, (2007년 2월).



EU 25개국 2010년 재생 가능 에너지 목표 [147]

위의 그래프는 유럽 25개국의 2020년 재생 가능 에너지 목표를 나타낸 것입니다.

가장 낙관적인 예측을 하고 있는 곳은 영국으로 바람, 조수, 파도, 태양, 바이오매스 자원에서 재생 가능한 에너지를 100% 공급할 수 있고 수요가 매우 줄어든다면 100% 이상 공급이 가능할 것으로 예측하고 있습니다.[148] 하지만 보다 실현 가능성이 있는 영리적인 솔루션은 사하라의 태양 발전, 풍력 발전, 바다의 조력 발전, 알프스와 스칸디나비아의 수력 발전을 결합하여 재생 가능한 유럽 전원 시설망을 구축하는 것일 것입니다. 시설망은 지하 고압 직류 송전 시스템을 사용하여 건설될 것입니다. 이런 저탄소 자연 친화적 환경의 유럽을 만들려면 사하라 사막에서 집중 태양열 발전소(CSP)의 전력을 이용해야 하는 것이 중요하며 이것이 바로 알제리 정부에서 이미 추구하고 있는 방향입니다. 현재 수요보다 훨씬 높은 수준으로 재생 가능 에너지를 공급할 수 있는 능력 가져야 할 수 있으며 도시 지역 내 난방과 전력을 공급하는 CHP와 저탄소 전기로 움직이는 운송 수단과 함께 영국과 유럽의 낮은 생태발자국 에너지 구성 요소를 위한 솔루션의 마지막 부분이 될 수 있습니다.

재생 가능 자원에서 추출된 수소도 운송 수단에 필요한 연료 역할을 할 수 있고 재생 가능 에너지에 대한 강력한 매개체 역할을 할 수도 있습니다. 여기에는 이미 도시 주위에 연료 발전소를 건설하여 산업 폐기물을 활용하는 상하이와 같이 새로운 공급 인프라가 요구될 수 있습니다.

147 Lehman Brothers, Wind Energy (2007년 4월 18일).

148 Helweg-Larsen, Tim and Jamie Bull, ZeroCarbonBritian, Centre for Alternative Technology, http://www.zerocarbonbritain.com/images/zerocarbonbritain.pdf, (2007).

생체 모방 원칙: 최대화가 아닌 최적화, 다양한 정보 수집

이 절에서 나오는 대부분의 전략과 기술은 우리가 의존하고 있는 복잡한 시스템을 통합 분석하여 나온 결과입니다. 일반적으로 현대 개인의 의욕은 최소를 사용하여 원하는 결과를 얻기보다는 자원을 최대한 소비하여 확대됩니다.

생태발자국 감소를 빨리 달성하려면 소비자에게 낮은 생태발자국을 유지하면서 자신의 일상 생활을 최대한 편안하게 최적화할 수 있는 형태로 정보를 제공해야 합니다.

저소득 및 중간 소득 국가에서 초고속 광대역 네트워크를 설치하는 것이 빠르게 친환경적인 개발을 진행할 수 있는 가장 강력한 방법 중 하나인 것으로 보입니다. 사용자의 핸드폰을 포함한 모든 시스템이 태양 에너지로 구동될 수 있습니다.

이것을 가능하게 하는 기술이 이미 존재하기는 하지만 서비스가 가능한 지역이 아직은 거의 없고 지금 투자가 필요합니다. 예를 들어 대중 교통 수단에 대한 최적화된 실시간 여행 계획은 누군가가 주어진 시간 안에 도시 내의 어떤 지점으로 가기를 요청하고 버스와 기차가 계획에 따라 실시간으로 운행된다는 가정 하에 대중 교통 수단을 안전하고 편리하게 사용할 수 있게 되는 것으로 현실화됩니다. 운영자는 승객에게 고장 시점에 대해 안내할 수 있는 이점을 가지고 의견은 서비스 교환을 향상시킬 수 있습니다. 정보를 휴대 장치나 서비스 지역 내의 공중 전화 박스에서 받을 수 있습니다.

주변 지역과 함께 소비자의 행동을 비교하거나 단순히 계량화된 사용만 표시하는 에너지와 물 사용에 대한 피드백은 행동 변화를 알 수 있는 또 다른 좋은 방법이라는 것이 밝혀졌습니다.

또 다른 예로 제품에 신임장과 환경 마크를 넣으면 소비자들이 제품의 품질과 생태발자국에 대한 영향력을 빨리 파악할 수 있습니다. 지역적으로 서비스되는 인트라넷은 사람들이 지역에서 제품과 서비스를 찾는 데 도움을 주고 낮는 비용으로 인간 개발을 가속화할 수 있습니다.

회사 간의 의견 교환과 대화는 자원을 공유하는 데 있어서 특히 중요한 역할을 합니다. 쓰레기 교환 시스템도 한 회사에서는 쓰레기이지만 다른 회사에서는 자원이 될 수 있어서 급속도로 성장하고 있습니다.

따라서 광대역 정보 서비스 인프라가 미래에 생태발자국이 낮아지도록 하는 데 필수적인 역할을 합니다.

생체 모방 원칙: 오염이 아닌 정화

쓰레기를 자원으로 사용하면서 공기, 물, 토지를 오염시키지 않는 선순환이 존재합니다. 친환경 경제학 접근 방식에서는 오염으로 인한 생태 시스템의 자정 능력 고갈이 주요한 경제적 위협이 되고 경제적이지 않은 모델로 개발을 추진하도록 할 수 있다는 사실을 보여줍니다. 유럽 법률은 이런 부분에서 변화를 이끌어 내는 데 효율적이었지만 하수와 오물의 재활용 부분은 아직 뒤떨어져 있으며 이런 하수와 오물은 아직도 영국 수질을 떨어뜨리고 있습니다. 물은 2차 처리로 금속 오염이 해결하고 병원균이 죽게 된다면 혐기성 소화 물질도 정화될 수 있고, 에너지와 유용한 퇴비를 제공할 수 있습니다.

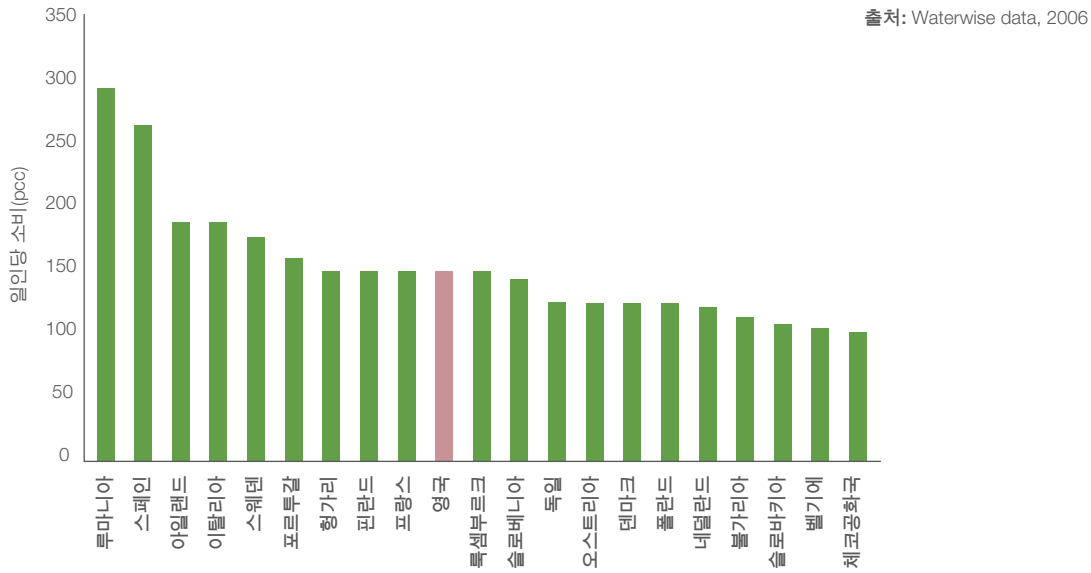
화장실을 분리하는 건축 시스템을 처음 만들고 있는 저소득 및 중간 소득 국가들은 변기의 대변은 혐기성 소화로 처리하고 소변은 처리를 거쳐 영양소가 추출되도록 시스템을 구축해야 합니다. 이런 방식을 채택하면 처리 비용과 수질 관리 비용이 상당히 줄어들 수 있습니다. 강우는 하수와 따로 처리해야 합니다. 기후의 변화로 지표에 흐르는 빗물의 양이 많아지면 하수를 방출하지 않은 상태에서는 처리하기 매우 힘들기 때문입니다.

물은 관개나 2차 용도로 지역적으로 재활용될 수 있습니다. 물이 안전하게 재생된다고 가정할 경우 퇴비가 식량 생산에 필요한 비료의 양을 줄일 수도 있습니다. 모든 국가에서 물에 대한 인프라 투자를 해야 합니다.

물 포착 및 하수 재활용 시스템을 주택에 적용하면 가정에서 소비하는 물의 30%를 절약할[149] 수 있고, 지표에 흐르는 빗물의 양을 줄일 수 있으며, 에너지 소비를 줄일 수 있어서 또 하나의 선순환이 가능해 집니다. 투과성이 있게 길을 포장하여 대수층에 물이 보충되도록 하고 빗물이 지표로 흘러 내려 유실되는 비율을 낮춥니다.

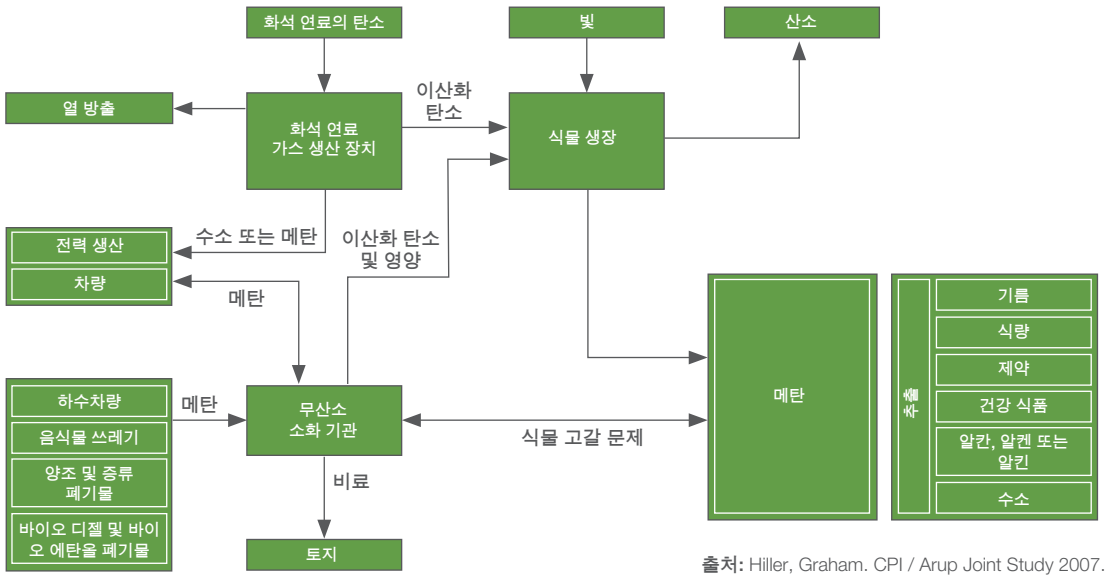
149 Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).

미래의 물 활용 주택



오염이 아닌 정화 150

150 Department for Environment, Food and Foreign Affairs, Future Water; The Governments Strategy for water in England, 원문 출처: http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf.



출처: Hiller, Graham. CPI / Arup Joint Study 2007.

짧은 탄소 주기 시스템의 주요 요소

생체 모방 원칙: 생태계와 조화 유지

앞에서 다루지 않은 문제 중 하나는 화력 발전소에서의 탄소 배출량 감소입니다. 재생 가능 에너지 시설망으로 완전히 대체되기 전까지는 화력 발전소를 이용해야 하므로 중요한 문제입니다. 이 문제를 해결할 수 있는 것으로 증명된 두 가지 기술은 다음과 같습니다. SICC(Shortened Integrated Carbon Cycle, 통합 탄소 주기 단축) 및 조류 및 식물 급속 성장

통합 탄소 주기 단축(SICC)

탄소 포착 및 저장은 선호되는 방법인 지하 저장과 함께 개발 중인 방법입니다. 하지만 필요한 크기의 저장소를 찾는 것은 쉽지 않습니다. 아직 개발 초기 단계이기는 하지만 통합 탄소 주기 단축(SICC)에서 탄소 주기를 폐쇄하는 것이 보다 친환경적인 방법입니다. 이 방법은 이행 기간이 우리가 태양과 매일 사용하는 소모품에서 파생된 현재 에너지 자원에 완전히 의존하여 살아야 하기 전에 화석 연료를 사용한 기간보다 오래 걸릴 수 있으며 보다 자세한 설명은 Arup에서 의뢰한 연구에서 확인할 수 있습니다.

이산화탄소는 오염 가스에서 정화되고 분리되어 다양한 조류가 빠르게 성장하여 탄소를 흡수하고 산소와 경우에 따라 수소를 배출할 수 있도록 하는 밝고, 영양이 풍부한 바다물로 이루어진 생물 반응기를 통과합니다. 생존력을 보기 위해 작은 파일럿 발전소가 만들어졌습니다. 처음 설치된 발전소가 MIT의 20메가와트 열병합 발전소입니다.[151] 발전소 꼭대기에는 조류와 물이 함께 들어있는 투명한 삼각형 파이프가 3미터 높이에 30개 설치되었습니다. 발전소의 오염 가스를 조류와 물이 혼합된 튜브에 통과시킨 결과 낮 시간 동안 맑은 날에는 CO_2 배출량이 82%, 흐린 날에는 50% 감소했고 산화질소는 25시간 기준 85%가 감소했습니다. 조류는 광생물 반응기에서 성장합니다. 현재 시연 장치는 넓은 장소에서 높은 조류 생산율을 얻을 수 있도록 태양광을 충분히 포착할 수 있는 광 파이프를 사용하지만 조류가 자랄수록 태양광 투과율이 떨어집니다. 이론적으로는 조류 밀도가 84g/l까지 높아질 수 있지만 조류가 자랄수록 태양광 투과율이 낮아져서 3g/l-15g/l이 일반적입니다.[152] 반응기 설계는 조류가 더욱 많이 증가하도록 하는 데 매우 중요한 역할을 합니다. 조류 밀도가 최대화될 수 있도록 올바른 주파수의 광선이 유지되도록 구성되어야 합니다.

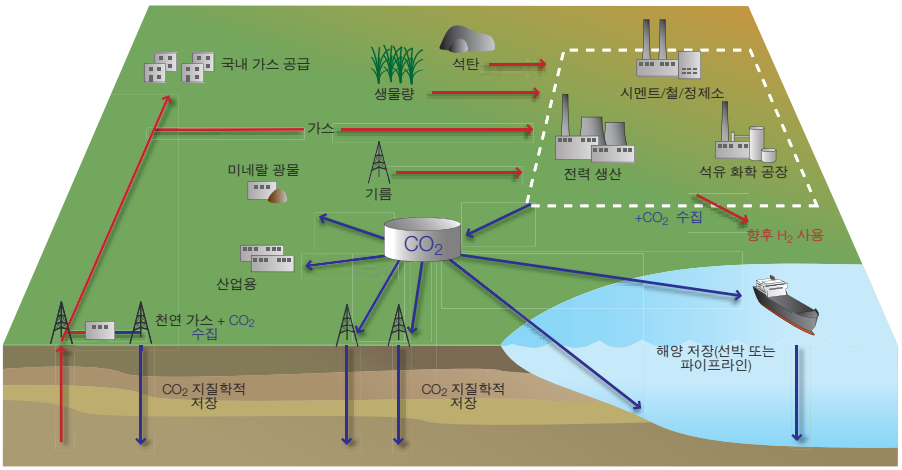
151 Stauffer, Nancy, Algae system transforms greenhouse emissions into green fuel, The MIT Energy Research Council http://web.mit.edu/erc/spotlights/alg-all.html, (2006).

152 Hillier, Graham, Centre for Process Innovation, Sustainability in Practice, http://www.uk-cpi.com/, (2008).

2005년 가을, 조류 시스템이 미국의 남서부 1000MW 발전소에 설치되었습니다. 발전소에서의 초기 시도는 성공하였으며 테스트는 이제 파일럿 단계로 이동하고 있습니다. 그런 다음 조류는 지역 도시에서 혐기성 소화재로 판매되거나 에너지를 생산하는 연료로 사용될 수 있고, 의약품이나, 교통 수단에 필요한 기름이나 수소를 생산하는데 사용될 수 있습니다. 탄소를 포착하려면 가스가 액화 상태로 변환되어 지하 저장소에 보관되어 하고 이 모든 단계에는 비용이 듭니다. 이 단계에서 생성되는 부산물은 가치를 가지므로 앞으로 상업적인 가치를 가질 수 있는 가능성이 있다고 기대하고 있습니다.

완벽한 통합 탄소 주기 단축은 석탄 기화를 사용하여 진행될 수 있으며 이것은 연료 자원이 충분하여 반응기에서 이산화탄소를 흡수할 수 있는 경우에만 가장 효율적일 수 있습니다. 바이오 잔재물 내에서 사용할 수 있는 에너지를 증가시킬 수 있는 기계적 화학적 장치인 프로세스 증강기를 사용할 것을 권장합니다. 그러면 바이오매스가 혐기성 소화제로 변환되어 잘 건축된 생산 설비에서 바이오 쓰레기를 활용하여 에너지를 생성하고 고체 내용물은 감소시킵니다.

원칙적으로 SICC 프로세스는 도시에서 발생된 CO_2를 처리하고 흡수할 수 있습니다. 하지만 여기에는 해결해야 할 중요한 기술적인 문제가 있습니다. 광생물 반응기능 아직 상용화되지 않았고, 바이오 정화 및 처리 기술은 아직 걸음마 단계이며, 혐기성 소화는 가스 배출과 밀도에 최적화되지 않았습니다. 하지만 집중적인 연구가 진행된다면 이런 문제는 극복될 수 있습니다.



실행 가능성 있는 CCS 시스템 도표 153

153 Intergovernmental Panel on Climate Change; The Future of Coal: Options for a Carbon-Constrained World (MIT, 2007).

생체 모방 원칙: 지역 자원 사용

식량 생산, 처리, 분배, 소매, 조달은 생태발자국에서 중요한 부분을 차지합니다. 지역 식량을 소비하는 것은 영국과 같은 고소득 국가에서 빠르 속도로 증가하고 있으며 이런 흐름이 주류가 되고 있습니다. 지역 농장의 국가적 네트워크에 근거한 슈퍼마켓과 같이 자연친화적인 식량 분배 시스템으로의 이행은 생태발자국을 상당히 낮춥니다.

많은 고소득 국가에서 화학 비료를 지속적으로 사용하여 토지에 필수적인 영양 성분, 건강한 생활에 필수적인 무기질이 사라지게 되었고, 질산염으로 물이 오염되게 되었습니다. 비료의 사용과 이산화탄소 배출은 경작 과정이나 도시 자원에서 배출되는 퇴비, 무기질 및 탄소를 사용하여 줄일 수 있습니다. 도시와 시골 지역을 연결하는 처리 및 쓰레기 처리 시스템에 대한 투자가 추가적으로 요구될 수 있습니다.

도시 지역의 향상된 물 포착 및 하수 관리는 가뭄에 경작지에 관개 용수를 제공할 수 있을 만큼 안정된 물 공급을 가능하게 하고 급격한 기후 변화에도 식량을 안정되게 생산할 수 있도록 도움을 줍니다. 큐리티바에서 실시된 것처럼 물은 도시 공원의 호수에 저장될 수 있고 프라이부르크에서 실시된 것처럼 천연 갈대 시스템으로 정화할 수 있습니다.

도시에 있는 토지는 집중식 식량 생산에 사용될 수 있습니다. 수경법과 함께 인공 조명을 사용하고, 영양소 재활용과 도시에서 허비되는 증기를 사용하여 녹색 채소와 과일을 건물에서 생산할 수 있다는 연구 결과가 있습니다. 새로운 LED 조명 기술과 식물 과학을 활용하고 흰 광선만 있으면 식물이 건강하게 자랄 수 있다는 것을 인식하고 있으면 됩니다. 2050년까지 일부 식량이 도심이나 도시 내의 기존 설비 내에서 상업적으로 슈퍼마켓이 재배할 수 있고 소비자에게 직접 판매하면 재생가능한 에너지가 공급될 수 있다는 가정하에 낮은 생태발자국을 달성할 수 있게 됩니다. 이런 방식으로 재배된 식물에 영양소 공급 제어는 식량 고리에서의 무기질 균형을 향상시킬 수 있습니다.

154

홍수의 위험과 시골에서의 식량 생산에 미치는 기후 변화의 영향력, 도시 거주지에 대한 영향력을 관리하기 위해 기후 변화에 적응하는 투자가 이루어져야 합니다. 예를 들어 영국의 펜스 지역과 같이 바다 수위가 높아지거나 육지에서의 폭우로 홍수가 발생할 위험이 있는 곳에는 이런 부분을 고려하여 채소 경작의 비율을 조절해야 할 필요가 있습니다. 국가적인 정책이 필요한 중대 문제와 함께 기후 변화로 인해 발생할 수 있는 잠재적인 손실을 상쇄할 수 있는 도심 식량 생산 투자 계획이 필요할 수 있습니다.

154 Linsley, Benjamin and Ted Caplow, Sustainable Urban Agriculture, Urban Land Green, (2008년 봄). Kiss + Cathcart, Architects

요약

간단하게 요약하면 친환경적인 미래를 위한 주요 전략은 다음과 같습니다.

- 재생되지 않는 자원의 소비 줄이기
- 가능한 경우 재사용
- 재활용
- 기술 통합–초기 설계 단계에서 오염 물질 배출량을 줄이고 쓰레기를 처리하는 시스템을 함께 고려
- 올바른 계획으로 도시 내 토지를 효율적으로 사용
- 생체 모방 원칙에 따른 계획 및 설계

인류가 계속 성장하면서 발생하는 비효율성과 환경 파괴를 크게 줄일 수 있는 방법이 있으며 이 방법은 인간 개발에도 도움을 줄 수 있다는 결론을 내릴 수 있습니다. 하지만 이런 기회를 활용하려면 우리 자신을 다르게 변화시켜야 하고 중요하고 시급한 변화를 추진하고 촉진할 수 있는 방법을 찾아야 합니다.

9. 경제학 및 정책

소개

친환경 경제 모델에서 생태계를 뒷받침할 수 있는 규모에 맞게 전 세계 경제를 지속적으로 적응시켜야 합니다. 친환경 시스템에서 허용되는 수준에서 자원을 재활용하여 쓰레기를 이용하고 자원을 재생성한다면 자연 환경을 파괴하지 않고 경제와 사회를 지속적으로 발전시킬 수 있습니다.

정책은 자연 환경을 파괴하지 않거나 최적의 규모를 설정하는 정책으로 그 한계를 인식하고 과거에는 자유롭게 사용할 수 있었던 천연 자원과 서비스가 고갈되어 가고 있다는 사실을 해결해야 합니다. 자원은 한 번 부족해지면 가격이 상승하게 되고 이런 가격 상승의 책임을 누구져야 할지 의문이 생기게 되므로 분배 문제가 해결되어야 합니다. 친환경성은 규모의 기준이 되어야 하고 공정성은 분배의 기준이 되어야 합니다. 정책은 마지막으로 자원을 가능한 효과적이고 비용 효율적으로 할당할 수 있어야 하고 그로 인해 광범위한 효율성이 따라 오게 됩니다.

이 세 가지 상호 작용하는 목적은 정책 틀을 만드는 데 사용된 후 분배 모델, 대중 및 개인의 역할, NGO 및 커뮤니티가 평가되어야 합니다. 세계를 구성하고 있는 한 부분에서 이런 경제적인 개편을 구축하는 데 있어 가장 큰 정치적인 딜레마는 세계적인 경재력을 유지하는 것이고 따라서 정책 개발은 세계적인 수준으로 진행되어야 한다는 점이 매우 중요합니다. 그렇지 않다면 오염 행위가 한 국가에서 다른 국가로 이동하는 것에 불과할 것입니다. 따라서 정책은 전 세계적인 규모로 구현되어야 합니다.

정책 구조

친환경적인 경제 규모에 도달

규모에 영향을 미치는 주요 정책은 명령과 규제의 형태를 띠며 이런 명령과 규제는 특정 행위를 금지시키거나 생태계에 배출될 수 있는 오염 물질의 양을 제한합니다. 예를 들면 휘발유용 납 첨가제(테트라에틸납) 또는 DDT가 금지되었고, 공장에는 폐기할 수 있는 쓰레기 양이 제한되었으며, 차량의 경우에는 배출할 수 있는 오염 물질의 양이 제한되었습니다.

이런 접근 방법의 장점은 규제는 모든 사람에게 동등하게 적용되고 분배라는 목표를 충족시킬 수 있게 수정될 수 있다는 것입니다. 규제는 이해하기 쉽고 매우 저렴한 비용으로 모니터하고 준수하도록 강제할 수 있습니다.

이런 규제의 단점은 일반적으로 효율적인 배분이라는 경제적인 목표를 다루지 못하고 따라서 가장 비용 효율적인 방법으로 최적의 규모를 얻는 방법이 아니라는 것입니다. 규제는 지역 수준에서 최소 규정은 벗어날 수 있도록 장려하지 못하며 종종 시장 내에서의 혁신적인 방식이 구현되는 것을 방해합니다.

이런 문제를 해결하는 정교한 형태의 세 가지 정책은 다음과 같습니다.

- 세금과 같은 회계 척도
- 장려금
- 배출권 거래제

첫 번째는 세금 부과입니다. 세금은 오염한 사람이 비용을 지불한다는 원칙을 적용하여 오염으로 인한 피해를 포함한 추가 한계 비용에 해당됩니다. 법 제도에 위반되지 않은 범위 내에서 이 비용을 판정하고 할당하는 것이 매우 어렵습니다. 이런 세금을 부과하는 실질적이고 유일한 방법은 매립식 쓰레기 처리 세금에 부과된 것처럼 여러 해에 걸쳐 최고 수준까지 세금을 누진하여 부과하는 것입니다. 일정 시간 동안 개인 부분보다 투자 가치가 훨씬 높았던 공공 부분에 대한 세금을 높이는 것도 가치가 있습니다. 매립식 쓰레기 처리 세금, 기후 변화 과세, 쓰레기 처리 규정운 좋은 행동 변화의 예이기도 합니다. 오염 물질 방출에 대한 세금 부과 및 규제로 시장이 경쟁력 있게 변화될 수 있습니다.

두 번째 정책은 환경 비용을 줄인 회사에 보조금을 지급하는 것입니다. 즉 오염을 방지한 데 대해 이익을 주는 것입니다. 오염을 발생시킨 사람이나 회사에 비용을 지불하도록 하는 대신 정부에서 오염을 방지한 회사에 금전적인 혜택을 주는 것입니다. 일반적인 예로 에너지 무료 배급 법을 들 수 있습니다. 이 법은 재생 가능 에너지를 사용하는 회사가 그로 인해 영리적인 이익을 얻지 않을 때 보조금을 주어 생산에 도움을 주는 것입니다. 이 정책은 전 세계적으로 50개 국가에 도입되었습니다.[155]

보조금 제도의 잠재적인 한 가지 문제는 설정된 수준이 너무 높아서 비즈니스 활동을 가속화시킬 경우 전체 오염도를 오히려 높여서 시장을 왜곡할 수 있다는 것입니다. 따라서 상황에 따라 보조금 제도를 탄력적으로 운영해야 합니다.

세 번째 정책은 규제 정책으로 배출권 거래제를 도입하는 것입니다. 이 정책은 세금으로 가격을 높이는 것이 아니라 허용되는 최대 오염 수준을 정하는 것입니다. 이상적으로 이 할당량을 정하여 사회적 경제적 한계 비용이 사회적 이익과 같아지도록 해야 하지만 이것은 실현하기 힘든 목표입니다. 정해진 할당량은 허용 또는 개발 할당량의 형태로 오염을 발생시키는 사람이나 회사 및 자원 이용자에게 배포됩니다. 일부 할당 시스템은 교환할 수 있고 이것은 효율성과 비용 효과를 장려합니다.

155 Seager, Ashley, Experts call for 'feed-in tariffs' to encourage renewable energy use, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/environment/2008/apr/29/renewableenergy.energyefficiency, (2008년 4월 29일).

분배

분배는 가난한 사람들과 미래 세대에게 점점 더 제한되어 가는 자원을 사용할 수 있도록 한다는 점에서 윤리적인 면모를 가지고 있습니다. 따라서 논쟁적인 분야이며 해결되어야 합니다. 국가 내, 국가 간, 전 세계를 대상으로 한 다양한 정책이 고안되었습니다.

- 소득 및 복지의 최대 및 최소 수준
- 자본에 대한 이윤 분배
- 자연 자본에 대한 이윤 분배

소득 및 복지의 최대 및 최소 수준: 소득이 매우 높은 사람에게는 높은 세금을 매겨 개인의 부를 제한하고 소득이 매우 낮은 사람들에게는 최소에 자원을 충분히 이용할 수 있도록 보장하는 정책입니다. 이 제도는 많은 경제학자들이 변화해야 하는 기업가들의 의욕을 떨어뜨리고 열심히 일하지 않도록 할 수 있는 제도로 보고 있습니다.

자본에 대한 이윤 분배: 정책 중 가장 생산적인 분야로 자본에서 나온 이윤을 분배합니다. 자본을 광범위하게 분배할 수 있는 소유권은 시장 경제의 효율성을 높이고 자연 자본에 대해 이윤 향상시킵니다. 예를 들어 종업원 지주 제도(Employee Share Ownership)는 사업을 결정하는 데 보다 넓은 영향력을 행사할 수 있도록 하고 보다 균형적인 분배를 가능하게 합니다. 이런 개념은 낮은 탄소 서비스를 제공하는 커뮤니티 이해 설비 및 서비스 회사에도 적용될 수 있습니다.

투자로 인한 사회적 환경적 결과에 대해 연금 펀드를 투자한다는 요구 공개는 분배와 관련된 배당 효율성을 향상시킬 수 있는 잠재적으로 강력한 동력이 됩니다. 연금 펀드가 이윤에 대해 오랜 기간 동안 운영되어 친환경 시대의 자본과 인프라가 될 수 있습니다.

자연 자본에 대한 이윤 분배: 토지와 자연 자본에 대한 소유권은 과한 비용을 현재 반영하고 있지 않습니다. 친환경 경제 용어로 설명하자면 토지, 물, 공기 오염으로 인한 숨겨진 비용이 있다는 것입니다. 자원을 소유한 국가나 정부에 로열티를 지불해야 하고 이 로열티를 높이는 것이 이런 숨겨진 비용을 없애는 방법이 될 수 있습니다.

토지는 움직이지 않는 한정된 주요 자원입니다. 토지의 가치는 사회 활동으로 증가되고 이런 증가는 공공 및 개인 분야에 이자를 발생시킵니다. 공급은 한정된 토지에서 이루어지는데 수요는 증가하고 있으므로 토지 매매 가격과 임대 가격은 부와 소득에 대한 관심이 집중할수록 높아지게 됩니다. 현재 경제 순환은 토지 투기 순환과 직접적으로 연관되어 있습니다. 미국의 상위 10% 부자들이 60-65%의 토지(가치)를 소유하고 있고 브라질의 경우는 상위 1%가 교외에 있는 토지의 50%를 소유하고 있습니다.[156] 토지세를 매겨 임대 수입 부분을 재분배하는 정책이 광범위하게 논의되고 있습니다.

도시 지역의 인프라 건설과 관련 고밀도 개발은 토지 가치를 높이므로 따라서 토지와 인프라에 대한 과세가 고려되어야 합니다. 일부 경제학자들은 토지세를 토지 가치를 감소시켜 경제를 안정화하는 수단으로 보고 있습니다.

토지 사용 밀도와 가치 사이의 관계는 토지를 보다 더 친환경적으로 사용할 수 있도록 도움을 줍니다. 도시 지역의 훌륭하게 설계된 고밀도 개발은 저밀도 교외에 비해 가치를 높이고 생태계 오염을 줄일 수 있습니다. 다른 한편으로 저밀도 교외에 대중 교통 수단에 대한 투자로 인프라를 확충하게 되면 교외에 살고 있는 사람들은 부수적인 이익을 얻게 됩니다. 멜버른이나 피츠버그와 같은 도시들은 높은 토지세와 함께 무료 인프라로 도심에서 도심의 재건을 장려하고 불규칙한 개발을 방지합니다.

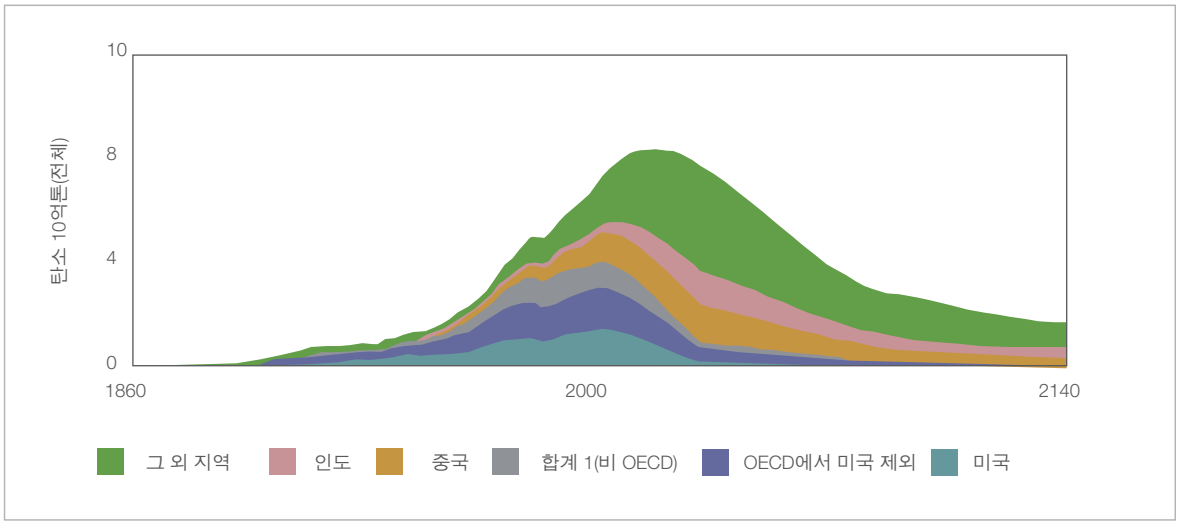
일반적으로 도시의 토지는 공공 또는 개인이 소유하고 있으므로 재건을 위한 공공-개인 협력 관계를 맺어야 합니다. 재건을 통해 토지 가치로 인한 이익을 공유하고 보다 나은 삶을 제공하는 고밀도 도시로의 이행을 추진하는 데 사용할 수 있습니다. 앞에서 설명한 내용은 도시 관리 구조 내에서 토지 사용과 인프라 계획이 목표를 달성하는 데 매우 중요하다는 것을 나타냅니다.

156 Daly, Herman E. & Farley, Joshua, Ecological Economics: Principles and Applications, Part III, Microeconomics, chapter 9 supply and demand, 페이지 141-157, (2004).

내부 교환: 자원의 공유는 쓰레기 재활용이나 오염 방지를 통해 주어질 수 있는 인간 개발 혜택을 교환하는 방식으로 뒷받침될 수 있습니다. 큐리티바의 경우 가난한 사람들에게 쓰레기 재활용을 장려하여 직장으로 가는 버스 티켓을 무료로 나눠 주는 것과 같은 성공적인 사례를 보여 줍니다. 이런 방식으로 사회적 이익과 생태계 이익이 함께 개발되었습니다. 이 제도는 매우 인기가 높아서 인간 개발 지수를 매우 빨리 높였습니다. 친환경 개발 모델로 이행할 때 이런 내부적인 제도를 인프라 운영 제도에서 고려해야 합니다.

이 책에서 강조하려는 것은 자원을 보다 더 효율적으로 배분할 수 있는 방법이며 이것은 입안자나 엔지니어가 함께 고민해야 할 중요한 부분입니다. 자연 자본과 생태 시스템이 평가되지 않아서 현재의 시장에서는 효율적인 배분이 이루어지지 않고 있습니다. 따라서 배분이 장기간의 복지를 잠재적으로 파괴할 수 있는 제품에 적용됩니다. 광범위하고 효율적인 접근 방법은 이런 문제를 해결하고 배분에 있어 패러다임 변화를 위한 제도를 제공할 것입니다. 이 방법을 사용한 배분에는 생태 시스템 서비스에 대한 가치 평가가 요구됩니다. 환경 경제학은 이 문제를 다루고 있습니다.[157]

157 King, D.M & Mazotta, M.J, Ecosystem Valuation, 원문 출처; www.ecosystemvaluation.org.



UN 제약 및 수렴 [158]

국제적 정책

다른 국가의 건강한 생태 시스템의 혜택을 받는 모든 국가들이 이런 생태 시스템을 보존하는 데 비용을 거의 지불하지 않고 있습니다. 인센티브 및 자원을 제공하여 건강한 생태 시스템을 보존할 수 있는 효율적인 정책을 만드는 것이 절실하게 요구되고 있습니다. 교토 의정서 및 조항은 어떤 누구도 지구 대기의 소유권을 주장할 수 없다는 문제를 처음 다루었습니다. UN에서 장려하고 있는 제약 및 수렴 방법은 공정한 분배를 해결하는 잠재적이지만 강력한 접근 방법으로 인식되고 있습니다. 이 논리는 이 책에서 제시한 환경적 제약 안에서 수렴적으로 살아가는 방식을 뒷받침하며 이 방식은 서로를 지원합니다.

158 Meyer, Aubrey, The fair choice for climate change, BBC News, http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4994296.stm, (May 18 2006).

10. 배급 모델

모든 국가, 지역 또는 도시에서 변화를 위한 첫 번째 단계는 사회적, 환경적, 경제적 측면에서 장기간의 목표를 가진 친환경 개발 구조를 만드는 것입니다. 국가 및 지역 수준에서의 리더십은 명확한 목표에 대한 동의를 이끌어 내고 일관성 있는 배급을 수행한다는 점에서 절대적으로 중요한 것으로 나타냈습니다.

그런 다음 고품질의 계획 및 설계가 통합 자원 모델링과 같은 모델링 도구를 사용하기 시작하여 결과를 도출해내는 데 필요한 인프라 및 토지 사용 변경을 계획하고 있습니다. 수렴적인 설계를 하려면 책에서 설명한 선순환을 이해하는 것이 필수적입니다. 다음 단계는 배급을 위한 협력 관계를 만들고 자원을 조달하는 것입니다.

이런 이행을 처음 시도하는 곳에 지역적인 경제 및 업무적인 혜택이 주어지게 될 것이라는 명백한 증거가 있습니다. C40 Clinton Climate Initiative는 이 책에서 언급한 대로 고소득 국가의 도시 지역을 구현이 매력적일 수 있도록 새로운 기술의 시장을 만들어 전 세계적인 구매 클럽을 형성하는 방식으로 변화시키는 전 세계 협력 관계의 예입니다.[159]

재정적인 솔루션에는 공공, 개인, 커뮤니티 그룹, NGO 사이의 장기간 인프라 협력 관계가 필요하며 우리는 지역 수준에서 완화 및 적용을 포함한 이러한 추세를 볼 수 있을 것으로 기대하고 있습니다. 토지 소유권을 개인 및 공공에서 함께 가질 수 있으므로 협력 관계는 필요합니다. 연금 펀드는 이런 투자 분야에서 매우 큰 관심을 가집니다. 가치 손실에 대한 위험이 경감될 수 있으므로 보험 회사와의 협력 관계는 집과 기타 주변 인프라를 위해 모기지업체와 협력 관계를 가져 소유자가 비용 감소 효과를 빠르게 볼 수 있는 것과 비슷합니다. 소액 금융과 소액 보험 제도는 적용과 완화를 빠르게 처리할 수 있도록 하고 저소득 및 중간 소득 국가에서 지역 커뮤니티 또는 지방 규모로 장기간으로 위험을 관리하고 공유하는 데 활용될 수 있습니다.

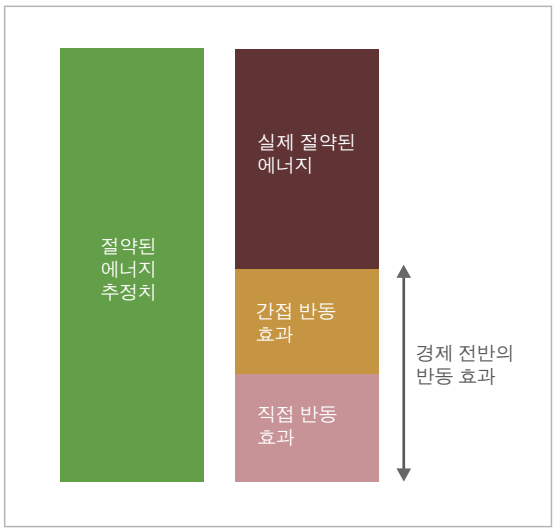
159 Clinton Climate Initiative C40 Cities. http://www.c40cities.org/.

이제 관리 및 운영 단계로 가서 생태발자국의 향상이 지속될 있는지를 평가합니다. 이 책에서는 생태발자국과 탄소 배출량을 낮추는 데 단순히 에너지를 감소하기보다는 풍부하고 효율적인 재생 가능 에너지 자원을 사용하는 방법을 소개했습니다. 이유는 '반동 효과'를 고려했기 때문입니다.[160] 반동은 다음과 같이 세 가지 요소로 구성되어 있습니다.

직접 반동- 보다 효율적인 차나 주택 난방 기술이 에너지 서비스의 비용을 줄이면 장기간으로 볼 때 차량 운행 거리를 더욱 늘리고 주택 난방을 촉진하는 결과가 나올 수 있습니다(운행 거리, 난방이 잘 되는 주택).

간접 반동- '직접' 반동의 효과로 금전적인 여유가 생기면 보조 차량 구입, 에너지 소비율이 높은 가전 제품 구입, 해외 여행과 같은 소비를 촉진하는 결과가 나올 수 있습니다.

평형 반동- 보다 효율적인 에너지 서비스가 광범위하게 단계적으로 제공되면 경제 성장을 구성하는 요소를 자극하여 더욱 소비를 부추기게 되는 결과가 나올 수 있습니다. 이런 측면에서 한 경제 분야의 효율성이 다른 분야의 소비로 확산되지 못하도록 하는 총체적인 정책이 중요합니다.



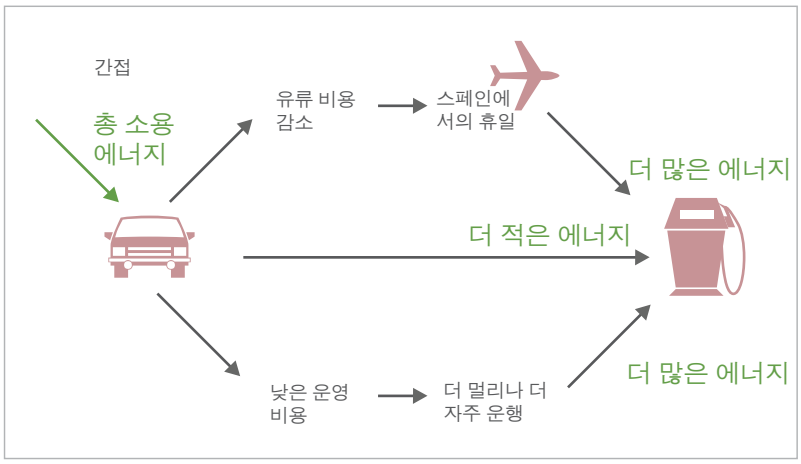
경제-반동 효과 [161]

160 Crane, D., Foran, B., Powerful choices: options for Australia's transition to a low-carbon economy, Advances in Energy Studies: Perspectives on Energy Futures, (2006).

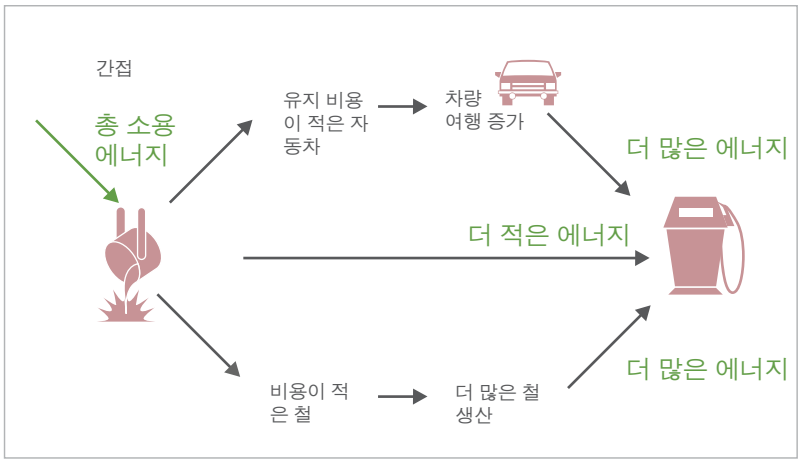
161 UK Energy Research Center, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (2007년 10월).

반동 효과를 인식해야 하지만 에너지 효율적인 정책과 기술을 개발하려는 노력을 멈추어서는 안 됩니다. 영국 에너지 연구 센터 보고서에서 반동 효과에 대해 언급한 것처럼 우리는 '에너지 효율성 향상 정책을 만들 때 반동 효과나 에너지 가격 상승 등에 대비해야 합니다.'[162] 중요한 것은 친환경 시대로 영구적으로 이행할 수 있도록 하는 탄력적인 정책을 개발하고 강력하게 운영하는 것입니다.

지금까지 배운 것처럼 이제 시작에 불과하며 연구 결과와 수용 능력을 기르는 것이 중요합니다. Arup는 영국의 Thames Gateway에 위치한 Institutes for Sustainability 네트워크의 창설, 중국의 동탄과 아프리카의 캄팔라에서 진행되고 있는 친환경 정책을 지지하고 있습니다.



반동 효과 - 소비자 [163]



반동 효과 - 생산자 [164]

162 UK Energy Research Center, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (2007년 10월).

163 UK Energy Research Center, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (2007년 10월).

164 UK Energy Research Center, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (2007년 10월).

11. 엔지니어의 역할

저는 이 책에서 정책만으로는 해결되지 않은 전문적이고 기술적인 여러 문제를 광범위하게 전달하였기를 바랍니다. 우리가 친환경적인 미래를 얻으려면 지구의 생명을 지지하는 인프라로의 빠른 변화가 요구됩니다. 여기에는 기존 기술과 함께 국가 내에서 공공, 개인, NGO 및 커뮤니티 그룹의 강력한 협력 관계가 필요합니다.

여러 분야의 팀 작업에 정통하고 경험이 풍부한 엔지니어들은 새로운 인프라 시스템을 성공적으로 설계하고 구현하는 데 매우 중요한 역할을 합니다. 하지만 50년 이내라는 매우 촉박한 시간 안에 이런 새로운 도전을 수행할 수 있는 엔지니어의 수는 한정되어 있습니다. 따라서 이런 도전에 젊은 세대들이 동참하도록 동기를 부여하고 교육하여 21세기 Brunel인이 될 수 있도록 해야 합니다.

간단하게 말하자면 요구되는 하나의 기술은 복집한 시스템을 관리하고 설계 및 성능 사양, 품질 관리 및 전체 생태 시스템의 관리를 통한 친환경적 결과를 이끌어 내는 것입니다. 이런 엔지니어는 입안자, 건축가, 사회 기업가, 생태학자, 커뮤니티 그룹 및 NGO 보다 긴밀하게 작업할 수 있을 것입니다.

12. 결론

전 세계가 모든 인간의 개발을 친환경적인 방식으로 변환하는 데 필요한 기술, 인프라 시스템, 계획 방법, 정책 및 배급 체계를 광범위하게 살펴 보았습니다.이런 노력은 우리가 의존하고 있는 생태 시스템의 파괴를 멈추고 새롭게 건설하기 위한 것입니다. 엔지니어에게는 모두 다른 분야를 협력을 통해 처리해야 할 준비가 되어 있어야 한다는 과제가 생긴 것입니다. 부족하거나 빨리 개발되어야 하는 기술은 강조 표시를 하였습니다. 하지만 대부분은 이미 존재하는 것입니다.

신뢰할 수 있는 미래를 이루기 위한 방법을 이제 잠시 살펴 본 것이며 이것은 아주 긴 여정의 시작에 불과합니다. 2009년 12월 코펜하겐 기후정상회의에서 전 세계가 함께 모여 우리가 나아가야 할 방향과 실천해야 할 것에 대해 충분히 인식하고 있고 준비해야 한다는 데 대해 동의를 하는 것이 저의 바람입니다. 그렇게 된다면 전 세계 및 국가적인 정책과 개인 및 NGO와 협력하여 새로운 시대로 빨리 나아갈 수 있게 될 것입니다.

이 보고서로 인해 전 세계 엔지니어들이 동참하게 되고 아마도 그 어떤 세대보다도 가장 훌륭한 세대가 될 현대 젊은 세대들이 이러한 도전에 참여하려는 마음을 가지게 되길 바랍니다.

13. 참고 문헌

이미지 제공:

© Doug Sephton in Drivers of Change: Demographics, Arup 2008

© Jupiter Images UK Ltd, in Drivers of Change: Demographics, Arup (2008).

© Tuca Vieira in Drivers of Change: Urbanisation, Arup (2008).

© Daisuke Tofuku in Drivers of Change: Urbanisation, Arup (2008).

웹 사이트:

Arup Global Foresight and Innovation, Arup Drivers of Change,

http://www.arup.com/landing.cfm?pageid=8870, (2008).

Arup's Integrated Urbanism: http://www.arup.com/integratedurbanism/whoweare.cfm?pageid=7937.

Arup Integrated Urbanism, Chongming Dongtan Eco-City China, http://www.arup.com/integratedurbanism/project.cfm?pageid=8020 (2008).

Clinton Climate Initiative, C40 Cities, http://www.c40cities.org/ (2008).

Global Footprint Network: http://www.footprintnetwork.org/

A.

Adam, David and Alok Jha, EU review bio fuel target as environmental doubts grow, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jan/15/biofuels.carbonemissions, (15 January 2008).

Areas of Relative Water Stress, http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf, (2007).

Arup, Drivers of Change: Waste, http://www.zerowaste.org/case.htm, (2008).

B.

Ban Ki-moon, The new face of hunger Washington Post, (12 March 2008).

Barker, Kate, Review of Housing Supply: Delivering Stability: Securing our Future Housing Needs, HM Treasury, http://www.hm-treasury.gov.uk/media/E/3/barker_review_report_494.pdf, (March 2004).

BBC News, Most people ready for Green Sacrifices, BBC News, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/7075759.stm, (9 November 2007).

BBC News, Report Reveals Global Slum Crisis, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/5078654.stm#slums, (2007).

BBC News, UN warns on food price inflation, http://news.bbc.co.uk/2/hi/in_depth/7281686.stm, (6 March 2008).

Benyus, Janine, Biomimicry: Innovations that Inspired by Nature, Harper Collins: New York (1997).

British Metal Recycling Agency (BMRA), What is Metals Recycling, http://www.recyclemetals.org/whatis.php, (2008).

BioRegional Solutions for Sustainability, Local Paper for London, http://www.bioregional.com/programme_projects/pap_fibres_prog/lp4london/lpaper_facts.htm, (2008).

Blueprint for Water Organisation Publication, 10 steps to sustainable water by 2015, http://www.blueprintforwater.org.uk/Blueprint_A4.pdf, (November 2006).

Boardman, Brenda, Home Truths: A Low Carbon Strategy to Reduce UK Housing Emissions by 80% by 2050, University of Oxford's Environmental Change Institute, (November 2007).

Bradsher, Keith, A Drought in Australia, a Global Shortage of Rice, The New York Times, World Business Report, http://www.nytimes.com/2008/04/17/business/worldbusiness/17warm.html?_r=3&hp&oref=slogin&oref=slogin&oref=slogin, (17 April 2008).

Brown, Lester, Plan B 3.0, New York: W.W. Norton & Company, (2008).

C.

CBI Climate Change Taskforce, Climate Change: Everyone's Business,

http://www.avtclient.co.uk/climatereport/docs/climatereport2007full.pdf, (November 2007).

China: White Paper on Energy: China Energy Conditions and Policies, sourced from http://www.10thnpc.org.cn/english/environment/236955.htm#0, (2007).

The Climate Group Report, In the Black: The Growth of the Low Carbon Economy - Summary Report, The Climate Group http://theclimategroup.org/assets/resources/TCG_ITB_SR_FINAL_COPY.pdf

(August 2007).

Crane, D., Foran, B., Powerful choices: options for Australia's transition to a low-carbon economy, Advances in Energy Studies: Perspectives on Energy Futures, (2006).

D.

Daly, Herman E. & Farley, Joshua, Ecological Economics: Principles and Applications Part III, Microeconomics, chapter 9 supply and demand, pp 141-157 (2007).

Department for Environmental, Food and Foreign Affairs, Future Water; The Governments Strategy for water in England, sourced from http://www.defra.gov.uk/environment/water/strategy/pdf/future-water.pdf (February 2008).

Department of Treasury & Finance DTF Research Note The World Iron market in 2005, sourced from http://www.dtf.wa.gov.au/cms/uploadedFiles/iron_research_note_may2005.pdf, (2005).

Design to Win: Philanthropy's role in the fight against Climate Change,

California Environmental Associates (August 2007).

Dickie, Phil., Rich countries, Poor Water, World Wildlife Federation Freshwater Program,

http://assets.panda.org/downloads/rich_countries_poor_water_final_170706.pdf, (2006).

E.

EAA C. Sperlinger, Nachhaltige Stadtentwicklung beginnt im Quartier OeKoinstiut e.V (Ed) Freiburg, 1999 in Drivers of Change: Waste, Arup 2008

The Economist, A Large Black Cloud, (21 March 2008).

The Economist, An Expensive Dinner, http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=10085859, (3 November 2007).

The Economist, Shock Treatment,

http://www.economist.com/finance/displaystory.cfm?story_id=10130655, (15 November 2007).

The Economist, The Elusive Negawatt, http://www.economist.com/displaystory.cfm?story_id=11326549, (2008).

The Economist, The New Face of Hunger,

http://www.economist.com/world/international/displaystory.cfm?story_id=11049284, (17 April 2008).

Elliott, Valerie, Price rises feed through to your shopping basket, The Times,

http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article3500963.ece, (7 March 2008).

EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. http: //www.em-dat.net, UCL - Brussels, Belgium Base Map: UNEP/DEWA/GRID-Europe, June 2005

Energy and emissions increase in Ireland, Environment Protection Agency, (December 2007).

Energy Watch Group. "Crude Oil: The Supply Outlook". EWG-Series No 3/2007 October 2007. http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Oilreport_10-2007.pdf

Environment Agency, Landfill and waste regulation studies, sourced from http://www.environment-agency.gov.uk/subjects/waste/?lang.

Environment Agency, Waste, Electrical and Electronic Equipment,http://www.environment-agency.gov.uk/business/1745440/444663/1106248/, (2007).

European Environment Commission, Waste: End of Life Vehicles, http://ec.europa.eu/environment/waste/elv_index.htm, (2008).

European Law Monitor, Commission to promote clean and Energy Efficient vehicles, sourced from http://www.europeanlawmonitor.org/latest-eu-news/commission-to-promote-clean-and-energy-efficient-vehicles.html, (2008).

F.

FAO/OECD, The BBC News, The Cost of Food: Facts & Figures, World Food Commodity Prices, http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/7284196.stm, (1971-2017).

FAOSTAT, Chapter 9 population projection, WTO 2007, Geo data Portal compiled from UNPD 2007, World Bank 2006, UNFCCC-CDIAC, (2006).

Floud, Roderick and D.N. McCloskey eds, The Economic History of Britain since 1700, Cambridge University Press, (1994).

Food and Agriculture Organisation, 1997 in Drivers of Change: Water, Arup (2008).

G.

GEO-4, United Nations Environmental Programme, http://www.unep.org/geo/geo4/media/ (2007).

Global Footprints Network, Footprint Standards, http://www.footprintstandards.org/, (2003-2007).

Graedel, T.E., et al., Multilevel cycle of anthropogenic copper, Environmental Science & Technology, 38, 1242-1252, (2004); B. Reck, et al. Anthropogenic nickel cycle: Insights into use, trade, and recycling, Environmental Science & Technology, 42, 3394-3400, (2008).

Greater London Authority, Action Today to Protect Tomorrow: Mayor's Climate Change Action Plan, sourced from Greater London Authority, http://www.london.gov.uk/mayor/environment/climate-change/docs/ccap_fullreport.pdf, (February 2007).

H.

Hansen, J.E, Scientific reticence and sea level rise, Environmental Research Letters, sourced from http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/2/2/024002/erl7_2_024002.html, (2007).

Helweg-Larsen, Tim and Jamie Bull, ZeroCarbonBritian, Centre for Alternative Technology, http://www.zerocarbonbritain.com/images/zerocarbonbritain.pdf (2007).

Hickman, Martin, Cheap Flights threaten UK target for carbon emissions, The Independent, http://www.independent.co.uk/environment/cheap-flights-threaten-uk-targets-for-carbon-emissions-524879.html, (28 January 2006).

Hiller, Graham. CPI / Arup Joint Study (2007).

Hillier, Graham. "Construction Products for a Sustainable Society" Sustainability - Steel and the Environment Conference. 2 November 2004

Holmgren, David, Permaculture: Principles & Pathways Beyond Sustainability, Holmgren Design Services (2002).

I.

Intergovernmental Panel on Climate Change Report, Working Group III Report Mitigation of Climate Change, sourced from http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm, (2007).

International Energy Agency Publication, World Energy Outlook, sourced from http://www.worldenergyoutlook.org/, (2008).

K.

Kenworthy, J.R, Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities, Presented to the international Third Conference of the Regional, (2003).

King, D.M & Mazotta, M.J, Ecosystem Valuation, sourced from, www.ecosystemvaluation.org.

L.

Layard, Richard. Happiness: Lessons from a New Science, pp 110-217, Penguin Publishing Press (2004).

Lehman Brothers, Wind Energy (18 April 2007).

Linstead, C, and C. Gervais, and P. Elkins, Mass Balance: An Essential Tool for Understanding Resource Flows, London: Forum for the Future, (2007).

Linsley, Benjamin & Ted Caplow, Sustainable Urban Agriculture, Urban Land Green, (2008).

M.

Malthus, Thomas R, Ratios of the increase of population and food, An Essay on the Principle of Population, Book 1, Chapter I, pp 13-21, (2007).

Marin, Cecile. UNEP/GRID-Arendal, 2006 in Drivers of Change: Waste, Arup (2008)

McKinsey & Company Reducing Greenhouse Gas Emissions: How much at what costs?, US Greenhouse Gas Abatement Mapping Initiative Executive Report, (2007).

Modes for Rapid Transport, Race, Poverty & the Environment; Curitiba's Bus System, sourced from http://www.urbanhabitat.org/node/344 (2007).

N.

National Development & Reform Commission (NDRC), 11th Five Year Plan for National and Economic and Social Development, sourced from http://en.ndrc.gov.cn/hot/t20060529_71334.htm.

Newman, Peter and Jeff Kenworthy, Greening Urban Transportation: State of the World, Worldwatch Institute (Eds.) New York, W.W. Norton & Company, (2007).

Newman, Peter and Jeffrey Kenworthy, Urban Design to Reduce Automobile Dependence, Opolis: An International Journal of Suburban and Metropolitan

Studies: Vol. 2: No. 1, Article 3, http://repositories.cdlib.org/cssd/opolis/vol2/iss1/art3, (2006).

O.

OECD Environmental Outlook to 2030, www.oecd.org/environment/outlookto2030, (5 March 2008).

P.

Peoples' Daily Online, China's Urban Population to reach 800 to 900 Million by 2020, provided by, http://english.people.com.cn/200409/16/eng20040916_157275.html, (2007).

Population Reference Bureau, World Population Data Sheet, pp 1-16, provided by http://www.scribd.com/doc/326077/World-Population-Datasheet-2007.

Pon, B., Diagram: Sketch of an Urban Heat-Island Profile sourced from http://heatisland.lbl.gov/HighTemps/ (2007).

R.

Randerson, James, Food crisis will take hold before climate change, warns chief scientist, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/science/2008/mar/07/scienceofclimatechange.food, (7 March 2008).

Roberts, Simon. Email to author. 1 April 2008.

S.

Seager, Ashley, Experts call for 'feed-in tariffs' to encourage renewable energy use, The Guardian, http://www.guardian.co.uk/environment/2008/apr/29/renewableenergy.energyefficiency, (29 April 2008).

Simms, Andrew, Dan Moran and Peter Chowla, UK Interdependence Report, New Economics Foundation (2006).

Statistics from Development Data Group, The World Bank, World Development Indicators Online. Washington, DC: The World Bank. Available at: http://go.worldbank.org/3JU2HA60D0.

Stauffer, Nancy, Algae system transforms greenhouse emissions into green fuel, The MIT Energy Research Council http://web.mit.edu/erc/spotlights/alg-all.html, (2006).

Strahan, David, Coal: Bleak outlooks for the black stuff, New Scientist,

http://environment.newscientist.com/data/images/archive/2639/26391802.jpg, (19 January 2008).

T.

Timmins, C, Environmental Resource Economics, Volume 26, Number 1, sourced from

http://www.springerlink.com/content/rp22580246p40t34/ Yale (2004).

TMC Net, eSolar and Southern California Edison to Produce 245MW of Solar Power, http://callcenterinfo.tmcnet.com/news/2008/06/03/3477818.htm, (3 June 2008).

Transport for London information on motor vehicle usage and ownership, http://www.tfl.gov.uk/tfl/search/?keywords=car%20drivers%20research&direction=next&filter=1&restrict=&lastResult=10, date accessed (2008).

Turner, Cathy and Mark Frankel, Energy Performance of LEED for New Construction Buildings, US Green Building Council, https://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=3930, (4 March 2008).

U.

United Nations General Assembly Report A/42/427, Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development, sourced from http://www.worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf (1987).

UK Chancellor of the Exchequer, Stern Review: The Economics of Climate Change, UK Chancellor of the Exchequer, http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm, (2006).

UK Energy Research Centre, Energy Infrastructure and Supply, sourced from, http://www.ukerc.ac.uk/ResearchProgrammes/EnergyInfrastructureandSupply/EnergyInfrastructureAndSupply.aspx

UK Energy Research Centre, The Rebound Effect: An Assessment of the Effect for economy-wide energy savings from improved energy efficiency, http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf, (October 2007).

United Nations Development Programme, Human Development Report, sourced from http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_en_complete.pdf (2007-2008).

United Nations Environment Report (2006).

United Nations Environment Programme/ GRID-Arendal, Vital Waste Graphics, http://maps.grida.no/go/graphic/how-long-does-it-take-for-some-commonly-used-products-to-biodegrade, (2004).

United Nations, World Urbanization Prospects: The 2007 Revision, http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007WUP_Highlights_web.pdf(19 January 2008).

U.S. Department of Transportation, FHWA's Highway Performance Monitoring System and the Canadian Equivalent or Gordon Price?,Highway Performance Monitoring System Report, http://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/hpms/, (3 April 2008).

U.S Geological Society, Materials Flow & Sustainability, USGS Fact Sheet FS-068-98, http://pubs.usgs.gov/fs/fs-0068-98/fs-0068-98.pdf, (June 1998).

V.

Varma, Subodh, Hunger is set to grow as global food stocks fall, The Times of India, http://timesofindia.indiatimes.com/Hunger_is_set_to_grow_as_global_food_stocks_fall/articleshow/2859771.cms, (13 March 2008).

W.

World Business Council on Sustainable Development, Biofuels, (2007).

World Business Council for Sustainable Development, Facts and Trends to 2050: Energy and Climate Change, http://www.wbcsd.org/DocRoot/FjSOTYajhk3cIRxCbijT/Basic-Facts-Trends-2050.pdf, (2004).

World Business Council for Sustainable Development, Policy Directions to 2050, http://www.wbcsd.org/DocRoot/bdA09BFxjVkjEeXJKjle/int_low_res.pdf, (2007).

World Economic Forum, Global Risks: Global Risk Network Report, http://www.weforum.org/pdf/globalrisk/report2008.pdf, (2008).

Word Wildlife Fund, One Planet Wales, (2007).

World Wildlife Fund, Living Planet Report sourced from http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf (2006).

Wackernagel, M, Ecological footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning towards sustainability, University of British Columbia., PhD thesis (1994).

Wackernagel, M, How Big Is Our Ecological Footprint? – Using the Concept of Appropriated Carrying Capacity for Measuring Sustainability, Taskforce on Planning Healthy and Sustainable Communities, University of British Columbia (1993).

Wackernagel, M. & Rees, W.E, Our Ecological Footprint—Reducing Human Impact on the Earth, Gabriola Island, B.C., Canada: New Society Publishers, (1996).

Z.

Zweibel, Ken; and James Mason; and Vasilis Fthenakis, A Solar Grand Plan, Scientific American, (16 December 2007).