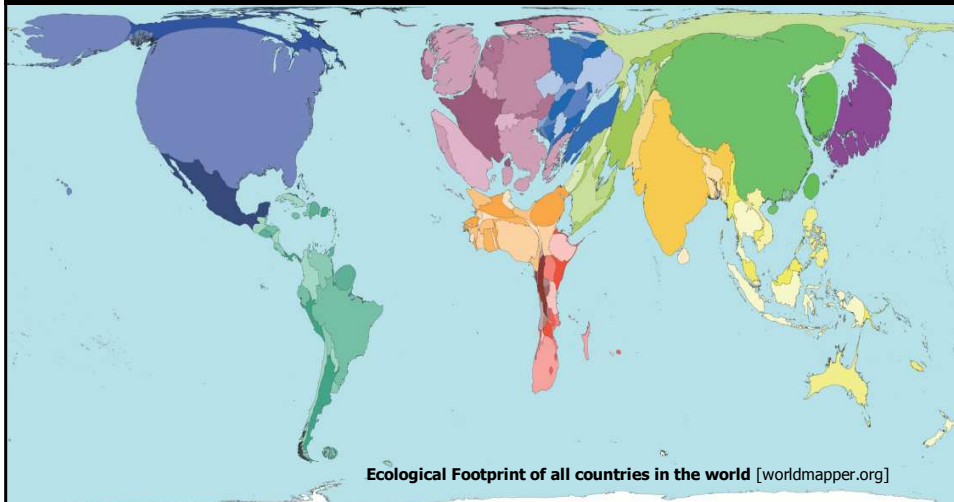




## Our sustainable (?) world

- Sustainable development aims at equity and equilibrium.
- We use resources many times more than poor regions in the world.
- There is not enough space to spread the western way of living.



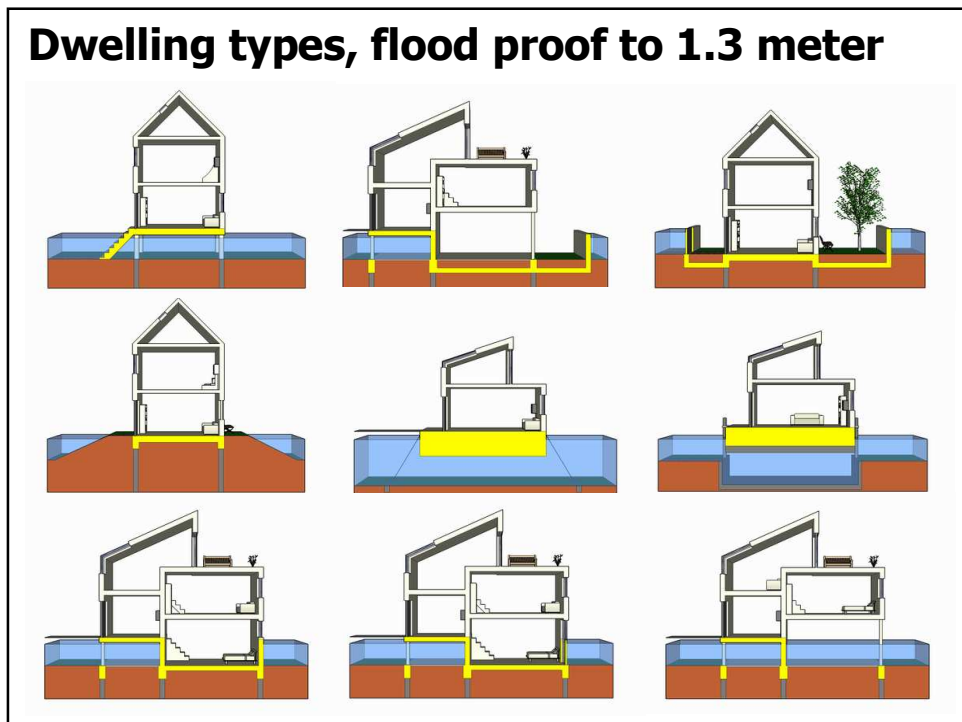
## Plan & design within different constraints

- Climate change
- Water and heat problems
- Scarcity of resources
- Depletion of fossil fuels

## Holland: becoming Wet Wet Wetter

- **Threefold** water surge
  - Sea level rise
  - More precipitation
  - Increased fresh water supply from the mountains
- **Does CO<sub>2</sub> reduction help to avoid this soon?**
  - **Not within 50 years.** The Great Change has commenced
  - We'd better take care that we can cope





# Not just water is a problem

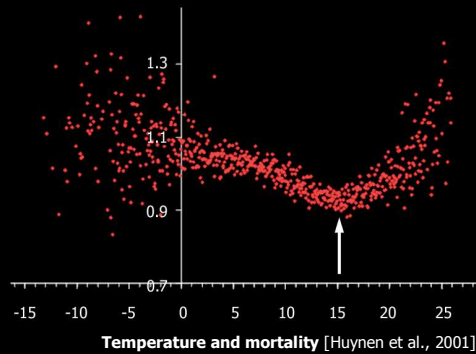
## Urban heat island effect

- Heat absorption by black tar roofs, building mass and pavement
- Heat from vehicles, buildings, industry and air-conditioners
- Little green, little water
- No urban pattern for cooling

London 2050: +9°C

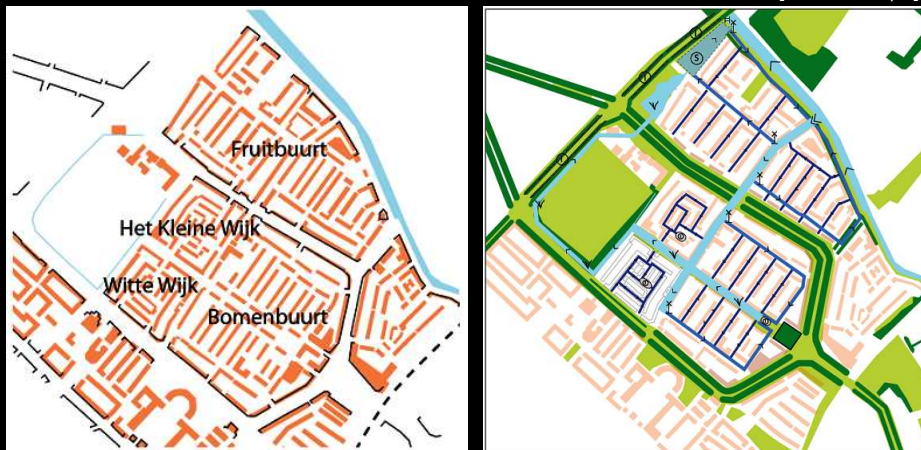
Rotterdam 2010: +8°C already!

→ More people will die



# From vulnerability to climate-robustness

[Laura Kleerekoper]



## Depleting material resources

- **Two directions possible:**
  - Use more renewables (also in bio-synthetics)
  - Use 100% recyclable products
- **Great opportunities for a circular economy**
  - Do not export waste to other countries anymore
  - Retrieve all valuable matter from products  
(The Netherlands is a poor country in terms of resources)



## Energy is a bigger problem

Our own natural gas fields will be emptied within 25 years.

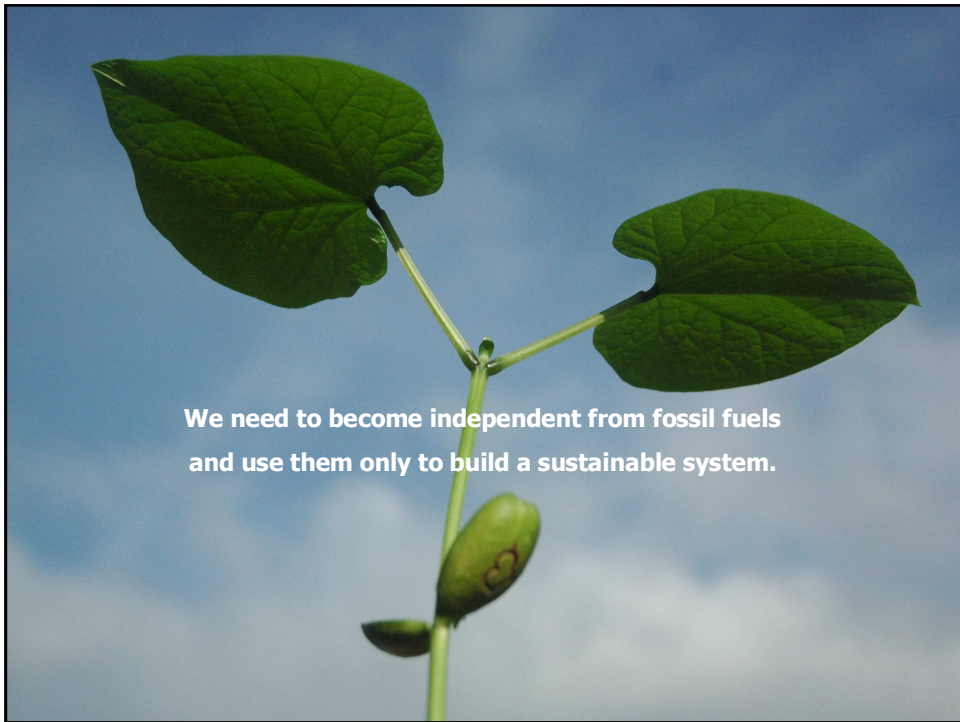
Import from other regions has some **considerations**:

- ecological
- political
- economical
- ethical

And even then we will be **done** with fossils and uranium **within 75 years**.

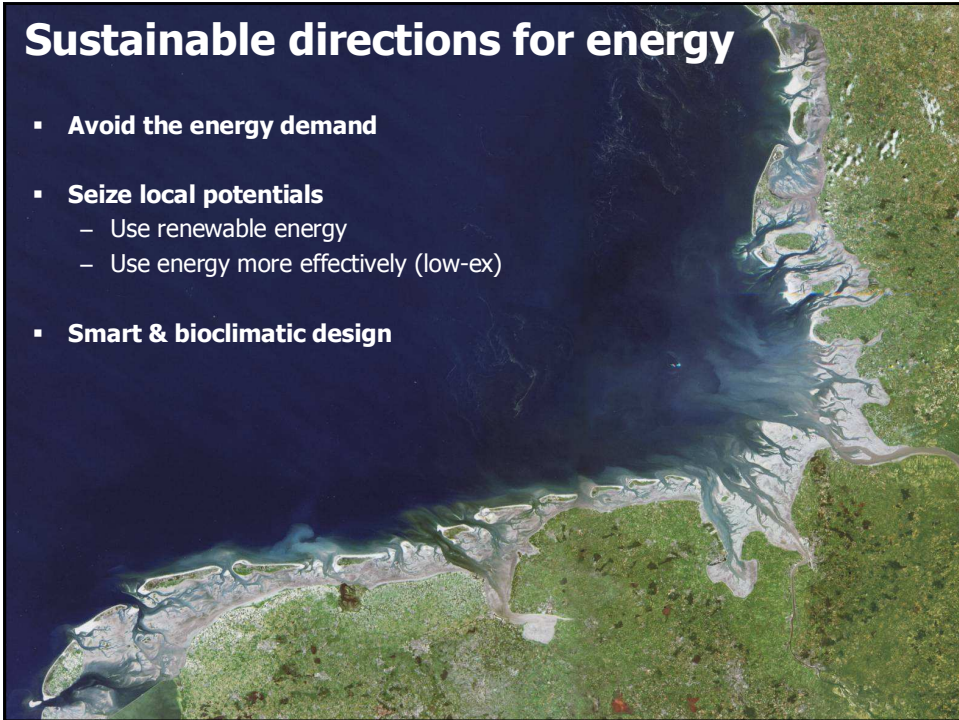
[KEMA/Hoogakker, 2010]





## Sustainable directions for energy

- **Avoid the energy demand**
- **Seize local potentials**
  - Use renewable energy
  - Use energy more effectively (low-ex)
- **Smart & bioclimatic design**



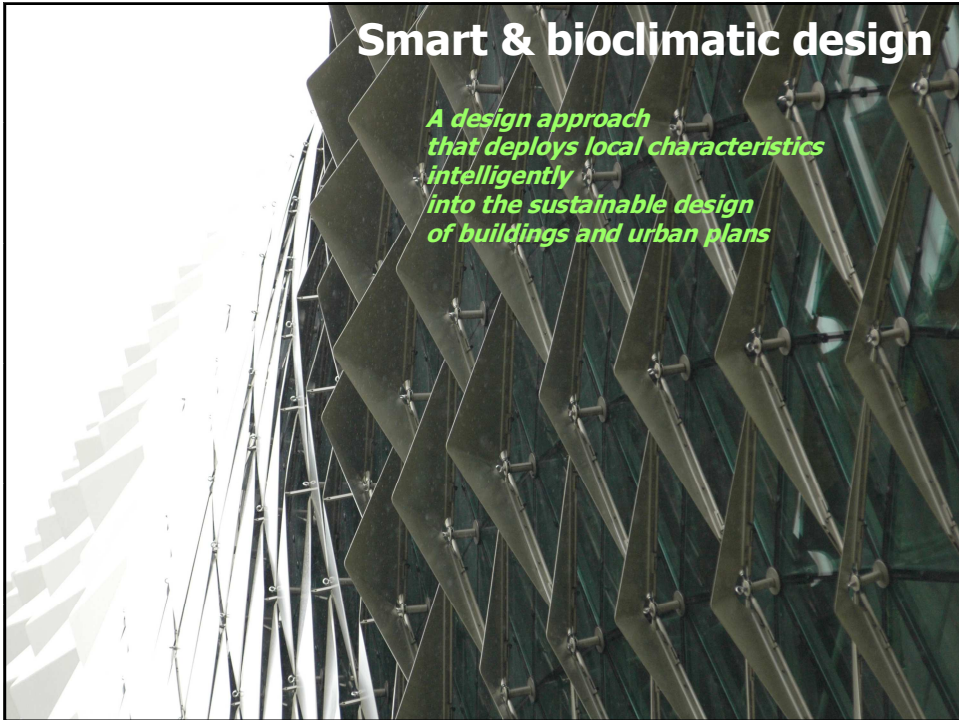
## Smart & bioclimatic design



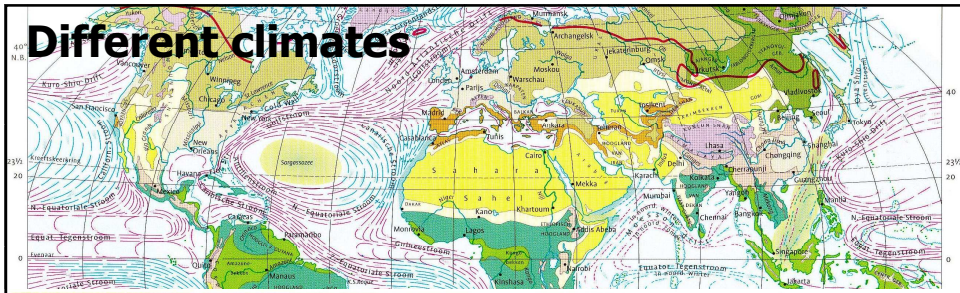
**TU Delft**  
Delft University of Technology

## Smart & bioclimatic design

*A design approach  
that deploys local characteristics  
intelligently  
into the sustainable design  
of buildings and urban plans*



# Different climates



maand	jan.	feb.	mar.	apr.	mei	jun.	jul.	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jaar	maand	jan.	feb.	mar.	apr.	mei	jun.	jul.	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jaar
gemiddelde temperatuur (C)	26,4	26,1	27,0	26,7	26,1	25,0	24,4	24,7	24,7	25,3	26,1	26,4	25,7	32	-25,2	-27,7	-26,2	-19,0	-7,1	1,1	4,1	3,3	-0,8	-10,3	-18,7	-24,0	-12,5
neerslag in mm	51	71	120	154	442	958	797	354	720	598	237	122	4624	11	4	5	4	4	7	24	24	15	11	6	112	112	
max. temperatuur (C)	31,0	31,0	32,0	32,0	31,0	30,0	29,0	29,0	29,0	30,0	31,0	31,0	30,5	73	-21,9	-24,3	-22,8	-15,2	-4,3	8,7	9,1	2,8	-7,7	-15,8	-20,7	-9,6	
min. temperatuur (C)	15,8	16,5	19,8	19,5	18,5	18,0	18,4	18,7	18,6	18,1	18,7	18,5	1660	70	70	77	88	89	89	88	87	86	86	86	87	81	81

neerslag in mm      temperatuur in °C

**Monrovia  
Am**  
Tropisch regenwoudklimaat

neerslag in mm      temperatuur in °C

**Cairo  
Bw**  
Woestijnklimaat

neerslag in mm      temperatuur in °C

**De Bilt  
Cf**  
Gematigd maritiem klimaat

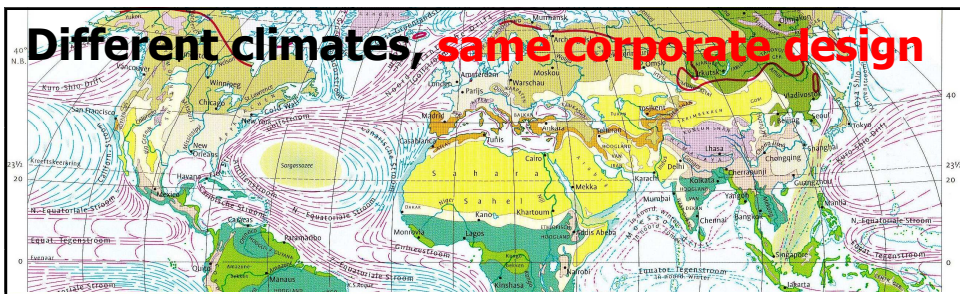
neerslag in mm      temperatuur in °C

**Moskou  
Df**  
Continentaal klimaat

neerslag in mm      temperatuur in °C

**Barrow,  
Alaska  
ET**  
Toendraklimaat

# Different climates, same corporate design



maand	jan.	feb.	mar.	apr.	mei	jun.	jul.	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jaar	maand	jan.	feb.	mar.	apr.	mei	jun.	jul.	aug.	sep.	okt.	nov.	dec.	jaar
gemiddelde temperatuur (C)	26,4	26,1	27,0	26,7	26,1	25,0	24,4	24,7	24,7	25,3	26,1	26,4	25,7	32	-25,2	-27,7	-26,2	-19,0	-7,1	1,1	4,1	3,3	-0,8	-10,3	-18,7	-24,0	-12,5
neerslag in mm	51	71	120	154	442	958	797	354	720	598	237	122	4624	11	4	5	4	4	7	24	24	15	11	6	112	112	
max. temperatuur (C)	31,0	31,0	32,0	32,0	31,0	30,0	29,0	29,0	29,0	30,0	31,0	31,0	30,5	73	-21,9	-24,3	-22,8	-15,2	-4,3	8,7	9,1	2,8	-7,7	-15,8	-20,7	-9,6	
min. temperatuur (C)	15,8	16,5	19,8	19,5	18,5	18,0	18,4	18,7	18,6	18,1	18,7	18,5	1660	70	70	77	88	89	89	88	87	86	86	86	87	81	81

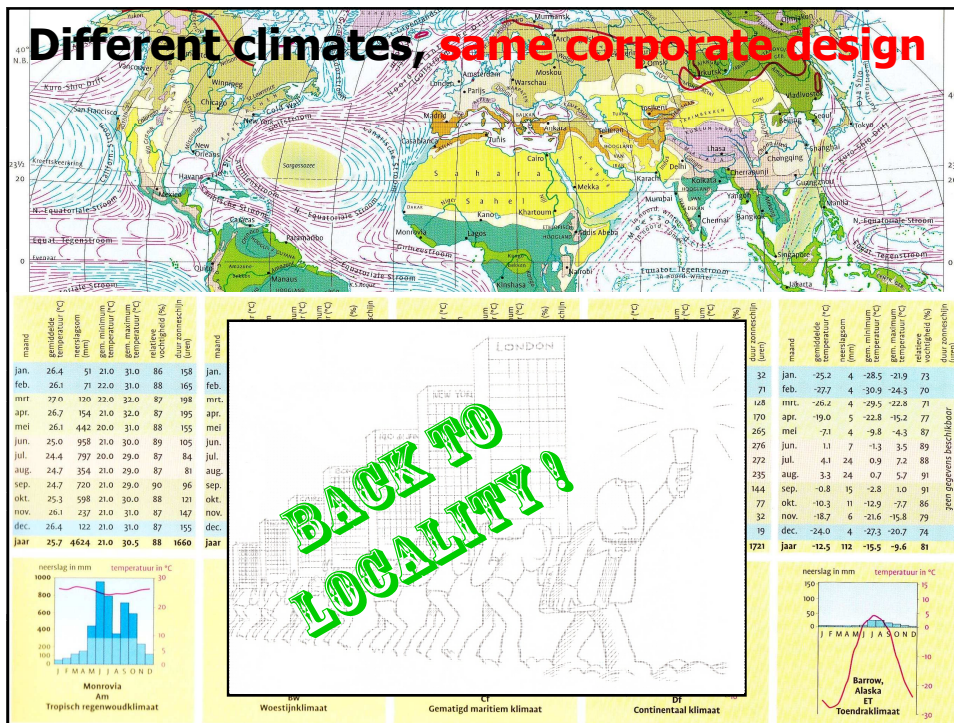
neerslag in mm      temperatuur in °C

**Monrovia  
Am**  
Tropisch regenwoudklimaat

neerslag in mm      temperatuur in °C

**Barrow,  
Alaska  
ET**  
Toendraklimaat





## Urban functions have different energy demand patterns

Cities are not just a collection of individual buildings

The figure shows a grid of eight images representing different urban functions, each with a small W K E (Work, Knowledge, Energy) icon next to it:

- ZIEKENHUIS** (Hospital): A hospital ward with beds and chairs.
- SUPERMARKT** (Supermarket): A person pushing a shopping cart in a supermarket aisle.
- KANTOOR** (Office): A modern office building.
- WONING** (Residential): A row of colorful residential buildings.
- LISBAAN** (Ice Skating Rink): An indoor ice skating rink.
- WINKEL** (Retail): A modern retail store interior.
- SCHOOL** (School): A school hallway with students.
- ZWEMBAD** (Swimming Pool): An indoor swimming pool.

**TU Delft**  
Delft University of Technology

# Tuning the supply and demand



TU Delft  
Delft University of Technology

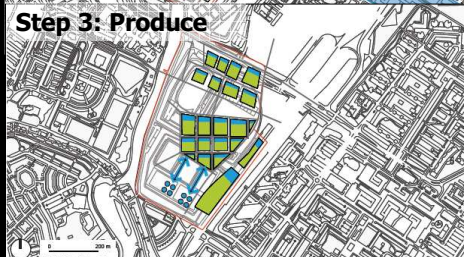
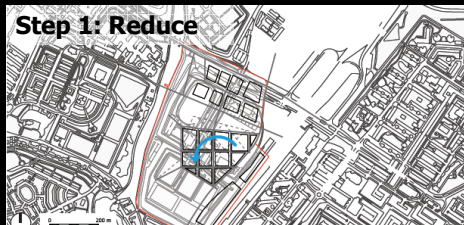
## Correcting plans

(REAP, R'dam/LES, A'dam)



Elzenhage-Zuid  
Amsterdam-Noord

← original plan



# Correcting plans

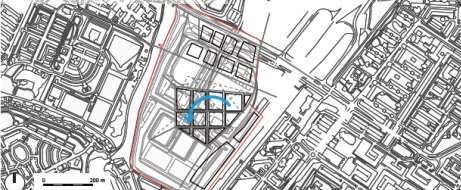
(REAP, R'dam/LES, A'dam)



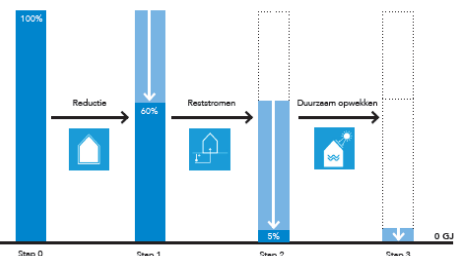
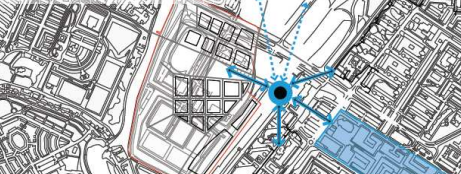
## Elzenhage-Zuid Amsterdam-Noord

← original plan

### Step 1: Reduce



### Step 2: Exchange



# City: from intensive care to intelligent organism

[image: Eric Verdult]

**Optimaliteitschaar is essentieel**  
Op dit moment zijn velen verspreid gebouwen waarin elk gebouw individueel zijn energie verbruik optimaliseert. Als energie die uit het gebouw vrijkomt wordt weggegooid zonder te kijken of iemand anders die kan gebruiken. Door reststromen afvalwater of koude uit te wisselen kan naar richting 50% worden bereikt op het gebruik van primaire energie.

**Veel energie gaat verloren**  
Gebouwen van elektro-energiecentrales wordt soms gebruikt voor opslag van warmte, maar al te vaak wordt de warmte niet gebruikt. Het is daarom belangrijk om de warmte uit deze installaties te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken.

## REAP

REAP (Reststrategie Energiepakket en Planning) koppelt woningen, kantoren, winkels, sportfaciliteiten, scholen en andere functies in wijk en stad aan elkaar om gebruik te maken van elkaar restwarmte en koeling.

**1. Reduceren energieverbruik**  
Bouwkundige maatregelen (bijv. isolatie) moeten het energieverbruik per gebouw 50% minimaliseren.

**Warmtenetwerk**  
Energie uitwisseling kan plaatsvinden door alle gebouwen te verbinden met een netwerk van warmtebuizen. Buurtoverstromen 22 verminderen de vraag en aanbod van energie op elkaar af door warmte op te vangen en te verspreiden. Als hergevoerde technologie is beschikbaar. Warmtepompen 23 en warmtewisselaars kunnen worden ingezet om warmte te controleren aan lauw water om warm water verder op te warmen of juist om het lauw water verder af te koelen (restwarmte omzetten in koude).

**24. Omvormen van energiebronnen**  
Elk gebouw (zonnepanelen, zonnecollectoren, zonnepanelen, zonnecollectoren, zonnepanelen, zonnecollectoren) heeft een eigen verbruik van warmte, koude en elektriciteit. Door de consumptie en overschotten van warmte en koude van alle gebouwen in een wijk te inventariseren, wordt duidelijk waar vraag en aanbod gebouwen op elkaar aansluiten.

**25. Restwarmte uit gebouwen**  
Dit moet alle restwarmte van gebouwen, inclusief warmte van warmtepompen, worden benut, zoals warmtepompen, warmte uit ventilatie of doorwaai.

### Warme eilanden

Het opslaan van restwarmte in gebouwen is noodzakelijk om een voordeel te behouden. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken.

### Energie opties

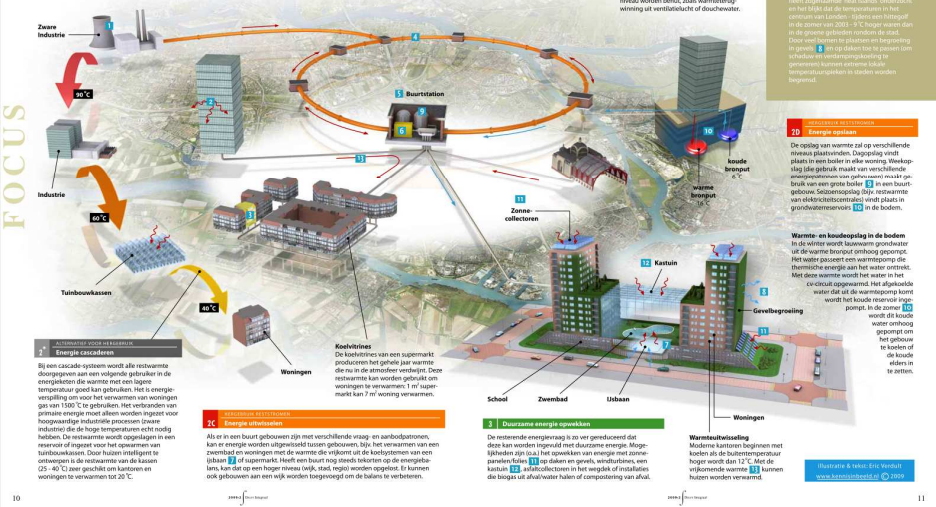
De opslag van warmte zal op verschillende plaatsen plaatsvinden. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken.

### Warme en koudeopslag in de bodem

De bodem wordt gebruikt voor opslag van warmte en koude. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken.

### Warmtehuishouding

Moderne kantoren beginnen met koudere binnenklimaten. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken. Dit kan door de warmte uit afvalwater te halen en te gebruiken.



## Heat is solvable.

- The **natural environment** can function as a source of heat exchange
- The built environment offers abundance of **low-caloric (waste) heat**
- **Contra-patterns** of heat and cold demand can be balanced
- Low-caloric heat can be **inter-seasonally stored** in shallow aquifers
- There is **enough sun per hectare** to provide 636 households with heat
- To bridge seasonal change we can store hot water in **deep aquifers** (>2 km)

## Heat is solvable.

- The **natural environment** can function as a source of heat exchange
- The built environment offers abundance of **low-caloric (waste) heat**
- **Contra-patterns** of heat and cold demand can be balanced
- Low-caloric heat can be **inter-seasonally stored** in shallow aquifers
- There is **enough sun per hectare** to provide 636 households with heat
- To bridge seasonal change we can store hot water in **deep aquifers** (>2 km)

## The problem is electricity.

## Knowing the quantities

### Offices

- Total approximately 100 kWh/m<sup>2</sup> GFA

### Western, luxury households

#### Dwelling (reasonably modern)

- Heat: 1000 m<sup>3</sup> gas = 8.8 MWh<sub>th</sub>
- Electricity: 3500 kWh = 3.5 MWh<sub>el</sub>
- Total: 12.3 MWh (all-electric) ~ 123 kWh/m<sup>2</sup>

Passive House standard:  
15 kWh/m<sup>2</sup>

#### Mobility

- Car: 20,000 km, 8 l/100 km, so 1600 l diesel/petrol = 14 MWh
- With an electro engine 4 x as efficient → 3.5 MWh needed

#### Total household demand in an all-electric society, without savings:

- 15.8 MWh ~ 158 kWh/m<sup>2</sup>

## Energy = space

### Annual yield of a hectare (10,000 m<sup>2</sup>) of land or roof with:

▪ Solar collectors (thermal), just heat	3500 MWh	636 hh <sub>th!</sub>
▪ Solar cells (PV), elektric total	960 MWh	61 hh <sub>tot</sub>
▪ Wind, 2MW turbines	275 MWh	17 hh <sub>tot</sub>
▪ Wind, Turby	12 MWh	0.8 hh <sub>tot</sub>
▪ Biomass, forest maintenance	189 MWh	12 hh <sub>tot</sub>
▪ Biomass, cuttings from woods	47 MWh	3 hh <sub>tot</sub>
▪ Biomassa, cuttings from wetlands	46 MWh	3 hh <sub>tot</sub>
▪ Bio-fuel, rapeseed	110 MWh	7 hh <sub>tot</sub>
▪ Bio-fuel, sugarbeets	330 MWh	21 hh <sub>tot</sub>
▪ Bio-fuel, algae (theoretical maximum)	1780 MWh	113 hh <sub>tot</sub>

**We need every square meter of surface when the fossils are gone!**

## Only three roofs types allowed from now

- **Red: The Energy Roof**
  - Generator of heat and power
  - Rain water collector
  - Reflector and active cooler
- **Green: The Vegetation Roof**
  - Rain water buffer
  - Improver of micro-climates
  - Moderator of temperatures
  - Park landscape for people
- **Blue: The Greenhouse Roof**
  - Generator of heat and power
  - Rain water collector
  - Passive cooler
  - CO<sub>2</sub> buffer and urban agriculture
  - Winter garden and domestic restaurant



**TU Delft**  
Delft University of Technology

## The right ambition: Samsø



## The right ambition: Samsø → energy neutral



Straw plant for heat grid



Samsø Energieakademi



Solar plant for heat grid



**Good luck!**

[a.a.j.f.vandendobbelsteen@tudelft.nl](mailto:a.a.j.f.vandendobbelsteen@tudelft.nl)