

# De toekomst van energie in de gebouwde omgeving

**Jos Lichtenberg**  
oktober 2014

**Homelab 2050**



**TU** / **e** Technische Universiteit  
**Eindhoven**  
University of Technology

**Where innovation starts**

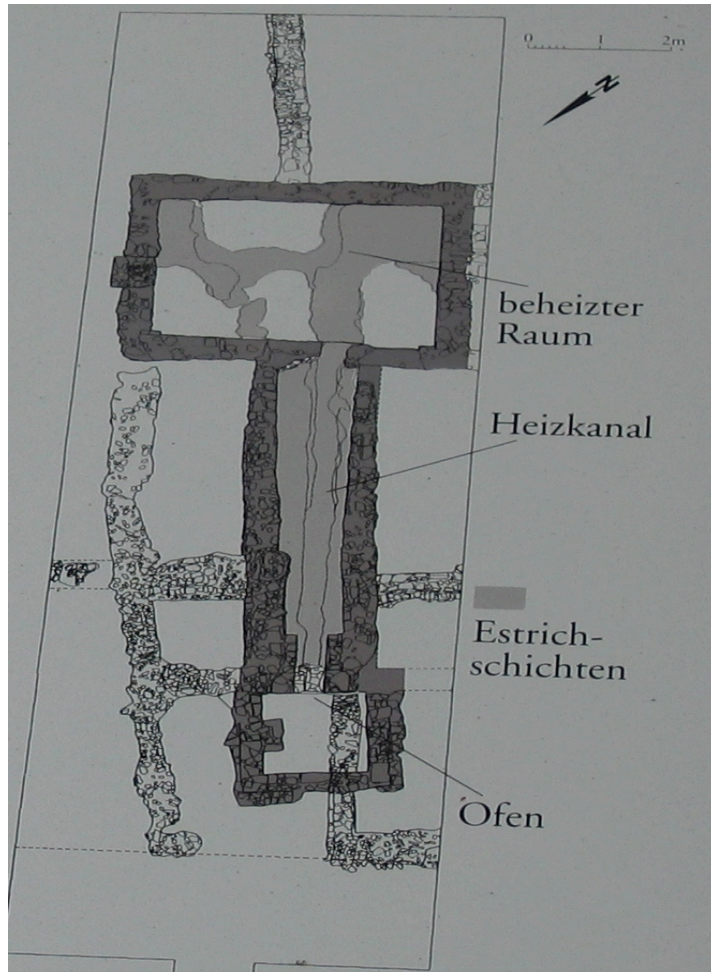
# Energie en comfort 2000 jaar geleden



Vloer- en wandverwarming



# Warmteterugwinning bij de Romeinen





# Trajaanse markt, Rome





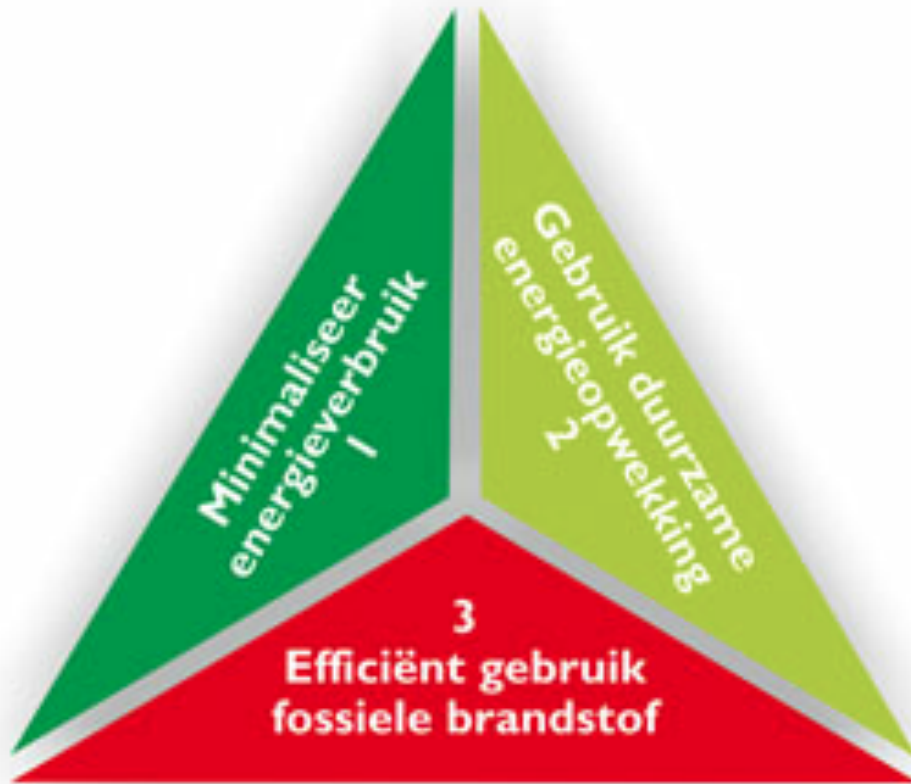
## Inhoud

- De relativiteit van vooruit kijken
- Reductie van energieverlies,
- Decentraal opwekken van energie
- Flexibiliteit
- Gezondheidsaspecten
- House of Tomorrow Today
- De bestaande voorraad
- Economisch perspectief

*Zero-Energy-House, 1974 Campus Technical University of Denmark*



# Trias Energetica, energiebeleid



Energiebeleid met EPC als stuurmiddel

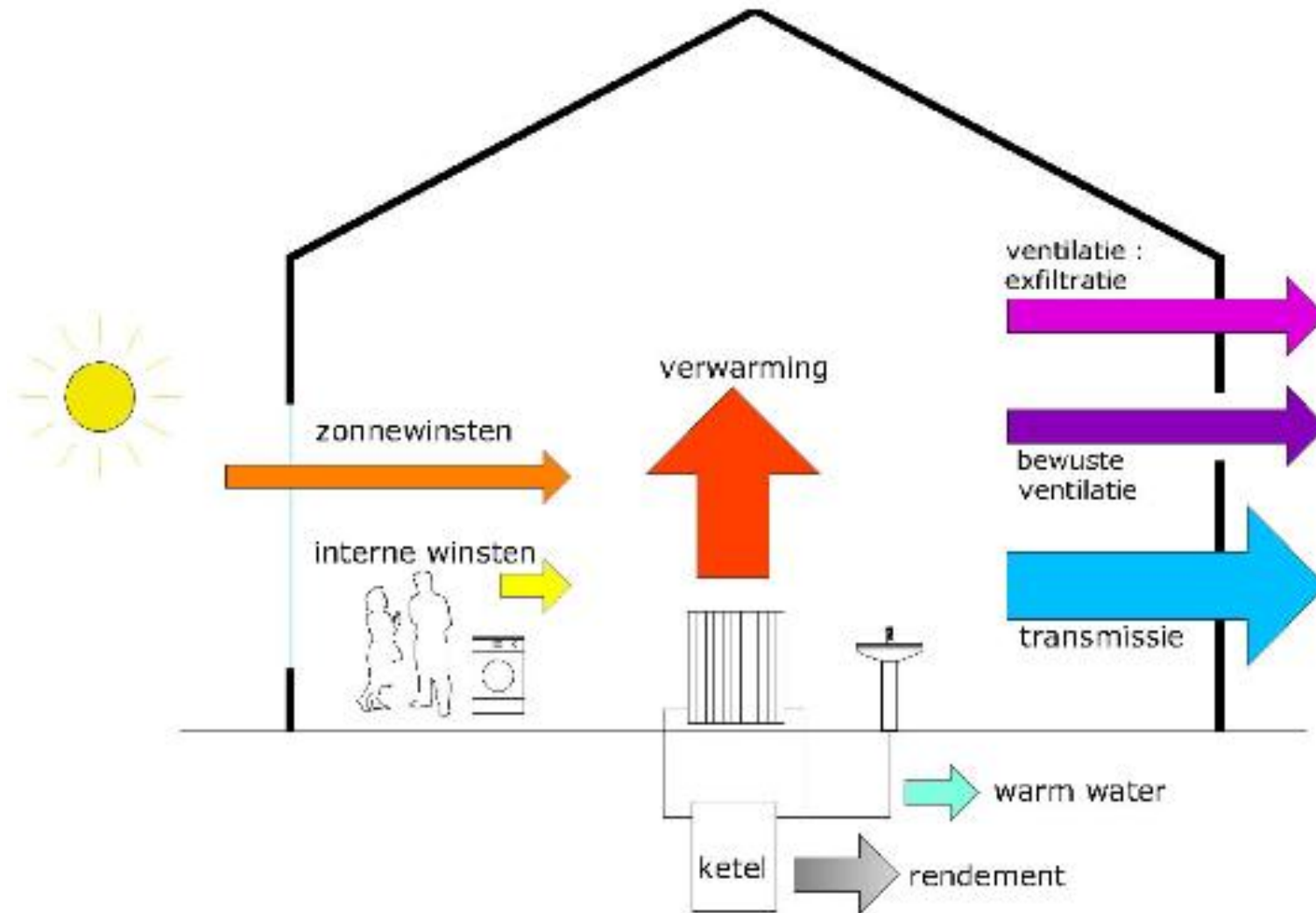
Nu: 0,6

2015: 0,4

2020: 0 (energie neutraal)



# Thermische Energiebalans



# Energiebalans van een woning excl. koeling

In	kWh	Uit	kWh
• Zoninstraling	500	• Transmissie	8.000
• Aanwezige mensen	300	• Ventilatie	4.000
• Apparatuur	450	• Infiltratie	1.000
• Diversen (koken, douchen,..)	150	• Warm water gebruik	3.000
<b>Totaal in:</b>	<b>1.400</b>	• Verlichting, apparatuur	3.500
<b>Te kort: Energievraag</b>	<b>18.600</b>	• Diversen. (o.a. koken, ventilatoren, pompen)	500
	<b>20.000</b>	<b>Totaal uit</b>	<b>20.000</b>



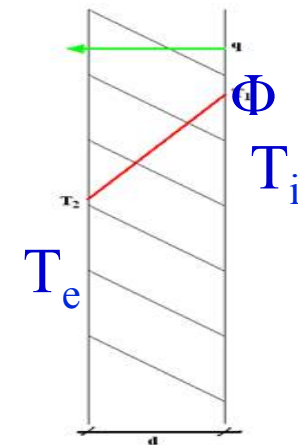
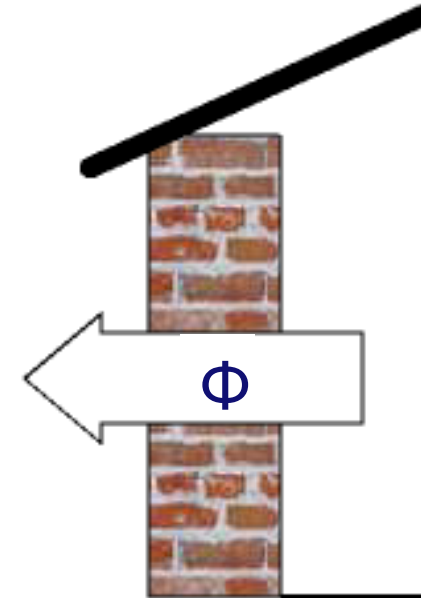
Met een gem. efficiëntie van 80% moet 23.250 kWh worden ingekocht/gegenereerd. Ca. 3.500 kWh stroom en 2.200 m<sup>3</sup> gas



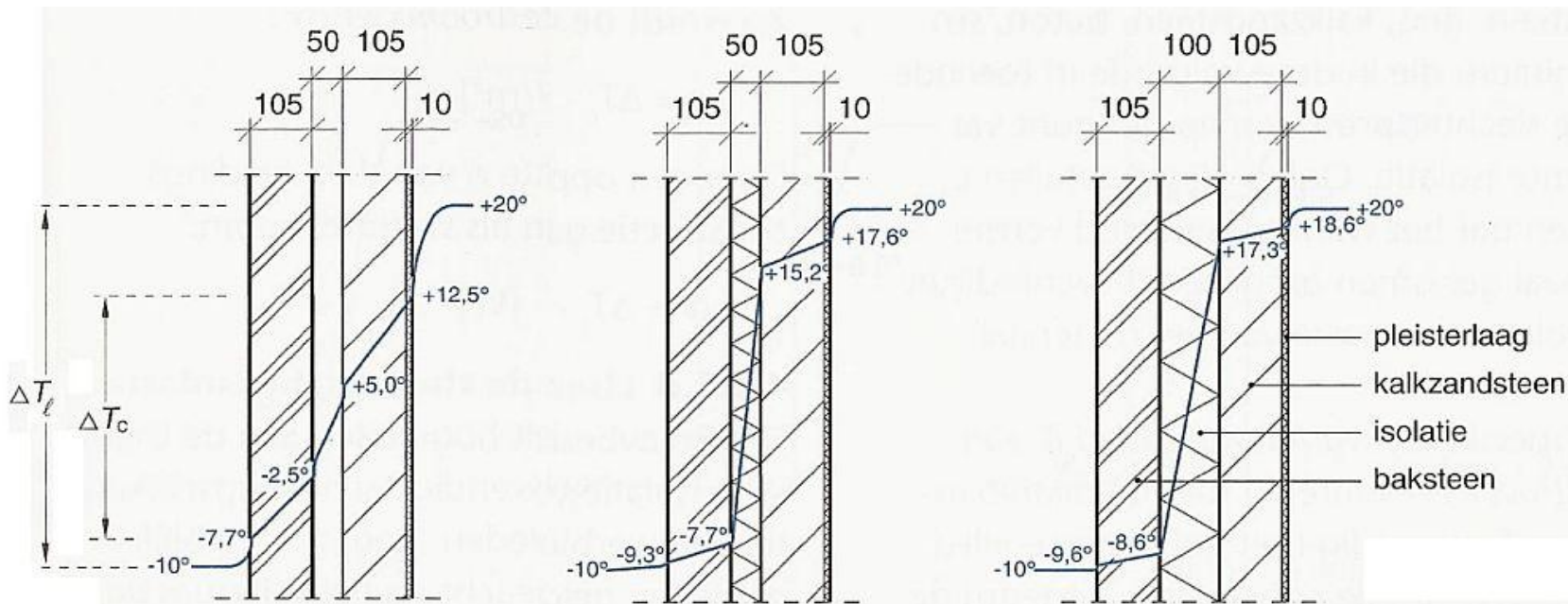
# Transmissieverlies

## Warmtestroom

- $\Phi = U \cdot A \cdot \Delta T$  [W]
- $\Phi$  (of:  $Q$ ) = warmtestroom [W]
- $U$  = warmte transmissie coeff.  $U = \lambda/d$  [W/m<sup>2</sup>K]
  - $\lambda$  (of:  $k$  = warmtegeleidingscoëfficiënt, W/mK)
  - $d$  = dikte van de laag
- $A$  = Oppervlak
- $\Delta T = T_i - T_e$



# Multi layer construction



$$\begin{aligned}
 R_c &= 0,35 \\
 R_\ell &= 0,52 \\
 U &= 1,92 \\
 q &= 57,7
 \end{aligned}$$

1 ongeïsoleerde spouw

$$\begin{aligned}
 R_c &= 1,47 \\
 R_\ell &= 1,64 \\
 U &= 0,61 \\
 q &= 18,3
 \end{aligned}$$

2 geïsoleerde spouw  
met 50 mm isolatie

$$\begin{aligned}
 R_c &= 2,72 \quad [m^2K/W] \\
 R_\ell &= 2,89 \quad [m^2K/W] \\
 U &= 0,35 \quad [W/m^2K] \\
 q &= 10,4 \quad [W/m^2]
 \end{aligned}$$

3 geïsoleerde spouw  
met 100 mm isolatie



# Ventilatie varianten

Afvoer  
 Mechanisch  
 Natuurlijk

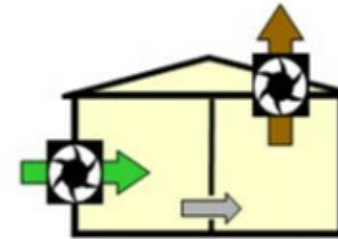
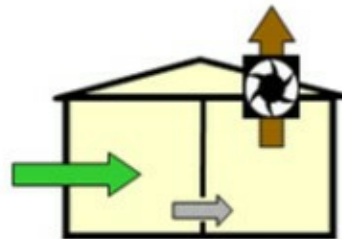
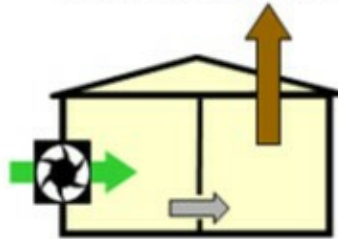
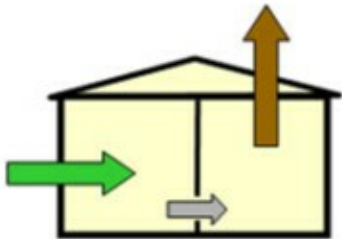
Toevoer

Natuurlijk

Mechanisch

A: natuurlijke ventilatie

B: mechanische toevoerventilatie

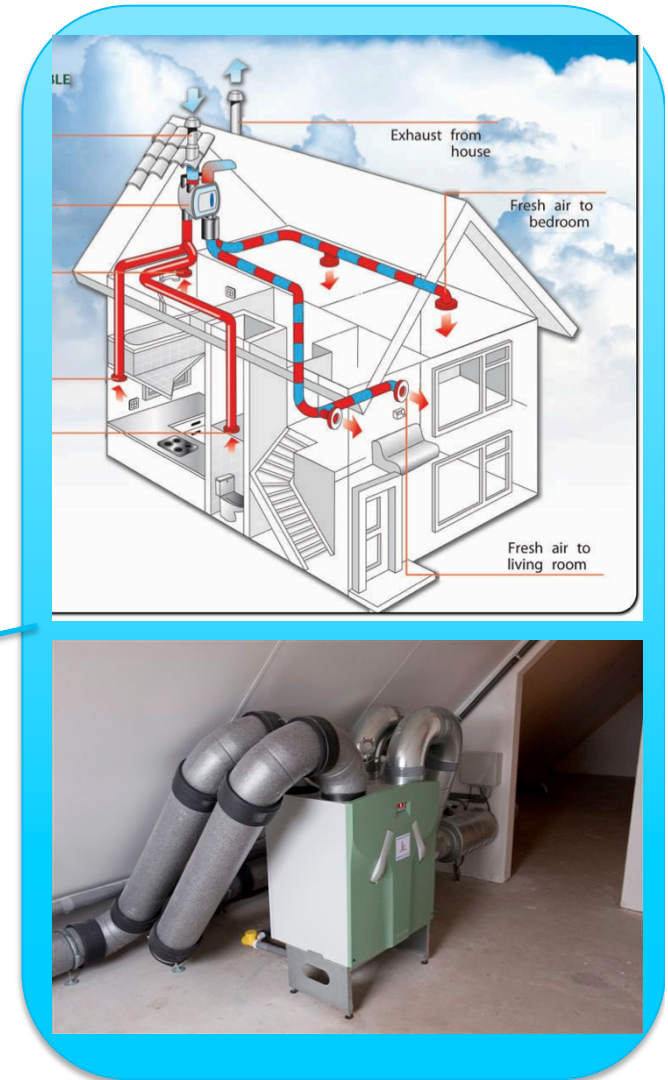


C: mechanische afvoerventilatie

D: mechanische toe- en afvoerventilatie

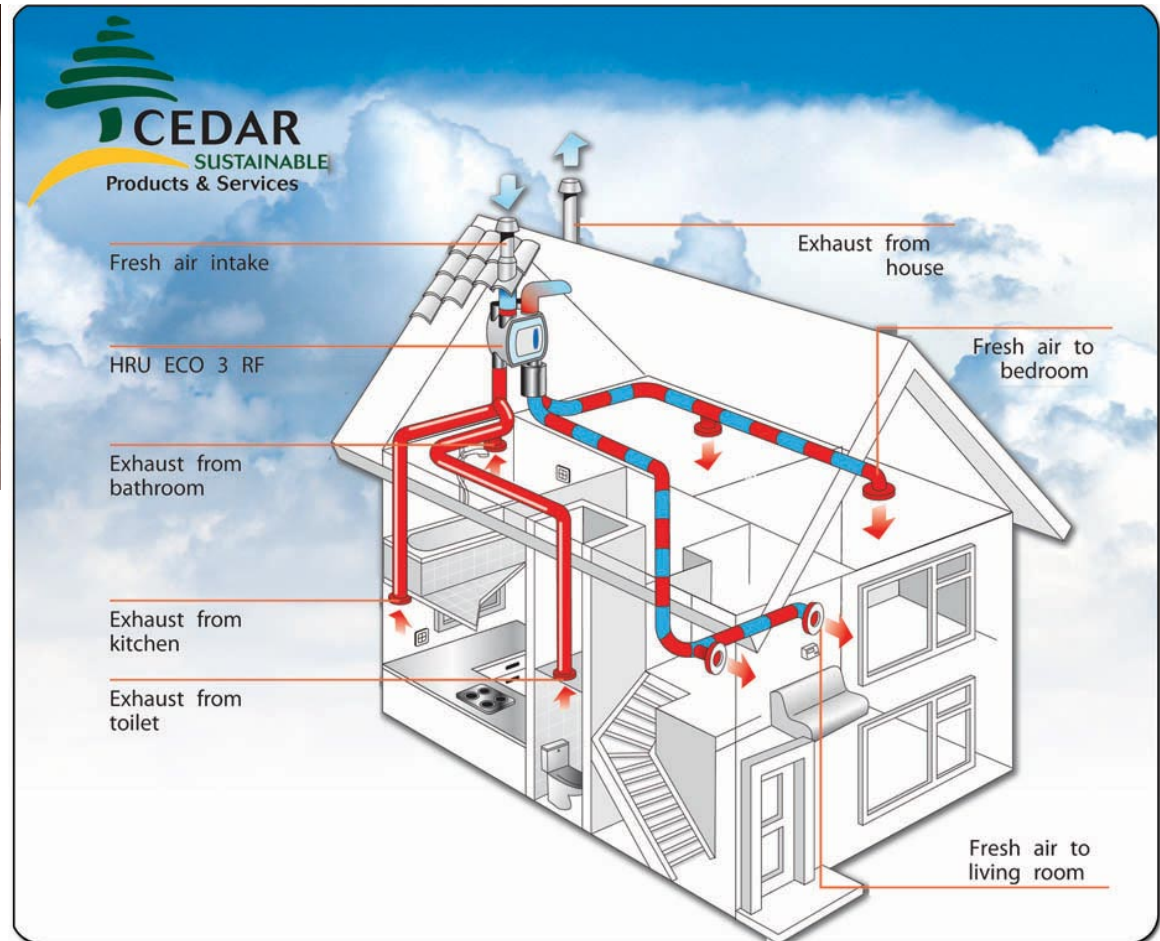
Ongecontroleerd?

Gecontroleerd?



# Warmteterugwinning (WTW)

Efficient bij lage buitentemperaturen ( $T_e < -5 \text{ } ^\circ\text{C}$ )





# Vathorst, Amersfoort



AD

**DIAGNOSE** Een uitgeslap kind geeft het hele gezin

**ENTERTAIN** ouwehoort m

**SPORTWERELD** Feyenooreest doemscenario: zes

PLUS: Marjan Berk, Chris van Nijntten en Ton van

## Kamer eist stop op 'ziek-makend' ventilatiesysteem

Vraagtekens bij 400.000 energiezuinige woningen

AMERSFOORT/DEN HAAG

Het is onacceptabel dat honderdduizenden mensen gezondheidsrisico's lopen door het energiezuinige ventilatiesysteem in hun nieuwbouwwoning. Dat vindt de Tweede Kamer. Minister Vogelaar (Wijken) moet van de Kamer de bouwers aanspaken om het systeem te verbieden.

Branche-organisatie Bouwend Nederland stelt dat het systeem wordt gebruikt om te voldoen aan de steeds strengere energie-eisen, zonder dat onterroek is gedaan naar de gezondheidsrisico's, zegt voorzitter Eiko Brinkman.

Vogelaar en Brinkman reageren op tv-programma *Zembla* van gisteravond. Hierin bestempelde hoogleraar gezondheidsrecht Annelies van Bronswijk de energiezuinige woningen als ongezond. Ze doet op 400.000 woningen met 'balansventilatiesystemen', waarbij afgevoerde lucht de binnenkomende lucht verwarmt en ramen moeten dichtblijven. Ze wil een verbod op dat systeem. Letoelchadevoocaat Martin de Witte is in de Amersfoortse nieuwbouwwijk Vathorst gestuift op 310 huishoudens met gezondheidsklachten. Het gaat om long- en oogontstekingen, astmatische aanvallen en kinderen die aan de beademing moeten.

PvdA, VVD en GroenLinks eisen dat het systeem wordt geschrapt. De VVD wil zelfs een verbod. CDA en SP vinden dat met het systeem niet zoveel mis is, maar dat de bouwbedrijven slecht werk afleveren. Vogelaar moet hen aanspreken, zeggen SP'er Jansen en VVD'er Nepperus. Zij stellen de minister hierover deze week vragen: „Bouwers leggen kleinere kanaal-tjes aan, want dat is goedkoper. Of ze sluiten de afvoer op een verkeerde plek af, zodat het gaat tochten en bewoners het gat afplakken, wat ook niet goed is,” zegt Jansen.

Volgens Brinkman moeten de energiebesparingsrekeningen voor nieuwe huizen omhoog. „En als je iets voor het klimaat wilt doen, kun je je beter richten op isolatiemaatregelen voor oude huizen.”

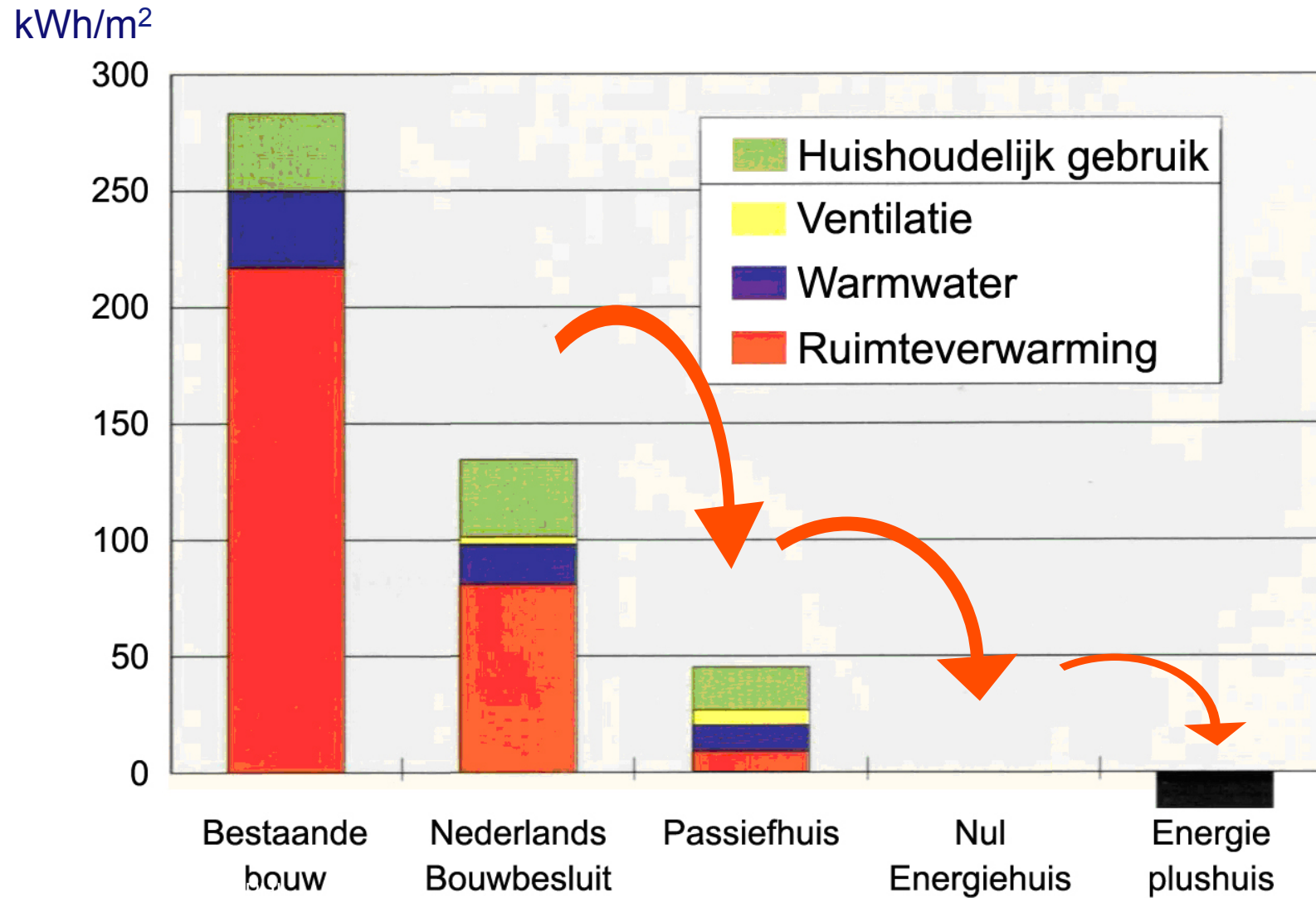
Woordvoester Nyke van der Zee van VROM zegt dat de problemen bekend zijn. Volgens haar is het systeem veilig 'mits het goed wordt aangelegd'. „Zeerder zouden we dat het toezicht beter zou worden. Volgens mij zijn er inmiddels geen gevallen bijgekomen.”

# Luchtdichtheid





# Thermische Energiebalans



# Resume m.b.t. verliesreductie

- Isoleren geen echt issue meer, eventueel slankere materialen
- Beglazing blijft een uitdaging. Zelfs 'Triple glazing' vormt nog een zwakke plek in de omhulling
- Verwarming → LTV (Lage Temperatuur Verwarming)
- Luchtdichtheid?
- Ventilatie natuurlijk of hybride, tenzij in een belaste omgeving, en warmterugwinning dan?
  
- Domotica, intelligente besturing

# Duurzaam genereren

- Wind
- Biobrandstof
- Collectoren,
- PV
  
- WP (lucht of grond?)
- ...



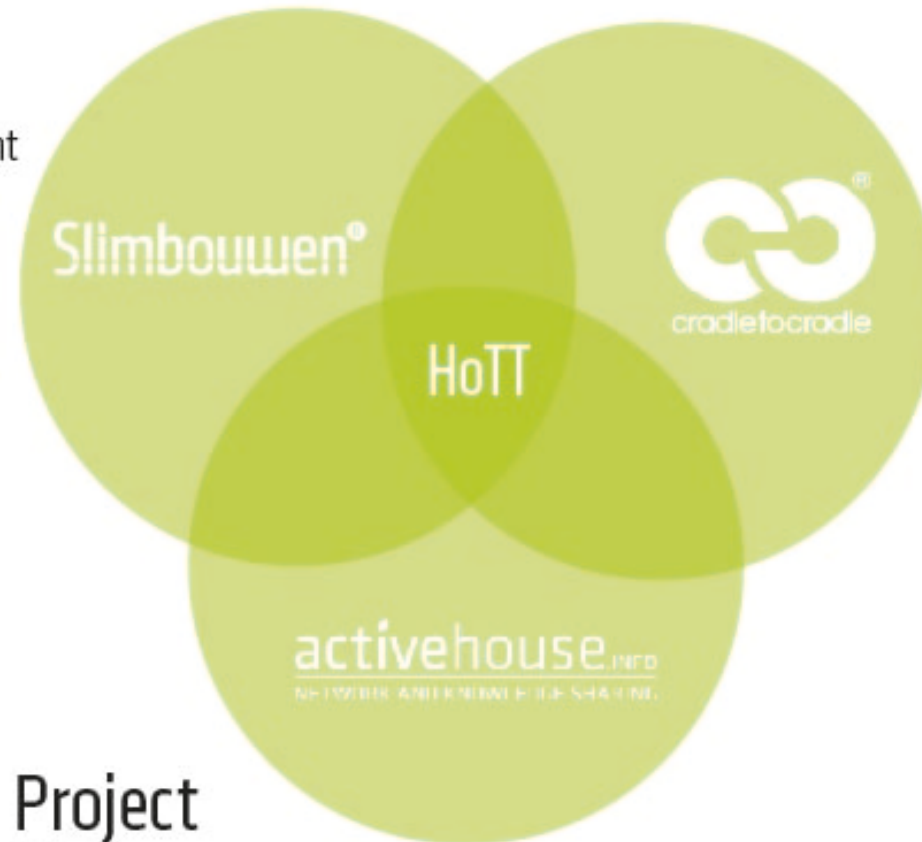
# Integratie?



# Duurzaamheid

## Proces

Flexibiliteit  
Reductie van de Footprint  
Efficiëntie  
Duurzaamheid



## Materiaal

Afvalreductie  
Herwinbaarheid  
Hergebruik

## Project

Gebruiker  
Binnenklimaat (zicht, lucht, licht, Livability)  
Energie, Milieu

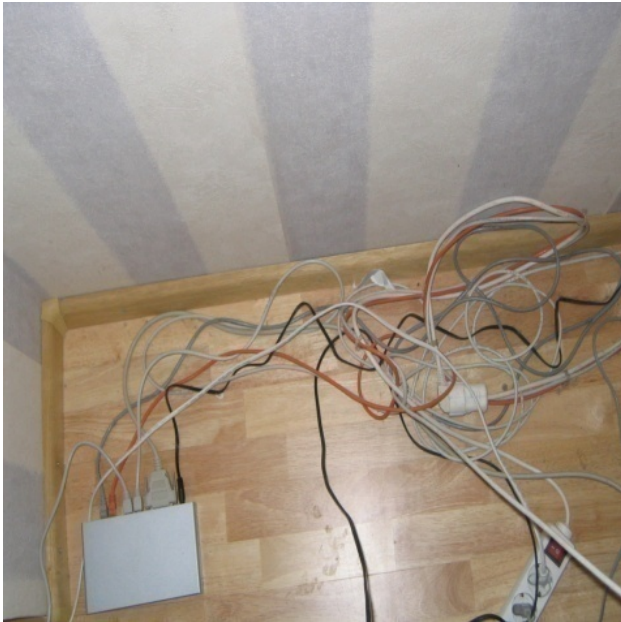


# Het bouwproces in de knoop





# Het bouwproces in de knoop



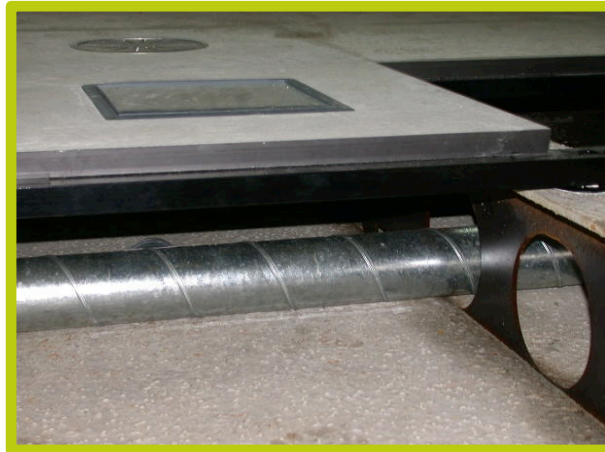
# Het bouwproces in de knoop





# Flexibiliteit

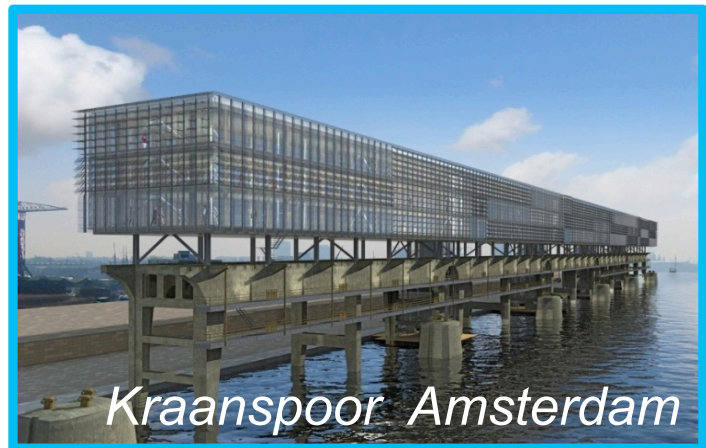
*La Fenêtre Den Haag*



*Rode Haan Delft*



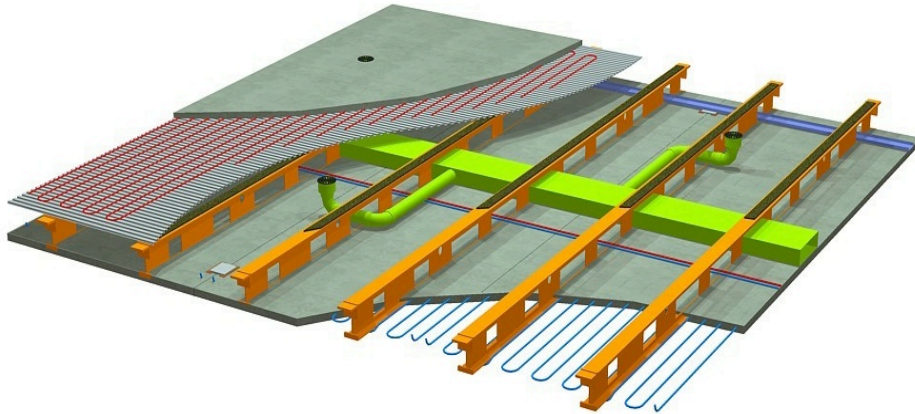
*Kraanspoor Amsterdam*



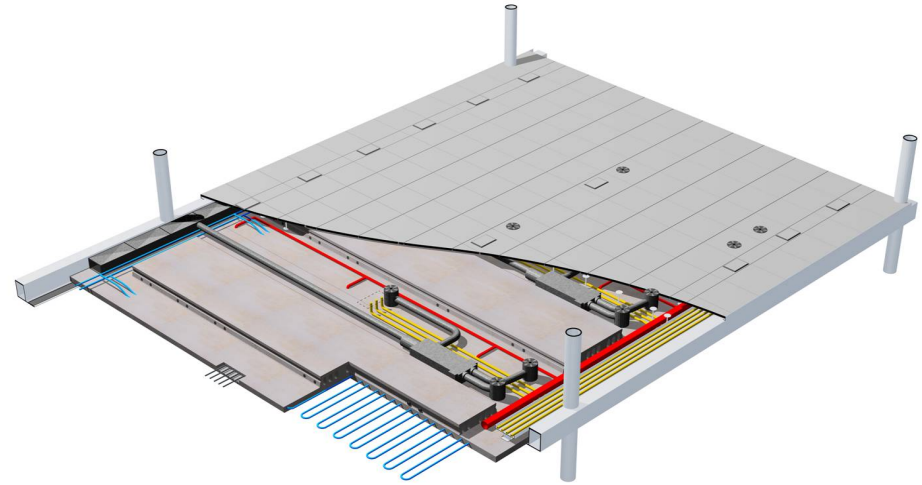


# Flexibiliteit

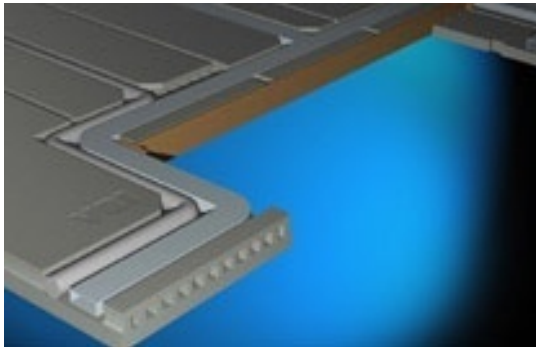
Slimline Buildings



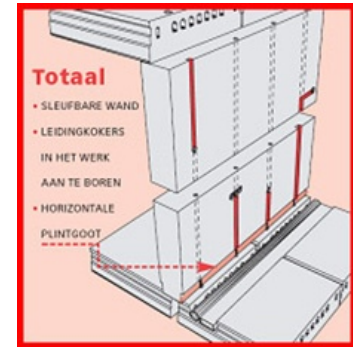
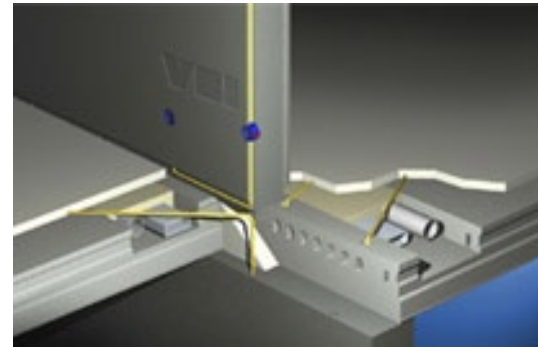
Wingvloer



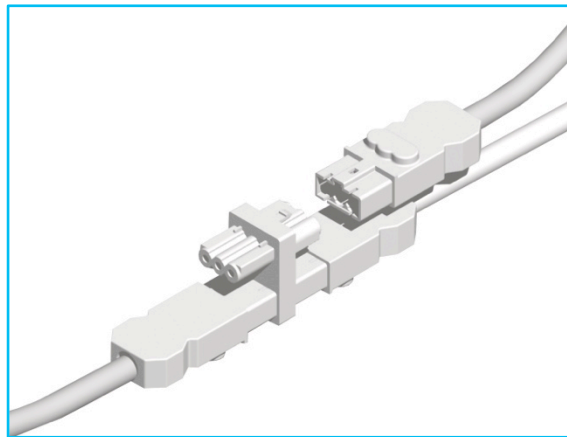
Leidingvloer



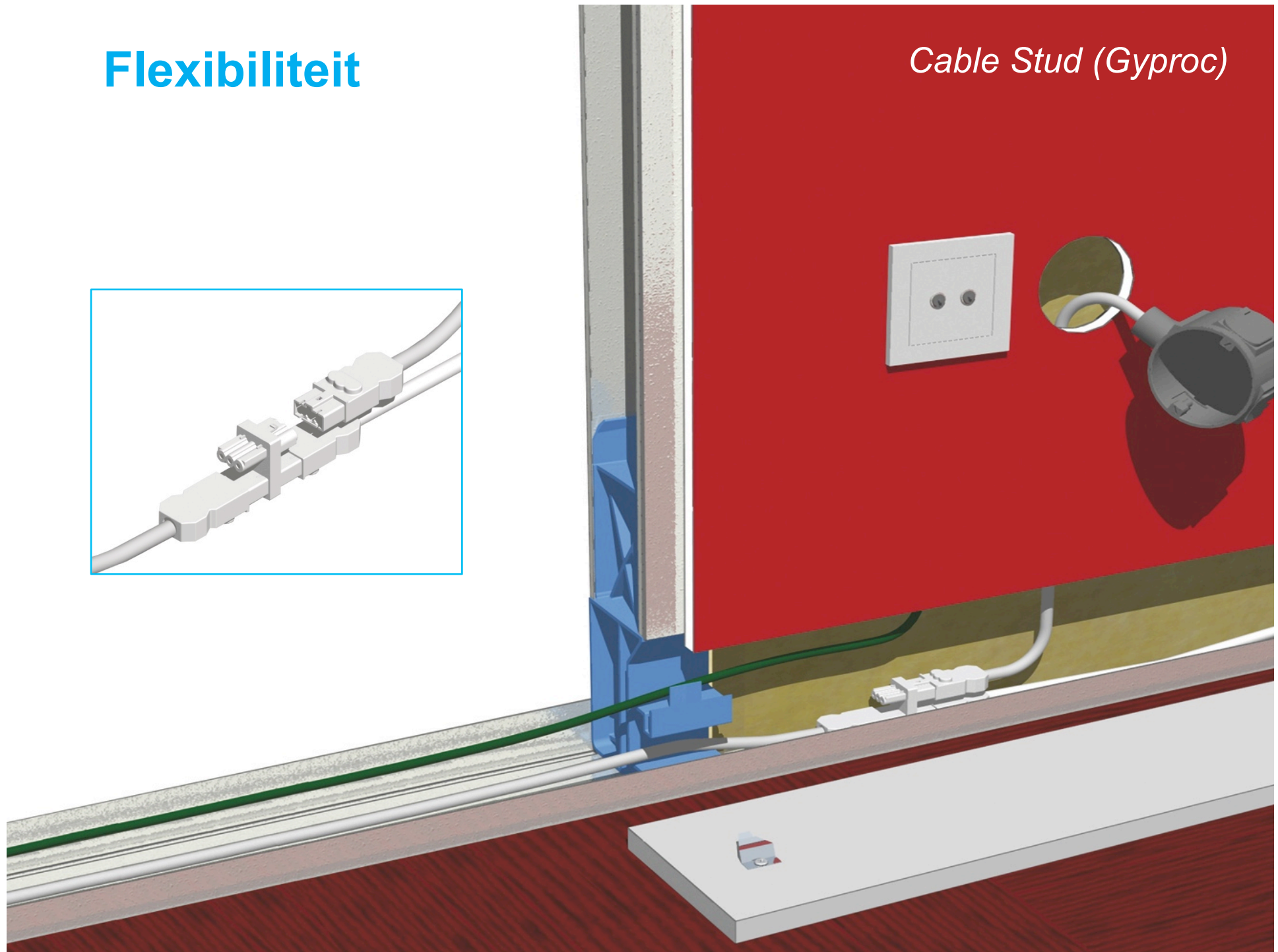
FlexCasco



# Flexibilit it



*Cable Stud (Gyproc)*





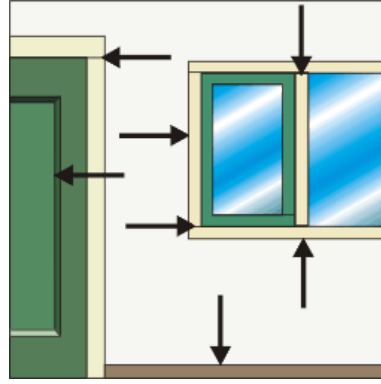
Venco Campus,  
Eersel

SLIMBOUWEN





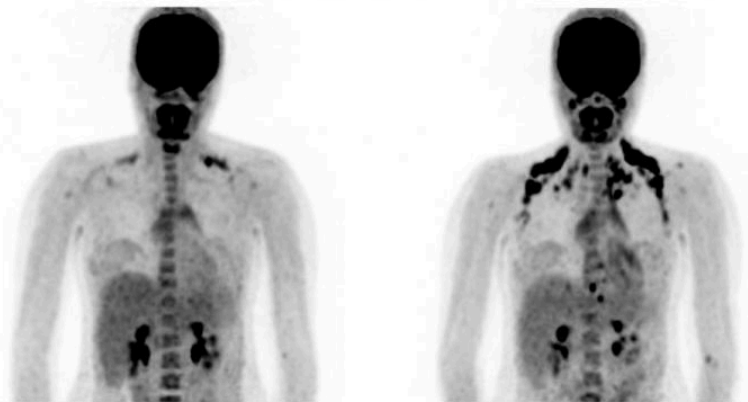
# Gezondheid



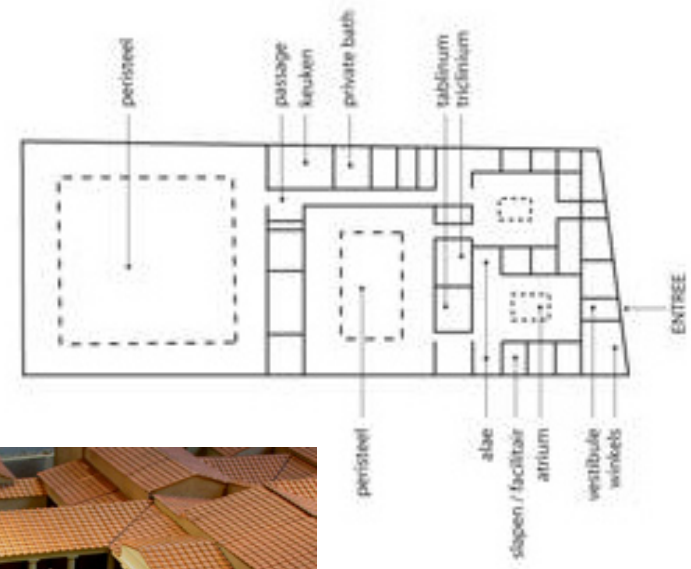
- Minder tocht en energiebesparing, maar....ook:
- Verhoging van de RV, vluchtige stoffen, CO<sub>2</sub> concentratie
- Toename van organismen zoals schimmel en mijt
- Toename van Astma, allergieën en longaandoeningen. Tevens toename vermoeidheid, concentratieproblemen en prestatieverlies;

# Gezondheid

- Er is bewijs dat de leerprestatie van leerlingen op school tot 15% kunnen worden verhoogd door een gezond binnenklimaat (TNO);
- Er zijn sterke indicaties dat licht de (mentale) gezondheid positief beïnvloedt (NRC)
- Met een ventilatie op twee maal bouwbesluit zou het aantal astma patiënten worden verminderd met 60%, COPD patiënten met 30% en longkanker patiënten met 13% (Bron: Francesco Franchimon 2009)
- Gebouwen kunnen actief bijdragen aan de gezondheid o.a. door ziektes te genezen (diabetes; Van Marken Lichtenbelt, 2014)



# Romeinse stadswoning



## Romeinse Stadswoning Atrium voor licht en lucht





# House of Tomorrow Today

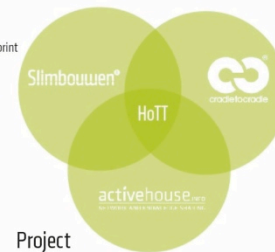


KAW/e architecten



## Proces

Flexibiliteit  
Reductie van de Footprint  
Efficiëntie  
Duurzaamheid



Materiaal  
Afvvalreductie  
Herwinbaarheid  
Hergebruik

## Project

Gebruiker  
Binnenklimaat (zicht, lucht, licht, Livability)  
Energie, Milieu

# House of Tomorrow Today

## Duurzaamheid onderwerpen

**15.000 kWh (daalt naar 12.000 kWh)** opwekking per jaar met **PV panelen**; **6 collectoren** met voorraadvat;  
**Luchtwarmtepomp** voor verwarmen en koelen en warm tapwater;  
**Natuurlijke geautomatiseerde ventilatie (met winter backup)**  
Daglicht- en zontoetreding met **geautomatiseerde zonwering**;  
Combinatie Triple glazing (dak) / HR++ (gevel);  
Schil: Dak, gevel en vloer  $R_c=6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ ;  
**Beperking infiltratieverlies** (absolute luchtdichtheid is geen doelstelling);  
**Gestuurd op comfort (Active House)** o.a.:

- Natuurlijke Ventilatie, Thermische schoorsteen / nachtkoeling;
- Thermisch comfort (LTV resp. HTK);
- Koken (en haard) op biogas;

Breeam score: Outstanding, er volgt een GPR assessment  
Jaarverbruik van 9.500 kWh incl. 1.500 kWh biogas  
**Overschot van 4.000 kWh** voor elektrisch rijden (=25.000 km p. jr.);  
**Reserve 3.000 kWh**;  
Materiaal reductie 600 kg/m<sup>2</sup>, resp. duurzame alternatieven



# House of Tomorrow Today

## Innovaties

**Bouwmeesterrol** en Slimbouwen proces (An-Archi / KAW / ZBO)

**Aorta** (ZBO, Cementbouw-CRH-SCC, vVonderen, Heuvelmans)

**Plintsystemen** (Gyproc, Cable Stud, ZBO)

**Steelframe prefabricage, momentvaste knoop** (DNN, Leeframe, Gyproc, Isover)

→ **Daglichtontwerp en dakramen onderdeel van ventilatie** (Velux)

**Beeksteen en lichte mortel** (Arbo / CRH, Weber Beamix, GB)

**Gietvloer** met LTV/HTK (Weber Beamix)

→ **Beglazing met isolerende spacer** (Saint-Gobain, glass solutions)

→ **Dakafwerking** (Renolit, Rockwool, DNN)

→ **PV installatie** (Alius)

→ **Warmtepomp** (Thercon, AGO)

→ **Domotica** (ABB, Timmers)

→ **Ventilatie** (DUCO Ventilation & Sun Control)

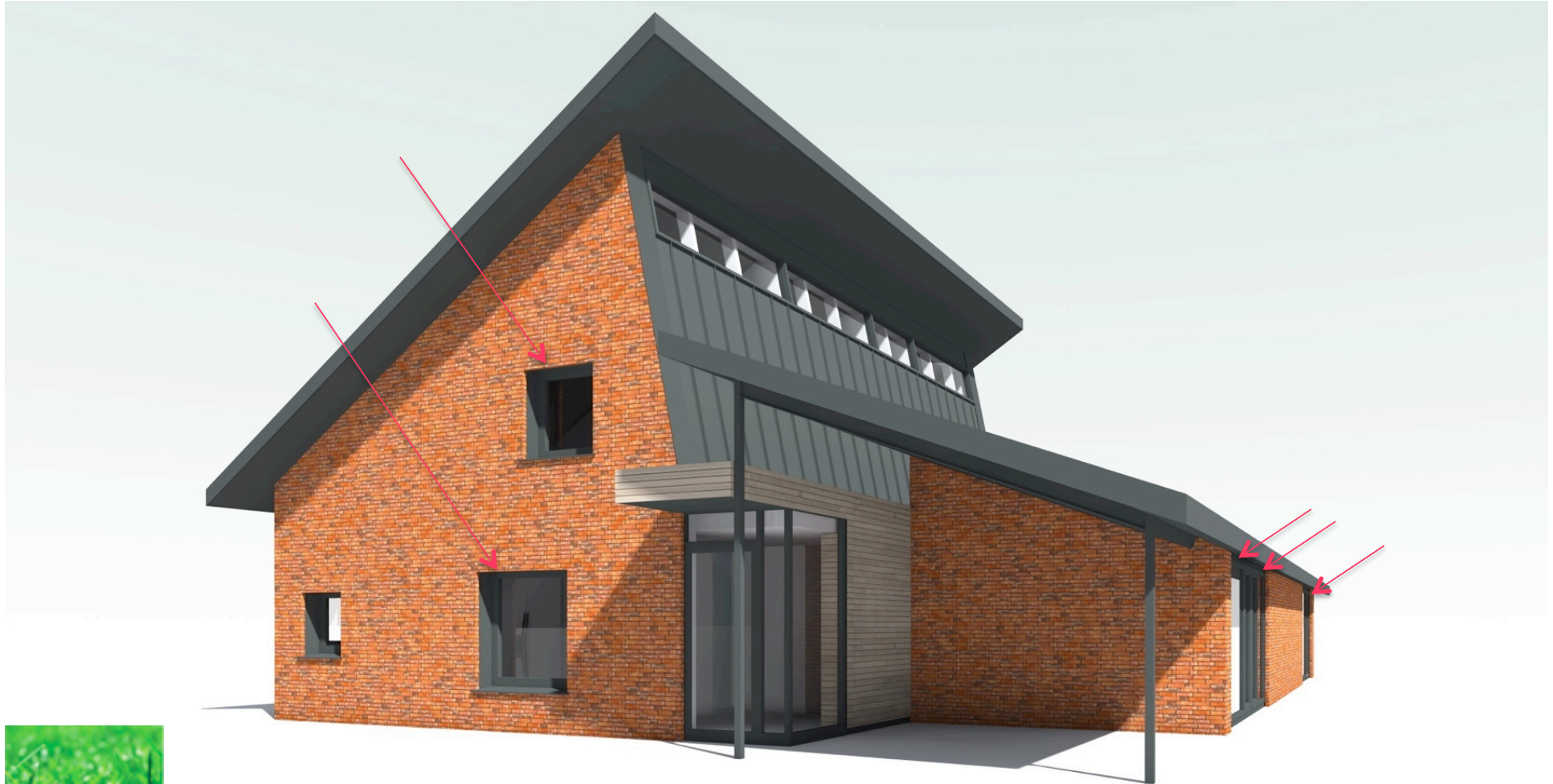
→ **Zonwering** (CRH AVZ-Smits-Somfy)

**Magnetische coating en finishing** (De Magnetic Company)

**Slimbouwen: Flexibel, Reductie materialen, Efficiëntie, Duurzaam**  
(FRED)

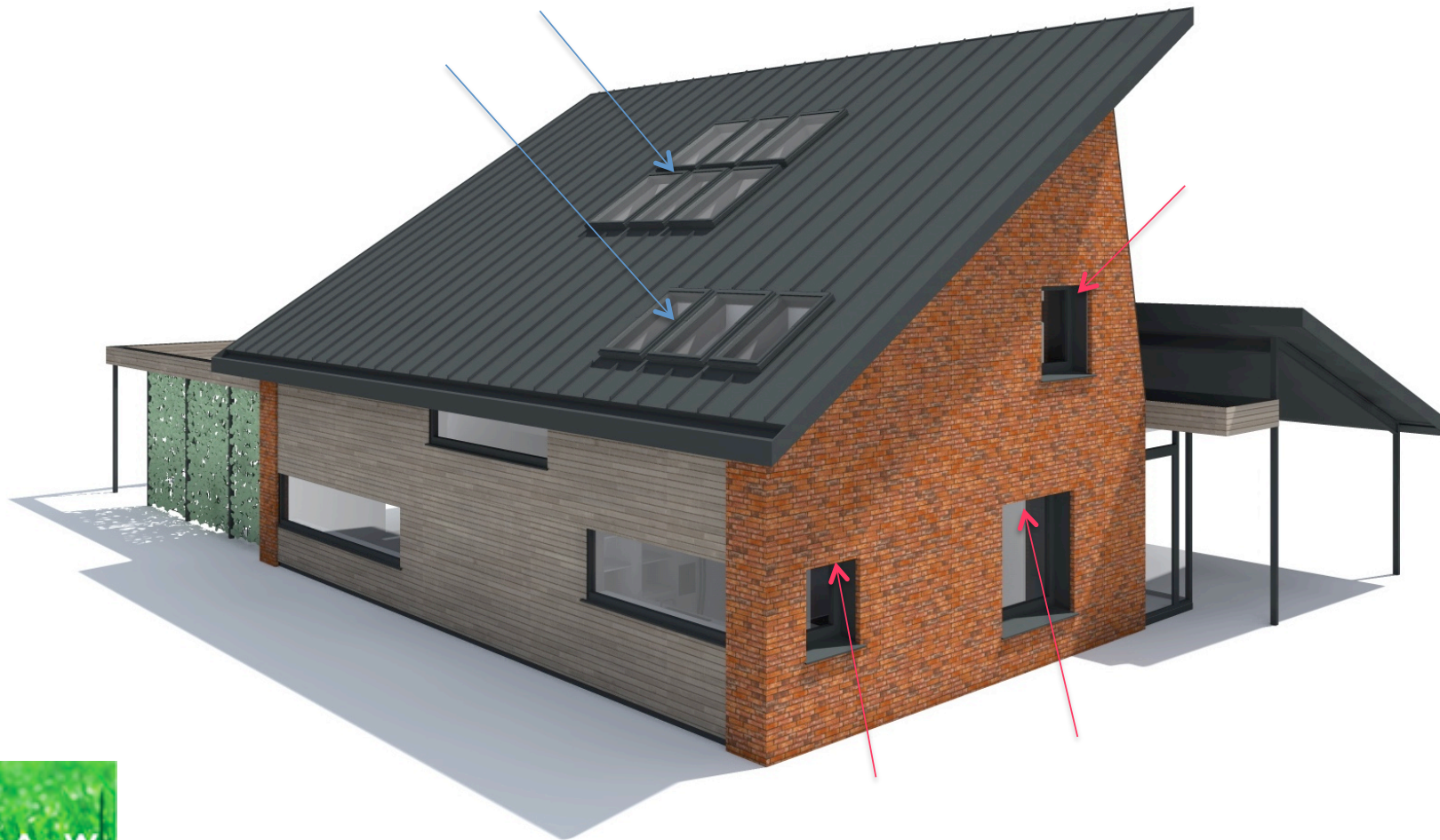


# House of Tomorrow Today

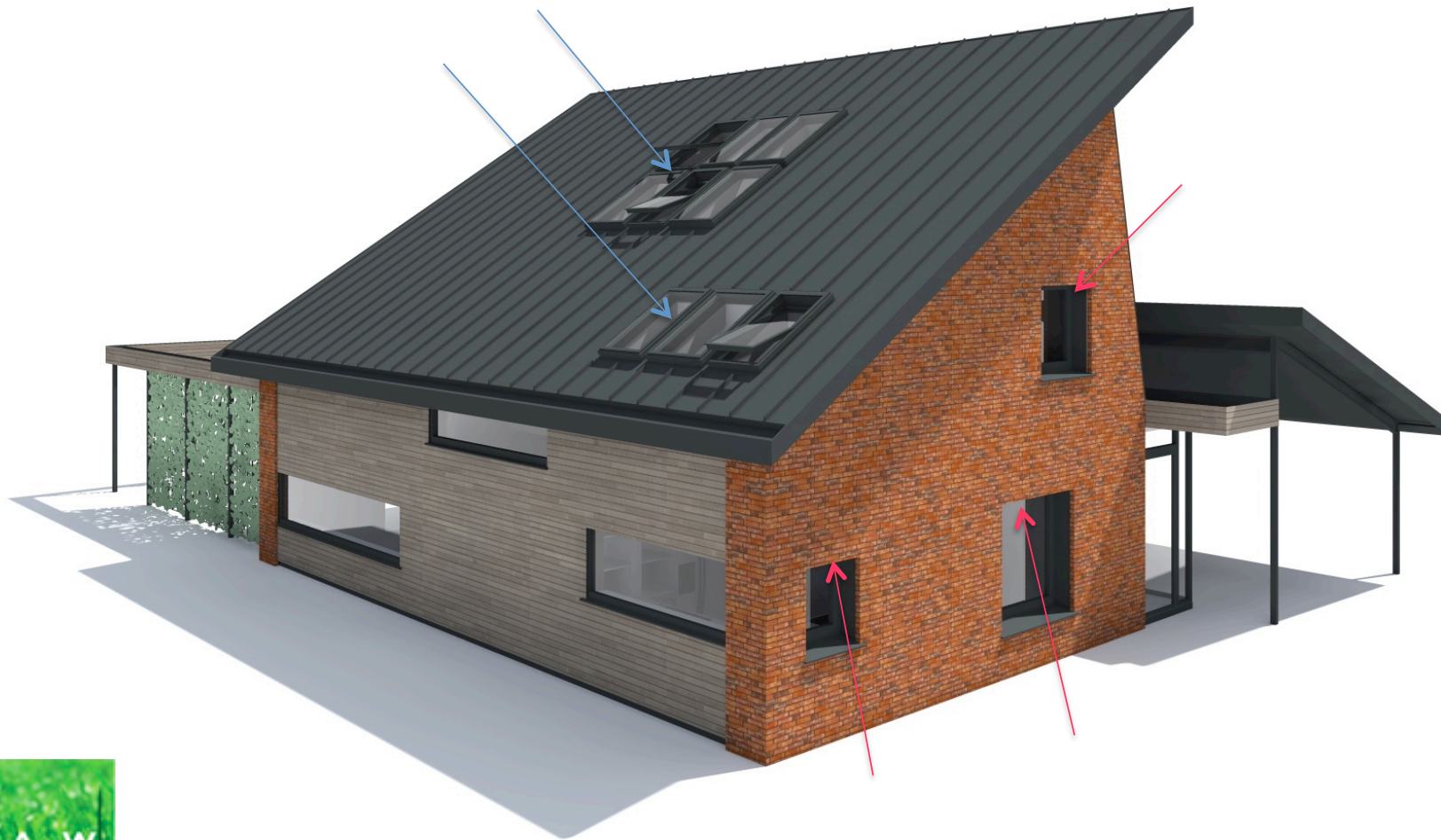




# House of Tomorrow Today

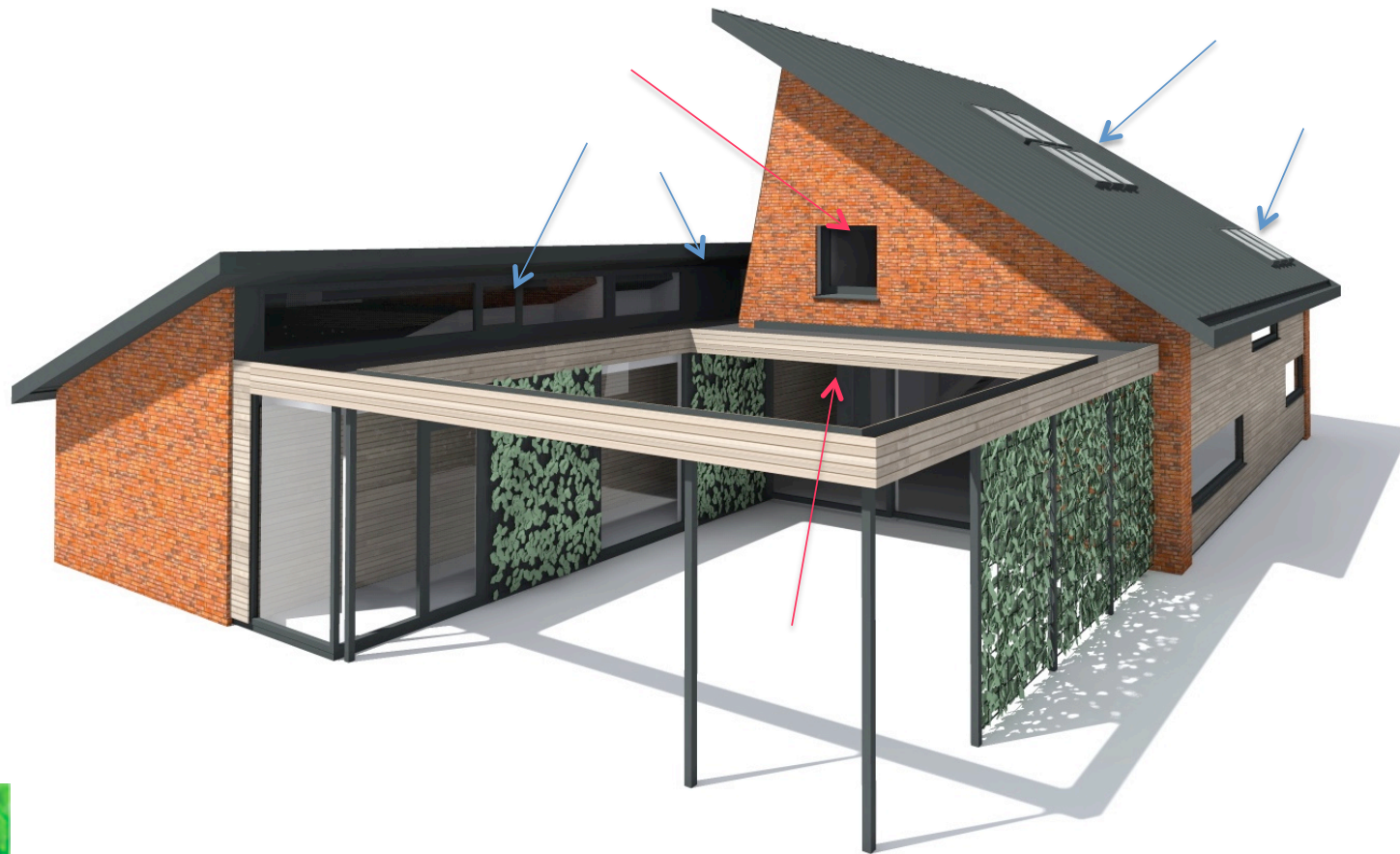


# House of Tomorrow Today





# House of Tomorrow Today



# House of Tomorrow Today





# House of Tomorrow Today









# House of Tomorrow Today



## Energie productie:

Photo Voltaïsch (PV)

> 12 MWh (eindrendement)

## Energie gebruik:

Verwarming (warmtepomp) 3 MWh

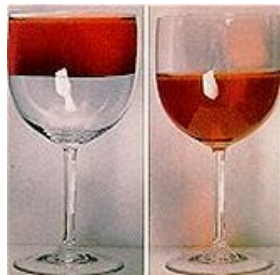
Koelen (warmtepomp) 2 MWh

Huishoudelijk gebruik 3 MWh

8 MWh

## Energie overschot (elektrisch rijden)

> 4 MWh (> 25.000 km/jr)



Investering in energiereductie

Terugverdientijd (winst € 5,000,-/jr)

Waarestijging 5 x jaarwinst

Terugverdientijd o.b.v. Invest. -/- waarde

Today

€ 45.000

9 jr

€ 25.000

4 jr

+ 50%

€ 45.000

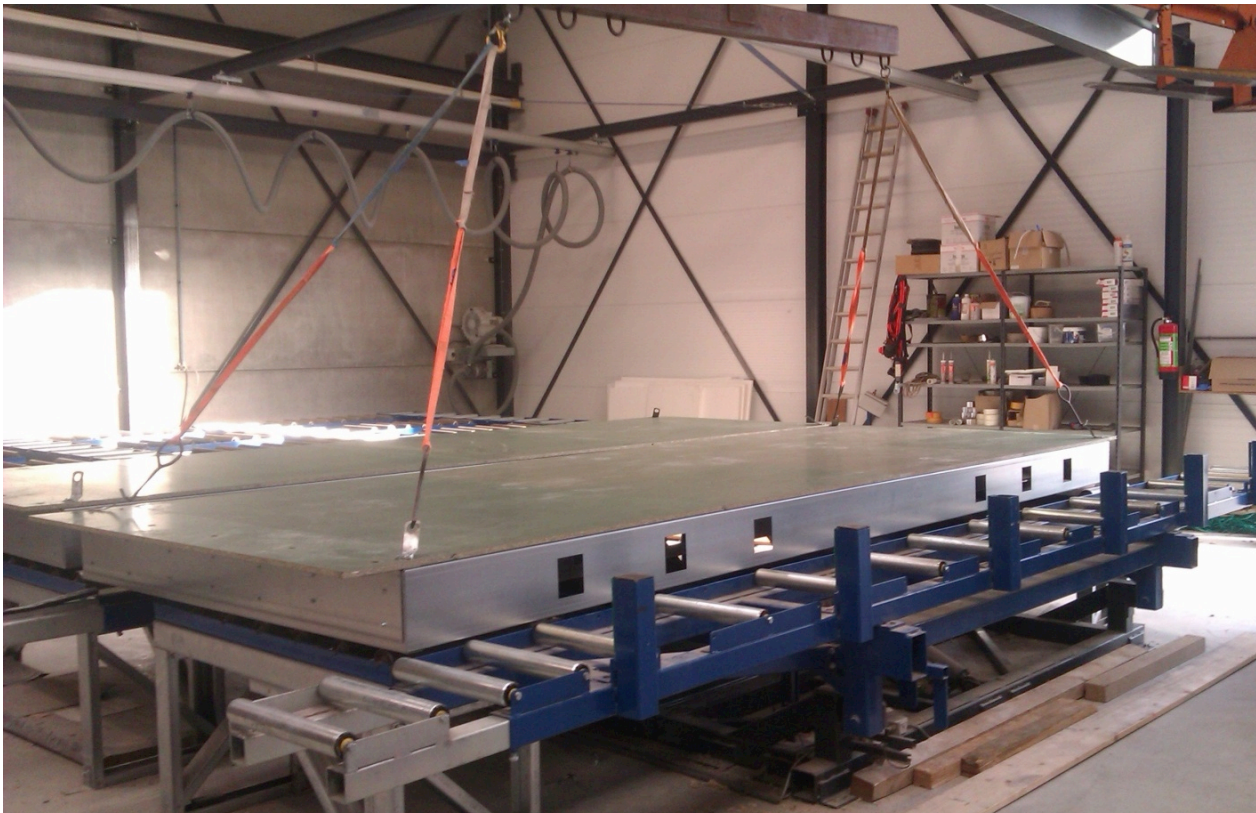
6 jr

€ 37.500

1 jr



# House of Tomorrow Today





# House of Tomorrow Today





# House of Tomorrow Today





# House of Tomorrow Today





# House of Tomorrow Today





# House of Tomorrow Today





# House of Tomorrow Today

## Onderzoek / Ontwikkeling

- Slimbouwen proces
- Energie
- Comfort/gezondheid
- Duurzame technologie

Externe middelen  
(via Slimbouwen)

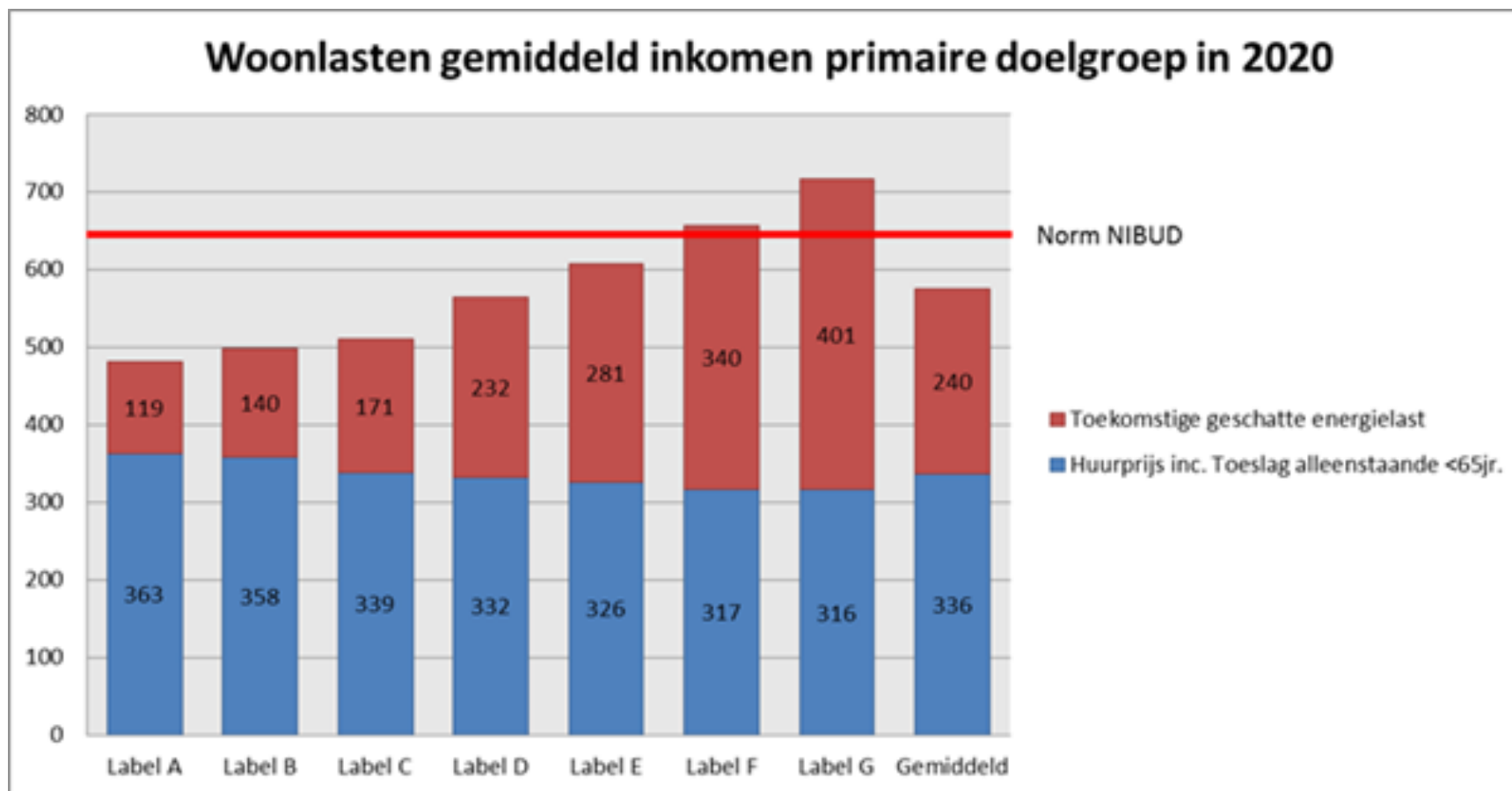
- MIT (topsectoren)
- IPC, twee tranches
- Europese regelingen
- ...

DOEL:  
Opschalen naar:  
Reguliere woningbouw (HoTT community)  
Renovatie  
Andere markten



26 november  
HoTT Excursie  
ActiveHouse & Slimbouwen

# Energie als onderdeel van woonlasten





# Situatie 2050

Nederlandse Woningvoorraad 7.000.000 stuks

We bouwen 40.000 woingen per jaar,

Dat zal richting 70.000 gaan

Dan nog doen we er 100 jaar over voor we de huidige voorraad hebben vervangen.

Indien we ook met noodzakelijke uitbreiding rekening houden is dat meer dan 150 jaar.

In 2050 staat dus nog 75% van wat er vandaag staat

Conclusies:

- Aandacht bestaande voorraad
- Wat we nu bouwen moet goed zijn, of flexibel zijn en daarmee voorbereid op beter

# Energiepotentie woningbouw

Rekening houdend met gestapelde woningbouw heeft Nederland 200-300 mio m<sup>2</sup> geschikt dakoppervlak

Per woning 5000 – 6000 kWh met verbeterd rendement (van 15 naar 30%) is dat 10.000-12.000 kWh per woning,

Dat is meer dan nodig is voor

- huishoudelijke gebruik,
- warm tapwater,
- voor een warmtepomp voor verwarming en koeling
- Alsmede voor
- 10.000-15.000 km elektrische auto km's



# Vragen ?



Ik ben voor vragen bereikbaar:  
[J.J.N.Lichtenberg@gmail.com](mailto:J.J.N.Lichtenberg@gmail.com)

zie ook:

[www.slimbouwen.nl](http://www.slimbouwen.nl)

[www.activehousenl.info](http://www.activehousenl.info)

[www.actiefbouwen.eu](http://www.actiefbouwen.eu)