

Energie en exergie in de gebouwde omgeving

Door Sabine Jansen (TU Delft)

7 April 2015



Homelab 2050, serie 4:

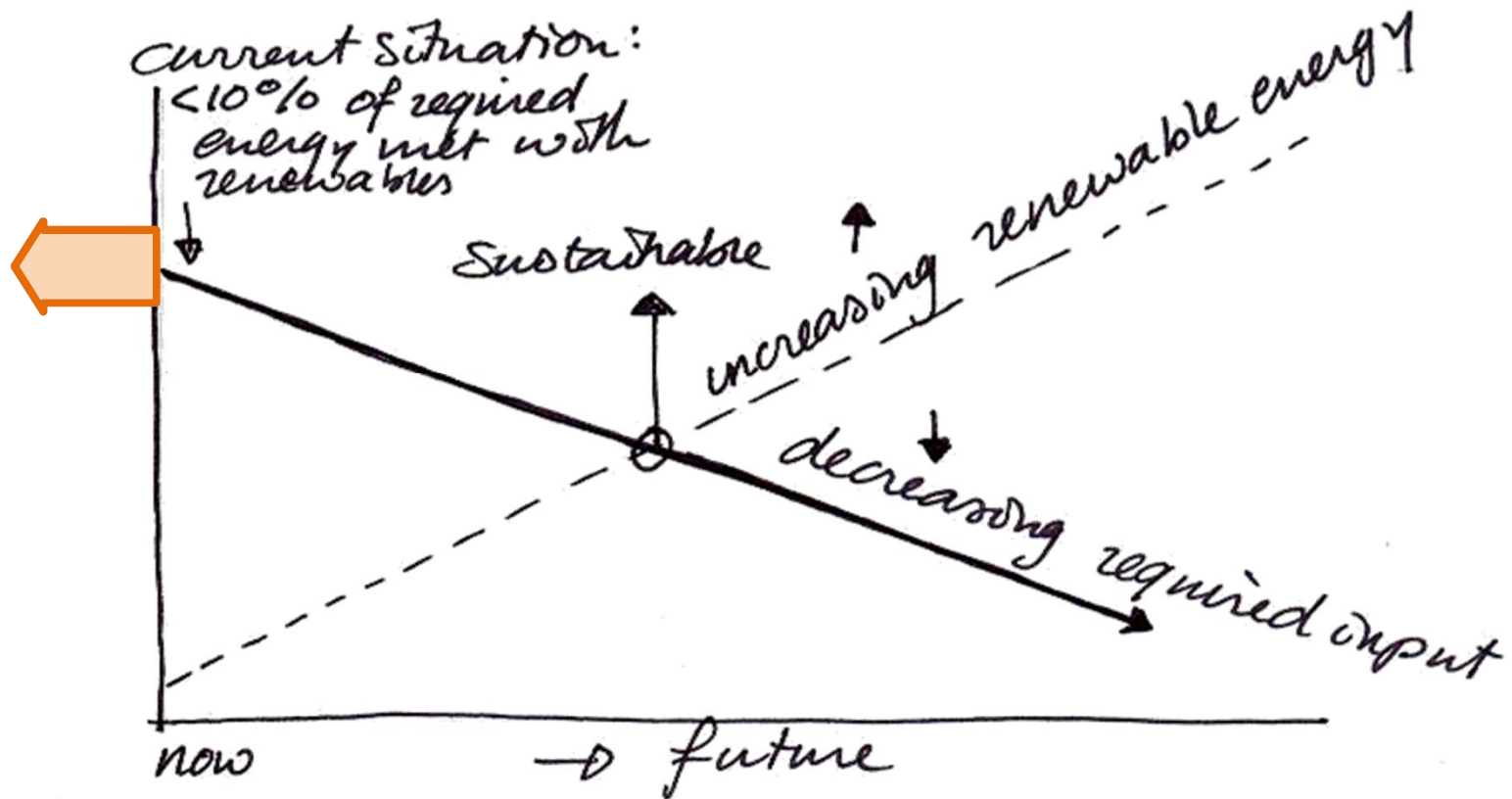
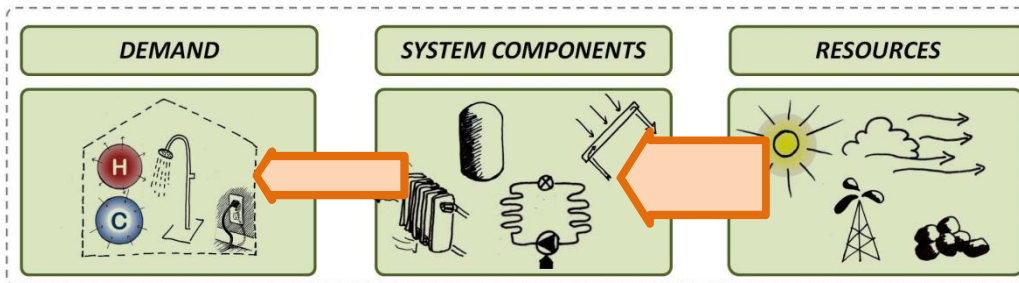
“Optimaal gebruik van beschikbare energiebronnen”

Exergie voor de gebouwde omgeving

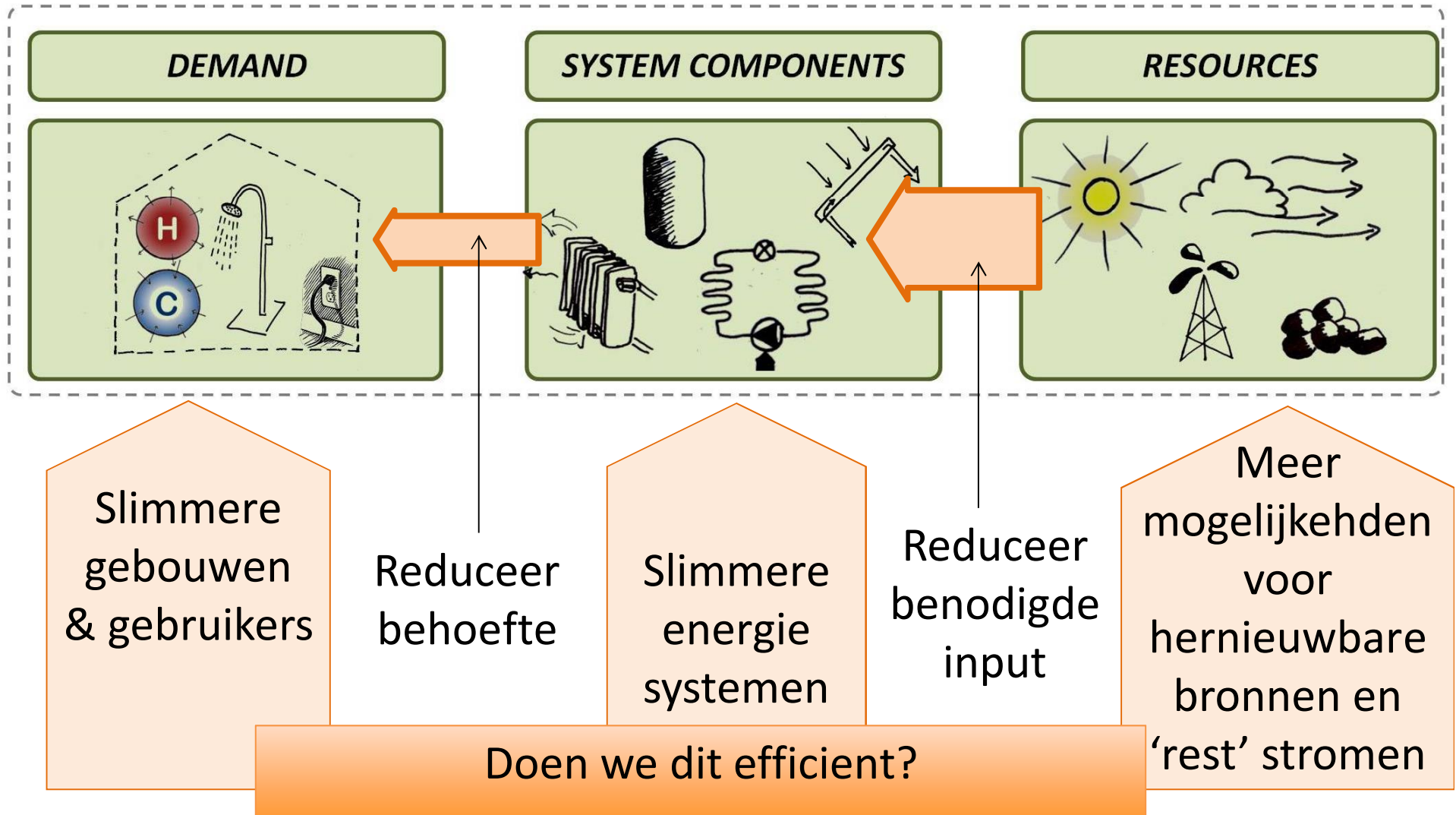
Statements

- 1) Energie efficiëntie is een onzin waarde**
- 2) 'Net zero energy' bouwen is niet genoeg**
(en niet omdat ze netto energieleverend moeten zijn)

Naar een duurzame energievoorziening



Naar een duurzame energievoorziening

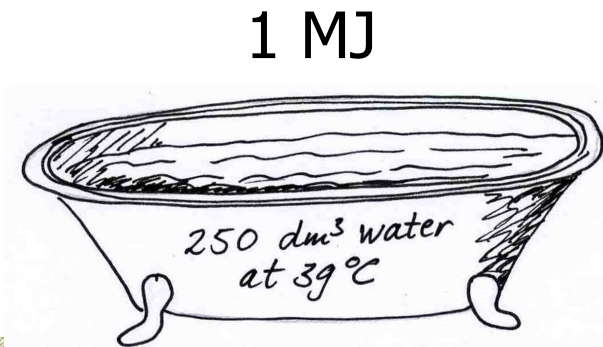


Naar een duurzame energievoorziening

Waarom energie efficiëntie een onzin waarde is...



1 MJ

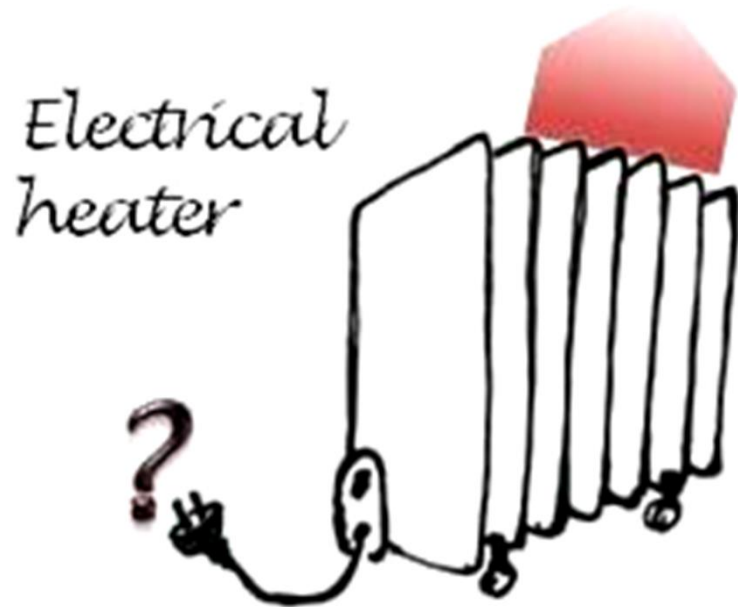


1 MJ

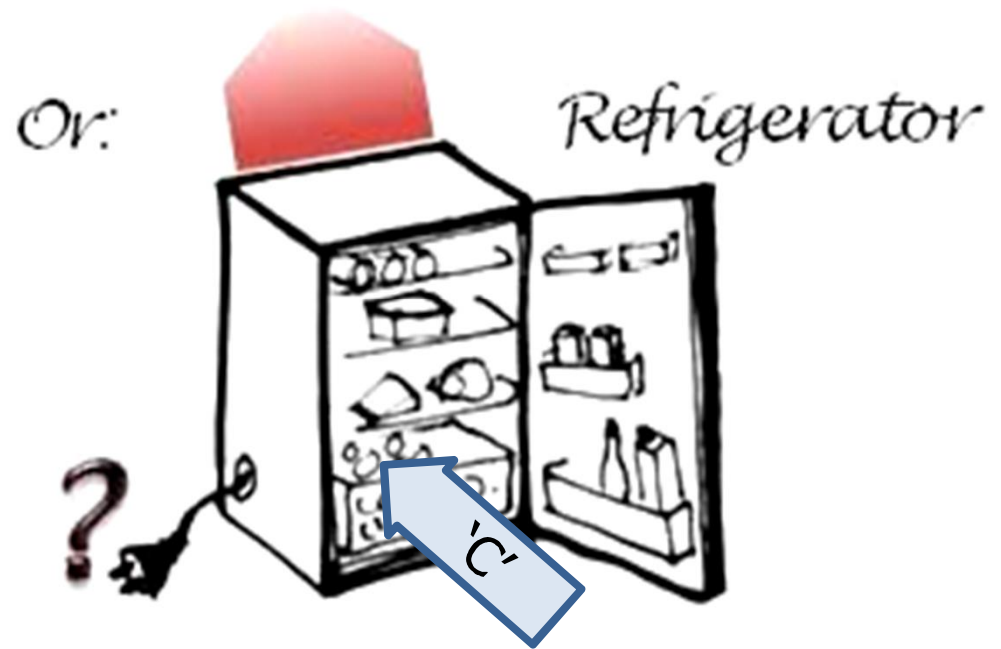


Welk apparaat is efficiënter om uw woning te verwarmen ?

Wat zegt 100% efficiënt dan?



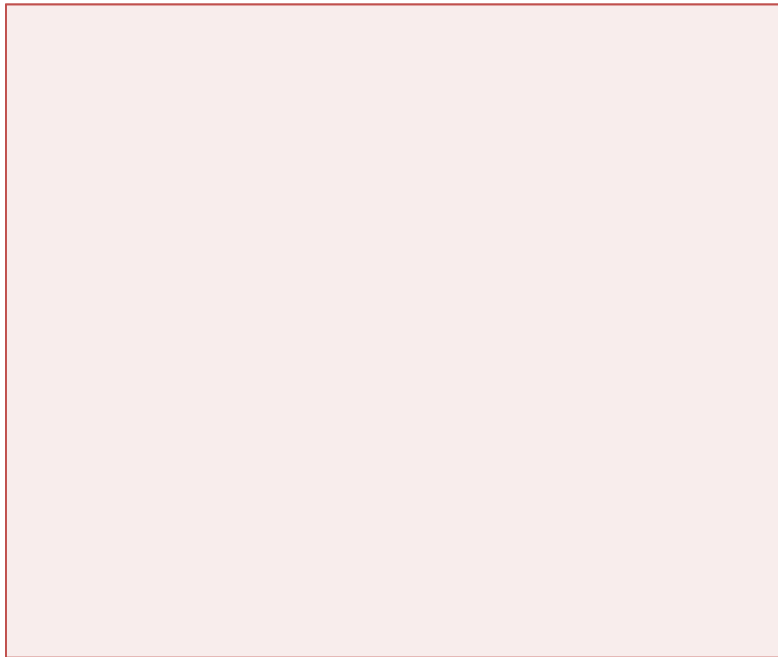
$$\eta = \frac{1}{1} = 100\%$$



$$COP(" \eta ") = \frac{\text{warmte}}{\text{elek}} > 100\%$$

Wat is exergerie ?

Exergerie is de 'maximale hoeveelheid arbeid' die je uit een hoeveelheid energie kunt halen door deze in evenwicht te brengen met de omgeving

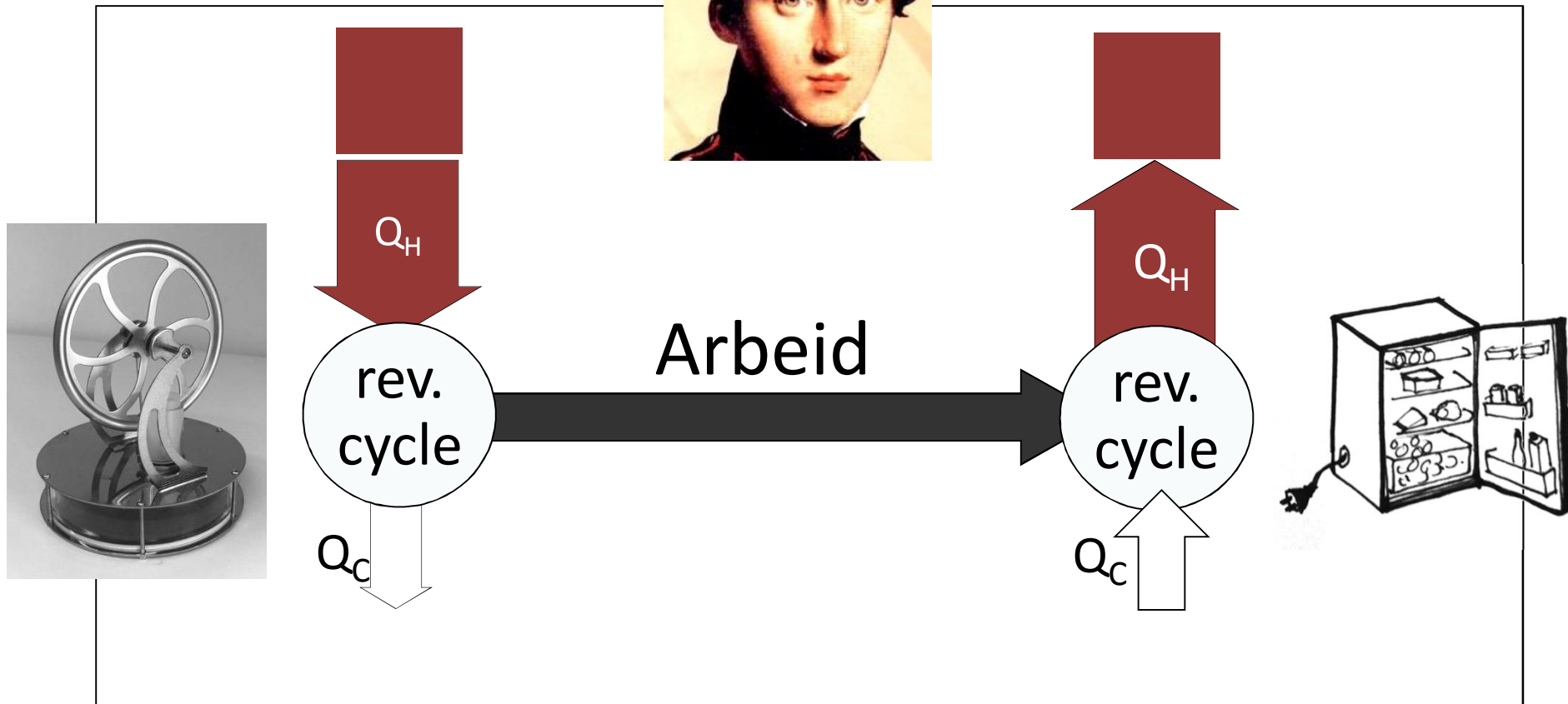


Ideale motor vs ideale warmtepomp

Carnot rendement



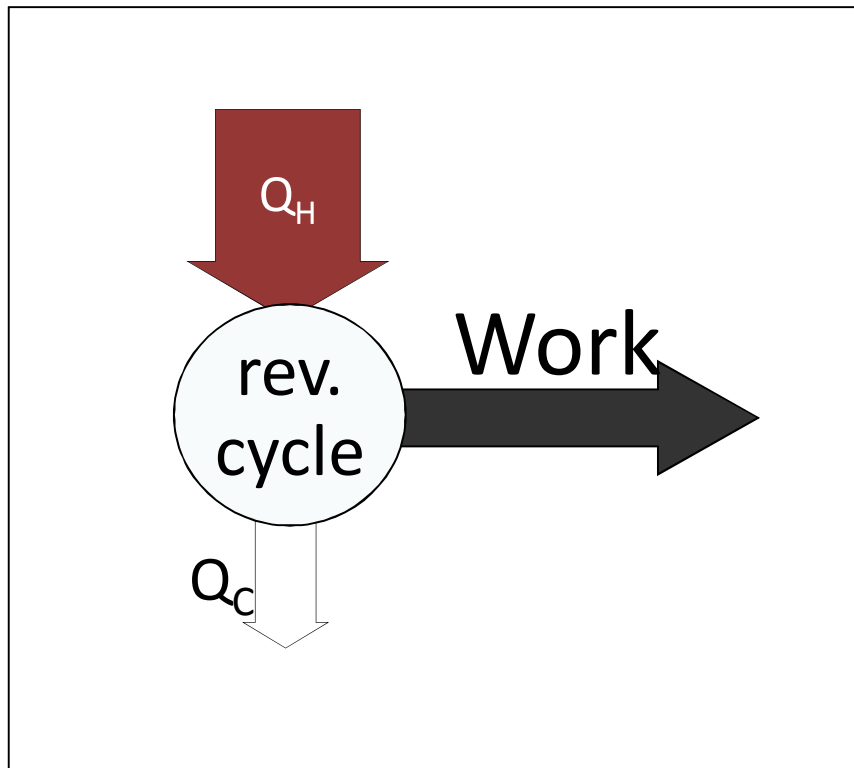
Carnot COP



CARNOT



Engine



1^e hoofdwet $W = Q_H - Q_C$

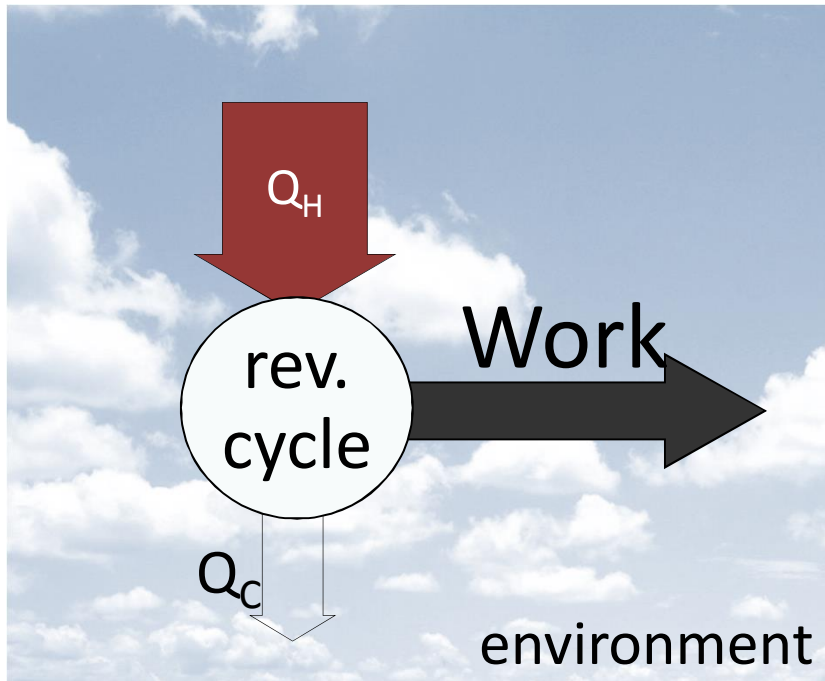
2^e hoofdwet $\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_C}{T_C}$
(in KELVIN !)

$$W_{rev} = Q_H * \left(\frac{T_H - T_C}{T_H} \right)$$

Van Carnot naar exergie

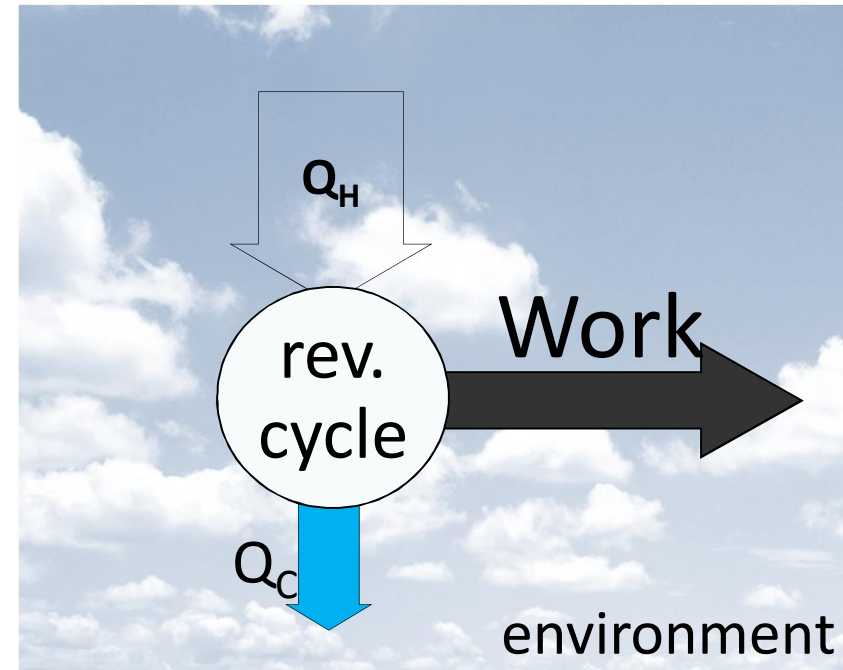


Exergie van warmte



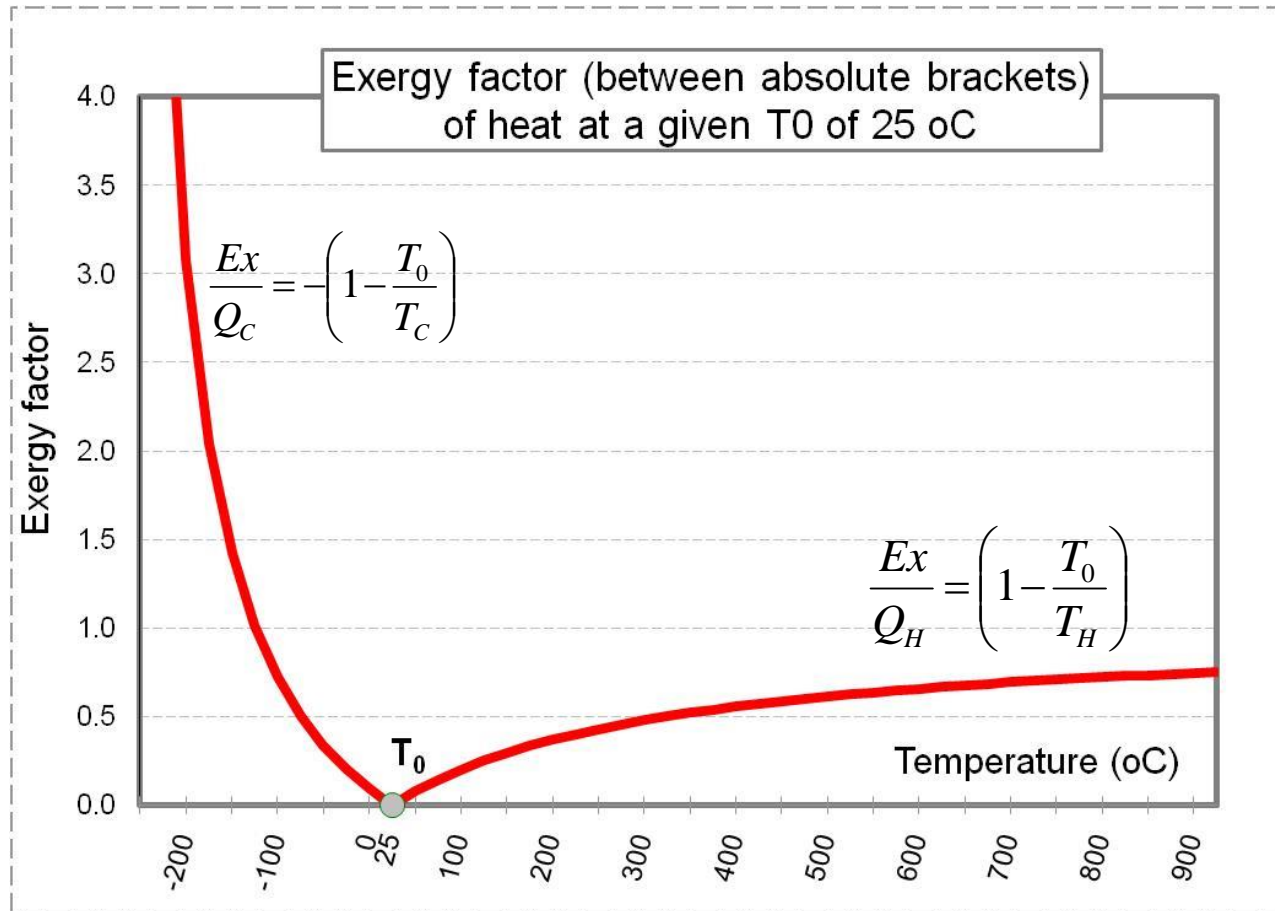
$$\frac{Ex}{Q_H} = \left(1 - \frac{T_0}{T_H}\right)$$

Exergie van koude



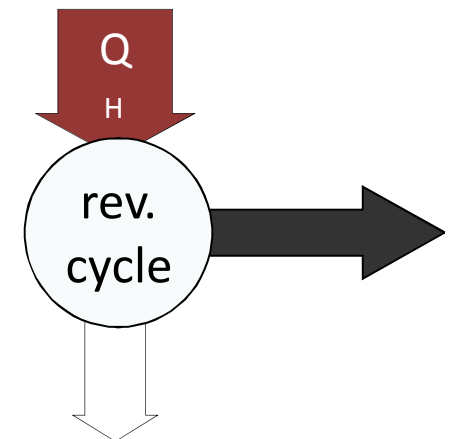
$$\frac{Ex}{Q_C} = -\left(1 - \frac{T_0}{T_C}\right)$$

Exergy factor: exergy/energy



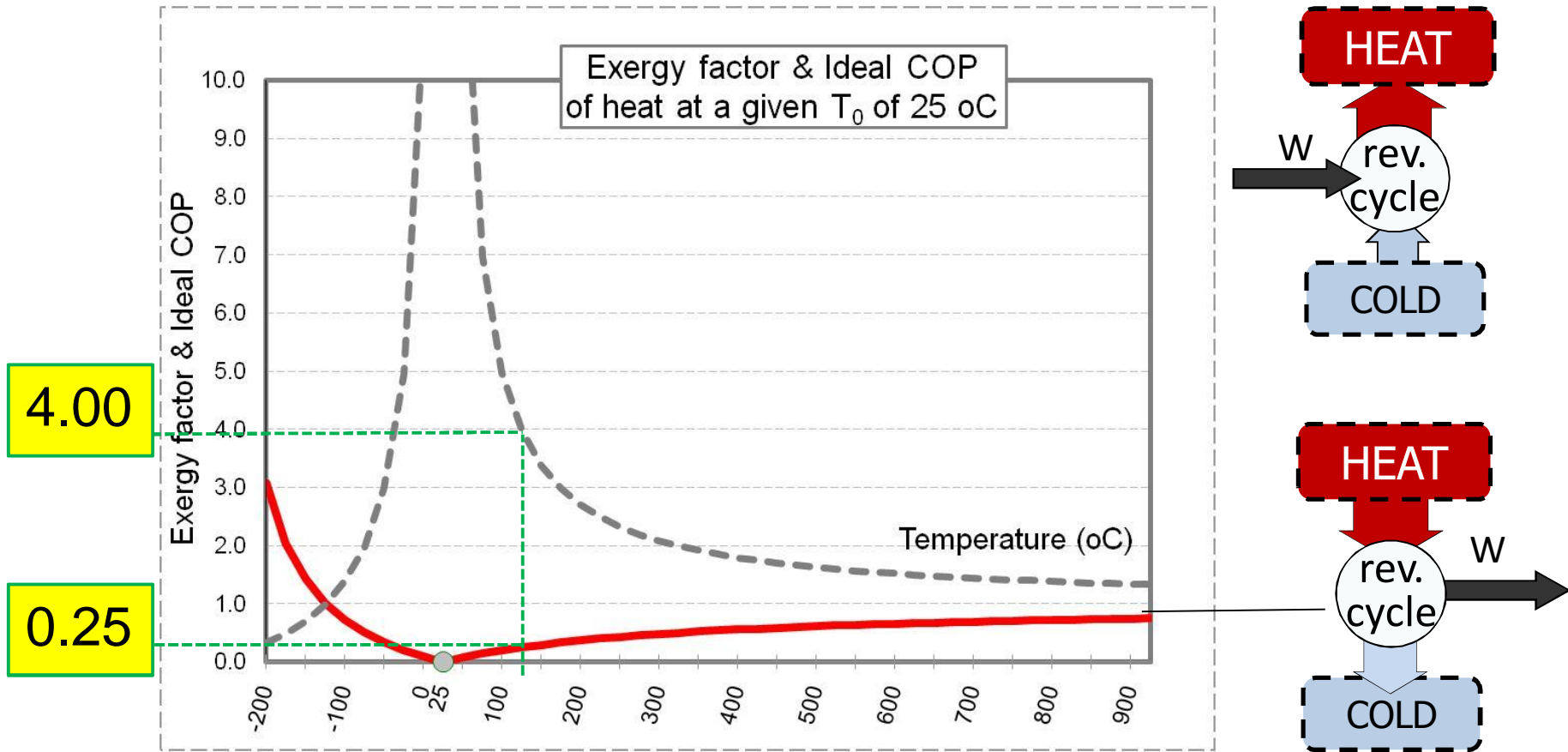
Exergy factor =

$$\frac{?????}{?????}$$

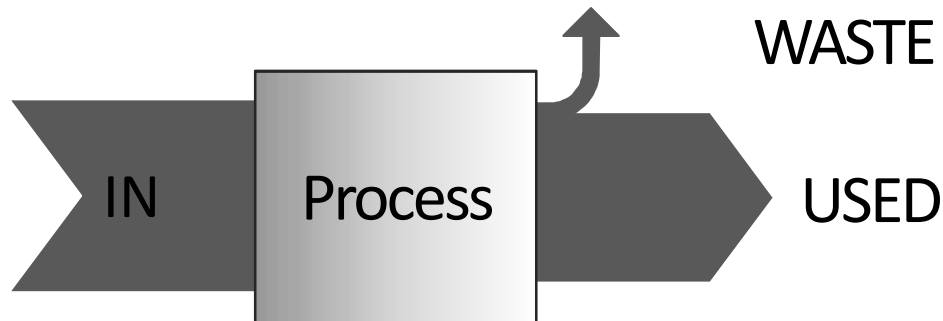
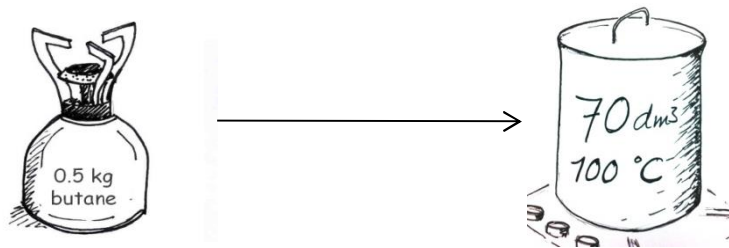


Exergy factor & ideal COP

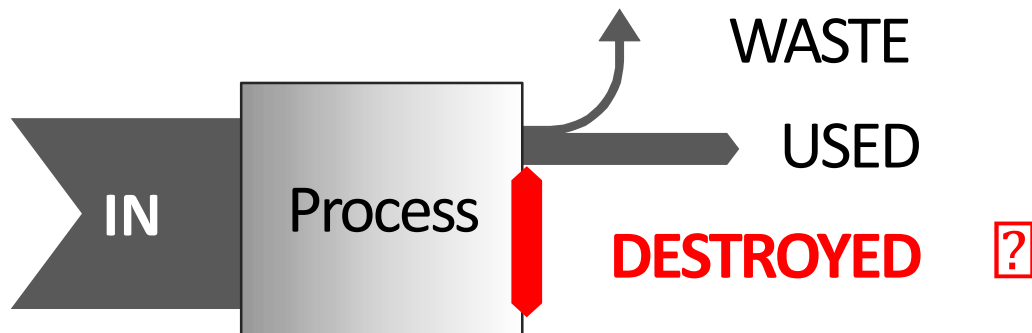
Ideal heat pump = inversed ideal power cycle



Energie versus exergie

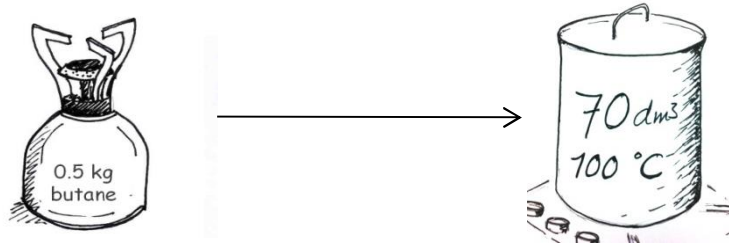


$$\eta = \frac{En_{product}}{En_{source}}$$

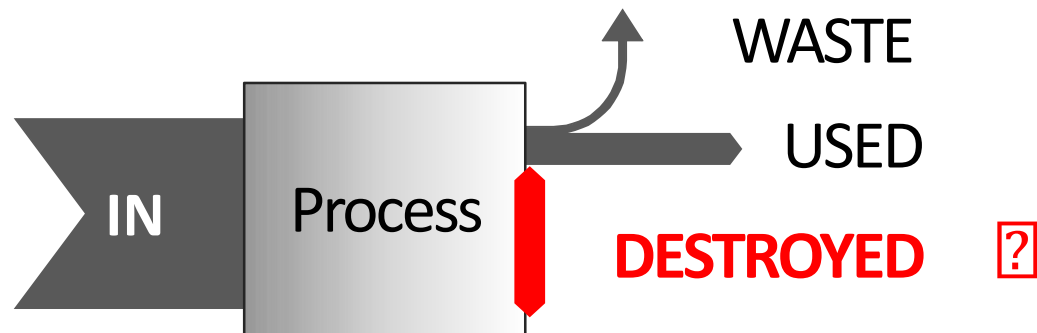
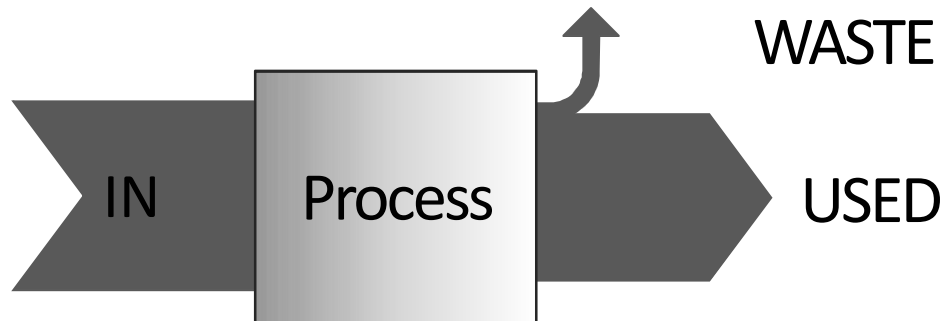


$$\psi = \frac{Ex_{product}}{Ex_{source}}$$

Energie versus exergie



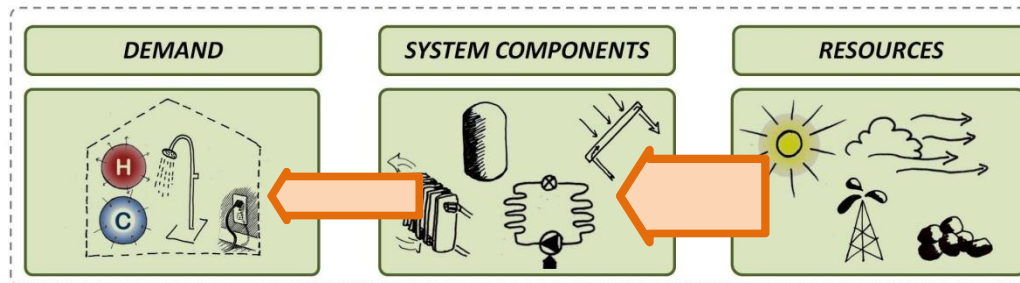
In een ideaal proces is er geen exergie vernietiging



ideaal verbeter potentieel

Toepassen van exergie

- 1. Beoordelen exergie prestatie**
van een energiesysteem voor gebouwen
- 2. Exergieprincipes gebruiken**
om betere systemen te ontwikkelen

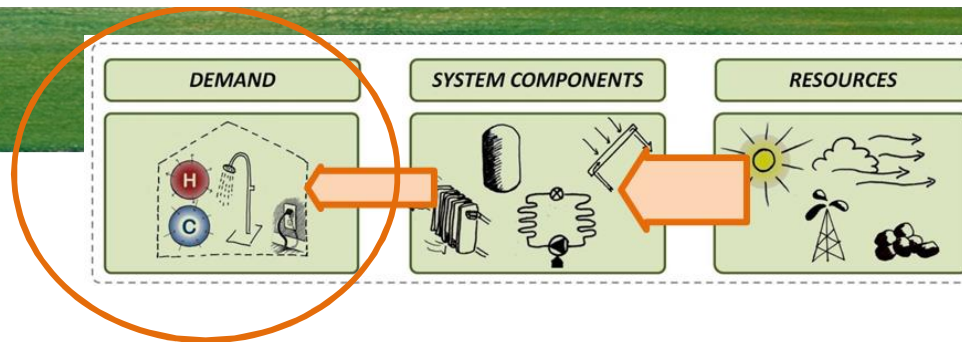


Voorbeeld case studies

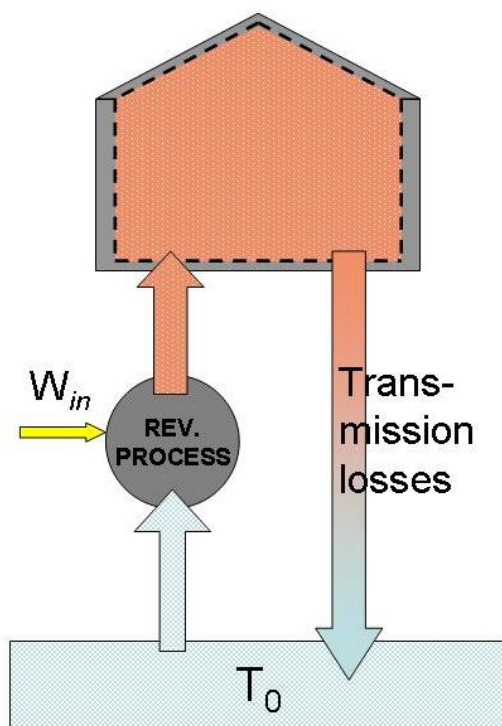
Sentenovem referentie (tussen)woning



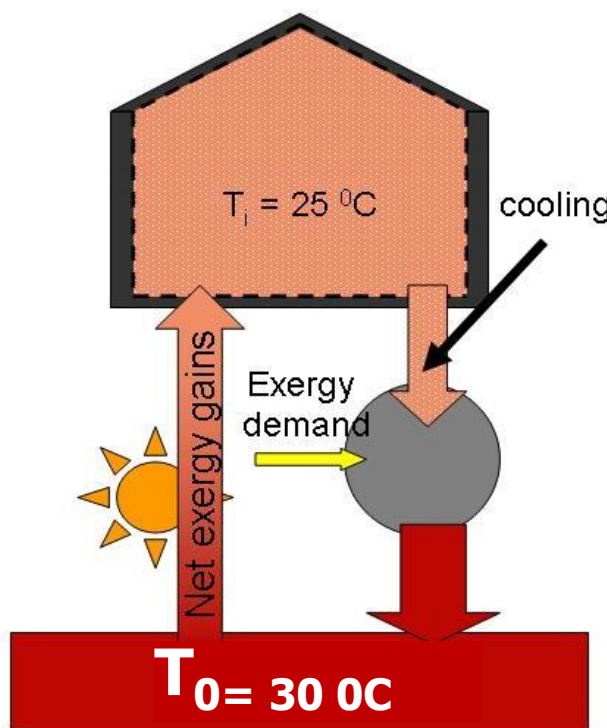
De exergie behoefte



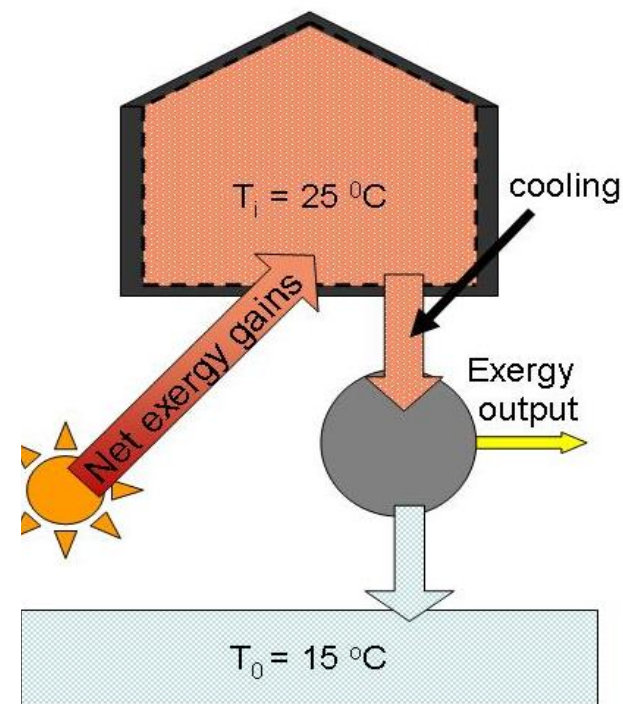
verwarming



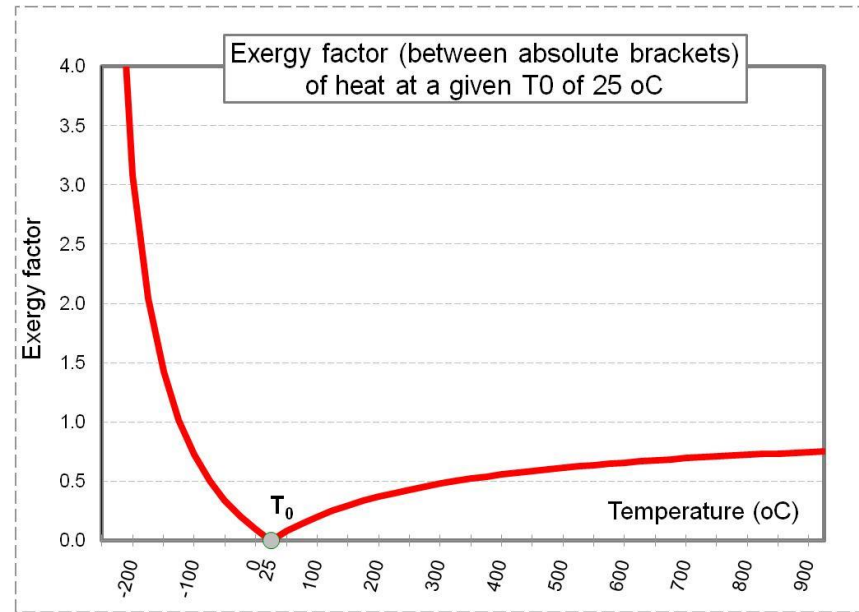
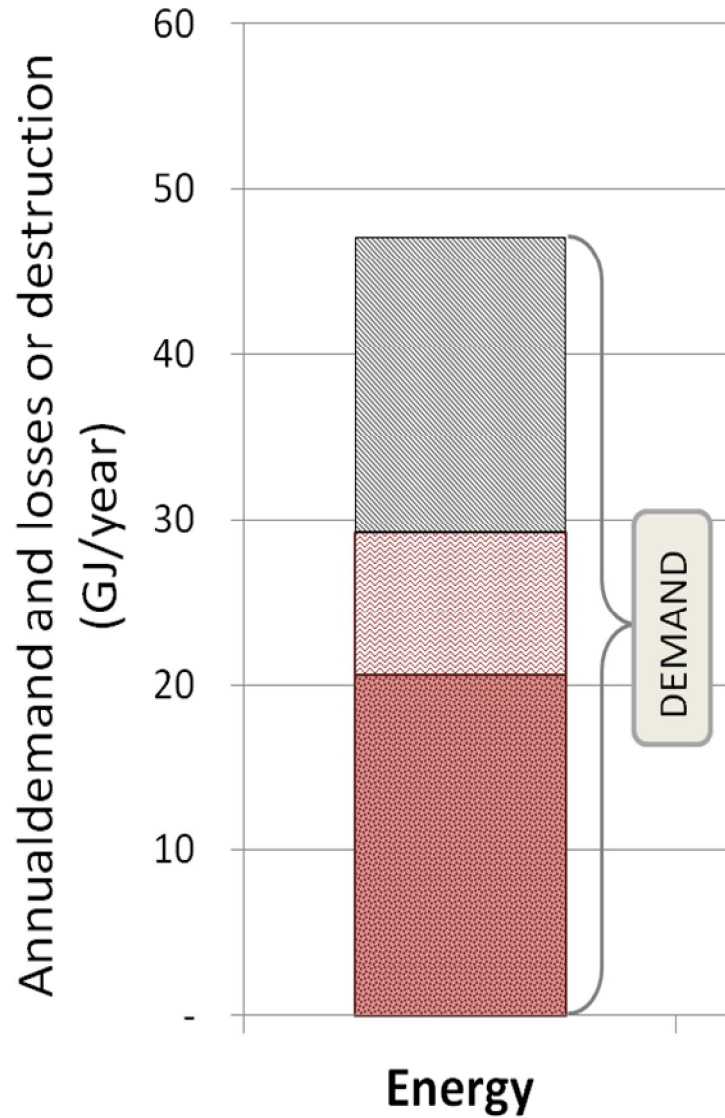
cooling 1



cooling 2

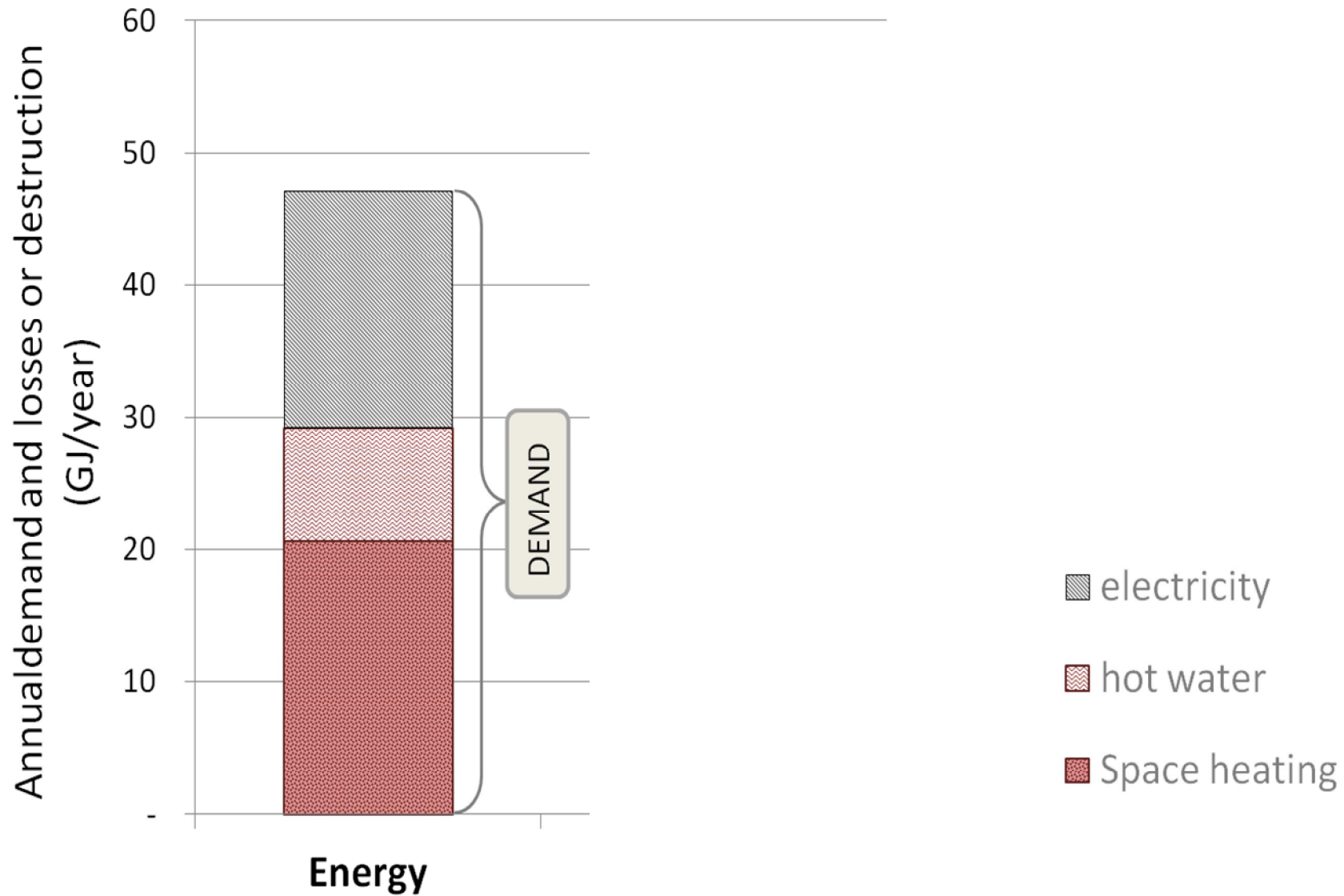


Energie- en exergiebehoefte SN referentiewoning



- electricity
- hot water
- Space heating

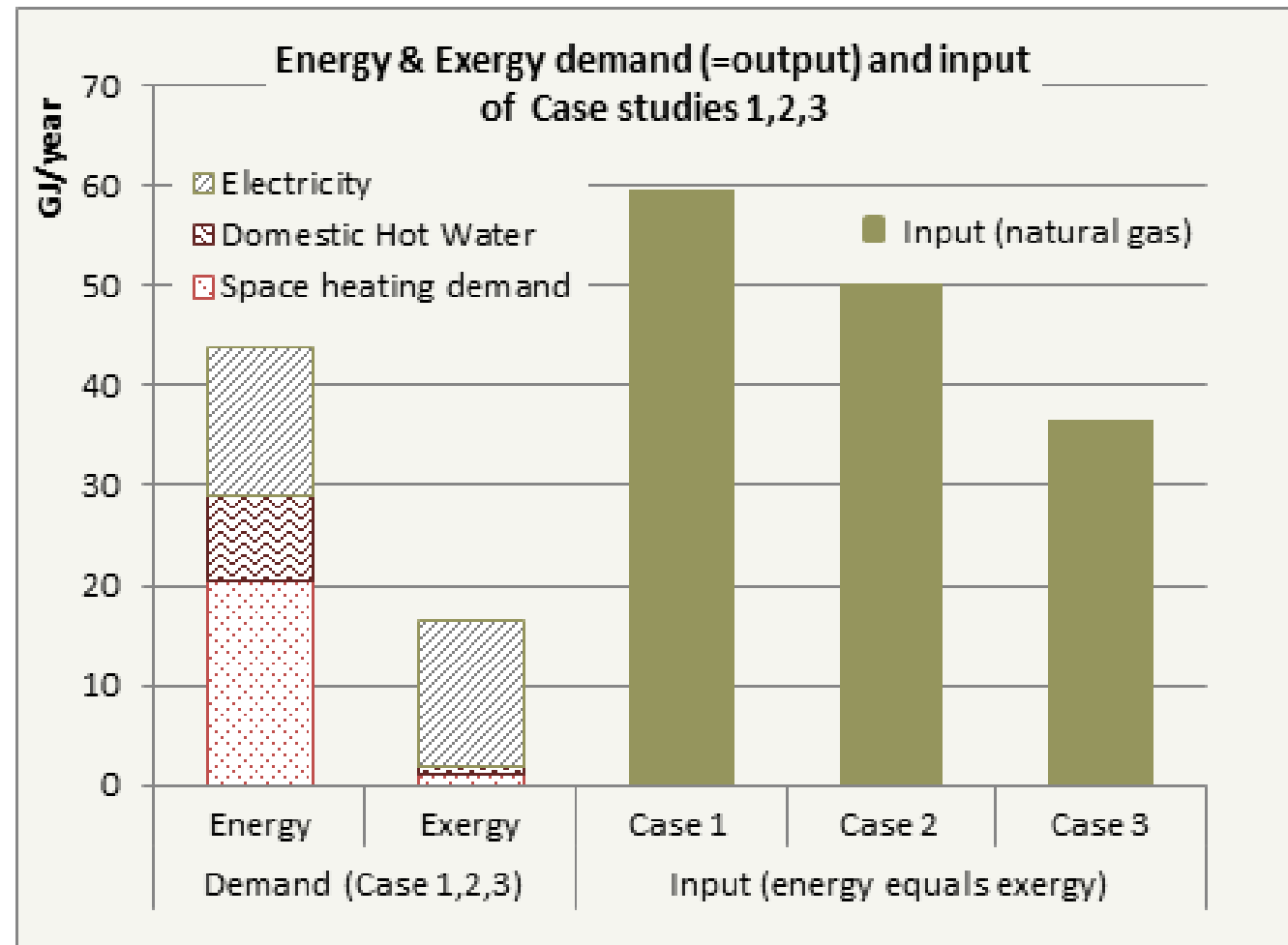
Energie- en exergiebehoefte SN referentiewoning



Exergie prestatie van bestaande energie systemen

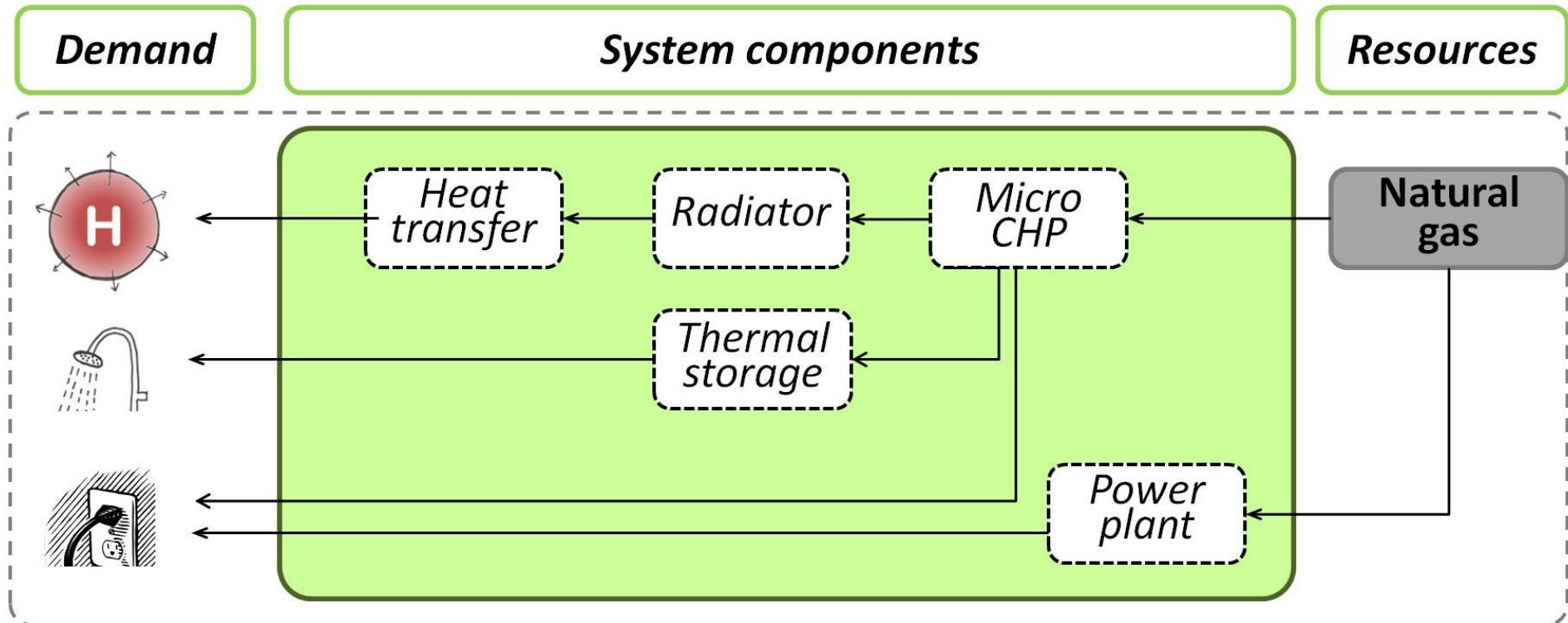
Cases:

1. HR ketel (elek van het net)
2. Micro wkk (20% elek/ 80% warmte)
3. Warmtepomp (50% van COPcarnot)

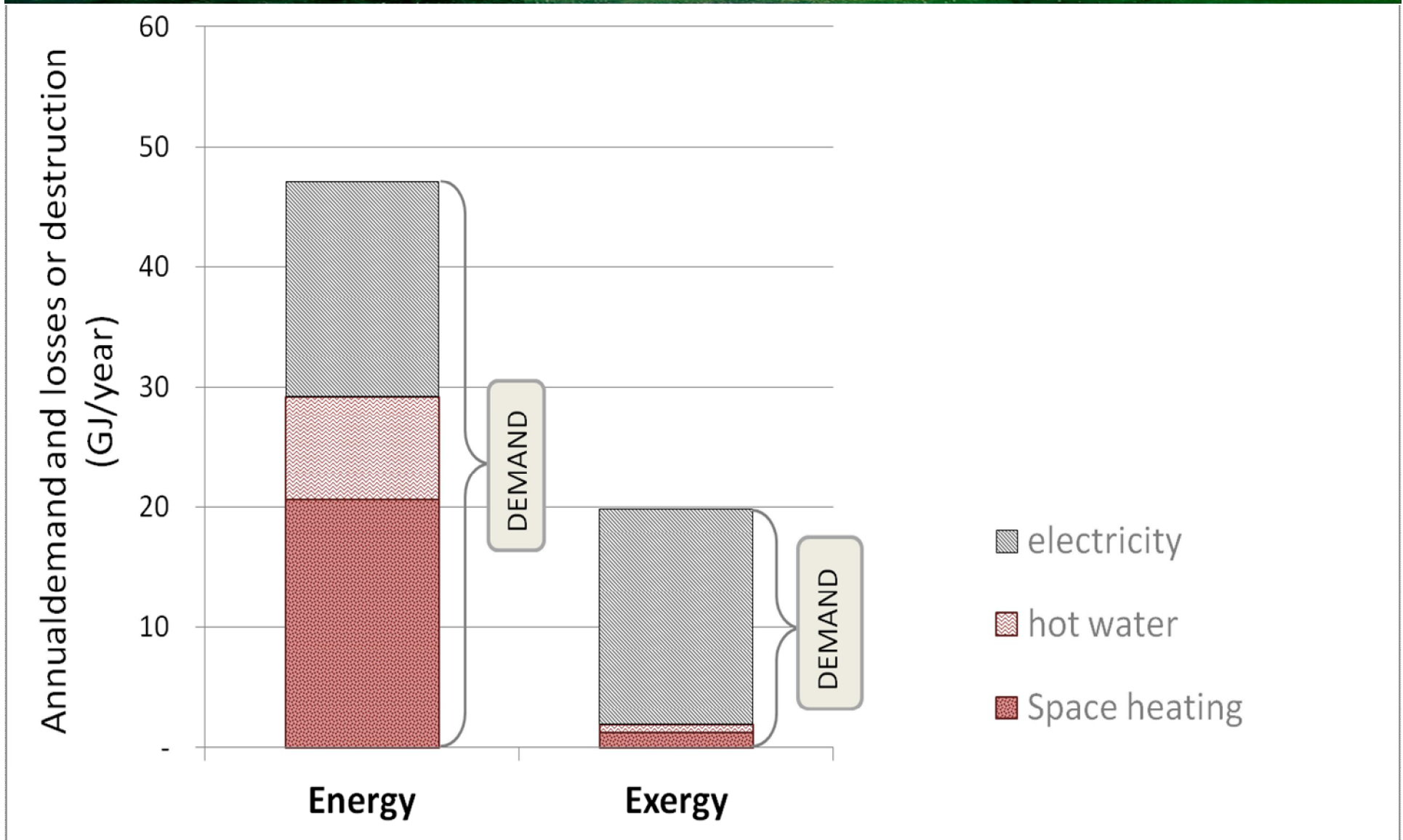


Schema case study

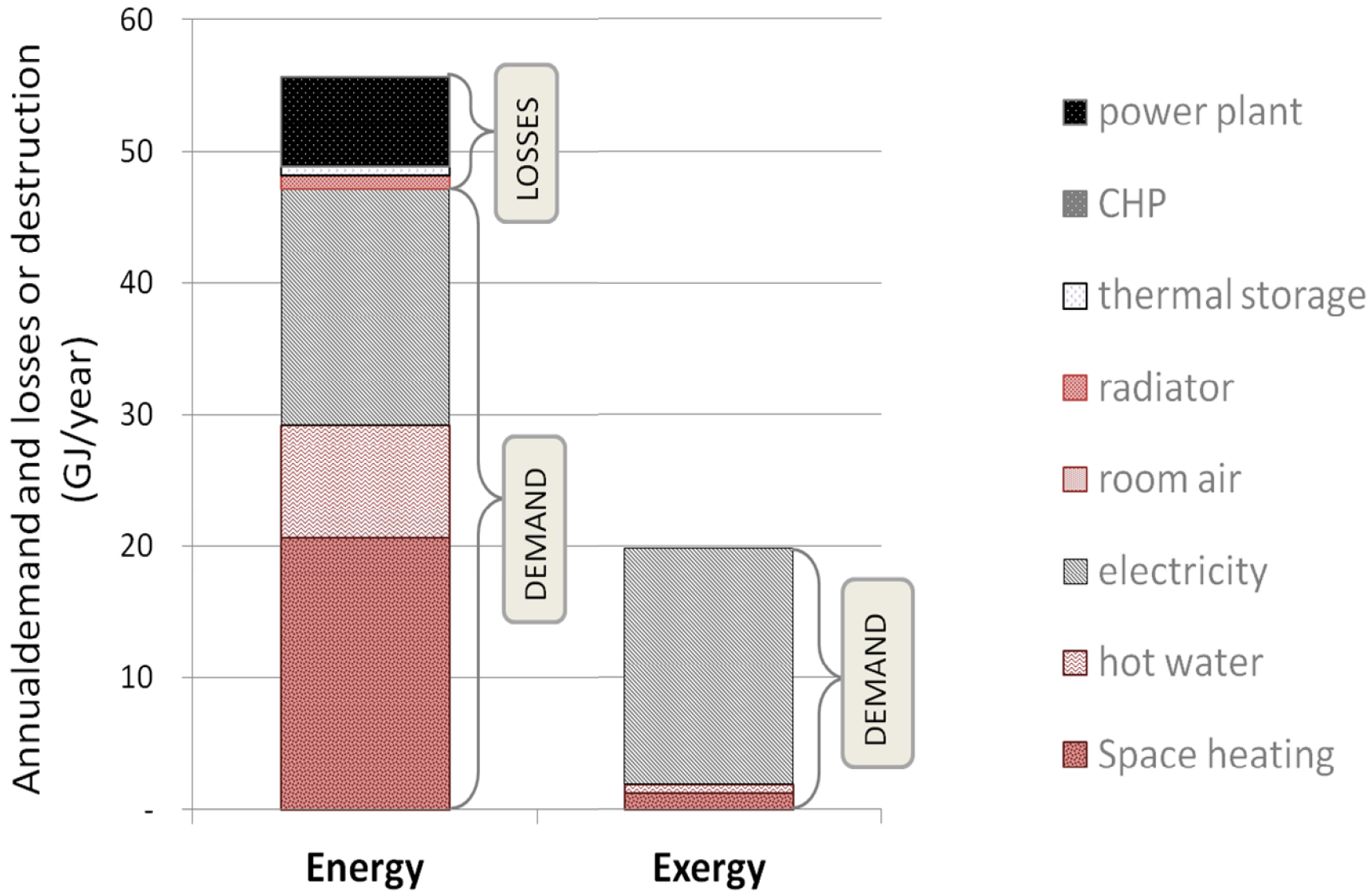
Sentenovem referentiewoning met micro WKK



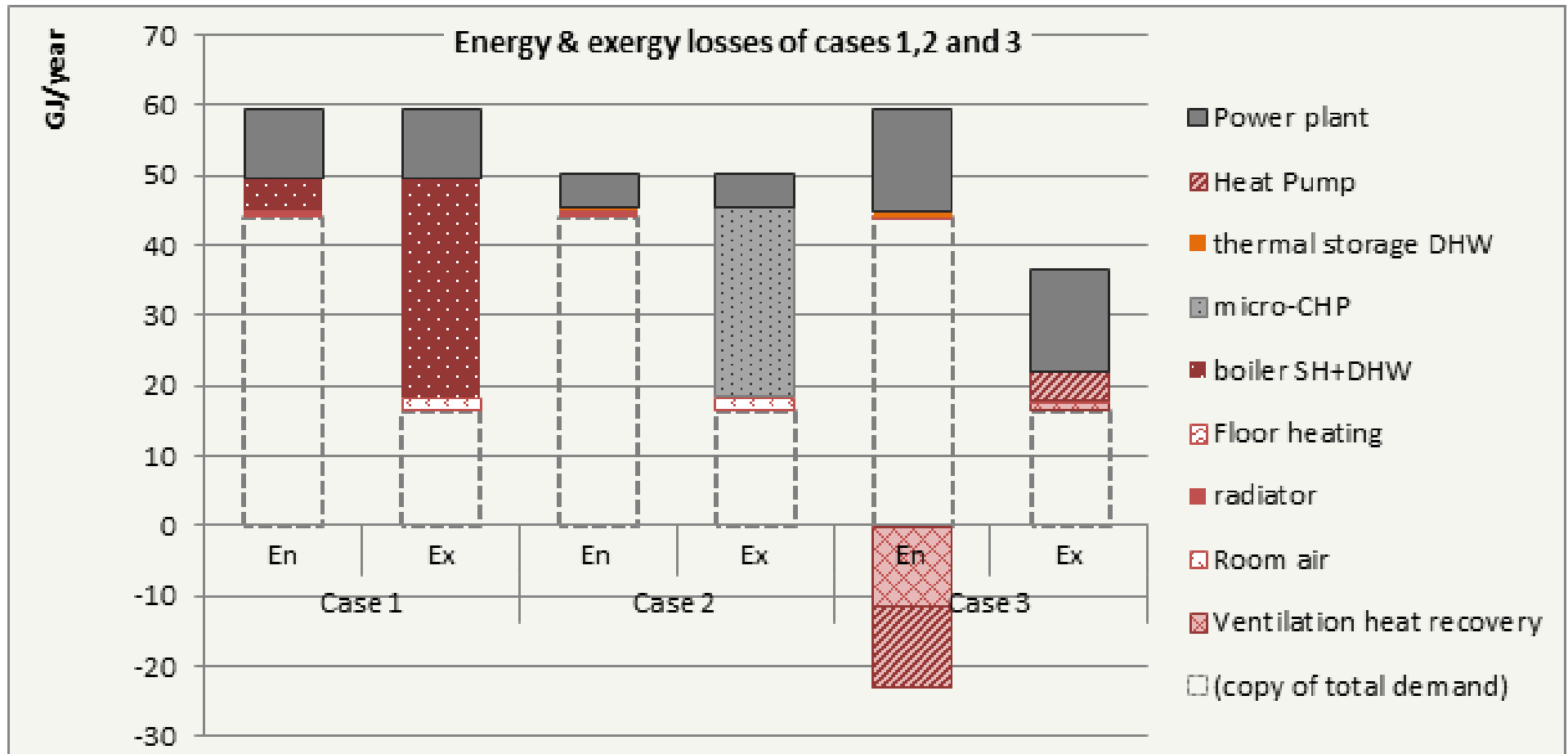
Energie- en exergiebehoefte SN referentiewoning



Verliezen Case study 2 (micro wkk)



Exergieverliezen componenten

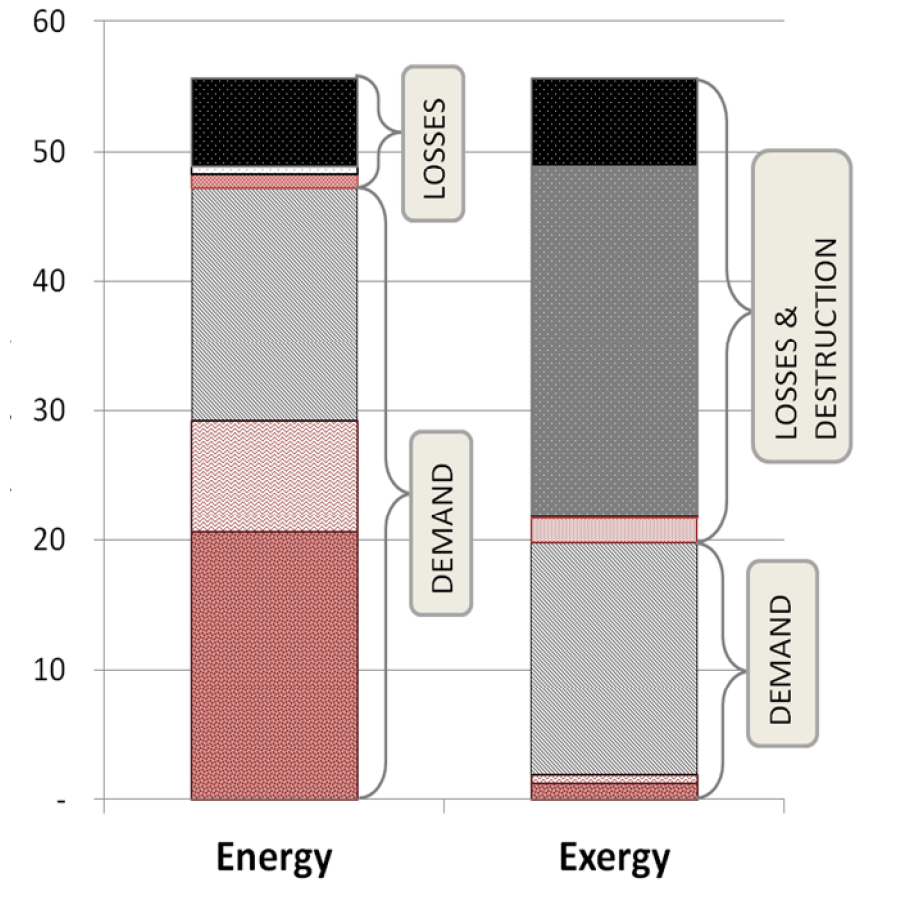


1. HR ketel
(elek v/h net)

2. Micro wkk
(20% elek/ 80% warmte)

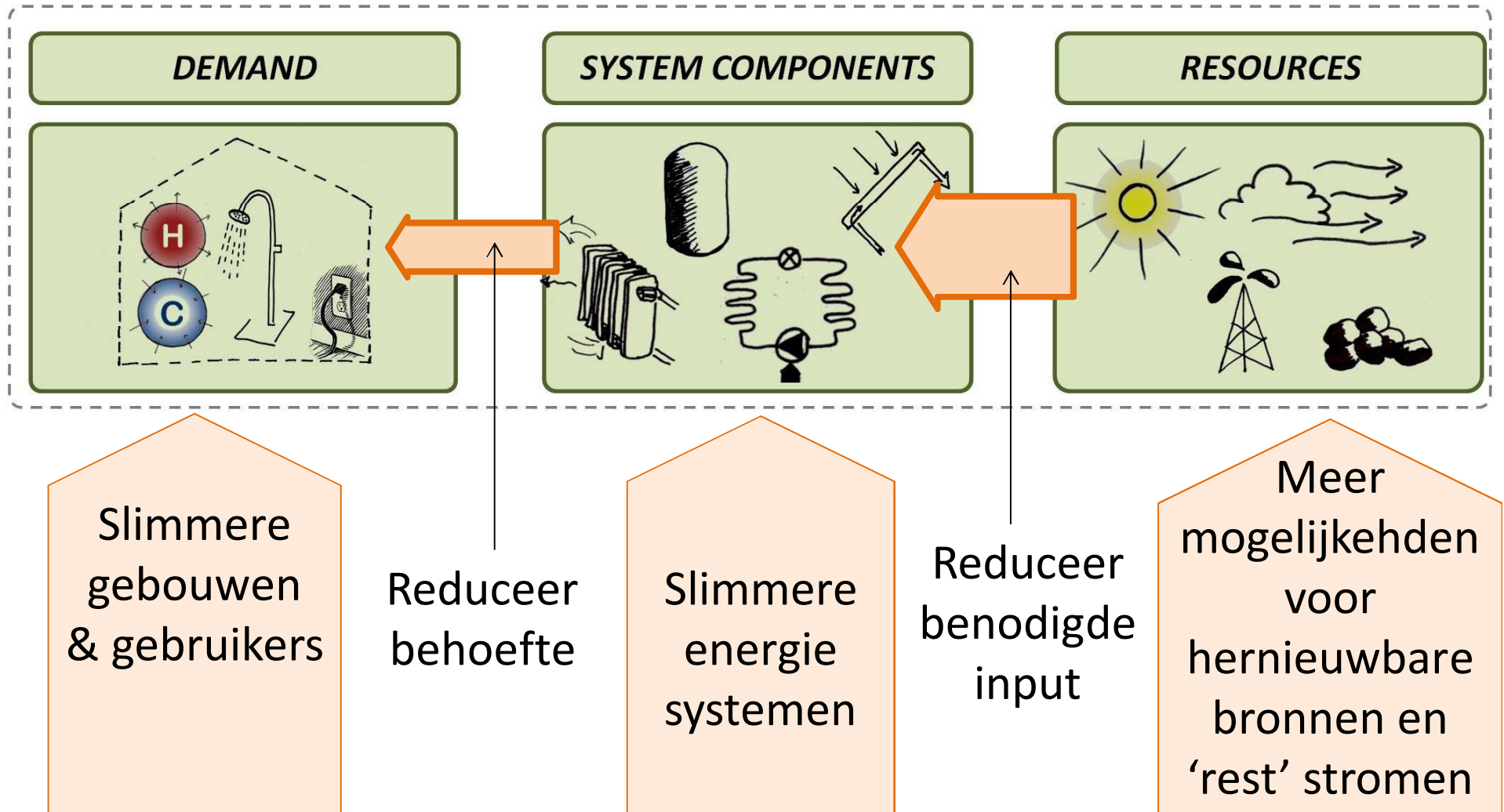
3. Warmtepomp
(50% van COPcarnot)

Conclusies exerje prestatie



- Beoordeling van **‘Verbeter potentieel’**
- **Kwantificeren van verliezen per component**
- Veel mogelijke ‘winst’ door slimme installaties, (Energie ‘bril’ leidt tot extreem isoleren / reduceren van de vraag)

Naar een duurzame energievoorziening



Verbeteren met exergie: Exergie principes

Beperk exergie vernietiging door:

- 1) 'Match' kwaliteitsniveaus van energie**
(ofwel: gebruik meest dichtbij temperatuur)
- 2) Gebruik 'gratis' energiestromen
(ivm prestatie warmtepompen)
- 3) Optimaliseer thermische opslag
 - a. Verschillende temperatuur niveaus (= vermijd mengen)
 - b. 'produceer' exergie

Exergie principes

Beperk exergie vernietiging door:

- 1) **'Match' kwaliteitsniveaus van energie**
(ofwel: gebruik meest dichtbij temperatuur)
- 2) Gebruik 'gratis' energiestromen
(ivm prestatie warmtepompen)
- 3) Optimaliseer thermische opslag
 - a. Verschillende temperatuur niveaus (a. vermijd mengen)
 - b. 'produceer' exergie



Exergie principes

Beperk exergie vernietiging door:

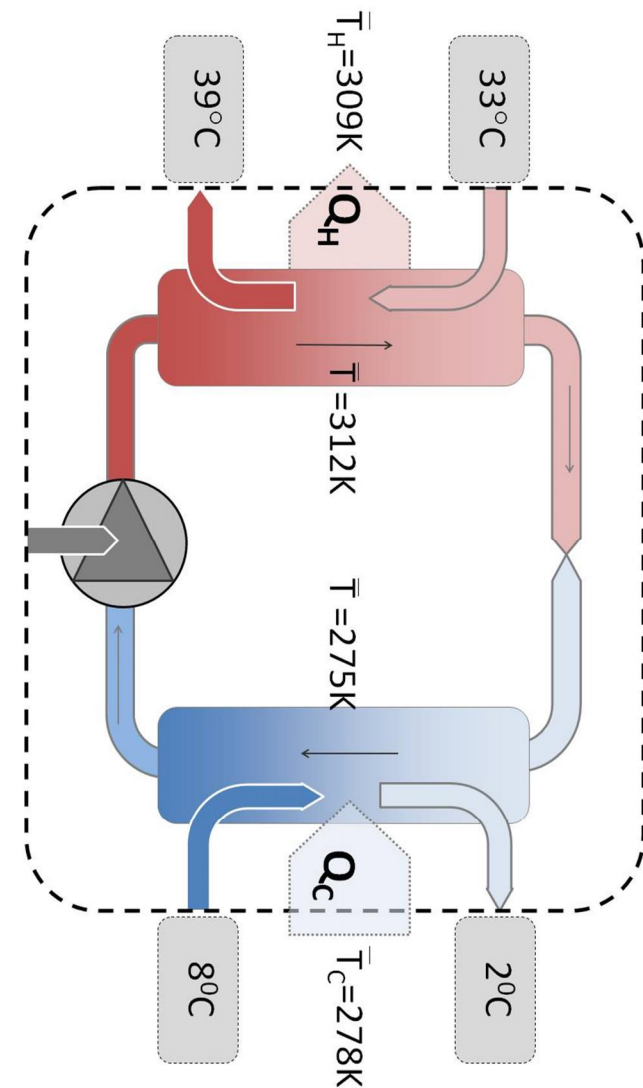
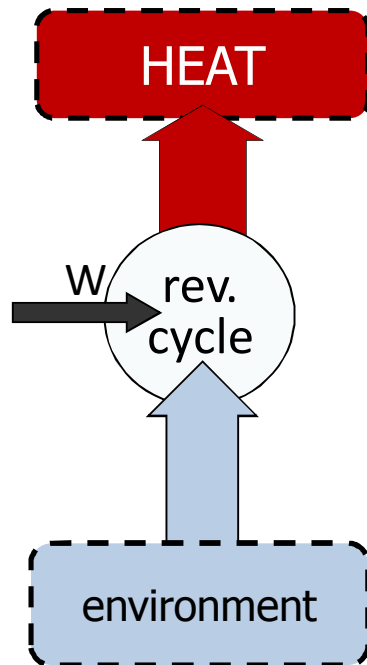
- 1) **'Match' kwaliteitsniveaus van energie**
(ofwel: gebruik meest dichtbij temperatuur)
- 2) Gebruik 'gratis' energiestromen
(ivm prestatie warmtepompen)
- 3) Optimaliseer thermische opslag
- 4) Gebruik hoogwaardige bronnen exergetisch efficiënt
→ warmtepomp, WKK (Mits!!), PV
- 5) Vermijd bepaalde processen:
→ verbranding, grote temperatuur verschillen, menging
- 6) **Bekijk de hele keten!**

Essentiële systeem componenten

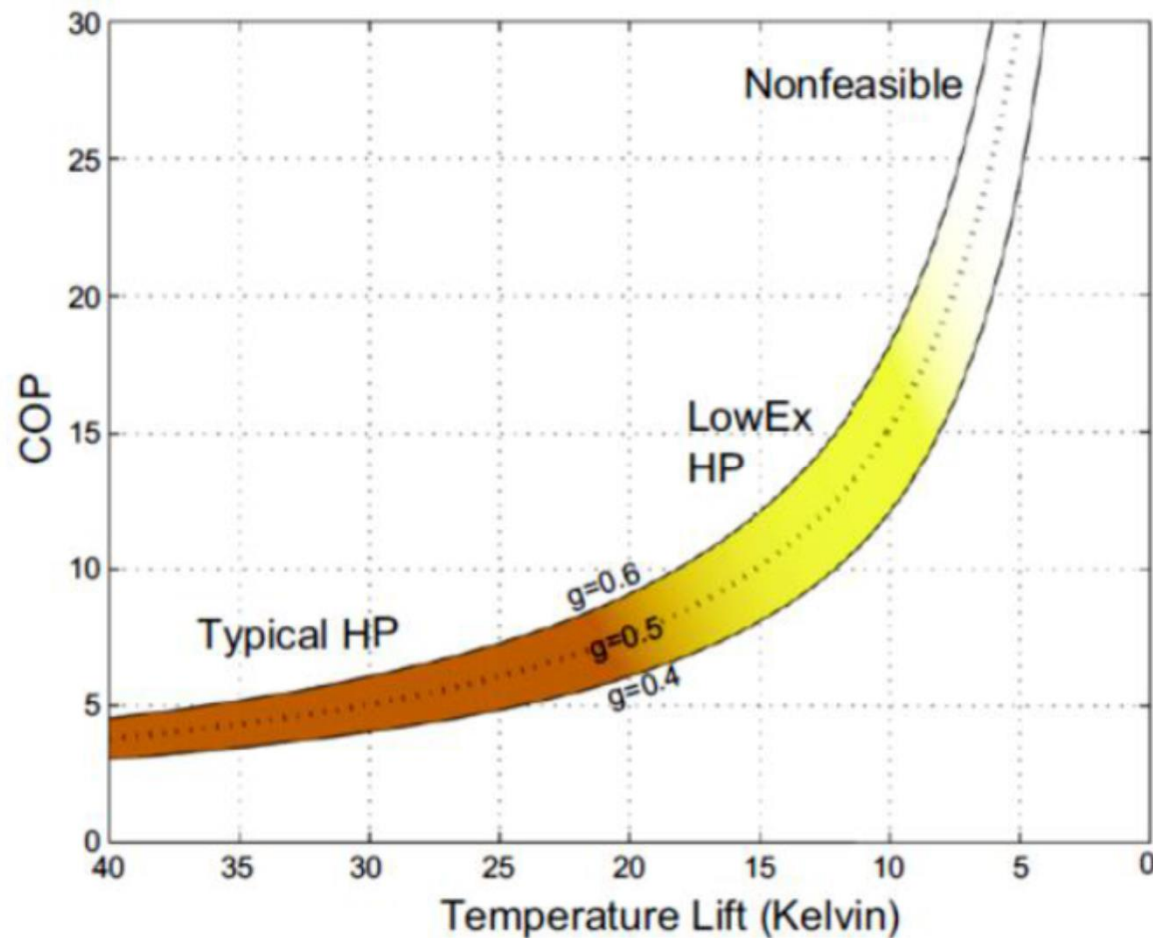
- 1) Warmtepomp
- 2) WKK (**mits!**)
- 3) Zeer lage temperatuur verwarming /
zeer hoge temperatuur koeling
- 4) 'slimme' thermische opslag
- 5) Voorverwarmen ventilatielucht (**mits**)
- 6) Intelligente regelingen

De rol van de warmtepomp

Warmtepomp kan als enige apparaat van een beetje hoogwaardige energie → veel laagwaardige energie maken:



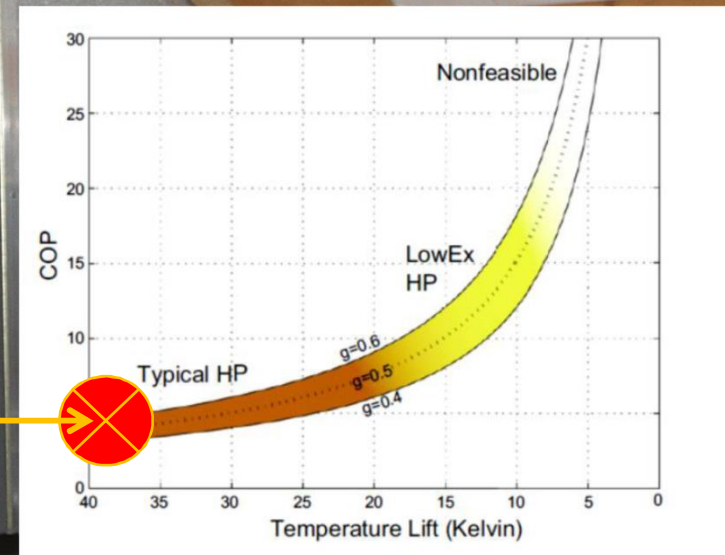
Hoe kleiner de temperatuur 'shift' hoe hoger de COP



[bron: Meggers et al 2012)

- “ Reden voor Lage temperatuur (vloer)verwarming !
- “ Belang van goede 'bron' temperatuur

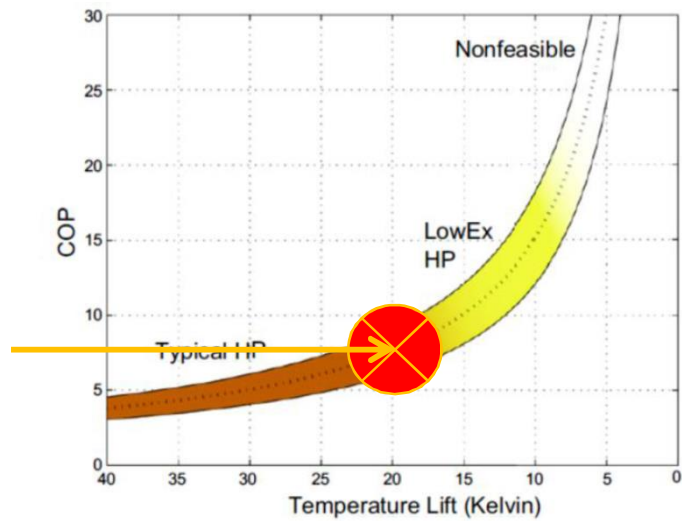
Lucht-water warmtepomp



DHS Hydrotop binnen- en buitenunit

www.dutchheatpump.nl

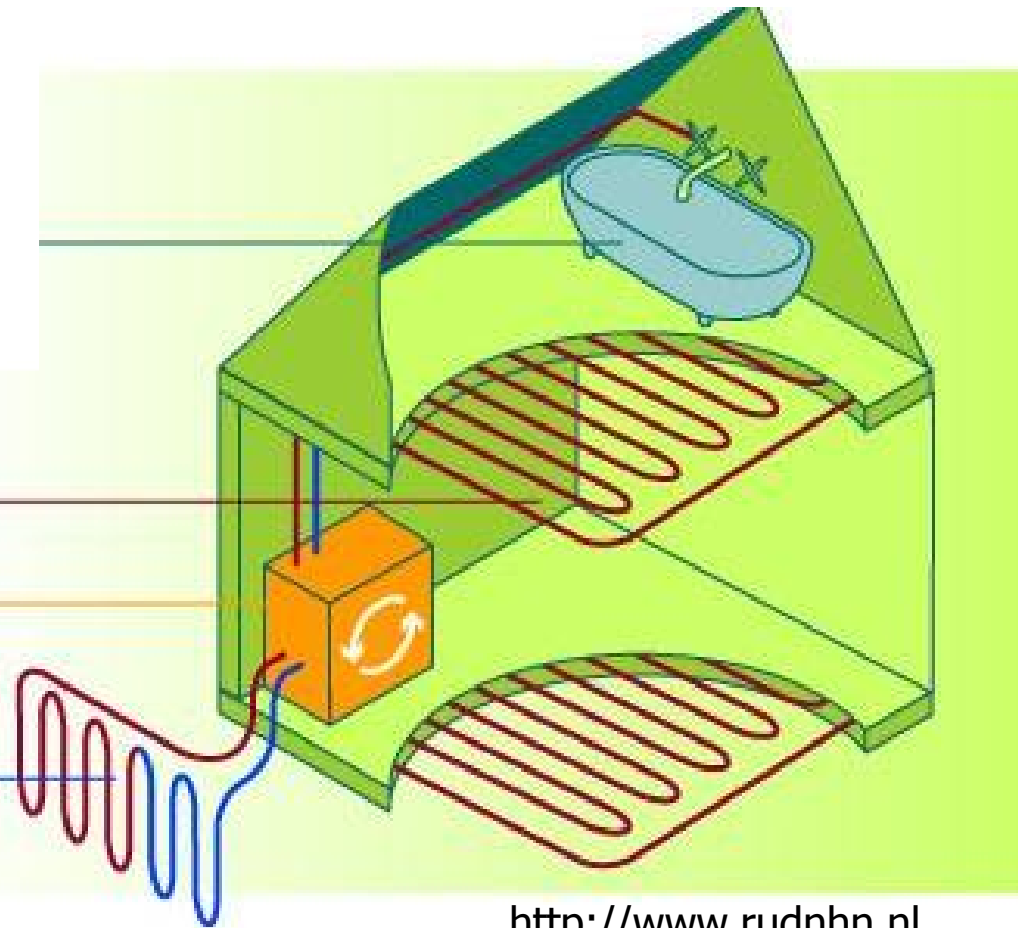
Warmtepomp met bodemwisselaar en vloerverwarming



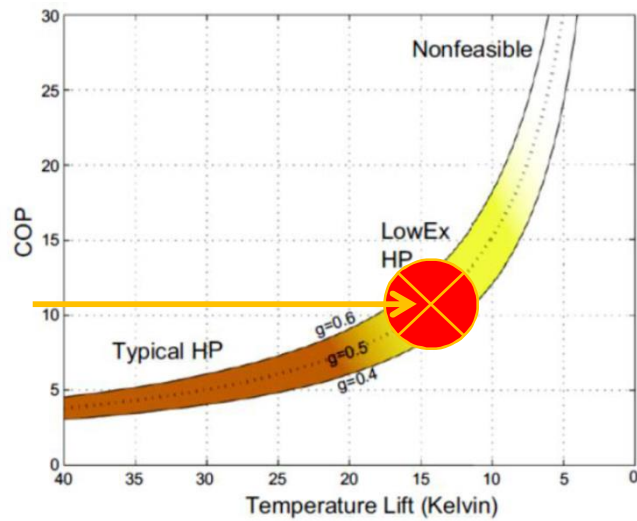
Afgiftesysteem
(meestal buizen/slangen
als vloerverwarming)

Warmtepomp

Bron
(meestal de bodem
in de tuin)



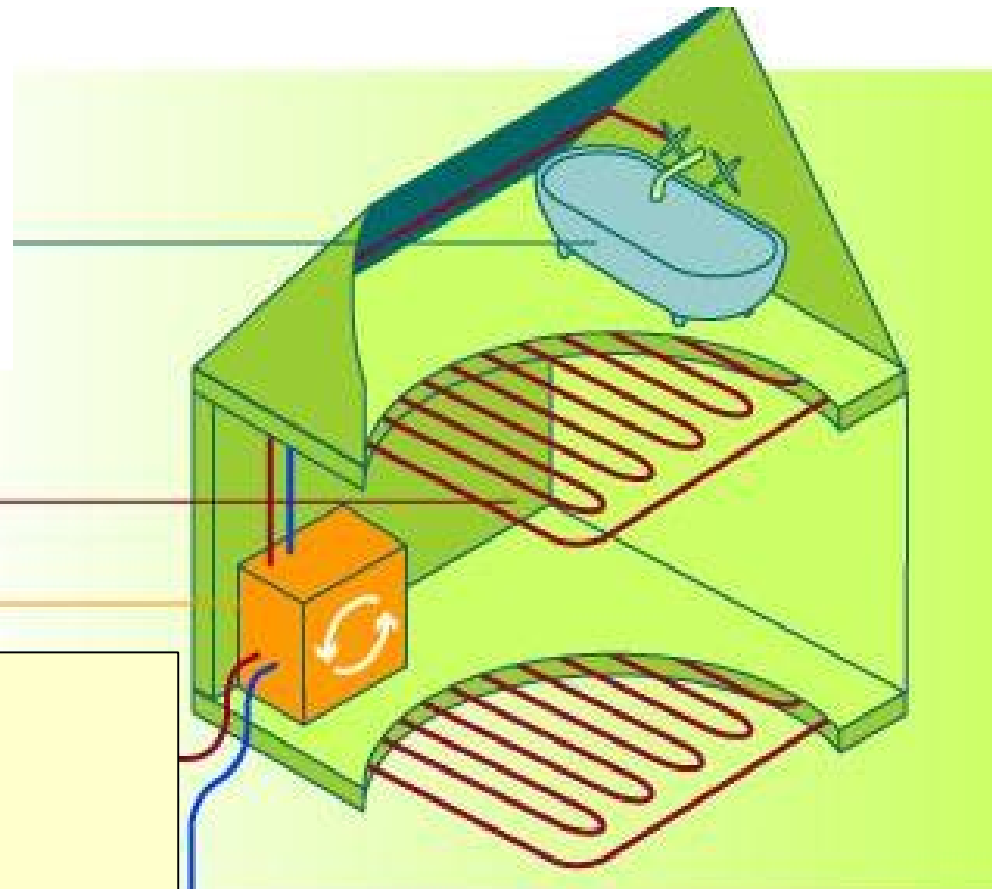
Warmtepomp met lage temperatuur warmtenet ?



Afgiftesysteem
(meestal buizen/slangen
als vloerverwarming)

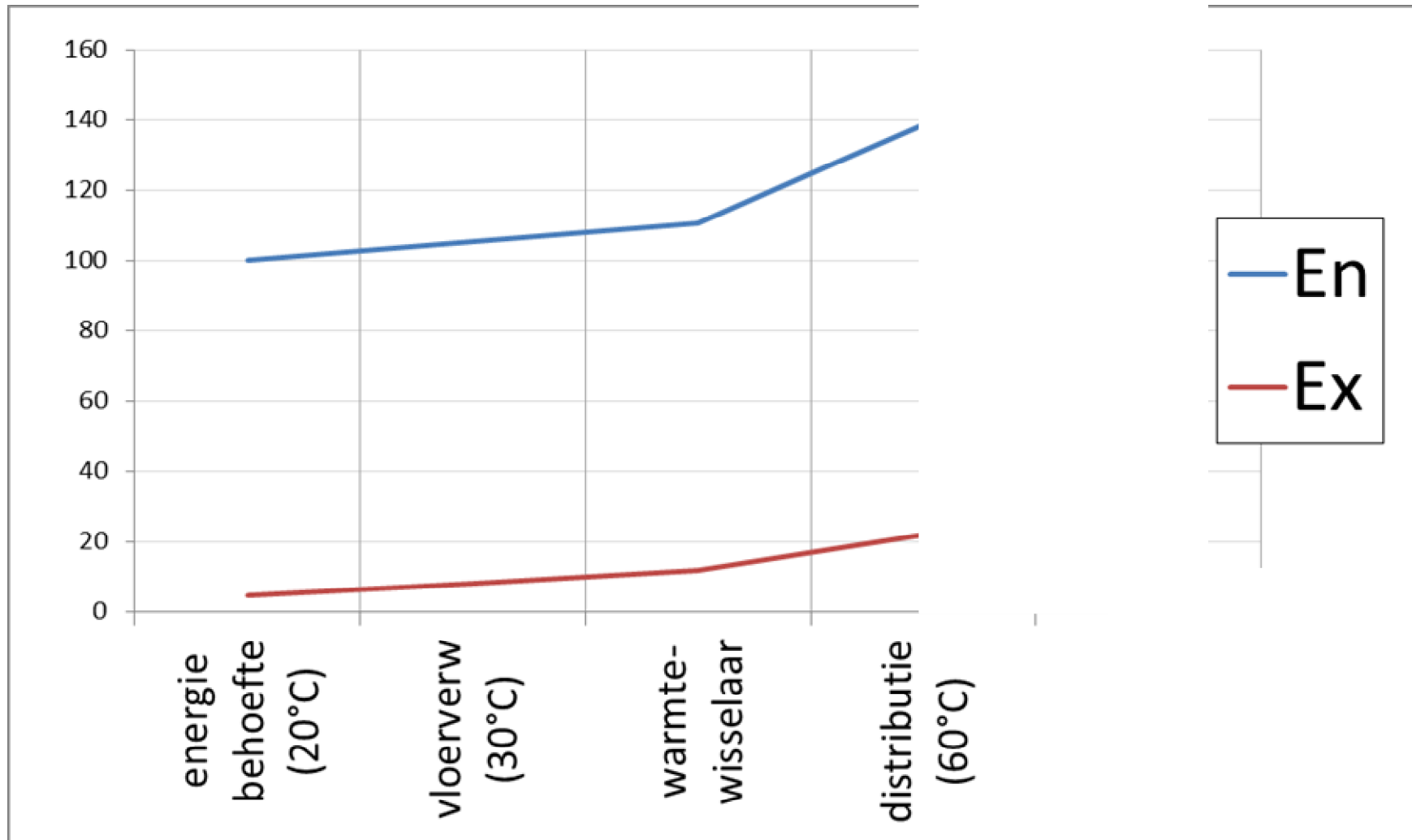
Warmtepomp

Bron:
Lage temperatuur
warmtenet?

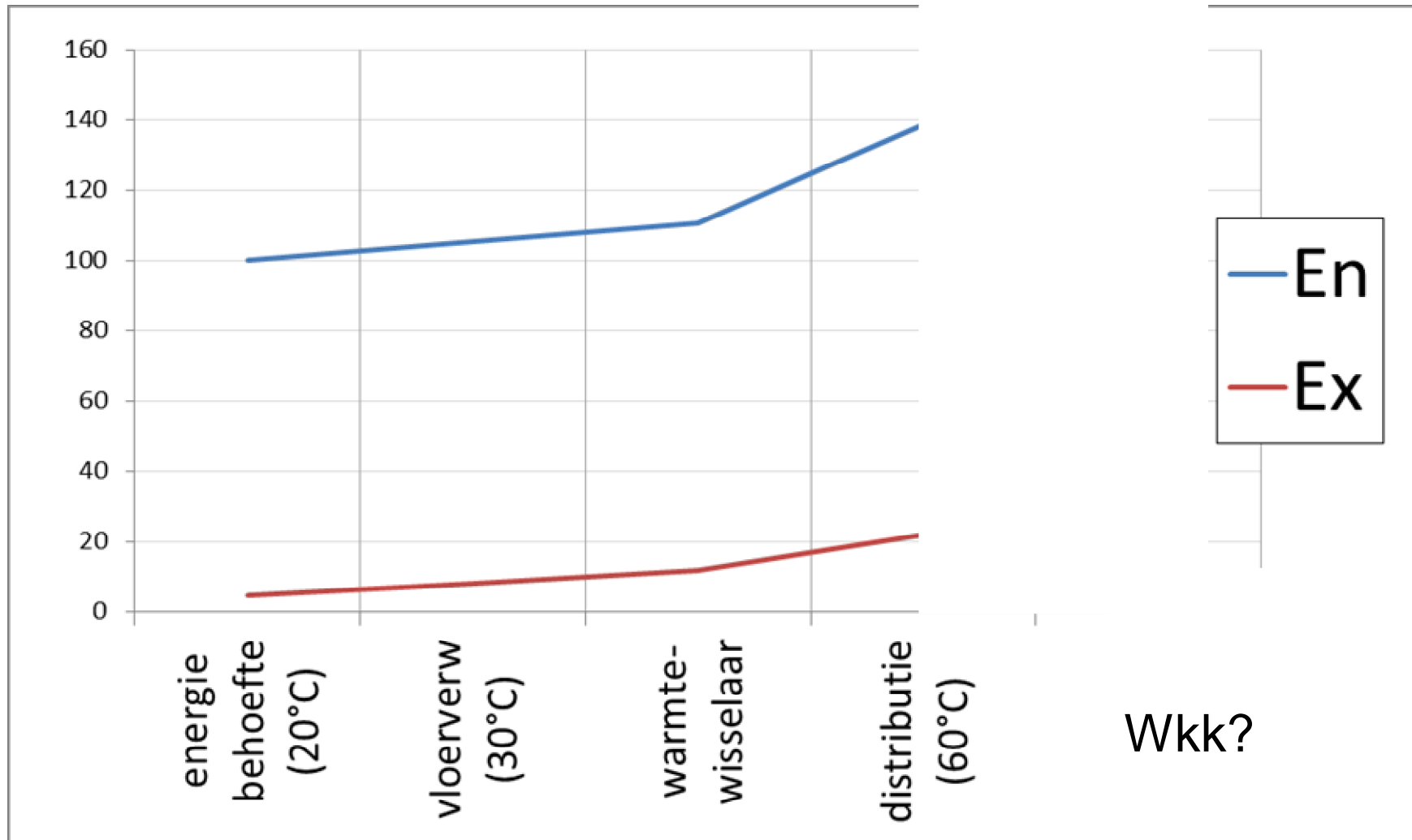


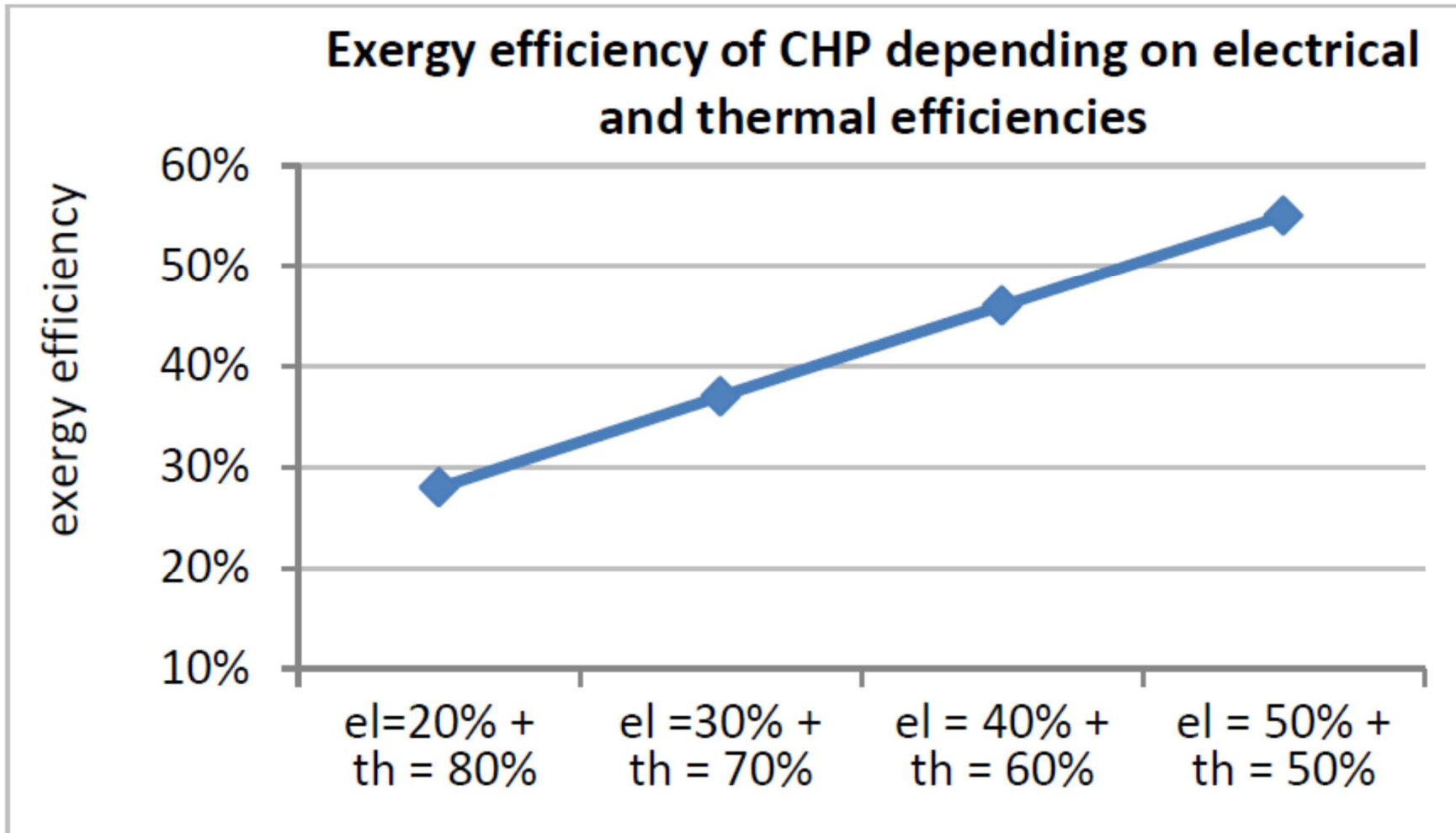
<http://www.rudnhn.nl>

Match temperaturniveaus ... warmtenetten?



Match temperaturniveaus ... warmtenetten?





Energie efficiëntie is een onzin waarde...

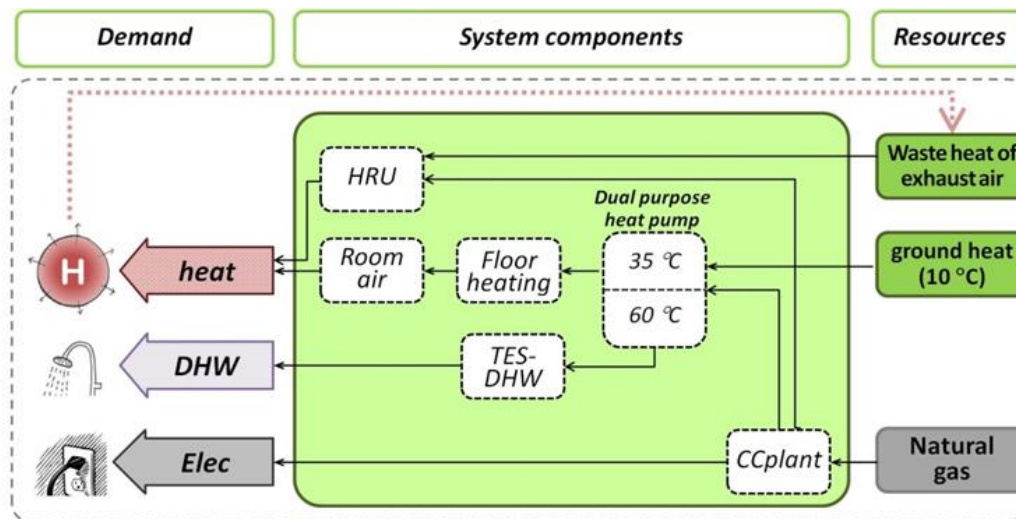
En wat kunnen we verwachten van exergie?

- 1) Beter inzicht in waar de verliezen zitten
- 2) Meer kansen om verbeteringen te vinden
- 3) Minder kansen om 'fouten' te maken

Exergie helpt betere systemen te ontwikkelen

Maar: **Significant** verbeteren is moeilijk

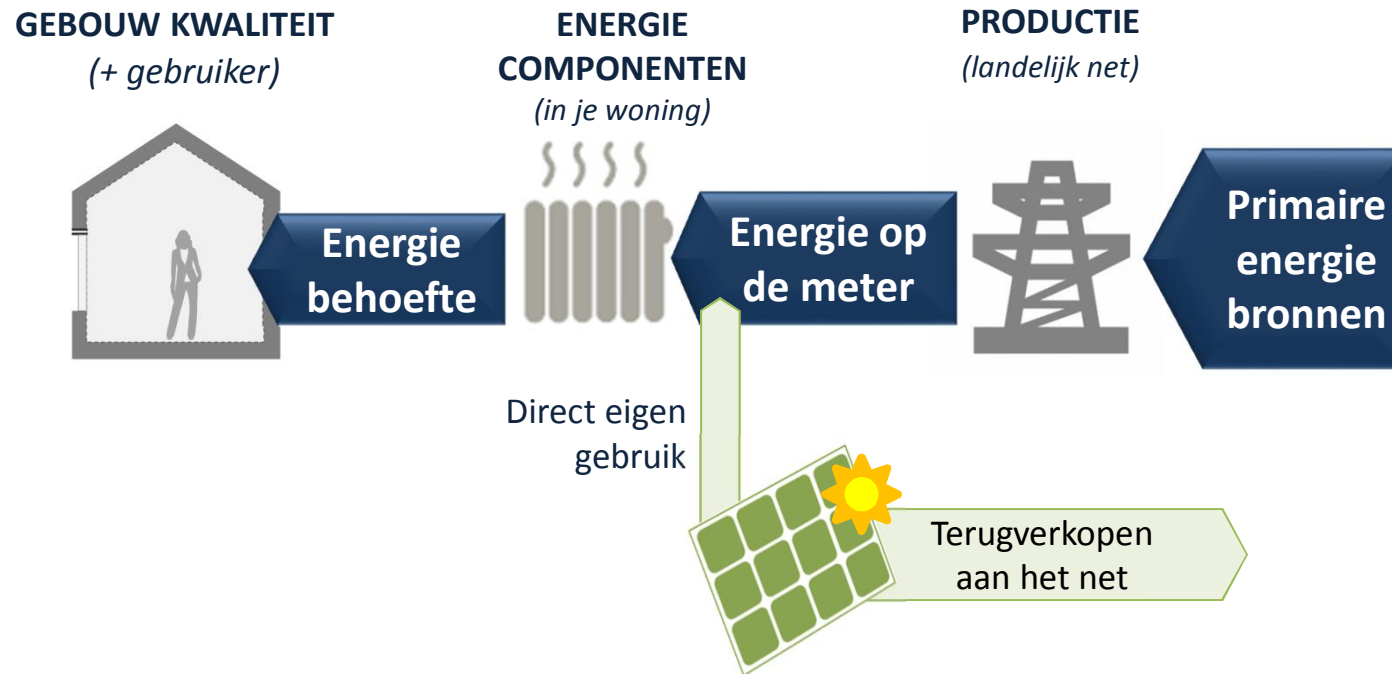
Maximaal haalbare exergie efficiëntie.. Ca 25-40%
(vanwege onvermijdbare verliezen in meerdere stappen)



Statements

- 1) Energie efficiëntie is een onzin waarde**
- 2) 'Net zero energy' bouwen is niet genoeg**
(en niet omdat ze netto energieleverend moeten zijn)

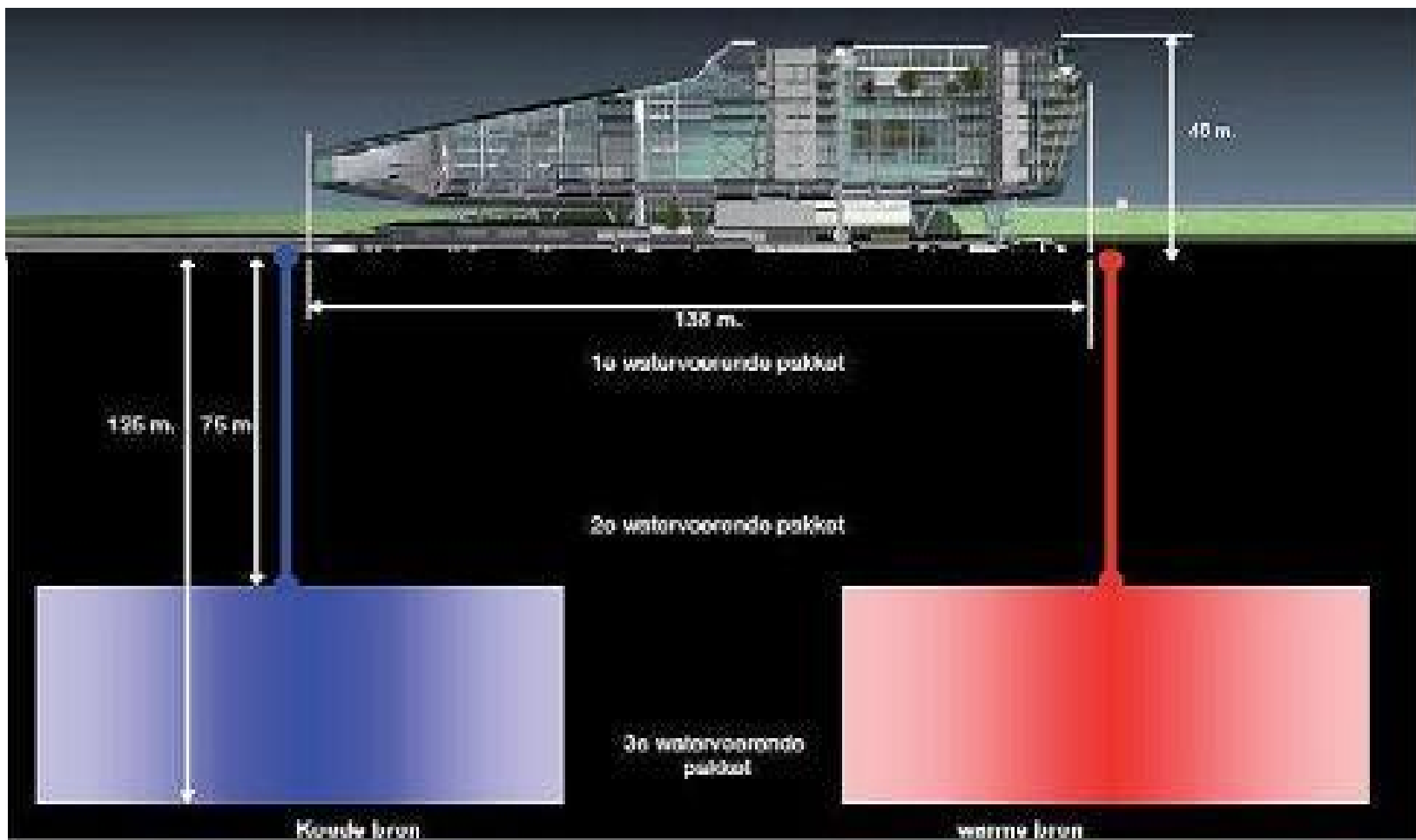
Netto nul...



- “ Maar wat als er geen backup is van fossiele brandstof?
- “ Waar wordt de energie opgeslagen (Woning? Wijk?)

Opslag

WKO



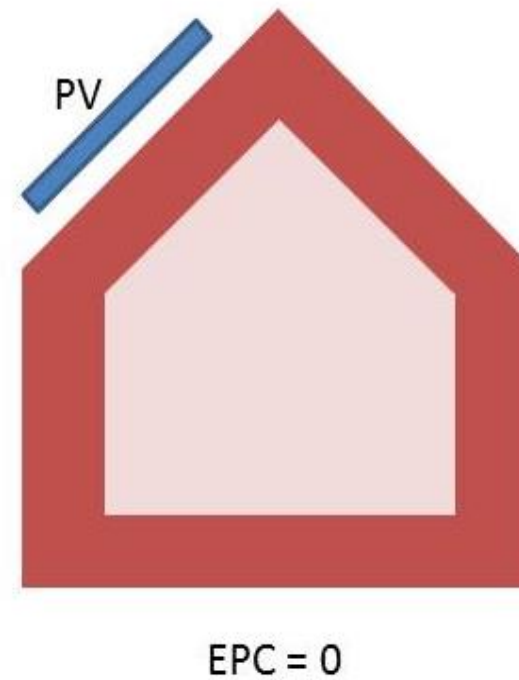
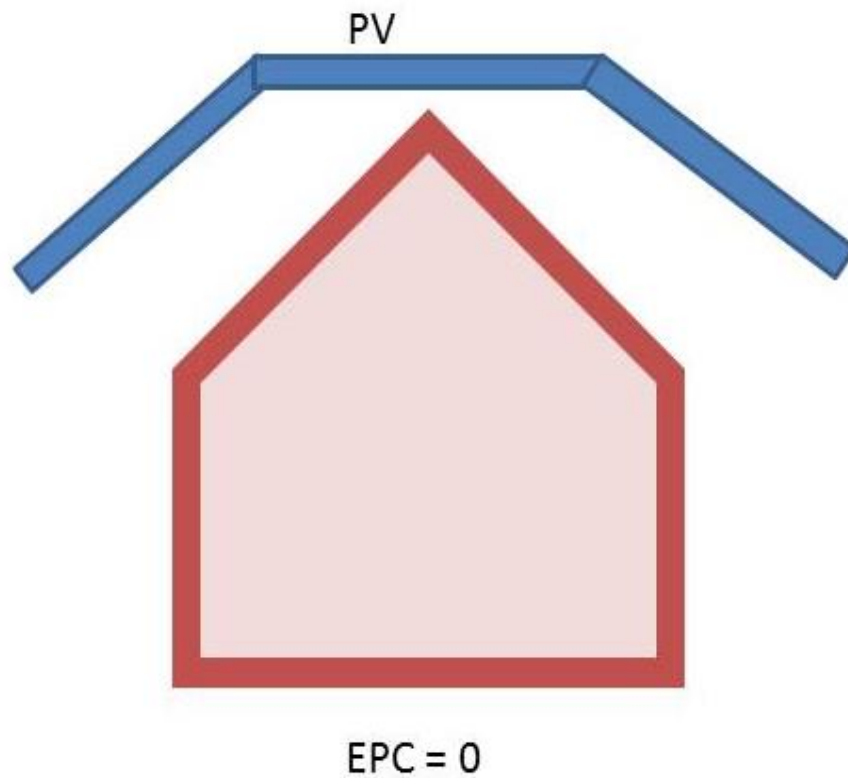
Opslag

Op zoek naar compacte opslag van warmte..

- Voelbare warmte
- Latente warmte (PCM)
- Thermochemische opslag
- ...

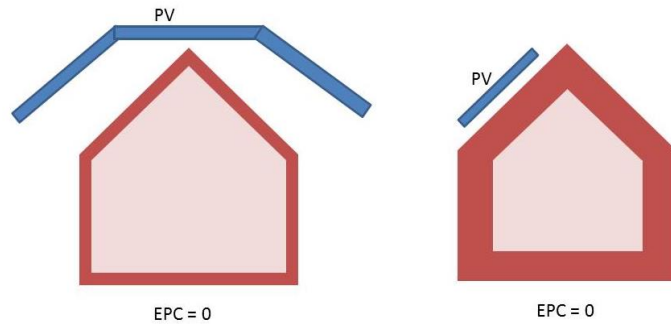
Net zero....

Wat is beter? Of maakt het niet uit?

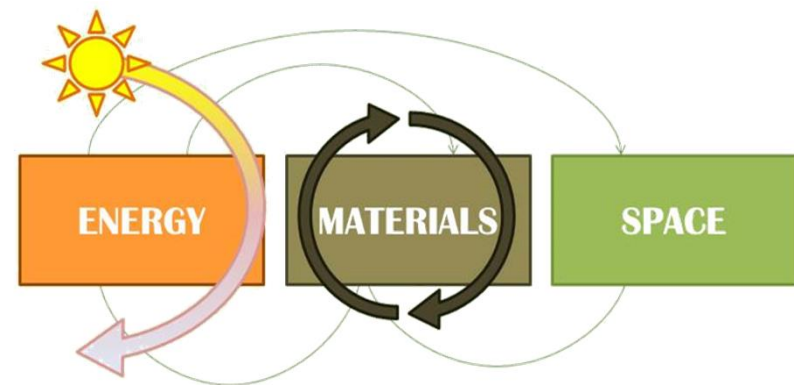


Net zero....

Wat is beter? Of maakt het niet uit?



Materialen → embodied energy?
Materialen ? → circulariteit?
Hoe zit het met ruimtegebruik ?



Toekomstige energiesystemen

1) Energie efficiëntie is een onzin waarde

“ Exergie is een tool om verliezen te minimaliseren en bronnen optimaal te benutten

2) ‘Net zero energy’ bouwen is niet genoeg

(en niet omdat ze netto energieleverend moeten zijn)

“ Integreer het gebouw in netwerk EN opslag oplossingen

“ Exergie is geen einddoel:

Denk aan wat echt schaars is: materiaal en ruimte

Vragen?



Sabine Jansen

S.C.Jansen@tudelft.nl