

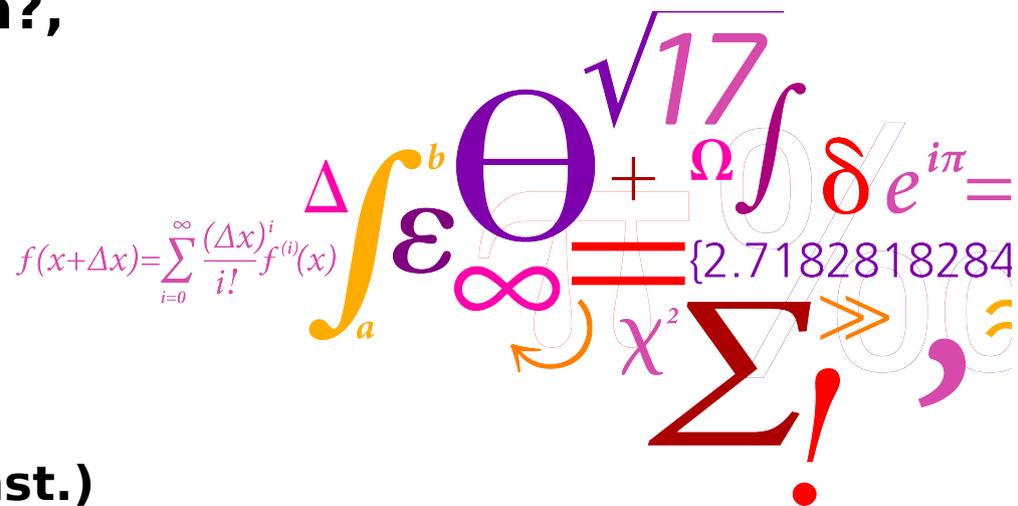
# Anvendelse af **forbrugs**data i et smart energisystem

**IDA-IT og Energi:**

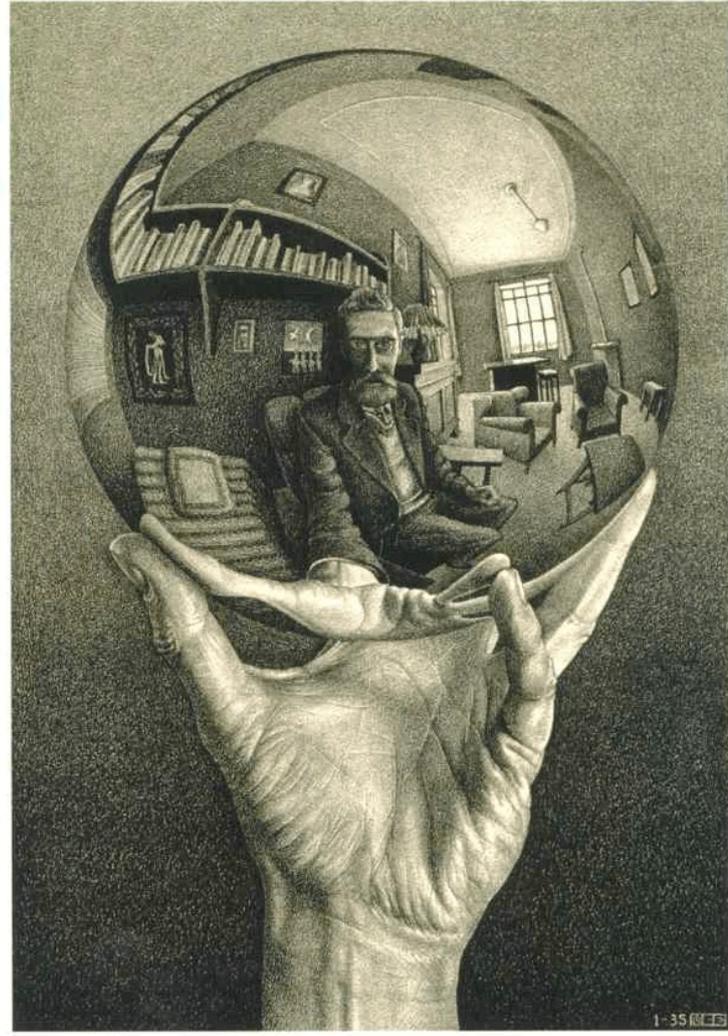
**Mere data - bedre energisystem?,**

**Marts 2015**

**Henrik Madsen (DTU Compute)**  
**Søren Østergaard (Teknologisk Inst.)**  
[www.henrikmadsen.org](http://www.henrikmadsen.org)  
[www.smart-cities-centre.org](http://www.smart-cities-centre.org)



# Oversigt:



- Opsplitning af forbrugsdata
- Energimærkning
- Bygningers termiske performance
- Anvisninger på energibesparelser
- Temperaturstyring
- Lagring af energi i bygninger
- CITIES

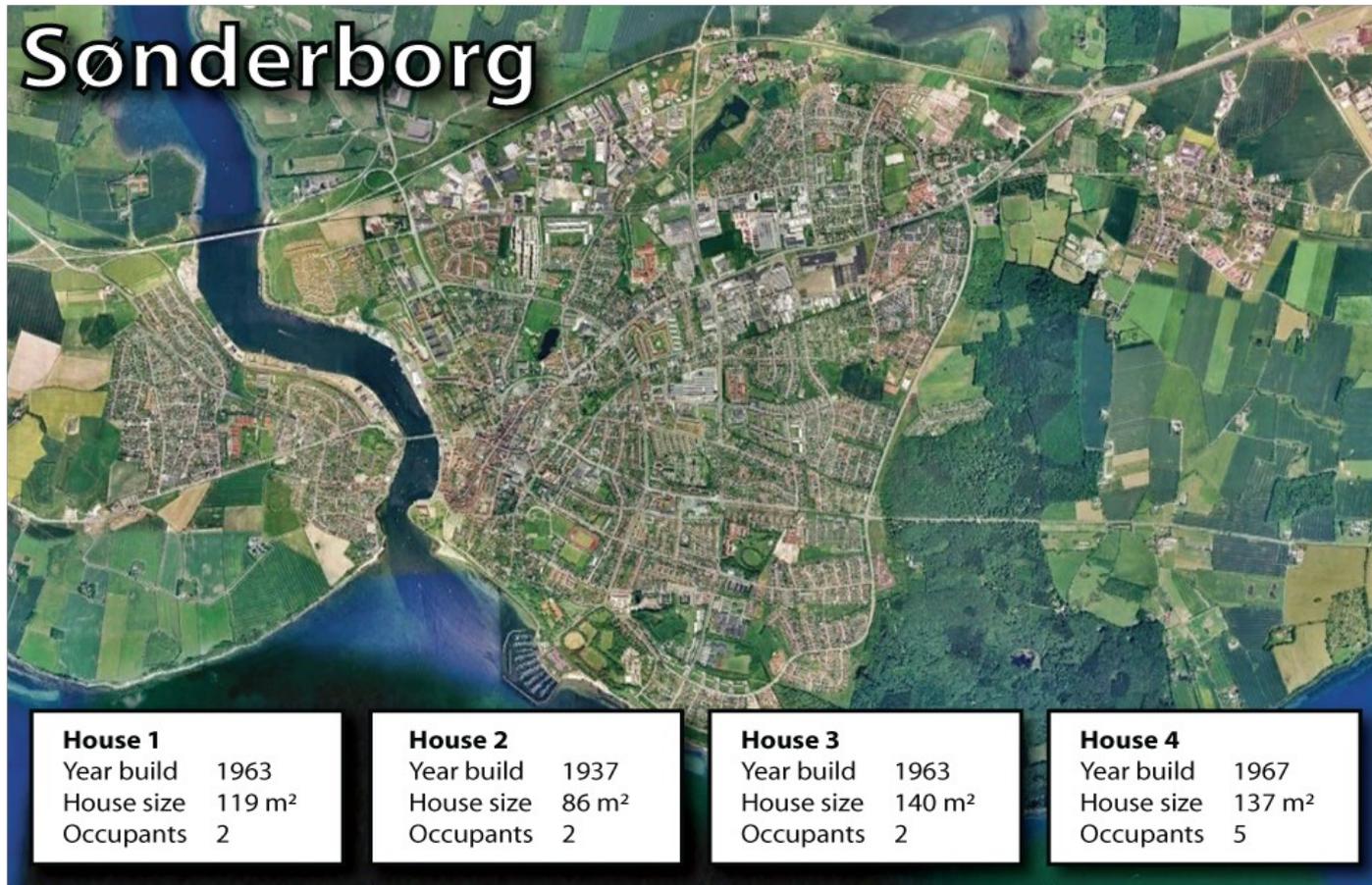
# Eksempel No. 1

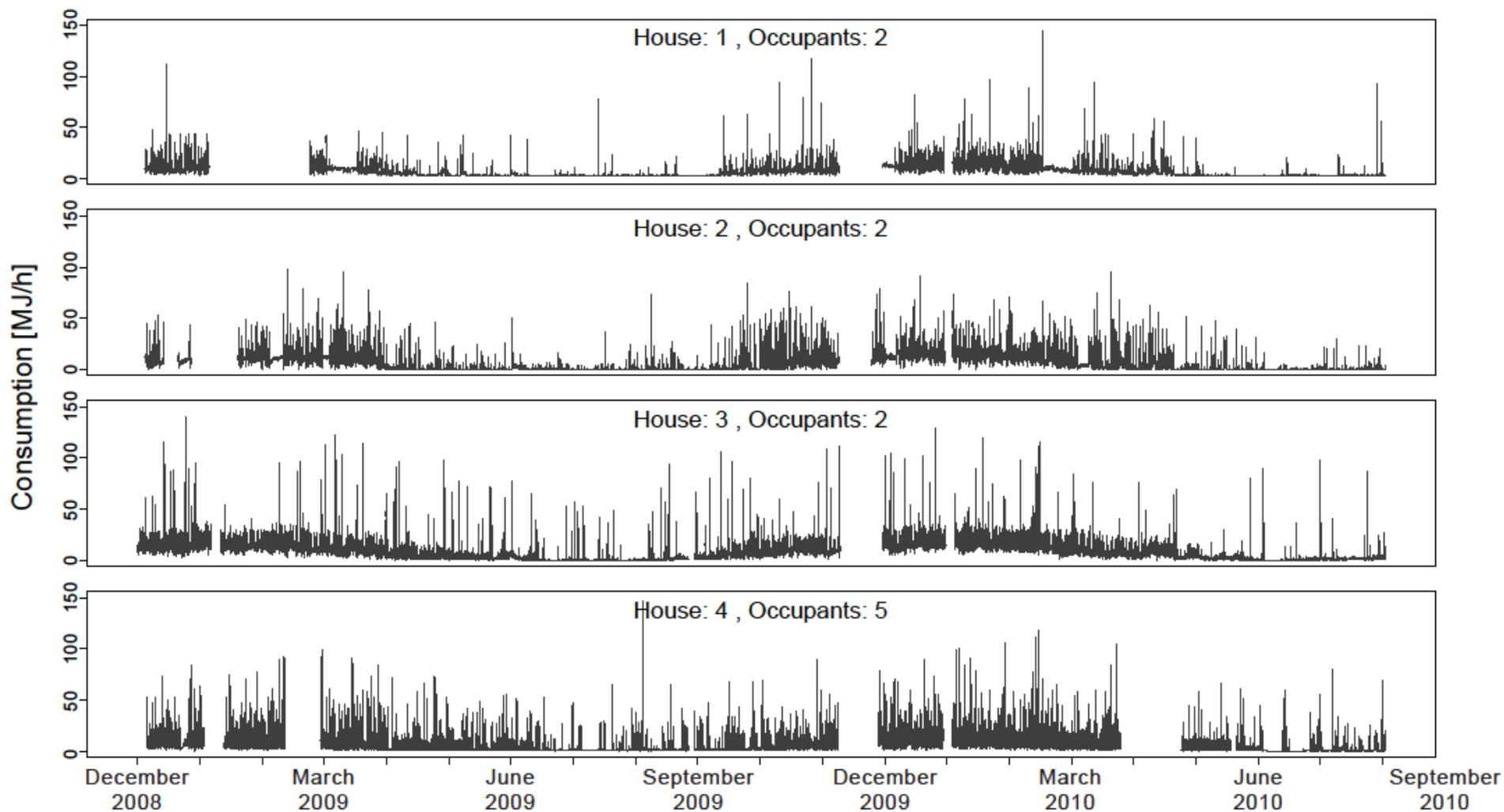
## Opsplitning af forbrugsdata



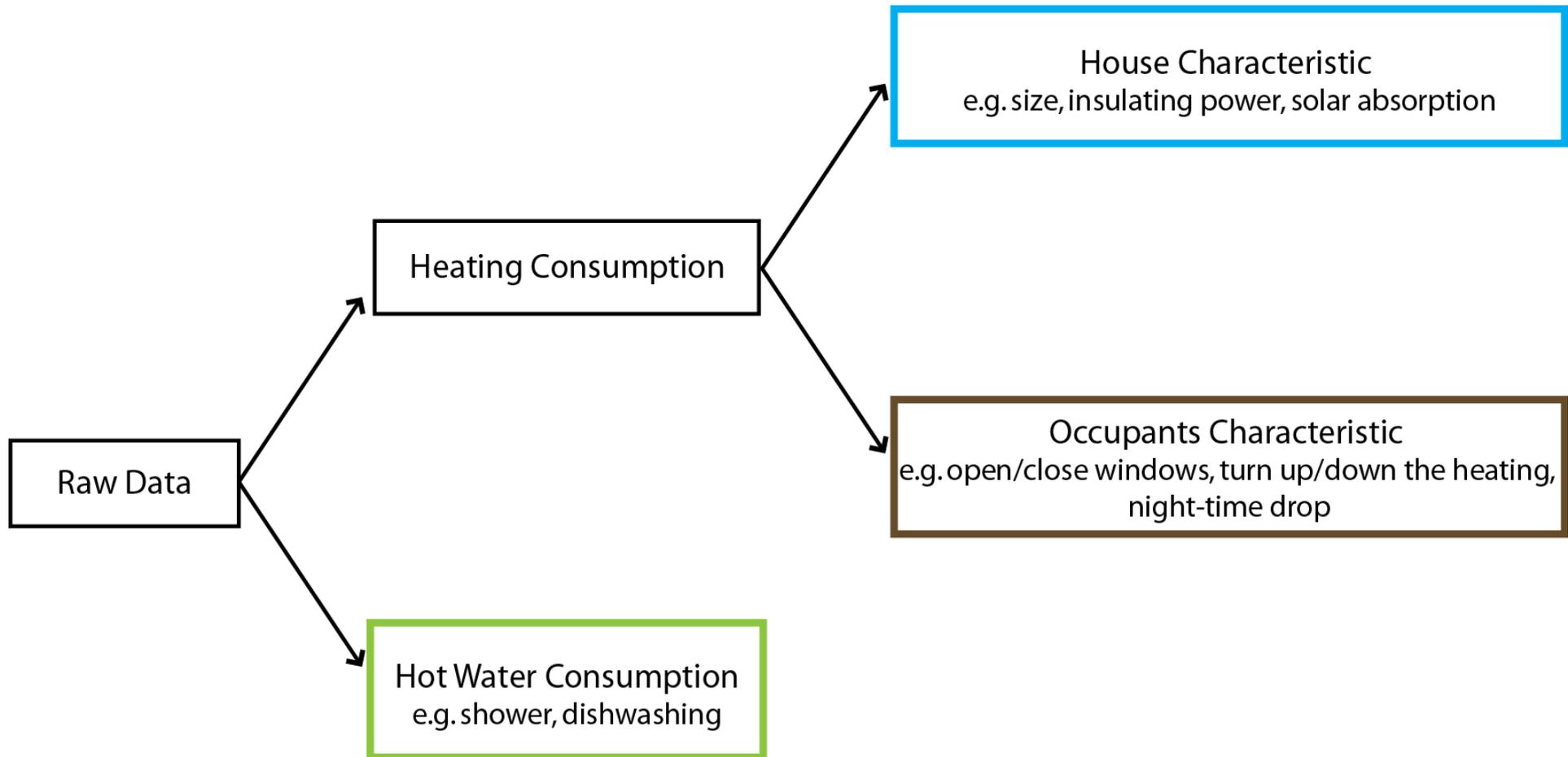
# Data

- 10 min gennemsnit fra ca. 56 huse

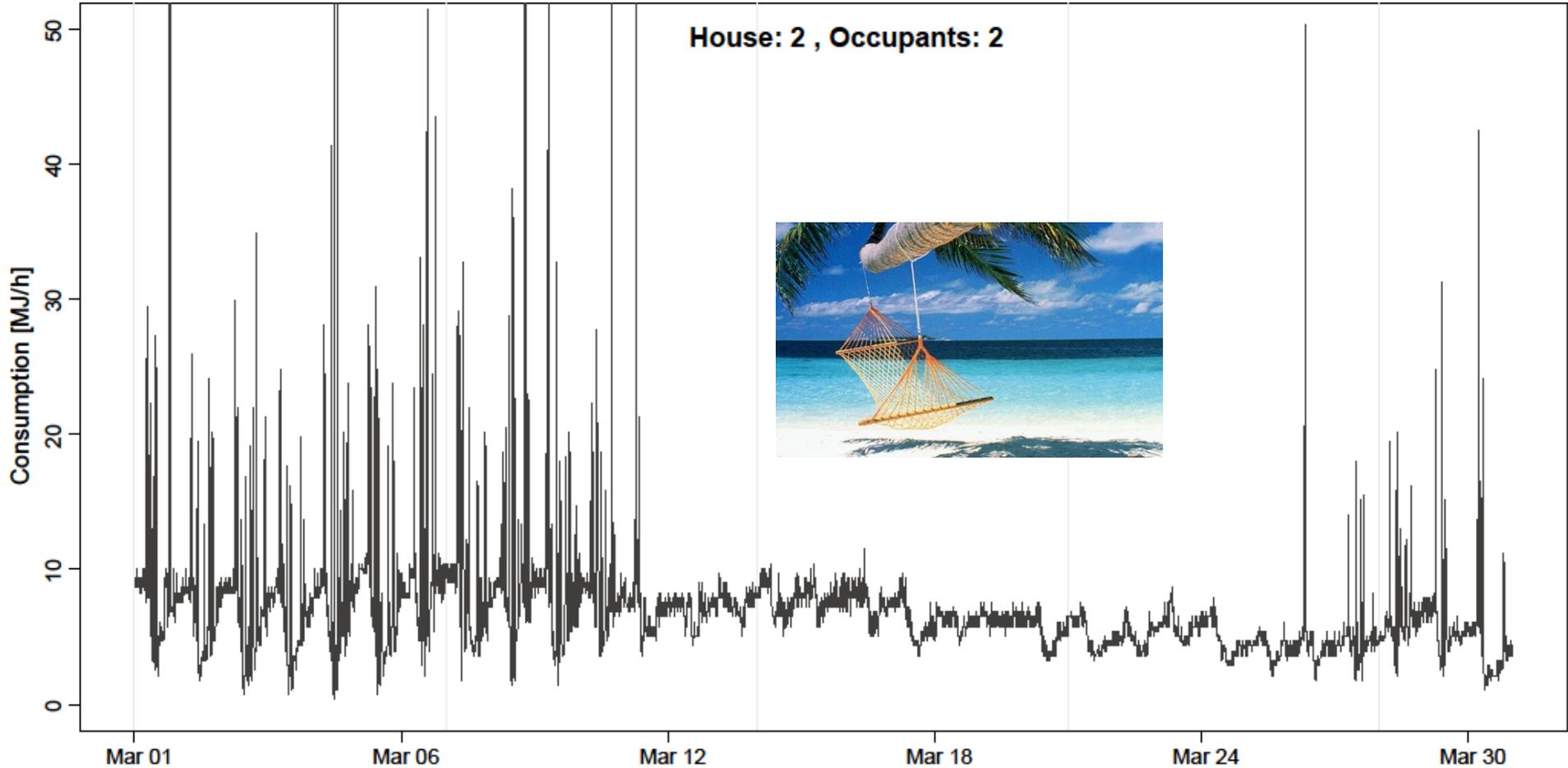




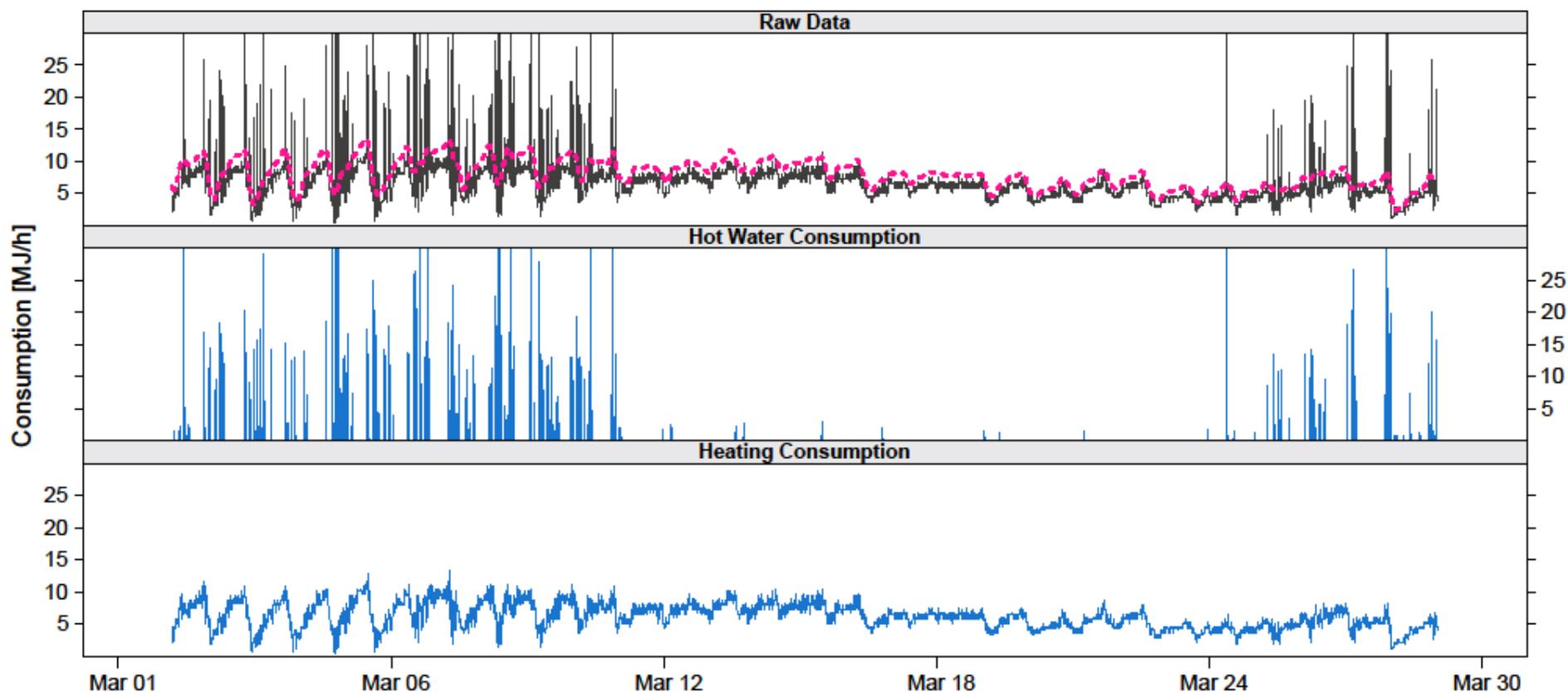
# Princip for data separation



# Ferie periode



## Robust Polynomial Kernel

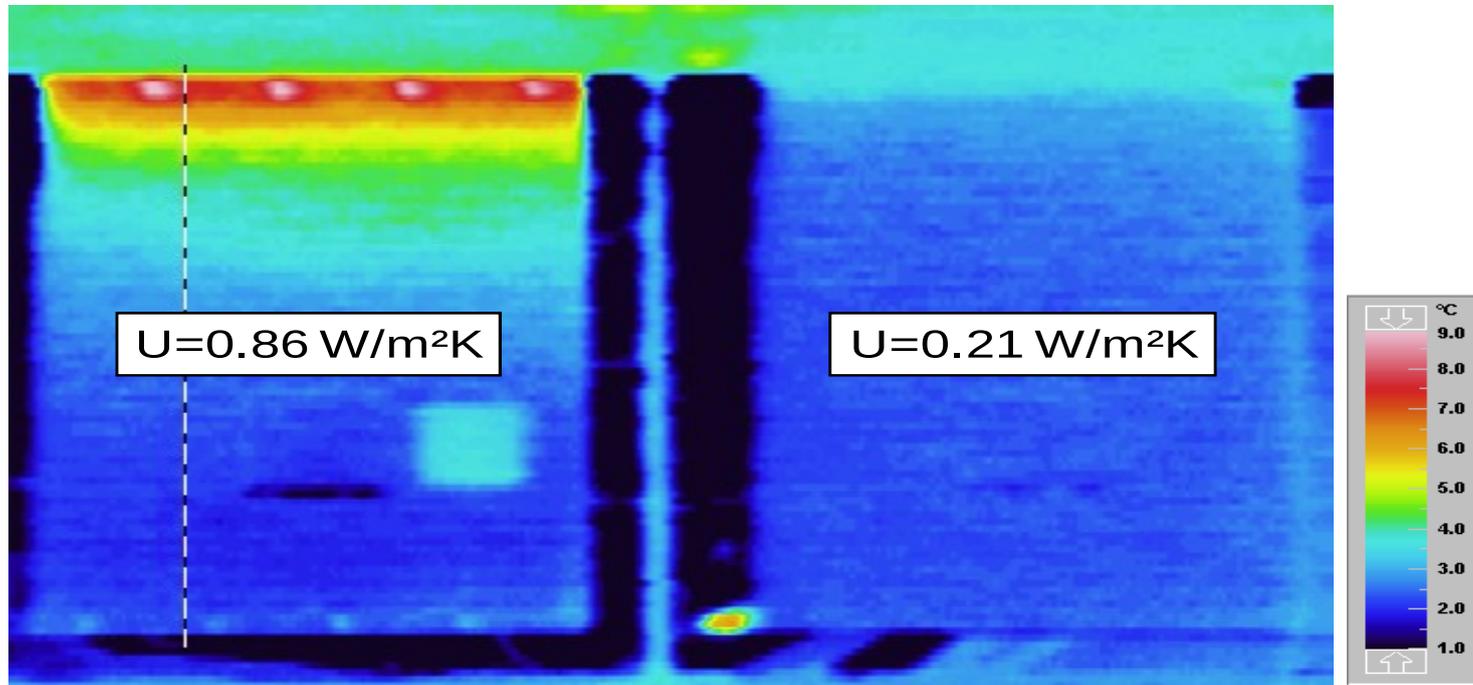


## Eksempel No. 2

# Energimærkning og Energisignatur

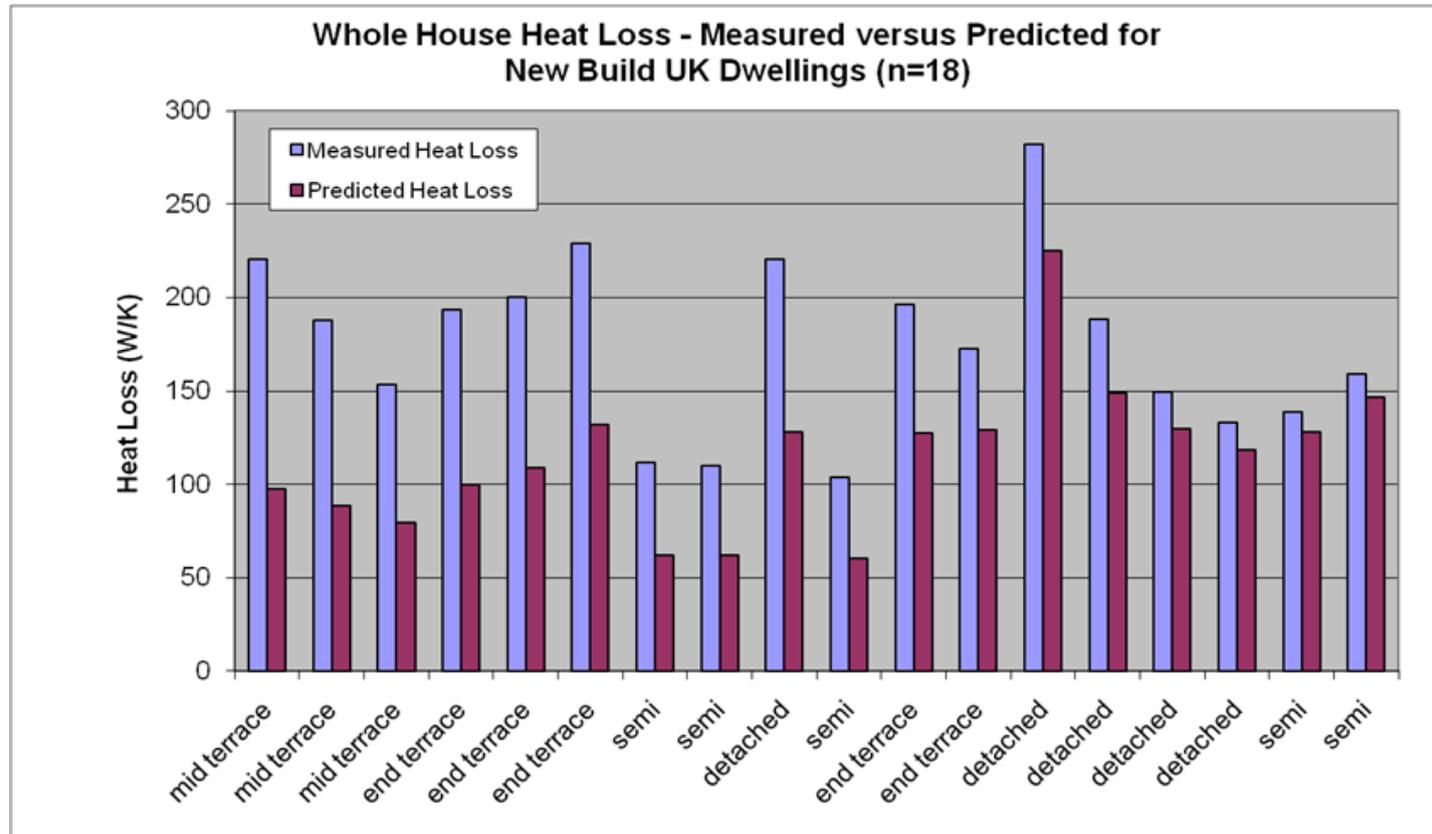


# Eksempel



Godt og dårligt udført håndværk (teoretisk værdi  $U=0.16\text{W/m}^2\text{K}$ )

# Beregnet og faktisk forbrug



Generelt dårlig overensstemmelse mellem beregnet og faktisk forbrug.  
**Derfor bør man bruge data** (og ikke tegninger....)

# Energimærkning

- Energikonsulenten kan ikke foretage destruktive indgreb
- Der er brug for en ny objektiv metode, som yderligere kan 'se' de skjulte dele af bygningen.
- En ny energimærkning kan etableres helt automatisk pga måler aflæsningsdata!
- Metoden korrigerer automatisk for forskelle i forbrugsmønstre uden at kræve målinger af indetemperaturen (t.ex.)



# En statistisk model

- Betragt følgende model:

$$Q_t = b_0 - UA \cdot T_{a,t} - gA \cdot R_{0,t} + b_1 w_t + e_t$$

Denne model giver mulighed for estimation af UA, gA og effekten af vindhastigheden.

# Resultater

	UA W/°C	$\sigma_{UA}$	$gA^{\max}$ W	$wA_E^{\max}$ W/°C	$wA_S^{\max}$ W/°C	$wA_W^{\max}$ W/°C	$T_i$ °C	$\sigma_{T_i}$
4218598	211.8	10.4	597.0	11.0	3.3	8.9	23.6	1.1
4381449	228.2	12.6	1012.3	29.8	42.8	39.7	19.4	1.0
4711160	155.4	6.3	518.8	14.5	4.4	9.1	22.5	0.9
4836681	155.3	8.1	591.0	39.5	28.0	21.4	23.5	1.1
4836722	236.0	17.7	1578.3	4.3	3.3	18.9	23.5	1.6
4986050	159.6	10.7	715.7	10.2	7.5	7.2	20.8	1.4
5069878	144.8	10.4	87.6	3.7	1.6	17.3	21.8	1.5
5069913	207.8	9.0	962.5	3.7	8.6	10.6	22.6	0.9
5107720	189.4	15.4	657.7	41.4	29.4	16.5	21.0	1.6
.	.	.	.	.	.	.	.	.

Baseret på målinger fra fyringssæsonen **2009/2010** er den typiske indetemperatur beregnet til **24 °C**. Hvis dette ikke er korrekt kan den ændres her  °C.

Såfremt huset har stået tomt i længere perioder med en delvis reduceret varmforsyning har du muligheden for at specificere disse perioder i denne .

Ifølge BBR er grundarealet for huset **155 m<sup>2</sup>** og opførelsesåret er **1971**.

Baseret på information fra BBR antages det at **der ikke anvendes anden form for opvarmning**. Hvis dette ikke er korrekt kan typen og brugshyppigheden specificeres her:

- Brændeovn bruges  gange om ugen i kolde perioder.
- Solvarme , ca. størrelse af solpanel  ×  meter.

Baseret på indetemperaturen **24 °C**, anvendelse af brændeovn **0** gange om ugen og **ingen** installeret solvarme, er husets respons på klimaet beregnet som:

- Responset på udetemperaturen er beregnet til **200 W/°C**, hvilket givet grundareal og byggeår er forventeligt<sup>a</sup>.
- På en blæsende dag stiger ovennævnte værdi med **60 W/°C** når vinden blæser fra østlige retninger. Denne respons på vind er relativt høj og indikere et problem relateret til husets tæthed på den østlige side.
- På en solrig dag i fyringssæsonen er det beregnet at huset modtager **800 W** som et gennemsnit over 24 timer. Denne værdi er forventelig.

---

<sup>a</sup>Mange typer af anbefalinger kan gives her.

## Eksempel No. 3

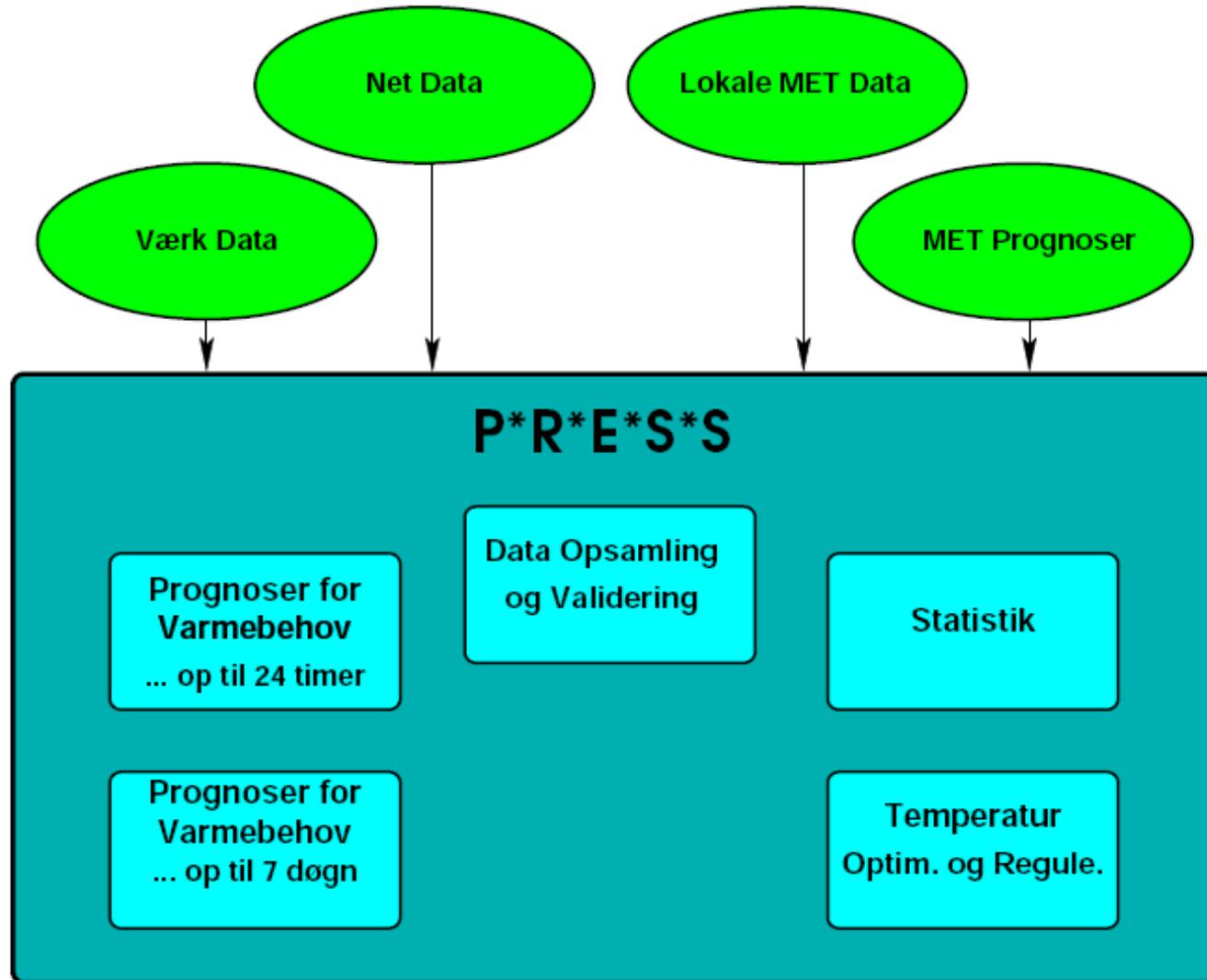
# Temperaturoptimering (og lavtemperatur fjernvarme)



# Fjernvarmenet

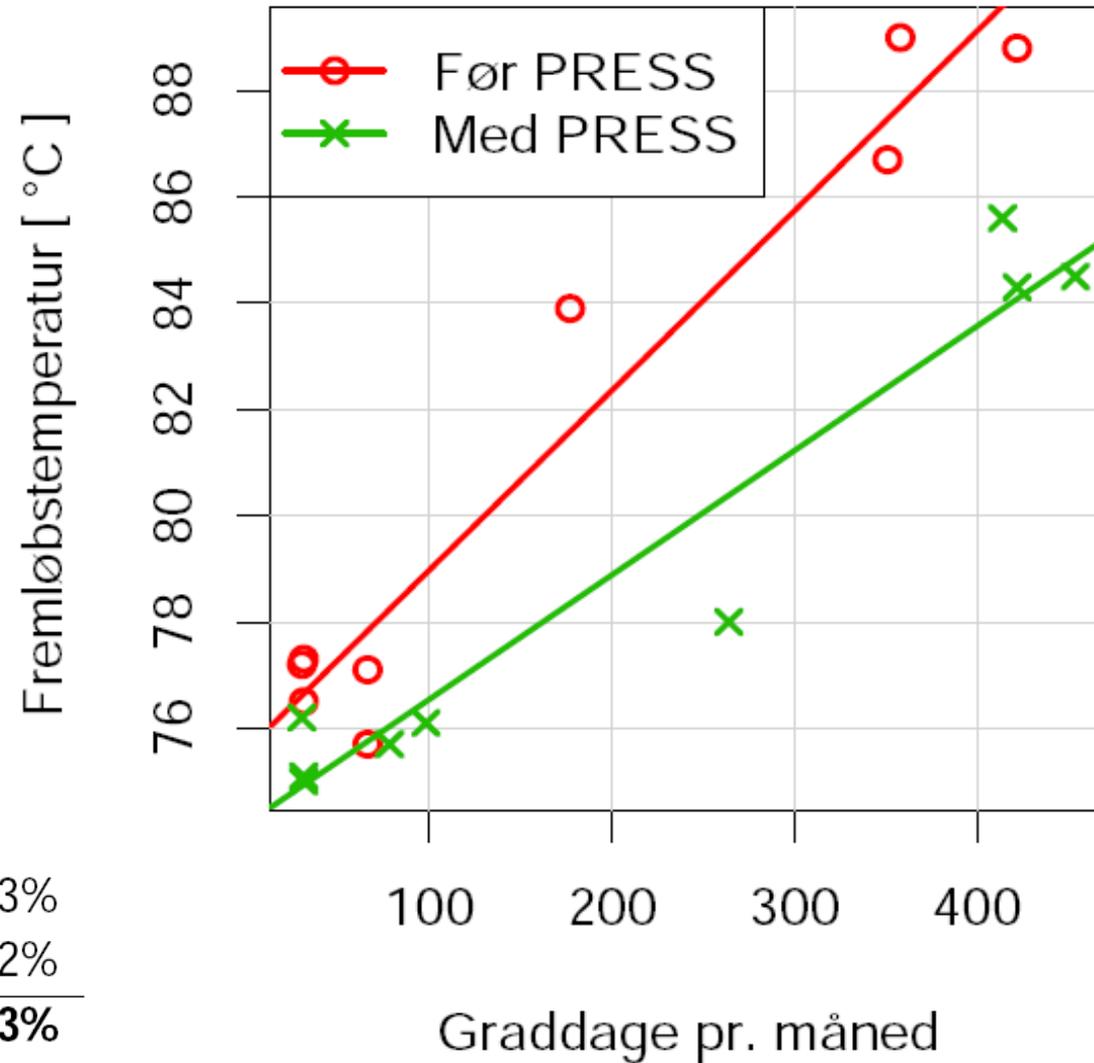
- Samme problematik som ved bygninger:
  - Udførelsen er ikke altid nøjagtig som på tegningerne
  - Isoleringsevnen kan afvige en del fra det teoretiske (eksempelvis grundet våd isolering)
  - Hydrodynamikken kan være vanskelig at udregne præcist
- Vi har udviklet løsninger til temperaturstyring (simulation – TERMIS TO; prognose - PRESS)

# Temperatur-optimering PRESS (Data og Prognoser)



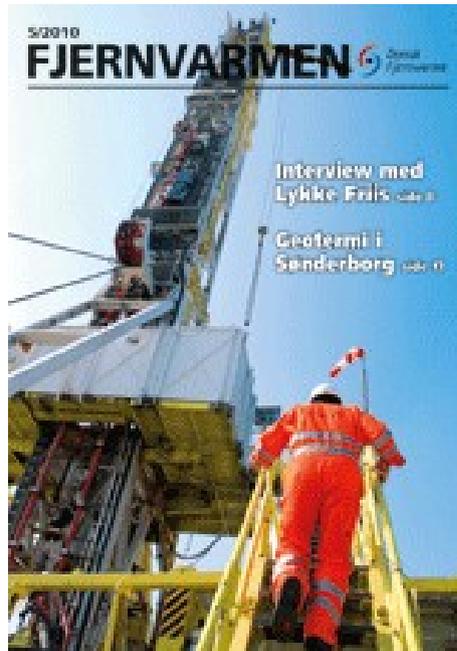
# Temperatur optimering

## Fremløbstemperatur mod graddage



Før PRESS:	22,3%
Med PRESS:	18,2%
<hr/>	
Nettabsreduktion:	<b>18,3%</b>

# Besparelser ved Temperatur Regulering



Temp. Styring med og uden brug af data:

- **Simulationsbaseret styring** af vandtemperatur giver op til **10 pct** reduktion i varmetabet
- **Databaseret styring** af vandtemperaturen giver op til **20 pct** reduktion i varmetabet.

FJERNVARMEN | 5 2010

**Styring af temperatur rummer  
kæmpe sparepotentiale**

## Eksempel No. 4

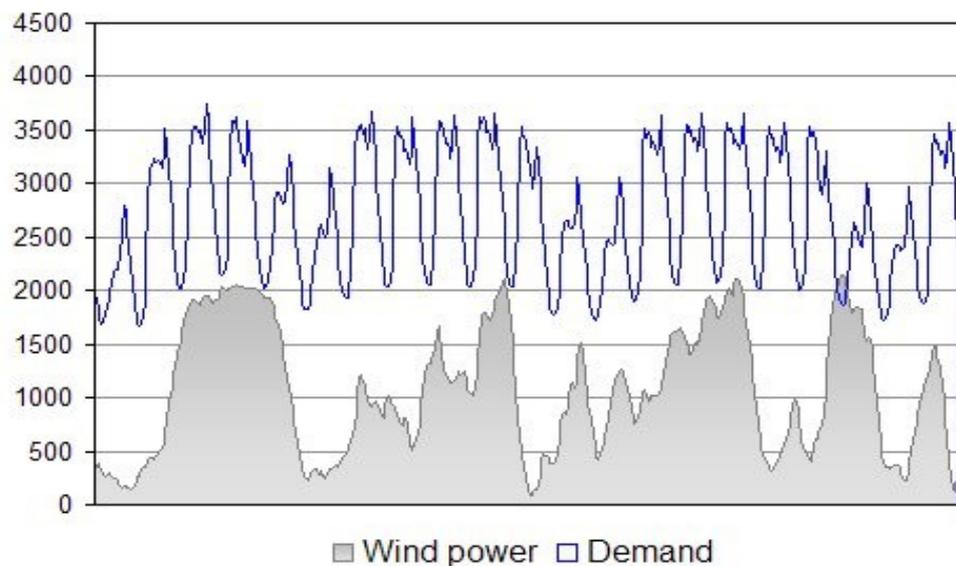
# Bygninger og energilagring (Smart grid mulighed)



# Vindenergi og forbrug

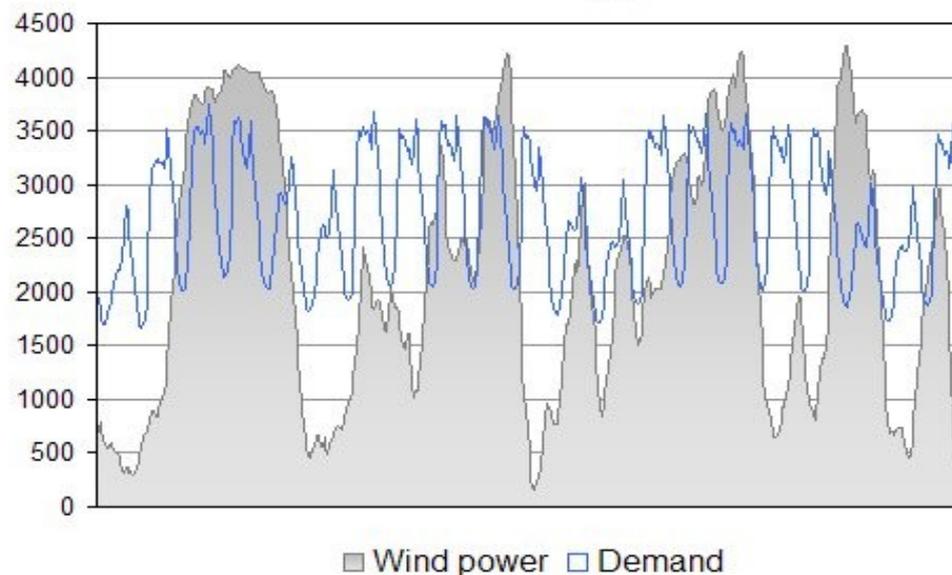
.... *balancering i elsystemet*

25 % wind energy (West Denmark January 2008)



Wind power covers the entire demand of electricity  
in 200 hours (West DK)

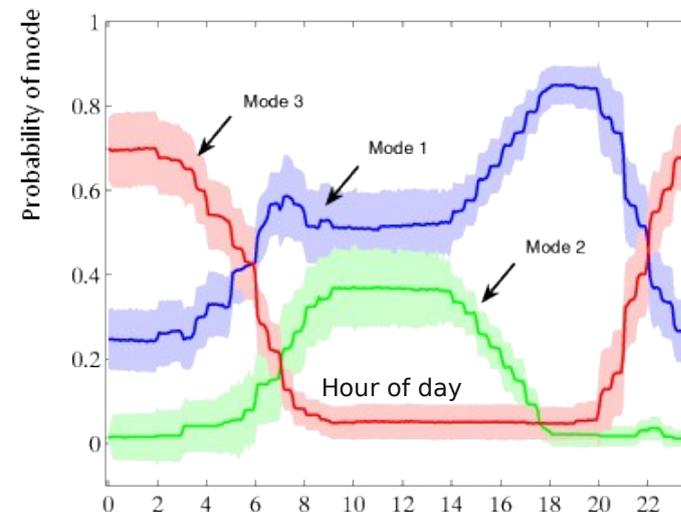
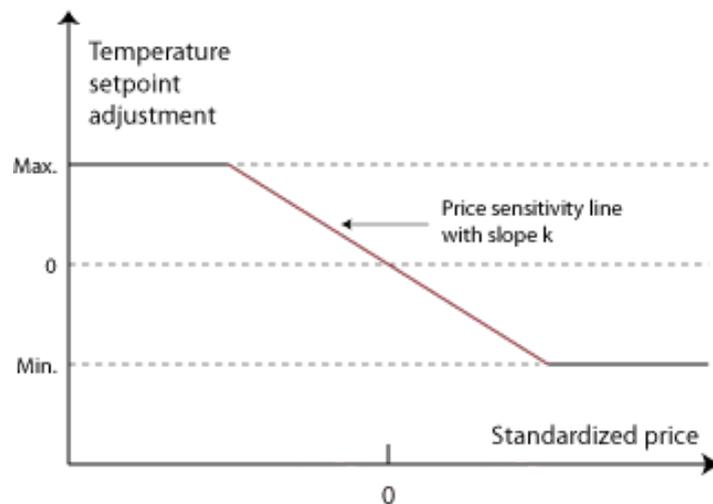
50 % wind energy



In the future wind power will exceed demand  
in more than 1,000 hours

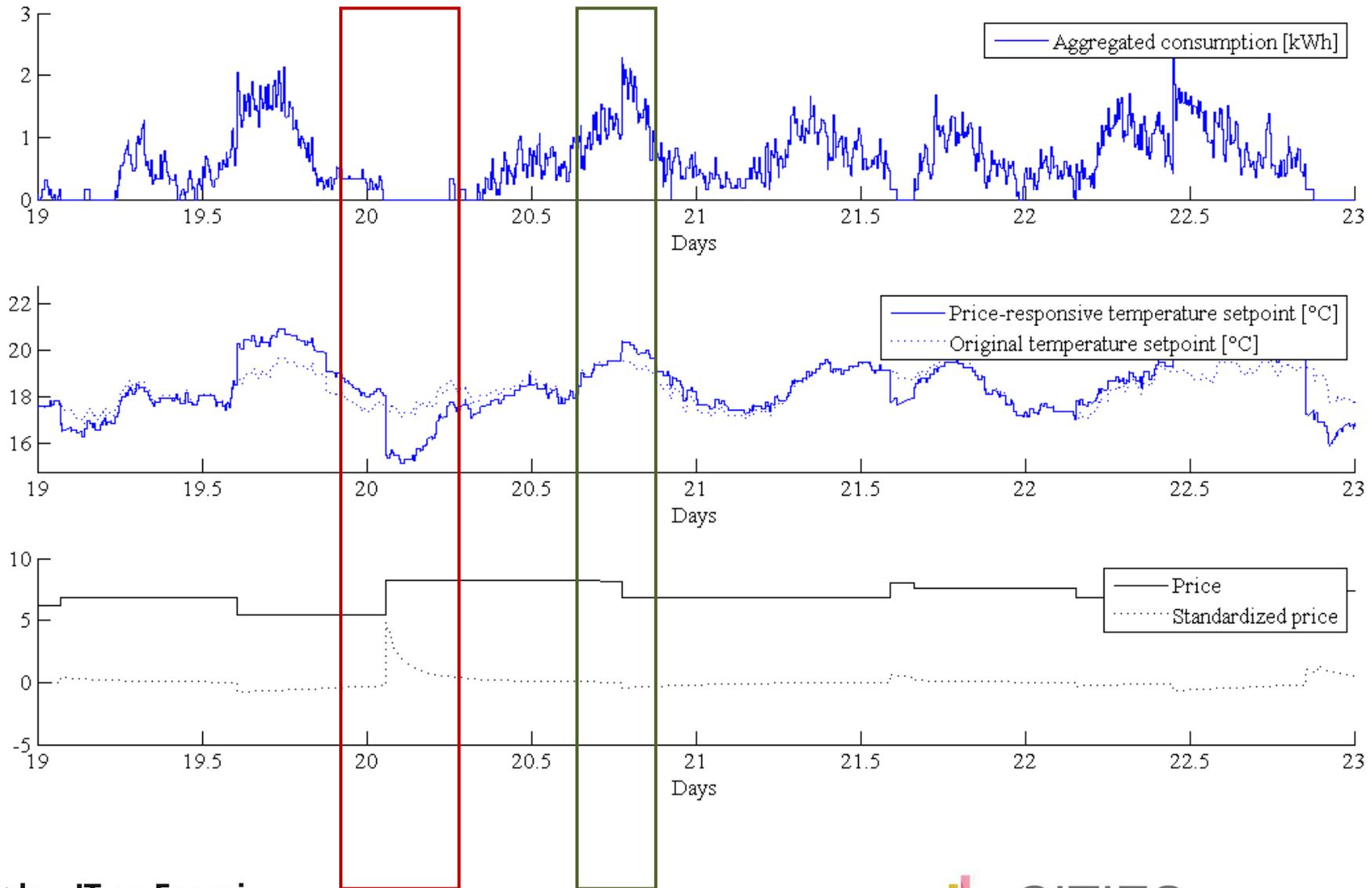
# Prisbaseret styring af varmeforbrug

*Fleksibilitet opnås ved at justere temperatur referencen (setpoint)*



- **Standardized price** is the % of change from a price reference, computed as a mean of past prices with exponentially decaying weights.
- **Occupancy mode** contains a price sensitivity with its related comfort boundaries. 3 different modes of the household are identified (work, home, night).

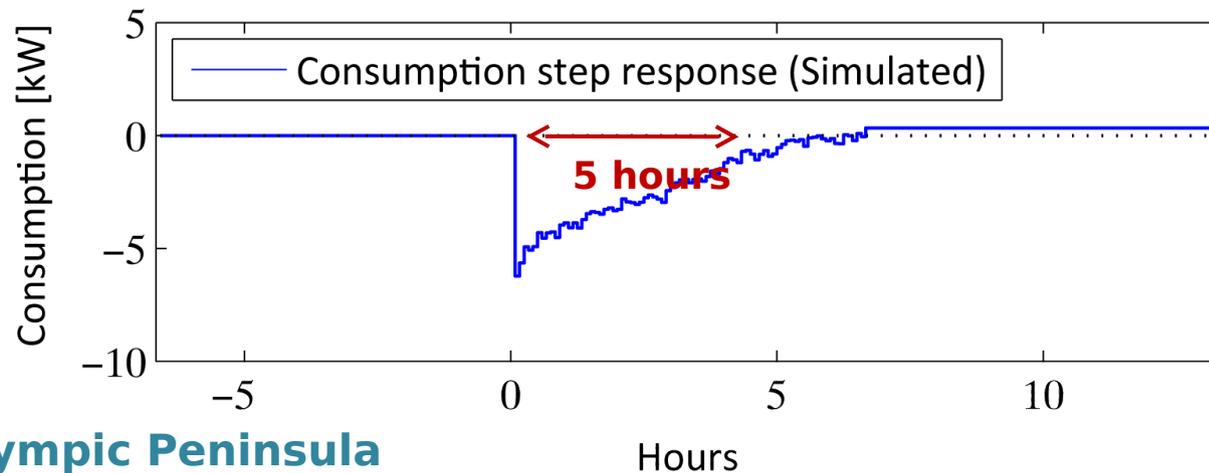
# Aggregering (over 20 huse)



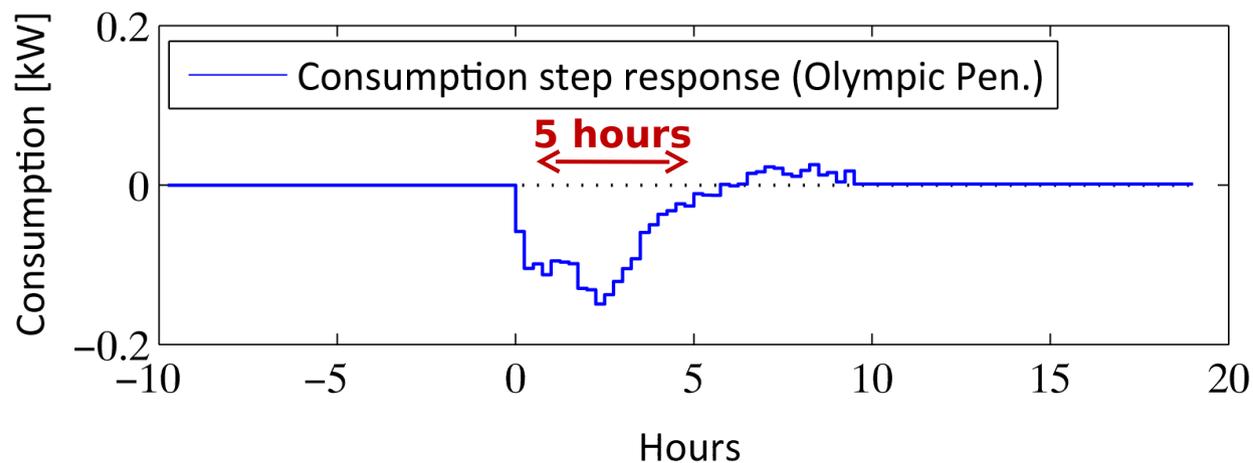
# Respons ved prisændring

*Simuleret og estimeret (USA data)*

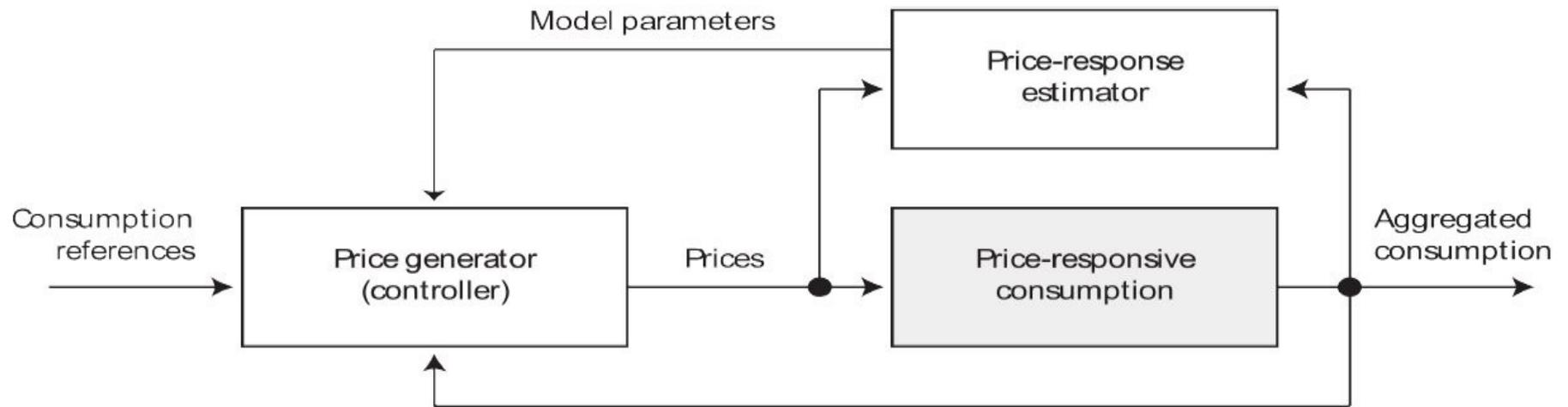
## Simulated



## Olympic Peninsula

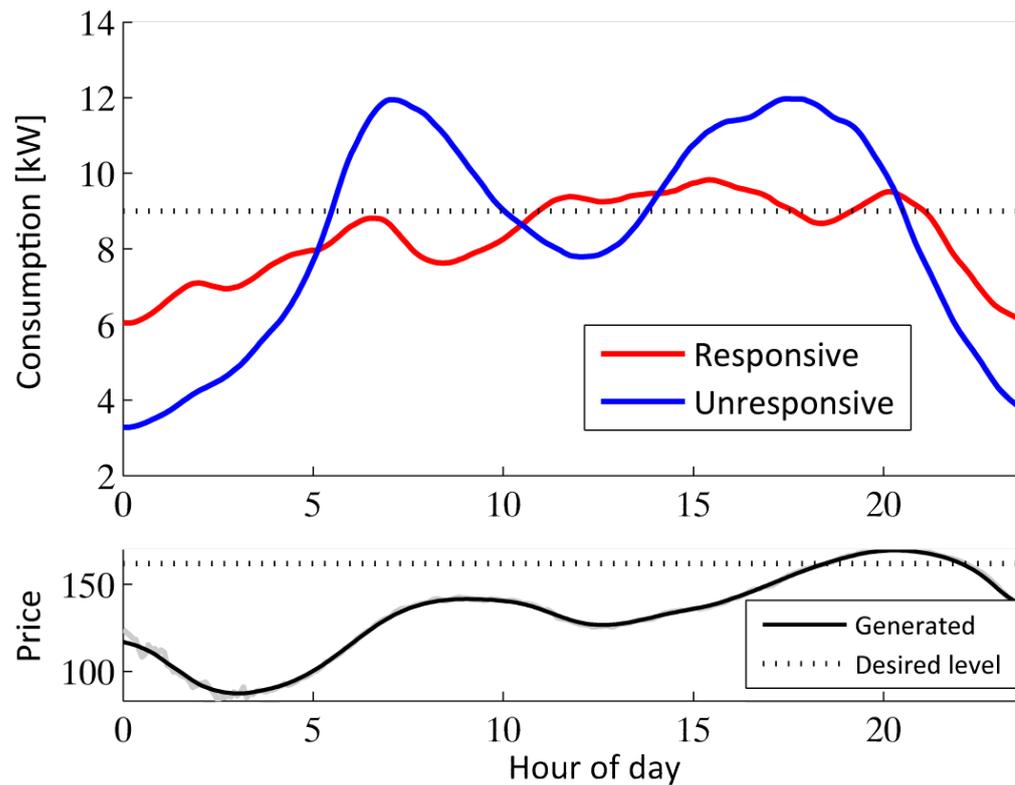


# Control of Energy Consumption



# Control performance

- Betydelig reduktion i max. forbrug



# Nogle muligheder for anvendelse af forbrugsdata

- Objektiv og mere nøjagtig energimærkning.
- Forslag til energibesparelser:
  - Bør vinduerne skiftes?
  - Bør loftet efterisoleres?
  - Er huset for utæt mod vest?
  - .....
- Prognoser:
  - Bedre temperatur regulering
  - Smart Grid Flexibilitet/Lagring
  - Demand Side Management
- Bedre styring af frem- og returtemperatur

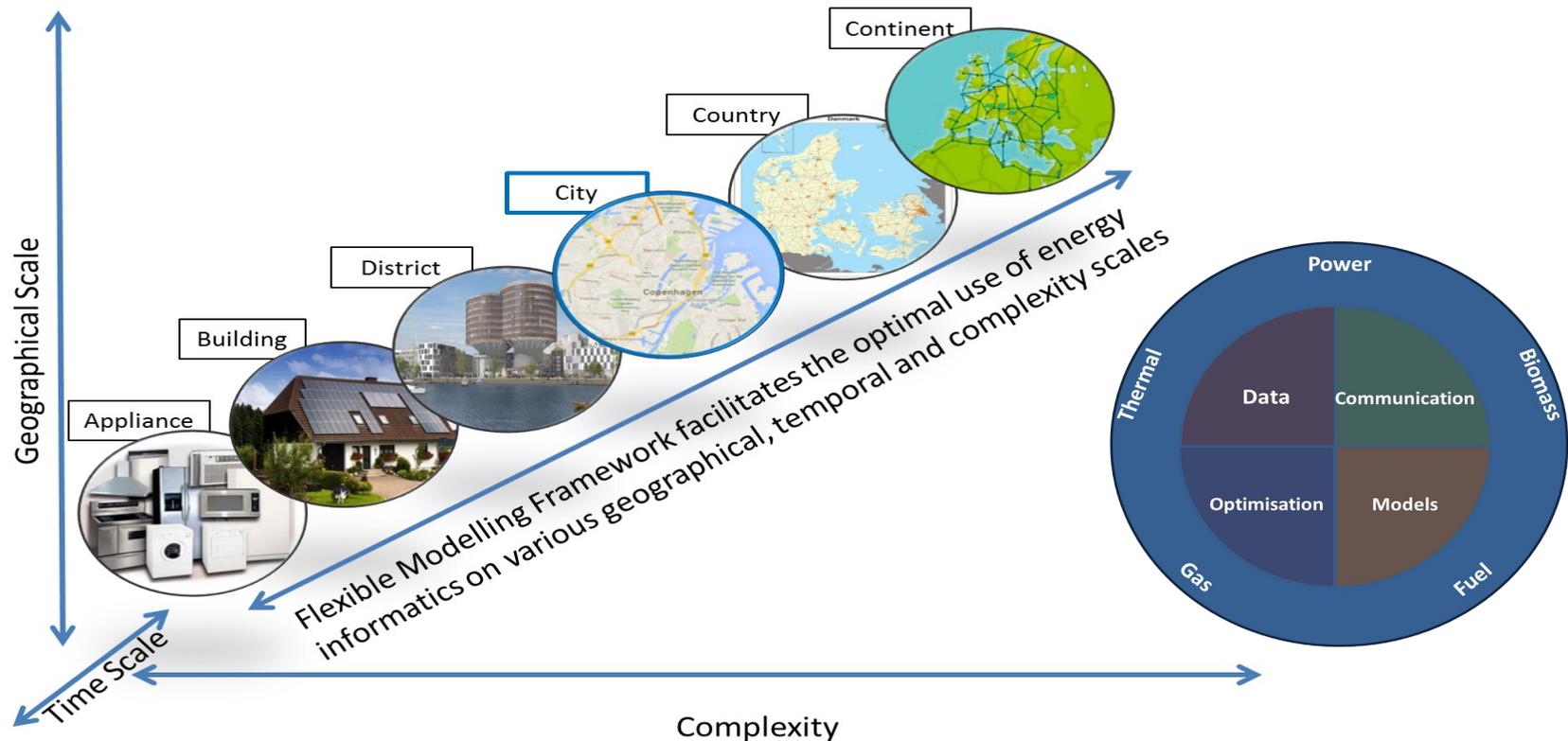


# CITIES

Centre for IT Based Intelligent Energy  
Systems in Cities

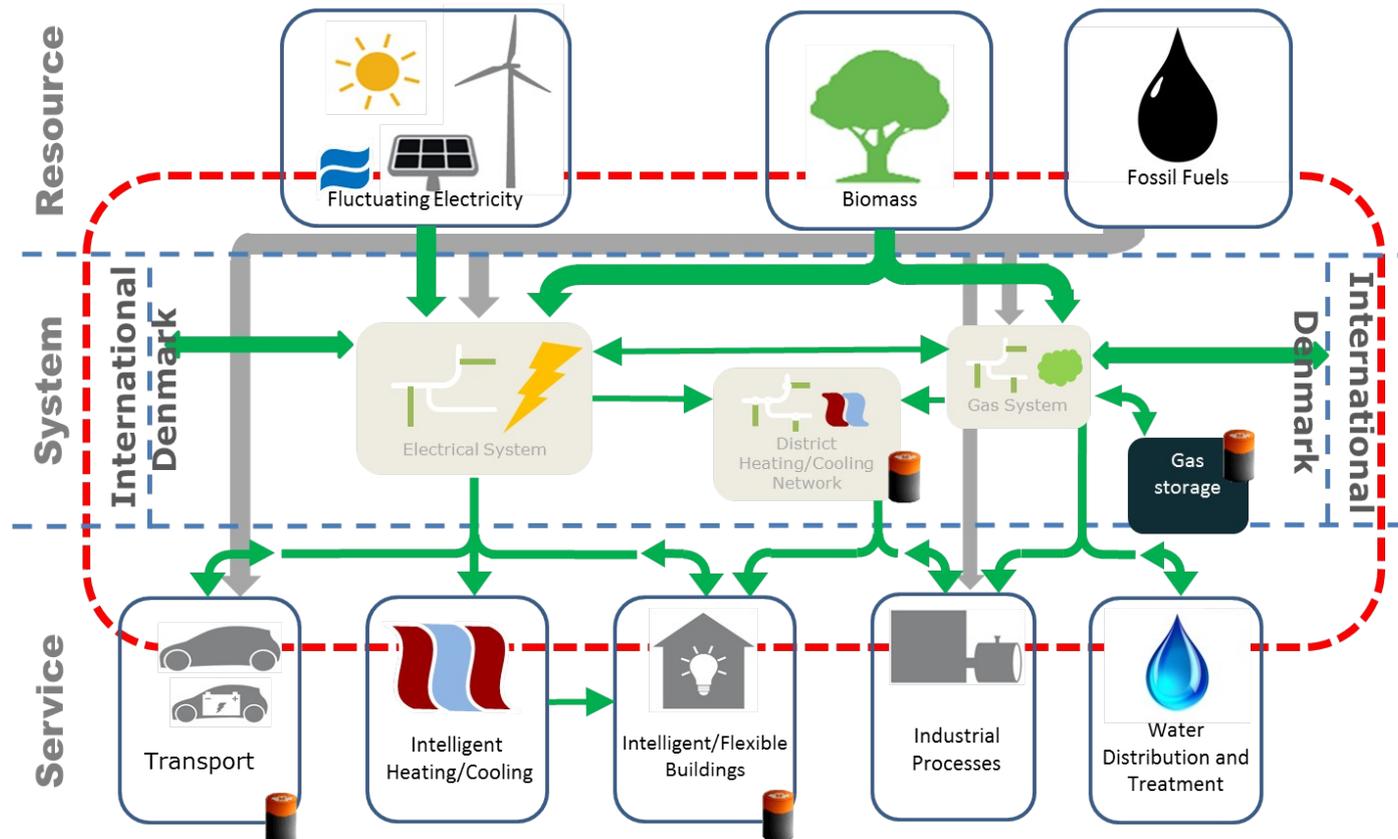


Nyt **nationalt center (CITIES – budget 75 mill.kr.)** med det formål at etablere **intelligente løsninger for design og styring af integrerede energisystemer** (el, fjernvarme, gas, biomasse).

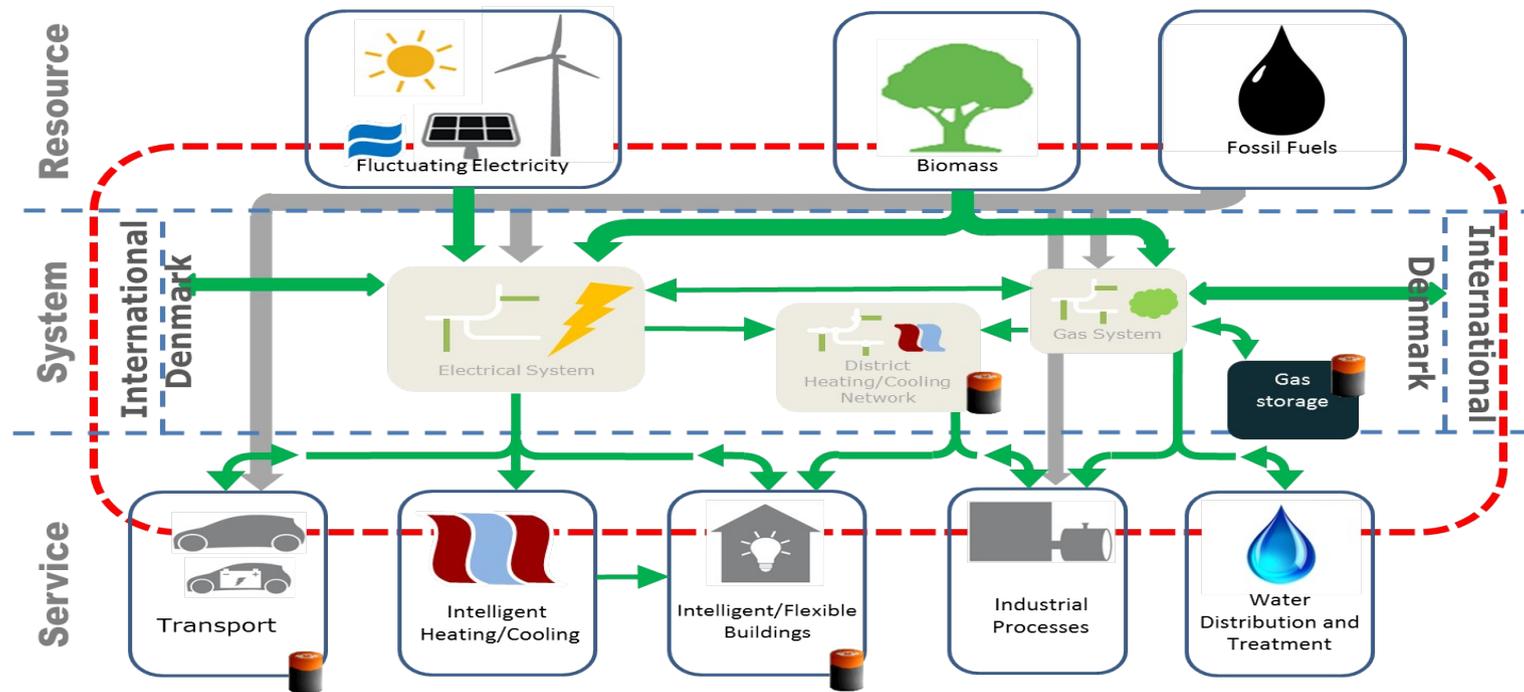


# CITIES Konceptet:

Intelligent og prognosebaseret energistyring – også på tværs af energisystemerne (el, fj.varme, gas, biomasse)



# Control and Storage by Energy Systems Integration



- Operational (simplified) models for optimization and control
- (Virtual) storage principles:
  - Buildings provide storage up to, say, 10 hours ahead
  - District heating systems lead provide storage up to 2-3 days ahead
  - Gas systems provide seasonal storage

# Konklusion

- **Data** giver mulighed for:
  - Objektiv og automatisk **energimærkning**
  - En række **termiske karakteristika** for boligen
  - **Anvisning på energibesparelser**
  - **Intelligent styring med besparelser** – både i k og i fjernvarmesyst.
- **Vigtigt:** Indfør **databasebet intelligent styring** såvel i boliger som i fjernvarmesystemet:
  - Et sæt standardværdier når der anvendes **regel- eller simulationsbaseret styring**.
  - Et andet sæt standardværdier når der anvendes **data- og prognosebaseret styring**.
  - Visning af forbruget giver ikke i sig selv besparelser



# Yderligere information ...

- ... send email til:
  - Henrik Madsen (DTU Compute)  
hmad@dtu.dk
  - Søren Østergaard Jensen (Teknologisk Inst.)  
[sdj@teknologisk.dk](mailto:sdj@teknologisk.dk)
  - Peder Bacher (DTU Compute)  
pbac@dtu.dk

# Tak for opmærksomheden ...

og tak til

Kim Wittchen, Carsten Rode,  
Elsparefonden, DSF (CITIES), ENFOR  
DFF-EDB, Sønderborg Fjernvarme

