

Reelle energibesparelser i renoveret etagebyggeri - fra beregnede til faktiske besparelser



TEKNOLOGISK
INSTITUT



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Indeklimaets temadag 27. September 2016

Ole Ravn

Teknologisk institut, Energi & Klima

or@teknologisk.dk

it's all about innovation



Projekt:

Reelle energibesparelser ved energirenovering af etageboliger



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Baggrund:** Der er ofte forskel på beregnede og målte energibesparelser ved renovering af boliger
- Formål:** At belyse de opnåede energibesparelser og grundene til forskellen mellem de beregnede og målte energiforbrug og energibesparelser
- Hvordan?** Ved at følge energirenoveringen af **7 etageboliger** før, under og efter byggeprocessen
- Hvornår?** 2014-2018
- Hvem?** Teknologisk Institut, Statens Byggeforskningsinstitut, rådgivere, entreprenører, administratorer m.fl.
- Bevilling:** Grundejernes Investeringsfond, Realdania og Teknologisk Institut (egenfinansiering)



Adfærds betydning på energiforbruget i EnergyFlexHouse

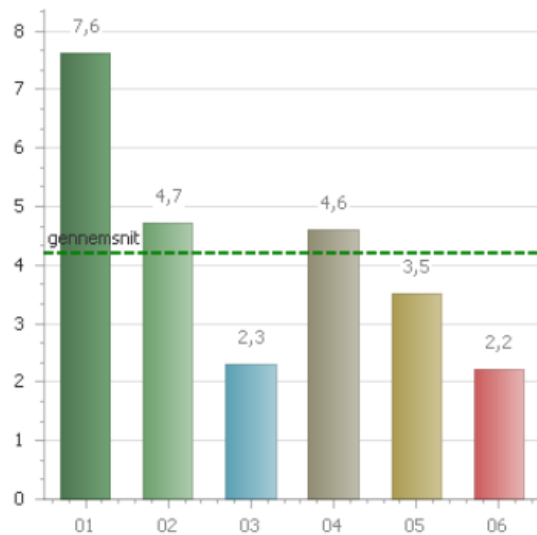
- 6 ens familiesammensætninger
 - 2 voksne og 2-3 børn, hvoraf minimum en er teenager



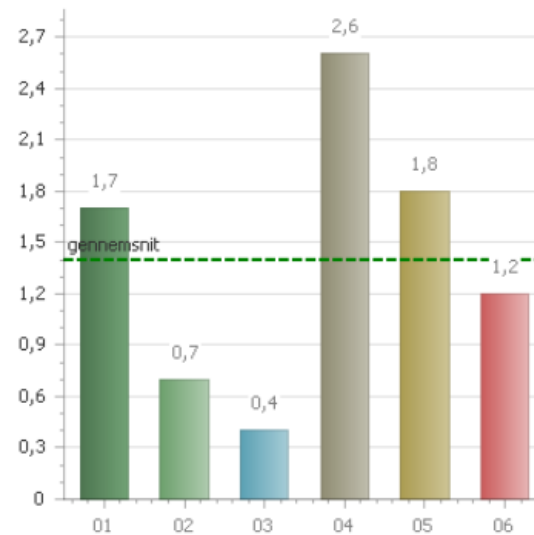


TEKNOLOGISK

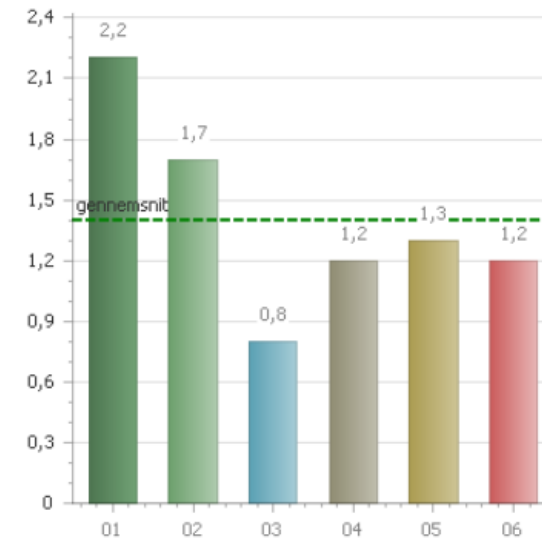
Varmt vand



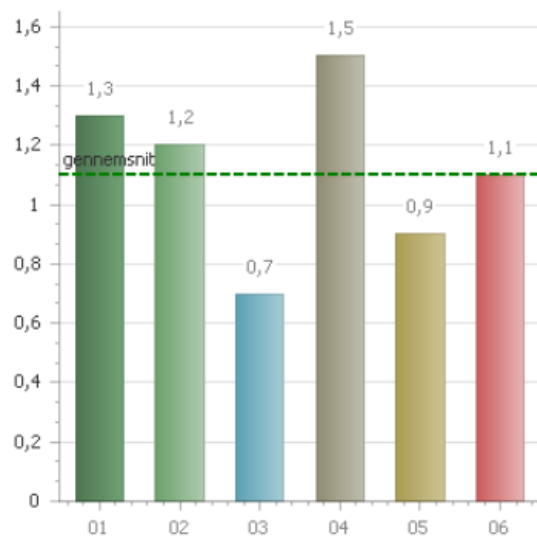
Vask og tørring



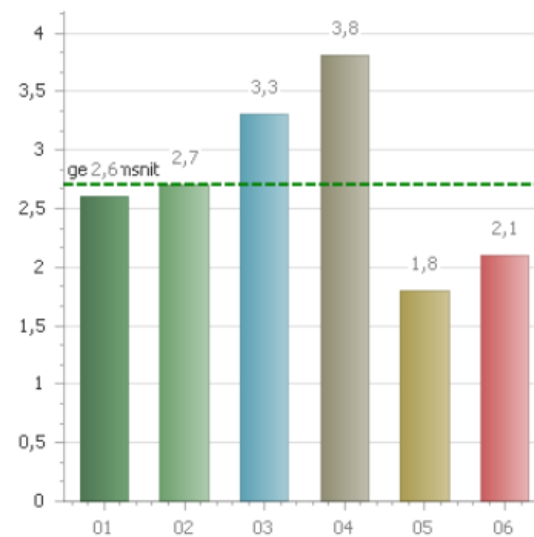
Madlavning



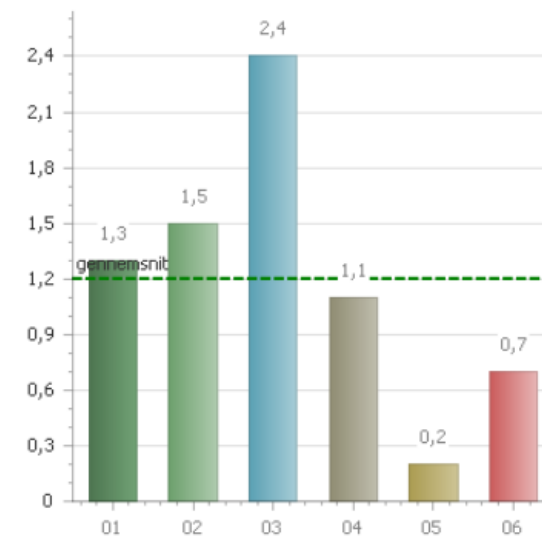
Opvaskemaskine



Elektriske apparater



Ventilation

[Gå til generel forbrug](#)



SBI-analyse:

ADFÆRD BETYDER MINDST LIGE SÅ MEGET SOM TEKNOLOGI



Ens huse – forskelligt forbrug:

- I helt ens boliger bruger nogle familier 2-3 så meget energi som andre
- *”Adfærd” betyder en faktor 2-3 i forskel på energiforbrug*

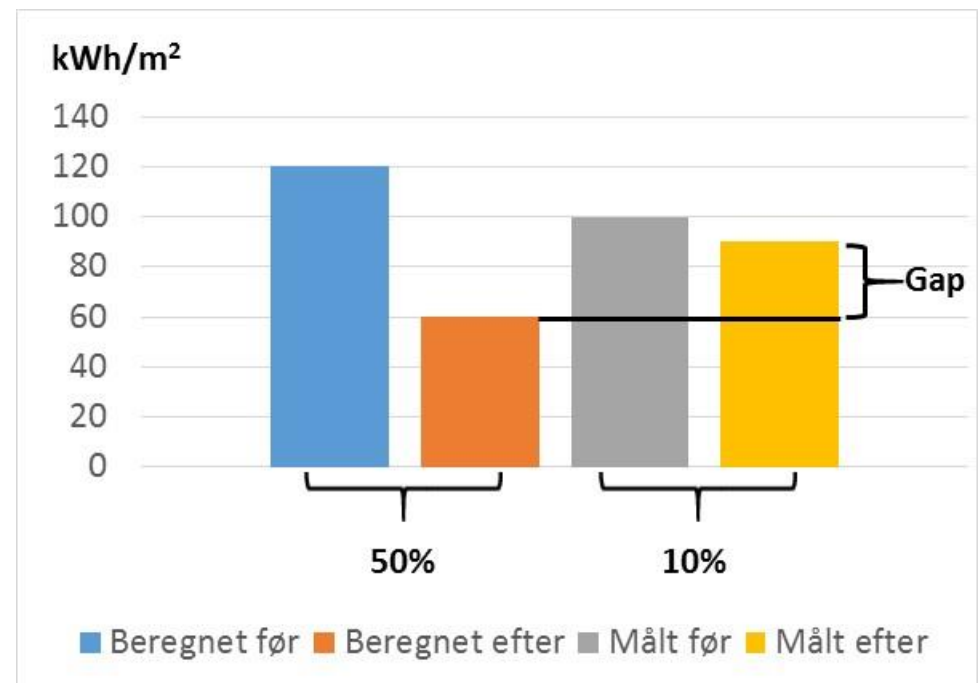
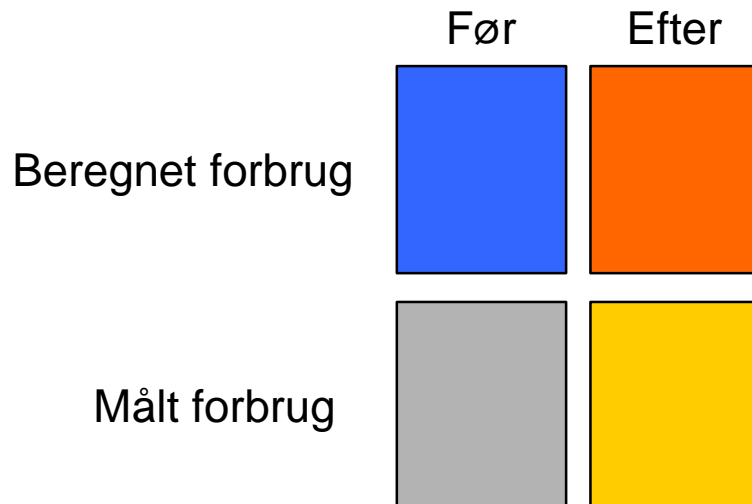


Nyeste lavenergiparcelhuse:

- Bruger i snit halvt så meget energi som gennemsnitlige parcelhuse
- *”Teknologi” betyder en faktor 2 i forskel for energiforbrug*



Hvad er energibesparelsen (og hvad er målet)?



Udfordring: Vurdering af energibesparelser



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Forenklede beregninger af energiforbrug før/efter renovering og energibesparelser. Ofte Be10, og forenklet input: standard komponenter og energiydelser

Renoveringsprojektet afviger fra de forenklede beregningsforudsætninger

Udførelsen afviger fra projektet (ændringer, "redninger", mangler)

Afvielser i brug af boligerne og af varme, ventilation og varmt vand. Ændres over tid, fx med familiernes ændring.

Udfordringer i omregning / korrektion af målt forbrug til sammenligning med beregning: Er forventningerne indfriet ?



Ejendomme i projektet



Skoleparken, type A, 1967

Renoveringer: Facader, vinduer, central ventilation med varmegenvinding, nye badeværelser med gulvvarme, varmeanlæg

[Læs mere](#)



Skoleparken, type B, 1967

Renoveringer: Facader, vinduer, central ventilation med varmegenvinding, nye badeværelser med gulvvarme, varmeanlæg

[Læs mere](#)



Kildegårds Plads, 1936

Renoveringer: Kedeludskiftning, nyt tag og isolering

[Læs mere](#)



Holbergsgade, 1868

Renoveringer: Vinduer, taglejligheder, teknikrum

[Læs mere](#)



Ryesgade, 1906

Renoveringer: Indvendig efterisolering, vinduer, decentral mekanisk ventilation, teknikrum, solceller

[Læs mere](#)



Gadehavegård, 1981

Renoveringer: Passivhusrenovering som inkluderer nye facader med lukkede altaner, vinduer, varmeanlæg, decentral ventilation, varmeanlæg

[Læs mere](#)



Hjortegården 1975-1976

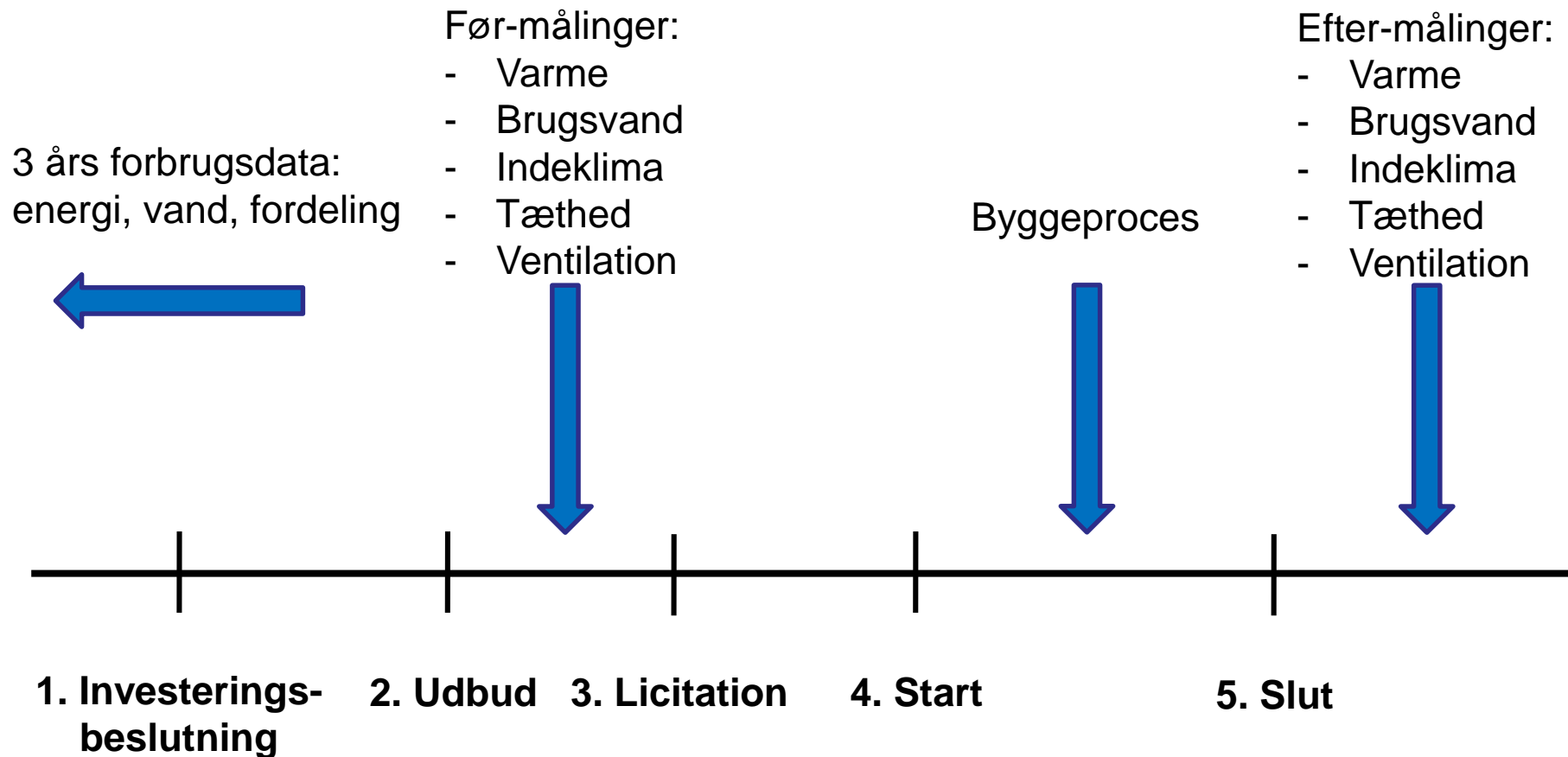
Renoveringer: Gavlisolering, decentral mekanisk ventilation

[Læs mere](#)

Typisk renoveringsforløb



TEKNOLOGISK
INSTITUT

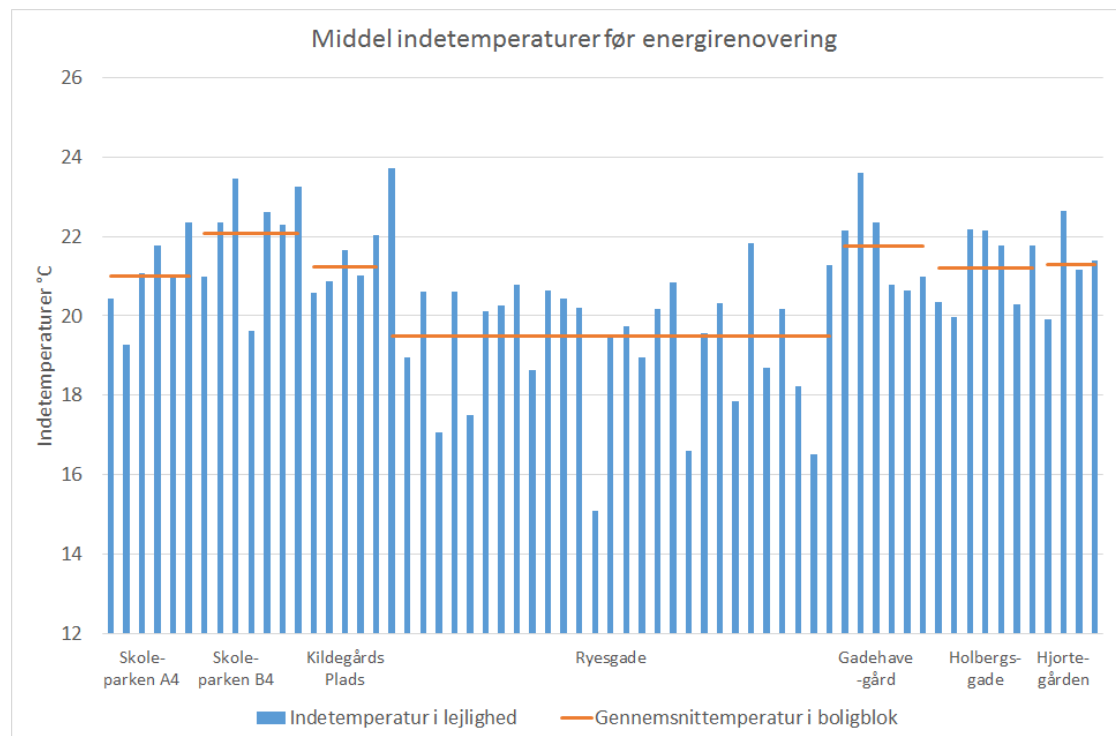




Gennemsnitlig indetemperatur i varmesæson:
21 grader

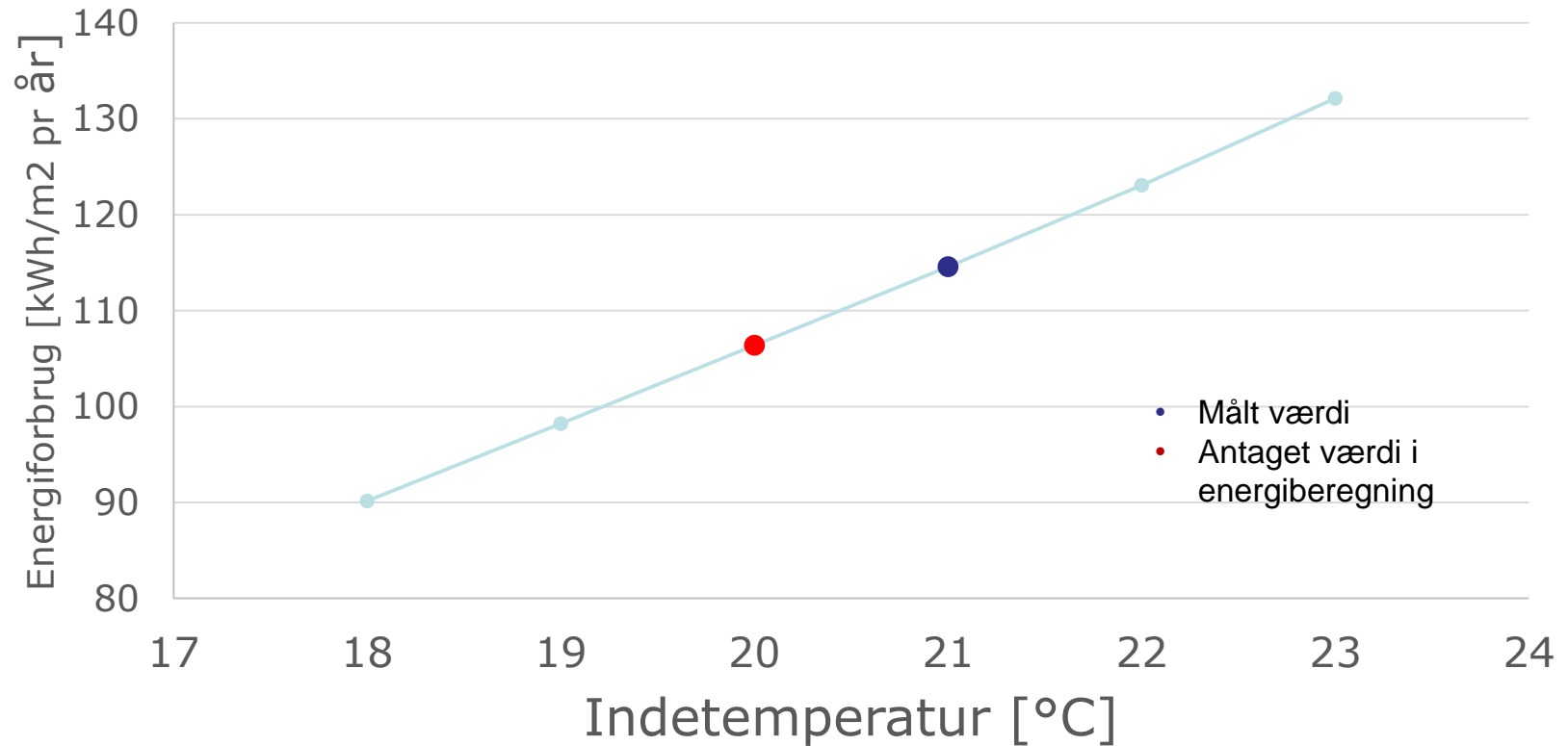
Oftest antages 20 grader i energiberegninger

Reelt beregnet merforbrug: 6 %





Indetemperatur

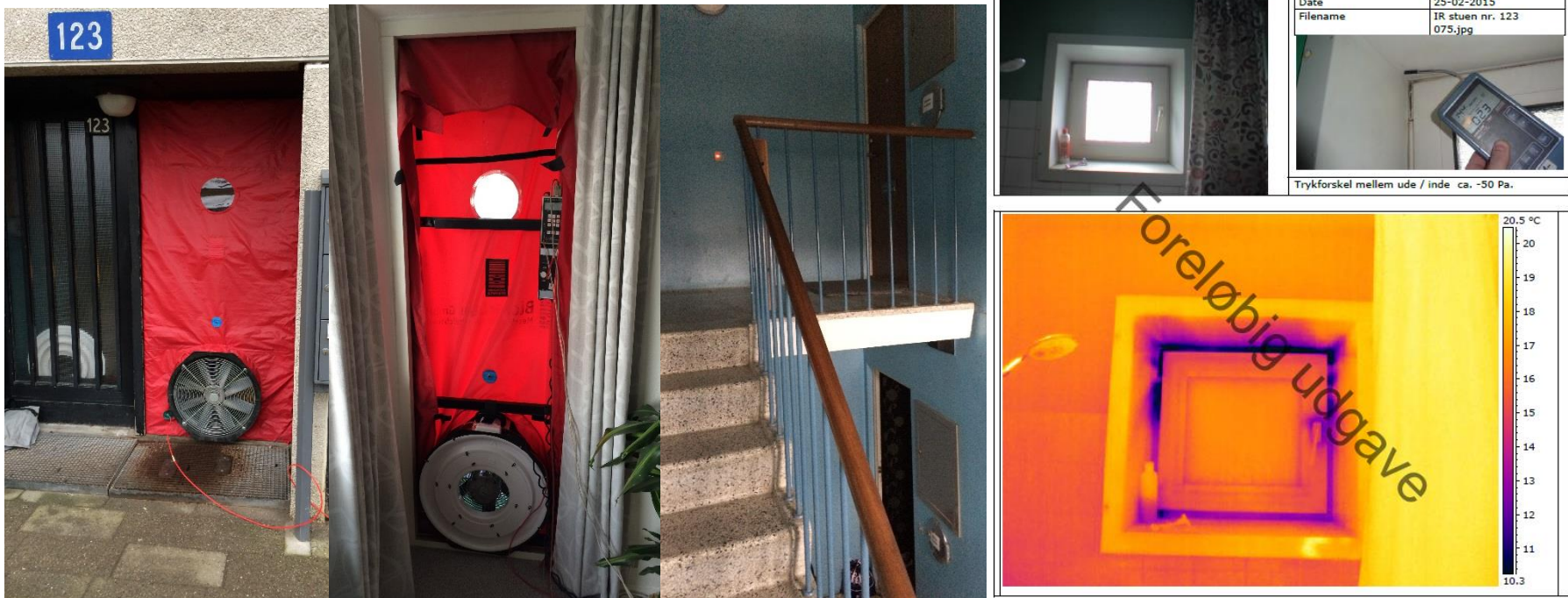


Blower-door test (før)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- **Flere-zone-test** (samme tryk i målte og tilstødende zoner)
- **Lejlighederne var ekstraordinært tætte** med en infiltration på 0,11 l/s pr. m². BR15 foreskriver at nybyggeri skal overholde et tæthedskrav på 0,13 l/s pr. m²
- **Termografiske målinger**, hvor kuldebroer og utætheder blev lokaliseret.





Målt infiltration

Krav til nybyggeri: 0,13 l/s pr m²

* Flerzonetest – giver en mere præcis værdi, da utætheder til omkringliggende lejligheder fratrækkes

	Infiltration i brugstid l/(s·m ²)
Skoleparken A4	0,11-0,12*
Skoleparken B4	0,16
Holbergsgade	0,34
Ryesgade	0,27-0,45*
Gadehavegård	
Hjortegården	

Ældre udsugningsanlæg på loftet:

- Målinger af elforbrug til ventilator samt registrering af eventuelle tidsskemaer
- Antaget udsugningsmængde i energimærkeberegninger på 0,37 l/s pr. m²
- Målt udsugningsmængde på 0,07 l/s pr. m²
- Betyder en reduktion i beregnet energiforbrug på 27 %





Målt mekanisk udsugning

Krav til nybyggeri: 0,30-0,37 l/s pr m² opvarmet etageareal.

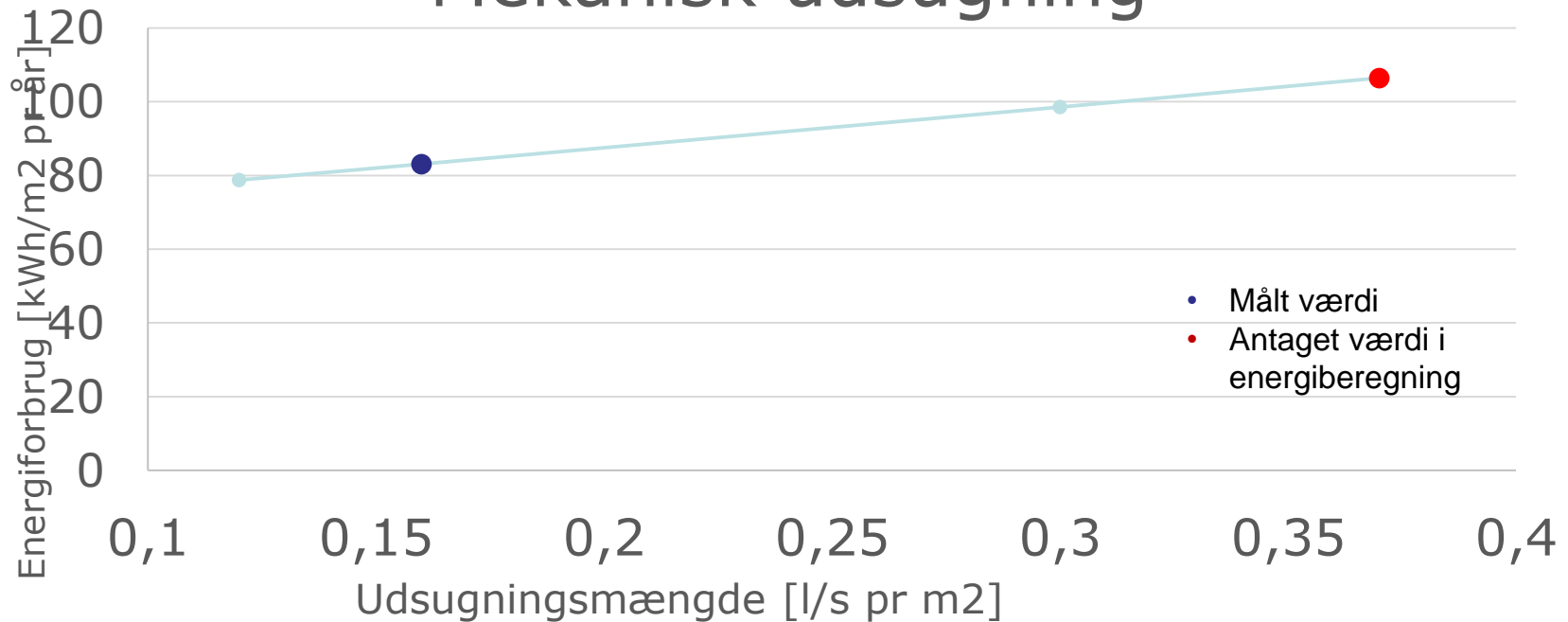
0,30 l/s pr m² svarer til et halvt luftskifte i timen.

	Mekanisk udsugning, før l/(s·m ²)
Skoleparken A4	0,07
Skoleparken B4	Anlæg 1: 0 Anlæg 2: 0,10
Holbergsgade	Ingen
Ryesgade	Ingen
Gadehavegård	Anlæg 1: 0,32 Anlæg 2: 0,35
Hjortegården	Halv drift: 0,20 Fuld drift: 0,40



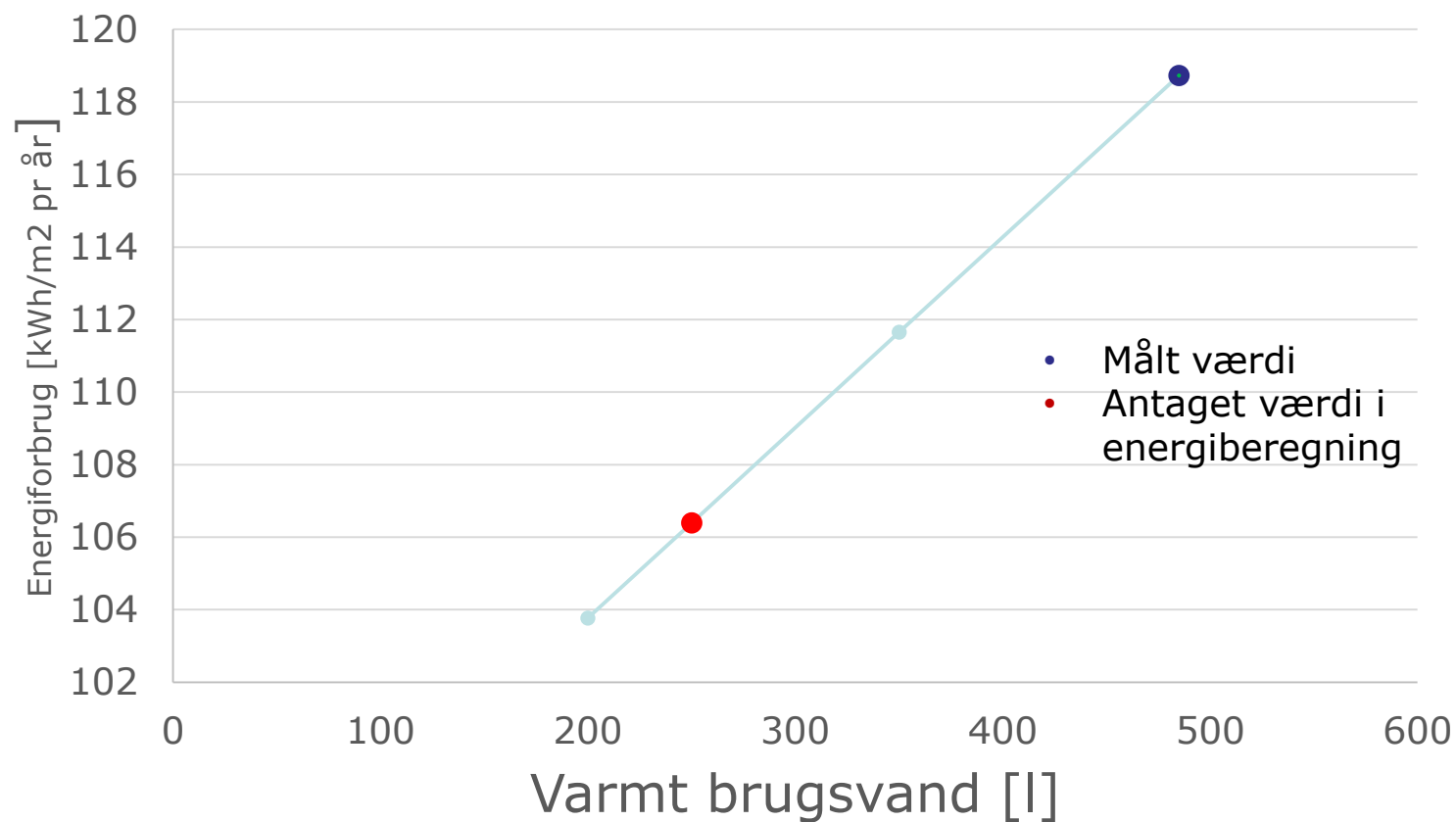
Følsomhedsanalyser i skoleparken

Mekanisk udsugning



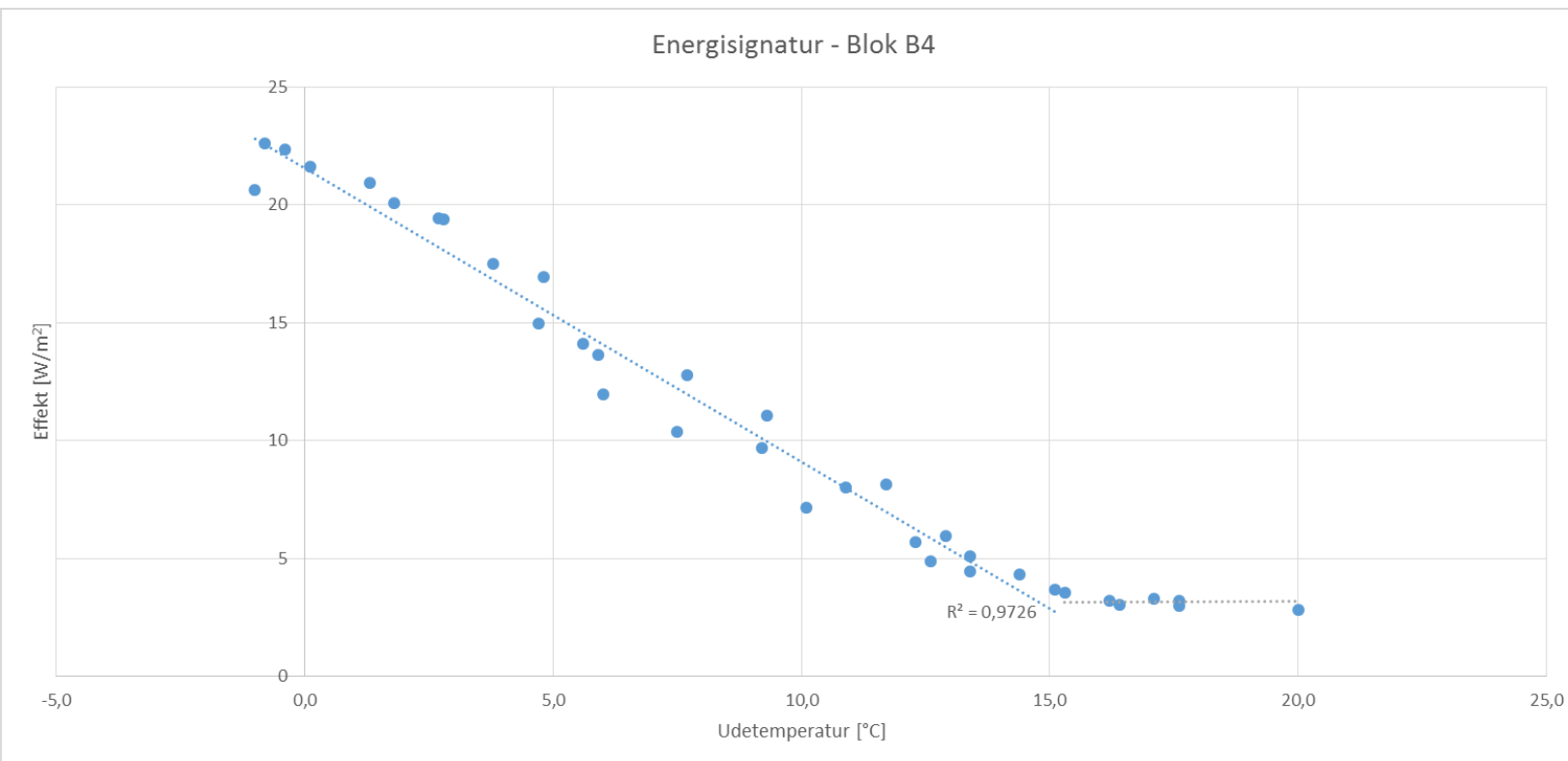


Varmt brugsvand





Eksempel på energisignatur ud fra 3 års varmeregnskaber





Hovedfokus og delkonklusioner

- **1. Indsamling af indeklimatemålinger** (temperatur- og fugtforhold) i de resterende ejendomme. Vi ser, at beboerne generelt har en højere indetemperatur, end vi havde forventet. Ofte er der forventninger om, at grunden til, at energibesparelser efter endt renovering ikke opnås, er fordi beboerne skruer højere op for temperaturen. Vores målinger viser dog, at størstedelen af beboerne, allerede har en høj indetemperatur inden renoveringen. Det betyder umiddelbart, at det **ikke** primært er brugeradfærd, som er skyld i udeblivende energibesparelser. Indeklimamålingerne kan ses på projektets hjemmeside.
- **2. Undersøgelser af bygningernes tæthed** i form af blowerdoortest og sporgastest. Bygningers tæthed har stor betydning for bygningers energiforbrug. I projektet ser vi stor forskel på, hvor utætte bygningerne inden renoveringen er, og der er umiddelbart ingen sammenhæng mellem byggestil/opførelsesår og tæthed. Hvis man skal kunne forudsige noget om forventede energibesparelser efter endt renovering, vil det derfor være nødvendigt at foretage målinger af bygningers tæthed før en renovering, da den store usikkerhed ellers kommer til udtryk i beregningerne.



Hovedfokus og delkonklusioner (fortsat)

- **3. Målinger på ventilationsanlæg.** Vi har foretaget luftflow- og effektmålinger på de anlæg, hvor det har været relevant at måle på ventilationen. Vi har set, at der i flere af bygningerne er ventilationsanlæg (udsugning), men at de ikke er i drift. Dette betyder, at når der efter endt renovering installeres mekanisk ventilation med varmegenvinding, vil der som forventet ikke fremkomme nogen energibesparelse men et merforbrug grundet det højere luftskifte i boligerne. Indeklimaet vil til gengæld blive markant forbedret. Dette er en anden vigtig parameter for, hvorfor beregningerne ikke passer med de målte forbrug.
- **4. Indsamling af varmeregnskaber.** Der er for alle bygninger nu indsamlet varmeregnskaber tre år tilbage, og ud fra disse er der lavet såkaldte energisignaturer, som er en lineær sammenhæng mellem udetemperatur og varmeforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand. Energisignaturen skal benyttes til at bestemme de overordnede energiforbrug på bygningsniveau i før-situationen, så de kan sammenlignes med de beregnede før-forbrug. Vi kan allerede nu se store afvigelser i de målte og beregnede forbrug, samtidig med at vi ser overraskende varmeforbrug til rumopvarmning om sommeren, hvilket ikke var forventet. Energisignaturerne kan ligeledes ses på hjemmesiden.

Hvor skal vi starte?



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Hvis **energibesparelsens størrelse** er vigtig, er det nødvendigt at få **godt styr på før-forbruget**:
 - **Mindstekrav:** Adskillelse af energi til rumopvarmning og **varmt brugsvand (måling)**
 - **Energistyring:** Månedlige aflæsninger af målere for flere år tilbage
 - Evt. CTS
 - **Måling af ventilationsmængder** og tilhørende elforbrug
 - **Tæthedsmålinger**

- **Timing:** (for) Sent at gå i gang med **indeklimamålinger**, når udbud går i gang (men også **vanskeligt før der ligger en investeringsbeslutning!**)

- **Tætheds- og ventilationsmålinger:** Kan være omfattende og indgribende for beboerne



.....og hvad er målet?

■ **Hvad lover vi og hvornår er energibesparelsen i hus?:**

- Når den faktiske reelle energibesparelse vi lover beboerne (med lidt tolerance) er nået
- Når energibesparelsen korrigeret for alle mulige (og umulige) forhold er nået
- Når energimærket efter renovering stemmer med det projekterede

■ **Målet er ofte et helt andet, men energibesparelsen bliver brugt til at sælge projektet:**

- Undgå skimmel
- Reducere vedligehold (vinduer)
- Gøre ejendomme attraktive/tidsvarende
- Maksimere afkast m.v.



Det endelige resultat af projektet er:

1. En generel anvendelig metodik for evaluering af energieffektiviseringsprojekter
2. Fakta ark med foto, data og nøgletal og analyse for hver bebyggelse
3. Gode råd til beboere i energirenoveret byggeri – indeklima, brugeradfærd og varmeregning
4. Kurser for rådgivere og ejendomsserviceteknikere: ”Hvordan sikres de forventede energibesparelser ved energirenovering”



Reelle energibesparelser ved energireovering i etagebyggeri

De forventede energibesparelser, som kan være en afgørende del af beslutningsgrundlaget for energireovering, realiseres ofte ikke, og grelle eksempler viser et øget energiforbrug efter energireovering. Erfaringer og undersøgelser fra energireoveringsprojekter peger på en række forhold, der samlet er grund til forskellen mellem de forventede energibesparelser og de målte energibesparelser, som dette projekt skal kortlægge.

Læs mere



Testbygninger

I projektet måles på syv etageejendomme før og efter en omfattende energireovering.

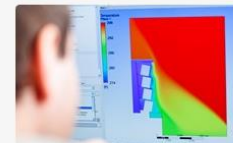
Læs mere



Indeklimamålinger

I projektet måles temperatur og fugt i udvalgte lejligheder i en hel varmesæson før og efter renoveringen.

Læs mere



Energisignatur

For alle syv testbygninger udarbejdes en energisignatur på baggrund af varmemaalinger i en helvarmesæson både før og efter renoveringen.

Læs mere

Se mere på reelenergi.teknologisk.dk

▾ Energiløsninger

Tag og loft

Facade, vinduer og døre

Efterisolering af gulv, kælder og fundament

Utætheder, kuldebroer og isolering

Ventilation

Varmeinstallation

El

Tjeklister til bygningsgennemgang

Etageejendomme og andre store bygninger

Efterisolering af facade

Varmeinstallation

Efterisolering af etageadskillelser

Bygningsdrift

Ventilation og indeklima

Efterisolering af mansardtag

Elforbrug

Etageejendomme og andre store bygninger

Her kan du downloade energiløsninger til energirenovring af etageejendomme, både til klimaskærm og installationer.



Du kan i menuen til venstre finde de enkelte energiløsninger hver for sig og desuden en række guides, som handler om konstruktioner og installationer særligt for etageejendomme og andre større bygninger. Mange af dem rummer et stort energibesparelspotentiale.

Desuden kan du til etageejendomme også bruge en række af de energiløsninger, som Videncenter for energibesparelser i bygninger har udviklet til parcelhuse.