

# Performancetest og nye aftaleformer med garantier

Indlæg på CTS konference d. 11. september 2014

Thomas Rysgaard Jacobsen. Ingeniør, specialkonsulent

# Hvad er særligt ved Bygningsstyrelsen:

- Er en del af Klima, Energi og Bygningsministeriet
- 400 igangværende byggesager med en samlet værdi af 14 mia kr.
- Ejendomsportefølje på 4 mio m<sup>2</sup>
- Stordriftsfordele. Mulighed for at overføre erfaringer på tværs af byggesager
- Kan pga. størrelsen løfte komplekse udviklingsopgaver
- På samme tid drift og bygherre
- Mange in-house kompetencer, bl.a. projektledelse og fageksperter i f.eks. udbudsvilkår
- Har en mulighed for at drive innovation frem i markedet

# Hvad får bygherrer at vide fra branchen:

- Alle problemer med energi skyldes brugernes adfærd...
- Det er uhyre komplekst at måle på noget...
- Og man kan først måle på noget efter ibrugtagningen...som ligger efter afleveringen ...
- Man kan ikke holde rådgiver ansvarlig...
- Be10 kan ikke regne præcist nok ...

# Hvad får bygherrer at vide fra branchen:

- Alle problemer med energi skyldes brugernes adfærd...
- Det er uhyre komplekst at måle på noget...
- Og man kan først måle på noget efter ibrugtagningen...som ligger efter afleveringen ...
- Man kan ikke holde rådgiver ansvarlig...
- Be10 kan ikke regne præcist nok ...

**Dialog 2 og 2:  
Kan det virkelig passe?  
Og hvad gør vi ved det?**

## Projektets formål:

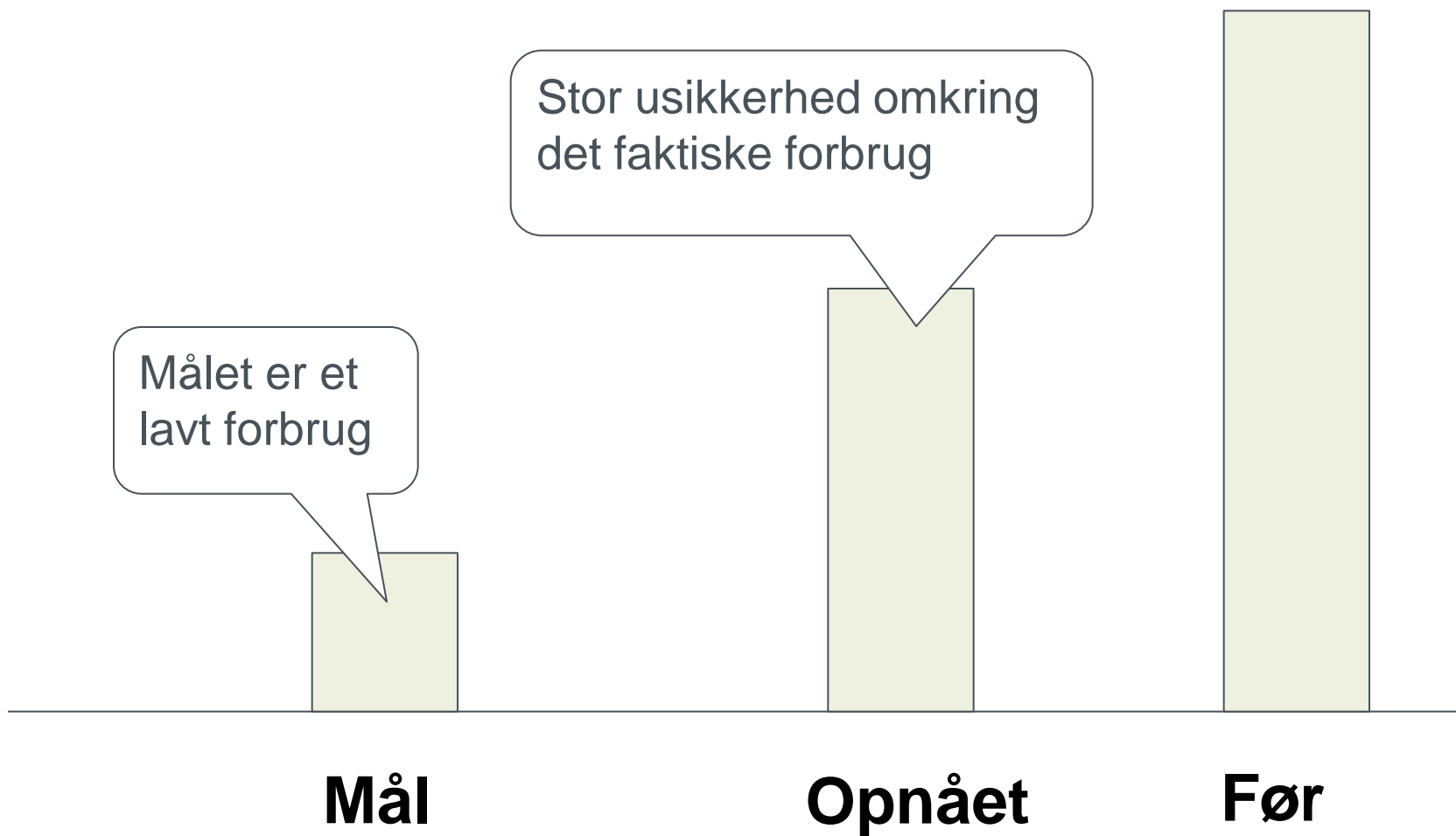
At udvikle, afprøve og lancere en model, der så enkelt som muligt og via garantistillelse, sikrer sammenhæng mellem krav til energiforbrug og bygningens reelle forbrug.

Modellen skal kunne bruges til både nybyg og renovering.

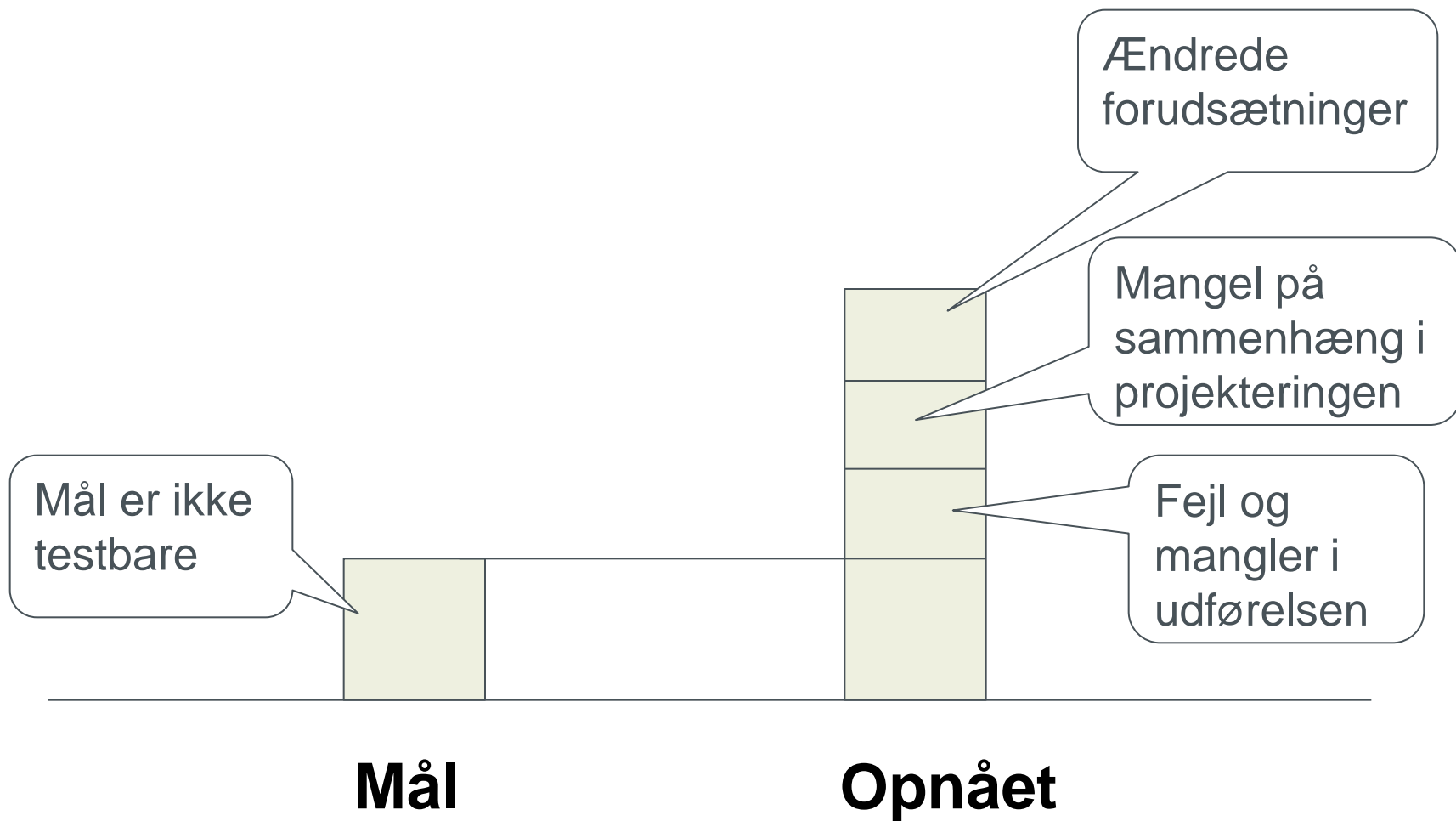
# Målsætninger:

- Lancere en foreløbig model primo 2015
- Lancere en afprøvet model ultimo 2015
- Branchen vil bruge modellen, fordi den skaber værdi
- Modellen kan indgå som standard i udbud

# Branchens erfaringer med større renoveringer og nybyg i lavenergiklasse

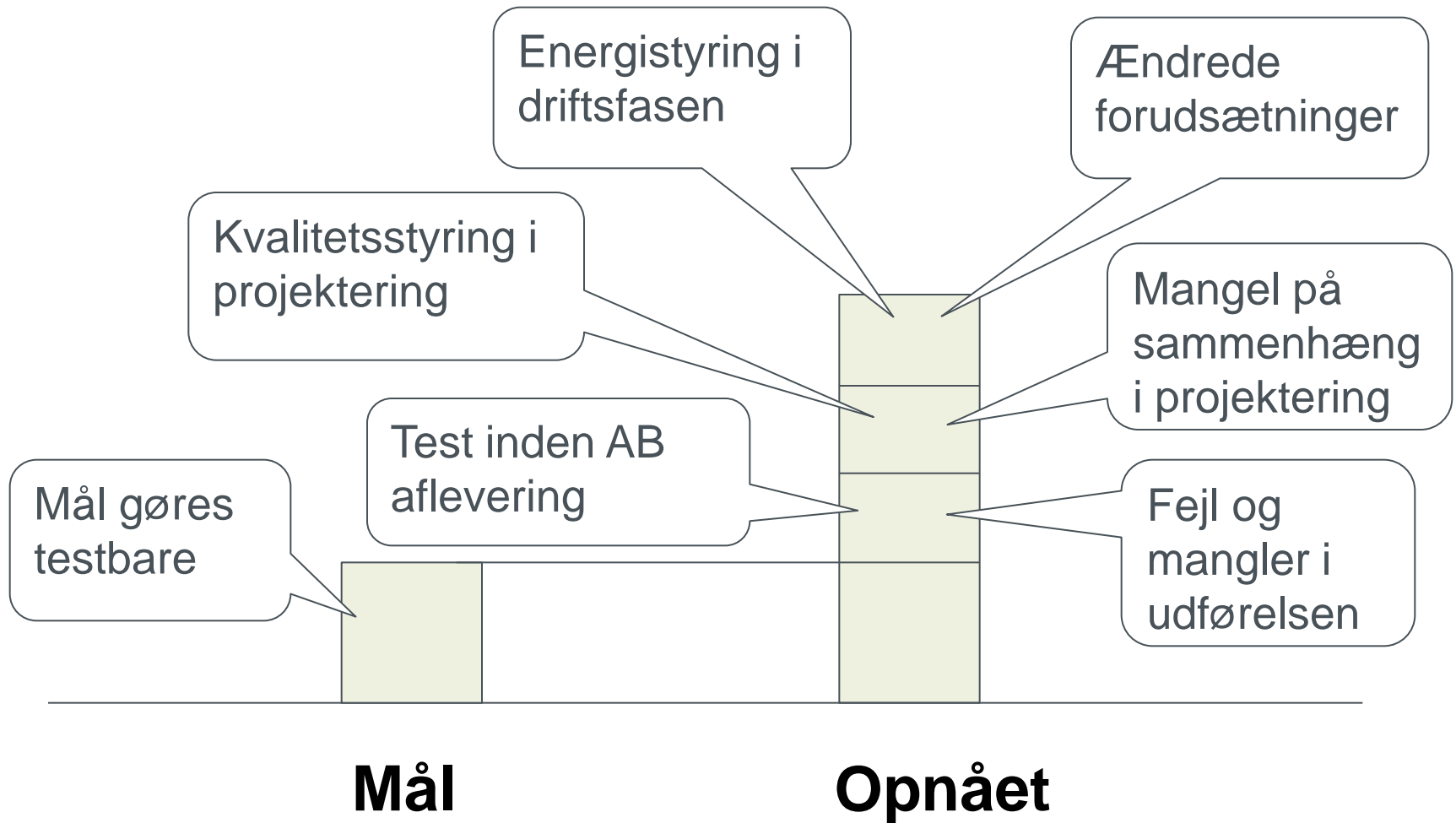


# Årsager til afvigelser

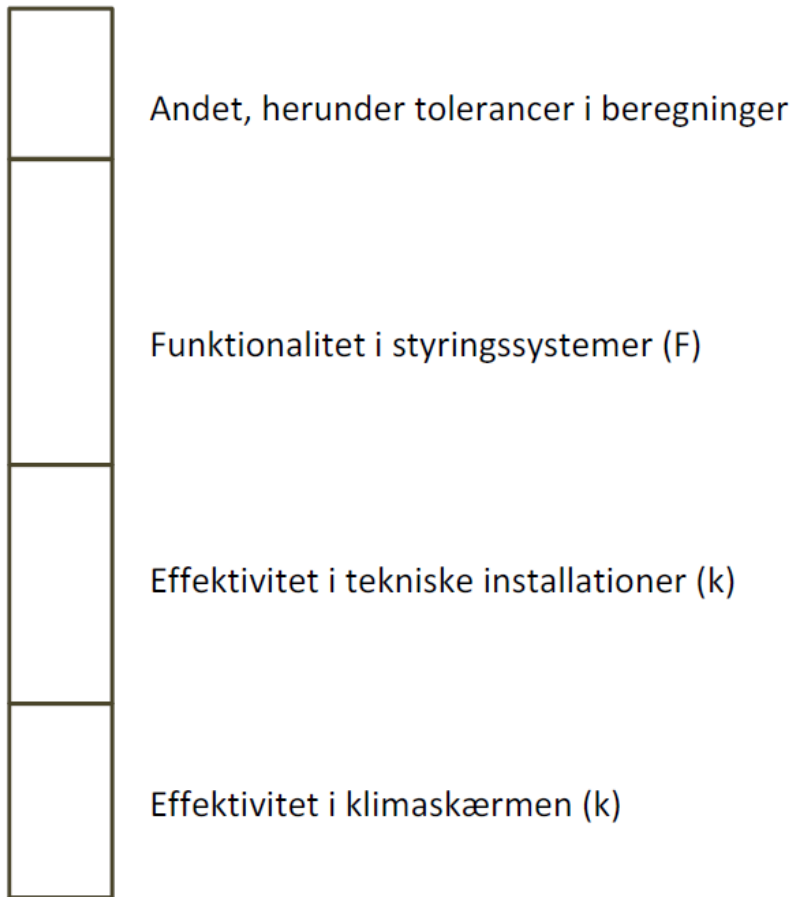




# Hovedgreb i løsning



# Viden om fejlkilder



# Hovedgreb i løsningen. Hvad testes

$$E = k * F$$

$E$  er et målt forbrug af energi

$k$  er et udtryk for energieffektivitet, dvs. en kvalitetsparameter

$F$  er et udtryk for brugernes forbrug af eksempelvis varmt vand

Performancetest inden AB-aflevering af  $k$ .

Performancetest opbygges som  $k = E / F$ , hvor både  $E$  og  $F$  måles på målere.

Funktionstest af styringssystemer, inden før aflevering.

AAUPON111 mtlm.xml - Be10

ler Rediger Vis Hjælp

SBI anvisning 213: Bygningers energibehov, Be10

**AAU PON 111**

- Klimaskærm
  - Ydervægge, tage og g
  - Skema 1
  - Fundamenter mv.
  - Skema 1
  - Vinduer og yderdøre
  - Skema 1
  - Skygger
  - Skema 1
  - Uopvarmede rum
  - Sommerkomfort
  - Ventilation
  - Skema 1
  - Internt varmetilskud
  - Skema 1
  - Belysning
  - Skema 1
  - Andet elforbrug
  - Parkeringskældre mv.
  - Mekanisk køling
  - Varmefordelingsanlæg
  - Skema 1
  - Pumper
  - Pumpe-skema 1
  - Varmt brugsvand
  - Varmtvandsveksler
  - Skema 1
  - PumpCirc
  - Skema 1
  - Vandvarmere
  - Forsyning
    - Kedler
    - Fjernvarmeveksler
    - Anden rumopvarmin
    - Solvarmeanlæg
    - Varmepumper
    - Solceller
    - 20m2 solceller
    - Vindmøller
  - Resultater
    - Nøgletal
    - Varmebehov

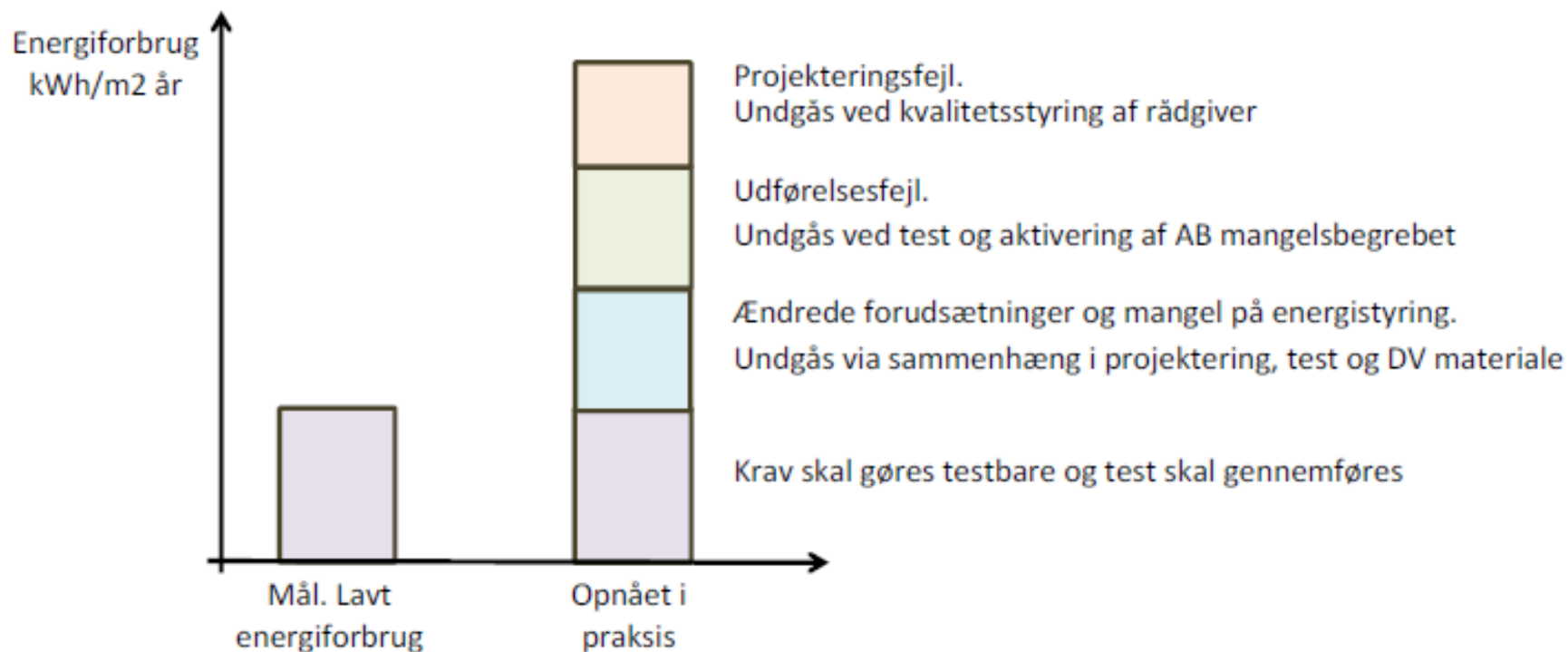
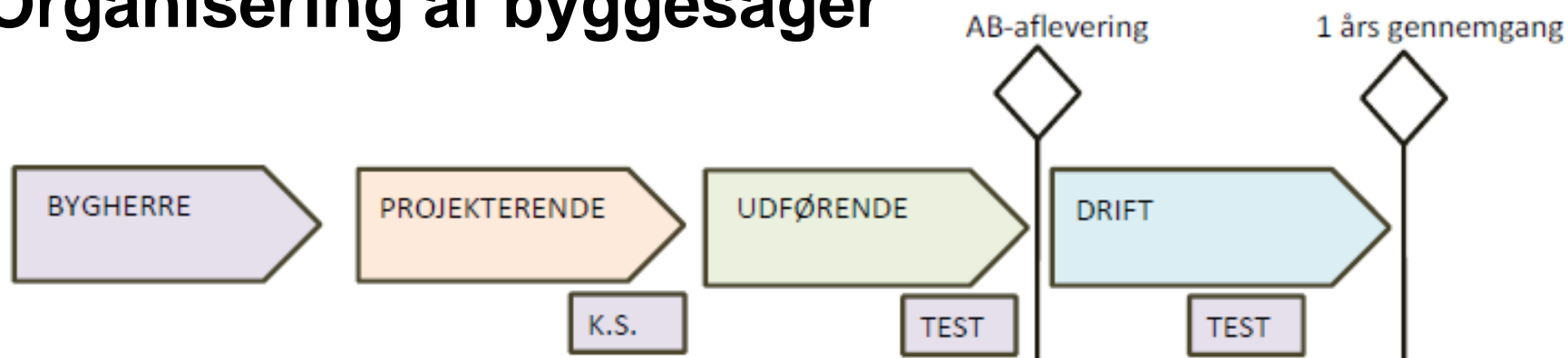
Ventilation	Areal (m <sup>2</sup> )	Fo, -	qm (l/s m <sup>2</sup> )	n vg (-)	ti (°C)	EI-VF	qn (l/s m <sup>2</sup> )	qi.n (l/s m <sup>2</sup> )	SEL (kJ/m <sup>2</sup> )	qm.s (l/s m <sup>2</sup> )	qn.s (l/s m <sup>2</sup> )	qm.n (l/s m <sup>2</sup> )	qn.n (l/s m <sup>2</sup> )
Zone	3192		Vinter			0/1	Vinter	Vinter		Sommer	Sommer	Nat	Nat
+1 Kontorer	1140	1	1,2	0,85	18	0	0,1	0,06	1,5	1,8	1,4	1,4	0,06
2 Auditorie	200	1	1,2	0,85	18	0	0,1	0,06	1,5	7,9	0,1	1,4	0,06
3 Køkken/kaffe	214	1	1,2	0,85	18	0	0,1	0,06	1,5	4,32	0,1	1,4	0,06
4 Depoter, kopi, lager	106	1	0,52	0,85	18	0	0,1	0,06	1,5	0,52	0,1	0	0,06
5 Møderum	42	1	1,2	0,85	18	0	0,1	0,06	1,5	6	0,1	1,4	0,06
6 Toiletter	61	1	1,2	0,85	18	0	0,1	0,06	1,5	1,2	0,1	1,4	0,06
7 Teknik	59	1	0	0	0	0	0,1	0,06	1,5	0	0,1	0	0,06
8 Gangarealer	952	1	0	0	0	0	0,1	0,06	1,5	0	1,4	0	0,06
9 Trapper/elevatorer	74	1	0	0	0	0	0,1	0,06	1,5	0	1,4	0	0,06
10 div. brutto	344	1	0	0	0	0	0,1	0,06	1,5	0	1,4	0	0,06
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

net ny model

Energibehov 45,0 kWh/m<sup>2</sup> år, Energiramme BR 2010: 71,8 Lavenergi 2015: 41,3 Bygninger 2020. NUM

Det tal som indgår i Be10 udgør testemnet (k),  
 Eksempelvis SEL-værdi og  
 temperaturvirkningsgrad

# Organisering af byggesager



# Hovedgreb i løsning

- Afvigelser konstateres via målere og håndteres som mangler, jf. AB
- Målere er "ubarmhjertige" og uafhængige af teoretiske certificeringer
- Baseline på målerniveau opstilles i projekteringsfasen
- Vilkår omkring test indgår i aftalegrundlag med alle parter i byggesagen
- Målinger er simple, årsager til afvigelser kan være komplekse
- Energistyring i driftsfasen via overvågning af ændringer i  $k$  og  $F$ .

# Test. Hvordan i praksis



## Performancetest Bygningsinstallationer og procesinstallationer

Projekt: nybygning

Dato: 8. september 2014.

Rev. dato: 4. september 2014

Rev. dato: 8. september 2014

Version nr. 3. Tal og tekster med rød skrift skal afklares

Fælles for alle tests er, at bygherre og udførende deltager, samt at det er en forudsætning at bygningsautomatikken er afprøvet, idriftsat og fungerer, jf. særskilt program for funktionsafprøvning af bygningsautomatik. Herunder ses en oversigt over tests som skal gennemføres, samt tidspunkter for test.

Test nr.	Test emne	Tidspunkt for gennemførelse af test	Testens længde
1	Energieffektivitet i varmtvandsanlæg	Inden aflevering	1 dag
2	Ventilation – temperaturvirkningsgrad [%]	Inden 1 års gennemgang og med udetemperatur mindre end 5 grader	1 dag
3	Ventilation - SEL værdi [ $\text{J}/\text{m}^3$ ]	Inden aflevering	1 dag
4	Belysning - standby-effekt [W]	Inden aflevering	1 dag
5	Belysning - maksimal effekt [W]	Inden aflevering	1 dag
6	Sammenhængende performancetest, herunder bygningsautomatik, kapacitetstest af installationer mv	Samtidig med test nr. 2	5 dage
7	Trykluftanlæg - Specifik ydelse [ $\text{kWh}/\text{m}^3$ ]	Inden aflevering	1 dag
8	Trykluftanlæg - Kvalitet iht. ISO 857:2010	Inden aflevering	1 dag
9	Vakuumanlæg - specifik ydelse [ $\text{kWh}/\text{m}^3$ ]	Inden aflevering	1 dag
10	Køleanlæg – COP	Inden aflevering	1 dag
11	Blødgjort vand - kapacitet [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	Inden aflevering	1 dag
12	Blødgjort vand - vandets hårdhed [ $^{\circ}\text{dH}$ ]	Inden aflevering	1 dag
13	Omvendt osmosevand - vandets ledningsevne [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Inden aflevering	1 dag
14	Omvendt osmosevand - vandforbrug [ $\text{m}^3/\text{m}^3$ ]	Inden aflevering	1 dag
15	Omvendt osmosevand - kapacitet [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	Inden aflevering	1 dag
I alt			17 dage

Test nr. 1. Energieffektivitet i varmtvandsanlæg	
Formål og definition	Testen skal vise, om den energi der skal bruges til opvarmning af varmt brugsvand svarer til den værdi der indgår i energirammeberegningen.
Målere/målepunkter	Der indgår følgende målepunkter i testen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energimåler til varmtvandsproduktion</li> <li>• Koldt vandmåler i tilgangen til beholder</li> <li>• Temperaturføler ved varmtvandsafgang fra beholder</li> </ul>
Principskitse. Bemærk at der er tale om en principskitse. Den korrekte opbygning af anlægget findes i projektets tegninger.	
Tidspunkt for test	Ved test inden aflevering testes over 2 døgn. Ved test i perioden mellem aflevering og 1 års gennemgang, testes over 1 uge.
Metode for måling	Testens princip er, at der aftappes ca. 1 m <sup>3</sup> varmt vand fra anlægget i døgnnet i et mønster som minder om normal brug. Forbruget af energi registreres på energimåleren og forbruget af varmt vand registreres på vandmåleren. Herefter beregnes anlæggets energieffektivitet, $e_{VBV}$ som forholdet mellem forbrugt energi og forbrugt varmt vand: $e_{VBV} = E_{VBV} / V_{VBV}$



energiforbrug

Baseline	<p>Med baseline forstås det forventede energiforbrug på målerniveau i den afsatte måleperiode. Energiforbruget til opvarmning af varmt brugsvand defineres som: <math>e_{VBV} = E_{VBV} / V_{VBV}</math>.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>e_{VBV}</math>: effektivitetsfaktor [kWh/m<sup>3</sup>], dvs. forholdet mellem energiforbrug og vandforbrug.</li><li>• <math>E_{VBV}</math>: Energiforbruget [kWh], dvs. aflæst energiforbrug på energimåleren.</li><li>• <math>V_{VBV}</math>: Vandforbruget [m<sup>3</sup>], dvs. aflæst forbrug af varmt vand på vandmåleren.</li></ul> <p>I energirammeberegningen fremgår, at der skal bruges 25,16 MWh/år og 334 m<sup>3</sup> varmt vand/år. Det svarer til følgende forventede forhold mellem energiforbrug og forbrug af varmt vand:</p> <p><math>e_{VBV}</math>: effektivitetsfaktor = 75 kWh/m<sup>3</sup>.</p> <p>Testens baseline er altså 75 kWh/m<sup>3</sup>, dvs. at testen skal vise om der bruges mere end 75 kWh/m<sup>3</sup> til opvarmning af vandet.</p>
Acceptkriterium	Testens resultat accepteres, hvis den målte effektivitetsfaktor svarer til baseline, dvs. at

<p>Testindikatorer. Hvad kan afvigelser skyldes</p>	<p>Forskelle mellem målt og beregnet værdi kan skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlægget er udført på en anden måde end beskrevet i udbudsmaterialet.</li> <li>• Fejl i dimensionering af varmtvandsproduktion.</li> <li>• Forkerte komponenter.</li> <li>• Fejl i indregulering.</li> <li>• Afvigelser i forudsatte temperaturer.</li> <li>• Andet.</li> </ul>
<p>Anvendelse i energistyring i driftsfasen</p>	<p>Som led i den tekniske drift overvåges energiforbruget på målerniveau. Stigende energiforbrug over tid kan skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manglende vedligehold, eksempelvis tilkalkning, slamophobning</li> <li>• Ændringer i driftsforhold med hensyn til temperaturer,</li> <li>• Ændringer af tappemønstre</li> <li>• Ændring i indregulering</li> </ul>



Test nr. 2. Ventilation, temperaturvirkningsgrad	
Formål	Kontrol af at temperaturvirkningsgraden på ventilationsanlæg med varmegenvinding overholder den værdi der er forudsat i energirammeberegningen for opnåelse af lavenergiklasse 2015.
Definition	Temperaturvirkningsgraden på ventilationsanlægget er defineret som $\eta = (t_c - t_{u,w}) / (t_{u,d} - t_{u,w})$ , hvor <ul style="list-style-type: none"> <li><math>t_c</math> – Temperaturen efter varmegenvinderen [°C]</li> <li><math>t_{u,w}</math> – Udetemperaturen [°C]</li> <li><math>t_{u,d}</math> – Udsugningstemperaturen [°C]</li> </ul>
Målere/målepunkter	Der indgår de 3 nedennævnte temperaturer som både aflæses via CTS og via termometre indbygget i anlæggets kanaler. <ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatur mellem varmeveksler og varmeblæse (<math>t_c</math>)</li> <li>Temperatur i udsugningskanalen (<math>t_{u,d}</math>)</li> <li>Temperatur i friskluftkanalen (<math>t_{u,w}</math>)</li> </ul>
Principskitse	
Tidspunkt for test	Målingerne foretages om muligt inden aflevering, når det er dokumenteret, at ventilationsanlægget er idriftsat og efter gennemførelse af funktionstests på CTS anlægget. Test foretages, når forskellen mellem $t_{u,w}$ og $t_{u,d}$ er minimum 15 °C.
Metode for måling	Kontrol af temperaturvirkningsgraden på ventilationsanlæg foretages ved at foretage samhörrende målinger af de 3 ovennævnte temperaturer for hvert anlæg. Målingerne foretages ved at logge temperaturerne over en periode på 15 minutter ved dimensionsgivende luftmængde. Logning optages hvert minut. Temperaturvirkningsgraden beregnes for hver enkelt logning. Resultatet beregnes som den gennemsnitligt målte temperaturvirkningsgrad over måleperioden. Der udføres 2 gentagelser af målingerne med minimum 2 timers interval.
Baseline	Med baseline forstås det forventede resultat af målingen. For alle ventilationsanlæg gælder at baseline er en temperaturvirkningsgrad på 0,85.
Acceptkriterium	Baseline - 3%, dvs. at temperaturvirkningsgraden må ikke måles lavere end 0,82.
Testindikatorer. Hvad kan afvigelser skyldes	Forskelle mellem målt og beregnet værdi kan bl.a. skyldes: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fejl i projektering af ventilationsanlæg.</li> <li>Fejl i udførelse af ventilationsanlæg.</li> <li>Måling af temperaturer kan være unøjagtig.</li> <li>Fejl i indregulering af ventilationsanlæg.</li> </ul>
Anvendelse i energistyring	Som led i den tekniske drift overvåges ændringer i virkningsgrader. Ændringer over tid kan eksempelvis indikere <ul style="list-style-type: none"> <li>Ændring i lækage over veksler som følge af manglende vedligehold</li> <li>Ubalance i luftmængder</li> </ul>

Entreprenørens forpligtigelser	I det tilfælde at testens acceptkriterium ikke er opfyldt, vil forskellen mellem målt værdi og baseline blive opfattet som en mangel. Kan entreprenøren dokumentere at installationerne eller bygningsdelene er udført som beskrevet i udbudsmaterialet, er entreprenøren uden ansvar for eventuelle fravigelser mellem baseline og målte værdier.				
Registreringer som foretages under testen	Ventilationsanlæg nr.				
	Dato og tidspunkt for test:				
	Logning nr.	$t_c$ [°C] aflæses	$t_{u,w}$ [°C] aflæses	$t_{u,d}$ [°C] aflæses	$\eta$ [%] beregnes
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
14					
15					
	Gennemsnit				
Testens resultat	Er testens acceptkriterium opfyldt. Ja/nej:				
Oplysninger om deltagere i test.	For entreprenøren. Firmanavn: For entreprenøren. Navn For Aalborg universitet. Navn For Bygningsstyrelsen. Navn For fagtilsyn. Navn For byggeledelse. Navn				



# Uddrag af udbudsmateriale

8.6.	Måling og verificering af energiklasse og teknisk performance .....
8.6.1.	Introduktion .....
8.6.2.	Projekteringsfasen .....
8.6.3.	Inden før afleveringen .....
8.6.4.	Inden afleveringen .....
8.6.5.	Inden 1 års gennemgangen .....

# Uddrag af udbudsmateriale

CTS funktionstest inden <u>førafleveringen</u>	
09:00	Entreprenørens fremvisning og gennemgang af egen dokumentation for kvalitetssikring af CTS installationer.
10:00	Stikprøvekontrol på ventilationsanlæg, herunder naturlig ventilation. Anlæg betjenes via CTS brugerfladen og funktioner observeres i de relevante teknikrum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via CTS brugerfladen.
11:00	Stikprøvekontrol på varmestyringer. Anlæg betjenes via CTS brugerfladen og funktioner observeres i de relevante teknikrum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via CTS brugerfladen.
12:00	Frokost.
13:00	Stikprøvekontrol på andre installationer. Anlæg betjenes via CTS brugerfladen og funktioner observeres i de relevante teknikrum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via CTS brugerfladen.
14:00	Opsummering og referat. Bygherre forfatter referat.
15:00	Afslutning

# Invitation.

## Brancheseminar medio november 2014

- Den optimale organisering af en byggesag og hvordan vi sikrer et incitament.
- Konkrete metoder for test inden AB-aflevering

Hvis du vil deltage, kontakt venligst  
Thomas Rysgaard Jacobsen  
thory@byggst.dk

# Anbefaling.

- Adskil performance fra brugeres påvirkning.
- Stil entydige og målbare krav.
- Sæt de målbare krav i sammenhæng med AB-afleveringen

