



Be10 – Indtastninger og beregninger på køleanlæg og varmepumper

Pia Rasmussen
Køle- og Varmepumpeteknik





Indhold

- Be10 beregningsmetoder
 - Generelt
 - Køleanlæg
 - Varmepumper
- Ændringer i Be10
 - Køleanlæg
 - Varmepumper*
- Beskrivelse af Mk10 program til beregning af køleinput*
- Diskussion af problemstillinger ved beregninger i Be10

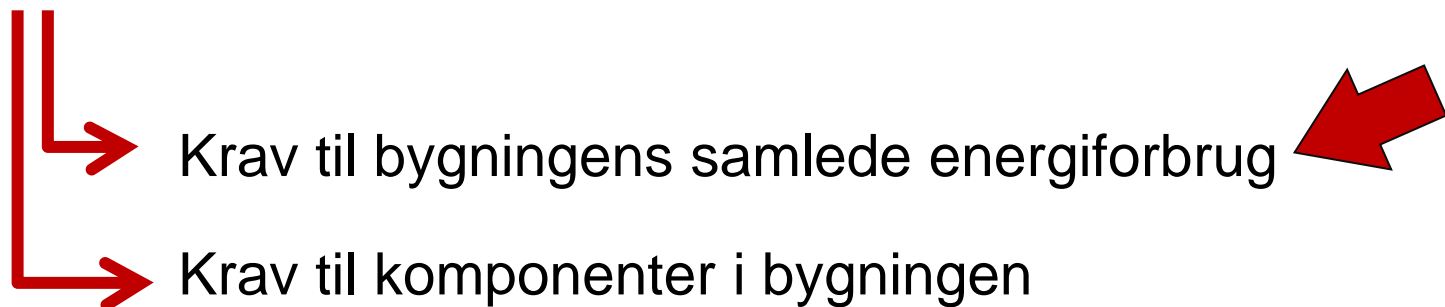
* Ændringer på varmepumpeberegninger i Be10 og Mk10 programmet til beregning af køleinput til Be10 er udviklet i PSO-projektet 340-027 "Be06 og dimensioneringsplatform for tekniske installationer"



Overskrifter i dansk energi politik

Overordnet mål: Ingen fossile brændsler i DK 2050

- 4% reduktion af samlet energiforbrug i 2020
- CO₂ udledning reduceret 20% i 2020 sammenlignet med 1990.
- Energi forbrug i bygninger reduceres med 25% i 2010, 25% i 2015 og 25% i 2020





Energiramme for nye bygninger

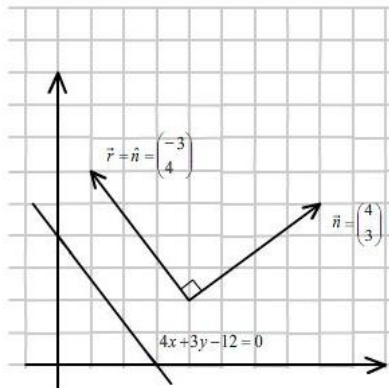




Hurtige og enkle beregninger

$$\Phi = A \frac{T_1 - T_2}{\frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_3}{\lambda_3}}$$

- (1) $3x_1 + 4x_2 - 6x_3 + x_4 = 0$
- (2) $3x_1 + 4x_2 - 6x_3 + x_4 = 5$
- (3) $x^2 - 5x + 6 = 0$
- (4) $3x = 6$
- (5) $3x + 4y = 0$
- (6) $x + y + z = 3$
- (7) $y = 2x + 1$



B: $a \cdot \tau^{IV} + a \cdot \left(-0,3 \frac{Q}{b}\right) = -0,6 \frac{a}{b} Q$
 $\Rightarrow \tau^{IV} = -0,3 \frac{Q}{b}$

C: $a \cdot \tau^{VI} + a \cdot \left(-0,25 \frac{Q}{b}\right) + a \cdot \left(-0,2 \frac{Q}{b}\right) = -0,6 \frac{a}{b} Q$
 $\Rightarrow \tau^{VI} = -0,15 \frac{Q}{b}$

Y: $2b \cdot \tau^{II} - 2b \cdot \left(-0,25 \cdot \frac{Q}{b}\right) =$
 $\Rightarrow \tau^{II} = -0,25 \frac{Q}{b}$

Z: $2b \cdot \tau^{III} + b \cdot \left(-0,3 \frac{Q}{b}\right) + 2b \cdot$
 $\Rightarrow \tau^{III} = -0,15 \frac{Q}{b}$

A: $a\tau^I + a\tau^{II} + a\tau^{III} = -\frac{3a}{5b} Q$

B: $a\tau^{IV} + a\tau^V = -\frac{3a}{5b} Q$

C: $a\tau^{VI} + a\tau^{VII} + a\tau^{VIII} = -\frac{3a}{5b} Q$

X: $2b\tau^I + b\tau^{IV} + 2b\tau^{VI} = -Q$

Y: $2b\tau^{II} + 2b\tau^{VII} = -Q$

Z: $2b\tau^{III} + b\tau^V + 2b\tau^{VIII} = -Q$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

$g(x) = f(x)$
 $3,32x + 99,5 = 0,016x^2 + 55 \Leftrightarrow$
 $\frac{3,32x + 99,5}{x} = \frac{0,016x^2 + 55}{x} \Leftrightarrow$
 $3,32 + 99,5 = 0,016x + 55 \Leftrightarrow$
 $x = \frac{47,82}{0,016} = 2988,75$

- (6) $K_s = [H^+] \cdot [OH^-] \Rightarrow [OH^-] = \frac{K_s}{[H^+]}$
- (7) $K_s = \frac{[H^+][B^-]}{[S]} \Rightarrow [S] = \frac{[H^+][B^-]}{K_s}$
- (8) $c_s + c_b = [S] + [B^-] \Rightarrow c_s + c_b = \frac{[H^+][B^-]}{K_s} + [B^-] \Rightarrow [B^-] = \frac{c_s + c_b}{1 + \frac{[H^+]}{K_s}}$
- (9) $[Na^+] = c_b$



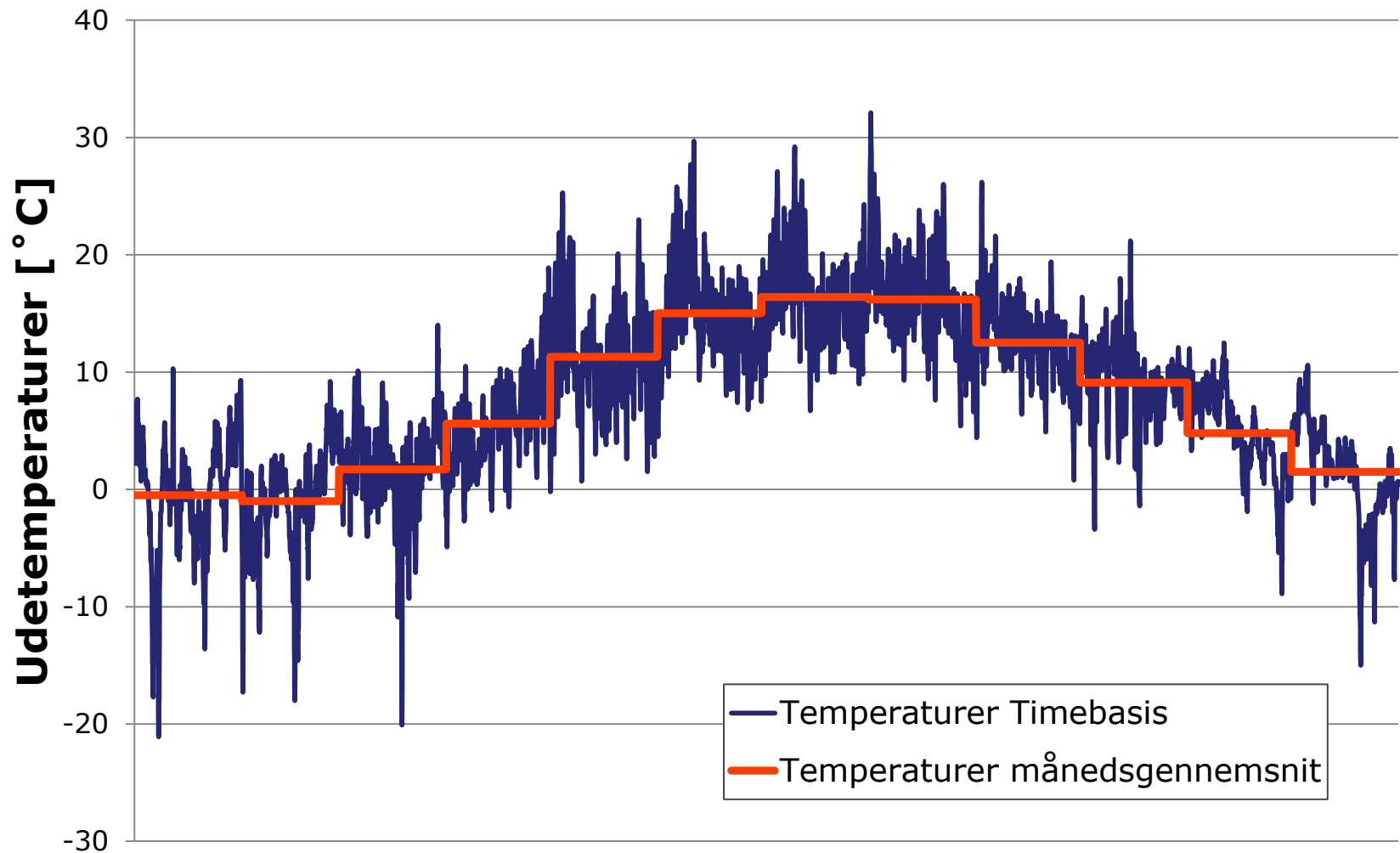
Differentialgleichung der Wärmeleitung

$$d\left(\frac{\partial Q}{\partial t}\right) = -\lambda \text{ grad } T \cdot dA \quad (4.35)$$





Månedsgennemsnit for temperaturer



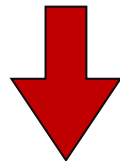


Beregningsmetode generelt

- For hver måned beregnes en varmebalance som indeholder isolering, vinduer, ventilation, intern belastning mm.

→ Giver bygningens varmebehov og kølebehov

- ▪ Energiforbruget til opvarmning og køling udregnes
- Energiforbrug til drift af bygningen udregnes ligeledes



Bygningens samlede energibehov



Varmepumper

- Indtastning af ydelse og virkningsgrad i et driftspunkt
- Omregnes til ydelser og effektiviteter for hver måned, som giver elforbrug til opvarmning med varmepumpen
- Summen giver årligt elforbrug

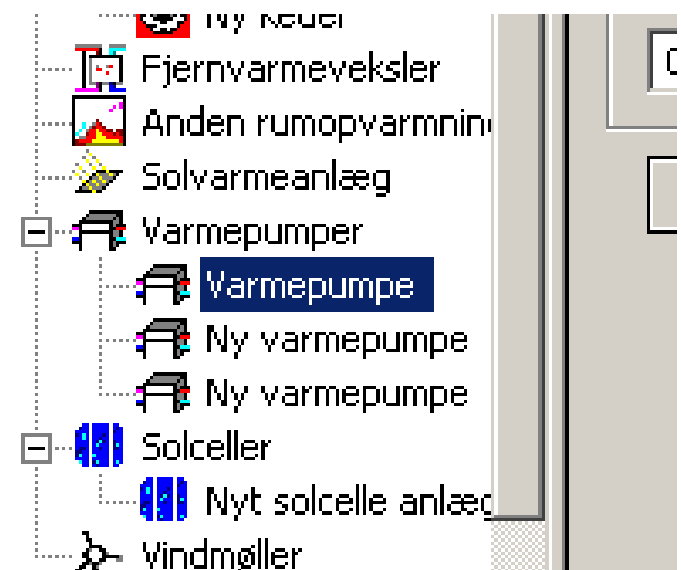
Beskrivelse

Varmepumpe Type <input type="text" value="Kombineret"/> Andel af etageareal, - <input type="text" value="0"/>		Varmtvandsbeholder Volumen 150 liter
Rumopvarmning <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="0,8"/>	VBV <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>	Nominel effekt, kW Nominel COP, -, Inklusive pumper, ventilatorer og automa Rel. COP ved 50% last, -
Test-temperaturer, °C <input type="text" value="7"/> <input type="text" value="35"/>		Kold side Varm side
<input type="text" value="Jordslange"/> <input type="text" value="Varmeanlæ"/>	<input type="text" value="Jordslange"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>	Kold side: Jordslange, Aftræk, Udeluft eller Anden kilde Varm side: Rumluft, Indblæsning eller Varmeanlæg Særligt hjælpeudstyr, W, som ikke er med i nominel COP Automatik, stand-by, W, (konstant drift)
Varmepumper tilknyttet ventilationen <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>		Temp. virk.grad for vgv før VP, - Dim. indblæsningstemperatur, °C Luftstrøm, m ³ /s



Indtastning af flere varmepumper

- Indtastning af hver enkelt varmepumpe som tidligere
- Første varmepumpe dækker varmebehov / VBV svarende til beregnet kapacitet.
- Dernæst dækker næste varmepumpe resterende behov, dog maksimalt beregnet kapacitet





Andre kildetemperaturer

- Mulighed for at indtaste data for anden varmekilde til varmepumpe

ema 1
volder
npe
<sler
varmin
9
pe
umpe

Indblæsnir ▾

0 0

7 0

Automat

Varmepumper tilknyttet ventilationen

0 0

Temp. vi


35

Dim. indt

0,07 0,07

Luftstrør

Data for anden kilde



Data for varmepumpe med anden kilde

Temp. dif. veksler på kold side, °C

Rumopvarmning VBV

5 5

Kildetemperaturer, °C

Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni
-1,5	-2	-0,5	3	8	12
Juli	August	September	Oktober	November	December
16	17	10	4	1	-0,5

Cancel OK



Køleberegninger i Be10

Be06

Eksempel_v4_Administrationsbygning - Be06

Filer Rediger Vis Hjælp

SBI anvisning 213: Bygningers energibehov

Beskrivelse: Mekanisk køling

Mekanisk køling (eldrevet)

<input type="text" value="2,4"/>	Kølevirkningsgrad, -, (incl. alle pumper, blæsere og automatik)
<input type="text" value="1,2"/>	Forøgelsesfaktor, -, Ekstra køleenergi p.g.a. vandudslag

Dokumentation, (effektivitet og virkningsgrad)

Eksempel: Administrationsb

- Klimaskærm
 - Ydervægge, tage og gulv
 - Skema 1
 - Fundamenter mv.
 - Skema 1
 - Winduer og yderdøre
 - Skema 1
 - Skygger
 - Skema 1
 - Uopvarmede rum

Be10

Parcelhus 180 m2 med T-kn

Filer Rediger Vis Hjælp

SBI anvisning 213: Bygningers energibehov, Version 5

Beskrivelse: Mekanisk køling

Mekanisk køling

<input type="text" value="1"/>	Andel af etageareal, -
<input type="text" value="0,4"/>	El-behov, kWh-el/kWh-køl
<input type="text" value="0"/>	Varme-behov, kWh-varme/kWh-køl
<input type="text" value="0"/>	Belastningsfaktor, -
<input type="text" value="0"/>	Varmekap. faseskift (køling), Wh/m ²
<input type="text" value="1,1"/>	Forøgelsesfaktor, -, Ekstra køleenergi p.g.a. vandudslag

Dokumentation (effektivitet og virkningsgrad)

- Klimaskærm
 - Ydervægge, tage og gulv
 - Skema 1
 - Fundamenter mv.
 - Skema 1
 - Winduer og yderdøre
 - Skema 1
 - Skygger
 - Skema 1
 - Uopvarmede rum
- Ventilation
 - Skema 1
- Internt varmetilskud
 - Skema 1
- Belysning
 - Skema 1
- Andet elforbrug
- Parkeringskældre mv.
- Mekanisk køling
- Varmefordelingsanlæg



Beregningsmetode

$$\dot{W}_{køl} = \dot{Q}_{kølebehov} \cdot \textit{Elbehov} \cdot \textit{Forøgelsesfaktor}$$



Ifølge anvisning 213

- Kølevirkningsgraden angives ***inklusive alt hjælpeudstyr*** dvs. fx pumper, blæsere og automatik.
- Kølevirkningsgraden er ***køleenergien afleveret*** i den opvarmede (klimatiserede) del af bygningen ***i forhold til den samlede optagne elenergi*** – under forudsætning af, at der ikke indgår andre energikilder til drift af kølesystemet. (Ændret)
- Kølevirkningsgraden bør i princippet angives som en ***vægtet gennemsnitsværdi for driftsperioden***. Som alternativ kan i stedet angives kølevirkningsgraden ved dimensionerende forhold.
- Kølevirkningsgraden skal i princippet bestemmes på samme måde, som det gøres for ***varmeanlæg***.
- Ved bestemmelse af kølevirkningsgraden anvendes ***relevante europæiske standarder***. For fabriksfremstillede units angives kølevirkningsgraden i henhold til relevante europæiske standarder f.eks. EN 14511.



Hvordan beregnes køleinput?

” Kølevirkningsgraden bør i princippet angives som en *vægtet gennemsnitsværdi for driftsperioden*”

- Kræver en kompliceret beregning, hvor kølebehovet fordeles på timebasis og virkningsgrader og elforbrug beregnes individuelt.



Mk10

- Beregningsprogram til beregning af inputfaktorer til Be10
- Benytter almindeligt tilgængelige data for køleanlægget som input til beregningsprogrammet.
- Udviklet i PSO projektet 340-027 "Be06 og dimensioneringsplatform for tekniske installationer"

Programmet kan hentes gratis på webadressen:

<http://mk.teknologisk.dk/publish.htm>

Filer Hjælp

Be06 data

XML version	XML dato	XML firma
5, 10, 7, 21	5.10.2010 15.	SBi
XML model	Hus areal	Anvendt udetemperaturer
BE06Test	180 m ²	Danmark

Kølebehov beregnet i Be06

jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	sum	
0	0	0	0	0,57	0,99	1,13	1,05	0,55	0	0	0	4,28	MWh
0	0	0	0	3,2	5,5	6,3	5,8	3	0	0	0	23,8	kWh/m ²

Månedlige udetemperaturer

jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
-0,5	-1	1,7	5,6	11,3	15	16,4	16,2	12,5	9,1	4,8	1,5

Mellemregninger

COP, måned

Forøgelsesfaktor, måned

maj [7,3304]
jun [5,9739]
jul [5,5826]
aug [5,6348]
sep [6,8261]

maj [1,01]
jun [1,15]
jul [1,28]
aug [1,2]
sep [1,12]

6,08 COP, år

Beregningsresultat

Beregn

0,16 El-behov, kWh-el/kWh-køl, (inkl. alle pumper, blæsere og automatik)

1,17 Forøgelsesfaktor, -, ekstra køleenergi p.g.a. vanduslag

Indtastning

Type af køling	Reguleringsmetode
Direkte køling	Frekvensreguleret

Normdata for køleanlæg

Ydelse og effektivitet

Test-temperaturer

COP nominal	3	Kold side(luft)	20 C°
Nominal ydelse	2 kW	Varm side(luft)	35 C°

- Flydende setpunkt for kondenseringstemperatur
- Fast kondenseringstemperatur

Direkte køling

Kondensatorkøling Luftkølet

Elforbrug for ekstraudstyr som ikke er medtaget i COP værdien 0,1 kW

Indirekte køling

Væsketemperatur, fremløb

Kondensatorkøling Luftkølet chiller

Elforbrug til hjælpeudstyr som ikke er medtaget i indtastet COP værdi

Yderligere elforbrug til pumper, ventilatorer mm. i fancoils



Beregning i Mk10

- Resultat fil fra Be10 hentes fra Mk10

Mk10 - Udvidet mekanisk køling for Be06

Filer Hjælp

Be06 data

XML version: 5, 10, 12, 5
XML dato: 2.03.2011 20.
XML firma: SBi

XML model: Eksempel_v5_Administrationsbygning-
Hus areal: 6502 m²
Anvendt udetemperaturer: Danmark

Kølebehov beregnet i Be06

jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	sum	
0	0	0	0,26	1,76	2,71	3,19	3,06	1,53	0,03	0	0	12...	MWh
0	0	0	0,4	2,7	4,2	4,9	4,7	2,3	0	0	0	19,3	kWh/m ²

Beregning i Mk10

- Driftsparametre indtastes for køleanlægget

Indtastning

Type af køling:

Reguleringsmetode:

Ydelse og effektivitet		Test-temperaturer	
COP nominal	<input type="text"/>	Kold side(luft)	<input type="text"/> C°
Nominel ydelse	<input type="text"/> kW	Varm side(luft)	<input type="text"/> C°

Flydende setpunkt for kondenseringstemperatur

Fast kondenseringstemperatur



Beregning i Mk10

- Indtasting for direkte og indirekte køling

Direkte køling	
Kondensator køling	<input type="text" value="Luftkølet"/>
Elforbrug for ekstraudstyr som ikke er medtaget i COP værdien	<input type="text" value="0,1"/> kW
Indirekte køling	
Væsketemperatur, fremløb	<input type="text"/> C°
Kondensator køling	<input type="text" value="Luftkølet chiller"/>
Elforbrug til hjælpeudstyr som ikke er medtaget i indtastet COP værdi	<input type="text"/> kW
Yderligere elforbrug til pumper, ventilatorer mm. i fancoils	<input type="text"/> kW

Direkte køling	
Kondensator køling	<input type="text" value="Luftkølet"/>
Elforbrug for ekstraudstyr som ikke er medtaget i COP værdien	<input type="text" value="0,1"/> kW
Indirekte køling	
Væsketemperatur, fremløb	<input type="text" value="7"/> C°
Kondensator køling	<input type="text" value="Luftkølet chiller"/>
Elforbrug til hjælpeudstyr som ikke er medtaget i indtastet COP værdi	<input type="text" value="0,1"/> kW
Yderligere elforbrug til pumper, ventilatorer mm. i fancoils	<input type="text" value="0,1"/> kW



Beregning i Mk10

- Resultater til indtastning i Be10

Mellemregninger

COP, måned	Forøgelsesfaktor, måned
maj [7,3304]	maj [1,01]
jun [5,9739]	jun [1,15]
jul [5,5826]	jul [1,28]
aug [5,6348]	aug [1,2]
sep [6,8261]	sep [1,12]

6,08 COP, år

Beregningsresultat

0,16 El-behov, kWh-el/kWh-køl, (inkl. alle pumper, blæsere og automatik)

1,17 Forøgelsesfaktor, -, ekstra køleenergi p.g.a. vanduslag



Nye køleparametre

Andel af Etageareal: Køleanlægget kan dække et begrænset areal

Belastningsfaktor: Kølebehovet vægtes imellem de to arealer

Varmekap. Faseskift (køling): Mulighed for at øge bygningens varmekapacitet med faseskiftende materialer. (Natkøling)

EI-behov: I stedet for COP indtastes nu den omvendte faktor $1/\text{COP}$

Varme-behov: Mulighed for at indtaste varmedrevne køleanlæg



Problematik omkring beregning af kølebehov i Be10

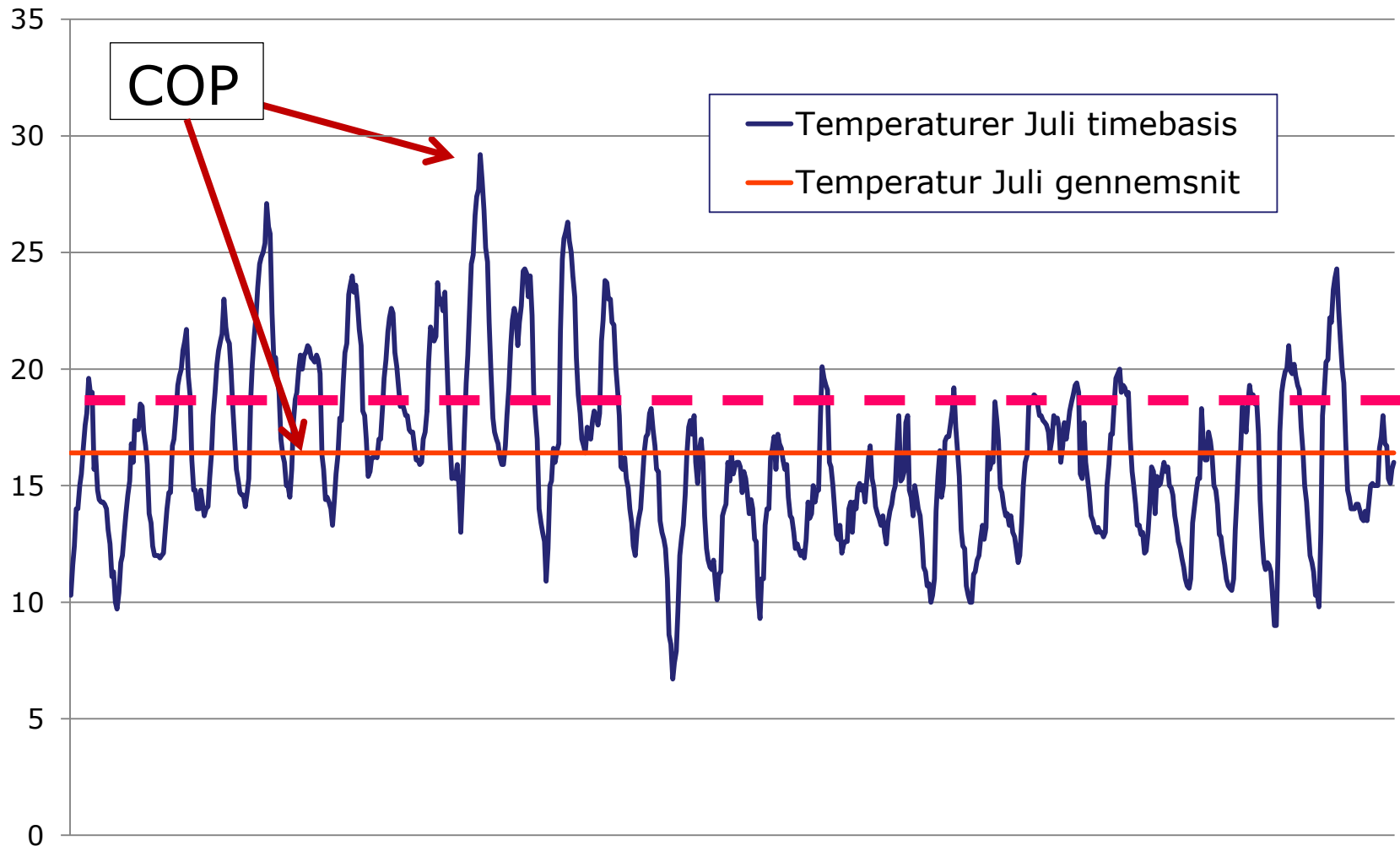
- Kølebehovet (og varmebehovet) beregnes på basis af månedlige temperaturgennemsnit

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
-0,5	-1,0	1,7	5,6	11,3	15,0	16,4	16,2	12,5	9,1	4,8	1,5

- Giver lavere samlet kølebehov, da kølebehovet som regel opstår ved højere temperaturer
- Svært at beregne køleeffektiviteten under korrekte forudsætninger forudsætning



Problematik omkring beregning af kølebehov i Be10





Problematik omkring beregning af kølebehov i Be10

- ➔ En fejlberregning af kølebehovet giver et unfair sammenligningsgrundlag for forskellige bygninger og energitiltag
- ➔ Bygninger med stort kølebehov "straffes" ikke i tilstrækkelig grad
- ➔ Incitamentet til at købe energieffektivt køleudstyr bliver mindre
- ➔ I takt med bedre bygninger får køling en større andel af energiregnskabet – det bør Be10 afspejle



Tak

Kontakt:

Pia Rasmussen

Teknologisk Institut

pir@dti.dk