

Dokumentation

Be10 beregningskerne

Rapporten er udarbejdet af Michael Dahl Knudsen og Steffen Petersen, Aarhus Universitet (2014), som en del af **Elforsk projekt 345-002: Energisyndere i lavenergibyggeri**.

Indledning

Formålet med dette dokument er at beskrive formlerne bag beregningsprogrammet Be10. Indtil nu har det været vanskeligt for brugere af Be10 at finde ud af, hvilke bagvedliggende formler Be10 egentlig benytter. SBI anvisning 213 beskriver hovedsageligt, hvordan Be10 skal anvendes, men ikke hvordan programmet beregner. Anvisningen henviser dog til forskellige normer, som udgør grundlaget for beregningsmetoden. Det er dog vanskeligt at anvende disse normer til nøjagtigt at bestemme de eksakte formler, bl.a. fordi disse ofte kan implementeres på forskellige måder. Nærværende dokument forsøger at råde bod på dette ved at give en detaljeret beskrivelse af Be10's beregningskerne.

Afgrænsning

Det er ikke alle dele af programmet, som endnu er beskrevet detaljeret i dette dokument, hvilket simpelthen skyldes, at der ikke har været tid til at afdække alle aspekter. Der er alligevel reserveret plads til disse poster i dokumentet, så det er tydeligt hvad der mangler, men også fordi det er hensigten at disse afsnit med tiden skal fyldes ud. I indholdsfortegnelsen er manglende afsnit **gule**.

Det vil fremgå, at rapporten fokuserer på fjernvarme, og der mangler derfor afsnit om fx kedler. Der gives heller ikke nogen beskrivelse af energiproducerende anlæg såsom solvarme, varmepumper, solceller eller vindmøller. Endelig gives der heller ingen beskrivelse af bygningens kølebalance.

Læsevejledning

Dokumentet består af fire kapitler samt en række appendiks. Første kapitel kaldes "Samlede energibehov" og anvender resultater fra de øvrige kapitler til at beregne bygningens samlede energibehov i forhold til bygningsreglementets energibestemmelser (energirammen).

Andet kapitel kaldes "Varmt brugsvand" og beregner energiforbrug relateret til bygningens varmtbrugsvandsanlæg.

Tredje kapitel kaldes "Rumopvarmning" og beregner energiforbrug relateret til bygningens rumopvarmning. Kernen heri er en kvasi-statisk varmebalance.

Fjerde kapitel kaldes "Kølebehov" og har endnu ikke noget indhold.

Udover de fire kapitler, så indeholder dokumentet også en række appendiks, som behandler forskellige aspekter af bygningen, og som indeholder resultater, der anvendes i de fire hovedkapitler. Der er således appendiks for ventilationsanlæg, belysning, transmissionstab, varmetilskud fra installationer og soltilskud.

VIGTIGT: Der henvises konstant til formler og figurer i dokumentet og disse er forsøgt nummeret så de nemt kan findes. Hver formel starter med ét eller flere bogstaver, som referer til det kapitel, hvori

formlen beskrives. Efter bogstavet følger et nummer, som refererer til et bestemt afsnit i det pågældende kapitel. I dokumentets indholdsfortegnelse kan man se, hvilket bogstav, der refererer til et bestemt kapitel.

Farvekodning

Dette dokument anvender en farvekodning af forskellige værdier for at læseren nemmere kan identificere, hvorfra en værdi stammer. Følgende farvekodning er anvendt:

- **Kerneværdier**
- **Komponent input**
- **Drift og brugeradfærd input**
- **Vejrdatainput**

Kerneværdier er værdier, som er inkorporeret i Be10's beregningskerne. Disse værdier kan derfor ikke ændres medmindre SBI vælger at ændre deres programkode. Eksempler herpå er lufts varmekapacitet, antal dage i februar samt forskellige empiriske værdier til bestemmelse af udnyttelsesfaktoren.

Komponent input er værdier som indtastes af brugeren, og som er uafhængige af brugeradfærden og den aktuelle drift af bygningen. Eksempler herpå er diverse arealer, u-værdier, g-værdier, SEL-værdier, varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad og pumpetyper.

Drift og brugeradfærd input er værdier, som indtastes af brugeren, og som afhænger af den aktuelle bygningsdrift eller brugeradfærd. Eksempler herpå er temperatursætpunkter, brugstid og benyttelsesfaktorer, interne varmetilskud, ventilationsanlæggets driftstid og luftmængder, frem- og returløbstemperatur i varmfordelingsanlægget, varmt brugsvand, dele af infiltrationen m.m.

Vejrdata input er værdier, som findes i en Be10 vejrdatabil. Eksempler herpå er månedsmiddelværdier for udetemperaturen, solindfald, skyggefaktor, solafskærmningsfaktorer, illuminans m.m. Det er beregningen af disse som beskrives i det sidste kapitel.

Indholdsfortegnelse

Kap 1

Samlede energibehov (S)	s. 9
S1. Vægtede samlede energibehov	10
S2. Varmeforbrug	12
S2.1 Fjernvarmeforsyning	
S2.1.1 Varmetab fra veksler	
S2.2 Anden varmeforsyning	
S2.2.1 Kedel	
S2.2.2 Decentrale varmekilder	
S3. Elforbrug	16
S3.1 El til bygningsdrift	
S3.2 El til andet end bygningsdrift	
S3.2.1 Særligt apparatur	
S4. El til fjernelse af overtemperatur	19
S5. Lokal elproduktion	20
S5.1 Solceller	
S5.2 Vindmøller	

Kap 2

Varmt brugsvand (V)	s. 21
V1. Slutforbrug	22
V1.1 Tappet volumen	
V1.2 Varmebehov	
V2. Central varmeforsyning	24
V2.1 Dækning af varmebehov	
V2.2 Tab	
V2.2.1 Tab i varmtvandsbeholder	
V2.2.2 Tab i tilslutningsrør	
V2.2.3 Tab i cirkulationsrør	

V3. Elforbrug	29
V3.1 Elpatron	
V3.2 Eltracing	
V3.3 Pumper	
V3.3.1 Ladekreds	
V3.3.2 Cirkulation	
V4. Decentrale vandvarmere	33
V4.1 Elvandvarmer	
V4.1.1 Dækning af varmebehov	
V4.1.2 Tab	
V4.1.3 Samlet elforbrug	
V4.2 Gasvandvarmer	
V4.2.1 Dækning af varmebehov	
V4.2.2 Tab	
V4.2.3 Samlede varmeforbrug	
V5. Lokal varmeproduktion til varmt brugsvand	36
V5.1 Solvarme	
V5.2 Varmepumpe	

Kap 3

Rumopvarmning (R) s. 37

R1. Slutforbrug	38
R1.1 Varmebehov (rumopvarmning)	
R1.1.1 Varmetab fra rum	
R1.1.2 Varmetilskud	
R1.1.3 Udnyttelsesfaktor	
R1.1.4 Del af måned med behov for rumopvarmning	
R1.1.5 Del af måned med behov for opvarmning	
R2. Central varmeforsyning	45
R2.1 Dækning af varmebehov	
R2.2 Tab	
R2.2.1 Konstant rørtab	
R2.2.2 Variable rørtab	
R3. Elforbrug	50
R3.1 Pumper	
R3.4.1 Type A	
R3.4.2 Type V	
R3.4.3 Type T	
R3.4.4 Type K	

R4. Decentrale varmekilder	53
R4.1 Elradiatorer	
R4.1.1 Elforbrug	
R4.2 Brændeovne, gasstrålevarmere m.m.	
R4.1.2 Varmeforbrug	
R5. Lokal varmeproduktion til rumopvarmning	55
R5.1 Solvarme	
R5.2 Varmepumpe	

Kap 4

Kølebehov (K)	s. 56
----------------------------	--------------

Appendiks

Appendix A: Ventilationsanlæg (A) s. 58

- A1. Ureguleret ventilationstab**
 - A1.1 Specifikt ventilationstab
- A2. Varmeflade**
 - A2.1 Indblæsningstemperatur
- A3. Nedregulering af varmegenvinding**
- A4. Ventilatorer**
 - A4.1 Ventilatoreffekt – almindelig drift
 - A4.2 Ventilatoreffekt – forceret drift
 - A4.3 Ventilatoreffekt - natventilation

Appendix B: Belysning (B) s. 65

- B1. Internt varmetilskud fra belysning**
- B2. Driftsbelysning**
 - B2.1 Almen belysning indenfor brugstiden
 - B2.2 Standby
 - B2.3 Arbejdslys
- B3. Anden belysning**
 - B3.1 Særligt lys
 - B3.2 Natbelysning
 - B3.3 Lys i parkeringskældre
 - B3.4 Udendørsbelysning

Appendix C: Soltilskud (C) s. 72

- C1. Samlede soltilskud**

Appendix D: Transmissionstab (D) s. 74

D1. Samlede transmissionstab

D1.1 Specifikt transmissionstab

Appendix E: Varmetilskud fra installationer (E) s. 77

E1. Totale varmetilskud fra installationer

E1.1 Konstante varmetilskud

E1.1.1 Konstante varmetilskud fra varmefordelingsrør

E1.1.2 Varmetilskud fra central varmtvandsbeholder

E1.1.3 Varmetilskud fra tilslutningsrør

E1.1.4 Varmetilskud fra cirkulationsrør

E2.1 Variable varmetilskud

E1.2.1 Variable varmetilskud fra varmefordelingsrør

E1.2.2 Variable varmetilskud fra tilslutningsrør

Kapitel 1

Samlede energibehov (S)

S1. Vægtede samlede energibehov

Be10 bruges til at dokumentere, at en bygning overholder energirammen i bygningsreglementets energibestemmelser. Man skal derfor være opmærksom på, at formålet ikke er at beregne bygningens faktiske energiforbrug, men i stedet at etablere et grundlag, hvorpå bygningens energiforbrug kan vurderes i forhold til disse bestemmelser.

Det samlede energibehov, som beregnes med Be10, skal holdes indenfor energirammen for at opnå en myndighedsgodkendelse (se figur S1). Disse energiforbrug er vægtede energiforbrug, hvilket betyder, at de vægtes efter den anvendte primærenergi, og vægtningsfaktorerne afspejler energiproduktionens miljøbelastning.

Nøgletal, kWh/m ² år		
Energiramme BR 2010		
Uden tillæg	Tillæg for særlige betingelser	Samlet energiramme
55,0	0,0	55,0
Samlet energibehov		58,6
Energiramme Lavenergibyggeri 2015		
Uden tillæg	Tillæg for særlige betingelser	Samlet energiramme
31,5	0,0	31,5
Samlet energibehov		50,5
Energiramme Byggeri 2020		
Uden tillæg	Tillæg for særlige betingelser	Samlet energiramme
20,0	0,0	20,0
Samlet energibehov		37,3



Figur S1: Be10 nøgletal (udsnit)

Det er ikke alle energiforbrug, som inkluderes i de samlede energibehov, idet elforbrug til andet end bygningsdriften ikke medregnes. Omvendt inkluderes et elforbrug til fjernelse af overtemperaturer, som faktisk ikke eksisterer i bygningen. Dette er et "imaginært" elforbrug, som tillægges bygningens energiforbrug for at "straffe" beregnede overtemperaturer.

Første afsnit i dette kapitel beskriver beregningen af de vægtede samlede energibehov, som skal holdes indenfor energirammen, og som derfor bruges til at dokumentere, at bygningen lever op til bygningsreglementets energibestemmelser.

$$Q_{Samlet} = \frac{1}{A_{Opv}} \cdot [\beta_{F,V} \cdot Q_{F,Varme} + \beta_{A,V} \cdot Q_{A,Varme} + \beta_{EI} \cdot (Q_{EL,Drift} + Q_{EL,Temp})] \quad (S1)$$

Hvor

- Q_{Samlet} er det samlede vægtede energibehov i bygningsklasse 2010 $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$
- $Q_{F,Varme}$ er varme fra fjernvarmeforsyning $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$ (formel S2.1)
- $Q_{A,Varme}$ er varme fra anden forsyning $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$ (formel S2.2)
- $Q_{EL,Drift}$ er el til bygningsdrift $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$ (formel S3.1)
- $Q_{EL,Temp}$ er et imaginært elforbrug til fjernelse af overtemperaturer $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$ (formel S4)
- $\beta_{F,V}$ er en vægtningsfaktor for fjernvarmeforsyning [-]
- $\beta_{A,V}$ er en vægtningsfaktor for anden ekstern varmeforsyning end fjernvarme [-]
- β_{EI} er en vægtningsfaktor for elforsyning [-]
- A_{Opv} er bygningens opvarmede etageareal $[m^2]$ (se figur S2)

Det fremgår, at fjernvarmeforsyning vægtes anderledes end anden varmeforsyning, mens al elforsyning vægtes ens. Vægtningen afhænger af, hvilken bygningsklasse man ønsker at overholde, og tabellen nedenunder viser vægtningsfaktorer for forskellige bygningsklasser.

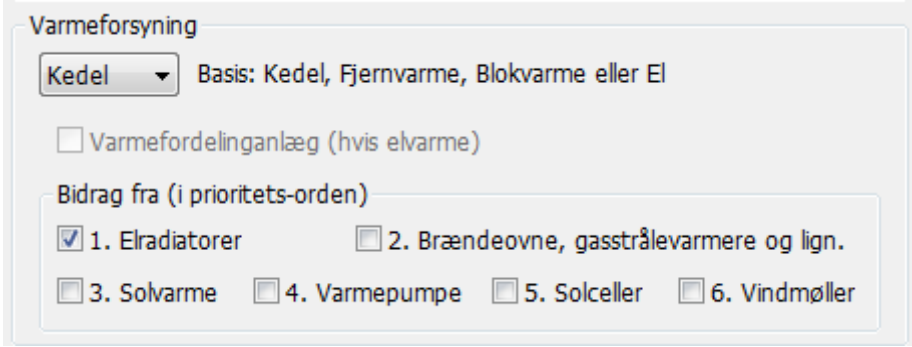
	$\beta_{F,V}$	$\beta_{A,V}$	β_{EI}
Bygningsklasse 2010	1,0	1,0	2,5
Bygningsklasse 2015	0,8	1,0	2,5
Bygningsklasse 2020	0,6	1,0	1,8

Bygningens opvarmede etageareal indtastes i Be10's hovedskema, som figuren nedenunder viser et udsnit af.

Figur S2: Be10 hovedskema (udsnit som definerer bygningens generelle forhold).

S2. Varmeforbrug

Fordi der er forskellige vægtningsfaktorer for fjernvarmeforsyning og anden varmeforsyning så må det årlige varmeforbrug beregnes for hver af disse. Figuren nedenunder viser et udsnit af Be10's hovedskema, hvor det defineres om varmeforsyningen er kedel, fjernvarme, blokvarme eller el. Det vælges også om der er bidrag fra decentrale varmekilder såsom elradiatorer eller brændeovne, gasstrålevarmere m.m.. Endelig vælges også om der er bidrag fra lokale energiproduktioner som solvarme, varmepumpe, solceller og vindmøller.



The screenshot shows a window titled "Varmeforsyning". At the top, there is a dropdown menu set to "Kedel" and the text "Basis: Kedel, Fjernvarme, Blokvarme eller El". Below this is a checkbox for "Varmefordelingenlæg (hvis elvarme)". Underneath is a section titled "Bidrag fra (i prioritets-orden)" containing six checkboxes: "1. Elradiatorer" (checked), "2. Brændeovne, gasstrålevarmere og lign.", "3. Solvarme", "4. Varmepumpe", "5. Solceller", and "6. Vindmøller".

Figur S3: Be10 hovedskema (udsnit som definerer varmeforsyning og bidragskilder)

I Be10 har varmeforsyningen sidste prioritet forstået på den måde, at alle bidragsydere forsøger at dække varmebehovet først. Hvis der herefter resterer et varmebehov, så leveres dette fra varmeforsyningen.

I dette dokument antages det, at varmeforsyningen altid er fjernvarme eller kedel, og ser altså bort fra muligheden for blokvarme og elvarmeforsyning.

Bemærk i øvrigt, at varmeforsyningen altid er enten kedel eller fjernvarme og kan ikke være en kombination heraf. Derimod kan både kedel og fjernvarme kombineres med de øvrige decentrale varmekilder og lokale energiproduktioner.

S2.1 Fjernvarmeforsyning

Hvis der er valgt fjernvarme som varmforsyning, så beregnes det årlige fjernvarmeforbrug som:

$$Q_{F,Varme} = \sum_{m\text{dr}} (Q_{V,Rum} + Q_{V,VV} + b_{vx} \cdot Q_{vx\text{tab}}) \quad (\text{S2.1})$$

Hvor

$Q_{F,Varme}$	er bygningens årlige forbrug af fjernvarme $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$
$Q_{V,Rum}$	er varmforsyningens ydelse til rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{m\text{dr}}\right]$ (formel R2)
$Q_{V,VV}$	er varmforsyningens ydelse til brugsvand $\left[\frac{kWh}{m\text{dr}}\right]$ (formel V2)
b_{vx}	er en temperaturfaktor for fjernvarmeveksleren $[-]$ (se figur S4)
$Q_{vx\text{tab}}$	er varmetab fra fjernvarmeveksleren $\left[\frac{kWh}{m\text{dr}}\right]$ (formel S2.1.1)

Summen tages naturligvis over alle årets måneder. Det sidste led tager højde for forsyningsstab fra fjernvarmeveksleren.

S2.1.1 Varmetab fra veksler

Varmetabet fra fjernvarmeveksleren beregnes som:

$$Q_{vx\text{tab}} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot H_{vx} \cdot (\theta_{vx} - \theta_{vx,rum}) \quad (\text{S2.1.1})$$

Hvor

D	er antal dage i måneden
H_{vx}	er vekslerens specifikke varmetab $\left[\frac{W}{K}\right]$ (se figur S4)
θ_{vx}	er fjernvarmevekslerens temperatur $[\text{°C}]$
$\theta_{vx,rum}$	er temperaturen i det rum, hvor veksleren er placeret $[\text{°C}]$ (formel S2.1.1a)

Figuren nedenunder viser Be10's skema for fjernvarmeveksleren.

Beskrivelse **Ny fjernvarmeveksler**

Fjernvarmeveksler

0 Nominel effekt, kW

0 Varmetab fra veksler, W/K

VBV opvarmning gennem veksler

0 Vekslertemperatur, minimum, °C

0 Temp.faktor, b for opstillingsrum (Opvarmet zone: b = 0, Ude: b = 1)

0 Automatik, stand-by, W

Figur S4: Be10 skema for fjernvarmeveksler.

Temperaturen i det rum hvor veksleren er placeret beregnes som:

$$\theta_{vx,rum} = b_{vx} \cdot \theta_{Ude} + (1 - b_{vx}) \cdot \theta_{V,Set} \quad (S2.1.1a)$$

Hvor

- b_{vx} er en temperaturfaktor for fjernvarmeveksleren [–] (se figur S3)
- θ_{Ude} er udetemperaturen [°C]
- $\theta_{V,Set}$ er indetemperaturen [°C] (se figur S5)

Figuren nedenunder viser Be10's menu for temperatursætpunkter.

Setpunkter, °C

Opvarm.	Ønsket	Nat. vent.	Køling	Lager opvarm.
20	23	24	25	15

Dimensionerende temperaturer, °C

Rumtemp.	Udetemp.	Lagertemp.
20	-12	15

Figur S5: Be10 menu til fastsættelse af sætpunktstemperaturer.

S2.2 Anden varmforsyning

Anden ekstern forsyning af varme end fra fjernvarme kan stamme fra to kilder, nemlig kedel eller decentrale varmekilder (husk der ses bort fra blokvarme). Anden varmforsyning beregnes derfor som:

$$Q_{A,Varme} = Q_{Kedel} + Q_{DecVarme} \quad (S2.2)$$

Hvor

$Q_{A,Varme}$ er bygningens årlige forbrug af anden varmforsyning end fjernvarme $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$

Q_{Kedel} er årligt varmeforbrug i kedel $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$ (formel S2.2.1)

$Q_{DecVarme}$ er årligt varmeforbrug i decentrale varmekilder $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$ (formel S2.2.2)

S2.2.1 Kedel

Beregnes ikke i dette dokument

S2.2.2 Decentrale varmekilder

Det årlige varmeforbrug i decentrale varmekilder beregnes som:

$$Q_{DecVarme} = \sum_{m\ddot{a}r} (Q_{DecBr\ddot{a}e} + Q_{GV} + Q_{AK}) \quad (S2.2.2)$$

Hvor

$Q_{DecVarme}$ er årligt varmeforbrug i decentrale varmekilder $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$

$Q_{DecBr\ddot{a}e}$ er varmeforbrug i br\ddot{a}ndeovn, gasstr\ddot{a}levarmer m.m. $\left[\frac{kWh}{m\ddot{a}r}\right]$ (formel R4.1.2)

Q_{GV} er varmeforbrug i gasvandvarmer $\left[\frac{kWh}{m\ddot{a}r}\right]$ (formel V4.2.3)

Q_{AK} er varmeforbrug i forbindelse med absorptionsk\ddot{o}ling $\left[\frac{kWh}{m\ddot{a}r}\right]$ (kap. 4)

S3. Elforbrug

Det er kun el til bygningsdriften, som indgår i energirammeens samlede energibehov, og dette forbrug beregnes efterfølgende.

S3.1 El til bygningsdrift

Det årlige elforbrug til bygningsdrift beregnes som:

$$Q_{EL,Drift} = \sum_{mdr} (Q_{EL,Rum} + Q_{EL,VV} + Q_{Vent} + Q_{EL,VF} + Q_{EL,Driftslys} + Q_{EL,Køl} + Q_{EL,VP} + Q_{EL,SV} + Q_{EL,Kedel} - Q_{EL,Prod}) \quad (S3.1)$$

Hvor

$Q_{EL,Drift}$ er matriklens samlede elforbrug til bygningsdrift $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$

$Q_{EL,Rum}$ er el til rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R3)

$Q_{EL,VV}$ er el til varmt brugsvand $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V3)

Q_{Vent} er el til ventilatorer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel A3)

$Q_{EL,VF}$ er el til varmeplader $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel A1)

$Q_{EL,Driftslys}$ er el til driftsbelysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B2)

$Q_{EL,Køl}$ er el til køl $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (kap. 4)

$Q_{EL,VP}$ er el til varmepumpe $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (mangler i dokumentet)

$Q_{EL,SV}$ er el til solvarme $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (mangler i dokumentet)

$Q_{EL,Kedel}$ er el til kedel $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel S2.2.1)

$Q_{EL,Prod}$ er bidrag fra lokal elproduktion $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel S5)

S3.2 El til andet end bygningsdrift

Be10 beregner også et elforbrug til andet end bygningsdriften, som dog ikke indgår i det samlede vægtede energibehov. Det årlige elforbrug til andet end bygningsdrift beregnes som:

$$Q_{EL,Andet} = \sum_{mdr} (Q_{EL,AndetLys} + Q_{App,Til} + Q_{EL,SærApp}) \quad (S3.2)$$

Hvor

$Q_{EL,Andet}$ er matriklens elforbrug til andet end bygningsdrift $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$

$Q_{EL,AndetLys}$ er el til anden belysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B3)

$Q_{App,Til}$ er el til apparater $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1.2b)

$Q_{EL,SærApp}$ er el til særligt apparatur $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel S3.2.1)

El til apparatur er identisk med den interne varmebelastning fra apparater.

Elforbrug til særligt apparatur indgår ikke i varmebalancen, og indgår udelukkende i elforbrug til andet end bygningsdriften. Man vil typisk ikke indtaste et sådant i en normal Be10 beregning, men kan vælge at gøre det, for at få et elforbrug, der kommer nærmere bygningens faktiske.

S3.2.1 Særligt apparatur

Figuren nedenunder viser et udsnit fra Be10 skemaet "Andet elforbrug", hvori dette kan defineres.

Særligt apparatur inklusive evt. køling af apparaturet

$\Phi_{SærApp,B}$ → 600 I brugstiden

$\Phi_{SærApp,K}$ → 6000 Altid i brug

Figur S6: Be10 skema for andet elforbrug (udsnit til særligt apparatur).

Elforbrug til særligt apparatur beregnes som:

$$Q_{SærAppl} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_P [\beta \cdot \Phi_{SærApp,B} + \Phi_{SærApp,K}] \quad (S3.2.1)$$

Hvor

$\Phi_{SærApp,B}$ er særligt apparatur i brugstiden $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$ (se figur S6)

$\Phi_{SærApp,K}$ er særligt apparatur i konstant brug $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (se figur S6)

β er bygningens relative brugstid [–] (formel S3.2.1a)

D er antal dage i måneden

Bygningens relative brugstid beregnes som:

$$\beta = \frac{T_{brug}}{168} \quad (S3.2.1a)$$

Hvor

T_{brug} er bygningens brugstid $\left[\frac{h}{uge}\right]$ (se figur S2)

Bygningens relative brugstid bliver anvendt overalt i Be10 og derfor også i nærværende dokument.

S4. El til fjernelse af overtemperatur

Formlen nedenunder beregner et imaginært elforbrug til fjernelse af overtemperaturer. Dette inkluderes i energirammen for at "straffe" bygninger, som har et behov for mekanisk køling, men hvor der ikke er et mekanisk køleanlæg.

$$Q_{EL,Temp} = \sum_{m\ßr} \frac{(1 - \alpha_{mk}) \cdot Q_{mk}}{2} \quad (S4)$$

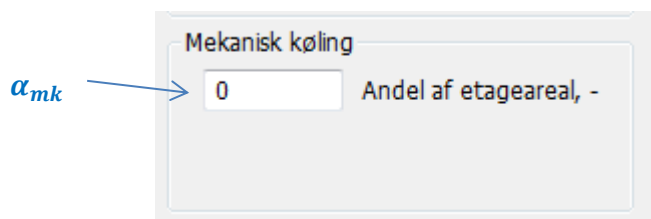
Hvor

$Q_{EL,Temp}$ er et imaginært elforbrug til fjernelse af overtemperaturer $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$

α_{mk} er andel af etageareal med mekanisk køling $[-]$ (se figur S6)

Q_{mk} er behovet for mekanisk køling $\left[\frac{kWh}{m\ßr}\right]$ (kap. 4)

Det er muligt at angive et mekanisk køleanlæg i dele af bygningen, og i så fald gives straffen kun for andelen uden et sådant. Denne andel indtastes i hovedskemaet i Be10, som figuren nedenunder viser et udsnit af.



The image shows a software interface for defining building parameters. A window titled "Mekanisk køling" is open. Inside, there is a text input field containing the number "0". To the right of the input field is the label "Andel af etageareal, -". A blue arrow points from the symbol α_{mk} to the input field.

Figur S7: Be10 hovedskema (udsnit til at definere andel med mekanisk køl).

S5. Lokal elproduktion

Der kan være en lokal produktion af el på matriklen, som beregnes i det efterfølgende. Der kan naturligvis også være en lokal varmeproduktion, men denne behandles i stedet i kapitlerne for varmt brugsvand og rumopvarmning. Denne forskel skyldes, at varmeproduktionen er tilknyttet enten det varme vand eller rumopvarmningen, og må derfor behandles herunder, mens elproduktionen generelt kan bruges til alle formål.

Bidrag fra lokal elproduktion beregnes som

$$Q_{EL,Prod} = Q_{EL,PV} + Q_{EL,Vind} \quad (S5)$$

Hvor

$Q_{EL,Prod}$ er lokal elproduktion $\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right]$

$Q_{EL,PV}$ er bidrag fra solceller $\left[\frac{kWh}{m\ddot{a}r}\right]$ (formel S5.1)

$Q_{EL,Vind}$ er bidrag fra vindmøller $\left[\frac{kWh}{m\ddot{a}r}\right]$ (formel S5.2)

S5.1 Solceller

Beregnes ikke i dette dokument

S5.2 Vindmøller

Beregnes ikke i dette dokument

Kapitel 2

Varmt brugsvand (V)

V1. Slutforbrug

Udgangspunktet for beregningerne af energiforbrug relateret til det varme brugsvandsanlæg er en beregning af slutforbruget af det varme brugsvand. Slutforbruget er det varmtvandsforbrug, som forbruges af slutbrugeren dvs. den mængde varmt vand, som tappes fra hanen.

V1.1 Tappet volumen

Det månedlige volumen af aftappet varmt brugsvand beregnes som:

$$q_{VV} = \frac{q_{VV,\text{år}}}{1000} \cdot A_{Opv} \cdot \frac{D}{365} \quad (\text{V1.1})$$

Hvor

- q_{VV} er det samlede volumen af tappet varmt brugsvand $\left[\frac{m^3}{m\text{dr}}\right]$
- $q_{VV,\text{år}}$ er det samlede volumen af tappet varmt brugsvand $\left[\frac{l}{m^2 \cdot \text{år}}\right]$
- A_{Opv} er det samlede volumen af tappet varmt brugsvand $[m^2]$ (se figur V1)
- D er antal dage i måneden

Figuren nedenunder viser Be10's hovedskema til varmt brugsvand, hvor varmtvandsforbruget indtastes sammen med brugsvandstemperaturen.

Beskrivelse

Varmtvandsforbrug (vand af 55 °C, koldt vand 10 °C)

$q_{VV,\text{år}}$ → Gennemsnit for bygningen, liter/år pr. m²-etageareal

Brugsvandssystem

θ_V → Varmt brugsvand temperatur, °C

Tilføj en varmtvandsbeholder ved højreklik på Varmt brugsvand i oversigten til venstre

Figur V1: Be10 hovedskema for varmt brugsvand

V1.2 Varmebehov

Varmebehov inkluderer udelukkende den varme, som anvendes direkte til at hæve temperaturen af det tappede volumen.

$$Q_{Behov,VV} = q_{VV} \cdot \frac{C_W}{3,6} \cdot (\theta_V - \theta_K) \quad (V1.2)$$

Hvor

$Q_{Behov,VV}$	er det samlede varmebehov til varmt brugsvand $\left[\frac{kWh}{m^3}\right]$
q_{VV}	er det samlede volumen af tappet varmt brugsvand $\left[\frac{m^3}{m^3}\right]$ (formel V1.1)
C_W	er vands varmekapacitet $\left[= 4,2 \frac{MJ}{K m^3} i Be10\right]$
θ_V	er temperaturen af det varme brugsvand [$^{\circ}C$] (se figur V1)
θ_K	er temperaturen af det kolde brugsvand $[= 10^{\circ}C i Be10]$

V2. Central varmforsyning

Den nødvendige ydelse fra varmforsyningen beregnes som:

$$Q_{V,VV} = Q_{Behov,Tank} + Q_{Cen,Tab} - Q_{Eltrac}^1 - Q_{ELPat} - Q_{Prod,VV} \quad (V2)$$

Hvor

$Q_{V,VV}$ er varmforsyningens ydelse til det varme brugsvand $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Behov,Tank}$ er varmebehov dækket af central beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.1)

$Q_{Cen,Tab}$ er samlet varmetab i relation til central forsyning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.2)

Q_{Eltrac} er varmetab dækket af eltracing $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V3.2)

Q_{ELPat} er bidrag fra elpatron $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V.3)

$Q_{Prod,VV}$ er bidrag fra lokal varmeproduktion til varmt brugsvand $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V5)

Den centrale varmforsyning sker enten via central varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsvandvarmere. Begge defineres i Be10's skema "VBV Beholder", som figuren nedenunder viser et udsnit af.

Varmtvandsbeholder

Beskrivelse

Antal beholdere Andel af varmtvandsforbrug, -

Beholdervolumen, liter (For solvarmebeholdere opgives totalvolumen)

θ_{Til} Fremløbstemperatur fra centralvarme, °C

El-opvarmning af VBV (Hvis 'Nej' kører kedlen om sommeren)

Solvarmebeholder med varmespiral i top. (Korrektion for temp.lagdeling)

Φ_{Cen} Varmetab fra varmtvandsbeholder, W/K

b_{Cen} Temperaturfaktor, b for opstillingsrum, - (Opv. zone: b = 0, Ude: b = 1)

Figur V2: Be10 skema for varmtvandsbeholder (udsnit).

I det følgende afsnit beregnes, hvor stor en del af slutbehovet, der dækkes af den centrale varmtvandsbeholder.

¹ Det bør noteres, at Be10 ikke beregner eltracing korrekt, idet Be10 øger elforbruget, men "glemmer" at reducere varmebehovet tilsvarende. Derfor indgår eltracing ikke pt i formel V3.2 i Be10.

V2.1 Dækning af varmebehov

Andelen af varmebehovet, som dækkes af en central varmtvandsbeholder (eller veksler) beregnes som:

$$Q_{Behov,Tank} = (1 - \alpha_{VVel} - \alpha_{VVgas}) \cdot Q_{Behov,VV} \quad (V2.1)$$

Hvor

$Q_{Behov,Tank}$ er varmebehov som dækkes af central beholder (el. veksler) $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

α_{VVel} er andel af varmebehov, som dækkes af elvandvarmere [-] (se figur V7)

α_{VVgas} er andel af varmebehov, som dækkes af gasvandvarmere [-] (se figur V8)

$Q_{Behov,VV}$ er det samlede varmebehov til varmt brugsvand $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V1.2)

V2.2 Tab

Varmetab i forbindelse med central varmtvandsbeholder inkluderer tab i tilslutningsrør, beholder samt cirkulationsrør, og beregnes derfor som:

$$Q_{Cen,Tab} = Q_{Til,Tab} - Q_{Tank,Tab} - Q_{Cir,Tab} \quad (V2.2)$$

Hvor

$Q_{Cen,Tab}$ er samlet varmetab i relation til varmtvandsbeholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Tank,Tab}$ er varmetab fra beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.2.1)

$Q_{Til,Tab}$ er varmetab fra tilslutningsrør til beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.2.2)

$Q_{Cir,Tab}$ er varmetab fra cirkulationsrør $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.2.3)

V2.2.1 Tab i varmtvandsbeholder

Varmetabet fra beholderen beregnes som:

$$Q_{Tank,Tab} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \Phi_{Cen} \cdot (\theta_V - \theta_{Cen,Rum}) \quad (V2.2.1)$$

Hvor

$Q_{Tank,Tab}$	er varmetab fra beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
D	er antal dage i måneden
Φ_{Cen}	er specifikt varmetab fra beholder $\left[\frac{W}{K}\right]$ (se figur V2)
θ_V	er temperaturen af det varme brugsvand [$^{\circ}C$] (se figur V1)
$\theta_{Cen,Rum}$	er temperaturen i opstillingsrum [$^{\circ}C$] (formel V2.2.1a)

NOTE: Hvis der er solvarmespiral i toppen af en central varmtvandsbeholder, så deles varmetabet i to andele, hvoraf den ene kommer fra ovenstående beregning, mens den anden stammer fra en solvarmeberegning, som ikke findes i dette dokument.

Temperaturen i det rum, hvori beholderen er placeret, beregnes som:

$$\theta_{Cen,Rum} = b_{Cen} \cdot \theta_{Ude} + (1 - b_{Cen}) \cdot \theta_{V,Set} \quad (V2.2.1a)$$

Hvor

b_{Cen}	er temperaturfaktoren [-] (se figur V2)
$\theta_{V,Set}$	er rumtemperaturen (varmesætpunkt) [$^{\circ}C$] (se figur S5)
θ_{Ude}	er udetemperaturen [$^{\circ}C$]

V2.2.2 Tab i tilslutningsrør

Hvis varmforsyningen sker fra fjernvarme eller kedel, så kan der være et varmetab fra tilslutningsrør til varmtvandsbeholderen. Hvis den altid opvarmes med el (se figur V2), så er der intet varmetab fra tilslutningsrør. Hvis den derimod kun opvarmes med el i perioder, hvor der ingen øvrige opvarmningsbehov er i bygningen, så er der ingen varmetab i tilslutningsrør i disse perioder. Varmetab fra tilslutningsrør til den centrale varmtvandsbeholder, beregnes som:

$$Q_{Til,Tab} = f_{opv} \cdot \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{Til} l_{Til} \cdot \Psi_{Til} \cdot (\theta_{Til} - \theta_{Til,Rum}) \quad (V2.2.2)$$

Hvor

- $Q_{Til,Tab}$ er varmetab fra tilslutningsrør til beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
- f_{opv} er andel af måned med behov for opvarmning $[-]$ (se afsnit R1.1.5)
- D er antal dage i måneden
- l_{Til} er længden af tilslutningsrør $[m]$ (se figur V3)
- Ψ_{Til} er det specifikke varmetab på rørstrækning $\left[\frac{W}{K m}\right]$ (se figur V3)
- θ_{Til} er fremløbstemperatur fra centralvarme $[^{\circ}C]$ (se figur V2)
- $\theta_{Til,Rum}$ er temperaturen i det rum hvori røret løber $[^{\circ}C]$ (formel V2.2.2a)

Bemærk at $f_{opv} = 1,0$ hele året, hvis varmtvandsbeholderen ikke opvarmes med el om sommeren.

Temperaturen i det rum, hvori tilslutningsrøret løber, beregnes som:

$$\theta_{Til,Rum} = b_{Til} \cdot \theta_{Ude} + (1 - b_{Til}) \cdot \theta_{V,Set} \quad (V2.2.2a)$$

Hvor

- b_{Til} er temperaturfaktoren $[-]$ (se figur V3)
- $\theta_{V,Set}$ er rumtemperaturen (varmesætpunkt) $[^{\circ}C]$ (se figur S5)
- θ_{Ude} er udetemperaturen $[^{\circ}C]$

Figuren nedenunder viser det Be10 skema, hvor der kan defineres tilslutningsrør.

Rørstrækninger i fremløb og returløb		l (m)	Tab (W/mK)	b
		2		
+1	Pipe 1	2	0,18	0
2	Pipe 2	0	0	0

Figur V3: Be10 skema for tilslutningsrør til varmtvandsbeholder

V2.2.3 Tab i cirkulationsrør

Varmetab fra cirkulationsrør beregnes som:

$$Q_{Cir,Tab} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{Cir} F_C \cdot l_{Cir} \cdot \Psi_{Cir} \cdot (\theta_{Cir} - \theta_{Cir,Rum}) \quad (V2.2.3)$$

Hvor

$Q_{Cir,Tab}$ er varmetab fra cirkulationsrør $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

D er antal dage i måneden

l_{Cir} er længden af cirkulationsrør [m] (se figur V4)

F_C er en reduktionsfaktor, som angiver pumpens relative driftstid [-] (se figur V6)

Ψ_{Cir} er det specifikke varmetab på rørstrækning $\left[\frac{W}{K \cdot m}\right]$ (se figur V4)

θ_V er temperaturen af det varme brugsvand [°C] (se figur V1)

$\theta_{Cir,Rum}$ er temperaturen i det rum hvori røret løber [°C] (formel V2.2.3a)

Summen tages over alle cirkulationsrør. Temperaturen i det rum, hvori tilslutningsrøret løber, beregnes som:

$$\theta_{Cir,Rum} = b_{Cir} \cdot \theta_{Ude} + (1 - b_{Cir}) \cdot \theta_{V,Set} \quad (V2.2.3a)$$

Hvor

b_{Cir} er temperaturfaktoren [-] (se figur V4)

$\theta_{V,Set}$ er rumtemperaturen (varmesætpunkt) [°C] (se figur S5)

θ_{Ude} er udetemperaturen [°C]

Figuren nedenunder viser det Be10 skema, hvori cirkulationsrør defineres.

l_{Cir} Ψ_{Cir} b_{Cir}

↓ ↓ ↓

Rør til varmt brugsvand
I opgørelsen indgår kun rør med cirkulation eller el-tracing.

	Rørstrækninger i fremløb og returløb	l (m)	Tab (W/mK)	b
		0		
+1		0	0	0
2				
3				

Figur V4: Be10 skema for cirkulationsrør

V3. Elforbrug

Elforbrug til varmt brugsvandsanlæg inkluderer følgende:

$$Q_{El,VV} = Q_{ElPat} + Q_{Eltrac} + Q_{Pum,VV} + Q_{DecEl} \quad (V3)$$

Hvor

$Q_{El,VV}$	er det samlede elforbrug til varmtbrugsvandsanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
Q_{ElPat}	er bidrag fra elpatron $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V3.1)
Q_{Eltrac}	er eltracing $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V3.2)
$Q_{Pum,VV}$	er el til pumper i varmtbrugsvandsanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V3.3)
Q_{DecEl}	er samlet elbehov til decentrale elvandvarmere $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V4.1.3)

V3.1 Elpatron

Hvis brugeren har valgt en varmtvandsbeholder, som opvarmes med el om sommeren (se figur V2), så er der et bidrag fra en elpatron, der beregnes som:

$$Q_{ElPat} = (1 - f_{Opv}) \cdot [Q_{Behov,Tank} + Q_{Cen,Tab} - Q_{Eltrac} - Q_{Prod,VV}] \quad (V3.1)$$

Hvor

Q_{ElPat}	er bidrag fra elpatron $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
f_{Opv}	er andel af måneden med behov for opvarmning $[-]$ (afsnit R1.1.5)
$Q_{Behov,Tank}$	er varmebehov som dækkes af central beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.1)
$Q_{Cen,Tab}$	er samlet varmetab i relation til varmtvandsbeholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.2)
Q_{Eltrac}	er varmetab dækket af eltracing $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V3.2)
$Q_{Prod,VV}$	er bidrag fra lokal varmeproduktion til varmt brugsvand $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V5)

Det betyder, at hvis andelen af måned med behov for opvarmning er mindre end én, så giver elpatronen et bidrag, fordi varmforsyningen slukkes i den anden del. Hvis brugeren derimod ikke har defineret elopvarmning om sommeren, så gælder at $f_{Opv} = 1$, så længe der er et varmtvandsbehov.

Bemærk at andelen af måned med behov for opvarmning f_{Opv} ikke er det samme, som andelen af måned med behov for rumopvarmning f_{Rum} (jf. afsnit R1.1.4 og R1.1.5).

V3.2 Eltracing

Hvis der vælges eltracing af cirkulationsrør (se figur V6), så antager Be10, at 80 % af varmetabet i disse rør dækkes af el. Eltracing beregnes derfor som:

$$Q_{Eltrac} = 0,80 \cdot Q_{Cir,Tab} \quad (V3.2)$$

Hvor

Q_{Eltrac} er varmetab dækket af eltracing $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Cir,Tab}$ er varmetab fra cirkulationsrør $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.2.3)

Note: Be10 øger bygningens elforbrug ved eltracing, men "glemmer" at reducere varmebehovet tilsvarende.

V3.3 Pumper

I forbindelse med den centrale varmtvandsbeholder kan der defineres ladekredspumper og cirkulationspumper, og det samlede elforbrug til pumper i varmtbrugsvandsanlæg beregnes derfor som:

$$Q_{Pum,VV} = \sum_{LK} Q_{LKPumpe} + \sum_C Q_{CPumpe} \quad (V3.3)$$

Hvor

$Q_{Pum,VV}$ er el til pumper i varmtbrugsvandsanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{LKPumpe}$ er el til ladekredspumper $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V3.3.1)

Q_{CPumpe} er el til cirkulationspumper $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V3.3.2)

Hvis der er flere pumper tages naturligvis summen af disse.

V3.3.1 Ladekreds

Elforbrug til ladekredspumper beregnes som:

$$Q_{LKPumpe} = T_L \cdot \frac{P_L}{1000} \quad (V3.3.1)$$

Hvor

- $Q_{LKPumpe}$ er el til ladekredspumper $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
 P_L er ladekredspumpens effekt [W] (se figur V5)
 T_L er ladekredspumpens driftstid $\left[\frac{h}{mdr}\right]$ (formel V3.3.1a)

Figuren nedenunder viser et udsnit af Be10's skema "VBV Beholder", hvor der kan defineres en ladekredspumpe.

Figur V5: Be10 skema for ladekredspumpe

P_L

Φ_{LK}

Brugeren kan vælge at styre ladekredspumpen (se figur V5), og i så fald beregnes driftstiden som:

$$T_L = 1,1 \cdot \frac{(Q_{Behov,Tank} + Q_{Cen,Tab} - Q_{Eltracing})}{\Phi_{LK}} \quad (V3.3.1a)$$

Hvor

- $Q_{Behov,Tank}$ er varmebehov som dækkes af central beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.1)
 $Q_{Cen,Tab}$ er samlet varmetab i relation til varmtvandsbeholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V2.2)
 $Q_{Eltracing}$ er varmetab dækket af eltracing $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel 3.2)
 Φ_{LK} er pumpens ladeeffekt [kW] (se figur V5)

Hvis ladekredspumpen derimod ikke er styret, så beregnes driftstiden som:

$$T_L = 24 \cdot D \quad (V3.3.1a)$$

Hvor

- D er antal dage i måneden

V3.3.2 Cirkulation

Elforbrug til cirkulationspumper beregnes som:

$$Q_{CPumpe} = 24 \cdot D \cdot F_C \cdot \frac{P_C}{1000} \quad (V3.3.2)$$

Hvor

$Q_{LKPumpe}$ er el til cirkulationspumpe $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

F_C er en reduktionsfaktor, som angiver pumpens relative driftstid (se figur V6)

P_C er cirkulationspumpen effekt [W] (se figur V6)

Figuren nedenunder viser Be10's skema "PumpCirc", hvor der kan defineres en cirkulationspumpe.

Cirkulationspumpe til varmt brugsvand			
Beskrivelse	PumpCirc		
Antal	Effekt, W	1	Reduktionsfaktor, -
1	0		
0	0		<input type="checkbox"/> El-tracing af brugsvandsrør

Figur V6: Be10 skema for cirkulationspumper

F_C

V4. Decentrale vandvarmere

En del af eller hele varmtvandsforbruget kan dækkes af decentrale vandvarmere, og dette afsnit beskriver energiforbrug i forbindelse med decentrale el- og gasvandvarmere.

V4.1 Elvandvarmer

Figuren nedenunder viser et udsnit af Be10's skema "Vandvarmere", som bruges til at definere decentrale elvandvarmere.

Vandvarmere	
Elvandvarmer	
Beskrivelse	Elvandvarmer
α_{VVel}	0 Andel af VBV i separate el-vandvarmere, -
Φ_{DecEl}	0 Varmetab fra varmtvandsbeholder, W/K
b_{DecEl}	0 Temperaturfaktor, b for opstillingsrum, - (Opvarmet zone: b = 0, Ude: b = 1)

Figur V7: Be10 skema for elvandvarmer.

V4.1.1 Dækning af varmebehov

Varmebehov til varmt brugsvand, som dækkes af en decentral elvandvarmer, beregnes som:

$$Q_{Behov,decEl} = \alpha_{VVel} \cdot Q_{Behov,VV} \quad (V4.1.1)$$

Hvor

- q_{decEl} er slutforbrug dækket af decentrale elvandvarmere $\left[\frac{m^3}{mdr}\right]$
- α_{VVel} er andel af varmt brugsvand, som dækkes af el-beredere $[-]$ (se figur V7)
- $Q_{Behov,VV}$ er det samlede varmebehov til varmt brugsvand $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V1.2)

Der må gælde at $\alpha_{VVel} \leq 1$.

V4.1.2 Tab

Varmetabet fra decentral elvandvarmer beregnes som:

$$Q_{DecEl,Tab} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \Phi_{DecEl} \cdot (\theta_V - \theta_{DecEl,Rum}) \quad (V4.1.2)$$

Hvor

$Q_{DecEl,Tab}$ er varmetab fra decentral elvandvarmer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

D er antal dage i måneden

Φ_{DecEl} er specifikt varmetab fra elvandvarmer $\left[\frac{W}{K}\right]$ (se figur V7)

θ_V er temperaturen af det varme brugsvand [$^{\circ}C$] (se figur V1)

$\theta_{DecEl,Rum}$ er temperaturen i opstillingsrum [$^{\circ}C$] (formel V4.3a)

Temperaturen i det rum, hvori vandvarmeren er placeret, beregnes som:

$$\theta_{DecEl,Rum} = b_{DecEl} \cdot \theta_{Ude} + (1 - b_{DecEl}) \cdot \theta_{V,Set} \quad (V4.1.2a)$$

Hvor

b_{DecEl} er temperaturfaktoren [-] (se figur V7)

$\theta_{V,Set}$ er rumtemperaturen (varmesætpunkt) [$^{\circ}C$] (se figur S5)

θ_{Ude} er udetemperaturen [$^{\circ}C$]

V4.1.3 Samlet elforbrug

Det samlede elforbrug i decentrale elvandvarmere beregnes som:

$$Q_{DecEl} = Q_{Behov,decEl} + Q_{DecEl,Tab} \quad (V4.1.3)$$

Hvor

Q_{DecEl} er samlet elbehov til decentral elvandvarmer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Behov,decEl}$ er opvarmning af vand i vandvarmer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V4.1.1)

$Q_{DecEl,Tab}$ er varmetab fra decentral elvandvarmer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V4.1.2)

V4.2 Gasvandvarmer

Figuren nedenunder viser et udsnit af Be10's skema "Vandvarmere", som bruges til at definere decentrale elvandvarmere.

Gasvandvarmer	
Beskrivelse	Gasvandvarmer
α_{VVgas}	0 Andel af VBV i seperate gas-vandvarmere, -
Φ_{DecGas}	0 Varmetab fra varmtvandsbeholder, W/K
	0 Virkningsgrad, -
	0 Pilotflamme, W
b_{DecGas}	0 Temperaturfaktor, b for opstillingsrum, - (Opvarmet zone: b = 0, Ude: b = 1)

Figur V8: Be10 skema for gasvandvarmer.

V4.2.1 Dækning af varmebehov

Varmebehov, som dækkes af en decentral gasvandvarmer, beregnes som:

$$Q_{Behov,decGas} = \alpha_{VVgas} \cdot Q_{Behov,VV} \quad (V4.2.1)$$

Hvor

q_{decEl}	er slutforbrug dækket af decentrale elvandvarmere $\left[\frac{m^3}{mdr}\right]$
α_{VVgas}	er andel af varmt brugsvand, som dækkes af el-beredere [-] (se figur V8)
$Q_{Behov,VV}$	er det samlede varmebehov til varmt brugsvand $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel V1.2)

Der må gælde at $\alpha_{VVgas} \leq 1 - \alpha_{VVel}$

V4.2.2 Tab

Dette beregnes ikke i dette dokument

V4.2.3 Samlede varmeforbrug

Dette beregnes ikke i dette dokument

V5. Lokal varmeproduktion til varmt brugsvand

Hvis der produceres varme lokalt på matriklen, så kan dette fratrækkes varmebehovet. Der skelnes generelt mellem varme produceret til varmt brugsvand og rumopvarmning, og i dette afsnit beskrives kun den lokale produktion til varmt brugsvand. Den samlede lokale varmeproduktion til varmt brugsvand beregnes som:

$$Q_{Prod,VV} = Q_{SV,VV} + Q_{VP,VV} \quad (V5)$$

Hvor

$Q_{Prod,VV}$	er lokal varmeproduktion til varmt brugsvand $\left[\frac{kWh}{m\ddot{a}r}\right]$
$Q_{SV,VV}$	er varmt brugsvandsbehov dækket af solvarme $\left[\frac{kWh}{m\ddot{a}r}\right]$ (formel V5.1)
$Q_{VP,VV}$	er varmt brugsvandsbehov dækket af varmepumpe $\left[\frac{kWh}{m\ddot{a}r}\right]$ (formel V5.2)

V5.1 Solvarme

Dette beregnes ikke i dette dokument.

V5.2 Varmepumpe

Dette beregnes ikke i dette dokument.

Kapitel 3

Rumopvarmning (R)

R1. Slutforbrug

Rumopvarmning kan foregå både via centralvarme eller ved hjælp af decentrale varmekilder, som brændeovne og elradiatorer. Udgangspunktet for beregningerne er først en beregning af slutforbruget, der her skal forstås, som behovet for rumopvarmning uden at inkludere diverse distributionstab samt ventilationsvarmefflader.

R1.1 Varmebehov (rumopvarmning)

Behovet for rumopvarmning bestemmes ved at opstille en månedslig kvasi-statisk varmebalance. Det betyder, at det månedslige opvarmningsbehov bestemmes som den månedslige differens mellem varmetab og udnyttelig varmetilskud. Der ganges endvidere en faktor på denne differens, som udtrykker andelen af måneden med behov for rumopvarmning.

$$Q_{Behov,Rum} = f_{Rum} \cdot (Q_{Tab,Rum} - \eta_V \cdot Q_{Tilskud}) \quad (R1.1)$$

Hvor

$Q_{Behov,Rum}$	er det samlede behov for rumopvarmning (ekskl. VF) $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
f_{Rum}	er en faktor som udtrykker del af måned med behov for rumopvarmning $[-]$ (formel R1.1.4)
$Q_{Tab,Rum}$	varmetab fra bygningens rum $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1.1)
η_V	er en varmeudnyttelsesfaktor $[-]$ (formel R1.1.3)
$Q_{Tilskud}$	er bygningens totale varmetilskud $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1.2)

R1.1.1 Varmetab fra rum

Varmetab fra bygningens rum skal forstås, som værende det varmetab, der bidrager til rumopvarmningsbehovet. Det beregnes som:

$$Q_{Tab,Rum} = Q_{T,Tab} + Q_{UregV,Tab} - Q_{VF} + Q_{Ned,VGV} \quad (R1.1.1)$$

Hvor

$Q_{T,Tab}$ er bygningens transmissionstab $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel D1)

$Q_{UregV,Tab}$ er bygningens uregulerede ventilationstab $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel A1)

Q_{VF} er bidrag fra varmeflader (både el- og centralt opvarmede) $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel A2)

$Q_{Ned,VGV}$ er ekstra varmetab pga. nedregulering af varmegenvinding $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel A3)

Det uregulerede ventilationstab beregnes under antagelse af, at der ikke er nogen varmeplade og at varmegenvindingen kører med fuld effekt. I den aktuelle situation kan der dog være bidrag fra varmepladen, som derfor må fratrækkes for at få det varmetab, som bidrager til behov for rumopvarmning. Ligeledes kan varmegenvindingen i den aktuelle situation være nedreguleret og hermed øge varmetabet, hvilket betyder, at et bidrag herfra må lægges til.

R1.1.2 Varmetilskud

Bygningens totale varmetilskud beregnes som:

$$Q_{Tilskud} = Q_{Sol,Til} + Q_{Per,Til} + Q_{App,Til} + Q_{Lys,Til} + Q_{Ins,Til} \quad (R1.1.2)$$

Hvor

$Q_{Sol,Til}$ er soltilskud (formel C1) $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Per,Til}$ er interne varmetilskud fra personer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1.2b)

$Q_{App,Til}$ er interne varmetilskud fra apparater $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1.2c)

$Q_{Lys,Til}$ er interne varmetilskud fra belysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B1)

$Q_{Ins,Til}$ er varmetilskud fra installationer (formel E1) $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

Bemærk i øvrigt, at ovenstående er bygningens totale varmetilskud med alt inkluderet. Be10 opererer også med et andet begreb som de kalder de *samlede varmetilskud*.

Det samlede varmetilskud beregnes som:

$$Q_{Tilskud,K} = Q_{Sol,Til} + Q_{Per,Til} + Q_{App,Til} + Q_{Lys,Til} + Q_{Ins,Til,K} \quad (R1.1.2a)$$

Hvor

$Q_{Tilskud,K}$ er bygningens samlede varmetilskud (Konstante tilskud) $\left[\frac{kWh}{m^2r}\right]$

$Q_{Ins,Til,K}$ er konstante varmetilskud fra installationer (formel E1.1) $\left[\frac{kWh}{m^2r}\right]$

Forskellen er den, at det samlede varmetilskud kun indeholder de konstante varmebidrag fra installationer, hvorimod de totale tilskud også inkluderer de variable. De samlede tilskud anvendes til at beregne, hvornår der er behov for rumopvarmning, men i princippet burde de variable varmetilskud også inkluderes. Dette skaber imidlertid en cirkularitet, idet de variable tilskud afhænger af, hvornår der er behov for rumopvarmning. Dette forventes typisk ikke at have nogen væsentlig indflydelse, men det kan selvfølgelig være betydeligt i en situation, hvor de variable tilskud udgør en stor andel af de totale tilskud.

Det interne varmetilskud fra personer beregnes som:

$$Q_{Per,Til} = \frac{24 \cdot D \cdot \beta}{1000} \cdot \sum_P A_P \cdot \Phi_{Per} \quad (R1.1.2b)$$

Hvor

β er bygningens relative brugstid [-] (formel S3.2.1a)

D er antal dage i måneden

Det interne varmetilskud fra apparater beregnes som:

$$Q_{App,Til} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_P [\beta \cdot A_P \cdot \Phi_{App,B} + (1 - \beta) \cdot A_P \cdot \Phi_{App,N}] \quad (R1.1.2c)$$

Figuren nedenunder viser Be10 skemaet, som anvendes til at definere personer og apparatur, som indgår i varmebalancen

		A_P	Φ_{Per}	$\Phi_{App,B}$	$\Phi_{App,N}$
		↓	↓	↓	↓
	Internt varmetilskud	Areal (m ²)	Personer (W/m ²)	App. (W/m ²)	App.nat (W/m ²)
	Zone	650,2	3901,2 W	3901,2 W	0,0 W
+1	Hele bygningen	650,2	6	6	0
2		0	0	0	0

Figur R1: Be10 skema for internt varmetilskud.

Ovenstående apparatur indgår både i varmebalancen og medregnes også elforbrug, som ikke indgår i bygningsdriften. Det er også muligt at definere et andet elforbrug, som ligeledes medregnes elforbrug til andet end driften, men som ikke indgår i varmebalancen (se afsnit S3.2).

R1.1.3 Udnyttelsesfaktor

Udnyttelsesfaktoren beregnes som:

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad (\text{hvis } \gamma \neq 1) \quad (\text{R1.1.3})$$

$$\eta = \frac{a}{1 + a} \quad (\text{hvis } \gamma = 1)$$

Hvor

- η er udnyttelsesfaktoren [-]
- γ er det relative tilskud [-] (formel R1.1.3b)

a er en dimensionsløs parameter, der beregnes som:

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} \quad (\text{R1.1.3a})$$

Hvor

- a_0 er en empirisk bestemt reference parameter, hvor Be10 anvender $a_0 = 1,0$ for boliger og $a_0 = 0,8$ for andre bygningstyper [-]
- τ er bygningens tidskonstant [h] (formel R1.1.3c)
- τ_0 er en empirisk bestemt reference tidskonstant, hvor Be10 anvender $\tau_0 = 15$ for boliger og $\tau_0 = 70$ for andre bygningstyper [h]

Det *relative tilskud* er forholdet mellem varmetilskud og varmetab, også kaldet varmebalance-forholdet.

Det relative tilskud beregnes som:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{Tilskud}}}{Q_{\text{Tab,Rum}}} \quad (\text{for } Q_{\text{Tab,Rum}} > 0) \quad (\text{R1.1.3b})$$

Hvor

- Q_{Tilskud} er bygningens totale varmetilskud $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{mdr}}\right]$ (formel R1.1.2)
- $Q_{\text{Tab,Rum}}$ varmetab fra bygningens rum $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{mdr}}\right]$ (formel R1.1.1)

Bemærk at ovenstående formel kun gælder, når der er et positivt varmetab, dvs. varme forlader bygningen. I tilfælde af at varmetabet er negativ, så anvendes en anden formel, men denne vises ikke i dette dokument, og situationen er usandsynlig under danske forhold.

Bygningens tidskonstant beregnes som:

$$\tau = \frac{c_m \cdot A_{Oppv}}{H_T + H_V} \quad (\text{R1.1.3c})$$

Hvor

c_m er bygningens varmekapacitet $\left[\frac{Wh}{Km^2}\right]$ (se figur S2)

A_{Oppv} er det opvarmede etageareal $[m^2]$ (se figur S2)

H_T er det specifikke transmissionstab $\left[\frac{W}{K}\right]$ (formel D1.1)

H_{Ve} er det specifikke uregulerede ventilationstab $\left[\frac{W}{K}\right]$ (formel A1.1)

R1.1.4 Del af måned med behov for rumopvarmning

Andelen af en måned med behov for rumopvarmning bruges af Be10 i forskellige sammenhænge. Beregningen bygger på det *konstante relative varmetilskud*, der bestemmes som:

$$\gamma_K = \frac{Q_{Tilskud,K}}{Q_{Tab,Rum}} \quad (\text{for } Q_{Tab,Rum} > 0) \quad (\text{R1.1.4a})$$

Hvor

γ_K er det konstante relative tilskud $[-]$

$Q_{Tilskud,K}$ er de samlede varmetilskud (Konstante tilskud) $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1.2a)

$Q_{Tab,Rum}$ varmetab fra bygningens rum $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1.1)

Forskellen fra det relative varmetilskud (formel R1.1.3b) er, at det udelukkende er bygningens konstante varmetilskud, som her anvendes. Dette skyldes, at det variable tilskud ikke kendes forud for behov for rumopvarmning, fordi de netop afhænger af behovet for rumopvarmning.

Der beregnes herefter et konstant relativt varmetilskud for starten og slutningen af en måned. *Det konstante relative varmetilskud for starten af måneden* beregnes som:

$$\gamma_{K,start} = \frac{\gamma_K + \gamma_{K,Forrige}}{2} \quad (R1.1.4b)$$

Hvor

$\gamma_{K,start}$	er det konstante relative tilskud i starten af måneden [–]
γ_K	er månedens konstante relative tilskud [–] (<i>formel R1.1.4a</i>)
$\gamma_{K,Forrige}$	er det konstante relative tilskud fra sidste måned [–] (<i>formel R1.1.4a</i>)

Hvis $\gamma_{K,start} < 0$, så vælges værdien fra den nærmeste måned med en positiv værdi.

Det konstante relative varmetilskud for slutningen af måneden beregnes som:

$$\gamma_{K,slut} = \frac{\gamma_K + \gamma_{K,Næste}}{2} \quad (R1.1.4c)$$

Hvor

$\gamma_{K,slut}$	er det konstante relative tilskud i slutningen af måneden [–]
γ_K	er månedens konstante relative tilskud [–] (<i>formel R1.1.4a</i>)
$\gamma_{K,Næste}$	er det konstante relative tilskud i næste måned [–] (<i>formel R1.1.4a</i>)

Hvis $\gamma_{K,slut} < 0$, så vælges værdien fra den nærmeste måned med en positiv værdi.

Herudover beregnes også en *grænseværdi for det relative varmetilskud*:

$$\gamma_{grænse} = \frac{a + 1}{a} \quad (R1.1.4d)$$

Hvor

$\gamma_{grænse}$	er en grænseværdi for det relative tilskud [–]
a	er en dimensionsløs parameter [–] (<i>formel R1.1.3a</i>)

Grænseværdien kan forstås, som værende det forhold mellem varmetilskud og varmetab, som er nødvendigt for at bygningen lige akkurat ikke har noget varmebehov. Hvis det faktiske forhold er lavere, så er varmetilskuddet ikke tilstrækkeligt for at dække varmetabet. For en ideel bygning med en uendelig tidskonstant vil grænseværdien være 1,0. Det betyder, at bygningen udnytter al varmetilskuddet og det er derfor kun nødvendigt med et varmetab, som akkurat svarer til varmetabet. For virkelige bygninger vil værdien være større end 1,0 og varmetilskuddet må derfor altid være større end varmetabet, fordi en del af det ikke kan udnyttes.

Andelen af en måned med behov for rumopvarmning bestemmes på følgende måde:

$$f_{rum} = 1 \quad \text{Hvis både } \gamma_{K,start} \text{ og } \gamma_{K,slut} < \gamma_{grænse} \quad (\text{R1.1.4})$$

$$f_{rum} = 0 \quad \text{Hvis både } \gamma_{K,start} \text{ og } \gamma_{K,slut} < \gamma_{grænse}$$

Ellers:

$$f_{rum} = 0,5 \cdot \left[\frac{\gamma_{grænse} - \min\{\gamma_{K,start}; \gamma_{K,slut}\}}{\gamma_K - \min\{\gamma_{K,start}; \gamma_{K,slut}\}} \right] \quad \text{Hvis } \gamma_K > \gamma_{grænse}$$

$$f_{rum} = 0,5 + 0,5 \cdot \left[\frac{\gamma_{grænse} - \gamma_K}{\max\{\gamma_{K,start}; \gamma_{K,slut}\} - \gamma_K} \right] \quad \text{Hvis } \gamma_K \leq \gamma_{grænse}$$

Ovenstående beregner rumopvarmningsbehovet f_{rum} , men herudover anvender Be10 også en fast opvarmningssæson. Opvarmningssæsonen er en del af Be10's klimafil, og i standard klimafilen defineres opvarmningssæsonen fra september til maj med begge måneder inkluderet. Opvarmningssæsonen har højere prioritet end andelen med rumopvarmningsbehov. Det betyder, at hvis der beregnes et behov for rumopvarmning $f_{rum} > 0$ uden for opvarmningssæsonen, så sættes alligevel $f_{rum} = 0$.

R1.1.5 Del af måned med behov for opvarmning

Be10 anvender også en andel med behov for opvarmning f_{opp} . Denne størrelse angiver, hvornår der generelt er et behov for central opvarmning og inkluderer både hensyn til rumopvarmning, varmeblade og varmt brugsvand. Der kan således godt være et behov for opvarmning, uden at der er et behov for rumopvarmning. Fx hvis varmebladen må forvarme indblæsningsluften eller hvis det varme brugsvand ikke kan opvarmes med el op sommeren. Denne andel afgør derfor om det er muligt helt at slukke for varmforsyningen i perioder.

R2. Central varmforsyning

Den nødvendige varmeydelse fra kedel eller fjernvarme til det centrale varmeanlæg beregnes som:

$$Q_{V,Rum} = Q_{Behov,Var} + Q_{Dist,Tab} - Q_{Prod,Rum} \quad (R2)$$

Hvor

$Q_{V,Rum}$ er varmforsyningens ydelse til rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Behov,Var}$ er varmebehov som dækkes af varmforsyningen $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R2.1)

$Q_{Dist,Tab}$ er distributionstab i varmeanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R2.2)

$Q_{Prod,Rum}$ er lokale varmeproduktion til rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (R5)

R2.1 Dækning af varmebehov

Varmebehov til rumopvarmning, som dækkes af den centrale varmforsyning, beregnes som:

$$Q_{Behov,Var} = (1 - \alpha_{Rel} - \alpha_{Rb}) \cdot Q_{Behov,Rum} \quad (R2.1)$$

Hvor

$Q_{Behov,Var}$ er varmebehov som dækkes af varmforsyningen $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

α_{Rel} er andel af varmebehovet, som dækkes af elradiatorer [-] (se figur R5)

α_{Rb} er andel af varmebehovet, som dækkes af brændeovne, gasvandvarmere m.m. [-] (se figur R6)

$Q_{Behov,Rum}$ er det samlede varmebehov til rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1)

R2.2 Tab

Varmetab i forbindelse med varmfordelingsanlægget inkluderer konstante og variable rørtab, og beregnes derfor som:

$$Q_{Dist,Tab} = Q_{Dist,Tab,K} + Q_{Dist,Tab,V} \quad (R2.2)$$

Hvor

$Q_{Dist,Tab}$ er distributionstab i varmeanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Dist,Tab,K}$ er konstante rørtab i varmfordelingsanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R2.2.1)

$Q_{Dist,Tab,V}$ er variable rørtab i varmfordelingsanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R2.2.2)

Konstante varmetab sker fra rør, som ikke afbrydes om sommeren, mens variable tab sker fra rør, som afbrydes om sommeren. Figuren nedenunder viser Be10's skema "Varmerør" under sektionen for varmfordelingsanlæg, og heri defineres bl.a. om rørene afbrydes eller ej.

$l_{Rør}$ $\Psi_{Rør}$ $b_{Rør}$

↓ ↓ ↓

Varmerør
I opgørelsen indgår rør uden udetemperaturkompensering og rør udenfor den opvarmede del af bygningen.

	Rørstrækninger i fremløb og returløb	l (m)	Tab (W/mK)	b	Udekomp (J/N)	Afb. sommer (J/N)
		0				
1						
2						
3						

Figur R2: Be10 skema for varmerør.

R2.2.1 Konstante rørtab

Konstante varmetab i fordelingsanlægget beregnes som:

$$Q_{Dist,Tab,K} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{Uden\ stop} l_{Rør} \cdot \Psi_{Rør} \cdot (\theta_{Rør} - \theta_{Rør,Rum}) \quad (R2.2.1)$$

Hvor

D er antal dage i måneden

$l_{Rør}$ er rørstrækningens længde [m] (se figur V2)

$\Psi_{Rør}$ er det specifikke varmetab $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$ (se figur V2)

$\theta_{Rør}$ er rørets månedsmiddeltemperatur [°C] (formel R2.2.1a)

$\theta_{Rør,Rum}$ er månedsmiddeltemperatur i det rum hvor røret er [°C] (formel R2.3.1f)

Summen tages over alle strækninger uden sommerstop.

Rørets middeltemperatur beregnes for hver måned, og for strækninger *uden* udetemperaturkompensering (se figur R2) beregnes rørets temperatur som:

$$\theta_{Rør} = \frac{\theta_{f,dim} - \theta_{r,dim}}{2} \quad (R2.2.1a)$$

Hvor

$\theta_{f,dim}$ er den dimensionerende fremløbstemperatur [°C] (se figur R3)

$\theta_{r,dim}$ er den dimensionerende returløbstemperatur [°C] (se figur R3)

Figuren nedenunder viser hovedskemaet for varmfordelingsanlæg, hvori der defineres dimensionerende frem- og returløbstemperaturer samt anlægstype.

Varmefordelingsanlæg	
Opbygning og temperatur	
Beskrivelse	Dimensionerende
<input type="text"/>	<input type="text" value="60"/> Fremløbstemperatur, °C (ved -12 °C ude)
<input type="text"/>	<input type="text" value="45"/> Returløbstemperatur, °C
Anlægstype	<input type="text" value="2"/> Anlægstype: 1-streng eller 2-streng

Figur R3: Be10 skema for varmfordelingsanlæg.

For rørstrækninger *med* udetemperaturkompensering, beregnes rørtemperaturen som:

$$\theta_{Rør} = \frac{\theta_{f,komp} - \theta_{r,akt}}{2} \quad (R2.3.1b)$$

Hvor

$\theta_{f,komp}$ er den kompenserede fremløbstemperatur [°C] (formel R2.2.1c)

$\theta_{r,akt}$ er den aktuelle returløbstemperatur [°C] (formel R2.2.1d)

Den kompenserede temperatur beregnes som:

$$\theta_{f,komp} = \theta_{V,Set} + (\theta_{f,dim} - \theta_{V,Set}) \cdot \alpha_{dim} \quad (R2.2.1c)$$

Hvor

$\theta_{V,Set}$ er rumtemperaturen (varmesætpunkt) [°C] (se figur S5)

$\theta_{f,dim}$ er den dimensionerende fremløbstemperatur [°C]

α_{dim} er den månedlige andel af dimensionerende varmebehov [–] (formel R2.2.1e)

Den aktuelle returløbstemperatur afhænger af om anlægget er et 1 eller 2-strengsanlæg og beregnes som:

$$\theta_{r,akt} = \theta_{V,Set} + (\theta_{r,dim} - \theta_{V,Set}) \cdot \alpha_{Dim} \quad (1. strengs) \quad (R2.2.1d)$$

$$\theta_{r,akt} = \theta_{f,komp} + (\theta_{r,dim} - \theta_{V,Set}) \quad (2. strengs)$$

Hvor

α_{dim} er den månedlige andel af dimensionerende varmebehov [–] (formel R2.2.1e)

Månedens varmebehov udgør en andel af det dimensionerende varmebehov, og denne andel kan estimeres på baggrund af månedens udetemperatur:

$$\alpha_{Dim} = \frac{\theta_{V,Set} - \theta_{Ude}}{\theta_{V,Set} - \theta_{Ude,dim}} \quad (R2.2.1e)$$

Hvor

α_{dim} er den månedlige andel af dimensionerende varmebehov [–]

$\theta_{V,Set}$ er rumtemperaturen (varmesætpunkt) [°C] (se figur S5)

θ_{Ude} er udetemperaturen [°C]

$\theta_{Ude,dim}$ er den dimensionerende udetemperatur [= –12°C i Be10]

Temperaturen i det rum hvori røret er placeret beregnes som:

$$\theta_{Rør,Rum} = b_{Rør} \cdot \theta_{Ude} + (1 - b_{Rør}) \cdot \theta_{V,Set} \quad (R2.3.1f)$$

Hvor

$\theta_{Rør,Rum}$ er middeltemperaturen i det rum hvorigennem røret løber [°C]

$b_{Rør}$ er temperaturfaktoren [-] (se figur R2)

$\theta_{V,Set}$ er rumtemperaturen (varmesætpunkt) [°C] (se figur S5)

θ_{Ude} er udetemperaturen [°C]

R2.2.2 Variable rørtab

Variable varmetab i fordelingsanlægget beregnes som:

$$Q_{Dist,Tab,V} = f_{Rum} \cdot \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{Med\ stop} l_{Rør} \cdot \Psi_{Rør} \cdot (\theta_{Rør} - \theta_{Rør,Rum}) \quad (R2.3.2)$$

Hvor

f_{Rum} er andel af måneden med behov for rumopvarmning (formel R1.1.4)

D er antal dage i måneden

De variable rørtab beregnes som de konstante rørtab bortset fra at der ganges en faktor på, som korrigerer for at dele af måneden eventuelt er uden behov for rumopvarmning. Herudover tages summen for alle strækninger *med* sommerstop (se figur R2).

R3. Elforbrug

Elforbrug til rumopvarmning inkluderer følgende:

$$Q_{EL,Rum} = Q_{Pum,Rum} + Q_{EL,Rad} \quad (R3)$$

Hvor

$Q_{EL,Rum}$ er det samlede elforbrug i relation til rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Pum,Rum}$ er el til pumper i varmeanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R3.1)

$Q_{EL,Rad}$ er bidrag fra elradiatorer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R4.1.1)

Bemærk at elvarmeplader ikke er inkluderet. Disse er i stedet inkluderet under kapitlet for ventilationsanlæg.

R3.1 Pumper

Der kan defineres fire forskellige pumper i forbindelse med varmeanlægget, og det samlede elforbrug beregnes derfor som:

$$Q_{Pum,Rum} = \sum_A Q_{Pum,A} + \sum_V Q_{Pum,V} + \sum_T Q_{Pum,T} + \sum_K Q_{Pum,K} \quad (R3.1)$$

Hvor

$Q_{Pum,Rum}$ er el til pumper i varmeanlæg $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Pum,A}$ er el til pumper Altid i drift $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R3.1a)

$Q_{Pum,V}$ er el til pumper i konstant drift i opVarmningssæsonen $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R3.1a)

$Q_{Pum,T}$ er el til Tidsstyrede pumper i opvarmningssæsonen $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R3.1a)

$Q_{Pum,K}$ er el til Kombi-pumper (både rumopv. og varmt brugsvand) $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R3.1a)

Alle pumpetyper beregnes generelt på følgende måde:

$$Q_{Pum,X} = T_X \cdot \frac{P_{nom} \cdot F_P}{1000} \quad (R3.1a)$$

Hvor

$Q_{Pum,X}$ er el til pumper af en given type X $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

T_X er driftstiden for pumpetype X $\left[\frac{h}{mdr}\right]$

P_{nom} er den nominelle effekt [W] (se figur R4)

F_P er en reduktionsfaktor [-] (se tabellen nederst på siden)

Figuren nedenunder viser Be10's "Pumpe-skema" under varmfordelingsanlæg.

Pumper. Type: (A) Altid konstant drift året rundt. Opvarmningssæson: (V) konstant eller (T) tidsstyret. (K) kombi-pumpe (konst. i opv.sæson)

	Pumpe-skema	Type (A,V,T,K)	Antal	Pnom (W)	Fp (-)
+1		A	1	0	0
2		V	1	0	0
3	Behovsstyret pumpe	T	1	75	0,6
4		K	1	0	0

P_{nom}
 F_P

Figur R4: Be10 pumpe skema.

Pumpens nominelle effekt er pumpens effektforbrug ved maksimal ydelse. Reduktionsfaktoren tager højde for, at en pumpe kan køre med en lavere middelydelse. Reduktionsfaktoren angiver pumpens middeffekt i forhold til den nominelle effekt. SBI Anvisning 213 /1/ giver følgende typiske værdier for forskellige pumper.

Pumpetype	F_P
Manuel styret flertrinpumpe	0,8
Automatisk trinstyret pumpe	0,6
Automatisk styret pumpe	0,4

R3.4.1 Type A

Driftstiden for pumper, som altid er i drift, beregnes som:

$$T_A = 24 \cdot D \quad (R3.4.1)$$

Hvor

D er antal dage i måneden

R3.4.2 Type V

Driftstiden for pumper, som er i konstant drift i opvarmningssæsonen, beregnes som:

$$T_V = f_{Rum} \cdot T_A \quad (R3.4.2)$$

Hvor

f_{Rum} er andel af måneden med behov for rumopvarmning [-] (formel R1.1.4)

R3.4.3 Type T

Driftstiden for tidsstyrede pumper, beregnes som:

$$T_T = \frac{[T_{brug} + \alpha_{dim} \cdot (168 - T_{brug})]}{168} \cdot T_V \quad (R3.4.3)$$

Hvor

α_{dim} er den månedlige andel af dimensionerende varmebehov [-] (formel R2.2.1e)

T_{brug} er bygningens brugstid $\left[\frac{h}{uge}\right]$ (se figur S2)

R3.4.4 Type K

Driftstiden for kombipumper, beregnes som:

$$T_K = maks\{T_V; T_L\} \quad (R3.4.4)$$

Hvor

T_L er driftstiden for ladekredspumpe $\left[\frac{h}{mdr}\right]$ (formel V3.3.1a)

R4. Decentrale varmekilder

En del af eller hele behovet for rumopvarmning kan dækkes af decentrale varmekilder. I dette afsnit beskrives energiforbrug i forbindelse med elradiatorer og brændeovne.

R4.1 Elradiatorer

Figuren nedenunder viser et udsnit af Be10's skema "Anden rumopvarmning", som bruges til at definere elradiatorer.

Direkte el til rumopvarmning

Beskrivelse

α_{Rel} Andel af etageareal, - (Evt. justeret for isolerings- og ventilationsniveau)

Figur R5: Be10 skema for anden rumopvarmning (udsnit)

R4.1.1 Elforbrug

Hvis elradiatorer vælges som supplerende varmekilde (se figur S3), så beregnes elforbrug hertil som:

$$Q_{El,Rad} = \alpha_{Rel} \cdot Q_{Behov,Rum} \quad (R4.1.1)$$

Hvor

$Q_{El,Rad}$ er bidrag fra elradiatorer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Behov,Rum}$ er behov for rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1)

α_{Rel} er andel af nettoforbrug, som dækkes af elradiatorer $[-]$ (se figur R5)

R4.2 Brændeovne, gasstrålevarmere m.m.

Figuren nedenunder viser et udsnit af Be10's skema "Anden rumopvarmning", som bruges til at definere brændeovne, gasstrålevarme m.m.

Brændeovne, gasstrålevarmere og lign.	
Beskrivelse	
α_{Rb}	0 Andel af etageareal, - (Evt. justeret for isolerings- og ventilationsniveau)
η_b	0 Virkningsgrad, -
	0 Luftstrømsbehov, m ³ /s (Skal indgå under angivelsen af ventilationen)

Figur R6: Be10 skema for anden rumopvarmning (udsnit)

R4.1.2 Varmeforbrug

Hvis brændeovne o.lign. vælges som supplerende varmekilde (se figur S3), så beregnes varmeforbrug hertil som:

$$Q_{DecBræ} = \frac{\alpha_{Rb} \cdot Q_{Behov,Rum}}{\eta_b} \quad (R4.1.2)$$

Hvor

$Q_{DecBræ}$ er bidrag fra brændeovne, gasstrålevarmer m.m. $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Behov,Rum}$ er behov for rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R1.1)

α_{Rb} er andel af nettoforbrug, som dækkes af brændeovne [-] (se figur V6)

η_b er virkningsgraden af gasstrålevarmer [-] (se figur V6)

R5. Lokal varmeproduktion til rumopvarmning

Hvis der produceres varme lokalt på matriklen, så kan dette fratrækkes varmebehovet. Der skelnes generelt mellem varme produceret til varmt brugsvand og rumopvarmning, og i dette afsnit beskrives kun den lokale produktion til rumopvarmning. Den samlede lokale varmeproduktion til rumopvarmning beregnes som:

$$Q_{Prod,Rum} = Q_{SV,Rum} + Q_{VP,Rum} \quad (R5)$$

Hvor

$Q_{Prod,Rum}$ er lokal varmeproduktion til rumopvarmning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{SV,Rum}$ er rumopvarmning dækket af solvarme $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R5.1)

$Q_{VP,Rum}$ er rumopvarmning dækket af varmepumpe $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel R5.2)

R5.1 Solvarme

Dette beregnes ikke i dette dokument.

R5.2 Varmepumpe

Dette beregnes ikke i dette dokument.

Kapitel 4

Kølebehov (K)

Mangler i dette dokument

Appendiks

Appendix A: Ventilationsanlæg

I dette appendiks beskrives poster i relation til bygningens ventilationsanlæg.

A1. Ureguleret ventilationstab

Det uregulerede ventilationstab er det varmetab der sker pga. infiltration og den mekaniske ventilation uden hensyn at tage hensyn til at varmegenvindingen kan nedreguleres:

$$Q_{UregV,Tab} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot H_{Ve,Ureg} \cdot (\theta_{V,Set} - \theta_{Ude}) \quad (A1)$$

Hvor

$Q_{UregV,Tab}$	er bygningens uregulerede ventilationstab $\left[\frac{kWh}{m^3}\right]$
D	er antal dage i måneden
$H_{Ve,Ureg}$	er det specifikke uregulerede ventilationstab $\left[\frac{W}{K}\right]$ (formel A1.1)
$\theta_{V,Set}$	er rumtemperaturen (varmesætpunkt) $[\text{°C}]$ (se figur V1)
θ_{Ude}	er udetemperaturen $[\text{°C}]$

A1.1 Specifikke ventilationstab

Det uregulerede specifikke ventilationstab beregnes som:

$$H_{Ve,Ureg} = C_A \cdot \sum_V A_{Ve} \cdot F_{Ve} \cdot [(q_{Vinter,Mek} \cdot (1 - \eta) + q_{Natur}) \cdot \beta + q_{Inf} \cdot (1 - \beta)] \quad (A1.1)$$

Hvor

$H_{Ve,Ureg}$	er det specifikke uregulerede ventilationstab $\left[\frac{W}{K}\right]$
β	er bygningens relative brugstid (formel S3.2.1a)
C_A	luftens varmekapacitet $\left[= 1,21 \frac{kJ}{m^3K} \text{ i Be10}\right]$
A_{Ve}	er ventilationszonens areal $[m^2]$ (figur A1)
F_{Ve}	er zonen relative driftstid i forhold til brugstiden $[-]$ (figur A1)
$q_{Vinter,Mek}$	er den mekaniske ventilation i brugstiden $[\text{°C}]$ (figur A1)
q_{Natur}	er den naturlige ventilation (inkl. infiltration) i brugstiden $[\text{°C}]$ (figur A1)
q_{Inf}	er infiltration udenfor brugstiden $[\text{°C}]$ (figur A1)
η	varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad $[-]$ (figur A1)

A2. Varmeflader (VF)

Varmeflader kan enten være opvarmet via den centrale varmforsyning eller decentralt som elvarmeflader. Varmeforbruget til centralt opvarmede varmeflader beregnes som:

$$Q_{V,VF} = \beta \cdot \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot C_A \cdot \sum_V A_{Ve} \cdot F_{Ve} \cdot q_{Vinter,Mek} \cdot (|\theta_{Ind,Set}| - \theta_{Ureg}) \quad (A2)$$

Hvor

$Q_{V,VF}$	er varmebehov i centralt opvarmede varmeflader $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
A_{Ve}	er ventilationszonens areal $[m^2]$ (figur A1)
F_{Ve}	er zonen relative driftstid i forhold til brugstiden $[-]$ (figur A1)
$q_{Vinter,Mek}$	er den mekaniske ventilation i brugstiden $[^\circ C]$ (figur A1)
$\theta_{Ind,Set}$	er setpunktet for indblæsningstemperaturen $[^\circ C]$ (figur A1)
θ_{Ureg}	er den uregulerede indblæsningstemperatur $[^\circ C]$ (formel A2.1)

Ovenstående sum tages for alle ventilations zoner uden elvarmeflader.

Elforbruget til elvarmeflader beregnes som:

$$Q_{EL,VF} = \beta \cdot \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot C_A \cdot \sum_{El} A_{Ve} \cdot F_{Ve} \cdot q_{Vinter,Mek} \cdot (|\theta_{Ind,Set}| - \theta_{Ureg}) \quad (A2)$$

Hvor summen i stedet tages for alle ventilationszoner med elvarmeflader.

Bemærk i øvrigt at ovenstående formler beregner varmefladers ydelse på baggrund af ventilationen om vinteren. Be10 gør altid dette, selvom det principielt ikke er korrekt. Man kan nemlig forestille sig en situation, hvor der er et kølebehov i bygningen, og hvor luftmængden derfor øges, samtidig med at luften må forvarmes for at komme op på sætpunktstemperaturen.

Figuren nedenunder viser Be10's ventilationssekema.

		A_{Ve}	F_{Ve}	$q_{Vinter,Mek}$	η	$\theta_{Ind,Set}$	q_{Natur}	q_{Inf}	SEL	$q_{Sommer,Mek}$	$q_{Nat,Mek}$				
	Ventilation	Areal (m ²)	Fo. -	qm (l/s m ²)	n vgv (-)	ti (°C)	El-Vf	qn (l/s m ²)	qi,n (l/s m)	SEL (kJ/m ³)	qm,s (l/s r)	qn,s (l/s r)	qm,n (l/s r)	qn,n (l/s m)	
	Zone	650,2		Vinter			0/1	Vinter	Vinter		Sommer	Sommer	Nat	Nat	
+1	Møderum	89	1	1,68	0,75	18	0	0,13	0,09	1,8	10	1,2	1,68	0	
2	Kantine	74	1	2,7	0,75	18	0	0,13	0,09	1,8	2,7	1,2	2,7	0	
3	Toiletter	30,6	1	1,63	0	0	0	0	0,09	1	1,63	0	1,63	0	

Figur A1: Be10 ventilationssekema

A2.1 Indblæsningstemperatur

Både ydelsen af VF og nedregulering af varmegenvindingen (VGV) styres efter indblæsningstemperaturen, og i det følgende introduceres den uregulerede indblæsningstemperatur, som er en afgørende størrelse. Den uregulerede indblæsningstemperatur er indblæsningstemperaturen i det tilfælde, hvor VF ikke yder nogen effekt og VGV ikke er nedreguleret.

$$\theta_{Ureg} = \theta_{Ude} + \eta \cdot (\theta_{V,Set} - \theta_{Ude}) \quad (A2.1)$$

Hvor

θ_{Ureg}	er den uregulerede indblæsningstemperatur [°C]
θ_{Ude}	er udetemperaturen [°C]
η	varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad [-] (figur A1)
$\theta_{V,Set}$	er rumtemperaturen (varmesætpunkt) [°C] (figur V1)

Som nævnt, så beregnes den uregulerede indblæsningstemperatur under antagelse af fuld temperaturvirkningsgrad og ingen varmeydelse fra VF.

Der kan vælges følgende tre typer af regulering.

Regulering	Brugerinput
Ingen regulering	$\theta_{Ind,Set} = 0$
VF	$\theta_{Ind,Set} < 0$
VF og VGV	$\theta_{Ind,Set} > 0$

Reguleringsformen vælges ved at indtaste en bestemt værdi for den ønskede indblæsningstemperatur $\theta_{Ind,Set}$ i Be10's ventilationsskema (se figur A1). I tabellen ovenover ses, hvilken værdi, der skal indtastes for at vælge en given regulering.

Vælges ingen regulering, så bliver den resulterende indblæsningstemperatur simpelthen lig den uregulerede indblæsningstemperatur.

Vælges regulering af VF, så antages det, at VF opvarmer luften, så den resulterende indblæsningstemperatur bliver lig med den absolutte værdi af $\theta_{Ind,Set}$. Dog gælder, at hvis den uregulerede temperatur er højere end sætpunktet, så yder VF ingen effekt og den resulterende temperatur bliver lig den uregulerede.

Vælges regulering af både VF og VGV, så fungerer VF på samme måde som ovenover, men hvis den uregulerede temperatur er højere end sætpunktet, så nedreguleres VGV, og den resulterende temperatur bliver altid lig sætpunktet.

A3. Nedregulering af varmegenvinding

I dette afsnit beregnes et ekstra varmetab, som følger af nedregulering af varmegenvinding. Afsnittet bygger på forrige afsnit omkring indblæsningstemperaturen, og styringen kan kun nedregulere, hvis der indtastes en positiv værdi for den ønskede indblæsningstemperatur $\theta_{Ind,Set}$ (se figur A1). I så fald nedreguleres varmegenvindingen, når den uregulerede indblæsningstemperatur er højere end sætpunkttemperaturen ($\theta_{Ureg} > \theta_{Ind,Set}$).

Det ekstra varmetab grundet nedregulering af varmegenvindingen beregnes som:

$$Q_{Ned, VGV} = \beta \cdot \frac{24 \cdot D}{10^6} \cdot C_A \cdot \sum_V A_{Ve} \cdot F_{Ve} \cdot q_{Vinter, Mek} \cdot (\theta_{Ureg} - |\theta_{Ind, Set}|) \quad (A3)$$

Hvor

$Q_{Ned, VGV}$	er et ekstra varmetab som følge af nedregulering af varmegenvinding $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
β	er bygningens relative brugstid (formel S3.2.1a)
D	er antal dage i måneden
C_A	luftens varmekapacitet $\left[= 1,21 \frac{kJ}{m^3K} \text{ i } Be10\right]$
A_{Ve}	er ventilationszonens areal $[m^2]$ (figur A1)
F_{Ve}	er zonen relative driftstid i forhold til brugstiden $[-]$ (figur A1)
$q_{Vinter, Mek}$	er den mekaniske ventilation i brugstiden $[^\circ C]$ (figur A1)
$\theta_{Ind, Set}$	er sætpunktet for indblæsningstemperaturen $[^\circ C]$ (figur A1)
θ_{Ureg}	er den uregulerede indblæsningstemperatur $[^\circ C]$ (figur A1)

Hvis $\theta_{Ureg} \leq \theta_{Ind, Set}$, så sættes $Q_{Ned, VGV} = 0$.

A4. Ventilatorer

I Be10 kan ventilationen befinde sig i tre driftstilstande, hvor den *almindelige driftstilstand* har et luftskifte svarende til vinterluftskiftet. I varmere perioder kan der være *forceret ventilation*, hvor ventilatorerne øger luftskiftet i brugstiden for at fjerne overtemperaturer. Hvis dette ikke er nok kan der endvidere være *natteventilation*. Ventilationen anvender altid forceret ventilation før natteventilationen træder i kraft, hvilket betyder, at perioder med natteventilation også altid har forceret ventilation, mens det omvendte ikke er tilfældet. Ventilatorernes samlede elforbrug beregnes som summen af forbruget til hver af de tre driftstilstande:

$$Q_{Vent} = 24 \cdot D \cdot [(1 - \alpha_{force}) \cdot \Phi_{alm} + (\alpha_{force} - \alpha_{nat}) \cdot \Phi_{force} + \alpha_{nat} \cdot \Phi_{nat}] \quad (A4)$$

Hvor

Q_{Vent} er ventilatorernes elforbrug $\left[\frac{kWh}{mdr.}\right]$

D er antal dage i måneden

α_{force} er andel af måned med forceret ventilation $[-]$ (kap.4)

α_{nat} er andel af måned med natteventilation $[-]$ (kap. 4)

Φ_{alm} er ventilatoreffekt i perioder med almindelig drift $[kW]$ (formel A4.1)

Φ_{force} er ventilatoreffekt i perioder med forceret ventilation og IKKE natventilation $[kW]$ (formel A4.2)

Φ_{nat} er ventilatoreffekt i perioder med natteventilation $[kW]$ (formel A4.3)

Bemærk at andelen af tid med forceret ventilation inkluderer både perioder, hvor der kun er forceret ventilation samt perioder, hvor der er forceret ventilation og natteventilation.

A4.1 Ventilatoreffekt – almindelig drift

Ventilatorernes effekt i perioder med almindelig drift beregnes som:

$$\Phi_{alm} = 0,001 \cdot \beta \cdot \sum F_{Ve} \cdot A_{Ve} \cdot q_{Vinter,Mek} \cdot SEL \quad (A4.1)$$

Hvor

Φ_{alm}	er ventilatoreffekt i perioder med almindelig drift [kW]
β	er bygningens relative brugstid (formel S3.2.1a)
A_{Ve}	er ventilationszonens areal [m^2] (figur A1)
F_{Ve}	er zonen relative driftstid i forhold til brugstiden [–] (figur A1)
$q_{Vinter,Mek}$	er den mekaniske ventilation i brugstiden om vinteren [$^{\circ}C$] (figur A1)
$\theta_{Ind,Set}$	er setpunktet for indblæsningstemperaturen [$^{\circ}C$] (figur A1)
SEL	er det specifikke elforbrug [$\frac{kJ}{m^3}$] (figur A1)

A3.2 Ventilatoreffekt – forceret drift

Ventilatorernes effekt i perioder med forceret drift beregnes som:

$$\Phi_{force} = 0,001 \cdot \beta \cdot \sum F_{Ve} \cdot A_{Ve} \cdot q_{Sommer,Mek} \cdot SEL \quad (A4.2)$$

Hvor

Φ_{force}	er ventilatoreffekt i perioder med forceret drift [kW]
$q_{Sommer,Mek}$	er den mekaniske ventilation i brugstiden ved forceret drift [$^{\circ}C$] (figur A1)

A3.3 Ventilatoreffekt – natteventilation

Ventilatorernes effekt i perioder med natteventilation beregnes som:

$$\Phi_{nat} = 0,001 \cdot \sum F_{Ve} \cdot A_{Ve} \cdot [\beta \cdot q_{Sommer,Mek} + (1 - \beta) \cdot q_{Nat,Mek}] \cdot SEL \quad (A4.3)$$

Hvor

Φ_{nat}	er ventilatoreffekt i perioder med natteventilation [kW]
$q_{Nat,Mek}$	er den mekaniske ventilation ved natteventilation [$^{\circ}C$] (figur A1)

Bemærk at den relative brugstid F_{Ve} korrigerer både den mekaniske ventilation indenfor og udenfor brugstiden. Dette kan under nogle omstændigheder have ulogiske konsekvenser. Hvis ventilationsanlægget

fx kører 10 % udover normal brugstid, så sættes $F_{ve} = 1,1$. Det bevirker imidlertid at natteventilationen også øges med 10 %, selvom den faktisk burde reduceres. Den relative brugstid har lignende ulogiske konsekvenser i forbindelse med ventilationstabet (se afsnit A1).

Appendix B: Belysning

I dette appendiks beskrives både elforbrug til bygningens belysning samt det interne varmetilskud fra belysningen.

B1. Internt varmetilskud fra belysning

$$Q_{Lys,Til} = Q_{EL,Driftslys} + Q_{Sær} + Q_{Nat} \quad (B1)$$

Hvor

$Q_{Lys,Til}$ er internt varmetilskud fra belysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{EL,Driftslys}$ er el til driftsbelysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B2)

$Q_{Sær}$ er el til særlig belysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B3.1)

Q_{Nat} er el til natbelysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B3.2)

B2. Driftsbelysning

For andre bygninger end boliger beregnes bygningens driftsbelysning som:

$$Q_{EL,Driftslys} = Q_{Alm,B} + Q_{Alm,S} + Q_{Arb} \quad (B2)$$

Hvor

$Q_{EL,Driftslys}$ er el til driftsbelysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Alm,B}$ er el til almenbelysning i driftstiden $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B2.1)

$Q_{Alm,S}$ er el til standby af almenbelysning udenfor driftstiden $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B2.2)

Q_{Arb} er el til arbejdsbelysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B2.3)

For boliger sættes $Q_{EL,Driftslys} = 0$.

B2.1 Almen belysning indenfor brugstiden

Det samlede elforbrug til almenbelysning indenfor brugstiden beregnes som:

$$Q_{Alm,B} = \frac{24 \cdot D \cdot \beta}{1000} \cdot \sum_L A_L \cdot \Phi_{Alm,B} \quad (B2.1)$$

Hvor

- $Q_{Alm,B}$ er el til almenbelysning i brugstiden $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
- D er antal dage i måneden $[-]$
- β den relative brugstid $[-]$ (formel S3.2.1a)
- A_L er belysningszonens areal $[m^2]$ (se figur B1)
- $\Phi_{Alm,B}$ er almenbelysningens månedsmidleffekt $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

Summen tages over alle belysningszoner. Almenbelysningens månedsmidleffekt afhænger af den regulerbare effekt, der beregnes som:

$$\Phi_{RegEff} = (\Phi_{Inst} - \Phi_{Min}) \cdot F_L \quad (B2.1a)$$

Hvor

- Φ_{RegEff} er almenbelysningens regulerbare effekt $\left[\frac{W}{m^2}\right]$
- Φ_{Inst} er den installerede maksimale effekt $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ (se figur B1)
- Φ_{Min} er den mindste effekt som lyset kan reguleres ned til $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ (se figur B1)
- F_L er zonen benyttelsesfaktor $[-]$ (se figur B1)

Den regulerbare effekt udgør reguleringspotentialet, mens den faktiske nedregulering afhænger af både styringsstrategi samt dagslysniveau.

Tabellen nedenunder viser mulige dagsstyringer:

Styring	Sætpunkt [Lux]
Ingen	-
Manuel on/off	$E_{\emptysetnsk} + 200$
Automatisk on/off	$E_{\emptysetnsk} + 100$
Automatisk kontinuerlig	$E_{\emptysetnsk} + 50$

Tabel B1

Brugeren indtaster det ønskede belysningsniveau E_{\emptysetnsk} i Be10's belysningskema, som ses nedenunder.

		A_L	Φ_{Min}	Φ_{Inst}	$E_{\text{Ønsk}}$	DF	F_L	Φ_{Arb}	$\Phi_{Sær}$	$\Phi_{Standby}$	Φ_{Nat}
Belysning	Areal (m ²)	Almen (l)	Almen (l)	Belys. (lx)	DF (%)	Styring (U)	Fo (-)	Arb. (W/l)	Andet (V)	Stand-b	Nat (W/l)
Belysningszone	650	Min.	Inst.			U,M,A,K					
+1 Kontorer mv. langs facade (2,5 m ir	251	0,5	7	200	3	K	0,8	1	0	0	0
2 Kontorer mv. langs bagvæg	228,2	0,5	7	200	0,5	K	0,8	1	0	0	0
3 Reception og venteområde, langs fr	30	0	2,5	50	3	K	0,8	1	4	0	0

Figur B1: Be10 belysningskema

Brugeren definerer også én af de fire styringer i skemaet ovenover. Som det ses af tabellen ovenover, så anvendes der forskellige sætpunkter alt efter styringsstrategi. Ved manuel styring tillægges der 200 lux til det ønskede lux-niveau, mens der for automatisk kontinuerlig styring kun tillægges 50 lux. Denne forskel begrundes ud fra den formodning, at en person først slukker belysningen, når dagslyset er ca. 200 lux over det ønskede niveau, mens en automatisk styring reagerer hurtigere.

Hvis der *ingen styring* er, så virker almenbelysning altid med den installerede effekt indenfor brugstiden, dvs. intet af reguleringspotentialet udnyttes.

Hvis der er *manuel eller automatisk on/off-styring*, så beregnes månedsmiddeleffekten som:

$$\Phi_{Alm,B} = \Phi_{RegEff} \cdot \alpha_{On} + \Phi_{Min} \quad (B2.1b)$$

Hvor

$\Phi_{Alm,B}$ er almenbelysningens månedsmiddeleffekt $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

Φ_{RegEff} er almenbelysningens regulerbare effekt $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ (formel B2.1a)

α_{On} er andel tid med tændt belysning i brugstiden [-] (formel B2.1c)

Φ_{Min} er den mindste effekt som lyset kan reguleres ned til $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ (se figur B1)

Andelen af tid med tændt belysning bestemmes ved at tælle antal timer indenfor brugstiden, hvor det udendørs lux-niveau ikke er højt nok til at opnå sætpunktet indendørs.

$$\alpha_{On} = 1 - \frac{T_{Slut} - T_{Start} - h_{On}}{T_{Slut} - T_{Start}} \quad (B2.1c)$$

Hvor

T_{Slut} er den time på døgnet hvor bygningens brugstid slutter (se figur S2)

T_{Start} er den time på døgnet hvor bygningens brugstid starter (se figur S2)

h_{On} er antal timer indenfor brugstiden hvor belysningen er tændt

Hvis $h_{On} = T_{Slut} - T_{Start}$, så er dagslyset aldrig tilstrækkelig til at opnå sætpunktet og derfor sættes $\alpha_{On} = 1$. Hvis derimod $h_{On} = 0$, så er det aldrig nødvendigt med tændt lys, og derfor sættes $\alpha_{On} = 0$.

I dokumentationen af programmet Vejr10, findes en tabel med den udvendige illuminans, som findes i Be10's klimafil. Med udgangspunkt heri finder Be10 h_{0n} ved at tælle antallet af timer, hvor følgende ulighed er opfyldt:

$$E_{Ude} < E_{Ude,Set} \quad (B2.1d)$$

Hvor

E_{Ude} er månedsmiddel udendørslux niveau i en given time [Lux]
(se tabel 6 i dokumentation af vejr 10 /3/)

$E_{Ude,Set}$ er det nødvendige udendørs lux-niveau [Lux] (formel B2.1e)

Det nødvendige udendørs lux-niveau beregnes som:

$$E_{Ude,Set} = \frac{(E_{\emptysetnsk} + Margin)}{DF} \cdot 100\% \quad (B2.1e)$$

Hvor

DF er zonen's dagslysfaktor (se figur B1)

E_{\emptysetnsk} er det ønskede lux-niveau (se figur B1)

$Margin$ angiver ekstra lux-niveau som Be10 tillægger det ønskede niveau.
(se tabel B1)

Hvis der er *automatisk kontinuerlig styring*, så beregnes månedsmiddeleffekten på følgende måde:

$$\Phi_{Atm,B} = \Phi_{RegEff} \cdot \alpha_{Dim} + \Phi_{Min} \quad (B2.1f)$$

Hvor

α_{Dim} er en dimmingfaktor [-] (formel B2.1g)

Dimmingfaktoren beregnes som:

$$\alpha_{Dim} = 1 - \frac{\sum_b \max \left\{ \frac{E_{Ude}}{E_{Ude,Set}}; 1 \right\}}{T_{Slut} - T_{Start}} \quad (B2.1g)$$

Summen i tælleren tages for alle timer indenfor brugstiden.

B2.2 Standby

Det samlede standby forbrug til almenbelysning beregnes som:

$$Q_{Alm,S} = \frac{24 \cdot D \cdot (1 - \beta)}{1000} \cdot \sum_L A_L \cdot \Phi_{Standby} \quad (B2.2)$$

Hvor

$Q_{Alm,S}$ er el til almenbelysningens standby forbrug $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$\Phi_{Standby}$ er almenbelysningens månedsmidleffekt $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ (se figur B1)

β er bygningens relative brugstid [-] (formel S3.2.1a)

B2.3 Arbejdslys

Elforbrug til arbejdslys beregnes som:

$$Q_{Arb} = \frac{24 \cdot D \cdot \beta}{1000} \cdot \sum_L A_L \cdot \Phi_{Arb} \quad (B2.3)$$

Hvor

Q_{Arb} er el til arbejdsbelysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

Φ_{Arb} er effekten af arbejdsbelysningen $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ (se figur B1)

B3. Anden belysning

Elforbrug til anden end driftsbelysning beregnes som:

$$Q_{EL,Andetlys} = Q_{S\text{ær}} + Q_{Nat} + Q_{Park} + Q_{Ude} \quad (B3)$$

Hvor

$Q_{EL,Andetlys}$	er el til anden belysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
$Q_{S\text{ær}}$	er el til særlig belysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B3.1)
Q_{Nat}	er el til natbelysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B3.2)
Q_{Park}	er el til lys i parkeringskælder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (afsnit B3.2)
Q_{Ude}	er el til udendørsbelysning $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel B3.4)

B3.1 Særligt lys

Elforbrug til særlig belysning såsom udstillingslys, tavlelys, lys i montrer m.m. beregnes som:

$$Q_{S\text{ær}} = \frac{24 \cdot D \cdot \beta}{1000} \cdot \sum_L A_L \cdot \Phi_{S\text{ær}} \quad (B3.1)$$

Hvor

$Q_{S\text{ær}}$	er el til almenbelysningens standby forbrug $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
$\Phi_{S\text{ær}}$	er effekten af den særlige belysning $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ (se figur B1)

B3.2 Natbelysning

Elforbrug til særlig belysning beregnes som:

$$Q_{Nat} = \frac{24 \cdot D \cdot (1 - \beta)}{1000} \cdot \sum_L A_L \cdot \Phi_{Nat} \quad (B3.2)$$

Hvor

Q_{Nat}	er el til natbelysningens standby forbrug $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
Φ_{nat}	er effekten af natbelysningen $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ (se figur B1)

B3.3 Lys i parkeringskældre

Belysning i parkeringskældre har fået et selvstændigt skema i Be10 som er identisk med det almindelige belysnings-skema. Parkeringsbelysning beregnes på samme måde som den øvrige belysning, og gennemgås derfor ikke igen.

B3.4 Udendørsbelysning

Elforbrug til udendørsbelysning beregnes som:

$$Q_{Ude} = h_n \cdot \frac{D}{1000} \cdot \Phi_{Ude} \quad (B3.4)$$

Hvor

- Q_{Ude} er el til almenbelysningens standby forbrug $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
- Φ_{Ude} er effekten af udendørs belysningen [W] (se figur B2)
- h_n er antal nattetimer per dag (se nederst i tabel 6 i dokumentation af vejr 10 /3/)

Antal nattetimer findes i Be10's klimafil og bestemmes for hver måned ved at tælle antal timer per døgn uden noget udendørs dagslys.

Nedenunder ses Be10 skemaet "Andet elforbrug", hvor bl.a. udendørsbelysningen defineres.

Andet elforbrug, som ikke indgår i relation til energirammen eller i varmebalancen, men alene i det samlede el-forbrug

El-effekt (W)

Φ_{Ude} → Udebelysning (dagslysstyret)

Særligt apparatur inklusive evt. køling af apparaturet

600 I brugstiden

6000 Altid i brug

Figur B2: Be10 skema for andet elforbrug.

Ovenstående skema indeholder elforbrug, som hverken indgår i bygningsdriften eller i varmebalancen.

Appendix C: Soltilskud

I dette appendiks beregnes bygningens soltilskud gennem vinduer og døre

C1. Samlede soltilskud

Det samlede soltilskud beregnes som:

$$Q_{sol} = \sum_{Vin} F_G \cdot A_{eff} \cdot F_{\theta} \cdot g \cdot F_s \cdot Q_{solind,f} \quad (C1)$$

Hvor

$F_G = [1 - (1 - |F_c|) \cdot (1 - f_{afs})]$ er en samlet solafskærmningsfaktor

$A_{eff} = n \cdot A_V \cdot F_F$ er det effektive rudeareal

$F_{\theta} = F_W \cdot F_{\alpha}$ er en samlet vinkelkorrektionsfaktor

$F_s = F_{s,h} \cdot F_{s,u} \cdot F_{s,l} \cdot F_{s,r} \cdot F_{s,v}$ er en samlet skyggefaktor

F_c er en solafskærmningsfaktor [-] (se figur C3)

f_{afs} er en styringsfaktor [-]

n er antallet af vinduer (se figur C3)

A_V er arealet af ét vindue [m^2] (se figur C3)

F_F er glasandelen [-] (se figur C3)

F_W er en vinkelfaktor (Be10 anvender værdien 0,86) [-]

F_{α} er et vinkelfaktor-forholdstal [-]

g er rudens g-værdi [-] (se figur C3)

$F_{s,h}$ er en skyggefaktor for horisont [-]

$F_{s,u}$ er en skyggefaktor for udhæng [-]

$F_{s,l}$ er en skyggefaktor for venstreskygge [-]

$F_{s,r}$ er en skyggefaktor for højreskygge [-]

$F_{s,v}$ er en skyggefaktor for vindueshul [-]

$Q_{solind,f}$ er månedsligt solindfald på en flade (uden skygger og afskærmning) [$\frac{kWh}{m^2}$]

Summen tages for alle vinduer og døre.

Figuren nedenunder viser Be10 skemaet "Vinduer og yderdøre", hvor brugeren definerer disse.

	Vinduer og yderdøre	Antal	Orient	Hældn	Areal (m ²)	U (W/m ² K)	b	Ht (W/K)	Ff (-)	g (-)	Skygge	Fc (-)	Dim.In	Dim.U	Tab (W)	Ot
		42			201,6		CtrlClick	144,9			CtrlClick				4636,8	0/1
+1	Dørpartier mod nord	4	N	90	6,3	0,7	1,00	17,64	0,86	0,5	Dørpar	1			564,48	0
2	Vinduer mod nord	13	n	90	4,2	0,73	1,00	39,858	0,83	0,5	Vindue	1			1275,46	0
3	Vinduer mod øst	4	ø	90	4,2	0,73	1,00	12,264	0,83	0,5	Vindue	0,2			392,448	0

Figur C1: Be10 skema for vinduer og yderdøre.

Be10 anvender oplysninger om vinduernes orientering og hældning fra ovenstående skema til at finde klimadata for et givent vindue. Herudover anvendes følgende skyggeskema til at finde skyggefaktorerne i klimafilen.

	Skygger	Horisont (°)	Udhæng (°)	Venstre (°)	Højre (°)	Vindueshul (%)
+1	Vinduer	15	36	0	0	7
2	Dørpartier	15	27	0	0	5

Figur C2: Be10 skema for skygger

I dokumentationen for programmet Vejr10 /3/ gives en mere detaljeret beskrivelse af Be10's klimadata.

Appendix D: Transmissionstab

I dette appendiks beregnes bygningens samlede transmissionstab

D1. Samlede transmissionstab

Det samlede transmissionstab beregnes som:

$$Q_{T,Tab} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot H_T \cdot (\theta_{v,Set} - \theta_{Ude}) \quad (D1)$$

Hvor

$Q_{T,Tab}$ er bygningens transmissionstab $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

H_T er det specifikke transmissionstab $\left[\frac{W}{K}\right]$ (formel D1.1)

θ_{Ude} er udetemperaturen [$^{\circ}C$]

$\theta_{v,Set}$ er indetemperaturen [$^{\circ}C$] (se figur S5)

D1.1 Specifikt transmissionstab

Det specifikke transmissionstab beregnes som:

$$H_T = \sum_K n \cdot b_K \cdot U_K \cdot A_K + \sum_L b_L \cdot \Psi_L \cdot L + \sum_V b_V \cdot U_V \cdot A_V \quad (D1.1)$$

Hvor

- H_T er det specifikke transmissionstab $\left[\frac{W}{K}\right]$
- n er antallet af vinduer
- b_K er en temperaturfaktor for ydervægge, tage og gulve $[-]$
- U_K er en transmissionskoefficient for ydervægge, tage og gulve $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$
- A_K er arealet af ydervægge, tage og gulve $[m^2]$
- b_L er en temperaturfaktor for fundamenter $[-]$
- Ψ_L er en linjetabskoefficient for fundamenter $\left[\frac{W}{mK}\right]$
- L er længden af fundamenter $[m^2]$
- b_V er en temperaturfaktor for vinduer og yderdøre $[-]$
- U_V er transmissionskoefficienten for vinduer og yderdøre $\left[\frac{W}{m^2K}\right]$
- A_V er arealet af vinduer og yderdøre $[m^2]$

Figuren nedenunder viser Be10 skemaet "Ydervægge, tage og gulve".

		A_K	U_K	b_K			
	Ydervægge, tage og gulve	Areal (m ²)	U (W/m ² K)	b	Ht (W/K)	Dim. Inde	Dim. Ude (Tab (W))
		1458,9		CtrlClick	154,721		4282,15
+1	Søjler 190/50 mm isol	42,2	0,28	1,00	11,816		378,112
2	Brystninger 200 mm isol	62,4	0,22	1,00	13,728		439,296
3	Remme 200 mm isol	104,7	0,19	1,00	19,893		636,576

Figur 1: Be10 skema for ydervægge, tage og gulve.

Figuren nedenunder viser Be10 skemaet "Fundamenter mv".

	Fundamenter og samlinger ved vindu	l (m)	Ψ_L Tab (W/mK)	b_L b	Ht (W/K)	Dim.Inde	Dim.Ude	Tab (W)
		469,2		CtrlClick	21,3			681,6
+1	Ydervægsgulv	128,4	0,13	1,00	16,692			534,144
2	Samling over vinduer og døre	109,2	0	1,00	0			0
3	Samling på siden af vinduer	96	0,03	1,00	2,88			92,16

Figur D2: Be10 skema for fundamenter mv.

Figuren nedenunder viser et udsnit af Be10 skemaet "Vinduer og yderdøre".

	Vinduer og yderdøre	Antal	Orient	Hældn.	A_V Areal (m ²)	U_V U (W/m ² K)	b_V b	Ht (W/K)
		42			201,6		CtrlClick	144,9
+1	Dørpartier mod nord	4	N	90	6,3	0,7	1,00	17,64
2	Vinduer mod nord	13	n	90	4,2	0,73	1,00	39,858
3	Vinduer mod øst	4	ø	90	4,2	0,73	1,00	12,264
4	Dørpartier mod vest	2	v	90	6,3	0,7	1,00	8,82
5	Vinduer mod vest	2	v	90	4,2	0,73	1,00	6,132

Figur 3: Be10 skema for vinduer og yderdøre (udsnit som anvendes til transmissionstab).

Appendix E: Varmetilskud fra installationer

I dette appendiks beregnes bygningens varmetilskud fra installationer dvs. fra rør og varmtvandsbeholdere. Be10 anvender begreberne totale varmetilskud og samlede varmetilskud, som kan give anledning til nogen forvirring. Varmetilskud fra installationer kan være enten konstante eller variable alt efter om installationerne kan sommerslukkes. Bygningens totale varmetilskud inkluderer begge disse varmetilskud, mens de samlede varmetilskud kun inkluderer de konstante. Mere passende navne ville derfor være totale varmetilskud og konstante varmetilskud.

E1. Totale varmetilskud fra installationer

De totale varmetilskud fra installationer beregnes som:

$$Q_{Ins,Til} = Q_{Ins,Til,K} + Q_{Ins,Til,V} \quad (E1)$$

Hvor

$Q_{Ins,Til}$ er varmetilskud fra installationer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Ins,Til,K}$ er konstante varmetilskud fra installationer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel E1.1)

$Q_{Ins,Til,V}$ er variable varmetilskud fra installationer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel E1.2)

E1.1 Konstante varmetilskud

De konstante varmetilskud fra installationer beregnes som:

$$Q_{Ins,Til,K} = Q_{Dist,Til,K} + Q_{Tank,Til} + Q_{Til,Til,K} + Q_{Cir,Til} \quad (E1.1)$$

Hvor

$Q_{Ins,Til,K}$ er konstante varmetilskud fra installationer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Dist,Til,K}$ er konstante varmetilskud fra varmfordelingsrør $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel E1.1.1)

$Q_{Tank,Til}$ er varmetilskud fra central varmtvandsbeholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel E1.1.2)

$Q_{Til,Til,K}$ er konstante varmetilskud fra tilslutningsrør til varmtvandsbeholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel E1.1.3)

$Q_{Cir,Til}$ er varmetilskud fra cirkulationsrør $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel E1.1.4)

Bemærk at Be10 kun medtager varmetab og ikke fra decentrale vandvarmere, hvilket synes at være forkert.

E1.1.1 Konstante varmetilskud fra varmfordelingsrør

Konstante varmetilskud beregnes på følgende måde:

$$Q_{Dist,Til,K} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{Uden\ stop} l_{Rør} \cdot \Psi_{Rør} \cdot (\theta_{Rør} - \theta_{Rør,Rum}) \cdot (1 - b_{Rør}) \quad (E1.1.1)$$

Hvor

- D** er antal dage i måneden
- $l_{Rør}$ er rørstrækningens længde [m] (se figur R2)
- $\Psi_{Rør}$ er det specifikke varmetab $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$ (se figur R2)
- $b_{Rør}$ er en temperaturfaktor [–] (se figur V2)
- $\theta_{Rør}$ er rørets månedsmiddeltemperatur [°C] (formel R2.3.1b)
- $\theta_{Rør,Rum}$ er månedsmiddeltemperatur i det rum hvor røret er [°C] (formel R2.3.1f)

Summen tages for alle rørstrækninger uden sommerstop. Bemærk i øvrigt at det er samme formel, som anvendes til beregning af varmetabet bortset fra sidste led med temperaturfaktoren, som netop afgør, hvor meget af tabet, der går til bygningen.

E1.1.2 Varmetilskud fra central varmtvandsbeholder

Varmetilskuddet fra central varmtvandsbeholder beregnes som:

$$Q_{Tank,Til} = Q_{Tank,Tab} \cdot (1 - b_{Cen}) \quad (E1.1.2)$$

Hvor

- $Q_{Tank,Tab}$ er varmetab fra beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
- b_{Cen} er en temperaturfaktor [–] (se figur V2)

E1.1.3 Konstante varmetilskud fra tilslutningsrør

Varmetilskuddet fra central varmtvandsbeholder beregnes som:

$$Q_{Til,Til,K} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{AldrigEl} l_{Til} \cdot \Psi_{Til} \cdot (\theta_{Til} - \theta_{Til,Rum}) \cdot (1 - b_{Til}) \quad (E1.1.3)$$

Hvor

$Q_{Til,Tab}$	er varmetab fra tilslutningsrør til beholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
D	er antal dage i måneden
l_{Til}	er længden af tilslutningsrør [m] (se figur V3)
Ψ_{Til}	er det specifikke varmetab på rørstrækning $\left[\frac{W}{K m}\right]$ (se figur V3)
θ_{Til}	er fremløbstemperatur fra centralvarme [°C] (se figur V2)
$\theta_{Til,Rum}$	er temperaturen i det rum hvori røret løber [°C] (formel V2.2.2a)
b_{Til}	er en temperaturfaktor [–] (se figur V2)

Summen tages for tilslutningsrør som tilslutter en varmtvandsbeholder som *ikke* opvarmes med el om sommeren. Hvilket giver god mening idet rørene da altid vil være tændte og give et varmetilskud.

E1.1.4 Varmetilskud fra cirkulationsrør

Varmetilskuddet fra central varmtvandsbeholder beregnes som:

$$Q_{Cir,Til} = \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{Cir} F_C \cdot l_{Cir} \cdot \Psi_{Cir} \cdot (\theta_{Cir} - \theta_{Cir,Rum}) \cdot (1 - b_{Cir}) \quad (E1.1.4)$$

Hvor

$Q_{Cir,Til}$	er varmetilskud fra cirkulationsrør $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$
D	er antal dage i måneden
l_{Cir}	er længden af cirkulationsrør [m] (se figur V4)
F_C	er en reduktionsfaktor, som angiver pumpens relative driftstid [–] (se figur V6)
Ψ_{Cir}	er det specifikke varmetab på rørstrækning $\left[\frac{W}{K m}\right]$ (se figur V4)
θ_V	er temperaturen af det varme brugsvand [°C] (se figur V1)
$\theta_{Cir,Rum}$	er temperaturen i det rum hvori røret løber [°C] (formel V2.2.3a)
b_{Cir}	er en temperaturfaktor [–] (se figur V2)

E1.2 Variable varmetilskud

$$Q_{Ins,Til,V} = Q_{Dist,Til,V} + Q_{Til,Til,V} \quad (E1.2)$$

Hvor

$Q_{Ins,Til,V}$ er variable varmetilskud fra installationer $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$

$Q_{Dist,Til,V}$ er variable varmetilskud fra varmfordelingsrør $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel E1.2.1)

$Q_{Til,Til,V}$ er variable varmetilskud fra tilslutningsrør til varmtvandsbeholder $\left[\frac{kWh}{mdr}\right]$ (formel E1.2.2)

E1.2.1 Variable varmetilskud fra varmfordelingsrør

Variable varmetilskud fra varmfordelingsrør beregnes på følgende måde:

$$Q_{Dist,Til,V} = f_{Rum} \cdot \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{Med\ stop} l_{Rør} \cdot \Psi_{Rør} \cdot (\theta_{Rør} - \theta_{Rør,Rum}) \cdot (1 - b_{Rør}) \quad (E1.2.1)$$

Hvor

f_{Rum} er andel af måned med behov for rumopvarmning [-] (formel R1.1.4)

Ovenstående beregning er identisk med den for de konstante varmetilskud fra varmfordelingsrør med undtagelse af faktoren f_{Rum} , og summen tages for alle rørstrækninger med sommerstop.

E1.2.2 Variable varmetilskud fra tilslutningsrør

Variable varmetilskud fra tilslutningsrør beregnes på følgende måde:

$$Q_{Til,Til,V} = f_{Opv} \cdot \frac{24 \cdot D}{1000} \cdot \sum_{SomEl} l_{Til} \cdot \Psi_{Til} \cdot (\theta_{Til} - \theta_{Til,Rum}) \cdot (1 - b_{Til}) \quad (E1.2.2)$$

Hvor

f_{Opv} er andel af måned med behov for opvarmning [-] (formel R1.1.5)

Ovenstående beregning er identisk med den for de konstante varmetilskud fra tilslutningsrør med undtagelse af faktoren f_{Opv} , og summen tages for alle rørstrækninger til varmtvandsbeholder der kan opvarmes med el om sommeren.

Kilder

- /1/ S. Aggerholm og K. Grau (2011), "*SBI-anvisning 213: Bygningers energibehov – Beregningsvejledning*" 2. udgave, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg.
- /2/ ISO 13790:2008(E), "Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling" (2. udgave), International Standard.
- /3/ M. Knudsen (2014), "Dokumentation – Vejr10" .