

ENERGIHÅNDBOGEN 2019



KØLE- OG FRYSEANLÆG



Energihåndbogen er udgivet med støtte fra Grundejernes Investeringsfond



KØLE- OG FRYSEANLÆG

Indhold

Køle- og fryseanlæg	183
Kompressoren	183
Fordampnings- og kondenseringstemperatur	184
Køling af ventilationsluft	186
Valg af køleanlæg	186
Energibesparelse	187
Udførelse	190
Dimensionering af køleanlæg til ventilationsluft	190
Montage	191
Funktionsafprøvning	191
Eftersyn	192
Serverkøling	193
Valg af køleanlæg	193
Energibesparelse	194
Udførelse	194
Dimensionering af serverkøleanlæg	194
Frikøling	195
Indretning af serverrum	197
Montage	199
Funktionsafprøvning	199
Eftersyn	199
Butikskøling	200
Valg af køleanlæg	200

Placering af varer i køle- og frostrum samt køle- og frostmøbler	202
Afdækning af køle- og frostmøbler	202
Udførelse	204
Dimensionering af butikskøleanlæg	204
Montage	204
Funktionsafprøvning	205
Eftersyn	205

Køle- og fryseanlæg

Gamle og udtjente køleanlæg er ofte dyre i drift.

Der er typisk både høje energiudgifter og store omkostninger forbundet med at vedligeholde og driftssikre et udtjent anlæg.

Desuden kan det være både vanskeligt og besværligt at skaffe reservedele til ældre anlæg.

Der kan med andre ord være mange gode grunde til at investere i et nyt køleanlæg.

Køle- og fryseanlæg benyttes til mange formål. De mest udbredte formål er:

- Køling af ventilationsluft
- Serverkøling
- Butikskøling

Kompressoren

Kompressoren i køleanlægget omtales ofte som dettes "hjerter" med rette, fordi dens pumpefunktion er altafgørende for systemet. En enkelt fejl her kan være fatal for hele køleanlægget. Endvidere tegner kompressoren sig for langt den største tilførte energi til køleanlægget.

Mange forhold har direkte indflydelse på kompressorens drift og energiforbrug, men to af de væsentligste er fordampnings- og kondenseringstemperaturen. Dette beskrives nærmere i det følgende afsnit "Fordampnings- og kondenseringstemperatur".



Figur 1. Kompressorer

Fordampnings- og kondenseringstemperatur

Fordampnings- og kondenseringstemperaturen har overordentlig stor betydning for elforbruget til et køleanlæg.



Figur 2. Fordamper (luftkøler)



Figur 3. Kondensatorer (luftkølede)

Som tommelfingerregel gælder der følgende for et køleanlæg:

Fordamper	
Luftkøler (f.eks. i køle- eller frostrum)	Fordampningstemperaturen T_o bør ikke være mere end 8 – 10°C under luftens tilgangstemperatur.
Væskekøler (f.eks. til vandkøling af maskiner)	Fordampningstemperaturen T_o bør ikke være mere end 5 – 7°C under væskens tilgangstemperatur.
Kondensator	
Luftkølet	Kondenseringstemperaturen T_k bør ikke være mere end 10 – 15°C over luftens tilgangstemperatur. I praksis vil T_k ikke kunne komme under ca. 25°C af hensyn til anlæggets drift.
Vandkølet	Kondenseringstemperaturen T_k bør ikke være mere end 5 – 7°C over væskens tilgangstemperatur.

Tabel 1. Tommelfingerregler for køleanlæg

Der gælder endvidere følgende tommelfingerregler:

- Besparelsen ved at hæve fordampningstemperaturen er ca. 2 – 3 % pr. grad
- Besparelsen ved at sænke kondenseringstemperaturen er ca. 3 – 4 % pr. grad

Årsagerne til for lav fordampningstemperatur eller for høj kondenseringstemperatur kan være mange. Nedenfor er oplistet en række mulige årsager til dette.

Mulige årsager til for lav fordampningstemperatur:

- Forkert indstilling af temperaturen
- Fordamperen i kølerummet er fyldt med støv og snavs
- Fordamperen i frostrummet er iset til
- Defekte ventilatorer
- Olie i fordamperen
- Svigtende vandtilførsel til vandkøleren

Mulige årsager til for høj kondenseringstemperatur:

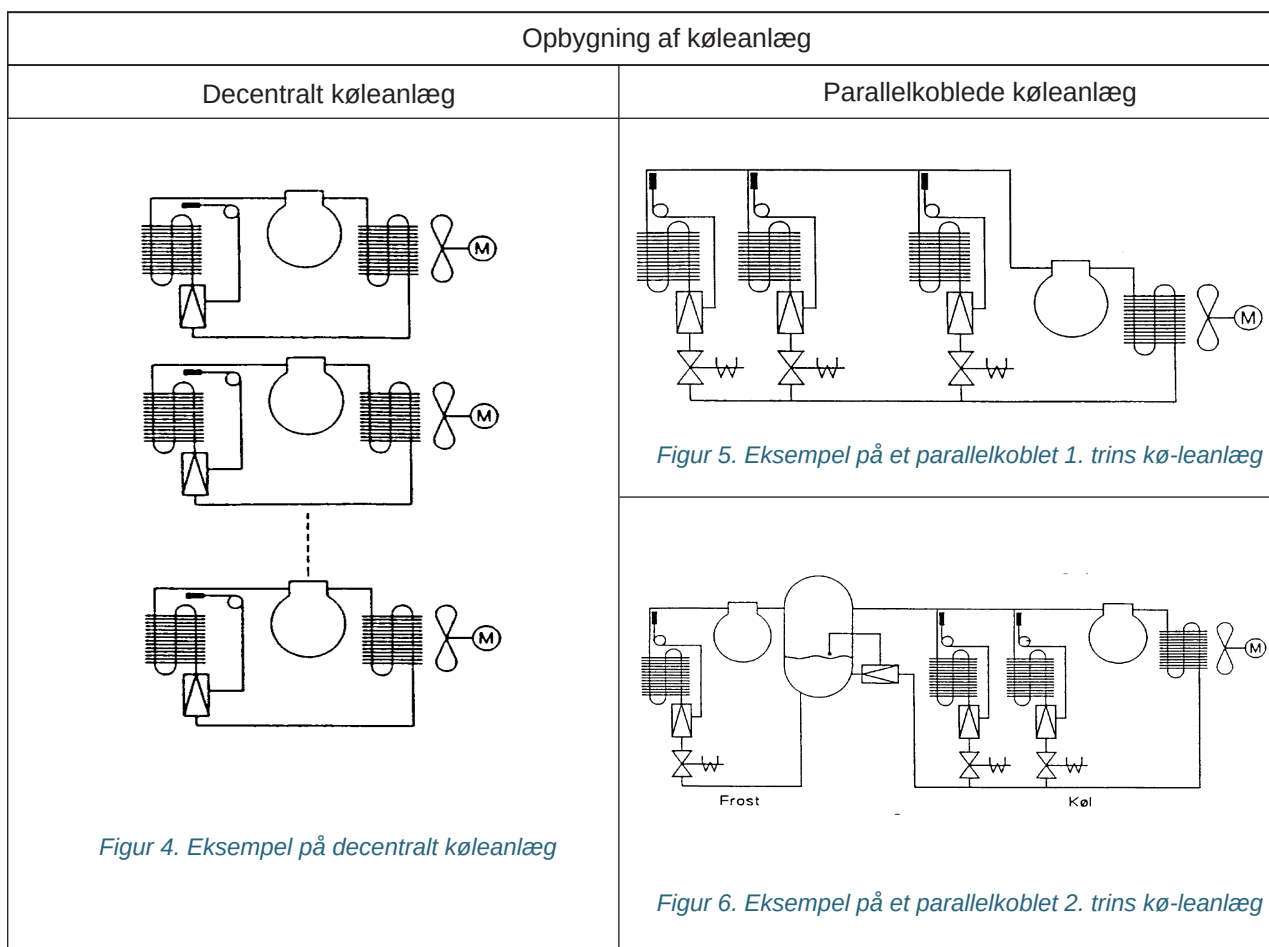
- Forkert indstilling af temperaturen
- Snavs og belægnings på kondensatorens varmeoverførende flader
- Blokeret luftindtag på kondensatoren
- Defekte ventilatorer
- Svigtende vandtilførsel til kondensatoren
- Placering af kondensatoren i varme omgivelser
- For lille kondensatorareal

Der findes en lang række andre årsager end de ovenfor nævnte, men det er dem som umiddelbart vil kunne opdages.

Det skal bemærkes, at ændringer af fordampnings- og kondenseringstemperaturen altid skal foretages af en autoriseret kølemontør. Endvidere skal et autoriseret kølefirma foretage en grundig analyse af anlægget for at klarlægge om der overhovedet er muligheder for at ændre anlæggets driftsforhold.

Ofte skyldes for høje kondenseringstemperaturer anvendelsen af decentrale køleanlæg med kondensatorerne placeret i samme rum som kompressorerne. Kondenseringstemperaturen bliver da ofte højere end nødvendigt. Ved at parallelkoble anlæggene samt placere en fælles kondensator udendørs, kan kondenseringstemperaturen ofte sænkes betydeligt. En beregning af besparelsespotentiallet ved etablering af et parallelkoblet anlæg er kompliceret.

I tilfælde af at det observeres at der er placeret decentrale anlæg i kompressorcentralen bør, virksomheden gøres opmærksom på at der kan opnås væsentlige besparelser ved at parallelkoble disse.



Køling af ventilationsluft

Energiforbruget til opvarmning af ventilationsluft og drift af ventilatorer udgør størstedelen af elforbruget for et ventilationsanlæg over året, men energiforbruget til køling af ventilationsluft udgør en stor del af driftsudgifterne for sommerhalvåret og det er derfor vigtigt, at det ikke er højere end nødvendigt.

Kølingen af ventilationsluften sker ved hjælp en køleflade som er indbygget i ventilationsaggregatet.

Der findes grundlæggende to typer køleflader:

- Køleflader tilføres koldt vand eller brine fra eksempelvis en chiller (væskekøleanlæg)
- Køleflader med direkte ekspansion (DX-anlæg) hvor kølemiddel cirkulerer imellem køle- og varmefladen (luft-luft)



Figur 7. Ventilationsanlæg med køleflade der tilføres koldt vand

Valg af køleanlæg

Køleanlæggets SEER-værdi skal ifølge EU's ecodesign forordning nr. 2016/2281 som minimum leve op til nedenstående krav:

Køleanlæg	SEER-værdi
Luft-vand-chiller med oplyst køleydelse < 400 kW drevet af en elmotor	3,8
Luft-vand-chiller med oplyst køleydelse ≥ 400 kW drevet af en elmotor	4,8
Vand/væske-vand-chiller med oplyst køleydelse < 400 kW drevet af en elmotor	5,0
Vand/væske-vand-chiller, 400 kW ≥ oplyst køleydelse < 1 500 kW drevet af en elmotor	5,8
Vand/væske-vand-chiller med oplyst køleydelse ≥ 1 500 kW drevet af en elmotor	6,2
Luft-luft-klimaanlæg (DX-anlæg) drevet af en elmotor	4,6

Her følger de vigtigste punkter, der sikrer lavest muligt energiforbrug:

1. Kondenseringstemperaturen (og dermed kondenseringstrykket) for køleanlægget skal være lavest mulig. Da besparelsen ligger mellem 3 og 4 % for hver °C kondenseringstemperaturen sænkes, kan der være meget at hente ved at optimere her. I praksis opnås det ved såkaldt flydende kondensatortrykstyring. Dette betyder at kondenseringstemperaturen falder, når udetemperaturen falder. Det vil sige, at den kommer under den dimensionerende værdi, hvilket i Danmark normalt er 27 °C, da det kun er meget få timer om året temperaturen er højere. Der skal dog tages højde for at luft til køleanlægget og til ventilationsluftindtaget kan passere varme tagflader, således at luften i praksis kan være varmere, ofte i størrelsesordenen 3 °C
2. For køleanlæg anvendes ofte en såkaldt vinterstyring. Denne skal sørge for at holde kondenseringstemperaturen over en vis minimumsværdi, for at undgå driftsproblemer, når det er koldt. Det er meget vigtigt, at stille vinterstyringen så lavt som muligt og dette bliver ofte forsømt. Den optimale værdi er afhængig af det enkelte anlæg, og vil typisk ligge mellem 15 °C og 25 °C for vinterstyringen
3. Fremløbstemperaturen for køleanlægget skal være så høj som muligt. For hver °C at fremløbstemperaturen hæves, vil energiforbruget falde med 1 til 3 %. Ældre anlæg er ofte dimensioneret til en fremløbstemperatur på 7 °C. På disse anlæg kan der ofte opnås en besparelse hvis fremløbstemperaturen fra køleanlægget hæves når udetemperaturen falder. Nye anlæg bør også udføres med udekompensering, men kølefladen i ventilationsaggregatet kan med fordel udlægges med en højere fremløbstemperatur, hvorved der opnås en besparelse i hele driftsperioden. Se også tabel 3
4. Driftsperioden bør tilpasses brugen af de ventilerede arealer. Ved at stoppe køleaggregatet og tilhørende pumper om natten og i weekenden spares tomgangstab, som kan være en betragtelig del af energiforbruget når kølebehovet er lavt. Det er også vigtigt at pumper og andre sekundære energiforbrugere stoppes udenfor kølesæsonen
5. Hvis der ikke er en overordnet styring af ventilationskølebehov og varmestyring, skal der udvises særlig opmærksomhed for at undgå at varme og køle samtidigt i de betjente lokaler. Da dette ofte ikke er praktisk muligt at sikre manuelt, anbefales det at påbygge en overordnet styring, som til eksempel kan bestå af elektriske aktuatorer på radiatorerne styret af en rumtermostat, der først bliver frigivet af ventilationsautomatikken udenfor kølesæsonen
6. På større anlæg er det almindeligt at anvende en buffertank i forbindelse med kølekredsløbet fra køleanlægget for at undgå hyppige start/stop af kølekompressoren. Ved anvendelse af en primær og en sekundærkreds på buffertanken, skal man være ekstra opmærksom på at det kolde vand ikke blandes op med returvandet fra kølefladerne. Det er ikke ualmindeligt at buffertanken ikke fungerer som tilsigtet og det kan undersøges ved at måle fremløbstemperaturen til kølefladerne. Denne skal være mindre end 2 - 3 °C varmere end fremløbet til tanken fra kølemaskinen, ellers skal det overvejes at ombygge buffertanken og / eller tilslutningerne til denne. På nye anlæg er det derfor almindeligt at buffertanken kun er monteret på returen

Eksempel 1

Belastning og driftstimer for et køleanlæg er i tabel 2 eksemplificeret for et ventilationsanlæg med en luftmængde på 5.000 m³/h og en temperatur efter kølefladen på 15 °C. Som det kan ses varierer belastningen meget med udetemperaturen, det er derfor vigtigt hvordan køleanlægget kører ved delast. Antallet af driftstimer er det samlede antal for udetemperaturer over 15 °C. Antallet af driftstimer vil derfor blive mindre, hvis driftstiden indskrænkes. Eksempelvis vil 12 timer i hverdage give ca. det halve antal timer og andelen af timer i intervallet 20 – 15 °C vil være mindre. Kølebehovet er kølefladens kølebehov og er kun indirekte udtryk for energiforbruget.

Udetemperatur [°C]	Driftstimer [h/år]	Driftstid [%]	Kølebehov kW	Ydelse [%]	Kølebehov [kWh]
27 - 23	145	8	36	100	4.278
23 - 20	268	16	23	64	4.288
20 - 15	1.294	76	9	25	5.823
Sum	1.707	100			

Tabel 2. Belastning og driftstimer for et køleanlæg

I tabel 3 er elforbruget beregnet i kWh ved fire forskellige driftstilstande (1-4).

Udetemperatur [°C]	Driftstilstand 1		Driftstilstand 2		Driftstilstand 3		Driftstilstand 4	
	COP	kWh el	COP	kWh el	COP	kWh el	COP	kWh el
27 - 23	3,2	1.337	3,2	1.337	3,4	1.153	3,2	1.337
23 - 20	3,8	1.128	3,9	1.099	4,0	979	3,2	1.340
20 - 15	4,4	1.323	4,7	1.239	4,7	1.156	3,2	1.820
Samlet forbrug		3.788		3.675		3.288		4.497
Forbrug i %		100		97		87		119

Tabel 3. Elforbruget ved fire forskellige driftstilstande

Tallene for COP stammer fra leverandørdata for det luftkølede vandkøleaggregat.

De forskellige driftstilstande dækker over følgende:

Driftstilstand 1: Fremløbstemperaturen holdes konstant på 7 °C og kondenseringstemperaturen følger udetemperaturen (flydende kondensatortrykstyring).

Driftstilstand 2: Fremløbstemperaturen varierer med udetemperaturen, så den hele tiden er højest mulig. Kondenseringstemperaturen følger udetemperaturen (flydende kondensatortrykstyring)

Driftstilstand 3: Adskiller sig fra de øvrige ved at fremløbstemperaturen er udlagt til 10 °C ved maksimal belastning. Dette kræver en køleflade med ca. 60 % større areal. Ved en højere temperatur på kølefladen vil der også kondenseres mindre vand ud af luften, hvilket giver et lavere forbrug på kølefladen. Tallene for energiforbruget er derfor korrigeret herfor, samtidigt hermed ses det at COP er højere, hvilket skyldes den højere fremløbstemperatur. Fremløbstemperaturen varierer med udetemperaturen, så den hele tiden er højest mulig. Kondenseringstemperaturen følger udetemperaturen (flydende kondensatortrykstyring).

Driftstilstand 4: Denne svarer til driftstilstand 1 med en for højt stillet vinterstyring (kondensatortrykstyring). Det ses tydeligt hvordan dette slår igennem på COP værdierne og dermed for energiforbruget.

Det ses således at der kan spares 3 % ved optimal styring af fremløbstemperatur (2 i forhold til 1), men at den største besparelse på 13 % kan opnås ved at investere i en større køleflade (3 i forhold til 1). Helt galt går det hvis kondenseringstemperaturen (og dermed kondenseringstrykket) ikke holdes lavest muligt. Energiforbruget stiger med næsten 20 % (4 i forhold til 1).

Køling af ventilationsluft – forenklet beregning

I tabel 2 og 3 er energiforbruget til køling af ventilationsluft opgjort for henholdsvis tidsrummene kl. 8.00 til 16.00 og kl. 0.00 til 24.00 (samtlige årets timer). Bemærk, at det årlige energiforbrug er opgivet i Wh/m³ pr. time. Der er samtidig tale om den energi, der skal tilføres selve luften.

For at bestemme det elforbrug, der skal tilføres kølemaskinen, skal man dividere med kølemaskinens gennemsnitlige effektfaktor (mellem 3 og 5).

Indblæsningstemperatur [°C]	Overfladetemperatur [°C]							
	8	10	12	14	16	18	20	22
8	877							
10	664	615						
12	472	439	395					
14	309	288	260	277				
16	186	175	157	137	123			
18	105	99	889	78	70	67		
20	54	51	47	41	36	35	34	
22	25	24	22	19	17	16	16	16

Tabel 4. Energiforbruget til køling af ventilationsluft i tidsrummet fra kl. 8.00 til 16.00

Indblæsningstemperatur [°C]	Overfladetemperatur [°C]							
	8	10	12	14	16	18	20	22
8	2.023							
10	1.425	1.324						
12	920	863	776					
14	543	510	461	399				
16	294	277	250	218	192			
18	150	141	128	112	99	94		
20	72	68	63	55	48	46	45	
22	32	30	28	24	21	20	20	20

Tabel 5. Energiforbruget til køling af ventilationsluft i tidsrummet fra kl. 0.00 til 24.00 (samtlige årets timer)

Eksempel 2

En kontorbygning ventileres med 20.000 m³ luft pr. time. Indblæsningstemperaturen er 18 °C. Kølefladen i anlægget tilføres vand med en temperatur på 10 °C.

Anlægget er i drift i tidsrummet fra kl. 8.00 til kl. 16.00 i 5 dage om ugen.

I tabel 4 kan det årlige energiforbrug aflæses til 99 Wh pr. m³ luft pr. time pr. dag pr. uge.

Det årlige energiforbrug til nedkøling af luften i den pågældende periode vil være:

$$99 \text{ Wh/(m}^3\text{/h)/ugedag} \cdot 20.000 \text{ m}^3\text{/h} \cdot 5 \text{ ugedage} = 9.900 \text{ kWh.}$$

Ved en årseffektfaktor på eksempelvis 4 vil kølemaskinen anvende en energimængde på 2.500 kWh årligt.

Hvis indblæsningstemperaturen ændres til 20 °C kan det årlige energiforbrug aflæses til 51 Wh pr. m³ luft pr. time pr. dag pr. uge i tabel 4.

Det årlige energiforbrug til nedkøling af luften i den pågældende periode vil være:

$$51 \text{ Wh/(m}^3\text{/h)/ugedag} \cdot 20.000 \text{ m}^3\text{/h} \cdot 5 \text{ ugedage} = 5.100 \text{ kWh.}$$

Ved en årseffektfaktor på eksempelvis 4 vil kølemaskinen anvende en energimængde på ca. 1.300 kWh årligt.

Dette svarer til en reduktion på 48 %.

Ovenstående beregninger er forenkledte og der tages ikke hensyn til mulighederne for at variere fordampnings- og kondenseringstemperaturen som funktion af udetemperaturen.

Udførelse

Dimensionering af køleanlæg til ventilationsluft

Køleanlæg til ventilationsluft dimensioneres i henhold til retningslinjerne i DS 469 "Varme og køleanlæg i bygninger". I standarden står blandt andet:

Ved køling af ventilationsluft skal den dimensionerende rumtemperatur for køling kunne opretholdes i rummene ved den dimensionerende varmebelastning, udetemperatur og luftfugtighed under forudsætning af kontinuerlig drift af kølingen.

- Den dimensionerende udetemperatur for mekanisk køling fastsættes til 26 °C
- Den dimensionerende udeluftfugtighed for mekanisk køling fastsættes til 60 % RF
- Den dimensionerende rumtemperatur for køling i almindelige rum, fx kontorer, arbejdsrum, undervisningsrum, opholdsrum i institutioner, forsamlingsrum samt butikker, udstillingslokaler, biografer, teatre, fastsættes normalt til 26 °C

Det dimensionerende kølebehov bestemmes som summen af de maksimale kølebehov i de enkelte rum under hensyntagen til samtidigheden af varmebelastningen fra personer, udstyr, belysning mv. i bygningen ved de dimensionerende udeforhold.

Rumkølingen samt eventuelle ventilationskøleflader og andre installationer tilsluttet køleanlægget skal dimensioneres for en fremløbstemperatur, som ikke må være lavere end 10 °C, og en returløbstemperatur, som ikke må være lavere end 15 °C ved de dimensionerende forhold.

I DS 469 anvises endvidere hvorledes køleanlægget skal udformes (kapitel 10) samt hvorledes anlæggets skal styres (kapitel 11).

Montage

Eksisterende installation

Det eksisterende køleanlæg til ventilationsluft nedtages. Nedtagningen skal foretages af en autoriseret kølemontør, VVS-installatør og el-installatør.

Ny installation

Det nye køleanlæg til ventilationsluft opsættes og idriftsættes af en autoriseret kølemontør.

Hele køleanlægget skal udføres, så det lever op til gældende regler i forskrifter som er relevante for køleanlæg, herunder Bygningsreglementet (BR18), Arbejdstilsynets bekendtgørelse om trykbærende udstyr, At-vejledning B.4.4 "Køleanlæg og varmepumper og DS 469 "Varme og køleanlæg i bygninger".

Der findes en række standarder på køleområder, som det er lovpligtigt at følge i Danmark, fordi henvisninger til dem er skrevet ind i lovgrundlaget. Det drejer sig om:

DS/EN 378-1 +A2:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 1: Generelle krav, definitioner, klassifikation og udvælgelseskriterier

DS/EN 378-2 +A2:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 2: Udformning, konstruktion, prøvning, mærkning og dokumentation

DS/EN 378-3 +A1:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 3: Installationssted og personbeskyttelse

DS hæfte 41:2014 DS/EN 378 en generel vejledning

Køleanlæggets bruger skal have overleveret en fyldestgørende dokumentation inklusiv installationstegninger. Dokumentationen skal blandt andet indeholde information om valgte hovedkomponenter, dvs. kompressor, fordamper, kondensator og eventuelt buffertank. Endvidere skal den indeholde information om de valgte styrings- og reguleringskomponenter, herunder manometre og termometre. Endelig skal den indeholde beregninger der viser, at anlægget lever op til kravene (Ecode-sign).

Funktionsafprøvning

I henhold til Bygningsreglementet kap 19 § 391 skal der gennemføres en funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at varme- og køleanlæggene overholder bygningsreglementets krav til indregulering og styring.

Indregulering og styring af varme- og køleanlæg omfatter vand- eller luftstrømme i anlægget, automatiske reguleringsystemer, tidsstyring, temperaturstyring og lignende behovsstyringer.

Både ventilationsanlæg og køleanlæg skal serviceres for at sikre, at den projekterede ydelse og effektivitet opretholdes.

Hvis anlægget indeholder mere end 1 kg kølemiddel, skal det efterses mindst én gang årligt af en montør, som har den fornødne uddannelse. Er der mere end 2,5 kg kølemiddel i varmepumpen, skal det årlige eftersyn udføres af en certificeret montør fra et kølefirma (jf. AT-bekendtgørelse nr. 100 om anvendelse af trykbærende udstyr).

Køleanlæg med kølemiddelfyldninger over 1 kg skal serviceres 1 gang om året med hensyn til sikkerheds-automatik. Det er normalt at tegne en servicekontrakt og denne bør også omfatte et energicheck, der som minimum også skal omfatte rengøring af kondensator og andre luftbestrøgne varmevekslere. For nærmere beskrivelse af krav, se: At-vejledning B.4.4 på www.at.dk under fanen "Regler" At-vejledninger mv. "B – Tekniske hjælpemidler" og se efter "Køleanlæg og varmepumper" under "Dampkedler, trykbeholdere mv."

Serverkøling

Køling af serverrum udgør normalt ca. 30 % af serverrummets samlede elforbrug.

Serverrum er kendetegnet ved en høj køletemperatur og et næsten konstant kølebehov henover året og døgnet, uanset udetemperaturen. Det giver optimale betingelser for frikøling og derved store besparelser på elforbruget til køling af serverrum.



Figur 8. Frikøling

Valg af køleanlæg

Køleanlæggets SEER-værdi skal ifølge EU's ecodesign forordning nr. 2016/2281 som minimum leve op til nedenstående krav:

Køleanlæg	SEER-værdi
Luft-vand-chiller med oplyst køleydelse < 400 kW drevet af en elmotor	3,8
Luft-vand-chiller med oplyst køleydelse $\geq$ 400 kW drevet af en elmotor	4,8
Vand/væske-vand-chiller med oplyst køleydelse < 400 kW drevet af en elmotor	5,0
Vand/væske-vand-chiller, 400 kW $\geq$ oplyst køleydelse < 1 500 kW drevet af en elmotor	5,8
Vand/væske-vand-chiller med oplyst køleydelse $\geq$ 1 500 kW drevet af en elmotor	6,2

Elbesparelse ved frikøling

Fremløbstempera- tur på væsken [°C]	Grænse for fri- køling [°C]	Antal timer pr. år med frikøling [h]	Andel af år med frikøling [%]	Årligt elforbrug pr. kW afsat varme ²⁾ [kWh]	Besparelse ¹⁾ [%]
5	2	2.071	24	1.530	16
8	5	3.331	38	1.310	28
10	7	4.094	47	1.190	35
13	10	5.120	58	1.020	44
15	12	5.944	68	910	50

Tabel 6. Elbesparelse ved frikøling som funktion af fremløbstemperaturen på væsken

1. I forhold til et anlæg med 5 °C fremløbstemperatur og 10 °C returtemperatur uden frikøling
2. Disse tal er beregnet uden affugtning på overfladen af kølefladen. Affugtningen vil være større jo koldere overfladen er. Det betyder også, at der vil være relativt tørt i de fleste serverrum. I tabel 7 er vist eksempler på affugtningsandelen af køleenergien samt betydning for anlægget nødvendige ydelse

Fremløbstemperatur på væsken [°C]	Luftfugtighed i serverrummet [%]	Andel af køleenergi til affugt- ning [%]	Nødvendig ekstra ydelse på køleanlæg [%]
5	50	26,3	35,6
8	50	16,8	20,0
13	50	0	0
5	40	10,5	11,8
8	40	0	0

Tabel 7. Eksempler på affugtningsandelen af køleenergien samt betydning for anlægget nødvendige ydelse

Udførelse

Dimensionering af serverkøleanlæg

Driftssikkerhed er en altovervejende parameter i serverrummet, da de fleste virksomheder er fuld-stændigt afhængige af IT-udstyret i deres serverrum. Man skal derfor sikre, at IT-udstyret har høj driftssikkerhed og eventuel backup – hvis virksomheden ønsker at prioritere dette.

- Optimal lufttemperatur til køling af IT-udstyr er 21 °C, maksimal tilladelig temperatur er 35 °C
- Optimal luftfugtighed er mellem 45 % og 55 %. Luftfugtigheden skal ligge mellem 20 % og 80 %

Generelt er det vigtigt at holde en konstant lufttemperatur til IT-udstyret, da variationer i temperaturen forkorter levetiden.

Frikøling kan ske ved:

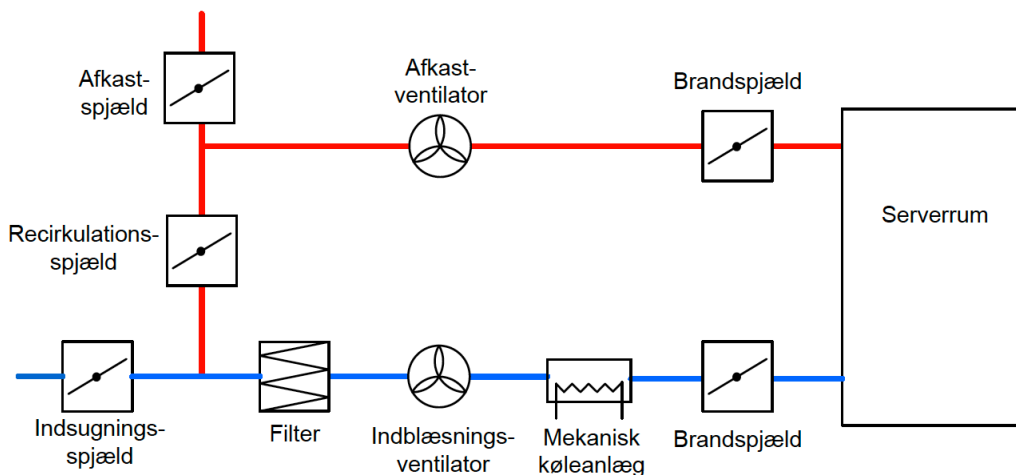
- Direkte frikøling med indblæsning og udsugning af frisk luft
- Indirekte frikøling med en glykol/væskeblanding som varmemæder

Direkte frikøling med luft er den mest effektive kølemetode, da der ikke er unødvendige varmevekslinger i køleprocessen. For at sikre konstant indsugningstemperatur til IT-udstyret, skal en del af den varme udsugningsluft recirkuleres og opblandes med ny indsugningsluft i et forhold der giver konstant temperatur af indblæsningsluften.

Anlægget skal udstyres med filtre for at sikre ren indblæsningsluft og der skal ligeledes være et mekanisk køleanlæg til perioder med høje udetemperaturer.

Et anlæg med direkte frikøling kan spare 55 % - 75 % af elforbruget til køling af serverrummet.

Anlægget kan se ud som vist i figur 8.



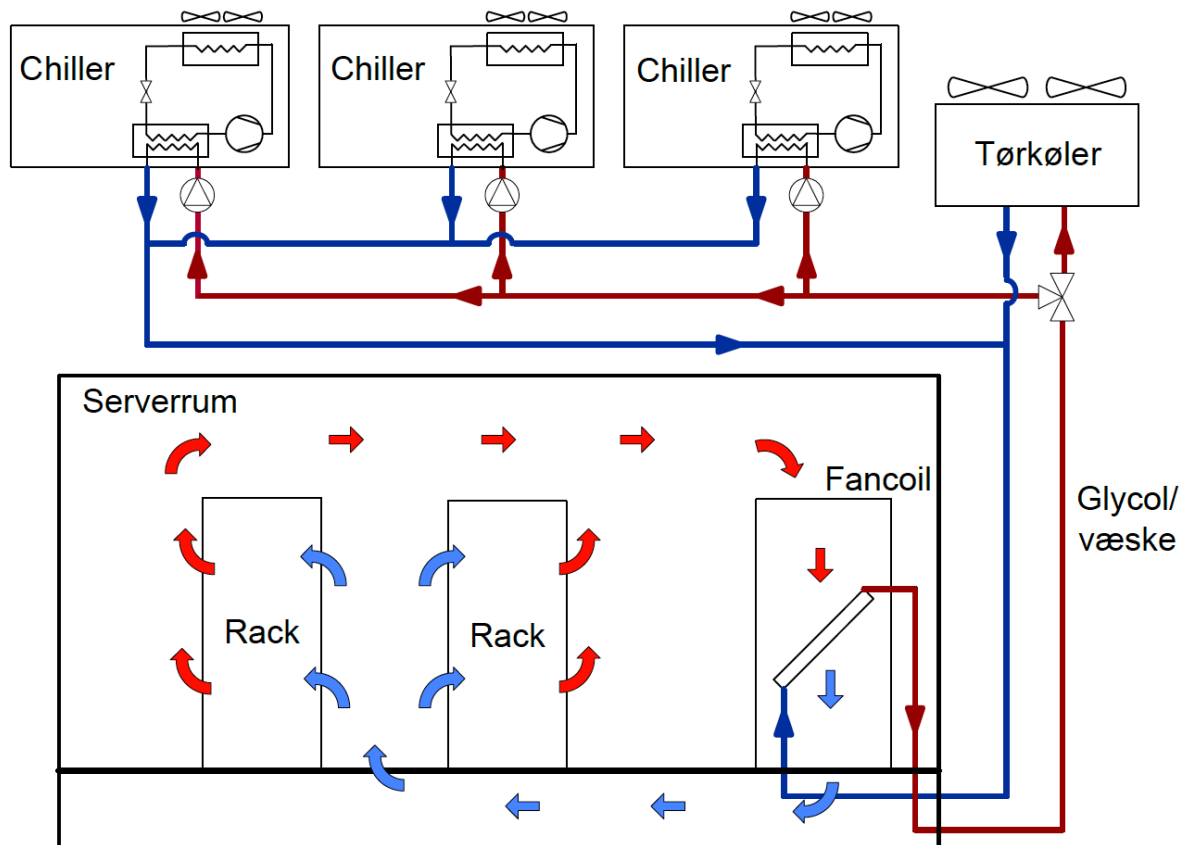
Figur 9. Direkte frikøleanlæg baseret på luftkøling

Indirekte frikøling med væske som varmemæder kan også give en stor besparelse på elforbruget til køling. Her fjernes varmen fra serverrummet via en tørkøler ved lavere udetemperaturer og en chiller ved højere udetemperaturer.

For at opnå så stor besparelse som muligt ved frikøling, er det vigtigt at væskens driftstemperaturer er så høje som muligt. Højere temperaturer af væsken giver længere perioder om året med frikøling og mindre elforbrug ved mekanisk køling.

I figur 9 er vist et eksempel på et indirekte frikølesystem. Et køleanlæg med væskebaseret frikøling kan også have mange andre konfigurationer. F.eks. kan tørkøleren være integreret i chilleren eller den mekaniske del af anlægget kan være integreret i fancoilen i serverrummet. I forhold til forskellige anlægstyper er det vigtigt at sikre at temperaturgrænsen for frikøling bliver så høj som muligt, da denne har direkte betydning for energibesparelsen. Ligeledes er det også en fordel, hvis anlægget kan frikøle delvist, således at ved temperaturer lidt over frikølegrænsen fjernes så meget varme muligt mens resten fjernes vha. chilleren.

Et anlæg med frikøling kan spare op imod 50 % af elforbruget til køling af serverrummet. Som tommelfingerregel kan man sige, at anlægget bruger ca. $\frac{1}{4}$ el ved frikøling i forhold til almindelig mekanisk køling.

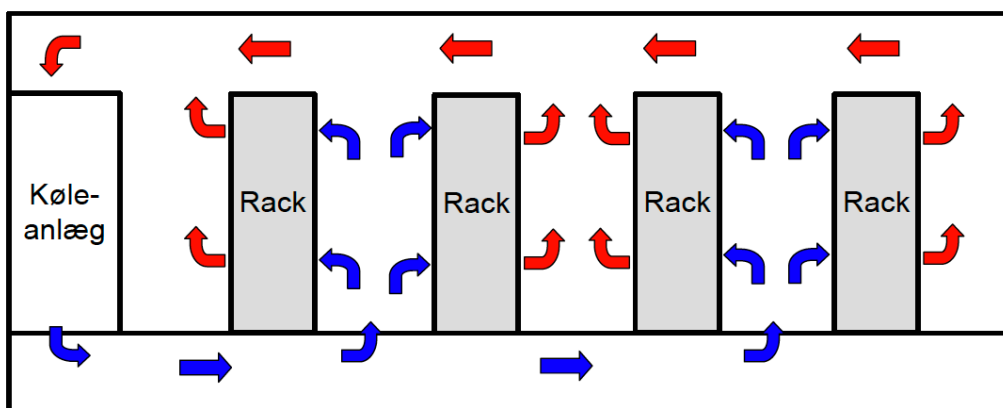


Figur 10. Indirekte køleanlæg med frikøling

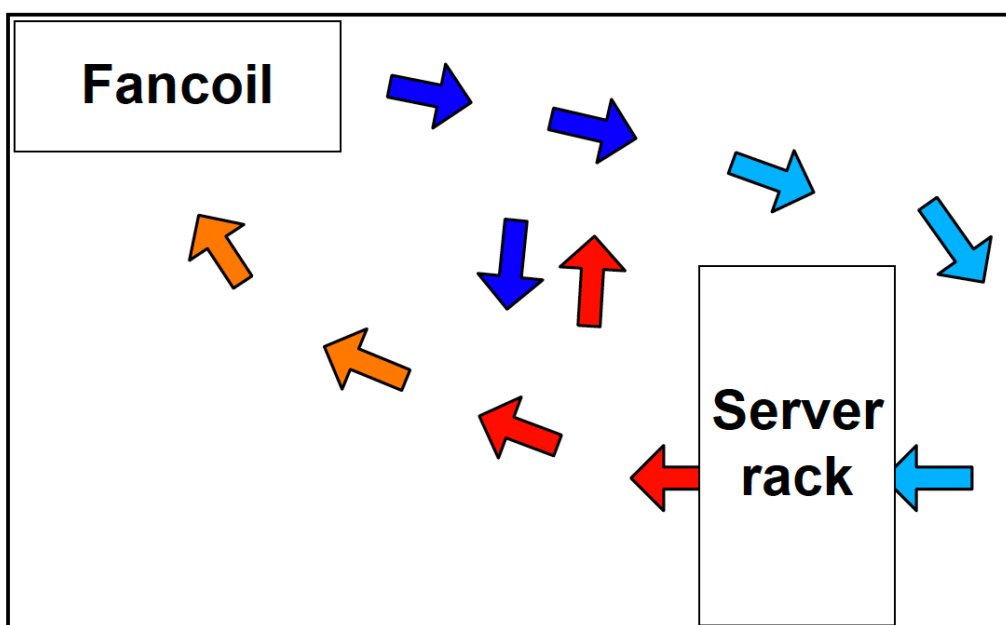
Indretningen af serverrummet spiller en stor rolle i forhold til elforbruget til køling af serverrummet. Jo mindre den kolde luft fra fancoilen i serverrummet opblandes med den varme luft fra IT-udstyret, jo højere kan temperaturen af kølemediet være. For hver grad celsius temperaturen hæves, spares op til 3 % af elforbruget til køling ved mekanisk køling. Ved anlæg med frikøling øges antallet af timer pr. år med frikøling og derved bliver besparelsen endnu større.

Gode råd til indretning af serverrum:

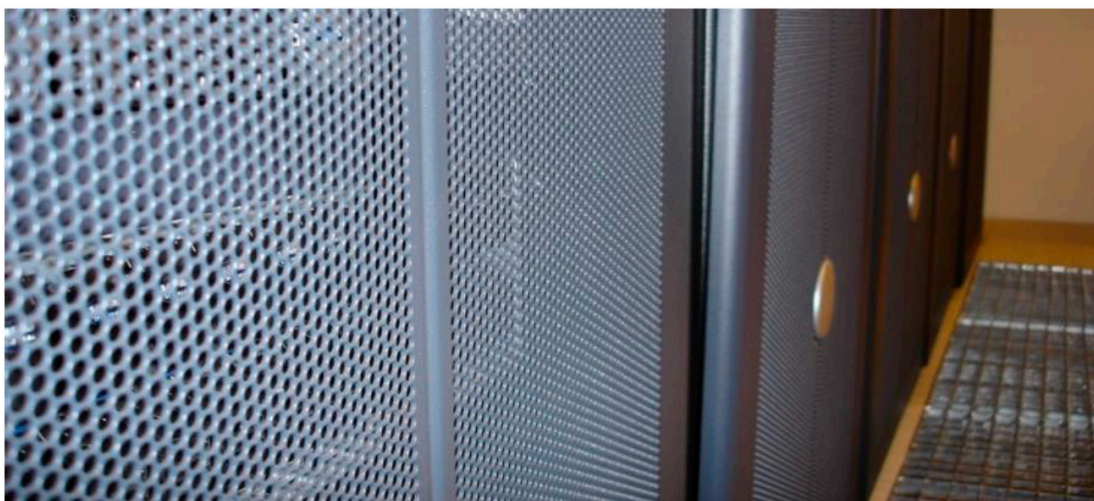
- Indret varme og kolde "gader" i serverrummet, således at serverne suger luft fra kolde gader og blæser ud til varme gader. Køleenhederne suger luft fra varme gader og blæser den kølede luft ud til kolde gader. Se figur 10
- Undgå "kortslutninger" i luftflowene i serverrummet. Se figur 11
- Ved luftindblæsning via ventilationsriste i EDB-gulve placeres rackene bag ved ristene og ikke ovenpå ristene, så luften blæses op foran fronten på racket. Hvis luften skal passere op igennem racket bliver den opvarmet før de øverste servere. Se figur 12
- Indfør blændplader på tomme pladser i rackene. Se figur 13
- Udstyr der ikke behøver køling placeres udenfor serverrummet



Figur 11. Varme og kolde "gader" i serverrum



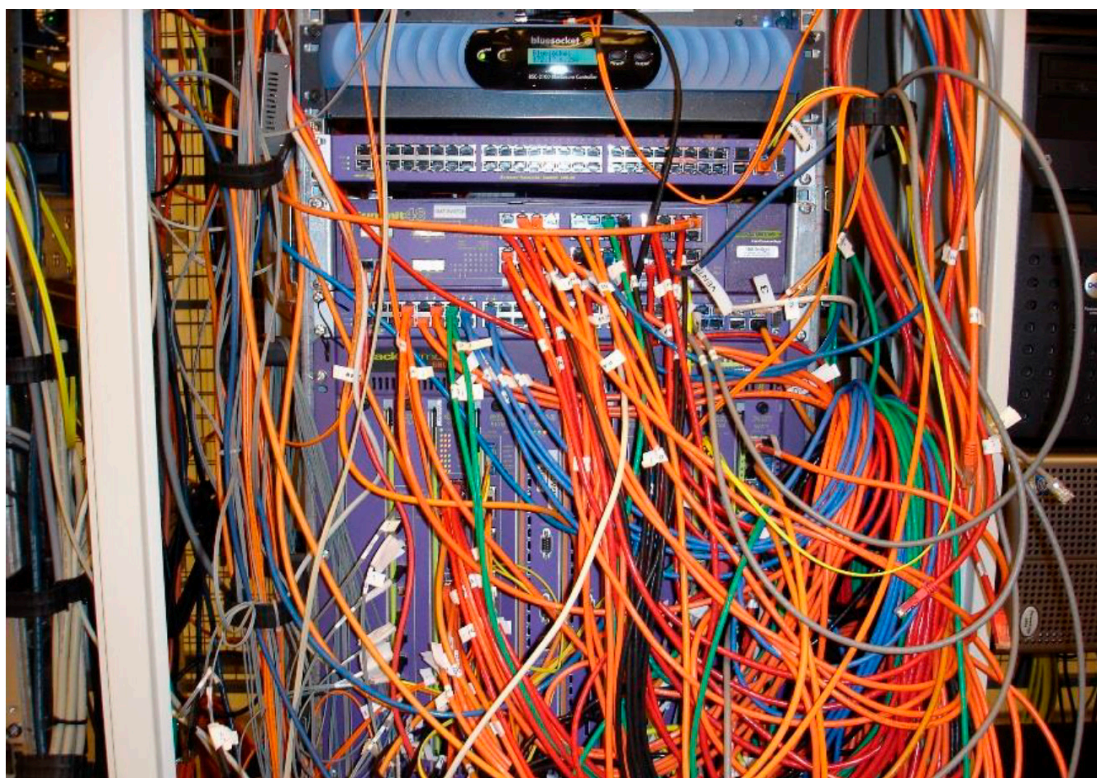
Figur 12. "Kortslutninger" i luftflow i serverrum



Figur 13. Luftindblæsning via ventilationsriste i EDB-gulve



Figur 14. Indførelse af blændplader på tomme pladser i rackene



Figur 15. Server

Montage

Eksisterende installation

Det eksisterende serverkøleanlæg nedtages. Nedtagningen skal foretages af en autoriseret kølemontør, VVS-installatør og el-installatør.

Ny installation

Det nye serverkøleanlæg opsættes og idriftsættes af en autoriseret kølemontør.

Hele køleanlægget skal udføres, så det lever op til gældende regler i forskrifter som er relevante for køleanlæg, herunder Bygningsreglementet (BR18), Arbejdstilsynets bekendtgørelse om trykbærende udstyr, At-vejledning B.4.4 "Køleanlæg og varmepumper og DS 469 "Varme og køleanlæg i bygninger".

Der findes en række standarder på køleområder, som det er lovpligtigt at følge i Danmark, fordi henvisninger til dem er skrevet ind i lovgrundlaget. Det drejer sig om:

DS/EN 378-1 +A2:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 1: Generelle krav, definitioner, klassifikation og udvælgelseskriterier

DS/EN 378-2 +A2:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 2: Udformning, konstruktion, prøvning, mærkning og dokumentation

DS/EN 378-3 +A1:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 3: Instalationssted og personbeskyttelse

DS hæfte 41:2014 DS/EN 378 en generel vejledning

Køleanlæggets bruger skal have overleveret en fyldestgørende dokumentation inklusiv installationstegninger. Dokumentationen skal blandt andet indeholde information om valgte hovedkomponenter, dvs. kompressor, fordampere, kondensator og eventuelt buffertank. Endvidere skal den indeholde information om de valgte styrings- og reguleringskomponenter, herunder manometre og termometre. Endelig skal den indeholde beregninger der viser, at anlægget lever op til kravene (Ecodesign).

Funktionsafprøvning

Der er i Bygningsreglementet BR 18 ikke krav om funktionsafprøvning af serverkøleanlæg før ibrugtagning.

Eftersyn

Hvis anlægget indeholder mere end 1 kg kølemiddel, skal det efterses mindst én gang årligt af en montør, som har den fornødne uddannelse. Er der mere end 2,5 kg kølemiddel i varmepumpen, skal det årlige eftersyn udføres af en certificeret montør fra et kølefirma (jf. AT-bekendtgørelse nr. 100 om anvendelse af trykbærende udstyr).

Butikskøling

Køling og frysning af varer udgør en betragtelig andel af elforbruget i butikker. Køling og frysning af varerne sker hovedsageligt i køle- og frostmøbler samt køle- og frostrum. Der findes forskellige typer af køleanlæg. Et af dem er kondenseringsaggregater, som der er energikrav til.



Valg af køleanlæg

For kondenseringsaggregater gælder, at køleanlæggets COP- og SEPR-værdi skal ifølge EU's ecodesign forordning nr. 2015/1095 som minimum leve op til nedenstående krav:

Driftstemperatur	Nominal kapacitet P_A	Faktor	Værdi
Middel	$0,2 \text{ kW} \leq P_A < 1 \text{ kW}$	COP	1,20
	$1 \text{ kW} \leq P_A < 5 \text{ kW}$	COP	1,40
	$5 \text{ kW} \leq P_A < 20 \text{ kW}$	SEPR	2,25
	$20 \text{ kW} \leq P_A < 50 \text{ kW}$	SEPR	2,35
Lav	$0,1 \text{ kW} \leq P_A < 0,4 \text{ kW}$	COP	0,75
	$0,4 \text{ kW} \leq P_A < 2 \text{ kW}$	COP	0,85
	$2 \text{ kW} \leq P_A < 8 \text{ kW}$	SEPR	1,50
	$8 \text{ kW} \leq P_A < 20 \text{ kW}$	SEPR	1,60

Tabel 8. COP- og SEPR-værdi skal ifølge EU's ecodesign forordning nr. 2015/1095



Figur 16. Kondenseringsaggregat

Energibesparelse

Varenes opbevaringstemperatur

Der er vigtigt, at varer ikke opbevares ved en unødvendig lav temperatur. Ofte forekommer der rumtemperaturer på ca. -30 °C, hvor -20 °C er tilstrækkeligt. I bilag 1 ses typiske varers lagringstemperatur.

Temperaturniveauet kan normalt ændres uden større problemer ved justering af f.eks. termostaters setpunkter. Dette bør dog i praksis ske efter aftale med brugeren og normalt udføres af en kølemontør. Ændring af en termostats setpunkt kan nemlig have stor indflydelse på køleanlæggets driftsforhold såsom start-stop-hyppighed.

Mere lempelige temperaturkrav på kølestedet kan dels medføre en højere fordampningstemperatur, og dels reducere kuldebehovet grundet mindre transmissions- og ventilationstab. Besparelsen på grund af det reducerede kuldebehov kan groft skønnes ved brug af nedenstående udtryk:

$$\Delta E_K = \left(1 - \frac{T_a - T_{ny}}{T_a - T_{gl}} \right) \cdot 100\%$$

hvor

T_a er omgivelsernes gennemsnitstemperatur

T_{ny} er den opnåelige opbevaringstemperatur

T_{gl} er den nuværende opbevaringstemperatur

Elbesparelsen kan på grund af højere fordampningstemperatur skønsmæssigt sættes til 2 – 3 % pr. grads stigning.

Dette nøgletal samt ovenstående udtryk anvendes i til vurdering af energibesparelspotentialerne.

Eksempel 4

I et supermarked findes et frostrum på 100 m³. Elforbruget til kompressoren er via en bimåler målt til 15.000 kWh/år. Temperaturen i frostrummet er målt til -25 °C og omgivelsestemperaturen er 5 °C. Fordampningstemperaturen er aflæst til -40 °C på kompressorens manometer.

Temperaturen i frostrummet bør være -18 °C og fordampningstemperaturen bør jf. tabel 1 være -28 °C.

Den procentvise besparelse ved at hæve temperaturen i frostrummet kan beregnes til:

$$\Delta E_k = \left(1 - \frac{5 \text{ °C} - (-18 \text{ °C})}{5 \text{ °C} - (-25 \text{ °C})} \right) \cdot 100 \% = 23 \%$$

Det svarer således til en elbesparelse på $0,23 \cdot 15.000 \text{ kWh/år} = 3.500 \text{ kWh/år}$

Fordampningstemperaturen er 12 °C for lav. Den procentvise besparelse ved at hæve fordampningstemperaturen er 24 %.

Det svarer således til en elbesparelse på $0,24 \cdot 15.000 \text{ kWh/år} = 3.600 \text{ kWh/år}$

Der kan således i alt opnås en elbesparelse på 7.100 kWh/år.

Placering af varer i køle- og frostrum samt køle- og frostmøbler

Placering af varer i køle- og frostrum samt køle- og frostmøbler har væsentlig betydning for elforbruget til køleanlægget.

I køle- og frostrum er det vigtigt at varerne placeres således, at der sikres en effektiv luftbevægelse omkring disse.

I køle- og frostmøbler er det vigtigt at varerne placeres således, at det lufttæppe ("kuldeskjold") der dannes mod omgivelserne ikke brydes af f.eks. overstabling.

Hindring af effektive luftbevægelser i køle- og frostrum, samt brudte lufttæpper i køle- og frostmøbler medfører et stigende elforbrug idet kompressorens driftstid forøges.

Der beregnes ikke elbesparelser her, da disse beregninger er meget komplicerede. Hvis ovennævnte forhold opdages påpeges de overfor virksomheden.

Afdækning af køle- og frostmøbler

Afdækning af køle- og frostmøbler udenfor åbningstiden har stor betydning for elforbruget til køleanlæggets kompressorer. Erfaringsmæssigt kan der opnås besparelser på ca. 20 % i elforbruget til forskellige typer køle-møbler ved afdækning uden for åbningstiden.

Permanent afdækning med glaslåg

I de fleste supermarkeder er der etableret permanent afdækning af køle- og frostmøblerne med glaslåg. Dette resulterer i elbesparelser til køling, både indenfor og udenfor åbningstiden. Undersøgelser har vist, at der kan opnås besparelser på ca. 20 % af elforbruget til køling ved etablering af permanent afdækning med glaslåg. Foruden elbesparelsen opnås også en forbedring af fødevarekvaliteten, da glaslågene sikrer at varerne opbevares ved korrekt temperatur.



Figur 17. Permanent afdækning med glaslåg

For at opnå den potentielle/mulige elbesparelse på 20 %, bør der ved etablering af permanent afdækning også kigges på en mere optimal drift af kompressorerne, således kapaciteten for disse modsvarer kuldeydelsen noget bedre. Etablering af permanent afdækning kan derfor med fordel foretages ved en større renovering af køleinstallationen.

Permanent afdækning med glasfronte

Glasfronte i åbne køle- og frostreoler har stor betydning for elforbruget til køleanlæggets kompressorer. I dag er der i de fleste supermarkeder etableret glasfronte i åbne køle- og frostreoler. Ligesom ved permanent afdækning med glaslåg vurderes det, at der kan opnås besparelser på ca. 20 % af elforbruget til køling ved etablering af glasfronte i åbne køle- og frostreoler, hvis de ikke findes.



Figur 18. Glasfronte i køle- og frostreoler

I bilag 2 ses nøgletal for henholdsvis åbne og lukkede køle- og frostreoler.

Eksempel 5

I et supermarked er der installeret to stk. åbne kølereoler. Der ønskes foretaget en undersøgelse af energisparepotentialet ved etablering af glasfronte i disse.

Længden af hver kølereol er 3 meter og højden 1,5 m. Det vil sige at det samlede areal er 9 m².

Ved at have opmålt arealerne af kølereolerne, er det muligt at beregne en elbesparelse ved etablering af glasfronte. Ved beregning af besparelsen anvendes en middelværdier af nøgletallene i bilag 2.

$$E_{\text{besparelse}} = (3.200 \text{ kWh/år/m}^2 - 2.400 \text{ kWh/år/m}^2) \cdot 9 \text{ m}^2 = 7.200 \text{ kWh/år.}$$

Udførelse

Dimensionering af butikskøleanlæg

Butikskøleanlæg skal dimensioneres ud fra kuldebehovet. Kuldebehovet eller nødvendig dimensionerende køleeffekt, der skal præsteres, modsvarer tilført varme til rummet fra transmission gennem vægge, loft og gulv, fra luftskifte, fra varer med højere indbringningstemperatur end rummets, fra belysning m.m.

Fastlæggelse af kuldebehov

Flest mulig bestemmende faktorer skal kendes, heriblandt flg.:

- Aktuelle produkttyper og -mængder, som skal opbevares
- Indbringningstemperaturer for de enkelte produktmængder
- Produkternes modnings- eller gæringsvarme
- Ønskede/krævede opbevaringstemperaturer for de enkelte produkter
- Krav til luftfugtighed i lagringsperioden
- Opbevaringsform (dybstabling, faste reoler, mobile reoler)
- Rumstørrelse
- Isoleringsevner for vægge, loft og gulv
- Belysning
- Luftskifte
- Varmeudvikling fra personer og/eller maskiner i rummet

Der findes forskellige beregningsprogrammer hvor kuldebehovet kan beregnes. Et eksempel på dette er beregningsprogrammet "Coolpack" fra IPU.

Montage

Eksisterende installation

Det eksisterende butikskøleanlæg nedtages. Nedtagningen skal foretages af en autoriseret kølemontør, VVS-installatør og el-installatør.

Ny installation

Det nye butikskøleanlæg opsættes og idriftsættes af en autoriseret kølemontør.

Hele køleanlægget skal udføres, så det lever op til gældende regler i forskrifter som er relevante for køleanlæg, herunder Bygningsreglementet (BR18), Arbejdstilsynets bekendtgørelse om trykbærende udstyr, At-vejledning B.4.4 "Køleanlæg og varmepumper og DS 469 "Varme og køleanlæg i bygninger".

Der findes en række standarder på køleområder, som det er lovpligtigt at følge i Danmark, fordi henvisninger til dem er skrevet ind i lovgrundlaget. Det drejer sig om:

DS/EN 378-1 +A2:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 1: Generelle krav, definitioner, klassifikation og udvælgelseskriterier

DS/EN 378-2 +A2:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 2: Udformning, konstruktion, prøvning, mærkning og dokumentation

DS/EN 378-3 +A1:2012 Kølesystemer og varmepumper – Sikkerheds- og miljøkrav – Del 3: Installationssted og personbeskyttelse

DS hæfte 41:2014 DS/EN 378 en generel vejledning

Køleanlæggets bruger skal have overleveret en fyldestgørende dokumentation inklusiv installationstegninger. Dokumentationen skal blandt andet indeholde information om valgte hovedkomponenter, dvs. kompressor, fordamper, kondensator og eventuelt buffertank. Endvidere skal den indeholde information om de valgte styrings- og reguleringskomponenter, herunder manometre og termometre. Endelig skal den indeholde beregninger der viser, at anlægget lever op til kravene (Ecodesign).

Funktionsafprøvning

Der er i Bygningsreglementet BR 18 ikke krav om funktionsafprøvning af butikskøleanlæg før ibrugtagning.

Eftersyn

Hvis anlægget indeholder mere end 1 kg kølemiddel, skal det efterses mindst én gang årligt af en montør, som har den fornødne uddannelse. Er der mere end 2,5 kg kølemiddel i varmepumpen, skal det årlige eftersyn udføres af en certificeret montør fra et kølefirma (jf. AT-bekendtgørelse nr. 100 om anvendelse af trykbærende udstyr).

Bilag 1. Fortegnelse over anbefalede maksimaltemperaturer

Kølested		Temperatur [°C]
Kølerum	Slagteropskæring	10
	Kødkølerum	5
	Pålægskølerum	5
	Mælkekølerum	5
	Delikatessekølerum	5
	Bistrokølerum	5
	Grøntkølerum	5 til 8
	Grøntsvalerum	8 til 12
Frostrum	Indfryser	-30 til -35
	Dybfrostrum	-18
Kølemøbler	Fersk kød	5
	Pålægsvare	5
	Salater	10
	Mejeriprodukter	5
	Ost	5
	Æg	10
	Fiskeprodukter	2
	Fisk, halvkonserves	10
	L H kød (langtidsholdbart)	2
	Rå fisk	2
	Rå fjerkræ	4
Frostmøbler	Kødvarer	-18
	Fisk	-18 til -28
	Brød	-18
	Is	-22 til -25
	Grøntsager	-18

Bilag 2. Specifikke nøgletal for en række kølesteder

Kølested	Specifikt elforbrug	
	[kWh/år/m ²]	[kWh/år/m ³]
Kølereol (åben)	2.800 – 3.500	
Kølereol (lukket)	2.000 – 2.800	
Kølegondol (åben)	2.000 – 2.400	
Kølegondol (lukket)	1.700 – 2.000	
Frostreol (åben)	8.500 – 9.100	
Frostreol (lukket)	6.500 – 7.000	
Frostgondol (åben)	3.200 – 4.200	
Frostgondol (lukket)	2.700 – 3.500	
Mælkefront (lukket og uden bagved liggende rum)	3.000 – 3.500	
Mælkefront (lukket med bag-ved liggende rum)	4.000 – 4.500	
Kølerum		40 - 60
Frostrum		100 - 200

Bemærkninger vedr. kølemøblerne:

- Arealet er møblets åbningsareal
- Tallene gælder for plug-in kølemøbler, dvs. at kompressor og kondensator er indbygget i møblet. Hvis møblerne er koblet på et centralt køle- eller fryseanlæg, vil de specifikke elforbrug være lavere, da centrale køle- og fryseanlæg er mere effektive.