



Køleloftsvejledning egenkonvektion

Teori for vandkøling



Køleloftsvejledning egenkonvektion



Funktion

En kølebaffle er en varmeveksler, der overfører varmen i rumluften til en kølevandskreds.

Varmeoverførslen mellem rumluft og overflade sker på to måder. Dels sker det gennem en strålingseffekt mellem bafkens overflade og rummets flader, dels som konvektion mellem luften, der ligger nærmest overfladen, og selve overfladen. Disse to varmeoverførselsværdier giver til sammen den samlede varmeoverførsel.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Egenkonvektionsteknik

Varmeoverførsel

En kølebaffle er en varmeveksler, der overfører varmen i rumluften til en kølevandskreds. For at undgå kondens må vandtemperaturen til baffleerne ikke være for lav (ca. +14°C). I første omgang overføres varmen i rumluften til kølebaflens overflade, hvorefter varmen ledes fra overfladerne ind mod rørvæggen, hvor næste varmeoverførsel sker til kølevandet. Af den temperaturforskel, der kommer fra forskellen mellem rumluftens temperatur og kølevandskredsens temperatur, er 80-90% mellem rumluften og overfladen, mens kun 10-20% opstår mellem rørvæg og vand. Forudsat at der forekommer turbulent strømning i vandet og afhængigt af, at varmeovergangstallet er mange gange større i vand end i luft.

Varmeoverførslen mellem rumluft og overflade sker på to måder. Dels sker det gennem en strålingseffekt mellem bafkens overflade og rummets flader, dels som konvektion mellem luften, der ligger nærmest overfladen, og selve overfladen. Disse to varmeoverførselsværdier giver til sammen den samlede varmeoverførsel.

Varmeoverførsel gennem stråling

Det er vigtigt at vide, at varmeoverførsel gennem stråling er en varmeoverførsel mellem kun kølebaflernes overflader og rummets overflader. Dette afhænger af overfladernes temperaturforskel og af luftens temperatur.

Det er relativt let at beregne varmeoverførslen gennem stråling ved at anvende strålingsligningen:

$$P = A \times \epsilon_t \times 5,67 \times \left(\left(\frac{T_{\text{kølebaffle}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{rum}}}{100} \right)^4 \right)$$

P = effekt (W)

A = overflade (m²)

ϵ_t = samlet emissionstal

5,67 = Stefan-Boltzmanns konstant

T = temperatur (K) (°C + 273)

ϵ er materialets evne til at absorbere og emitte varme. Alle normale materialer i et rum, med undtagelse af blankt metal har en ϵ -værdi på 0,88-0,97. Lakerede overflader har en ϵ -værdi på ca. 0,95 mens glas, tegl og andre materialer har en ϵ -værdi på ca. 0,9. For blankt metal er ϵ -værdien ca. 0,1. Dette betyder, at varmeoverførsel gennem stråling ikke kan udnyttes, hvis kølebaflens overflade eller rummets flader er af blankt metal.

Forudsat at rummets flader helt omslutter kølebaflerne, hvilket er det mest almindelige tilfælde, regnes areal A som kølebaflens omsluttende overflade. Kølebaflens overflade har normalt ϵ -værdien 0,95. Den samlede ϵ_t -værdi er værdien for kølebaflens overflade multipliceret med ϵ -værdien for rummets overflader. ϵ -værdien for rummets overflader kan være lidt forskellige, men som overslag kan en ϵ -værdi på ca. 0,94 vælges til almindelige rum.

Den samlede ϵ_t -værdi bliver således
0,95 × 0,94 ≈ 0,9

En ϵ_t -værdi på 0,9 er en god værdi at anvende ved overslagsberegninger.

Eksempel

En 2 m lang stripsbaffle (Capella Classic-53) har et omsluttende varmeoverførselsareal på 2,6 m². Denne overflade har en temperatur på + 16°C og rummets overflader en temperatur på + 24°C. Værdien på emissionstallet ϵ_t antages at være 0,9. Hvor stor er den afgivne køleeffekt fra kølebaflerne gennem stråling?

$$P = 2,6 \times 0,9 \times 5,67 \times \left(\left(\frac{289}{100} \right)^4 - \left(\frac{297}{100} \right)^4 \right)$$

$$P = 107 \text{ W}$$

Varmeoverførsel gennem konvektion

Varmeoverførsel gennem konvektion beskriver, hvad der sker meget tæt på pladeoverfladerne mellem rumluften og selve pladeoverfladen. Varmeoverførslen beregnes gennem ligningen:

$$P = \alpha \times A \times (T_{\text{kølebaffle}} - T_{\text{rum}})$$

P = effekt (W)

α = varmeovergangstallet (W/m², °C)

A = overflade (m²)

T = temperatur (K) (°C + 273)

Eksempel

En 2 m lang stripsbaffle (Capella Classic-53) har et omsluttende varmeoverførselsareal på 2,6 m². Denne overflade har en middeltemperatur på + 16°C og rumluften en temperatur på + 24°C. Middelværdien for alle overfladers varmeovergangstal α antages at være 10. Hvor stor er den afgivne køleeffekt fra kølebaflerne gennem konvektion?

$$P = 10 \times 2,6 \times (289 - 297)$$

$$P = 208 \text{ W}$$

Slutsats

I følge ovenstående beregningseksempel bliver køleeffekten gennem stråling ca. 107 W og køleeffekten gennem konvektion ca. 208 W. Dette giver en strålingsandel på ca. 34% og en konvektionsandel på ca. 66%.

Et problem med at beregne varmeoverførslen gennem egenkonvektion er at finde det korrekte varmeovergangstal, α -værdien. Varmeovergangstallet mellem luft og overflade varierer, dels afhængigt af temperaturforskellen og dels af overfladens størrelse og dens hældning. Højere temperaturforskel giver et højere varmeovergangstal. Horisontale overflader giver et højere varmeovergangstal for små overflader (bredde mindre end 1 m).

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Mens en ca. 1 m bred plan vertikal overflade kun har et varmeovergangstal på ca. 3 W/m² °C og en 5 cm bred overflade har et overgangstal på ca. 5 W/m² °C, så har en 1 cm bred overflade et varmeovergangstal på ca. 10 W/m² °C (10°C i temperaturforskel).

For at øge effekten i en egenkonvektionsbaffel kan den kølede luft, der er noget tungere, udnyttes. Dette kan gøres ved at fremstille en højere baffel med sider, hvor en kold og tung luftvolumen opnås under bafflen, hvilket øger luft hastigheden gennem kølebafkens overflade og derved øger varmeovergangstallet.

Hvorfor er det vigtigt at regne med stråling og konvektion?

Eftersom strålingen indebærer varmeoverførsel mellem overflader, påvirker den ikke lufthastighederne i rummet. Varmeoverførsel gennem konvektion skaber derimod lufthastigheder, da det kræver, at luften passerer de varmeoverførende overflader.

Ved beregninger på egenkonvektion og efterfølgende lufthastigheder, kan kun den konvektive overførsel medtages, når det gælder generering af lufthastigheder.



Billede 1. Stripsprodukter Capella kan monteres frit-hængende og i loft.

Statisk og dynamisk tryk og dets indvirkning på luftbevægelser i rum

Når luften i et rum får en vis hastighed, vil den føre den tilstødende luft med sig, hvilket påvirker den resulterende lufthastighed i rummet. Det der sker med luftbevægelser i et rum, kan teoretisk forklares med en enkelt ligning:

$$P_{\text{totalt}} = P_{\text{statisk}} + P_{\text{dynamisk}}$$

$$P_{\text{dynamisk}} = \frac{\delta \times v^2}{2}$$

P_{totalt}	= samlet tryk (Pa)
P_{statisk}	= statisk tryk (Pa)
P_{dynamisk}	= dynamisk tryk (Pa)
δ	= densitet (kg/m ³)
v	= hastighed (m/s)

Denne ligning forklarer det fænomen, der opstår i et rum, og forklarer også, hvorfor et fly flyver, en sejlbåd sejler mod vinden, en induktionsbaffel fungerer, og forklarer også mange lufthastighedsfænomener, der indtræffer under egenkonvektionsvæfeler.

Det dynamiske tryk er det samme som hastighedstryk, dvs. det tryk der dannes pga. lufthastigheden.

I et rum er det samlede tryk altid lige så stort, da der ikke forekommer noget trykfald. Dette betyder, at hvis der skabes en lufthastighed, vil der være et dynamisk tryk, hvilket automatisk giver et lavere statisk tryk i rummet. En mængdeenhed i en luftstråle, der har en hastighed, har et lavere statisk tryk end den omgivende luft, hvorved den omgivende luft vil accelerere ind mod luftstrålen, og når dette sker, presses luftstrålen sammen, så den bliver smallere.

Når den tungere koldere luft forlader egenkonvektionsbaffelen med en vis hastighed, vil rumluften fra siderne bevæge sig ind mod luftstrålen og presse den sammen. Dette betyder, at lufthastigheden under en egenkonvektionsbaffel øges under bafflen i forhold til, hvad den er lige ved bafflens udløb. Det gør også, at lufthastighederne bliver relativt tilsvarende under en egenkonvektionsbaffel, uafhængigt af bafflens bredde. En bred baffel opnår, et par decimeter under undersiden, en smallere luftstøje, der ikke har samme form som den luftstøje der opstår i en smallere egenkonvektionsbaffel.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Hvis egenkonvektionsbaffler placeres ved siden af hinanden med meget lille afstand, vil der ikke kunne passere tilstrækkeligt rumluft mellem luftstrømmene, hvorved det lave statiske tryk i luftstrømmene gør, at rumluften presses luftstrålerne sammen til en enkelt luftstråle, hvilket resulterer i højere lufthastigheder.

Samme fænomen indtræffer, hvis en egenkonvektionsbaffle placeres tæt på en væg. Rumluften kan da ikke passere mellem luftstrøm og væg, uden at rumluften fra rummet trykker luftstrømmen fra egenkonvektionsbafflen ind mod væggen. Dette kaldes for Coanda-effekten, når det sker oppe ved loftet. Det er det samme fænomen, der sker, når en egenkonvektionsbaffle placeres tæt på en væg.

Den sammenpresning af luftstrålen, der sker lige under bafflen, når rumluften presser den, aftager igen længere nede, når den blandes med rumluften. Luften bliver lettere og udvides. Hvor dette punkt indtræffer, afhænger af rummets højde. I et højt rum falder luften længere under egenkonvektionsbafflen, inden den udvides. I et lavere rum falder luften ikke så langt, da gulvet er den absolutte bremse for luftstrømmen. Lufthastigheden afhænger ikke af rumhøjden i normale rum med 2,5 - 3,0 m i rumhøjde.

Træk er mere end lufthastighed

Træk defineres normalt som en uønsket lokal afkøling af en del af kroppen og forårsages af luftbevægelser. Trækoplevelser påvirkes af lufthastigheden, lufttemperaturen og turbulensintensiteten.

Turbulensen i luftstrømmen har som sagt også stor indvirkning på risikoen for træk. Et mål på turbulensen er turbulensintensitet. Turbulensintensiteten er et udtryk for, hvor meget lufthastigheden i en luftstrøm varierer i forhold til middelhastigheden i luftstrømmen. Det er altså en kombination af lufthastighed, lufttemperatur og turbulensintensitet, der afgør risikoen for træk. Forskellige forhold mellem lufthastighed, lufttemperatur og turbulensintensitet kan give samme trækrisiko.

Formlen for turbulensintensitet er følgende:

$$T_u = \frac{SD_v}{\bar{v}} \times 100$$

T_u = turbulensintensitet
 SD_v = standard afvigelse
 \bar{v} = middelhastighed

Eksempel

Hvad bliver turbulensintensiteten, når standardafvigelsen er $SD_v = 0,05$ m/s, og middelhastigheden $\bar{v} = 0,16$ m/s?

$$T_u = \frac{0,05}{0,16} \times 100$$

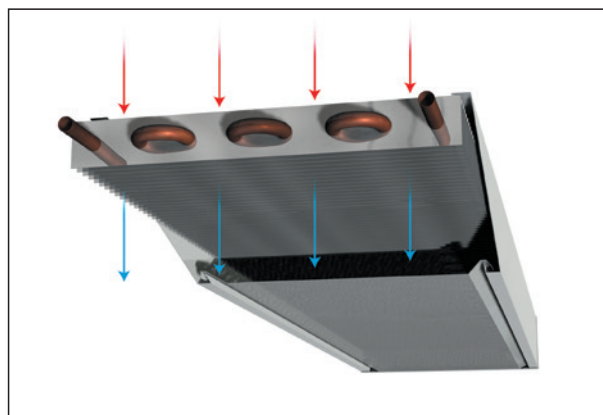
$T = 31\%$

Sammenligning mellem batteri og stripsprodukter

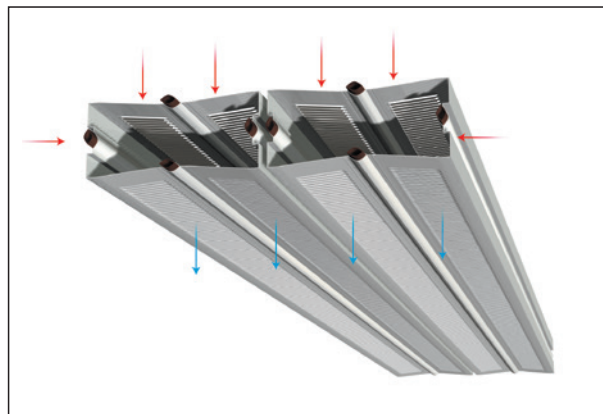
Afhængigt af hvordan egenkonvektionsprodukterne er fremstillet, kan disse deles op i to grupper, batteri og stripsprodukter. Batteriprodukter udnytter konvektion, mens stripsprodukter udnytter konvektion og stråling til sin varmeoverførsel.

I batteriprodukterne (se billede 1) findes et kølebatteri, der består af kobberør med tværgående aluminiumslameller med ca. 5 mm afstand. Dette batteri er konstrueret til at overføre varme gennem konvektion. Konstruktionen gør, at der kan opnås en meget stor overførelseeffekt på et lille antal lameller. Produkterne kan dermed gøres relativt små og stadig have høje effekter. Desuden kan batteriet indbygges, så kun indløb og retur er synligt. Indbygningen gør, at produkterne er fleksible, hvad angår design. Da batteriet ligger inde i produktet ledes meget lidt af kølingen ud i produktets underplade, hvilket gør, at effekten udelukkende sker ved hjælp af konvektion.

Stripsprodukterne (se billede 2) er opbygget helt anderledes end batteriprodukterne. Her overføres energien udelukkende til produktets yderflader.



Billede 2. I en batteribaffle sker varmeoverførslen gennem konvektion.



Billede 3. I en stripsbaffle sker varmeoverførslen gennem både konvektion og stråling.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Fladerne kan dog være åbnet i form af slidser eller perforeringer, for at luftstrømmen skal kunne passere og på den måde øge effekten pr. materialeenhed/fladeenhed. Disse åbninger er normalt udført som smalle lameller, så der opnås høje varmeovergangstal. På denne måde fås et produkt, der overfører køling eller varme med forholdsvis små flader. I og med at fladerne udelukkende er placeret i underpladen for et strålingsudbytte mellem underplade og rumflader, bliver det omsluttende areal på produktet noget større end et modsvarende batteriprodukt. Teknikken indebærer også visse krav til udseende, for at funktionen skal blive tilfredsstillende. Selvfølgelig kan et stripsprodukt placeres over et perforeret loft, men strålingsandelen bliver mindre end ved frithængende montage.

Fordelene med stripsprodukter i forhold til batteribafler er, at ca. 50% højere effekt kan overføres med samme lufthastighed, afhængigt af strålingsandelen. En samlet mindre flade giver også et let produkt, der er nemmere at rengøre. Stripsbaflerne overfører sin energi vha. egenkonvektion i de tynde slidser samt gennem stråling. Dette betyder, at effektkurven næsten er lineær i forhold til temperaturstigningen i modsætning til en batteribafler. Hvis temperaturforskellen mellem middelvandstemperaturen og rumtemperaturen 4°C , opnås næsten det halve effektudbytte sammenlignet med temperaturforskellen 8°C . Dette gør, at man i et dynamisk temperaturforløb, hvor rumtemperaturen varierer i løbet af døgnet, bedre kan udnytte akkumulering af køling i bygningsmassen.

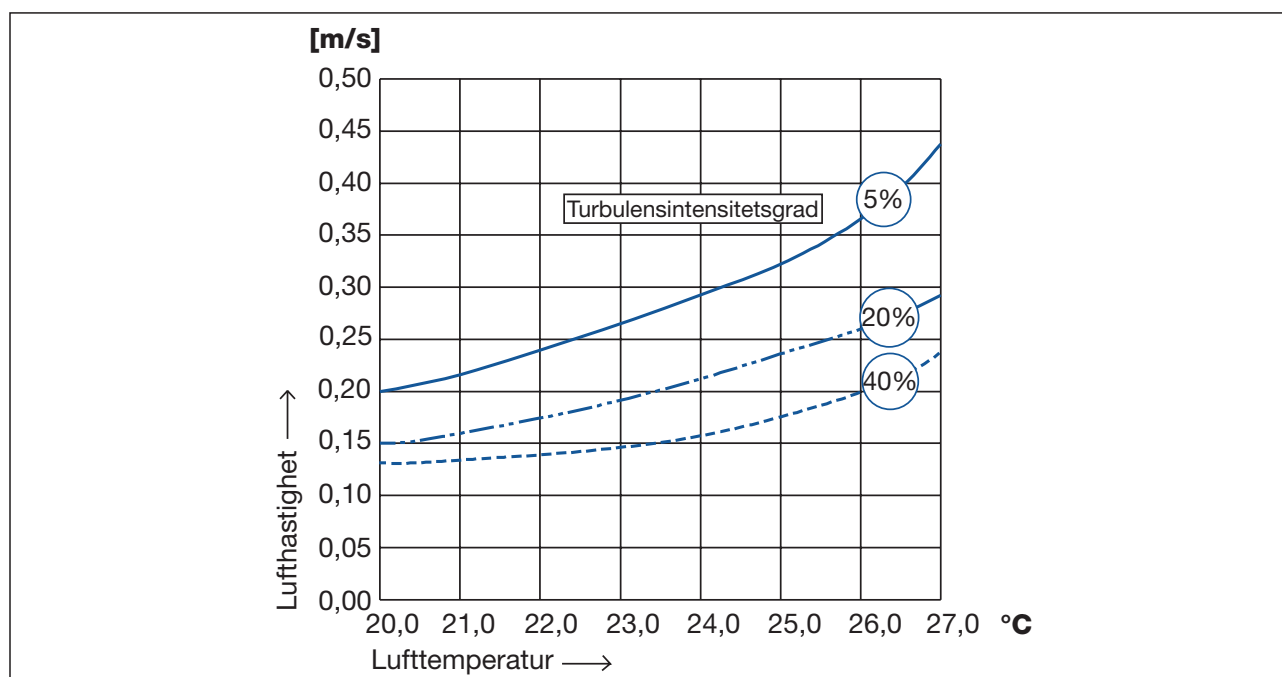


Diagram 1. Ud fra den beregnede turbulensintensitet og rummets lufttemperatur kan maksimal lufthastighed, som ikke skaber træk, aflæses i diagrammet DIN 1946.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Resultatet bliver en lavere rumluftstemperatur ved samme installerede effekt. Desuden betyder dette, at stripsbatterierne bliver relativt upåvirket af deres placering sammenlignet med batteribatterier, der kræver en vis hastighed gennem lamellerne for at fungere, og er følsomme over for fejlplacering og forhindringer i luftstrømmen.

Stripsprodukternes strålingsvarmeudbytte gør også, at klimaoplevelsen bliver bedre ved samme rumtemperatur. Da ca. 30-35% af køleeffekten overføres gennem stråling, bliver der et direkte varmeudbytte mellem menneske og kølebaffle, som gør, at det føles lidt køligere ved samme omgivende lufttemperatur.

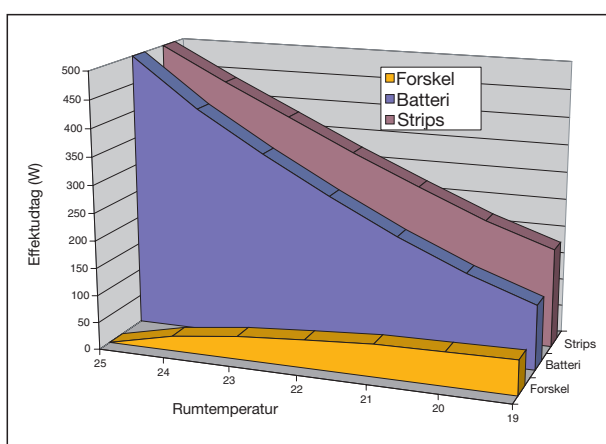


Diagram 2. I dette diagram vises batteri og stripsprodukter i et dynamisk forløb. Det kan her konstateres, at stripsprodukterne momentant har et højere effektudtag end batteriprodukterne op til rummets maks. temperatur 25°C.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Visning af målinger og beregninger af lufthastigheder

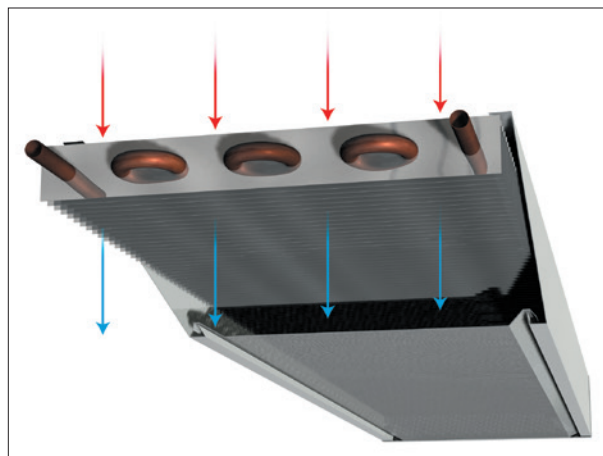
Samtlige målinger og tests, der vises i denne vejledning, er udført i klimalaboratoriet hos Lindab Comfort. Laboratoriet er et moderne udstyret laboratorium med høj fleksibilitet til forskellige typer målinger.

Målingerne er udført efter den VVS-tekniske forenings retningslinjer for, hvordan lufthastighedsmålinger skal udføres. Måleværdierne vises som en middelværdi af en måleserie i et bestemt udvalgt målepunkt over en tidsperiode på 3 minutter. Varmen til målerummet er tilført gennem væg og gulv for at minimere dens påvirkning af lufthastighederne. Lufthastighederne i opholdszonen er beregnet som middelværdien mellem 1200 og 1800 mm over gulvet med bafkens underplade placeret 2600 mm over gulvet.

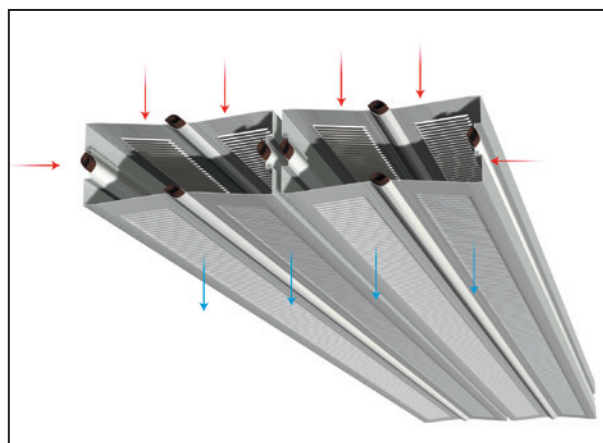
De anvendte måleinstrumenter er af typen ALNOR model AVT-75. Målepunkterne har været placeret med c-c 100 mm på højderne 100, 1200 og 1800 mm over gulvniveau.

Med batteribaffel menes en kølebaffel, der er opbygget af et lamelbatteri med to tværgående lameller, der er fastgjort på kobberrør. I et almindeligt batteribaffel sker ca. 95% af varmeoverførslen via konvektion og ca. 5% via stråling.

Med stripsbaffel menes en kølebaffel, der er opbygget af rør med flanger, der danner bafkens overflader. Over- og undersiden består af slidser, så luften kan passere. I en typisk stripsbaffel sker 65% af varmeoverførslen via konvektion og ca. 35% via stråling.



Billede 4. Funktion batteribaffel.



Billede 5. Funktion stripsbaffel.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Ydelse og egenskaber

Et resumé af egenskaberne for passive og aktive kølesystemerne findes i nedenstående tabel:

Egenskaber		Passiv 95% konvektion (Afsnit 3.5)	Passiv 65% konvektion 35% Strålingsabsorption (Afsnit 3.6)
Potentiel kølekapacitet*	W/m Køling	≤ 225 W/m	≤ 300 W/m
	W/m ² Køling	≤ 75 W/m ²	≤ 100 W/m ²
Potentiel varmekapacitet (både luft og vandopvarmning)	W/m Opvarmning	N/A	N/A
	W/m ² Opvarmning	N/A	N/A
Installations placering	Over nedhængt loft	Ja	Ja
	I loftet	Ja	Ja
	Under betonloft - frithængende	Ja	Ja
Luft cirkulation	Luftindgang	Rist / åbning	Perforeret plade
	Luft udskiftning	Lodret	Lodret
Funktioner	Køling	Ja	Ja
	Opvarmning	Nej	Nej
	Ventilation	Nej	Nej
Støj	Luftstrøm	Meget lav	Meget lav
Vigtige overvejelser	Åbningsareal for induceret luft	Enhedens overflade areal i toppen	Enhedens overflade areal i toppen

* Baseret på:

A) EN14518 Passiv kølebaffle

B) Rum temperaturforskellen til vandtemperaturen = 8°K

C) Retur vand flow temperatur forskel = 2°K

D) Rum temperatur 24°C

E) Vand middeltemperatur 16°C

F) Centerafstand imellem kølebafler 3 meter.

Noter

1. Ydelse for passive kølebafler - Den maksimale køleeffekt op til 225 W/m henviser til passive kølebafler (ca. 95% konvektionsdel) og er baseret på komfort kriterier som rekommanderet i EN ISO 7730 (PPD < 15%).
2. Passive kølebafler kun baseret på konvektion kan frigive mere køleeffekt (større end 225 W/m), men det skal på projektstadiet vurderes hvordan trækrisikoen kan minimeres for at opnå ønsket komfort. Luftstømmingen fra en kølebaffle med afgivelse af 225 W/m, skal projekteres i områder uden for normal komfortzoner. (som f.eks. i afstand på 0,6 meter fra facade som angivet i ASHRAE 55 and PD CR 1752:1999).
3. Ved anvendelse af passive kølebafler med en større andel af stråling, der afgiver kølekapacitet på over 300 W/m, skal der tages højde for at komfort kriterierne overholdes som anvist i BS EN ISO 7730 (PPD < 15%).

CBCA – An introduction to Chilled Beams and Ceilings, July 2012 version 1.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Effekt pr. aktiv meter ved forskellige lufthastigheder for strips- og batteribaffler

I diagram 3 aflæses lufthastigheden i opholdszonen under en batteri- eller stripsbaffle, i et rum med rumhøjde 2,6 m.

Diagrammet viser f.eks., at værdien 110 W/m baffle ikke må overskrides for en batteribaffle, og modsvarende grænseværdi for en stripsbaffle er 175 W/m baffle, med en maksimal lufthastighed på 0,25 m/s.

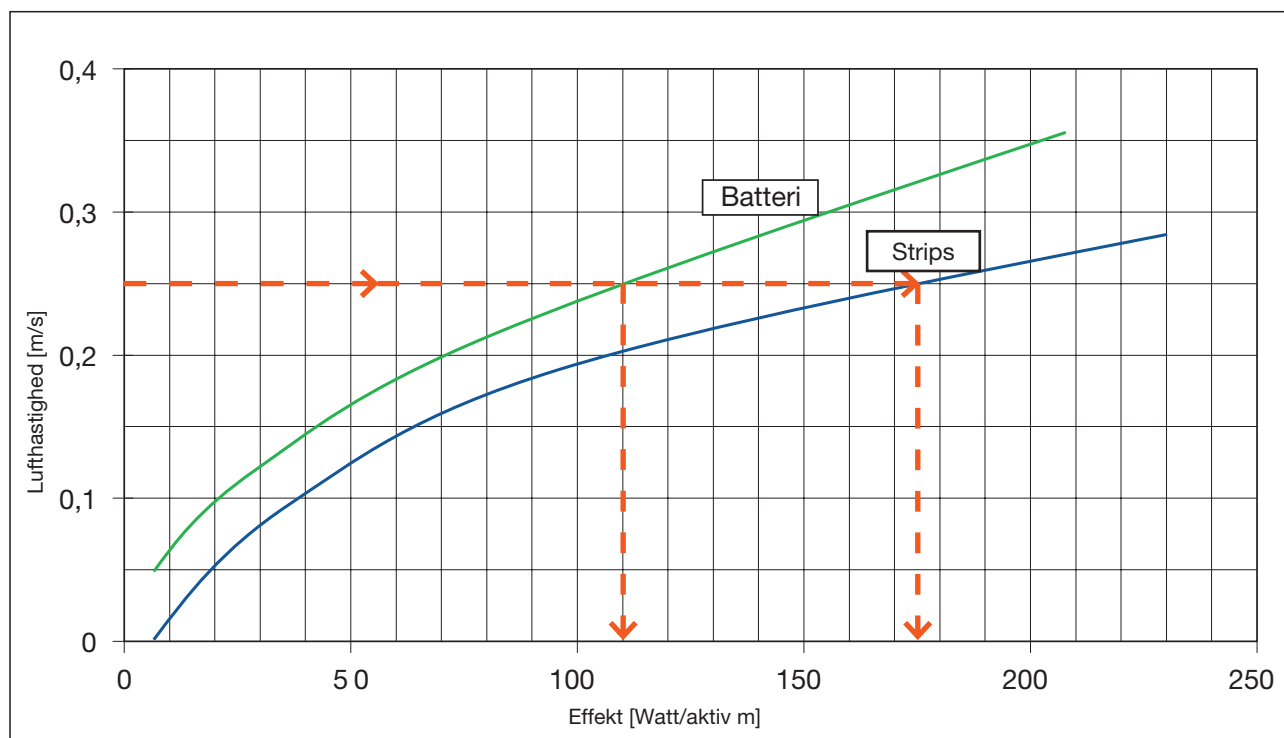


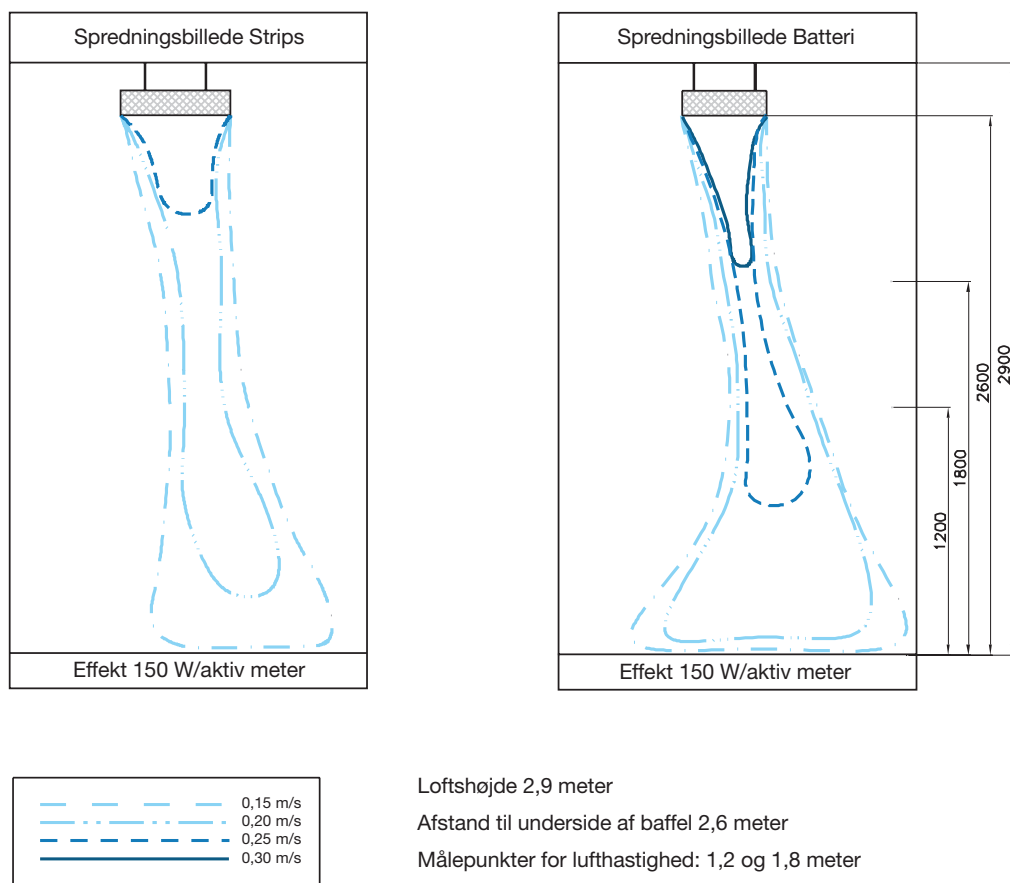
Diagram 3. Lufthastighed / Watt pr. aktiv meter.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Effekt pr. aktiv meter ved forskellige lufthastigheder for strips- og batteribafler

Der er foretaget en lang række målinger for at danne diagram 3. Figur 1 viser to eksempler fra denne måleserie ved effekten 150 W/m, hvor det fremgår, at lufthastighederne bliver acceptable for en stripsbaffel, mens hastighederne bliver for høje for en batteribaffel. E eksemplet fremgår, hvordan luftstrålens lave statiske tryk gør, at luftstrålen under bafflen trykkes sammen til en smallere luftstråle.



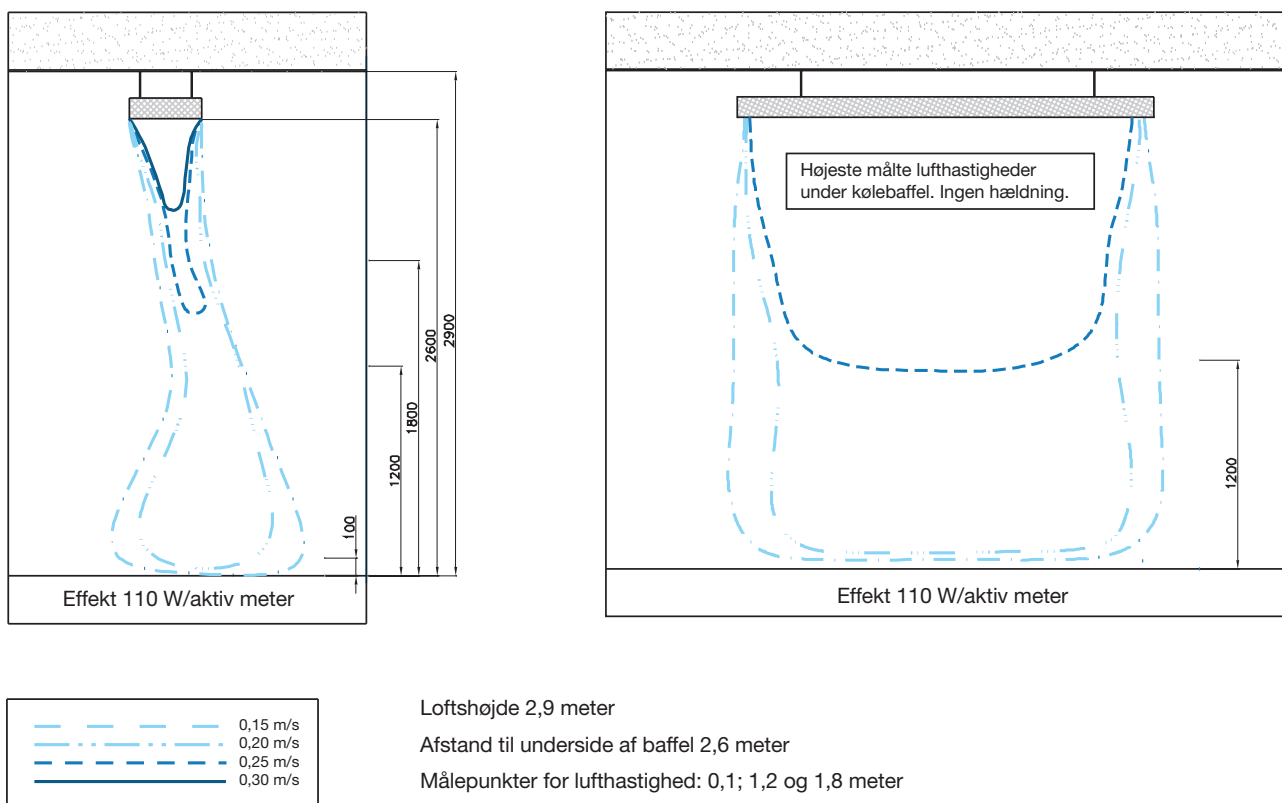
Figur 1. Lufthastighed for strips- og batteribafler.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Effekt pr. aktiv meter ved forskellige lufthastigheder for strips- og batteribafler

Figur 2 viser lufthastighederne ved effekten 110 W/m i en batteribaffel, dels på tværs af baffelen dels langs baffelen. Modsvarende effekter for en stripsbaffle er 175 W/m med samme lufthastighedsprofil.



Figur 2. Lufthastighed for batteribafler.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Lufthastighederne afhænger af bafkens bredde

For at beregne, om en bred baffel får lavere lufthastighed end en smallere, skal målingerne udføres for baffler med forskellige bredde. Diagram 4 viser, at bredden kun har en marginal betydning for lufthastighederne. Hvis bredden på en batteribaffel fordobles fra 42 cm til 84 cm, falder lufthastigheden kun 10%. Grunden til dette er, at luftstrålen presses sammen under bafflen og får en tilsvarende form og hastighed, uanset om bafflen er bred eller smal. Det samme gælder for stripsbaffler.

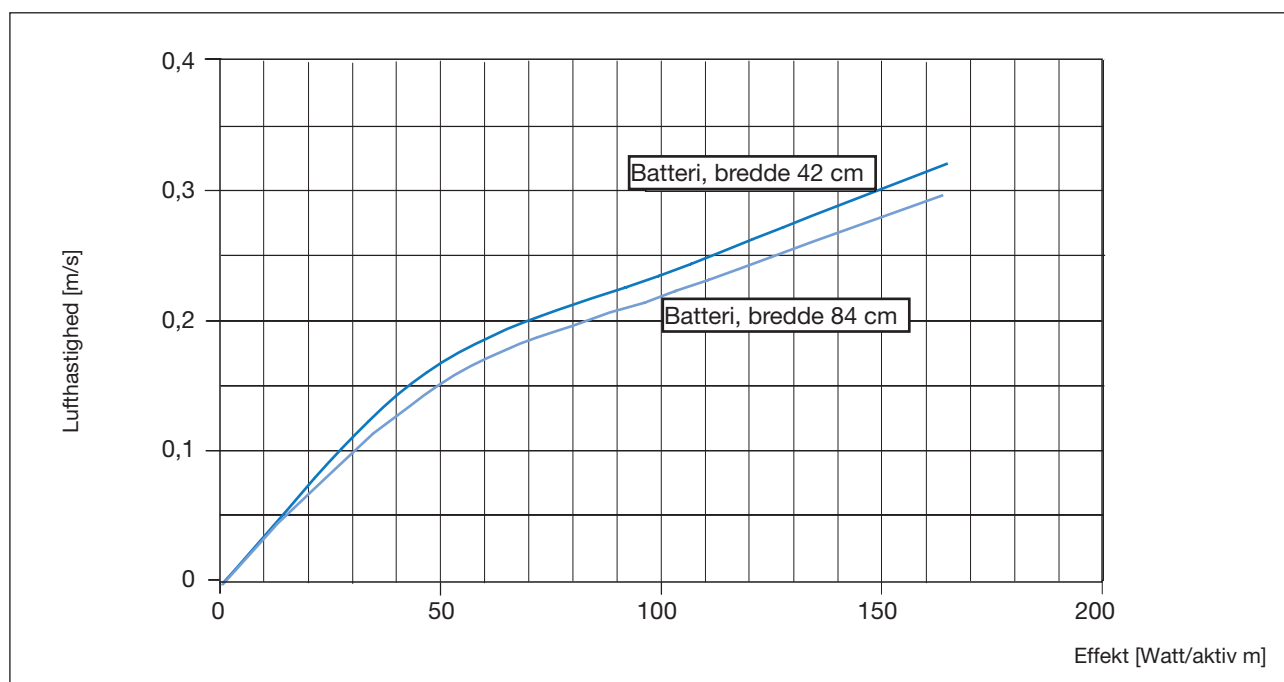


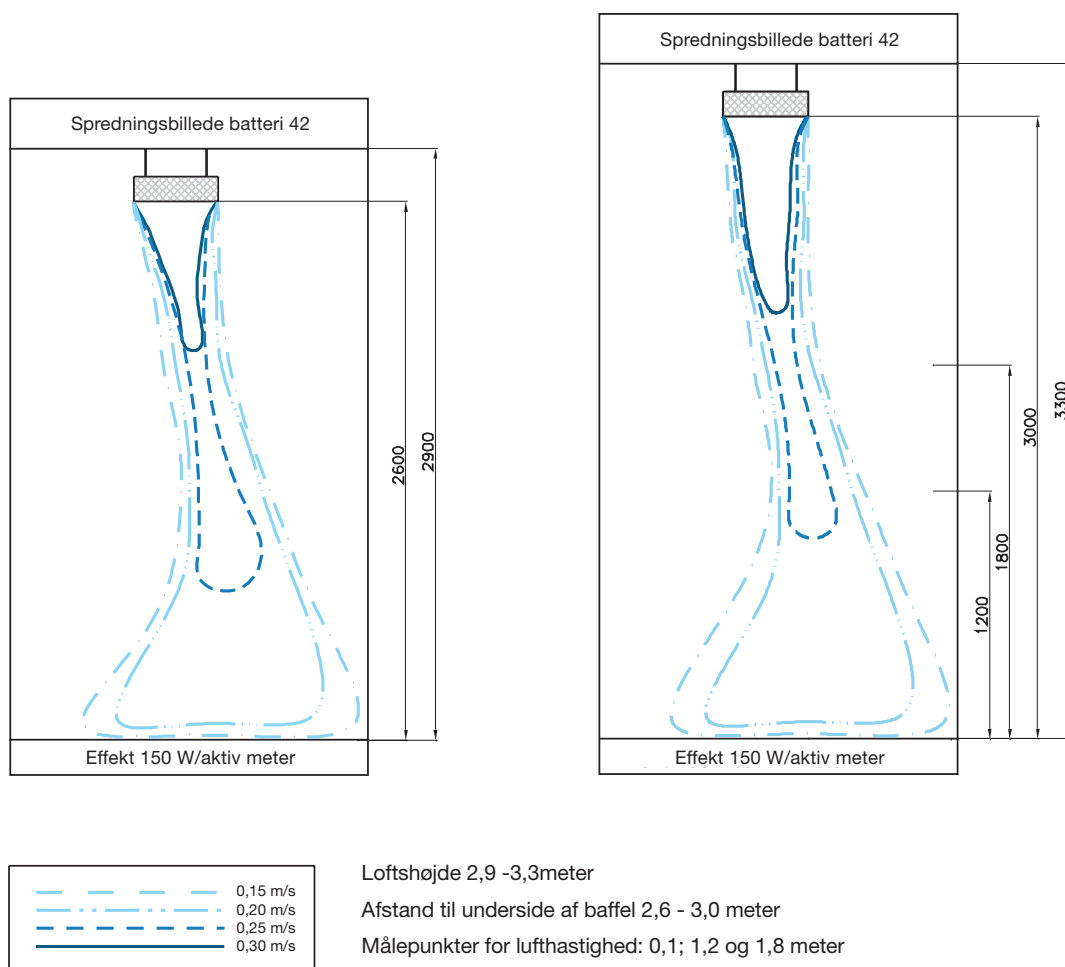
Diagram 4. Lufthastighed ved forskellige bredde på baffler.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Lufthastigheden i opholdszonen afhængigt af loftshøjde

Figur 3 viser lufthastigheden i rum med en batteribaffel placeret i forskellig højde. Figurerne viser tydeligt, at lufthastighederne ikke påvirkes nævneværdigt, uanset om rummet er højt eller lavt, i hvert fald inden for intervallet 2,6 - 3,0 m over gulvet. En marginal reduktion af lufthastigheden kan påvises, hvis rummet bliver højere. Først når loftshøjden på 3,0 m overskrides væsentligt, kan der antages lavere lufthastigheder i opholdszonen.



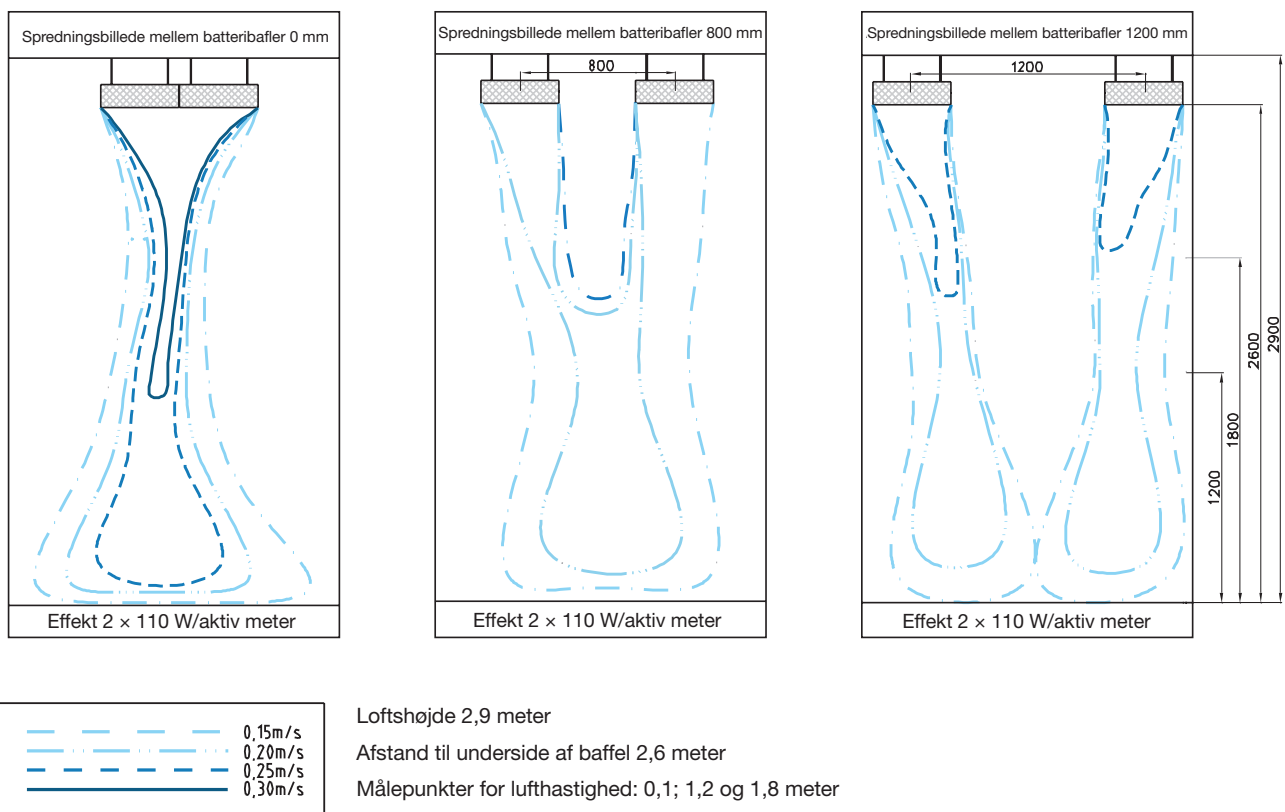
Figur 3. Lufthastighed ved forskellige loftshøjder.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Lufthastigheden ved flere baffler ved siden af hinanden.

Figur 4 viser, hvad der sker, når kølebaffler placeres tæt ved hinanden. Effekten er valgt til 110 W/m med batteribaffel, dvs. den effekt, der kan anses at være den maksimalt tilladte for en enkelt batteribaffel. Hvis der i stedet anvendes en stripsbaffel, kan modsvarende effekt sættes til 175 W/aktiv meter. Bafflen i eksemplet er 42 cm bred. Med to baffler ved siden af hinanden, c-c 800 mm opnås en lufthastighed i rummet modsvarende en enkelt baffel. Luftstrømmene under bafflerne er dog stadig påvirket af hinanden. I figurerne kan det konstateres, hvordan luftstrømmene suges ind til hinanden, afhængigt af det lave statiske tryk, der findes i luft søjlerne, som vil trække rumluften ind til sig. Da der ikke kan komme noget luft mellem bafflerne i tilstrækkelig omfang, suges luftstrålerne i stedet sammen under bafflerne. Først ved en afstand c-c 1,2 m fungerer bafflerne som to separate baffler rent luftteknisk.



Figur 4. Lufthastighed med forskellig afstand mellem to baffler.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Lufthastigheden ved flere baffler ved siden af hinanden.

Diagram 5 viser middellufthastigheden 1,6 m over gulvet som funktion af forskellig c-c måling på bafflerne. Det fremgår, at c-c 800 mm og større afstand giver stort set samme lufthastighed som ved en enkelt baffel. Et bestemt minimum indfinder sig ved c-c 800 mm, da der ved denne afstand sker en maksimal sidebevægelse af luften, som mindsker lufthastigheden.

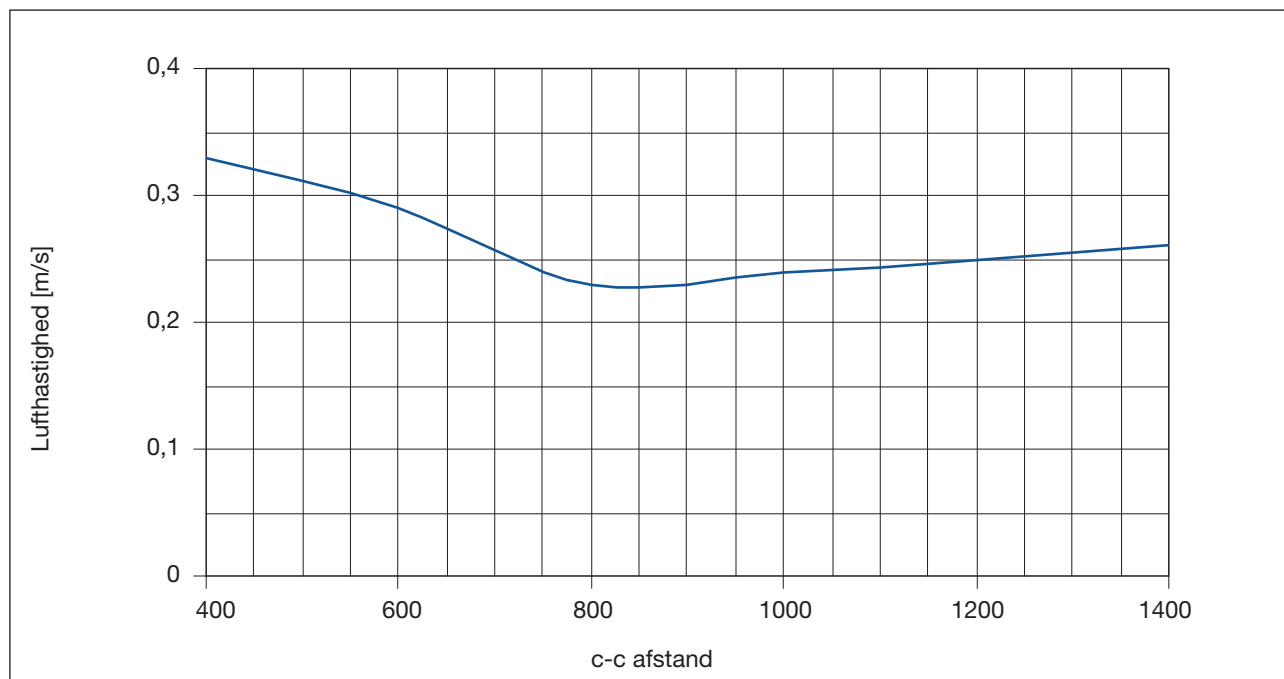


Diagram 5. Lufthastighed 1,6 meter over gulv ved forskellig c-c afstand mellem to baffler. Batteribaffel: 110 W/m. Stripsbaffel: 175 W/m.

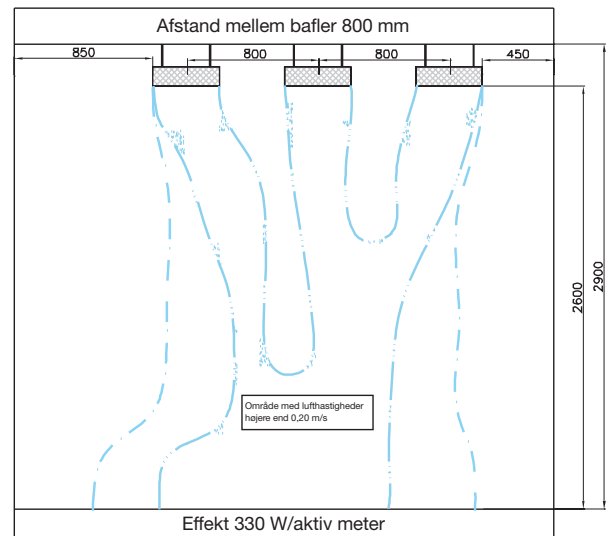
Køleloftsvejledning egenkonvektion

Figur 5 viser, hvad der sker, når en tredje kølebaffle placeres ved siden af de to andre ved den mindste tilladte afstand c-c 800 mm. Alle luftstrømme påvirker hinanden, men lufthastighederne er kun ubetydeligt højere end for en enkelt baffle.

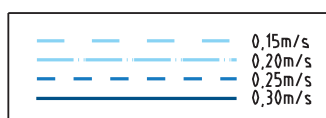
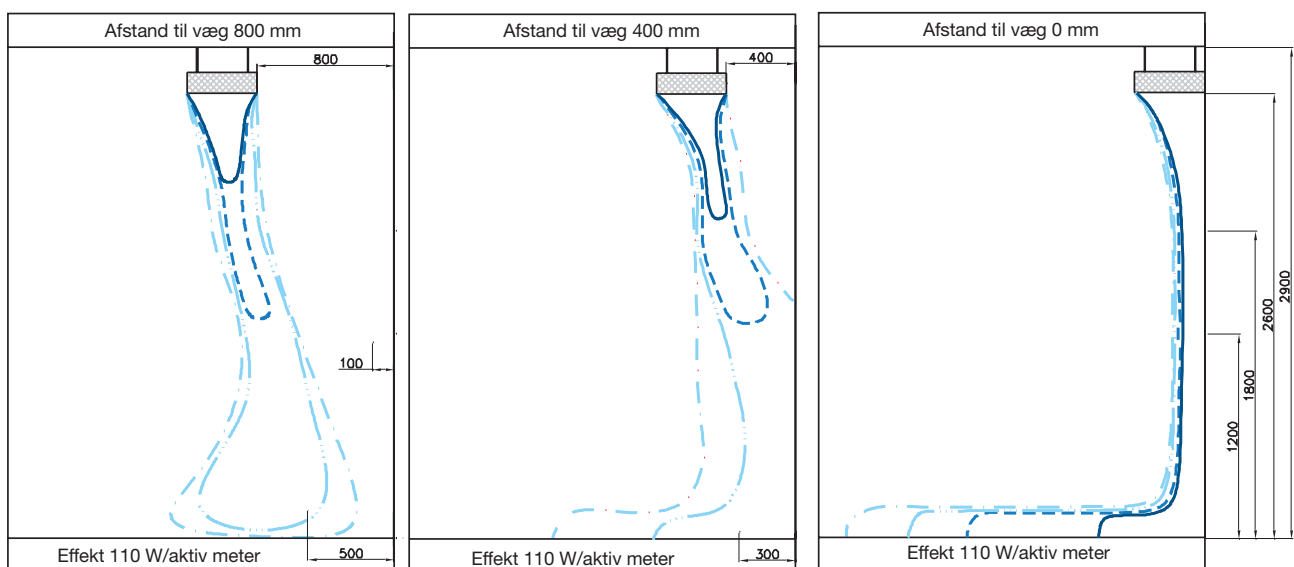
Anbefalingerne ved placering af mange baffler ved siden af hinanden bliver derfor, at effekten i batteribaffler ikke må overskride 110 W/m og skal have en c-c afstand over 800 mm mellem bafflerne. For stripsbaffler gælder modsvarende, men effekten kan øges til 175 W/m.

Lufthastighederne afhænger af bafflens placering ved væg.

Figur 6 viser, hvad der sker, når en kølebaffle placeres tæt ved en væg. Det ændrede tryk der forekommer pga. lufthastighederne gør, at luftstrømmen suges ind mod væggen, såkaldt coandaeffekt. Dette skyldes, at afstanden bliver så lille, at der ikke kan passere luft mellem kølebaffelen og væggen i tilstrækkeligt omfang. Fænomenet indtræffer ved afstanden ca. 400 mellem bafflernes side og væggen. Bafflens bredde er i dette tilfælde 420 mm. Det fremgår også, at lufthastighederne har en tendens til at øges, når bafflen er placeret helt ind til væggen.



Figur 5. Lufthastighed med tre baffler.



Loftshøjde 2,9 meter
 Afstand til underside af baffle 2,6 meter
 Målepunkter for lufthastighed: 0,1; 1,2 og 1,8 meter

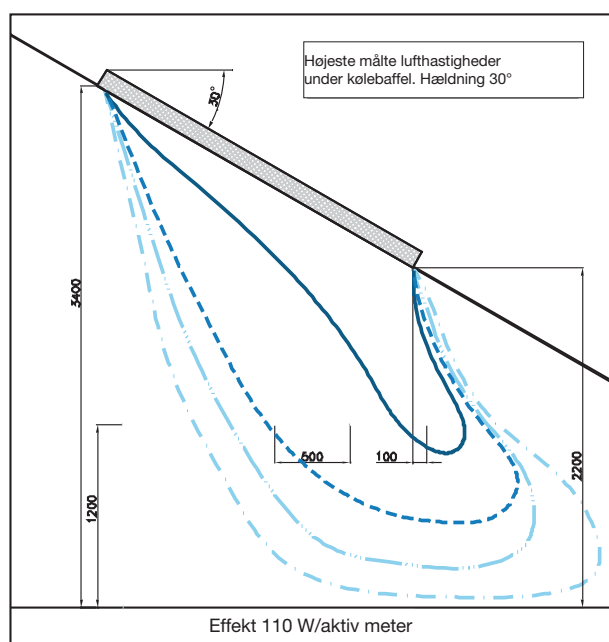
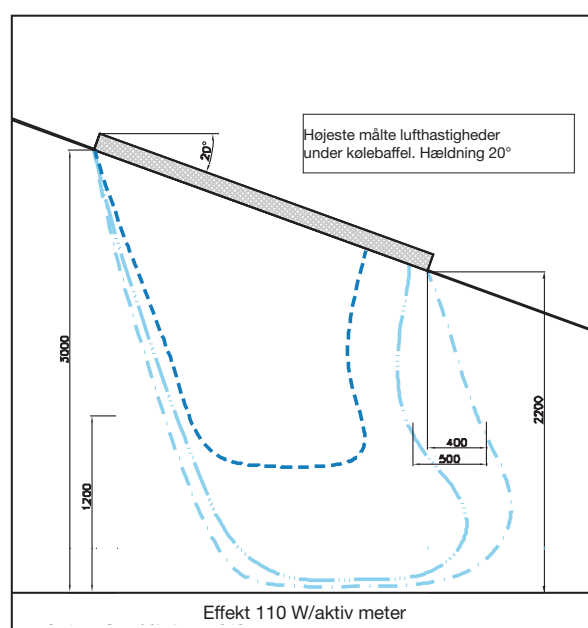
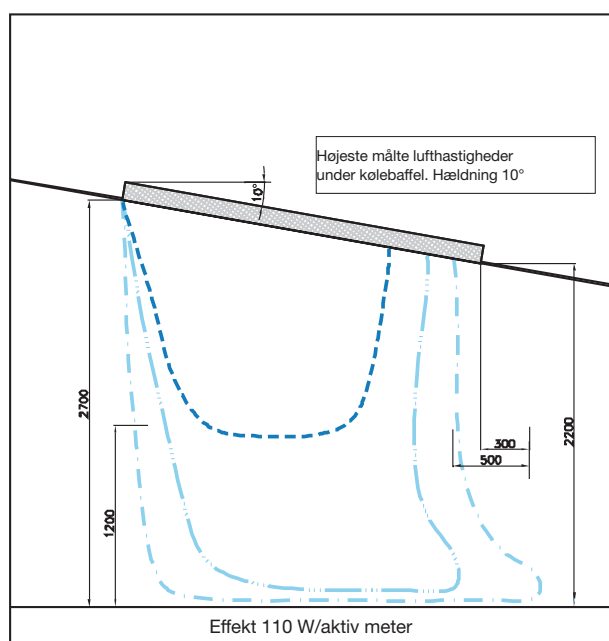
Figur 6. Lufthastighed ved placering af baffle ved væg.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Lufthastighederne afhænger af baffle's hældning

Figur 7 viser, at lufthastighederne øges, hvis en kølebaffle vinkles i længderetningen. Forøgelsen kan begynde at ses ved hældning på 20°. Ved hældning på 30° er lufthastighederne væsentligt højere og forskudt til den lavere liggende del af kølebafflen.



Figur 7. Lufthastighed ved forskellige hældninger.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Turbulensintensitet i luftstrålen under en egenkonvektionsbaffle

Turbulensintensiteten i luftstrålen under en egenkonvektionsbaffle er den samme, uanset om det er en stripsbaffle eller en batteribaffle. Derimod afhænger turbulensintensiteten af, hvilken hastighed der er i luftstrålen. Ud fra nedenstående diagram kan turbulensintensiteten aflæses som funktion af forskellige lufthastigheder. Studeres forholdene ved de kritiske lufthastigheder, ca. 0,25 m/s, bliver turbulensintensiteten ca. 15%.

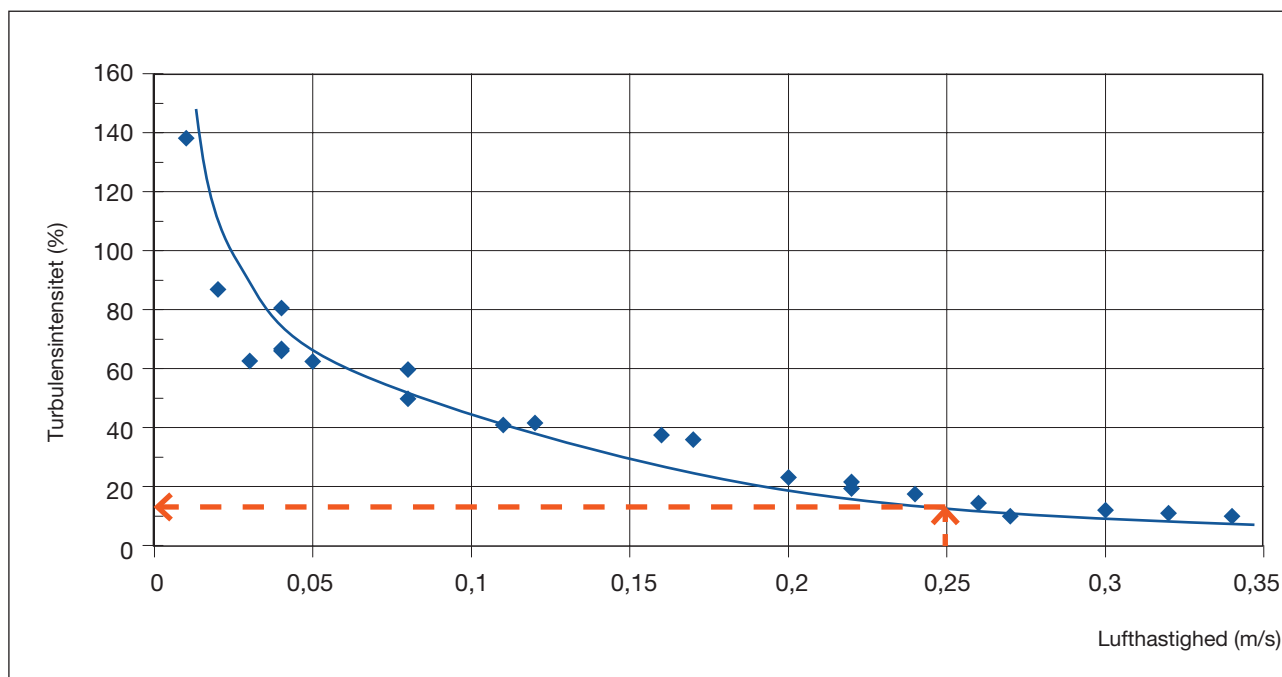


Diagram 6. Turbulensintensitet ved batteribredde på 42 cm og effekt på 100-150 W/aktiv meter.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Målinger & beregninger

Virkeligt tilfælde

I et kontorlokale med en rumhøjde på 2,9 m og en afstand til kølebaflens underplade på 2,6 m skal der installeres egenkonvektionsprodukter. Temperaturkravet, som skal opfyldes, er maks. 25°C i rummet, og klimaoplevelsen skal holdes inden for DIN-normens krav vedrørende temperatur, lufthastighed og turbulensintensitet. Køleeffekten fra produkterne skal være i alt 500 W.

Kontrollér, at lufthastigheden ikke skaber træk ved valg af egenkonvektionsprodukter, der skal opfylde de givne krav.

Løsning:

Trin 1: Gå ind i DIN-diagrammet, diagram 1, med 25°C og antag 15% turbulensintensitet. Dette giver en lufthastighed på 0,25 m/s.

Trin 2: Kontrollér antagelsen i diagram 6. Gå ind på 0,25 m/s og aflæs 15%. Antagelsen er i dette tilfælde OK!

Trin 3: Vær opmærksom på maksimale køleeffekter for strips- og batteriprodukter. Gå ind i diagram 3.

Diagrammet giver følgende værdier:

Stripsprodukt: 175 W/m

Batteriprodukt: 110 W/m

Kontroller: Kontrollér om bredden på baflen har en betydning for effekten W/aktiv meter i baffel i diagram 4. Kontrollen giver svaret, at bredden kun giver en marginal forskel.

Kontrollér om loftshøjden har nogen betydning for lufthastigheden og spredningsbilledet for aktuel loftshøjde i figur 3. Afhængigt af om loftshøjden ligger inden for intervallet 2,6-3,0 m over gulvet, bliver lufthastighederne acceptable.

Find ud af, hvilken afstand der kræves mellem to bafler, hvis der kræves to produkter, se figur 4. Figuren viser, at c-c afstanden skal være mindst 800 mm mellem hvert produkt, for at lufthastighederne og spredningsbillederne er OK.

Kontrollér i figur 6, hvordan lufthastighederne bliver ved placering af baflen ved væg eller mod væg. Med en større afstand end 400 mm mellem baffel og væg ledes luften ikke langs væggen.

Efter trin 1 til 3 foretages følgende valg:

Ved valg af stripsbaffel: Produktet skal være mindst 500 W/175 W \approx 2,9 m langt.

Ved valg af batteribaffel: Produktet skal være mindst 500 W/110 W \approx 4,5 m langt.

Køleloftsvejledning egenkonvektion

Sammenfatning af diagrammet

Ved at aflæse diagram 1 + 6 opnås den tilladte lufthastighed som funktion af rumtemperatur, se diagram 7.

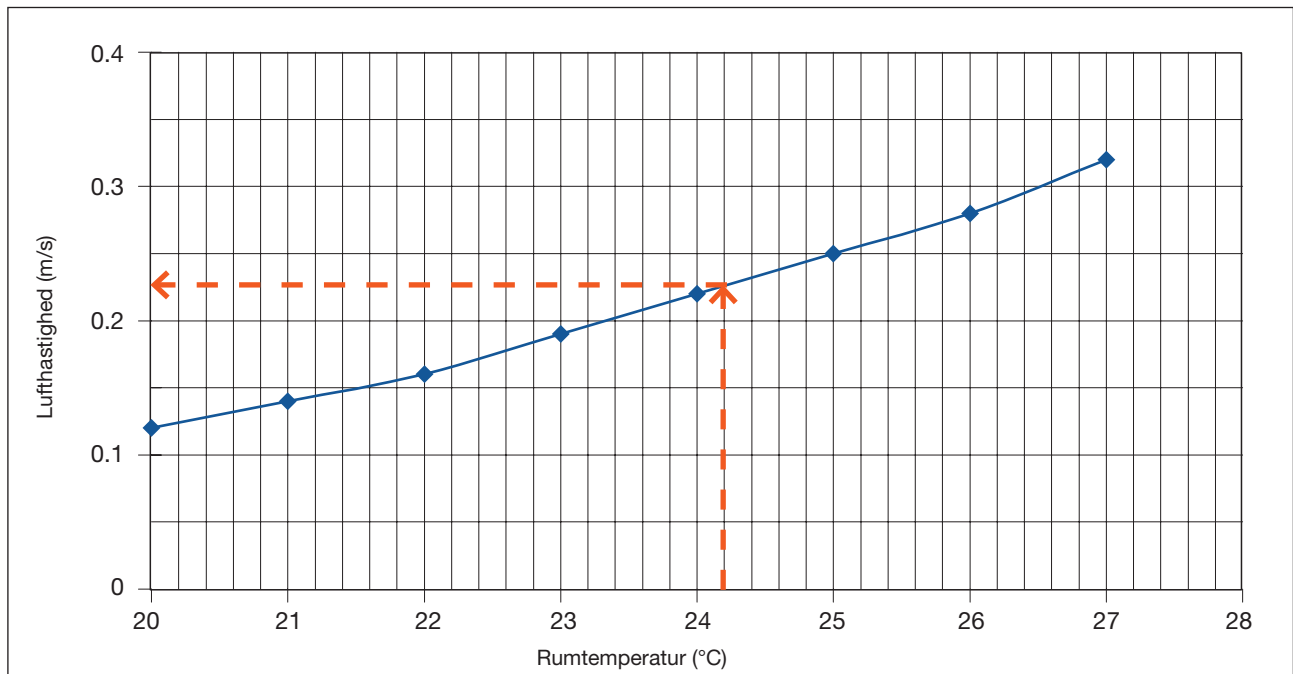


Diagram 7.

Ved at aflæse diagram 1 + 3 + 6 opnås den tilladte effekt pr. meter baffel som funktion af rumtemperatur, se diagram 8.

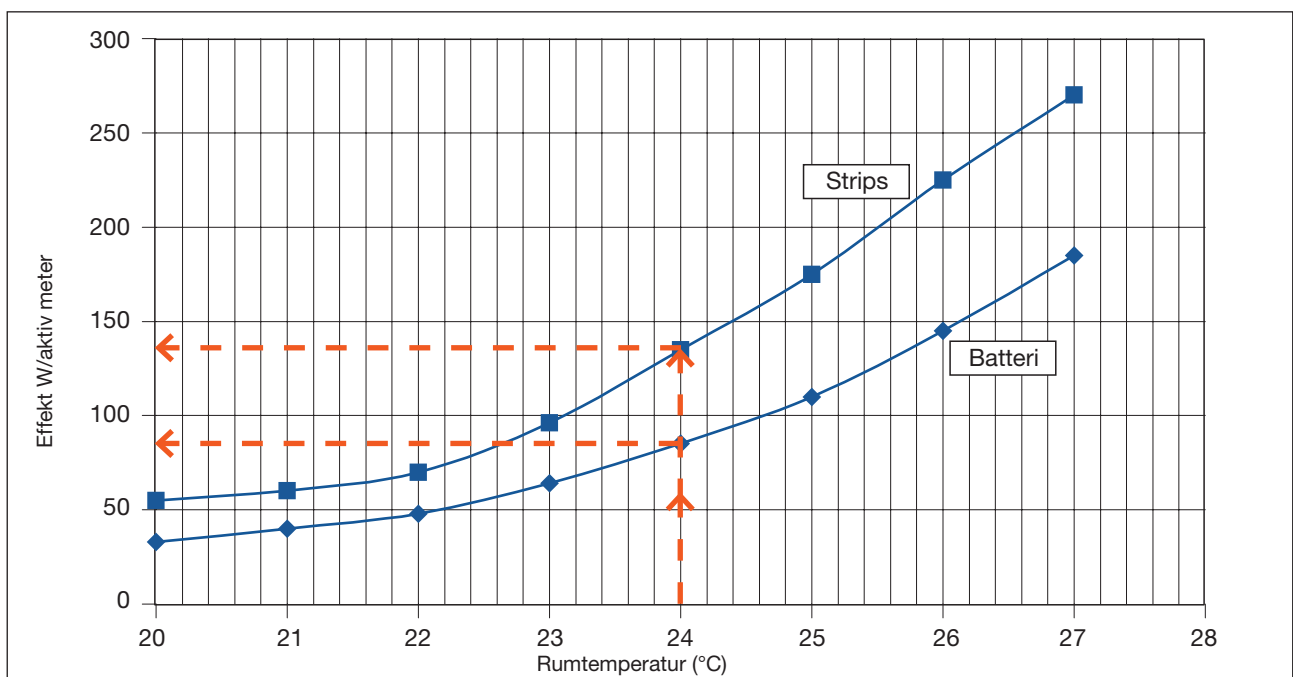


Diagram 8.



De fleste af os tilbringer størstedelen af vores tid indendørs. Indeklima er afgørende for, hvordan vi har det, hvor produktive vi er, og om vi holder os sunde.

Hos Lindab har vi derfor gjort det til vores vigtigste mål at bidrage til et indeklima, der forbedrer menneskers liv. Det gør vi ved at udvikle energieffektive ventilations- løsninger og holdbare byggeprodukter. Vi stræber også efter at bidrage til et bedre klima for vores planet ved at arbejde på en måde, der er bæredygtig for både mennesker og miljøet.

[Lindab](#) | For et bedre klima