



Inhoud

1. Inleiding
2. Opstelruimte koelmachine
3. Opstelling warmtelast berekening
4. Interne warmtebelasting
5. Maatregelen ter verlaging van de interne warmtelast
6. Externe warmtebelasting
7. Maatregelen ter verlaging van de externe warmtelast
8. Het samenstellen van een koellast voor een gebouw

1. Inleiding

De elektrisch gedreven compressiekoelmachine is een grote afnemer van elektrische stroom en vereist daarom een zeer zware en dure elektrische bekabeling. De afstand traforuimte koelmachine dient dan ook zo kort mogelijk te zijn.

Een koelmachine met een watergekoelde condensor wordt aangesloten op een koeltoren d.m.v. koelwaterleidingen. In de watergekoelde condensor wordt de aan het gebouw onttrokken warmte aan het koelwatercircuit afgestaan. Het "opgewarmde water" wordt verpompt naar en verneveld in de koeltoren, daarbij verdampt een deel van het water waarbij warmte onttrokken wordt aan de rest van het water. Het "afgekoelde" water wordt opgevangen in een bak en stroomt door verval in de leidingen onder werking van de zwaartekracht terug naar de koelmachine. Dit betekent dat een koelmachine met een watergekoelde condensor altijd op hetzelfde niveau of lager dan de koeltoren dient te staan. De afstand tussen koelmachine en koeltoren dient ook hier zo kort mogelijk te zijn.

In een koelmachine met een luchtgekoelde condensor geldt deze eis niet absoluut. Toch wordt de veelal grote condensor ook op het dak geplaatst, i.v.m. de enorme hoeveelheden buitenlucht die door de condensor moeten worden geblazen voor de afvoer van de aan het gebouw onttrokken warmte.

2. Opstelruimte koelmachine.

Voor de locatie in het bouwkundige ontwerp gelden een aantal punten welke voor alle technische ruimte gelden:

- de toegankelijkheid
- de mogelijkheid om koelmachines uit te wisselen
- bereikbaarheid voor onderhoud en service
- de geluidsproductie van de koelmachine
- de hoge vloerbelasting ($>4000 \text{ N/m}^2$)
- de gewenste centralisatie van de koelmachines

Verder worden er i.v.m. de (reserve)-capaciteit en regeerbaarheid in deellast situaties specifieke eisen gesteld aan de plaats van de koelmachines t.o.v. koeltorens, de afstand tussen koelmachine en koeltoren i.v.m. de koelwaterleidingen en de ligging van de koelmachine t.o.v. de traforuimte.

3. Opstelling warmtelast berekening.

Het is noodzakelijk het koelvermogen van een te conditioneren gebouw te bepalen om globaal de opstelruimte te kunnen dimensioneren. Dit gebeurt aan de hand van een koellast berekening.

De koellast berekening ziet er als volgt uit:

Bepaal de warmtebelasting. Φ [W]. Deze wordt onafhankelijk bepaald en gevormd door de sommatie van:

De interne warmtebelasting Φ_{intern} [W] en de externe warmtebelasting Φ_{extern} [W].



In formule $\Phi = \Phi_{\text{intern}} + \Phi_{\text{extern}} [W]$.

3.1 De interne warmtebelasting bestaat uit:

- a. Personen Φ_p
- b. Verlichting Φ_l
- c. Apparaten Φ_{app}
- d. Transmissie Φ_t
(uit omringende vertrekken)
- e. overige warmtebronnen Φ_{ow}

In formule $\Phi_{\text{intern}} = \Phi_p + \Phi_l + \Phi_{\text{app}} + \Phi_t + \Phi_{\text{ow}} [W]$

3.2 De externe warmtebelasting bestaat uit:

- a. de zonnewarmte:
 - op en door het glas Φ_{gl}
 - op buitenwanden en daken Φ_w
- b. de buitenluchttemperatuur:
 - transmissie door glas Φ_{tgl}

Opmerking: transmissie door buitenwand en daken is opgenomen onder punt a. Φ_w en geldt alleen voor zomersituatie.

- c. door infiltratie van buitenlucht naar een ruimte omdat een gebouw altijd in zekere zin lek is: $\Phi_{\text{in}} [W]$ Bij mechanische ventilatie verwaarlozen we de infiltratie.

In formule: $\Phi_{\text{extern}} = \Phi_{\text{gl}} + \Phi_w + \Phi_{\text{tgl}} + \Phi_{\text{in}} [W]$

3.3 De ventilatielucht.

De noodzakelijke hoeveelheid verse buitenlucht of ventilatielucht $\Phi_{\text{vi}} [W]$.

- a. Indien op warme zomerdagen de ventilatielucht voor een gebouw centraal wordt aangezogen, gefilterd en gekoeld tot de gewenste ruimtecondities bv. 24 °C en 50 % r.v. dan zal de ventilatielucht geen deel uitmaken van de totale koellast van de vertrekken.
- b. Indien op warme zomerdagen de ventilatielucht alleen gefilterd en ingeblazen wordt in de vertrekken, zal de warme ventilatielucht wel deel uitmaken van de warmtebelasting van de vertrekken.
Hetgeen betekent dat de koelmachine van voldoende capaciteit moet zijn om naast de totale koellast van de vertrekken ook de ventilatielucht te koelen.

4. Interne warmtebelasting $\Phi_{\text{intern}} [W]$

4.1 De warmteafgifte van aanwezige personen $\Phi_p [W]$. (tabel 3.4 a + b)

Door de stofwisseling (metabolisme) wordt een vrij constante lichaamstemperatuur gerealiseerd. De totale warmteafgifte is nagenoeg constant: bij lage temperatuur door convectie en straling en bij hogere temperatuur door het verdampen van vocht op de huid door transpiratie (latente warmte).

Bijvoorbeeld: de warmteafgifte van een rustig zittend normaal gekleed persoon is ca. 120 [W] tegenover een hard werkend normaal gekleed persoon ca. 430 [W].

Temperatuursverandering is noodzakelijk, anders tredt na verloop van tijd (door tijdsduur) gewenning op aan een omgevingstemperatuur en zijn veranderingen oorzaak van een onbehaaglijk gevoel.

4.2 De warmteafgifte door verlichting $\Phi_l [W]$.

(Lichtstroomberekening fig. 3.7, tabel 3.8, fig. 3.9, tabel 3.10)

De verlichtingswarmte kan worden berekend door:



$\Phi_l = P_e * L_1 * L_2 * S_b * F$ [W], waarin:

P_e = geïnstalleerd elektrisch vermogen [W/m²]

L_1 = gelijktijdigheidfactor, dimensieloos

L_2 = restwarmtefactor afgezogen armaturen, dimensieloos

S_b = accumulatiefactor, dimensieloos

F = vloeroppervlakte [m²]

Toelichting:

P_e = afhankelijk van het gewenste verlichtingniveau en de soort verlichting, bepaald door tabel als richtwaarde t.b.v. voorlopige berekening en bij normale vertrekhoogte.

Afwijkingen kunnen erg groot zijn: TL. kleur 33, 1000 lux → 52 [W/m²] en kleur 34, 1000 lux → 83 [W/m²].

L_1 = afhankelijk van de hoeveelheid verlichting (P_e) die gelijktijdig in bedrijf is.

Bouwkundig zodanig ontwerpen dat de verlichting bij voldoende daglicht uitgeschakeld kan worden.

L_2 = Afhankelijk van de afzuiging van het armatuur, gevolg is dat de convectiewarmte zal afnemen. Opzoeken in tabel.

S_b = een deel van de warmte zal accumuleren door de massa van wanden, vloer en plafond en komt later in de ruimte vrij. Ook in tabel opzoeken.

4.3 Warmteafgifte opgestelde apparatuur Φ_{app} [W]

Door opstellen van apparatuur komt warmte vrij in de ruimte. Energie komt vrij door omzetting bij bijv. schrijfmachines, generatoren, koffiezetapparaten, kookplaten etc. Door afzuigkappen kan veel proceswarmte ter plekke afgezogen worden.

4.4 Transmissiewarmte Φ_t [W]

Tussen geconditioneerde en niet-geconditioneerde ruimte treedt warmte-uitwisseling op: $\Phi_t * F * \Delta t$ [W]

4.5 Warmte afgifte van goederen, apparatuur, etc welke door de ruimte getransporteerd worden: Φ_c [W]

Warme goederen en apparatuur staan warmte af tijdens hun verblijfsduur en verhogen de warmtebelasting. Koude goederen en apparatuur nemen warmte op en koelen daar mee de ruimte en verlagen de warmtebelasting.

5. Maatregelen ter verlaging van de interne warmtelast.

5.1 Verlichting.

- belangrijk zijn het verlichtingsniveau en de kleur;
- bouwkundig ruimte ontwerpen met een zo laag mogelijk lichtniveau in samenhang met daglicht, percentage glas en zonwering;
- lichtbronnen met een zo hoog mogelijk rendement toepassen, bij een zo laag mogelijke elektrische aansluitwaarde;
- afzuiging van armaturen dmv kanalen boven de plafonds;
- zwaar bouwen i.v.m. accumulatie verlichtingswarmte;
- bij voorkeur geen isolerende vloerbedekking en wandbekleding toepassen;

5.2 Apparaatwarmte.

- mogelijkheden bieden om in het bouwkundig ontwerp afzuigkappen en kanalen te kunnen monteren in schachten.

5.3 Warmtetransmissie.

- indien noodzakelijk isolatie aanbrengen op wanden, vloer en plafond van de niet



geconditioneerde vertrekken i.v.m. massa en accumulatie in het te conditioneren vertrek.

6. Externe warmtebelasting.

Op het externe gedeelte van de totale warmtebelasting van een gebouw heeft vooral de architect een zeer grote invloed.

6.1 De warmtebelasting van een ruimte door de straling van de zon.

(tabel 3.12.2)

De zonnestraling is opgebouwd uit diffuse straling (hemelstraling of indirecte straling) en directe straling.

- de diffuse zonnestraling of hemelstraling q_{diff} [W/m^2] is de straling welke gereflecteerd wordt naar alle richtingen en straling welke door absorptie ontstaan is.
- de directe straling q_{dir} [W/m^2] is de straling welke niet gereflecteerd of geabsorbeerd is.
- directe straling is af te schermen.
- de gereflecteerde straling $q_{reflect}$ [W/m^2] door reflectie van spiegelen oppervlakten zoals ramen, wateroppervlakten, asfaltvlakten etc.

De totale zonnestraling: $q_{tot} = q_{diff} + q_{dir} + q_{reflect}$ [W]

De hoeveelheid zonnestraling op 1 m^2 aardoppervlak is afhankelijk van:

- de plaats op aarde de breedtegraad
- het uur van de dag
- de ligging van het vlak t.o.v. de zon, de hemelrichting en zonnehoogte
- de reflectie van zonnestraling door ander vlakken
- de helderheid van de lucht, uitgedrukt in T, de "trubungsfactor"

6.2 Zonnestralingstabellen.

(tabel 3.13, tabel 3.18)

Van de maximale waarden van de totale hoeveelheid straling in [W/m^2] die het aardoppervlak treft, zijn ook voor Nederland tabellen samengesteld. In deze tabellen staan de maximale waarden van de totale bestralingssterkte (intensiteit) bij helder weer (q_{tot}) [W/m^2]

- op horizontale vlakken, som van directe zonnestraling en hemelstraling
- op verticale vlakken, som van directe zonnestraling, diffuse of hemelstraling en reflectie- of grondstraling.

6.3 De warmtebelasting van een vertrek door de zon Φ_{gl} [W]

Deze warmtebelasting vormt het belangrijkste deel van de totale externe warmtebelasting van een vertrek georiënteerd op oost, zuid of westgevel, en bestaat uit twee delen: warmte door het zonbeschenen deel van het glas $\Phi_{gl 1}$ en warmte door het beschaduwde glasgedeelte $\Phi_{gl 2}$:

In formule: $\Phi_{gl} = \Phi_{gl 1} + \Phi_{gl 2}$ [W]

Warmtebelasting door het direct door de zon beschenen gedeelte:

$\Phi_{gl 1} = q_{tot} * F_1 * ZTA * S_z$ [W] waarin:

q_{tot} = totale zonnestraling op het vlak bestaande uit directe, diffuse en gereflecteerde straling [W/m^2]

F_1 = glasoppervlak dat beschenen wordt [m^2]

ZTA = absolute zontoetredingsfactor voor zonweringsystemen, dimensieloos (tabel)

S_z = accumulatiefactor voor zonne-energie die na het passeren van de



zonweringconstructie in de ruimte komt.

Warmtebelasting door het in de schaduw liggende gedeelte:

$$\Phi_{gl\ 2} = (q_{diff} + q_{ref}) * F_2 * ZTA * S_s \text{ [W] waarin,}$$

q_{diff} = diffuse zonnestraling [W/m^2]

q_{ref} = gereflecteerde zonnestraling [W/m^2]

F_2 = glasoppervlak in de schaduw [M^2]

ZTA = zontoetredingsfactor [], dimensieloos

S_s = accumulatiefactor voor de zonne-energie die na het passeren van zonweringconstructie in de ruimte komt.

6.4 Zonweringsystemen.

Buitenzonwering.

Het effect van zonweringsystemen is zeer groot op de warmtebelasting van een vertrek.

Er bestaan diverse methoden:

- afscherming d.m.v. bouwkundige middelen als overstekken, terugspringende beglazing en d.m.v. niet-bouwkundig zoals jaloezieën, luiken, markiezendoek.

Het toepassen van deze middelen kan de volgende nadelen hebben:

- zichtbeperking
- geluidhinder bij hoge gebouwen
- beschadiging bij hoge windsnelheden
- het corroderen van de zonwering
- bediening van de zonwering

Opmerking: op het scheidingsvlak van het door de zon beschenen en het beschaduwde glasgedeelte treden grote thermische spanningen op welke tot glasbreuk kunnen leiden.

Toepassen bijzondere glassoorten: absorberende en reflecterende soorten.

Hierdoor wordt het hele jaar door de totale zonnestraling en daglichttoetreding gereduceerd. Door toepassing van absorberend glas neemt de glastemperatuur toe (dit is de glasoververtemperatuur T_g)

Nadelen zijn:

- toename thermische spanning op het grensvlak schaduw/zon
- warmtestraling T_{str} is veel hoger
- verkleuring door gekleurd glas
- reflectie beglazing kan als spiegel werken aan de buitenzijde

Opmerking: Toepassen van een lager percentage glas zorgt voor afname van de zoninvloed. Tevens voorkomt men hierdoor verblinding door een hoge zontoetreding door grote glasvlakken.

Binnenzonweringsystemen.

Het gebruik van binnenzonwering zoals luxaflexgordijnen heeft de volgende nadelen:

- zichtbeperking
- handbediening (kan ook voordeel zijn)
- zoninstraling vindt door het glas plaats en wordt op bv. de lamellen in warmte omgezet. Hierdoor stijgt de temperatuur van de lamellen sterk (40-50 °C). De stralingstemperatuur komt de ruimte in en moet gecompenseerd worden: $T_{res} = T_{str} + T_1 / 2$.

Het bereikte effect is dan ook klein.

6.5 De LTA waarde en de verhouding LTA/ZTA.

De absolute LTA is een maat voor de lichttoetreding via de beglazing/zonwering. De factor LTA is gedefinieerd als de verhouding tussen de hoeveelheid doorgelaten en de hoeveelheid opvallend licht. Het quotiënt van de beide verhoudingsgetallen LTA en ZTA maakt een snelle algemene onderlinge vergelijking tussen de verschillende



zonweringconstructies mogelijk.

6.6 De accumulatiefactor S_s

(tabel 3.18)

De totale hoeveelheid zonne-energie, $\Phi_{gl} = \Phi_{gl,1} + \Phi_{gl,2}$ wordt voor een belangrijk deel door vloer, wanden en plafond geaccumuleerd. Dit is de factor S_s . Het tijdstip van de maximale warmtebelasting in een ruimte wordt hierdoor verschoven en schommelingen in de (ruimte) temperatuur gereduceerd zodat de maximale warmtebelasting wordt verkleind.

6.7 De transmissie door het glas.

Door het temperatuurverschil vindt er warmtetransport plaats naar binnen hetgeen de warmtebelasting verhoogt. Dit is de Φ_{tg} .

In formule: $\Phi_{tg} = U_{gl} * F_{gl} * (T_e - T_i)$ [W], waarin:

U_{gl} = warmtedoorgangscoefficiënt glas [$W/m^2 K$]

F_{gl} = glasoppervlak [m^2]

T_e = buitentemperatuur [°C]

T_i = binnentemperatuur [°C]

6.8 De warmtebelasting van het vertrek door warmtetransport door het dak en buitenwanden.

Het dak en de buitenwanden welke beschreven worden door de zon warmen op afhankelijk van de absorptiecoëfficiënt. Het temperatuurverschil tussen oppervlaktetemperatuur en binnentemperatuur noemt men het equivalente temperatuurverschil, T_{eq} . Het transmissieverlies is: $Q_{tr} = U * F * T_{eq}$ in [W], waarin:

U = warmtedoorgangscoefficiënt [W/m^2K]

F = oppervlak [m^2]

T_{eq} = equivalent temperatuurverschil [K] (uit tabel 3.1.42).

6.9 De warmtebelasting door niet-geconditioneerde ventilatielucht Φ_{vent} [W]

Doordat verse buitenlucht noodzakelijk is voor personen en processen wordt de koelmachinecapaciteit verhoogd. De benodigde hoeveelheid verse lucht wordt bepaald door de functie van het vertrek of het proces dat erin plaatsvindt. In formule:

$\Phi_{vent} = n * V * (p * c) / 3600 * (T_a - T_i)$ in [W], waarin

n = ventilatievoud in het vertrek, dimensieloos

$p * c$ = warmtecapaciteit van de lucht (= 1200 [J/m^3K])

V = gebouwinhoud [m^3]

T_a = buitentemperatuur [°C]

T_i = binnentemperatuur [°C]

6.10 Warmtebelasting door infiltratie van niet geconditioneerde buitenlucht Φ_{inf} .

Infiltratie wordt veroorzaakt door lekken van gevels, of het lekken van ramen etc. De berekening is zoals bij ventilatielucht Φ_{vent} .

De mate van infiltratie is afhankelijk van:

- de mate waarin het gebouw luchtdicht is,
- de windaanval op het gebouw: windsnelheid en windrichting
- de bouwkundige opzet, schoorsteeneffect bij hoge gebouwen door vides en open trappenhuisen.
- het gebruik van toegangsdeuren en te openen ramen.



7. Maatregelen ter verlaging externe warmtelast

7.1 De totale hoeveelheid zonnestraling, welke een gebouw bereikt doet dit in de vorm van:

De totale hoeveelheid zonnestraling, welke een gebouw bereikt doet dit in de vorm van:

- directe straling, af te schermen door buitenzonwering, bouwkundige middelen zoals overstekken en kolommen, en speciale glassoorten (absorberend en reflecterend) met handhaving ZTA waarde.
- diffuse straling of hemelstraling, slechts gedeeltelijk af te schermen door zonweringsysteem. Wel altijd met speciale glassoorten en luiken waarbij de ZTA waarde wordt gehandhaafd,
- gereflecteerde straling (idem als diffuse straling).

7.2 Accumulatie

Door gebruik te maken van de energieaccumulatie van een gebouw verkleint men de maximale warmtebelasting, tevens wordt het maximum op een later tijdstip bereikt.

7.3 Lichte/zware gevel

Een vliesgevel moet een groter warmteweerstand hebben dan een zware gevel als de warmtebelasting van het vertrek gelijk moet blijven. (NEN 1068 geeft voorbeeld).

De binnenoppervlaktetemperatuur zal sneller stijgen bij een vliesgevel zodat de stralingsafgifte toeneemt. Dit vereist een lagere luchttemperatuur om aan de behaaglijkheids eis te voldoen $T_{res} = T_{str} + T_1 / 2$.

7.4 Infiltratie buitenlucht.

Infiltratie kan tegengegaan worden door:

- winddicht maken dmv. tochtstrippen, tochtportalen etc
- de ligging van vides en trappenhuizen kritisch in te passen t.o.v. ingangsdeuren
- minder hoog bouwen en vides en open trappenhuizen niet over alle verdiepingen te laten doorlopen.
- gesloten gevels toepassen.

8. Het samenstellen van een koellast voor een geheel gebouw.

Indien blijkt uit een globale koellastberekening van enkele vertrekken of gedeelten van een gebouw dat door de hoge warmtebelasting geen aanvaardbare vertrektemperatuur optreedt en een koelinstallatie nodig blijkt te zijn, is het noodzakelijk een definitieve koellast berekening op te zetten. Doordat in de vertrekken verschillen optreden in warmtebelasting zal het te installeren vermogen lager zijn dan de totale maximale koellast van alle vertrekken. Dit noemt men de gelijktijdige optredende koellast van een kantoorgebouw. Het heeft altijd zin dmv. bouwkundige aanpassingen de externe warmtebelasting zo klein mogelijk te maken.