

6. SYSTEEMKEUZE

6.1 Systeemkeuze, algemeen

De systeemkeuze voor de klimaatregeling wordt in ieder geval bepaald door het benodigde vermogen voor koeling, verwarming, luchtverversing en vochtregeling. Verder beïnvloeden eisen met betrekking tot energiezuinigheid, bedieningsgemak, kosten (investering en exploitatie), flexibiliteit, aanpasbaarheid, betrouwbaarheid, geluidsproductie en - niet in de laatste plaats - de inpasbaarheid in het architectonische ontwerp de keuze. Technisch en economisch gezien zijn de eenvoudigste systemen meestal goede en vaak zelfs de beste keuze.

De systeemkeuze ten behoeve van het architectonisch/bouwkundig ontwerp is **indicatief** of **onderbouwd** te bepalen. De indicatieve systeemkeuze vindt plaats op grond van een typering van de ruimte en klimaatregeling, een onderbouwde systeemkeuze op grond van een berekening van het vermogen. Of een indicatieve of onderbouwde systeemkeuze nodig of mogelijk is wordt bepaald door het stadium van het architectonisch ontwerp en - meer in het bijzonder - door de bouwkundige en bouwfysische gegevens waarover wordt beschikt en de gedetailleerdheid van die gegevens. Soms is voor meer stadia met een indicatieve keuze te volstaan, zoals bij standaard-ruimten met standardeisen.

6.2 Systeemindicatie op grond van ruimtetypering en systeemtypering

De systeemindicatie is bij het eerste Ruimtelijk Ontwerp nodig om te bepalen welke ruimte ruwweg nodig is voor centrale installaties, distributie-installaties (kanalen en leidingen) en eindapparaten. Een indicatie is mogelijk op grond van een typebenadering. Klimaatregelsystemen zijn te typeren met de functie van de elementen waaruit ze bestaan, zie tabel 6.1. Ruimten zijn te typeren door aan te geven wat van het binnenklimaat wordt verwacht, zie tabel 6.2. Tabel 6.3 geeft voor diverse ruimtefuncties een ruimtetypering en een indicatie van het type klimaatregelsysteem dat in de praktijk in ten minste 80% van de gevallen wordt toegepast.

Tabel 6.1 Typering klimaatregelsystemen

Type	Elementen waaruit het systeem bestaat en de functies van die elementen
I	natuurlijke ventilatie (luchtverversing en natuurlijke koeling)
II	mechanische ventilatie (luchtverversing en natuurlijke koeling)
III	lokale (stralings-)verwarming
IV	centrale verwarming met radiatoren of convectoren
V	luchtverwarming
VI	vloerverwarming
VII	lokale koeling met compacte koel-unit
VIII	"volledig lucht"-systeem (mechanische ventilatie + luchtkoeling/verwarming)
IX	"lucht/water"-systeem (mechanische ventilatie + waterkoeling/verwarming)
X	koelplafond / klimaatplafond
XI	na-verwarming in toevoerkanaal

Tabel 6.2 Ruimtetypering

Type	Wat van de ruimte wordt verwacht	temperatuur °C		luchtsnelheid m/s	
		min.	max.		
A	bescherming tegen regen en wind (voorbeeld: abri)	--	--	--	
B	bescherming tegen regen en wind, vorstvrij (voorbeeld: wachtruimte station)	5	--	--	
C	acceptabel voor lopende personen met kleding afgestemd op het buitenklimaat (voorbeeld: winkelpassage)	10	$\theta_e + 5$	< 0,5	
D	acceptabel voor zittende personen met kleding afgestemd op het buitenklimaat, tijdelijk verblijf (voorbeeld: overdekt terras)	12	$\theta_e + 5$	< 0,5	
E	acceptabel voor lopende personen met kleding afgestemd op het seizoen (voorbeeld: verkeersruimten in gebouw)	15	$\theta_e + 5$	< 0,5	
F	acceptabel voor zittende personen met kleding afgestemd op seizoen, verblijf max. 15 minuten (voorbeeld: koffiehoeke in kantoorgebouw)	15	$\theta_e + 5$	< 0,25	
G	acceptabel voor zittende personen met kleding afgestemd op seizoen, verblijf max. 45 minuten (voorbeeld: kantine)	NV ¹⁾	18	$\theta_e + 3$ ²⁾	< 0,25
		MV	18	25 (90%) ³⁾	
H	acceptabel voor niet plaatsgebonden, zittende personen met kleding afgestemd op seizoen, verblijf enige uren (voorbeeld: bibliotheek)	NV	20	$\theta_e + 3$	< 0,25
		MV	20	25 (90%)	
I	acceptabel voor personen die lichte lichamelijke arbeid verrichten in aangepaste kleding, verblijf meerdere uren (voorbeeld: laboratorium)	NV	18	$\theta_e + 3$	< 0,25
		MV	18	24 (90%)	
J	acceptabel voor personen die middelzware arbeid verrichten in aangepaste kleding, verblijf meerdere uren (voorbeeld: constructiewerkplaats)	NV	15	$\theta_e + 3$	< 0,25
		MV	15	23 (90%)	
K	comfortabel voor niet plaatsgebonden, zittende personen met kleding afgestemd op seizoen, langdurig verblijf (voorbeeld: woonkamer)	NV	20	$\theta_e + 3$	< 0,25
L	comfortabel voor plaatsgebonden, zittende personen met kleding afgestemd op seizoen, langdurig verblijf (voorbeeld: kantoorvertrek)	NV	20	$\theta_e + 3$	< 0,15
		MV	20	25 (95%) ⁴⁾	
M	beschermen van vochtgevoelige voorwerpen of of goederen (voorbeeld: museum, magazijn)	eisen afhankelijk van materialen			
N	bescherming van temperatuur- en vochtgevoelige processen (voorbeeld: plantenkas)	eisen afhankelijk van proces, stoffen of product			

¹⁾ verschillende eisen voor natuurlijke ventilatie (NV) en mechanische ventilatie (MV)

²⁾ dit zijn rekenwaarden bedoeld voor stationaire berekeningen

³⁾ percentage jaarlijkse verblijfstijd dat de ruimtetemperatuur beneden deze temperatuur moet blijven, bij ruimten zonder te openen ramen is het beter om geen overschrijding toe te staan

⁴⁾ zie ook paragraaf 2.8 en 8.1

Tabel 6.3 Indicatie type klimaatregelsysteem voor verschillende ruimtetypes

ruimtetype	ruimte typering	systeem typering ¹⁾	mechanische koeling	ventilatie- voud (h ⁻¹) ²⁾
atrium	E	I+V of I+III		10 - 30
aula	G	VIII+VI	vaak	5 - 8
bibliotheek	G/H	II+IV of VIII ³⁾	vaak	3 - 5
café / restaurant	G	II+IV+VII of VIII ⁴⁾	meestal	5 - 10
garage (reparatie)	J	I+V	soms	4 - 6
gang / verkeersruimte	E	II+IV		2 - 3
garderobe	E	II+IV		3 - 5
gehoorzaal / collegezaal	G	VIII	vaak	8 - 10
grootwinkelbedrijf	I	VIII	meestal	4 - 6
gymlokaal (school)	J	I+III of I+IV		2 - 6
hotelkamer	H	II+IV	soms	2 - 3
hotellobby	G	II+IV of VIII	vaak	3 - 5
instructielokaal	G	VIII of II+IV+VII ⁵⁾	meestal	4 - 6
kantine	G	VIII	vaak	6 - 8
kantoor, koellast < 30 W/m ²	L	I+IV	nee	4 - 10
" , " < 45 W/m ²	L	VIII+IV of VIII+XI	ja	3 - 6
" , " < 75 W/m ²	L	IX	ja	2 - 3 ⁵⁾
" , " < 100 W/m ²	L	VIII+X	ja	3 - 6
kerk (oud)	G	V of VI+VI		2 - 4
keuken (bedrijfs-)	J	VIII	meestal	15 - 20
laboratorium	I	VIII, IX of VIII+X ³⁾	vaak	6 - 15
magazijn	I	II+V	soms	2 - 4
" , vochtgevoelige stoffen	M	VIII + vochtregeling	vaak	2 - 5
museum (expositie)	M	VIII + vochtregeling	meestal	4 - 6
operatiekamer	J	VIII+X	meestal	15 - 20
parkeergarage	A	I of II		4 - 5 ⁶⁾
passage (winkel-)	C	I+V		15 - 30
serre	E	I+V of I+III		20 - 60
sporthal	J	II+V	soms	2 - 3
theater	G	VIII	meestal	5 - 8
terras overdekt buiten-	D	III		
terras in passage	D	III + ⁷⁾		
vergader ruimte	G	VIII, IX of VIII+X ³⁾	vaak	4 - 6
wachtruimte station	B	I+III		3 - 5
winkel	I	VIII of IX (+VII) ³⁾	meestal	6 - 8
woonkamer	K	I+IV		2 - 4
zwembad	--	II+V+III		3 - 4

1) eerst genoemde combinatie komt het meest voor

2) i.v.m. temperatuurbeheersing, hoogste waarde bij hoge thermische belasting

3) bij grote transparantie van de gevel en/of hoge interne belasting

4) bij grotere horecagelegenheden

5) bij gebouwen zonder centrale koeling

6) alleen ten behoeve van luchtverversing c.q. afvoer uitlaatgassen

7) voorziening tegen tocht zoals plaatselijke verlaagd plafond, velum, parasols of iets dergelijks

6.3 Systeemkeuze op basis van warmtebehoefte (woningen e.d.)

Bij woonruimten en andere verblijfsruimten met een geringe interne warmtebelasting wordt de keuze van de klimaatregeling - naast de in paragraaf 6.1 genoemde aspecten - vooral bepaald door de maximale warmtebehoefte. Tabel 6.4 geeft een overzicht van het specifieke verwarmingsvermogen van verschillende systemen, afhankelijk van de hoogte van de ruimte en - bij luchtverwarming - van het ventilatievoud en de plaats van de luchttoevoer. De voor luchtverwarming aangegeven waarden zijn bepaald met de in paragraaf 5.5 afgeleide formule. Andere waarden zijn ontleend aan handboeken. Een systeem komt voor keuze in aanmerking als het specifiek vermogen gelijk is aan of groter is dan de berekende specifieke warmtebehoefte van de ruimte. De tabel laat zien dat bij een geringe warmtebehoefte uit meer systemen is te kiezen dan bij een grote warmtebehoefte, maar ook dat een systeem met een gering specifiek verwarmingsvermogen, zoals vloerverwarming, niet in aanmerking komt bij ruimten met een grote warmtebehoefte.

Tabel 6.4 Specifiek verwarmingsvermogen in W/m^2 vloeroppervlakte van verschillende systemen bij verschillende ruimtehoogten

systeem	ventilatievoud h^{-1}	netto ruimtehoogte in meter						
		2,4	2,7	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
radiatoren/convectoren	1)	200	200	200	2)			
luchtverwarming $\Delta\theta = 20^\circ C$ 3)	4	65	70	80	95	110	135	160
	6	95	110	120	140	160	200	240
	10	160	180	200	230	270	335	400
,, $\Delta\theta = 40^\circ C$ 4)	4	130	144	160	185	215	265	320
	6	192	220	240	280	320	400	480
	10	320	360	400	465	535	665	800
vloerverwarming (staan/zitten)	1)	55/90	55/90	55/90	55/90	55/90	55/90	55/90
plafondverwarming (staan/zitten)	1)	45/60	50/70	55/80	2)			

1) zie paragraaf 4.2.3.5 t/m 4.2.3.9 voor de beperkingen

2) minder of niet geschikt voor hoge ruimten, zie paragraaf 4.2.3.5 en 4.2.3.6

3) luchttoevoer vanuit plafond met tangentiële stroming

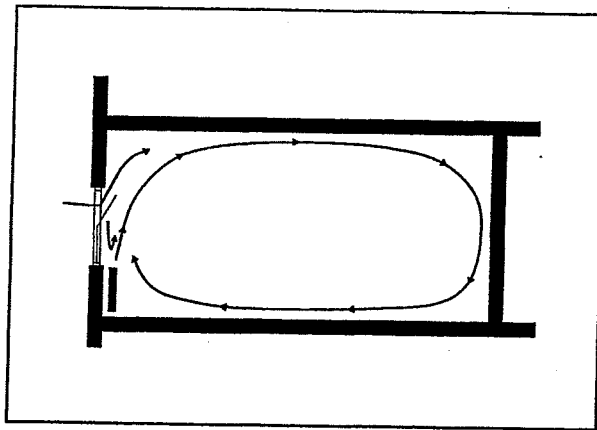
4) luchttoevoer vanuit vloer en toevoer vanuit plafond met diffuse stroming

6.4 Systeemkeuze op basis van koelbehoefte (kantoren e.d.)

Bij kantoorvertrekken en vergelijkbare verblijfsruimten wordt de keuze van de klimaatregeling meestal bepaald door de koelbehoefte, wat niet betekent dat altijd mechanische koeling nodig is. Bij een specifieke koelbehoefte ("koellast") van minder dan 25 à 30 W/m^2 vloeroppervlakte kan onder bepaalde voorwaarden vaak worden volstaan met natuurlijke koeling of - als niet aan die voorwaarden wordt voldaan - met mechanische ventilatie met ongekoelde buitenlucht (zie paragraaf 4.4.1 en 4.4.2).

Tabel 6.5 geeft een overzicht van het specifieke koelvermogen van systemen en combinaties van systemen, afhankelijk van de hoogte van de ruimte en, bij luchtkoeling, van het ventilatievoud. De in deze tabel voor enkelvoudige systemen aangegeven vermogens zijn gebaseerd op de eerder besproken praktijkregels en, voor luchtkoeling, op de in paragraaf 5.5 afgeleide formule. Voor combinaties van systemen is gebruik gemaakt van gegevens uit de literatuur. Hieruit blijkt dat het koelvermogen van combinaties vaak lager is dan de som van de vermogens van de enkelvoudige systemen.

Een systeem of combinatie komt voor keuze in aanmerking als het specifiek vermogen gelijk is aan of groter is dan de berekende specifieke koelbehoefte van de ruimte. De tabel laat zien dat bij een geringe koelbehoefte uit meer systemen en combinaties is te kiezen dan bij een grote koelbehoefte, maar ook dat een systeem met een gering specifiek koelvermogen, zoals VAV en CAV, niet in aanmerking komt bij ruimten met een grote koelbehoefte.



Standaard kantoorvertrek met radiatorverwarming en natuurlijke ventilatie
- Figuur 6.1

Tabel 6.5 Specifiek koelvermogen in W/m^2 vloeroppervlakte van verschillende systemen en combinaties van systemen bij verschillende ruimtehoogten

systeem	ventilatievoud h^{-1}	ruimtehoogte in meter						
		$\Delta\theta = 6^\circ C$	$2,4$ $8^\circ C$	$2,7$ $10^\circ C$	$3,0$ $12^\circ C$	$3,5$ $12^\circ C$	$4,0$ $12^\circ C$	$5,0$ $12^\circ C$
A VAV of CAV ¹⁾	3	15 ²⁾	20	30	40	50	60	70
"	4	20	30	40	55	65	80	95
"	5	25	35	50	70	80	100	120
"	6	30	45	60	85	95	120	145
B kwelventilatie ³⁾	8	-	30	35	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
C inductie / fan-coil	10	50	75	100	140	160	200	240
D plafondkoeling ⁵⁾	-	60	60	60	60	60	60	60
E vloerkoeling ⁵⁾	-	20	20	20	20	20	20	20
F zuivere verdringing ⁶⁾	250	800	900	1000	1150	1350	1500	2000
A + D	2	70	75	80	90	90	100	110
"	3	75	80	90	100	110	120	130
"	4	80	90	100	115	125	140	155
"	6	85	100	100	140	155	180	205
B + D	8	-	80	85	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
C + D	10	90	100	100	140	160	200	240

- 1) Voor "volledig lucht"-systemen (A) tot 6-voudige ventilatie. Bij hogere ventilatievouden zijn deze systemen economisch niet verantwoord. Zie paragraaf 5.4.1 en 6.6.3.
 2) Bij de cursief gedrukte waarden is met natuurlijke koeling te volstaan, zie paragraaf 4.4.1.
 3) $\Delta\theta$ max. $4^\circ C$, bij hogere ruimten - afhankelijk van de ruimtelfunctie - eventueel meer.
 4) Hiervan is onvoldoende bekend.
 5) Deze systemen toepassen in combinatie met een systeem waarmee geventileerd wordt.
 6) Toepassing alleen in bijzondere ruimten, zie paragraaf 4.5.3.1.

6.5 Systeemkeuze op basis van verselucht-behoefte (horeca-ruimten e.d.)

Als veel mensen gelijktijdig gebruik maken van ruimten met een relatief gering volume, zoals horecaruimten, gehoorzalen e.d., kan de verselucht-behoefte maatgevend zijn voor de systeemkeuze. Zie paragraaf 8.3.10 met berekeningsvoorbeeld.

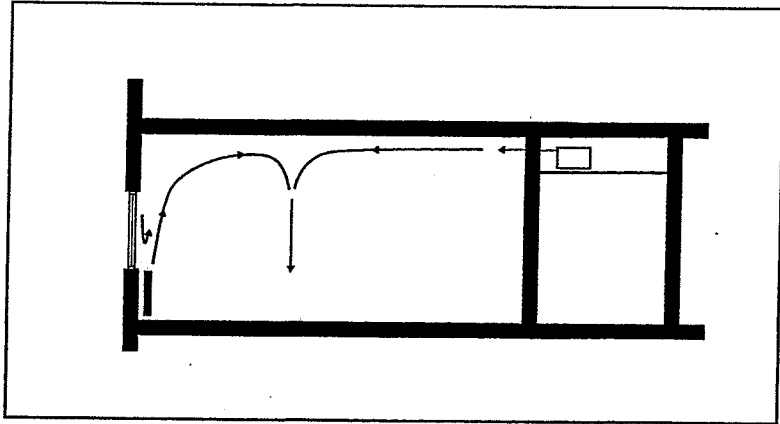
6.6 Standaard oplossingen

6.6.1 Woningen

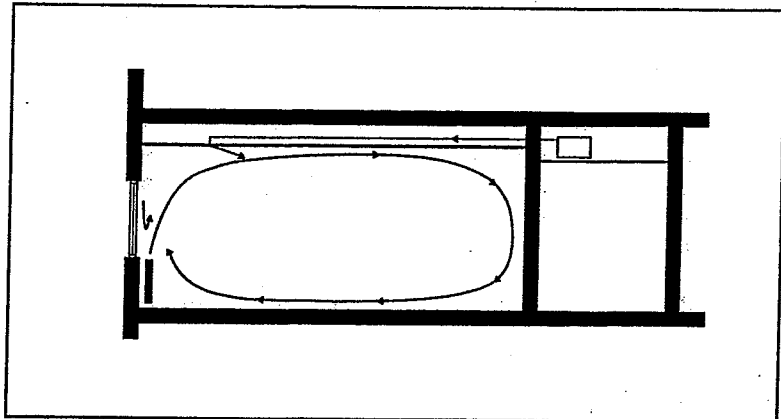
Voor woningen is centrale verwarming met radiatoren of convectoren, eventueel aangevuld met vloerverwarming, het meest gebruikelijk. Bij luxere woningen wordt ook wel luchtverwarming toegepast, vaak in combinatie met vloerverwarming. Luchtverversing vindt bij woningen meestal plaats met gevelroosters en koeling - in de zomer - met natuurlijke koeling door middel van ventilatie via te openen ramen. Zie ook paragraaf 4.3.1. Mechanische koeling is bij woningen niet gebruikelijk maar kan nodig zijn, bijvoorbeeld als grote glasvlakken zonder adequate (buiten)zonwering zijn toegepast.

6.6.2 Kantoren, geringe thermische belasting

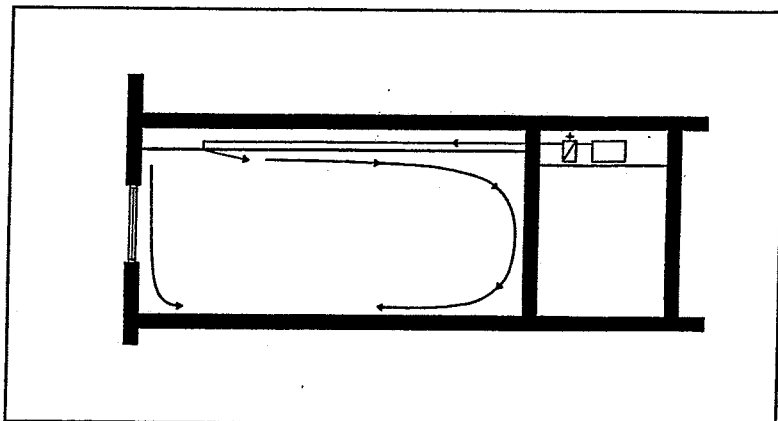
Een standaard kantoortrek (breedte x diepte x hoogte = $3,6 \times 5,4 \times 2,7m$) wordt meestal door één of twee personen gebruikt. Een traditionele systeemkeuze is: verwarming met radiatoren in combinatie met natuurlijke ventilatie via gevelroosters en natuurlijke koeling via te openen ramen. Dit is een bruikbare oplossing als de Specifiek Werkzame Massa niet minder is dan $70 kg/m^2$, niet meer dan één gevel voor 30% uit ramen met buitenzonwering bestaat, niet meer dan 2 PC's worden gebruikt en de ramen open kunnen zonder hinder door stank of lawaai van verkeer of industrie (figuur 6.1).



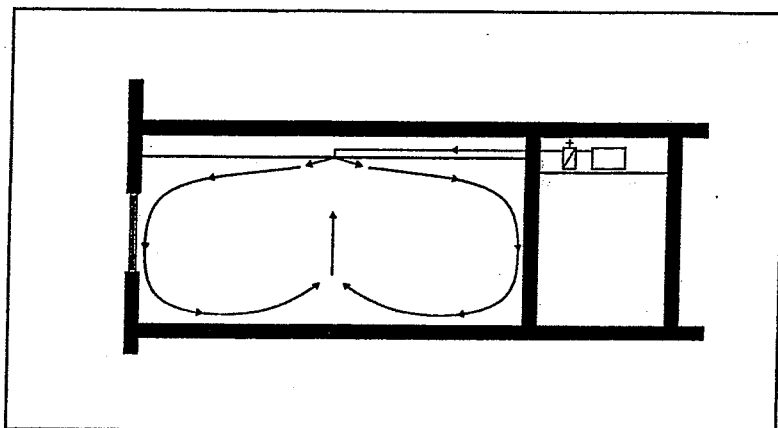
Kantoorvertrek met radiatorverwarming, mechanische ventilatie en bijkomend tochtprobleem
- Figuur 6.2



Kantoorvertrek met radiatorverwarming en mechanische ventilatie met lijnrooster
- Figuur 6.3



Kantoorvertrek met mechanische ventilatie met naverwarmer (koudeval)
- Figuur 6.4



Kantoorvertrek met goede gevelisolatie en plafonduitlaat of tweezijdig uitblazend lijnrooster
- Figuur 6.5

Kunnen de ramen niet open dan moet - als aanvulling op dit systeem - mechanische ventilatie worden toegepast. In het begin van de opkomst van mechanische ventilatie werd bij kantoren meestal lucht vanaf de gangzijde toegevoerd. Hierdoor ontstond vaak tocht op de plaats waar de toevoerstroom en de door de radiator veroorzaakte luchtstroom elkaar ontmoetten (figuur 6.2). Men ontdekte dat het beter is om de lucht zo toe te voeren dat de beide luchtstromen elkaar versterken, bijvoorbeeld door met een lijnrooster of een eenzijdig uitblazende plafonduitlaat ("anemostaat") op ca. 1 m vanaf de gevel de lucht horizontaal langs het plafond in de gangrichting te laten inblazen (figuur 6.3).

De volgende stap in de ontwikkeling was het weglaten van de radiator en het - in plaats daarvan - toepassen van een warmtewisselaar in het luchttoevoerkanaal. Hierdoor ontstonden nieuwe problemen, zoals koudestraling en koudeval (figuur 6.4). De oplossing hiervoor was toepassing van minder glas, HR-glas of een klimaatraam of klimaatgevel. Een belangrijk nadeel bleef de tochtstroom die ontstaat als bij lage buitentemperaturen een raam wordt geopend. Een ander nadeel van het weglaten van de radiator was dat de mechanische ventilatie 's nachts en in het weekend in bedrijf moest blijven om de ruimte in de winter op temperatuur te houden. Verder bleek de worp van het rooster een probleem te zijn omdat deze bij toevoer van warme en koude lucht ongelijk is. Bij toevoer van warme lucht moet, om het ontstaan van een warme deken onder het plafond tegen te gaan en de worp de leefzone te laten bereiken, met een - relatief - hoge snelheid worden ingeblazen. Een zelfde snelheid heeft bij toevoer van koude lucht een grotere worp en daardoor tocht in de leefzone tot gevolg. Het beste wat in een situatie zonder radiator mogelijk is, is het toevoeren van de lucht vanuit het midden van de ruimte, bijvoorbeeld met een vierzijdig uitblazende plafonduitlaat of met een tweezijdig uitblazend lijnrooster (figuur 6.5). De verschillen in worp bij koeling en verwarming zijn dan het kleinst.

6.6.3 Kantoren met mechanische koeling

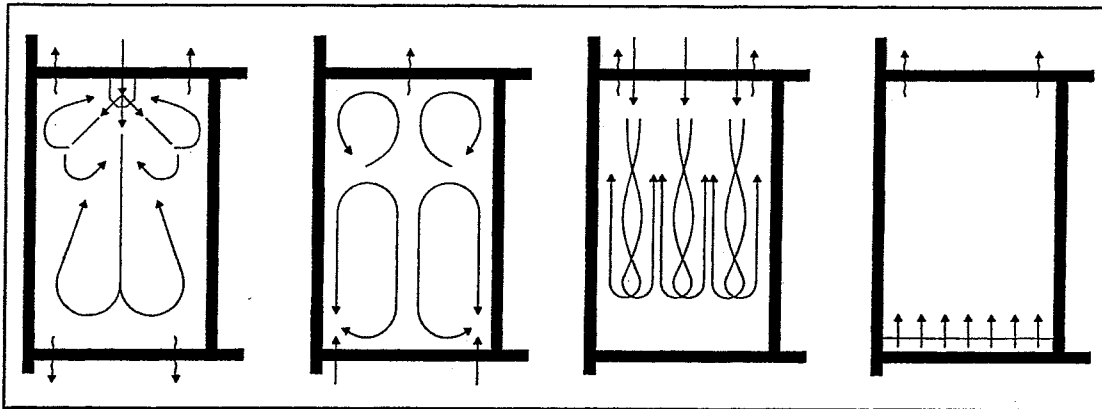
Het in de vorige paragraaf besproken systeem is meestal eenvoudig aan te vullen met mechanische koeling waarbij de ruimtetemperatuur is te regelen met de hoeveelheid of met de temperatuur van de toevoerlucht. De *hoeveelheids*-regeling heeft een luchtregelklep (VAV-systeem), de *temperatuur*-regeling een na-verwarmer (CAV-systeem) in het toevoerkanaal. In beide gevallen wordt een ruimtethermostaat gebruikt om de temperatuur individueel te kunnen instellen.

Een grote koelbehoefte kan het gevolg zijn van warmtebelasting door computers, personen, verlichting (vooral gloeilampen en indirecte verlichting), veel glas zonder adequate (buiten-)zonwering, ontbreken van luchtafvoer via de verlichtingsarmaturen etc. Hierdoor kan het koelvermogen van het in vorige paragraaf beschreven systeem ontoereikend zijn. De eenvoudigste manier om het vermogen te vergroten is toevoer van meer gekoelde lucht, bijvoorbeeld tot maximaal 6-voud. Het specifieke koelvermogen is dan 45 W/m^2 vloeroppervlakte. Met inductieapparaten of ventilatorconvectoren kan 75 W/m^2 vloeroppervlakte aan koelvermogen worden bereikt (zie paragraaf 6.4). Combinatie met een gekoeld plafond geeft een vermogen van maximaal 100 W/m^2 (zie paragraaf 4.4.3.2). Deze getallen gelden voor een netto ruimtehoogte van 2,7 m. Zie tabel 6.5 voor het koelvermogen bij andere ruimtehoogten.

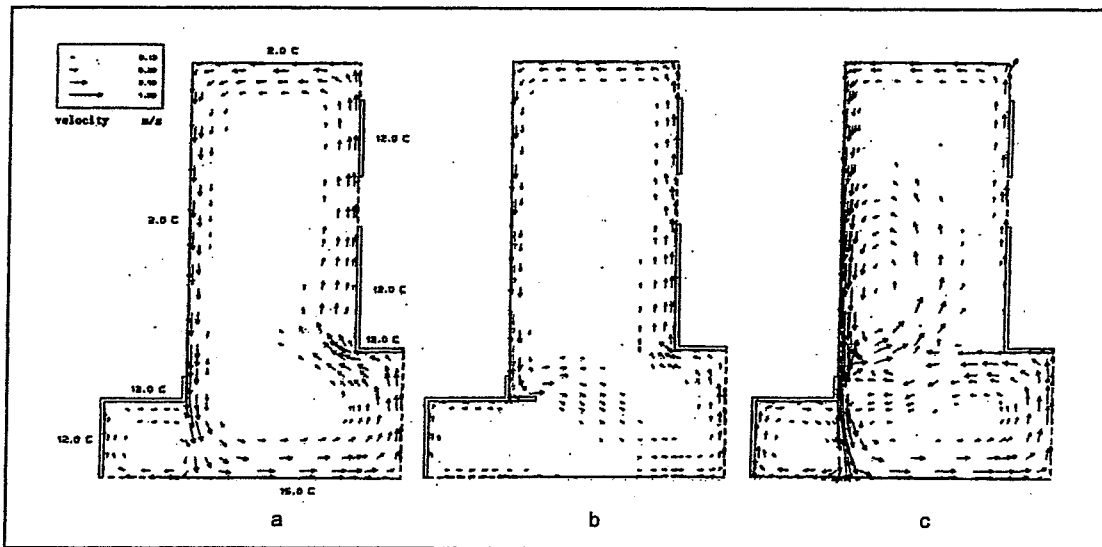
6.6.4 Hoge ruimten

Door dichtheidsverschillen van warme en koude lucht ontstaan temperatuurverschillen (verticale gradiënt $0,5$ tot $1,0 \text{ }^\circ\text{C/m}$). Daardoor kan bij hoge ruimten de temperatuur op vloer- en plafondhoogte tientallen graden verschillen. Dit verschijnsel is nuttig te gebruiken, zoals bij kwel- en verdringingsventilatie (zie paragraaf 4.5.3.1 en 4.5.3.2). Er zijn ook nadelen, zoals de beperkte bruikbaarheid van hoger gelegen delen van de ruimte door de hoge temperatuur ter plaatse. Een ander verschijnsel dat zich bij hoge ruimten sterker voordoet dan bij lage ruimten is tocht over de vloer door koudeval langs wanden die koeler zijn dan de lucht in de ruimte. Bij koeling ontstaat langs relatief warme wanden en ter plaatse van warmtebronnen een convectiestroom omhoog. Deze stroom zorgt eveneens voor tocht over de vloer. Daarom is het beter om ruimten van meer dan 4 m hoogte niet voor permanent verblijf te gebruiken. Hogere ruimten zijn niet bezwaarlijk als ze voor kortdurend verblijf zijn bedoeld of door personen worden gebruikt die meer in beweging zijn, zoals verkeersruimten, sportzalen e.d.

Omdat verschillende luchtstromingen ontstaan, zijn bij hoge ruimten aparte voorzieningen nodig voor verwarming en koeling. Bij tangentiale stroming (zie paragraaf 4.5.4.2) is voor het verlengen



Klimaatbeheersing bij hoge ruimtes, voorbeelden van luchttoevoer en -afvoer - Figuur 6.6



Luchtstroming in een serre - Figuur 6.7

van de verticale worp gebruik te maken van thermische invloeden, bijvoorbeeld door warme lucht laag en koele lucht hoog toe te voeren. Bij diffuse luchtstroming en toevoer via nozzles zijn geen aparte voorzieningen voor verwarming en koeling nodig als belastingsverschillen met luchtsnelheidsregelingen worden gecorrigeerd [47].

Hoge ruimten kunnen van verdringingsventilatie worden voorzien als ze thermisch goed zijn geïsoleerd en zoninstraling en interne warmtebelasting beperkt zijn. De koele of warme lucht kan gelijkmatig verspreid vanuit de vloer worden toegevoerd en hoog worden afgevoerd. De ruimte leent zich dan ook voor een wat langer verblijf, zoals een theaterzaal, zie paragraaf 6.6.9.

Figuur 6.6 toont verschillende wijzen van luchttoevoer en -afvoer. Ze zijn door de gradiënten en luchtstromingen die in de ruimte ontstaan niet voor alle ruimtefuncties even geschikt. Expositieruimten voor schilderijen en hallen voor assemblage van temperatuurgevoelige meetinstrumenten moeten bijvoorbeeld een zo homogeen mogelijke temperatuur hebben zodat alleen a en c in aanmerking komen.

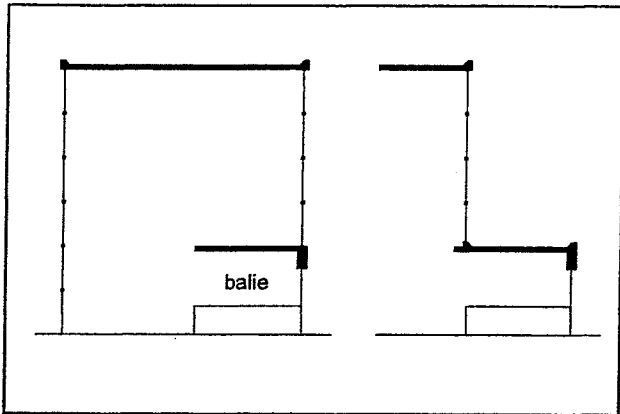
Voor het op temperatuur brengen en houden van hoge ruimten die als tijdelijke verblijfsruimte dienen is vloerverwarming goed te combineren met de systemen a, b en c, mede omdat vloerverwarming de temperatuurgradiënt gunstig beïnvloedt (warme voeten en een koel hoofd). Voor de verwarming van hoge ruimten, zoals sportzalen, veilinghallen, fabriekshallen e.d. worden ook wel hoog geplaatste stralingspanelen toegepast (minder gunstig vanwege warm hoofd en koude voeten).

6.6.5 Grote glasoverkapte ruimten (serres, atria e.d.)

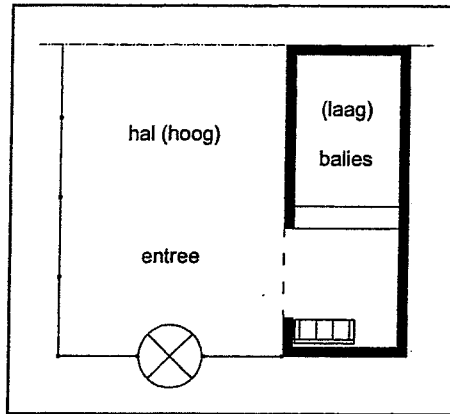
Grote/hoge glasoverkapte ruimten, zoals die in Nederland en qua klimaat vergelijkbare landen worden gebouwd, zijn meestal niet geschikt voor langdurig verblijf. Het is zelfs bijna onmogelijk om ze aan de klimaatseisen van verkeersruimten in gebouwen te laten voldoen. Daarom is het beter om aan dergelijke ruimten lagere eisen te stellen of ze een andere bestemming te geven. Door eisen en mogelijkheden op elkaar af te stemmen zijn glasoverkapte ruimten aanvaardbaar te maken voor beperkte of tijdelijke gebruiksdoelen. Om de kans op klachten te beperken moet met de opdrachtgever en - als dat mogelijk is - met toekomstige bewoners zorgvuldig overleg plaatsvinden over de gebruiksmogelijkheden. *Atria* (alleen glas in het dak) zijn minder problematisch dan *serres*.

Naast de comfortproblemen die reeds aan hoge ruimten kleven (zie paragraaf 6.6.4) komen bij hoge glasoverkapte ruimten als extra complicatie de meestal geringe thermische isolatie (verwarmingsprobleem) en de vaak grote zonbelasting (koelprobleem). Een geringe thermische isolatie zorgt bij hoge verticale glasvlakken in de winter voor koudeval. Een krachtige warme luchtstroom vanuit de vloer langs het glas - convectoren helpen nauwelijks - kan de koudeval beperken, maar veroorzaakt ook een tochtstroom over de vloer in de richting van de gevel. Feitelijk leidt elke vorm van luchttoevoer tot meer luchtstroming en kans op tocht (figuur 6.7c). Vloerverwarming is minder geschikt omdat vanuit het midden van de ruimte een verticale luchtbeweging ontstaat die de koudeval langs gevels versterkt. Uit onderzoek met 3-dimensionale stromingsmodellen [43] blijkt dat een horizontaal vlak (een balustrade of iets dergelijks) als koudeval-breker kan dienen en de kans op tocht kan beperken (figuur 6.7b). Accepteert men tocht en temperatuurverschillen dan is het mogelijk om in serres een voor verkeersruimten aanvaardbare temperatuur van 10 à 12 °C te bereiken. Verwarming met stralingspanelen is daarbij gunstiger dan luchtverwarming.

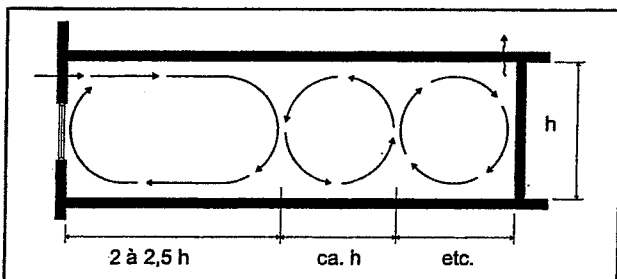
Doorgaans is het economisch niet verantwoord om zonbelaste *serres* te koelen, anders dan op een natuurlijke manier. De benodigde hoeveelheid buitenlucht is echter zo groot dat tocht onvermijdelijk is. Tocht acceptierend, kan in de zomer een *aanvaardbaar* klimaat worden gerealiseerd als de luchttemperatuur niet meer dan 5 °C boven de buitentemperatuur komt. Voor de natuurlijke ventilatie zijn openingen in de gevel in combinatie met openingen in het dakvlak het beste. Om ervoor te zorgen dat luchtbewegingen niet te sterk tot de serrevloer doordringen mogen de gevelopeningen niet te laag zitten. Hoger gelegen openingen moeten zo worden gesitueerd dat mensen niet te dicht in de buurt daarvan komen, bijvoorbeeld bij loopbruggen en bordessen. De zomerventilatie van *passages* kan op gelijke wijze plaatsvinden. *Atria* kunnen door het ontbreken van buitenwanden alleen op natuurlijke wijze via openingen in het dak worden geventileerd.



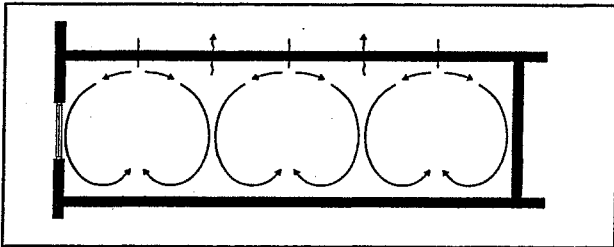
Voorbeelden van balies in hoge ruimte - Figuur 6.8



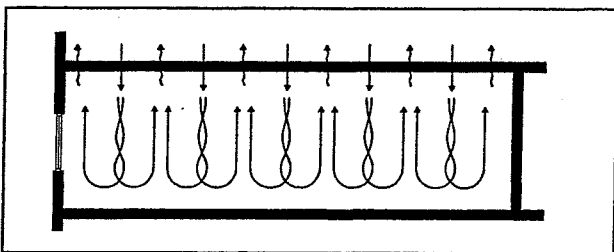
Balie in hoge ruimte met overgangsgebied (plattegrond) - Figuur 6.9



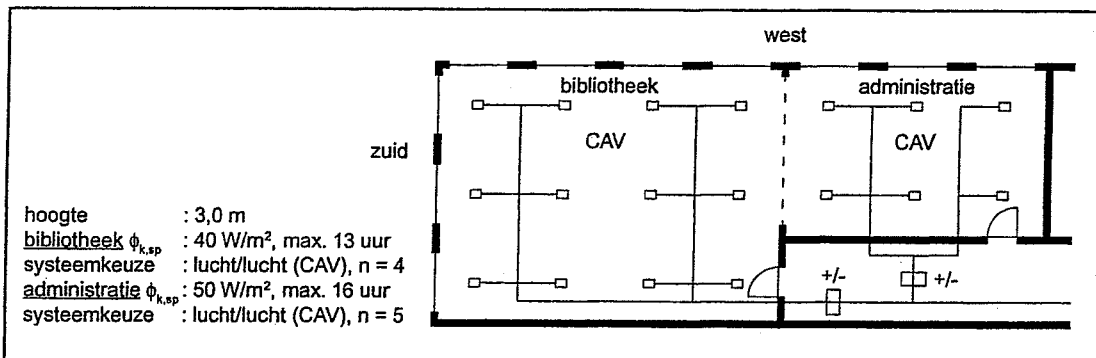
Dwarsventilatie van relatief lage ruimten met grote vloeroppervlakten - Figuur 6.10



Verticaal georiënteerde ventilatie met anemostaten of lijnroosters - Figuur 6.11



Verticaal georiënteerde ventilatie met wervelroosters - Figuur 6.12



Gekoppelde ruimten (verschil in gebruik of verschil in belastingsprofiel) - Figuur 6.13

6.6.6 Balieruimten, kassa's, loketten e.d.

Bankgebouwen, gemeentehuizen en dergelijke hebben publieksruimten met balies. Door toegangsdeuren, grote hoogte of grote glasoppervlakten kunnen deze ruimten niet altijd aan hoge klimaateisen voldoen (zie ook paragraaf 6.6.4 en 6.6.5). Het publiek, gekleed op het buitenklimaat, heeft daar geen last van omdat men kort in die ruimten verblijft. Baliepersoneel klaagt vaak over koude en tocht, net als personeel bij *kassa's* in supermarkten e.d. In publieksruimten geplaatste balies worden om die reden vaak reeds enkele maanden na ingebruikname afgeschermd. Dit soort verbouwingen is te voorkomen door balies zo ver mogelijk vanaf toegangsdeuren te plaatsen. Verder is tocht te beperken door hoge publieksruimten ter plaatse van de balies te verlagen (figuur 6.8). Grenst een balieruimte met een open verbinding aan een grote open ruimte dan kan een overgangsgebied ervoor zorgen dat eventuele tochtstromen worden afgeremd, bijvoorbeeld door balies haaks op de richting van de te verwachten tochtstroom te plaatsen (figuur 6.9).

Loketten met kleine openingen zijn geen goede oplossing voor het tochtprobleem bij balies. Ze kunnen het probleem verergeren omdat in en direct achter de openingen hoge luchtsnelheden kunnen optreden door drukverschillen als gevolg van onbalans in de ventilatie, winddrukken op de gevel, open ramen of deuren etc.

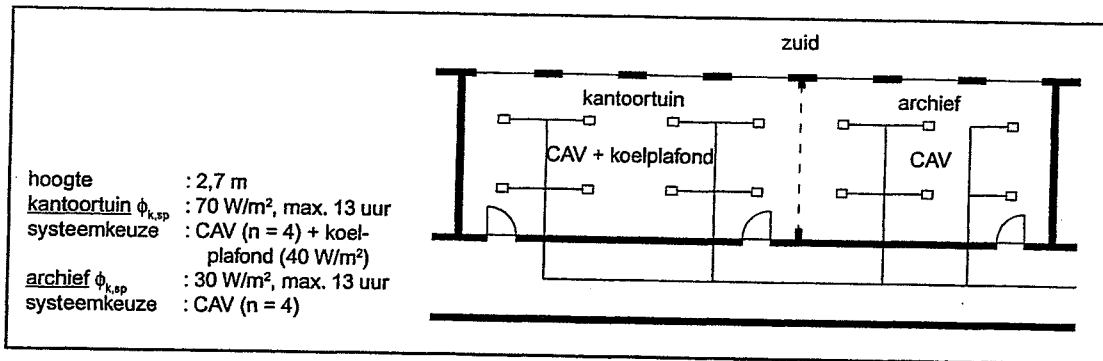
6.6.7 Ruimten met grote vloeroppervlakten

Het stromingsbereik (de worp) van wandroosters is beperkt. Daardoor ontstaan in uitgestrekte relatief lage ruimten (<3,0 m) bij dwarsventilatie met wandroosters primaire, secundaire, tertiaire etc. wervels (figuur 6.10). Als de roosters goed zijn gedimensioneerd en geplaatst hoeft dit niet tot tocht te leiden. Wel kan door interne warmtebelasting een horizontaal temperatuurverschil ontstaan waardoor het in de ruimte op enige afstand vanaf de toevoerroosters steeds warmer en benauwder wordt. Om een gelijkmatiger temperatuur te bereiken is het beter om bedoelde ruimten in verticale richting te ventileren. Plaatsing van toevoer- en afvoerroosters in het plafond is daarbij het gunstigst omdat de inrichtingsmogelijkheden van de ruimte dan niet worden beperkt. Toevoerroosters in de vloer hebben, voor zover ze zich in de leefzone bevinden, als nadeel dat het temperatuurverschil waarmee lucht kan worden toegevoerd (bij koeling maximaal 4 °C) geringer is dan bij toevoer vanuit het plafond. Om een gelijk koelvermogen te bereiken moet via vloerroosters vaak twee maal zoveel gekoelde lucht worden toegevoerd als via plafondroosters. Als toevoerroosters kunnen horizontaal langs het plafond inblazende lijnroosters of "anemostaten" worden gebruikt (figuur 6.11). Bij ruimten van >3,5m hoog zijn verticaal naar beneden blazende wervelroosters zeer bruikbaar (figuur 6.12).

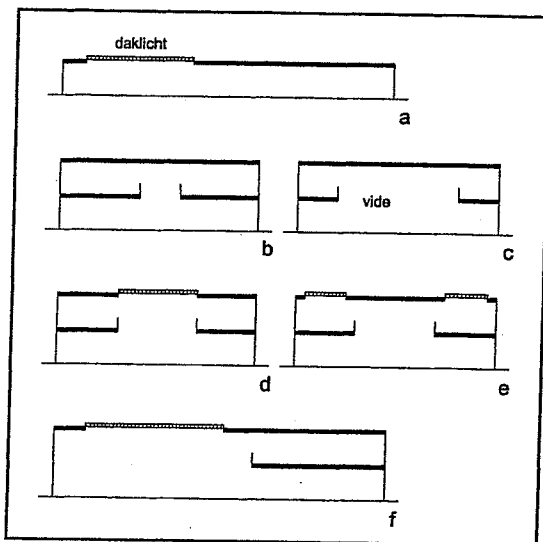
6.6.8 Gekoppelde ruimten

Bij gekoppelde ruimten kan worden gedacht aan ruimten die via grote openingen of via de klimaatinstallaties met elkaar in verbinding staan. Bij een *ruimtelijke* koppeling van ruimten die wat betreft hun functie, gebruik en specifieke warmte- en koelbehoefte ongeveer gelijk zijn, is het vanzelfsprekend dat die ruimten een identiek klimaatregelsysteem krijgen en ze tot dezelfde luchtbehandelingszone kunnen behoren. Zijn er verschillen in gebruik of verschilt het tijdstip waarop de maximale belasting optreedt dan is het beter om de ruimten als aparte zones te beschouwen en het klimaat per zone apart (na) te regelen (figuur 6.13). Zijn de verschillen in de maximale warmte- of koelbehoefte groot, dan kan het nodig zijn de ruimten van verschillende systemen met verschillende specifieke vermogens te voorzien. Vaak is het mogelijk om delen van de installatie identiek te maken. Bijvoorbeeld als alleen de maximale koelbehoefte sterk verschilt kunnen de ruimten van een identiek ventilatiesysteem worden voorzien en krijgt alleen de ruimte met de hogere koelbehoefte een aanvullende voorziening, zoals een koelplafond (figuur 6.14). Bij een ruimtelijke koppeling kan zich ook een situatie voordoen waarbij de verschillen in gebruik en belasting klein zijn maar waarbij de vorm van de ruimten sterk verschilt. In dat geval kan één systeem worden toegepast met verschillende uitvoeringen, bijvoorbeeld wat betreft de wijze waarop lucht wordt toe- en afgevoerd omdat de ene ruimte meer oppervlakte aan plafond heeft dan de andere ruimte. Vooral bij verticale koppelingen doet deze situatie zich voor, zoals bij ruimten die via een vide met elkaar in verbinding staan. In figuur 6.15 zijn voorbeelden gegeven.

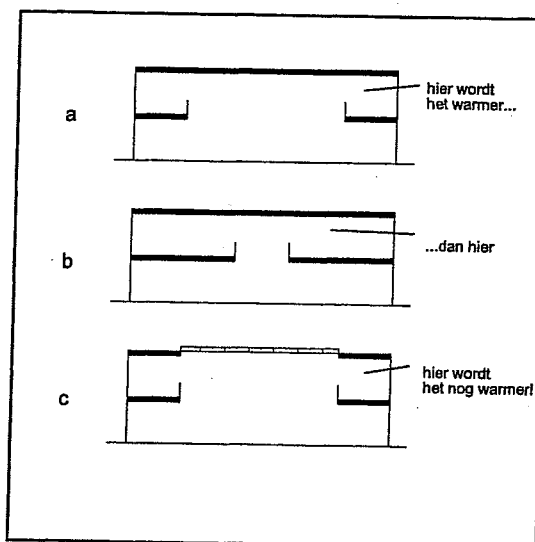
Bij verticaal gekoppelde ruimten kunnen de hoogte en hoogteverschillen tot onderlinge beïnvloeding leiden en de temperatuurregeling minder eenvoudig maken. Figuur 6.16 laat zien wat er gebeurt door temperatuurgradiënten. Oplossingen worden ingewikkelder als er eveneens belastingsverschillen zijn. Verder kunnen de verschillen in mogelijkheden om lucht of warmte toe of af te



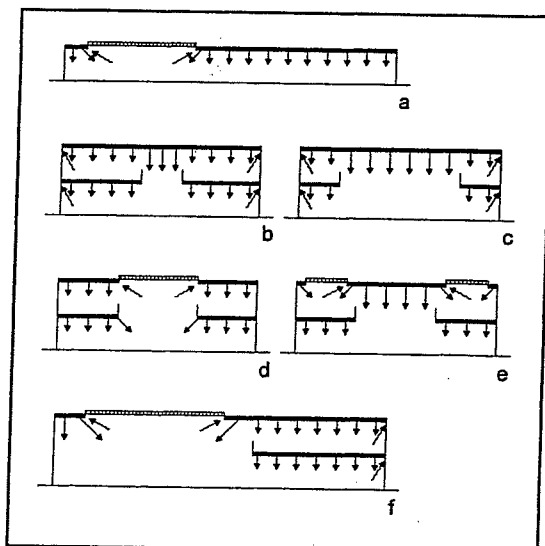
Gekoppelde ruimten (verschil in maximale koelbehoefte) - Figuur 6.14



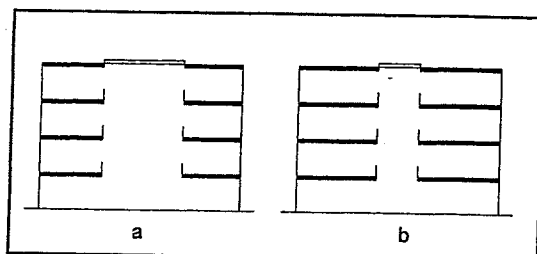
Verticaal gekoppelde ruimtes - Figuur 6.15



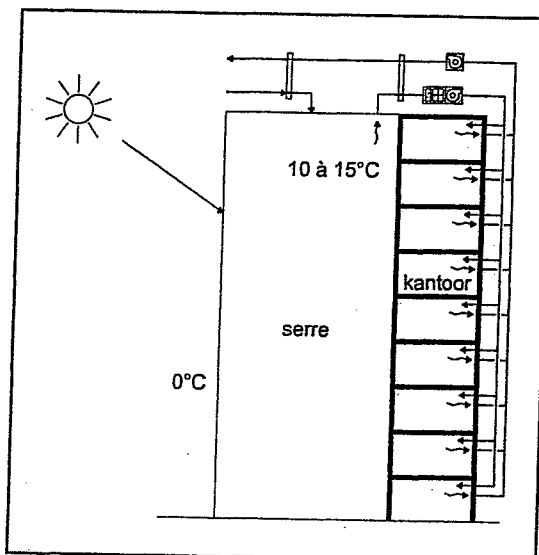
Wat in verticaal gekoppelde ruimten gebeurt - Figuur 6.16



Suggestie voor plaatsing van roosters - Figuur 6.17



D.m.v. vides en atria gekoppelde ruimtes - Figuur 6.18



D.m.v. installatie gekoppelde serre en kantoorvertrekken - Figuur 6.19

voeren de systeemkeuze complex maken en ertoe leiden dat het thermisch comfort niet wordt wat men ervan verwacht. In zo'n situatie bestaat er een conflict tussen de ruimtelijke kwaliteit en het comfort en is het nodig om tussen beiden een afweging te maken. Figuur 6.17 toont voorbeelden voor de plaatsing van luchttoevoer- en afvoerroosters die tot het best mogelijke resultaat kunnen leiden. Zijn er belastingverschillen dan is het koelvermogen - als er ruimte voor is - plaatselijk te vergroten met koelplafonds.

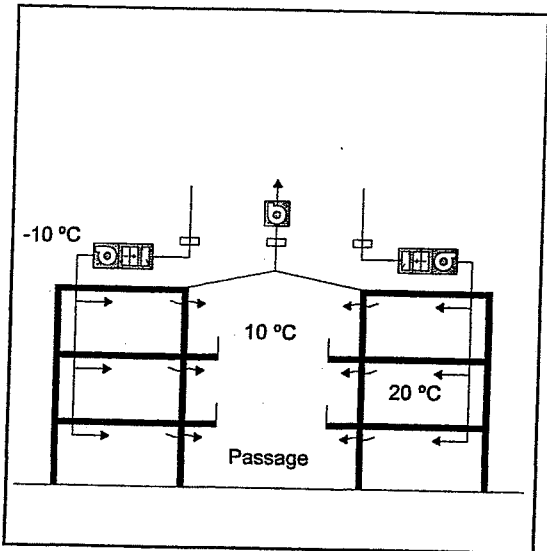
Voorgaande alinea's beschrijven de koppeling van verblijfsruimten. Ruimten met verkeers- en andere dan gebruiksfuncties, zoals serres en atria, kunnen veel meer invloed op het klimaat in aangrenzende ruimten hebben als ze met die ruimten in open verbinding staan. De invloed is groter naarmate de vloeroppervlakte van de serre of het atrium groter is. De systeemkeuze van de aangrenzende ruimten wordt daardoor mede bepaald door de belasting van de serre of het atrium. Vooral bij ruimten die via een serre of atrium over een groot aantal verdiepingen zijn gekoppeld kan zich een complexe situatie voordoen, mede omdat in de serre of het atrium op zich al grote temperatuurverschillen ontstaan (zie paragraaf 6.6.4 en 6.6.5). Uit oogpunt van klimaatregeling is het daarom het beste om dergelijke situaties te vermijden. Is er een open verbinding met aangrenzende verblijfsruimten, zoals hiervoor omschreven, dan is de consequentie dat die ruimten minder comfortabel zijn. Alleen als de vloeroppervlakte van de serre of het atrium klein is, in vergelijking met de vloeroppervlakte van de aangrenzende verblijfsruimten, kunnen die ruimten aan redelijk strenge eisen voldoen, zie figuur 6.18b. De delen van de ruimten dichtbij de serre of het atrium blijven kritisch en kunnen beter voor een andere functie dan verblijfsruimte worden bestemd.

Bij een koppeling van ruimten *via de klimaatinstallatie* kan worden gedacht aan het gebruik van lucht die vanuit de ene ruimte wordt afgevoerd om er een andere ruimte mee te ventileren, verwarmen of koelen. Een voorbeeld is een hoog kantoorgebouw met een grote hoge serre, zie figuur 6.19. De koppeling via de installatie dient om de voor de kantoren benodigde verse lucht in de winter te kunnen voorverwarmen met in de serres geabsorbeerde zonnewarmte. Figuur 6.20 geeft een voorbeeld van een koppeling tussen kantoren en een winkelpassage. Met de warmte uit de lucht die uit de passage wordt afgevoerd wordt de toevoerlucht naar de winkels voorverwarmd.

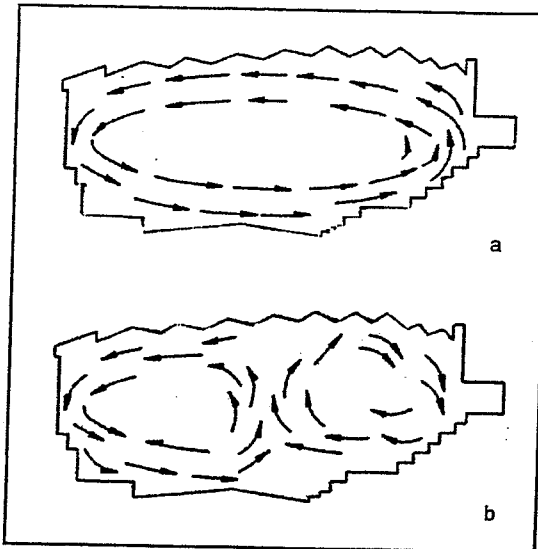
6.6.9 Theaterzalen

Theaterzalen zijn doorgaans hoog, o.a. om boven in de zaal een buffer met verse lucht te hebben. Vaak is de hoogte ook nodig vanwege belichting, projectie e.d. Omdat de luchtbuffer onvoldoende is voor een langdurige hoge zaalbezetting, is mechanische ventilatie nodig. In het verleden werden de toevoerroosters van theaters meestal in de wanden of het plafond aangebracht. Ondanks een zorgvuldige plaatsing bleek steeds tocht te ontstaan. Dit is, naast de hoogte van de ruimte, mede toe te schrijven aan de hoge interne warmtebelasting en de vaak ongelijkmatige zaalbezetting. Door de warmtebelasting van het publiek - en de convectiestroom die daarvan het gevolg is - kan een luchtstroming ontstaan die het beoogde stromingspatroon overheerst. Figuur 6.21 laat het verschil zien tussen een vol amfitheater (a) en hetzelfde theater met gedeeltelijke bezetting (b).

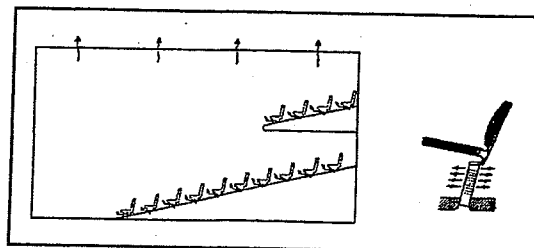
Bij moderne theaterzalen voert men de verse lucht vaak laag en met een geringe snelheid toe, bijvoorbeeld via de poot of rugleuning van fauteuils of via vloerroosters onder de fauteuils. De lucht wordt hoog afgevoerd, bijvoorbeeld via de verlichtingsarmaturen. Dit is een onzuivere vorm van verdringingsventilatie (figuur 6.22). Vanwege de plaats van de luchttoevoer mag de toevoertemperatuur niet meer dan ca. 4 °C onder de zaaltemperatuur liggen en niet lager zijn dan ca. 20 °C. Anders ontstaan klachten over koude voeten. Ook dit systeem is niet zonder problemen. Door de verticale temperatuurgradiënt is het hoger in de zaal - bijvoorbeeld ter plaatse van balkons - vaak te warm. Om die reden wordt dit systeem bij zeer grote zalen wel gecombineerd met variabele luchttoevoer via hoog in de ruimte geplaatste wervelroosters of nozzles. De luchttoevoer wordt in dat geval per rooster of per groep roosters geregeld op basis van de bezetting. Bij theaters en vergelijkbare zalen wordt meestal 35 m³/h verse lucht per persoon toegevoerd en wordt in de pauzes extra geventileerd. Meer luchttoevoer kan nodig zijn om de zaal voldoende te koelen (6- tot 8-voud). Zie rekenvoorbeeld, paragraaf 8.3.10.



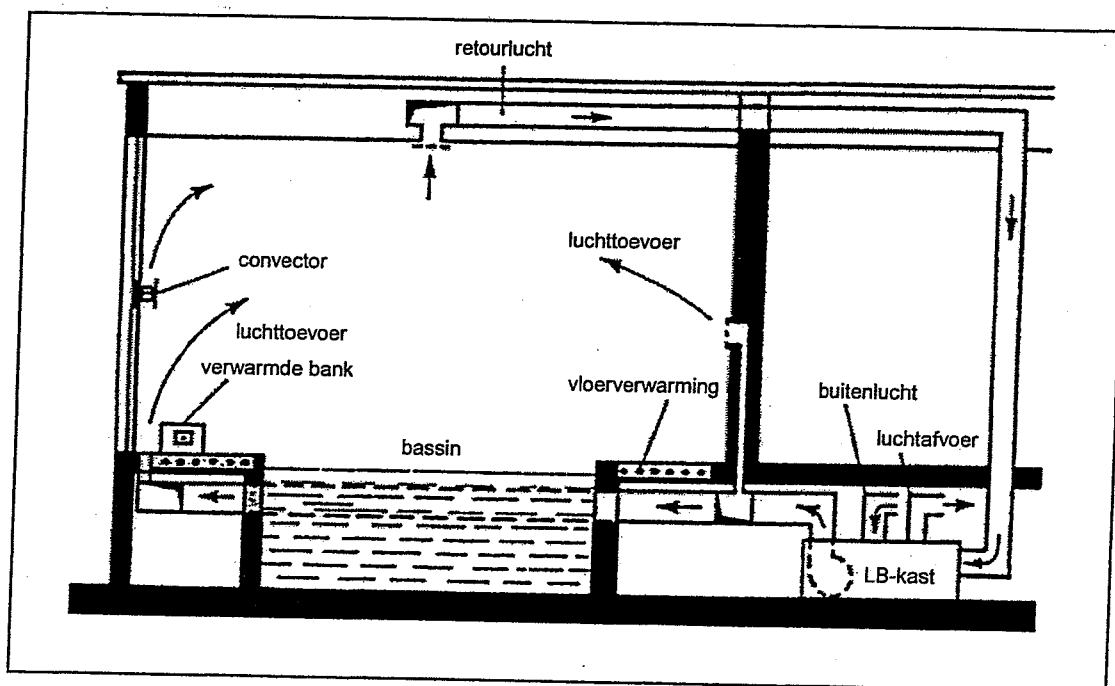
D.m.v. installatie gekoppelde winkels en passage - Figuur 6.20



Luchtstroming in theater t.g.v. belasting door publiek - Figuur 6.21



Theaterzaal met luchttoevoer via fauteuil-poten - Figuur 6.22



Klimaatbeheersing in zwembaden - Figuur 6.23

6.6.10 Multifunctionele zalen

Zalen voor toneel, film, sport, feesten e.d. zijn nooit voor alle toepassingen even goed te klimatiseren, althans niet met een enkelvoudig systeem. Luchttoevoer, zoals bij theaters, kan niet omdat de zaalvloer voor een aantal functies volledig beschikbaar en vlak moet zijn. Door de mogelijkheid van een grote bezetting is een systeem met toe- en afvoerroosters in het plafond, eventueel aangevuld met lage afvoer (wand- of vloerroosters), het best denkbare. Verticaal naar beneden blazende wervelroosters zijn meestal een goede keus (zie figuur 6.6c). Voor het bij lage buiten-temperaturen op temperatuur brengen en - bij geringe bezetting - op temperatuur houden van de zaal is vloerverwarming een goede aanvulling op dit systeem. In welke mate mechanische koeling nodig is, hangt af van de specifiek werkzame massa (SWM) van de zaal, van de maximale bezetting en van de temperatuureisen die bij verschillende bezettingen worden gesteld. Zie paragraaf 6.6.9 voor meer gegevens.

6.6.11 Sportzalen/tentoonstellingshallen e.d.

Het klimaat in sportzalen moet voor sporters en ook vaak voor toeschouwers aanvaardbaar zijn. Actieve sporters prefereren een lagere temperatuur dan toeschouwers. Sportzalen bij het onderwijs zijn meestal voorzien van te openen ramen en verwarming met radiatoren. Om te voorkomen dat sporters zich eraan verwonden zijn radiatoren vaak in ondiepe nissen geplaatst. Soms wordt luchtverwarming toegepast, in zijn eenvoudigste vorm bestaande uit een of meer vrij opgehangen indirect gestookte luchtverwarmers. Vloerverwarming is een luxe die men zich soms bij kleinere sportzalen voor gehandicaptenonderwijs veroorlooft.

Verwarming die het meest tegemoet komt aan de temperatuurbehoefte van sporters en toeschouwers is stralingsverwarming. Bij stralingsverwarming kan, bij gelijkblijvend comfort, een lagere luchttemperatuur worden toegepast dan bij luchtverwarming. Dat is gunstig omdat bewegende sporters meer afkoeling van de koelere lucht ondervinden dan stilzittende toeschouwers. Bij tribunes is plaatselijk meer warmte toe te voeren. Stralingsverwarming voor sportzalen kan bestaan uit een *middelhoog*- of een *laag*-temperatuursysteem. Bij middelhoge-temperatuursystemen gebruikt men smalle stralingspanelen bestaande uit stevige metalen platen die aan watervoerende buizen zijn gelast. Bij lage-temperatuursystemen worden grote delen van het plafond als verwarmingsplafond uitgevoerd. Omdat deze plafonds bestaan uit dunne metalen platen of stroken zijn ze kwetsbaarder.

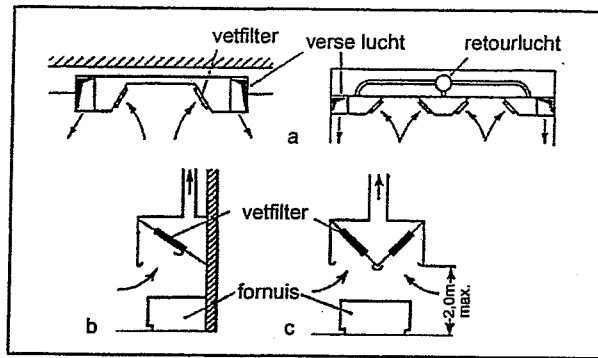
In Nederland is mechanische koeling voor sportzalen niet gebruikelijk. Sportzalen bij het onderwijs zijn meestal voorzien van hoog geplaatste klepramen waarmee, door ze tegen elkaar open te zetten, de temperatuur in de zomer redelijk is te beheersen. Tocht is daarbij niet uit te sluiten. Zalen van commerciële sportcomplexen met veel bezoekers (AHOY e.d.) hebben meestal wel mechanische koeling. Koeling van dergelijke ruimten is mogelijk met toevoer- en afvoerroosters in het plafond (figuur 6.6a en 6.6c). De luchtstroom mag niet op de toeschouwers zijn gericht. Horizontale luchttoevoer met nozzles in de wanden wordt ook wel toegepast, maar is - door de grotere kans op tocht - minder gunstig en bij sommige sporten, zoals badminton, ongewenst.

6.6.12 Zwembaden

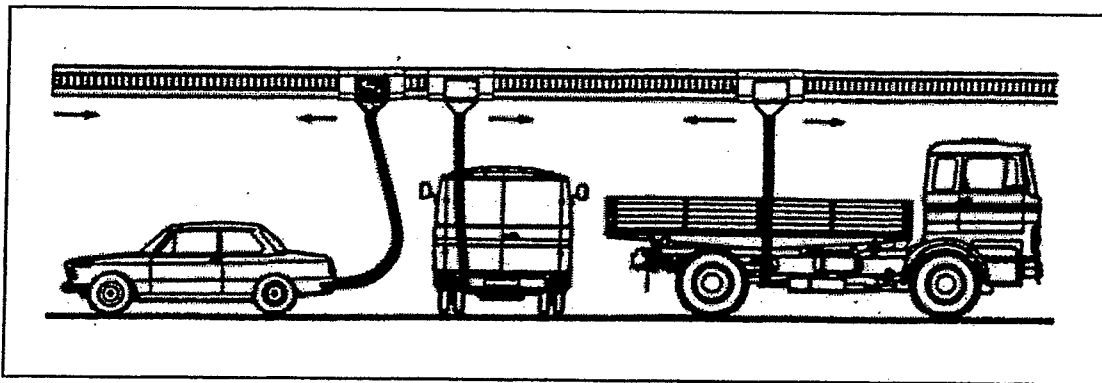
Bij zwembaden hebben natte zwemmers op de kant andere temperatuurbehoefte dan toeschouwers en personeel. Met name personeel bij overdekte zwembaden klaagt vaak over warmte, zelfs in het winterseizoen. Net als bij sportzalen is verwarming met stralingspanelen het meest ideaal omdat naar behoefte plaatselijk extra kan worden verwarmd [48]. Bij moderne binnenbaden zijn de perrons meestal voorzien van vloerverwarming. Om de kans op condensatie op ramen en wanden te beperken worden zwembaden doorgaans ten minste 3-voudig geventileerd, bij lage buitentemperaturen met verwarmde buitenlucht en bij hoge buitentemperaturen met ongekoelde buitenlucht. Condensatie op ramen is eveneens te beperken met ribbenbuizen of convectorelementen of door warme lucht onder de ramen toe te voeren (figuur 6.23).

6.6.13 Bedrijfskeukens

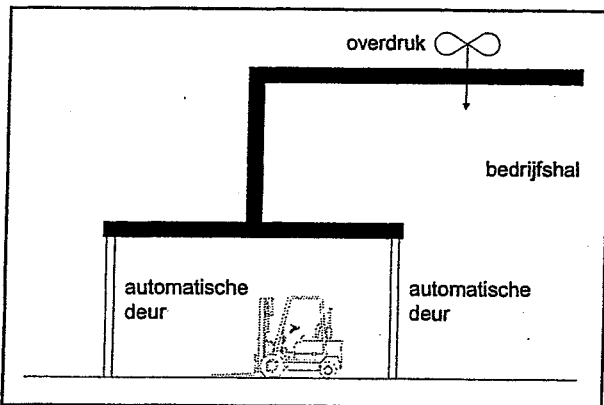
In bedrijfskeukens ontstaat tijdens koken, bakken, braden, vaatwassen e.d. warmte en stoom. Bovendien komen vette dampen en kookluchtjes vrij. Warmte en stoom kunnen een thermische belasting vormen. De beste methode om deze belasting te beperken is het plaatsen van de afvoer zo dicht mogelijk bij de bron (kooktoestellen, vaatwassers e.d.). Doordat warmte en stoom komen zeer wisselend vrijkomen zou een installatie gebaseerd op de maximale warmte- en stoom-



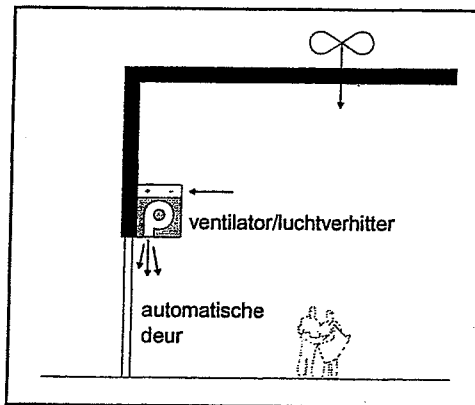
Ventilatie van bedrijfskeukens - Figuur 6.24



Directe afvoer van uitlaatgassen bij proefdraaien - Figuur 6.25



Luchtsluis met automatische deuren - Figuur 6.26



Automatische deur met luchtgordijn - Figuur 6.27

productie zeer omvangrijk worden. Met een bufferruimte, zoals een grote wasemkap boven een kookgroep (figuur 6.24), is de omvang te beperken. De ruimte boven de leefzone is als buffer te beschouwen voor de warmte en stoom die verspreid in de keuken vrijkomt of aan de wasemkap ontsnapt. Bedrijfskeukens moeten om die reden ten minste 3,0 m hoog zijn.

Afhankelijk van de warmte- en vochtbelasting worden bedrijfskeukens 15- tot 20-voudig geventileerd. Bij verblijfsruimten zouden dergelijke ventilatievouden tot tochtklachten leiden. Bij keukens gebeurt dit minder snel omdat keukenpersoneel veel in beweging is en bovendien meer accepteert. Toevoer van grote luchthoeveelheden via open ramen zou tocht veroorzaken, zeker als de diepte van de keuken meer dan 2 maal de hoogte is (vuistregel). Daarom is bij grotere keukens mechanische ventilatie altijd en mechanische koeling vaak nodig. Voor de keuze van de plaats en het type toevoerrooster kunnen de aanwijzingen worden gevolgd die bij de beschrijving van de verschillende ruimtevormen zijn gegeven.

6.6.14 Industriële ruimten

Bij industriële ruimten moet de klimaatregeling op de processen zijn gericht. Industriële processen kunnen hoge eisen stellen aan het thermische klimaat en de luchtreinheid. De productie van micro-elektronische componenten in zogenaamde "clean rooms" is hiervan een voorbeeld. Anderzijds kunnen processen de ruimte thermisch en chemisch zwaar belasten. Deze belasting is het meest effectief te bestrijden door warmte en verontreinigingen zo dicht mogelijk bij de bron af te voeren. Een goed voorbeeld is de afvoer van uitlaatgassen in garagebedrijven. Bij proefdraaiende auto's wordt de uitlaat met een slang aangesloten op een centraal afvoersysteem (figuur 6.25).

Bij industriële ruimten vraagt transport vaak bijzondere aandacht. Voor het transport van grote voorwerpen, zoals bij de scheeps- en apparatenbouw, zijn zulke grote toegangsdeuren nodig dat bij lage buitentemperaturen door het openen van deuren veel tocht en warmteverlies kan ontstaan. Een simpele methode om dit tegen te gaan, echter met een beperkt effect, is het plaatsen van plastic stroken in de deuropening. Een luchtsluis in combinatie met automatische deuren (figuur 6.26) is nagenoeg ideaal, maar ook kostbaar en het vraagt ruimte. Automatische deuren in combinatie met een luchtgordijn (figuur 6.27) zijn vaak een bruikbare tussenoplossing.

Hoewel in industriële ruimten vaak een ruw klimaat heerst is het niet zo dat er geen hoge op mensen gerichte klimaateisen aan worden gesteld. Moeten fysieke inspanningen worden geleverd die vergelijkbaar zijn met kantoorarbeid of moeten nauwkeurige handelingen worden verricht, dan gelden vergelijkbare klimaateisen. Echter de omstandigheden staan niet altijd toe dat aan die eisen wordt voldaan. Vaak is het gebouw daarvan de oorzaak. Het voert te ver om hier in te gaan op alle aspecten van een geïntegreerd ontwerp van industriële gebouwen met hun processen en klimaatinstallaties. Duidelijk is dat ook hier een taak ligt voor bouwontwerpers.

6.6.15 Winkels/winkelcentra

Bij winkels in winkelcentra kunnen zeer uiteenlopende koelbehoeften voorkomen. De koelbehoefte is vooral hoog als veel gloeilampen of halogeenlampen worden gebruikt. Deze lampen produceren veel warmte en hebben een relatief geringe lichtopbrengst. Tabel 6.6 geeft de lichtopbrengst van verschillende lampen. Gloeilampen en halogeenlampen gebruikt men voor sfeer of om de vorm en glans van voorwerpen goed te kunnen zien. Lampen met een goede kleurweergave maken het natuurgetrouw zien van kleuren mogelijk. Fluorescentielampen (TL) hebben een goede kleurweergave maar ze geven ook vrij diffuus licht waardoor vormen minder goed zijn waar te nemen. Tabel 6.7 geeft voor verschillende winkels de meest toegepaste verlichting. Verder vermeldt de tabel het gemiddelde koelvermogen, het aandeel van de verlichting hierin en de vloeroppervlakte per persoon.

Is bekend voor welk type winkel een ruimte is bedoeld, dan is daarmee ook ongeveer bekend op welke thermische belasting moet worden gerekend en is een klimaatregelsysteem te kiezen. Bij winkelcentra van beleggingmaatschappijen is meestal niet meer bekend dan de branche die in delen van het centrum komt. Is precies bekend welke winkel waar komt, dan nog moet rekening worden gehouden met verhuisbewegingen. Daarom is het gebruikelijk winkelcentra te voorzien van leidingen en kanalen waarmee een standaard hoeveelheid warmte, koude en lucht is toe en af te voeren. Hebben winkels meer nodig dan moeten aanvullende voorzieningen worden aangebracht, zoals compacte koelunits. Dergelijke units mogen winkeliers vaak in eigen beheer

installeren, wat te zien is aan de condensors aan de achterzijde van het pand. Dit niet fraaie verschijnsel is tegen te gaan door de koelcentrale en de koelleidingen ruimer te dimensioneren dan op basis van de standaard koelbehoefte. Voor winkelcentra neemt men vaak een koelvermogen van 80 W/m². Uit tabel 6.7 is af te leiden dat soms 200 W/m² nodig is. Het is een investerings- en exploitatievraagstuk waar verschillende projectontwikkelaars en beleggingsmaatschappijen verschillend over denken.

Tabel 6.6 Prestatie van verschillende typen lampen

type lamp	licht opbrengst lm/W	kleur weergave
gloeilamp		
- "gewoon"	8 - 17	uitstekend
- halogeen	13 - 25	uitstekend
fluorescentie		
- compact ("PL")	50 - 88	goed
- buislamp ("TL")	50 - 104	uitstekend
natrium		
- hoge druk	66 - 138	(middel)matig
- lage druk	100 - 200	geen

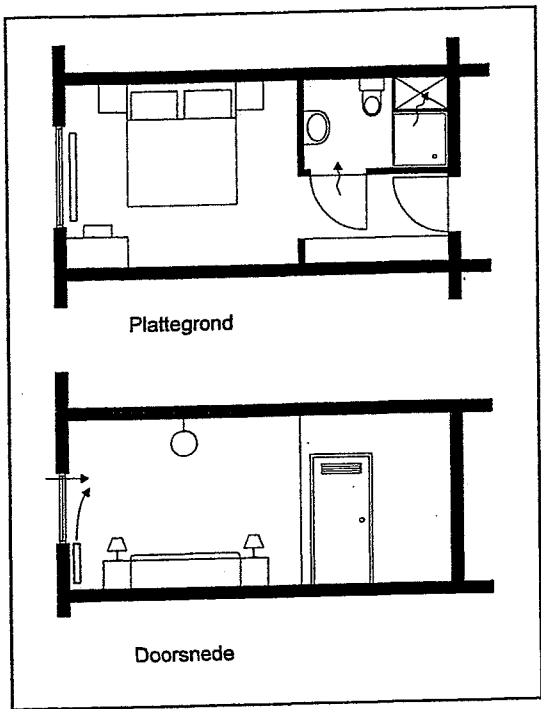
Tabel 6.7 Thermische belasting winkels

type winkel	Totaal W/m ²	verlichting W/m ²	type	m ² /persoon
café	80	20	gloeilamp	1 - 2
geschenken	90	30	TL	5
huishoudelijke artikelen	90	30	TL	5
juwelier	100	60	halogeen	5
kleding	80	30	TL	5
lederwaren	100	60	halogeen	5
passage	--	10	HD-natrium	5
restaurant	80	30	gloeilamp	2 - 3
schoenen	100	60	halogeen	5
suikerwaren	100	50	halogeen/TL	3 - 5
supermarkt	120	30	TL	5
TV/elektrische apparaten	150	50	halogeen/TL	5
verlichting	200	150	diverse	5
warenhuis	80	30	TL	5
woninginrichting	50	30	TL	20

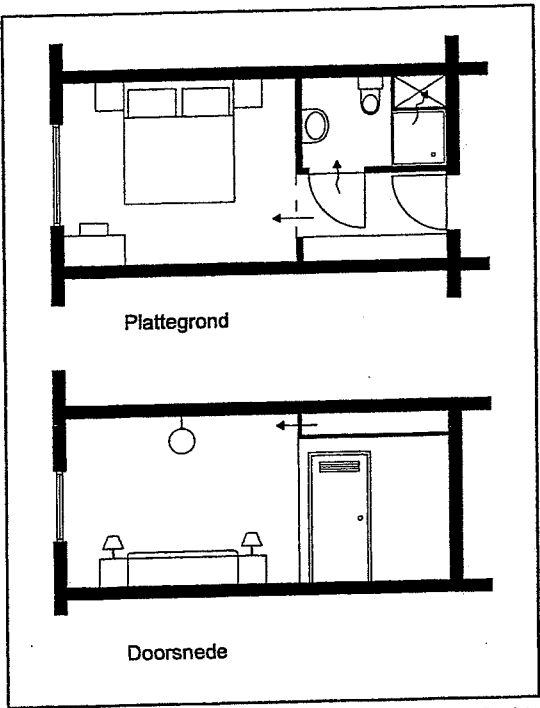
6.6.16 Musea

Om onvervangbare cultuur- en natuurhistorische voorwerpen vele eeuwen onaangetast te kunnen bewaren moet het klimaat en de verlichting in opslag- en expositieruimten vaak aan strenge eisen voldoen. Verf, doek en lijsten van olieverfschilderijen bijvoorbeeld zijn gevoelig voor vocht en moeten worden bewaard bij een relatieve luchtvochtigheid van 55 ± 5%. Ook houten voorwerpen, zoals beelden en meubelen, vragen een vergelijkbare niet te vochtige en niet te droge atmosfeer. Stenen en metalen beelden zijn minder vochtgevoelig.

Lucht met een temperatuur van 20 °C en een relatieve vochtigheid (RV) van 55% geeft bij een temperatuurverhoging van 1 °C een RV-verlaging van 5%. In een ruimte met een gemiddelde temperatuur van 20 °C en een verticale temperatuurgradiënt van 1°C/m verandert de RV daardoor 5%/m. In die situatie kunnen schilderijen van meer dan 2 meter hoogte zich nooit geheel in het voorgeschreven thermische klimaat bevinden. Daarbij komt dat het onmogelijk is om de temperatuur zo te regelen dat deze ter plaatse van het midden van alle schilderijen altijd de vereiste



Hotelkamer met radiator en natuurlijke ventilatie
- Figuur 6.28a



Hotelkamer met mechanische ventilatie/luchtverwarming
- Figuur 6.28b

waarde heeft. Om die reden moet bij schilderijen een klimaatregeling worden toegepast die een zo klein mogelijke temperatuurgradiënt geeft, zoals verdunningsventilatie. Verdringingsventilatie of kweilventilatie komen om deze reden niet in aanmerking. Transparante ruimten met veel direct zonlicht hebben vaak een grote temperatuurgradiënt en daardoor grote verschillen in relatieve vochtigheid. Dat maakt transparante ruimten slechts geschikt voor een beperkt aantal expositiedoelen en in ieder geval niet voor schilderijen.

Buitenlucht bevat stof, roetdeeltjes en etsende verontreinigingen, zoals zwaveloxiden. Ook bezoekers verontreinigen de lucht. Aan expositieruimten voor schilderijen, textiel en metalen voorwerpen worden luchtreinheidseisen gesteld. Aan die eisen is te voldoen met mechanisch ventilatie met fijnfiltering. Natuurlijke ventilatie is ongeschikt voor musea.

Wandkleden, tapijten en kleding verkleuren door licht en vooral door ultraviolette straling. Etsen, waterverf, pen- en potloodtekeningen zijn extreem gevoelig voor ultraviolet. Sommige prenten zijn gevoelig voor violet of zelfs voor blauw licht en moeten om die reden in gedempt licht van speciale lampen worden tentoongesteld. Om vormen goed te kunnen zien, zoals van beelden, is veel meer licht en zijn vooral contrasten nodig. Direct zonlicht kan een bijzonder effect geven, maar is ongeschikt voor houten beelden. Om de lichtovergang niet onaangenaam groot te laten zijn en bezoekers aan het gedempte licht van een prentenkabinet te laten wennen moeten deze ruimten niet direct aan beeldenzalen grenzen. Beide typen expositieruimte moeten door een gematigd verlicht overgangsgebied van elkaar zijn gescheiden. Olieverfschilderijen kunnen meer licht verdragen dan prenten maar geen direct zonlicht. Zalen met veel horizontaal glas (daklichten) of ramen op Zuidelijke oriëntaties waardoorheen direct zonlicht kan toetreden zijn ongeschikt als expositieruimte voor schilderijen. Ruimten met diffuus daglicht van op het Noorden gerichte ramen of speciale lichtkappen zijn ideaal.

6.6.17 Hotels

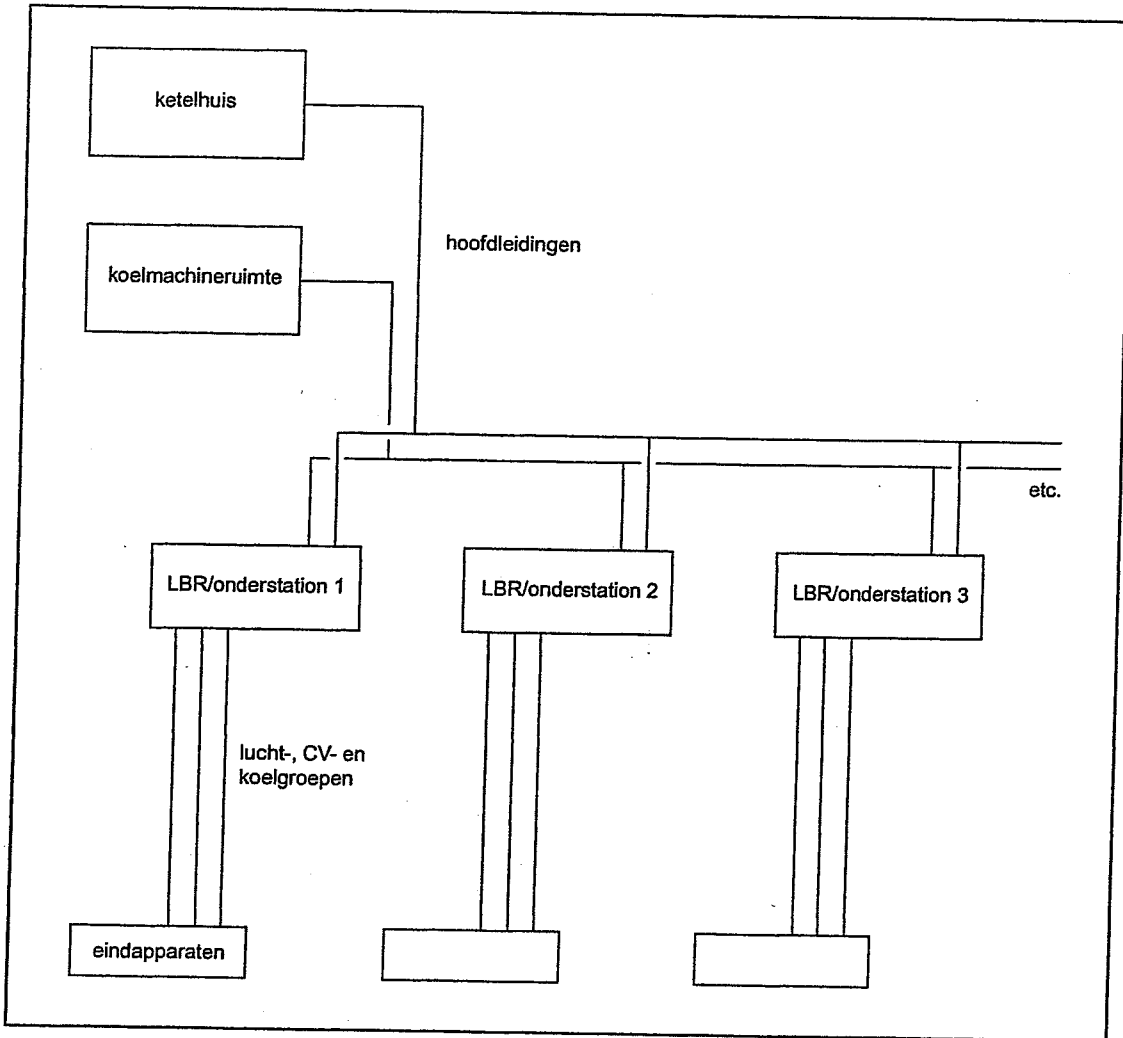
Aan hotelkamers worden dezelfde eisen gesteld als aan woon/slaapvertrekken. Hotelkamers krijgen vaak elk een badruimte met daarin een bad of douche, wastafel en toilet. De badruimte bevindt zich dan meestal direct naast de hal/garderobe bij de toegangsdeur (figuur 6.28). Badruimten van naast elkaar gelegen kamers worden vaak naast elkaar gesitueerd om het aantal schachten te beperken. Een standaard hotelkamer wordt verwarmd met een radiator. Sommige ontwerpers willen dat niet en passen liever een convector of luchtverwarming toe. De aansluitingen van radiatoren en convectoren kunnen in het zicht lopen en aangesloten worden op eveneens in het zicht lopende verticale leidingen ("strangen"). Steeds vaker legt men de aansluitingen, net als in woningen, in de afwerklaag. De verticale hoofdleidingen lopen dan in de schacht van de badkamer of in een aparte schacht in de hal (bijvoorbeeld naast de garderobekast). De badruimte wordt mechanisch geventileerd. Lucht stroomt vanuit de kamer via een spleet onder of een rooster in de deur naar de badruimte. De hotelkamer zelf wordt meestal natuurlijk geventileerd via een rooster in of boven het (te openen) raam. Het te openen raam is nodig om de kamer bij zomerse omstandigheden niet te warm te laten worden. Als de kamer een zeer transparante gevel heeft, kan mechanische koeling nodig zijn. De hal/garderobe krijgt dan een verlaagd plafond met daarboven de luchtkanalen. Dit is eveneens een goede plaats voor de kanalen als voor luchtverwarming is gekozen. Het toevoerrooster wordt in beide gevallen in het verticale deel van het verlaagde plafond tussen hal en kamer geplaatst en blaast de lucht horizontaal in, in de richting van de gevel. Het bed moet zo worden geplaatst dat gasten niet op de tocht komen te liggen.

Hotels hebben voor het maken van ontbijt en bereiding van lunches en diners meestal aparte keukens. Met name keukens, waarin veel warmte en stoom vrijkomen van kooktoestellen en afwasmachines, moeten fors worden geventileerd en ten minste 3 m hoog zijn (zie ook paragraaf 6.6.13). Aan de lounge, de bar, het restaurant e.d. worden gebruikseisen gesteld die zijn afgestemd op de vaak hoge bezetting. Voor de lounge en het restaurant kan met 1 persoon per 3 m² worden gerekend, voor de bar van een hotel met 1 persoon per 2 m².

6.6.18 Monumentale gebouwen / restauratie

Bij monumentale gebouwen, waarbij een verbouwing als restauratie moet worden opgevat, mag in de regel weinig aan het aanzien veranderen. Buitenzonwering is meestal taboe en originele details, zoals balkenplafonds, moeten vaak zichtbaar blijven. Voor het creëren van horizontale inbouwruimte voor leidingen en luchtkanalen kan aan verhoogde vloeren worden gedacht. Als voor dit doel een verdiepingsvloer wordt verhoogd kan dit zowel voor de bovenliggende als voor de onderliggende ruimten inbouwruimte bieden. Is weinig schachtruimte beschikbaar dan is met lambriseringen verticale inbouwruimte te maken. Ondanks dit type van mogelijkheden is bij restauratieprojecten vaak onvoldoende ruimte te creëren om al die installaties in te bouwen die op grond van moderne criteria gewenst zijn. Je moet jezelf in die situatie daarom afvragen of die eisen niet te hoog zijn en of er niet een beetje geschipperd mag worden. Is het bijvoorbeeld nodig om te eisen dat de hoogste gebruiksbelasting bij de hoogste ontwerp-buitemperatuur wordt gehaald? Bewoners en publiek accepteren het vaak als vanzelfsprekend dat het klimaat in monumentale gebouwen niet aan moderne comforteisen voldoet.

Bij restauratie wil men vaak weinig van de installaties zien. De opvattingen hierover verschillen. Sommigen vinden dat installaties een toevoeging zijn waarvan het onvermijdelijk is dat die worden gezien. Ze accepteren de installaties, laten ze zien, duidelijk zien of gebruiken ze zelfs als vormgevende elementen. Er zijn verschillende mogelijkheden om installaties niet te laten zien. Kanalen, leidingen e.d. kunnen worden ingebouwd op een wijze zoals reeds besproken. Anders is het met eindapparaten. Een licht schoepenrooster valt op door de donkere ruimte tussen de schoepen. Zo'n rooster is bijna niet waarneembaar als het donkerbruin of zwart is en wordt opgenomen in een vlak met dezelfde kleur, vooral als zo'n rooster hoog in de ruimte is geplaatst.



Conceptuele indeling installaties - Figuur 7.1