

## 7. RUIMTELIJKE INTEGRATIE

### 7.1 Conceptuele indeling

De eerste ruimtelijke integratiestap is het maken van de "conceptuele indeling" in: a) centrale installaties, b) installaties voor distributie van warmte, koude en verse lucht in het gebouw en c) installaties voor de verdeling van warmte, koude en lucht in de te klimatiseren ruimten ("eind-apparaten") [49]. Zie figuur 7.1. De volgende stap is het creëren van ruimte voor deze installaties.

### 7.2 Dimensioneren installatieruimte

Bij het dimensioneren van de installatieruimte bestaan twee trajecten waarin de afstemming op het gebouwwontwerp kan worden verfijnd, namelijk: bij het bepalen van het vermogen van de installaties en bij het - op grond van dat vermogen - bepalen van de benodigde ruimte. De mate van de mogelijke verfijning hangt af van het ontwerpstadium. Bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp krijgen de installaties voor het eerst aandacht en zal de dimensionering van de installatieruimte meestal "indicatief" zijn. Bij het Voorlopig Ontwerp kan de afstemming worden verfijnd met een "globale" bepaling. Wanneer dit *moet* is niet precies aan te geven. Het kan "indicatief" blijven als dit niet tot een ongewenste vormgeving leidt maar met het risico van over-dimensionering en daardoor onnodig hoge bouwkosten. Dat is bijvoorbeeld het geval als de ruimte in verlaagde plafonds groter is dan nodig. Een hoogteverschil van 20 cm betekent ruwweg 6% van de bouwkosten.

Het schema "INTEGRATIE VAN GEBOUW EN INSTALLATIES" (bijlage 3) is bedoeld om op een efficiënte manier tot een optimale afstemming te komen. Het schema verwijst naar paragrafen in dit boek waar informatie kan worden gevonden over de dimensionering van de benodigde installatieruimte.

### 7.3 Centrale installaties

#### 7.3.1 **Technische ruimten, algemene eisen**

De centrale installaties moeten in zogenaamde "technische ruimten" worden ondergebracht. Deze ruimten zijn geschikt voor hun doel als ze:

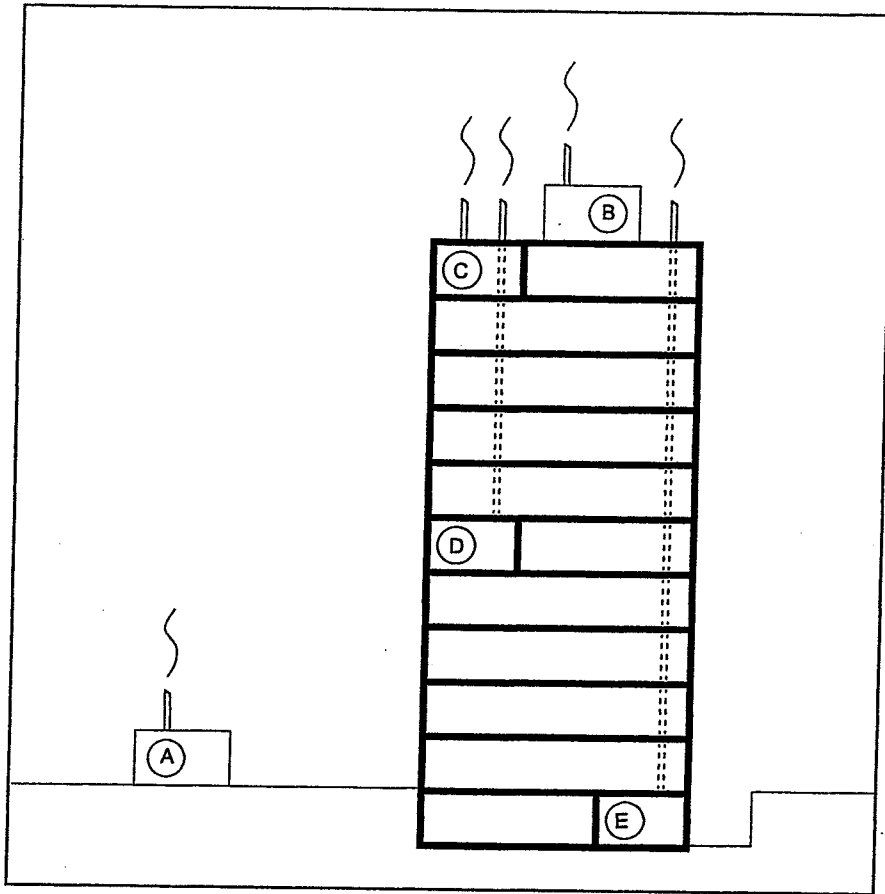
- a. voldoende ruim en hoog zijn,
- b. eenvoudig toegankelijk zijn voor onderhouds- en bedieningspersoneel en voor aan- en afvoer van grote installatiedelen en apparaten,
- c. zo zijn in te richten dat er voldoende ruimte overblijft voor bediening, onderhoud en reparatie (denk aan uitwisselbaarheid en hanteerbaarheid van grote apparaten),
- d. zo in het gebouw zijn gesitueerd dat leidingen en kanalen - van en naar deze ruimten toe - eenvoudig zijn aan te brengen (in schachten, verlaagde plafonds, kruipruimten e.d.) en goed bereikbaar blijven voor controle, onderhoud en reparatie,
- e. zo geïsoleerd zijn, dat geluid- en trillingshinder in gebouw en omgeving voldoende is beperkt,
- f. een voldoende hoge vloerbelasting kunnen verdragen ( $>4000 \text{ N/m}^2$ ),
- g. voldoende kunnen worden geventileerd (bij calamiteiten op natuurlijke wijze),
- h. voldoen aan voorschriften en eisen betreffende brandveiligheid.

In de nu volgende paragrafen worden de situering en dimensionering van de technische ruimten besproken. Voor alle ruimten geldt dat ze zo moeten worden gesitueerd dat ze tijdens het ontwerp groter of hoger zijn te maken, zonder dat dit tot ingrijpende wijziging van het gebouwwontwerp leidt.

#### 7.3.2 **Warmtecentrale**

##### 7.3.2.1 **Plaats en bijzondere eisen**

Bij gebouwen met een volume tot ca. 2000 m<sup>3</sup> wordt de verwarmingsketel in een "opstelruimte" geplaatst. In woningen is dat de keuken, zolder of een geventileerde kast. Grotere gebouwen krijgen een aparte ruimte. I.v.m. brandoverslag en rookverspreiding mogen hierin geen luchtbehandelingsinstallaties worden geplaatst. Ook koelmachines horen niet in deze ruimte. Ketels produceren geluid en brengen brand- en explosiegevaar met zich mee. Bij explosies moet een



Mogelijke plaatsen voor het ketelhuis - Figuur 7.2

(deel van een) niet dragende buitenwand kunnen bezwijken, zonder dat de draagconstructie wordt beschadigd. Daarom is een vrijstaand ketelhuis ideaal, zie figuur 7.2 (A). Het dak is ook een goede plaats (B), de rookafvoer is dan kort en de ketels kunnen met een hijskraan eenvoudig op hun plaats worden gezet. Dat geldt ook voor een ketelhuis op de bovenste verdieping (C). Verdiepingsruimte is wel kostbare ruimte! Bij zeer hoge gebouwen (zie paragraaf 7.3.5) komen warmtecentrales soms op tussenverdiepingen (D). De kelder (E) kan, maar is - i.v.m. het creëren van explosievoorzieningen en het keteltransport - vaak minder gunstig. Warm water kan over vele honderden meters worden getransporteerd, wat de plaats van het ketelhuis minder kritisch maakt. Echter, i.v.m. pompenergie en warmteverliezen, verdient het aanbeveling de leidingen zo kort mogelijk te houden. Dat pleit weer voor een zo centraal mogelijk ketelhuis.

Bij complex- of stadsverwarming wordt op een centraal punt heet water met een hoge druk geproduceerd ( $>120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 6 Bar) en via grondleidingen gedistribueerd. Elk op de complex- of stadsverwarming aangesloten gebouw - bij woongebouwen vaak iedere woning - krijgt een of meer warmtewisselaars, ook wel aangeduid met "tegenstroomapparaat" (TSA). Warmtewisselaars zorgen voor water van maximaal  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Voor de opstellingsruimte van warmtewisselaar gelden geen eisen i.v.m. brand en explosiegevaar. Warmtewisselaars zijn niet veel kleiner dan moderne CV-ketels zodat de opstellingsruimten qua afmetingen ongeveer gelijk zijn aan die van CV-ketels. Warmtewisselaars worden in grotere gebouwen ook wel in een aparte ruimte onderin het gebouw geplaatst. Vanuit deze ruimte wordt het warme water via hoofdleidingen naar verschillende onderstations gevoerd. Op deze wijze ontstaan meerdere kleine warmtecentrales in het gebouw.

### 7.3.2.2 Ruimtebepaling *Indicatief*

Als bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp nog weinig bekend is over de thermische eigenschappen van het gebouw, dan is het slechts mogelijk de afmetingen van de warmtecentrale indicatief te bepalen. Dat kan op grond van het gebouwvolume. Zie tabel 7.1.

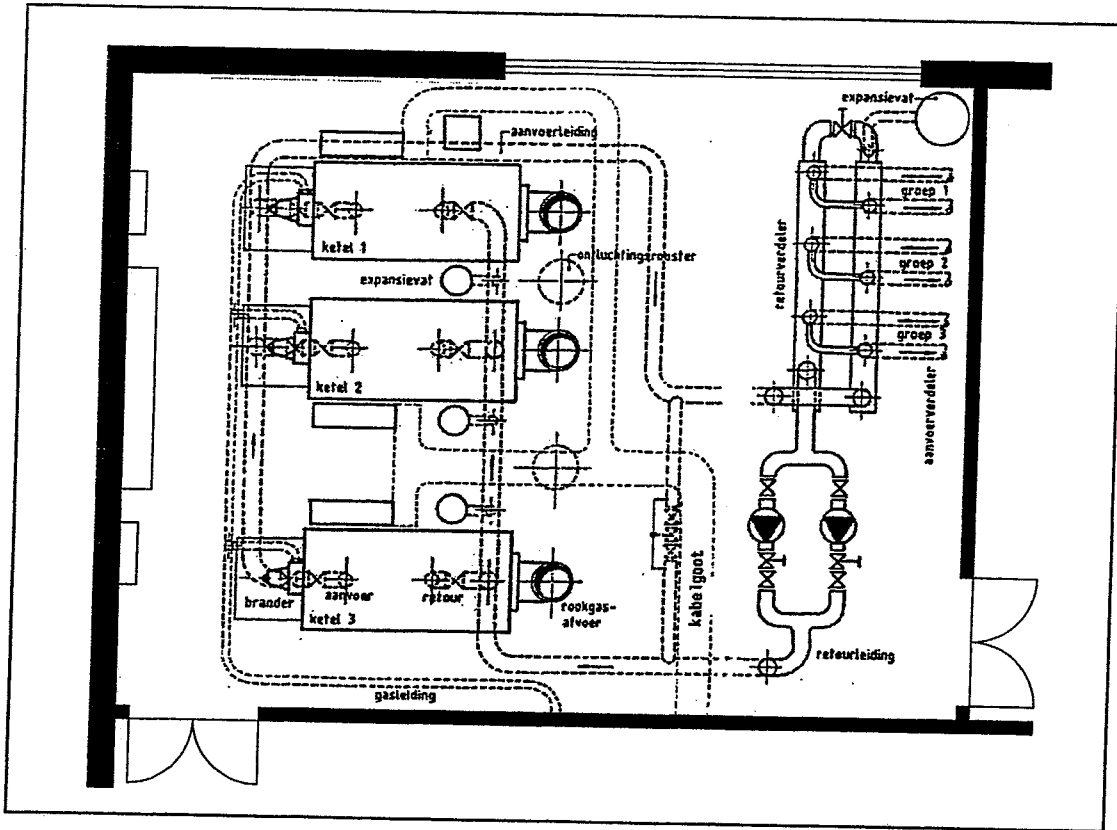
Tabel 7.1 Indicatie afmetingen warmtecentrale (ketelhuis)

gebouwwolume $\text{m}^3$	vloeroppervlakte $\text{m}^2$	lengte $\text{m}^1$	breedte $\text{m}^1$	hoogte $\text{m}^1$
2000	15	5,7	2,7	3,0
4000	20	6,6	3,0	3,2
10000	40	9,0	4,5	3,4
20000	50	10,0	5,0	3,6
40000	70	11,0	6,5	3,8
100000	135	18,0	7,5	4,0
200000	240	32,0	9,0	4,5

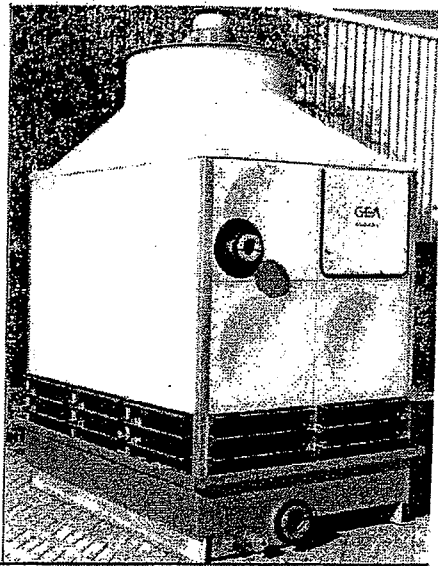
NB Tabel 7.1 geldt voor een warmtebehoefte/verwarmingsvermogen van  $50\text{ W/m}^3$  gebouwvolume. Bij ziekenhuizen, bejaardenhuizen, e.d. kan de warmtebehoefte het dubbele zijn, zie tabel 7.2.

### 7.3.2.3 Ruimtebepaling *Globaal*

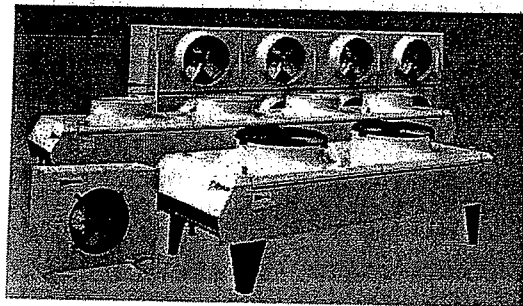
Bij het Voorlopige Ontwerp worden de afmetingen van warmtecentrales vaak gebaseerd op een geschat verwarmingsvermogen. Tabel 7.2 geeft het vermogen per  $\text{m}^3$  gebouw voor verschillende gebouwfuncties. De tabelwaarden zijn inclusief de vermogens die nodig zijn voor het verwarmen van verse lucht, warmwatervoorziening en leidingverliezen. Met dit gegeven en tabel 7.3 is de vloeroppervlakte en de hoogte van de ruimte globaal te bepalen. Deze tabel geldt voor olie- en gasgestookte ketels inclusief de installaties en randapparatuur die daar bij horen, zoals rookafvoer, leidingen, expansievaten, verdeler/verzamelaar, meet- en regelapparatuur en waterbehandelingsapparatuur. Bij toepassing van warmtewisselaars en warmtepompen kan voor de oppervlakte eveneens van deze tabel worden uitgegaan. De ruimte kan door het ontbreken van rookafvoer vaak lager zijn (bij benadering twee regels in tabel 7.3).



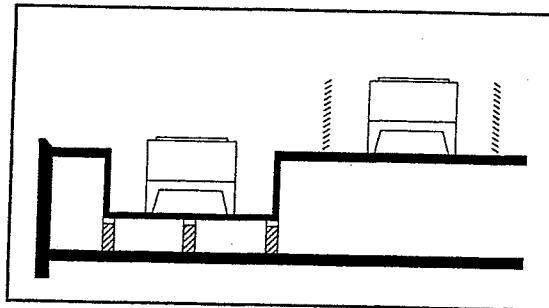
Indeling ketelhuis (voorbeeld) - Figuur 7.3



Koeltoren - Figuur 7.5



Luchtgekoelde condensor - Figuur 7.4



Verdiepte / omroosterde opstelling luchtgekoelde condensor - Figuur 7.6

Tabel 7.2 Kengetallen verwarmingsvermogen in  $W/m^3$  bruto gebouwwolume

Woningen en kantoren	25 - 40
Sporthallen	40 - 45
Zwembaden	60 - 70
Kleed/doucheruimten	80 - 90
Bejaardentehuizen	60 - 70
Ziekenhuizen	70 - 80

Tabel 7.3 Globale afmetingen centrale opstellingsruimte CV-ketels

ketelvermogen kW	vloeroppervlakte $m^2$	lengte $m^1$	breedte $m^1$	hoogte $m^1$
100	15	5,7	2,7	3,0
200	20	6,6	3,0	3,2
500	40	9,0	4,5	3,4
1000	50	10,0	5,0	3,6
2000	70	11,0	6,5	3,8
5000	135	18,0	7,5	4,0
10000	240	32,0	9,0	4,5

#### 7.3.2.4 Ruimtebepaling Nauwkeurig

Het Definitief Ontwerp biedt de laatste kans om de afmetingen van de warmtecentrale op het gebouw af te stemmen. Een te kleine ruimte plaatst de installateur voor inbouwproblemen en beperkt de bereikbaarheid van de installaties. Bereikbaarheid is nodig voor onderhoud en vervanging. Een te grote ruimte brengt onnodige bouwkosten met zich mee. Afstemming is mogelijk door van enkele representatieve ruimten de warmtebehoefte per  $m^3$  te berekenen (zie hoofdstuk 6) en daarvan het gemiddelde te nemen voor het totale gebouwwolume en hierop een toeslag te geven van 25% voor leidingverliezen. Vervolgens is met de documentatie van leveranciers van ketels e.d. een ruimte-indeling van de warmtecentrale te maken. Zie figuur 7.3 als voorbeeld. Het is niet gebruikelijk dat gebouwontwerpers zo gedetailleerd de ruimte voor de warmtecentrale bepalen. Dit is werk voor installatieontwerpers.

#### 7.3.3 Koelcentrale (koelmachineruimte)

##### 7.3.3.1 Plaats en bijzondere eisen

Mechanische koeling is nodig als koeling met ongekoelde buitenlucht niet toereikend is (zie paragraaf 4.4.1 en 4.4.2). Tabel 6.3 geeft een ruwe indicatie voor de noodzaak van toepassing van koeling bij verschillende ruimtefuncties. Het kan voorkomen dat in een gebouw slechts enkele ruimten mechanisch moeten worden gekoeld. In zo'n geval worden vaak decentrale koelunits toegepast (zie paragraaf 5.3) die in of dichtbij de te koelen ruimten worden geplaatst (dak, kelder of nevenruimte).

Bij gebouwen die grotendeels worden gekoeld past men meestal centrale koelmachines toe. Deze machines produceren veel lawaai zodat ze in een geluid- en trillinggeïsoleerde ruimte moeten worden geplaatst, op het dak, in de kelder of in een apart gebouw. Het ketelhuis is **geen** goede plaats in verband met de brandbaarheid en schadelijkheid van koelvloeistoffen. Hoewel gekoeld water over vele honderden meters is te transporteren is, vanwege energieverlies, een centrale plaats voor de koelmachineruimte het gunstigst. Grote koelmachines worden vergezeld door luchtgekoelde condensoren of watergekoelde condensoren in combinatie met koeltorens (zie paragraaf 4.4.2.3 en 4.4.2.4). Luchtgekoelde condensoren (figuur 7.4) en koeltorens (figuur 7.5) moeten in de buitenlucht worden geplaatst, condensoren **bij voorkeur** op het dak, koeltorens - vanwege de waternevel die ze produceren - **altijd** op het dak. Op het dak kunnen deze apparaten aan het oog worden onttrokken met lamellenroosters. Verdiepte plaatsing op het dak - bijvoorbeeld op een vloer onder het niveau van het dak - is ook mogelijk maar kan invloed hebben op de werking van het apparaat. Daarom moet bij deze opstelling altijd veel ruimte rondom de apparaten aanwezig blijven voor een onbelemmerde toestroming van lucht (figuur 7.6).

### 7.3.3.2 Ruimtebepaling *Indicatief*

Als bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp nog weinig bekend is over de thermische eigenschappen van het gebouw, dan kunnen de afmetingen voor centrale koelmachineruimten slechts indicatief worden bepaald. Dat kan op basis van het gebouwvolume. Zie tabel 7.4.

Tabel 7.4 Indicatie afmetingen centrale koelmachineruimte

gebouwvolume m <sup>3</sup>	oppervlakte m <sup>2</sup>	hoogte m <sup>1</sup>
800	8	2,2
2000	12	2,3
4000	17	2,5
8000	25	2,8
20000	45	3,2
40000	70	3,4
80000	90	3,8
200000	200	4,2
400000	350	4,5

*NB* Tabel 7.4 geldt globaal voor een gelijktijdige koelbehoefte van ca. 25 W/m<sup>3</sup> gebouwvolume. Bij zeer transparante gebouwen en gebouwen met een hoge interne warmtebelasting kan de gelijktijdige koelbehoefte meer dan het dubbele zijn.

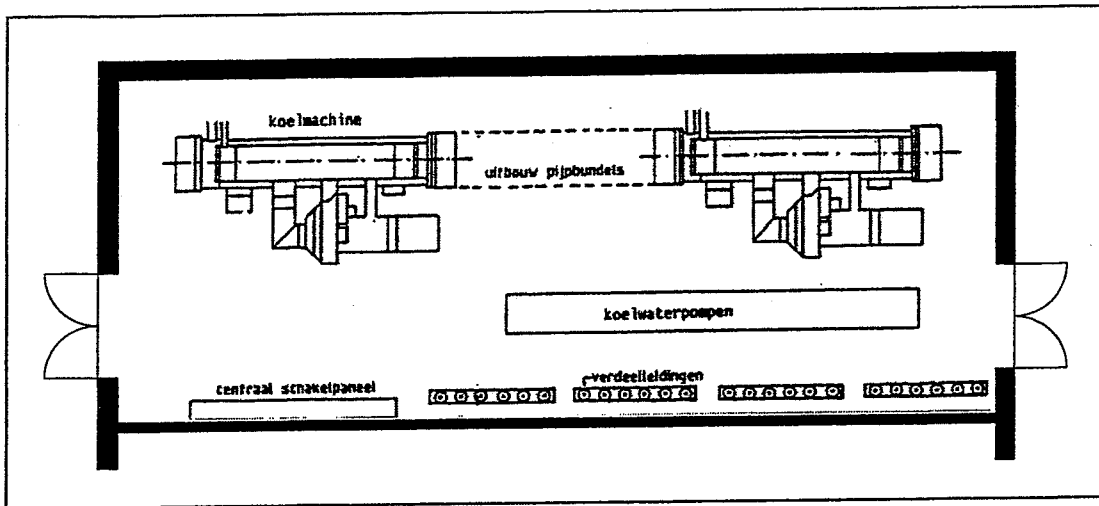
De afmetingen van luchtgekoelde condensoren en koeltorens zijn eveneens indicatief te bepalen. Dat geldt ook voor compacte, decentraal geplaatste, koelunits. Zie tabel 7.5.

Tabel 7.5 Indicatie afmetingen compacte koelunits, condensoren en koeltorens

te koelen gebouwvolume m <sup>3</sup>	compacte koel-unit	luchtgekoelde condensor l x b x h in m	koeltoren
200	0,6 x 0,7 x 0,4		
400	1,3 x 1,0 x 0,5		
800	2,0 x 1,5 x 1,5	1,8 x 1,5 x 1,5	
2000	2,3 x 2,0 x 1,0	2,3 x 2,0 x 1,5	
4000	3,0 x 2,3 x 1,5	2,5 x 1,0 x 2,0	
8000		2,5 x 1,9 x 2,0	
20000		5,5 x 2,2 x 1,5	2,5 x 1,8 x 3,2
40000		8,0 x 2,5 x 2,5	3,4 x 2,5 x 3,8
80000			3,4 x 3,4 x 4,6
200000			6,8 x 6,3 x 5,4
400000			9,9 x 8,6 x 7,4

### 7.3.3.3 Ruimtebepaling *Globaal*

Bij het Voorlopig Ontwerp kunnen de afmetingen van de koelmachineruimten worden gebaseerd op een geschat koelvermogen. Hiervoor wordt in de Nederlandse situatie wel 0,5 à 1,0 maal het verwarmingsvermogen genomen [35]. Met het geschatte koelvermogen en tabel 7.6 is de vloer oppervlakte en de hoogte van de koelmachineruimte globaal te bepalen. De afmetingen van watergekoelde condensoren of koeltorens, die elders een plaats moeten krijgen, zijn in tabel 7.7 te vinden. Bij toepassing van compacte decentrale koelunits kan de koelbehoefte gelijk worden gesteld aan de warmtebehoefte van de ruimte. Bij zeer transparante ruimten is het beter het dubbele te nemen. De afmetingen van compacte koelunits zijn eveneens in tabel 7.7 te vinden.



Indeling koelmachineruimte (voorbeeld) - Figuur 7.7

Tabel 7.6 Globale afmetingen centrale koelmachineruimte

koelvermogen kW	type compressor		hoogte m <sup>1</sup>
	zuiger oppervlakte m <sup>2</sup>	centrifugaal m <sup>2</sup>	
20	8		2,2
50	12		2,3
100	17		2,5
200	25		2,8
500	45		3,2
1000	70	60	3,4
2000		90	3,8
5000		200	4,2
10000		350	4,5

Tabel 7.7 Globale afmetingen compacte koelunits, condensors en koeltorens

koelvermogen kW	compacte koel-unit	luchtgekoelde condensator l x b x h in m	koeltoren
5	0,6 x 0,7 x 0,4		
10	1,3 x 1,0 x 0,5		
20	2,0 x 1,5 x 1,5	1,8 x 1,5 x 1,5	
50	2,3 x 2,0 x 1,0	2,3 x 2,0 x 1,5	
100	3,0 x 2,3 x 1,5	2,5 x 1,0 x 2,0	
200		2,5 x 1,9 x 2,0	
500		5,5 x 2,2 x 1,5	2,5 x 1,8 x 3,2
1000		8,0 x 2,5 x 2,5	3,4 x 2,5 x 3,8
2000			3,4 x 3,4 x 4,6
5000			6,8 x 6,3 x 5,4
10000			9,9 x 8,6 x 7,4

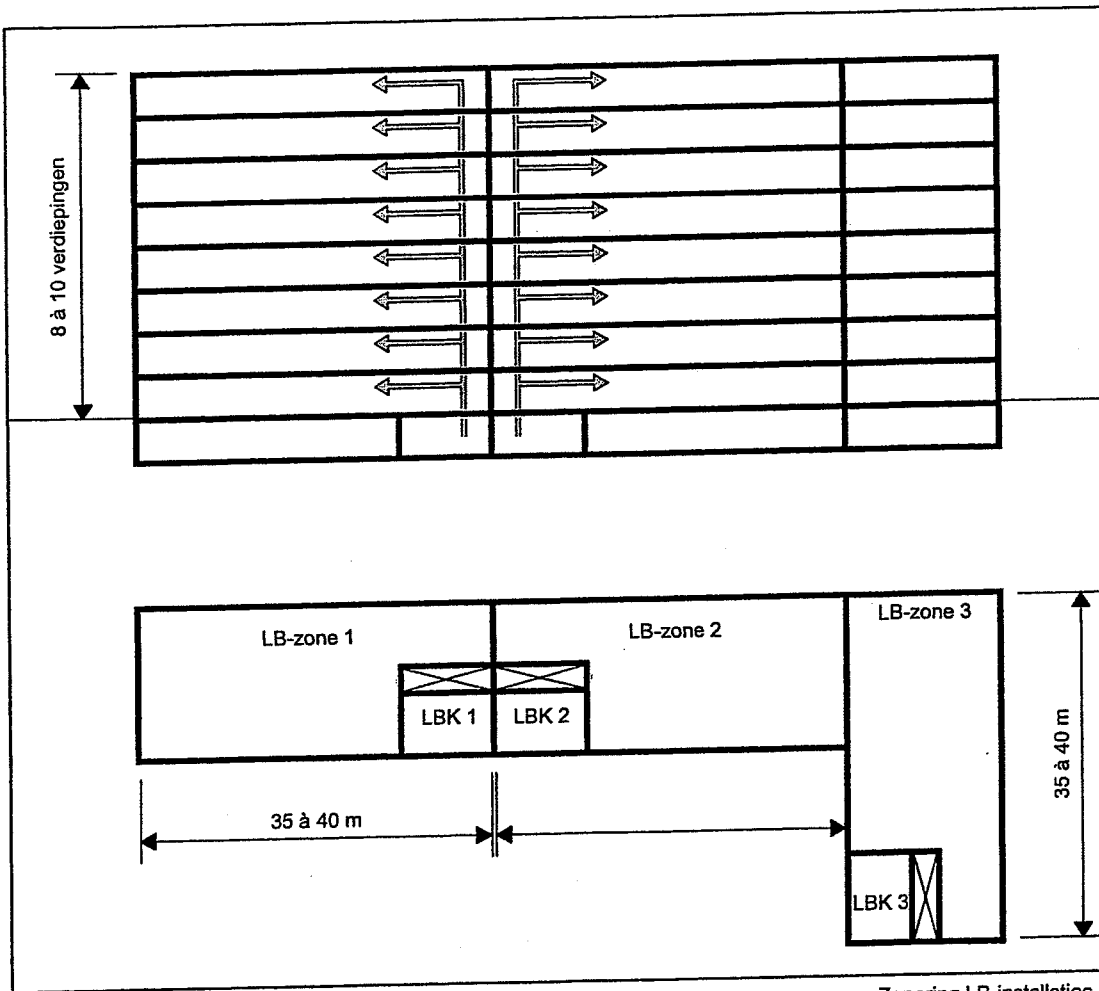
### 7.3.3.4 Ruimtebepaling Nauwkeurig

Ook voor koelmachineruimten geldt dat het Definitief Ontwerp de laatste kans biedt om de afmetingen goed op het gebouw af te stemmen. Een te kleine ruimte plaatst de installateur voor inbouwproblemen, een te grote ruimte brengt onnodige bouwkosten met zich mee. Een nauwkeurige bepaling van de afmetingen is alleen mogelijk op basis van een berekening van het maximale gelijktijdige koelvermogen. Zo'n berekening is lastig, omdat de koelbehoefte van verschillende ruimten - in de tijd gezien - sterk verandert. Bovendien moet rekening worden gehouden met het koelvermogen dat nodig is voor het drogen van buitenlucht. Een redelijk nauwkeurige benadering is mogelijk door de koelbehoefte per m<sup>3</sup> van een aantal - qua gebruik en oriëntatie - representatieve ruimten te berekenen en het gemiddelde daarvan voor het gebouw als geheel te nemen. Met dit gegeven en de documentatie van leveranciers van koelmachines e.d. is vervolgens een ruimtedeling te maken. Zie figuur 7.7 als voorbeeld. Het is niet gebruikelijk dat gebouwonwerpers zo gedetailleerd de koelmachineruimte bepalen. Dit is een taak voor adviseurs en installateurs.

## 7.3.4 Luchtbehandelingsruimten

### 7.3.4.1 Plaats en bijzondere eisen

Luchtbehandelingskasten produceren, in vergelijking met CV-ketels en koelmachines, weinig geluid. Een luchtdichte wand, als geluidsafscherming naar een naastliggende verblijfsruimte, is vaak voldoende. Luchtkanalen zijn per definitie lek. Bovendien is de warmtecapaciteit van lucht gering waardoor de temperatuur van de lucht in kanalen snel kan veranderen. Daarom moeten luchtkanalen zo kort mogelijk worden gehouden en moeten luchtbehandelingskasten zo dicht mogelijk bij de te klimatiseren ruimten worden geplaatst. Kleine kasten (<2000 m<sup>3</sup>/h) kunnen vaak in verlaagde plafonds worden ingebouwd terwijl kasten voor luchthoeveelheden tot 5000 m<sup>3</sup>/h wel in nevenruimten worden opgesteld (magazijn, werkkast e.d.). Voor grote luchtbehandelingskasten richt men meestal aparte luchtbehandelingsruimten in. Deze ruimten noemt men "onderstation" als



Zonering LB-installaties - Figuur 7.8

er ook andere (centrale) installaties in zijn ondergebracht. Luchtbehandelingsruimten worden bij voorkeur op het dak of in de kelder gesitueerd. Ruimten op de begane grond of op verdiepingen kan ook maar dit zijn relatief dure  $m^3$ .

Luchtbehandelingskasten worden per gebouwdeel of -zone in aparte luchtbehandelingsruimten geplaatst. Gebouwen worden in zones ingedeeld op grond van hun afmetingen. Ruimten worden tot zones geclusterd op grond van gelijke functies of gelijke belastingsprofielen. Als vuistregel geldt dat de maximale lengte en breedte van een zone 35 à 40 m is. Verticale is een zone niet meer dan 8 à 10 verdiepingen (figuur 7.8). Bij extreme hoogbouw gaat men soms tot 15 à 20 verdiepingen. Luchtbehandelingsruimten van dicht bij elkaar liggende zones kunnen tot één ruimte worden gecombineerd.

Als voorbeeld voor het zoneren/cluseren op grond van belastings- en functieversillen kan het gebouw van Bouwkunde worden genomen. De kabinetten hebben per oriëntatie, hoekvertrekken niet meegerekend, ongeveer een gelijk belastingsprofiel omdat de zonbelasting ongeveer gelijk is. Verder worden de kabinetten op ongeveer gelijke wijze en op ongeveer dezelfde tijd van de dag gebruikt. Hierdoor kunnen de kabinetten per oriëntatie in één zone worden ingedeeld (geclusterd) en op één luchtbehandelingskast worden aangesloten. De collegezalen hebben door het grote verschil in gebruik een sterk wisselende belasting, zowel ten opzichte van de kabinetten als ten opzichte van elkaar. Daardoor ligt het voor de hand om de collegezalen elk als een aparte zone te beschouwen en ze elk een eigen luchtbehandelingskast te geven. De tekenzalen en kabinetten zouden tot één luchtbehandelingszone kunnen worden geclusterd en op één luchtbehandelingskast worden aangesloten als iedere ruimte een na-regeling krijgt om de belastingsverschillen te compenseren. Dat houdt in dat per vertrek of zaal na-koelers en na-verwarmers in het toevoerkanaal moeten worden aangebracht. Dit vraagt om inbouwruimte voor die apparaten en hun aansluitingen. Een ander nadeel is, dat na-verwarming van gekoelde lucht tot energieverstijping kan leiden.

#### 7.3.4.2 Ruimtebepaling *Indicatief*

Als bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp nog weinig bekend is over de thermische eigenschappen van het gebouw is het slechts mogelijk de afmetingen voor luchtbehandelingsruimten indicatief te bepalen. Dat kan op grond van het gebouwvolume, zie tabel 7.8.

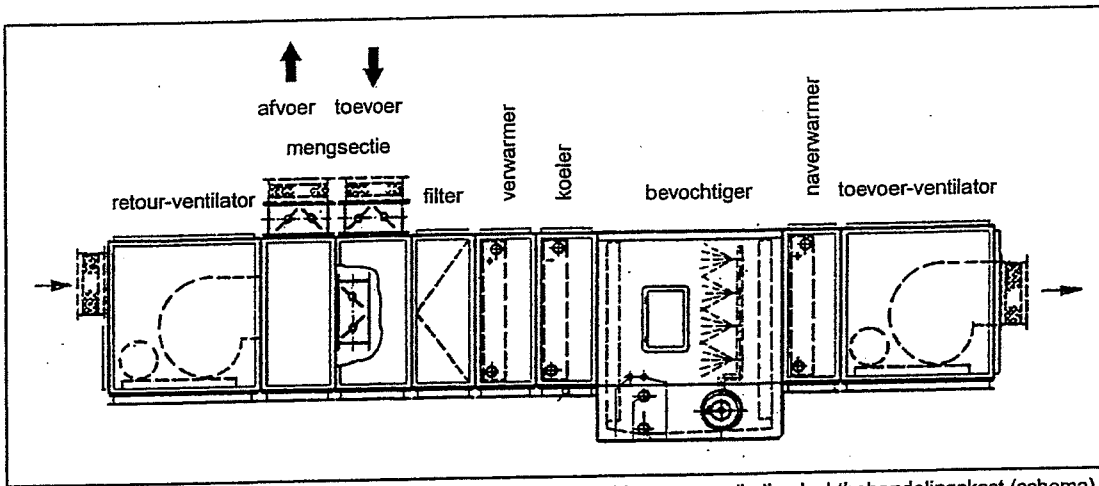
Tabel 7.8 Indicatie afmetingen luchtbehandelingsruimten

bruto volume zone(s)/gebouwdeel $m^3$	luchtbehandelingsruimte	
	oppervlakte $m^2$	hoogte $m^1$
2000	60	2,5
5000	80	3,0
10000	100	3,6
15000	140	4,2
20000	170	4,5
30000	230	5,5
40000	290	6,0

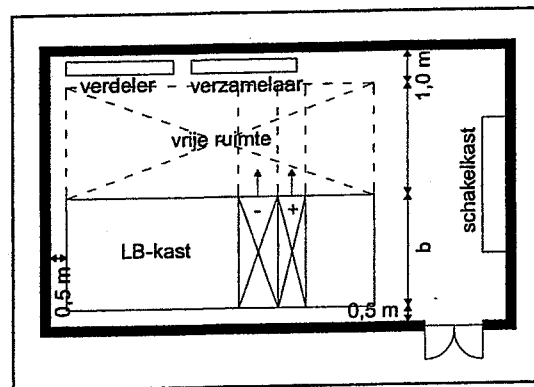
*NB* Tabel 7.8 geldt voor een gemiddeld ventilatievoud van 4 en heeft betrekking op het bruto gebouwvolume, inclusief verkeersruimten e.d. Voor "standaard" gebouwen is dit aan de hoge kant. Voor zeer transparante gebouwen of gebouwen met een hoge interne warmtebelasting kan een hoger gemiddeld ventilatievoud nodig zijn, bijvoorbeeld 5 à 6.

#### 7.3.4.3 Ruimtebepaling *Globaal*

Bij het Voorlopig Ontwerp worden de afmetingen van luchtbehandelingsruimten vaak gebaseerd op een schatting van de per zone of gebouwdeel (cluster van zones) te verplaatsen luchthoeveelheid ("debiet"). Daarvoor moet in deze fase van het ontwerp de zonering bekend zijn, zie paragraaf 7.3.4.1. Het debiet is te schatten door een zo reëel mogelijk ventilatievoud aan te nemen. Zie hiervoor tabel 6.3.



Voorbeeld van een volledige luchtbehandelingskast (schema) - Figuur 7.9



Indeling luchtbehandelingsruimte (voorbeeld) - Figuur 7.10

Tabel 7.9 Globale afmetingen luchtbehandelingsruimten [14]

debiet zone/cluster m <sup>3</sup> /h	alleen luchtafvoer m <sup>2</sup>	luchttoevoer en -afvoer plus FV FVK FVKB*) m <sup>2</sup> m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>			hoogte m <sup>1</sup>
10.000	20	30	50-60	60-70	2,5
25.000	25	35-40	65-80	85-100	3,2
50.000	35-40	50-60	90-110	120-140	4,0
75.000	40-55	65-80	120-145	155-180	4,5
100.000	50-70	80-100	150-180	190-220	5,0
150.000	70-100	110-140	200-250	260-300	6,0

\*) F=filteren V=verwarmen K=koelen B=bevochtigen

#### 7.3.4.4 Ruimtebepaling Nauwkeurig

Ook voor luchtbehandelingsruimten geldt dat het Definitief Ontwerp de laatste kans biedt om deze ruimten goed op het gebouw af te stemmen. Vooral deze ruimten kunnen voor grote inbouw- en uiteindelijk voor geluidsproblemen zorgen. Zijn de ruimten te klein dan wordt de installateur genoodzaakt kleine kanalen en luchtbehandelingskasten toe te passen met hoge luchtsnelheden, waardoor hinderlijk stromingsgeluid kan ontstaan. Te grote ruimten daarentegen brengen noodloos hoge bouwkosten met zich mee. Een redelijk nauwkeurige bepaling van de afmetingen is mogelijk door per zone van enkele representatieve ruimten de benodigde luchthoeveelheid te berekenen en hiervan het gemiddelde (per m<sup>3</sup>) te nemen voor de zone als geheel. Uit dit gegeven zijn de afmetingen van de luchtbehandelingskasten af te leiden. Zijn de kastafmetingen bekend dan kunnen daarmee de afmetingen en de indeling van de luchtbehandelingsruimte worden bepaald.

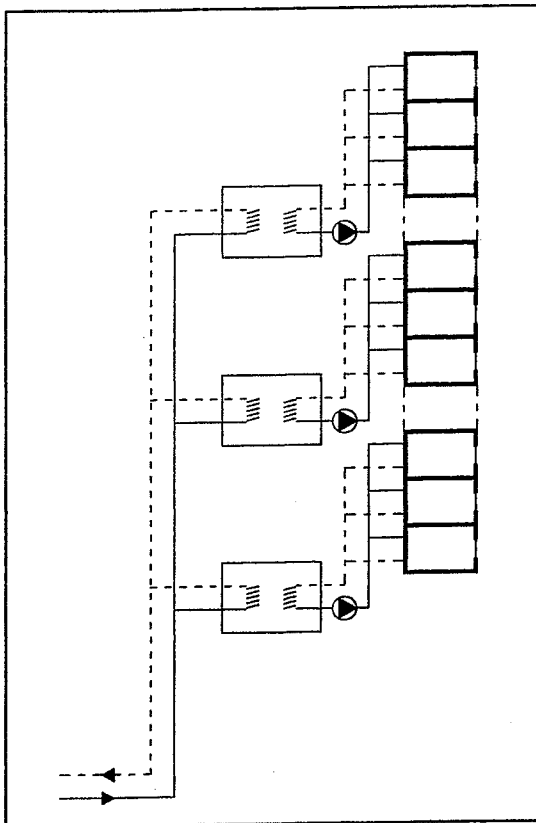
Gegevens over afmetingen van luchtbehandelingskasten kunnen in de documentatie van leveranciers worden gevonden. De afmetingen zijn redelijk goed te benaderen doordat de luchtsnelheid in de bruto doorsnede-oppervlakte een vrij constant gegeven is. Bij kasten met een debiet tot 2 m<sup>3</sup>/s is de snelheid ca. 2,0 m/s, bij grotere kasten ca. 2,5 m/s. Met uitzondering van lage/brede kasten, bedoeld voor inbouw in plafonds, is het doorsnede-oppervlak meestal vierkant. Luchtbehandelingskasten bestaan uit verschillende secties met te onderscheiden functies. Bij volledige luchtbehandeling zijn dit, gezien in de stromingsrichting van de lucht: retourventilator, mengsectie, filter, verwarmers, koeler, bevochtiger, na-verwarmer en toevoerventilator (figuur 7.9). De lengte van de verschillende secties is ongeveer:

ventilator	:	1 x	hoogte	luchtbehandelingskast
mengsectie	:	1 x	"	"
bevochtiger	:	1,5	m	
filter	:	0,6	m	
koeler	:	0,6	m	
verwarmer	:	0,4	m	

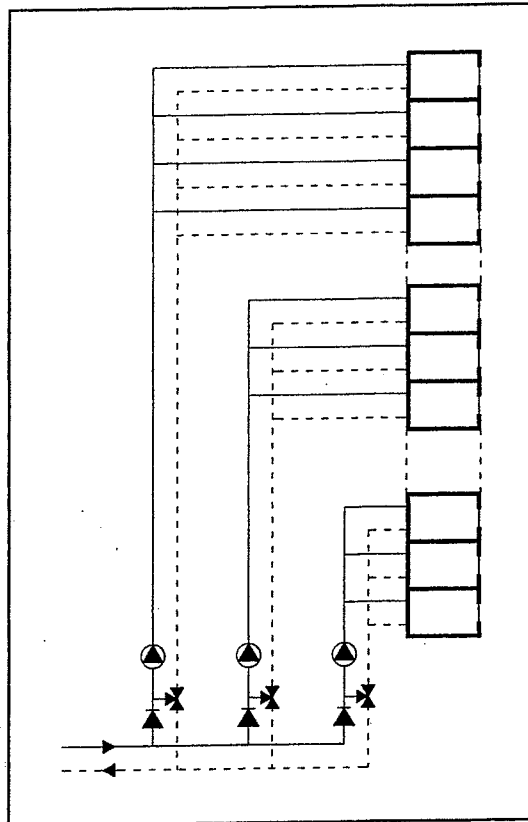
#### Voorbeeld

Een luchtbehandelingskast die 15 m<sup>3</sup>/s verplaatst heeft een doorsnede van ca.:  $15 / 2,5 = 6 \text{ m}^2$ ,  $b = h = \sqrt{6} = 2,4 \text{ m}$ . De lengte is ca.  $2,4 + 2,4 + 0,6 + 0,4 + 0,6 + 1,5 + 0,4 + 2,4 = 10,5 \text{ m}$

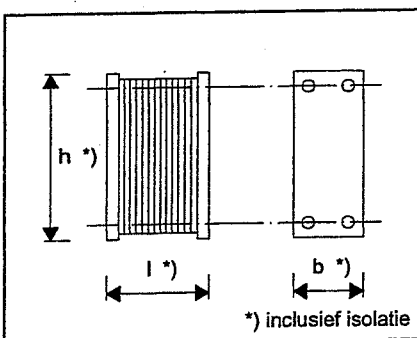
Naast de luchtbehandelingskasten moet ruimte worden vrijgehouden om grote onderdelen, zoals warmtewisselaars, te kunnen uitbouwen. Deze ruimte moet iets breder zijn dan de kast zelf. Bij twee kasten kan deze "serviceruimte" worden gecombineerd. Een luchtbehandelingsruimte, ingericht als onderstation, moet tevens ruimte bieden aan verdeler/verzamelaars, schakelkasten, bedieningspanelen e.d. Daarvoor is een strook van 1 m langs een (lange) wand nodig (figuur 7.10). In de luchtbehandelingsruimte moet vaak ook plaats zijn voor geluiddempers, één in de toevoer en één in de retour van elke luchtbehandelingskast. Ze worden direct op de luchtbehandelingskast aangesloten of in de luchtbehandelingskast zelf opgenomen, waardoor de lengte van de kast met ca. 3 maal de hoogte van de kast toeneemt. Door hun ruimtebeslag worden dempers wel in luchtkanalen ingebouwd buiten de luchtbehandelingsruimte. Uiteraard is daar ruimte voor nodig. Ook voor luchtbehandelingsruimten geldt dat een nauwkeurige bepaling van de afmetingen een



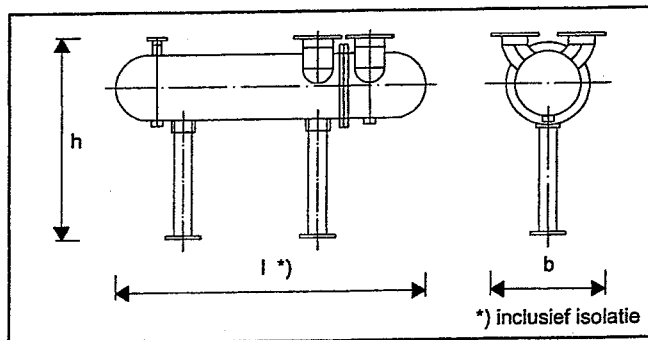
Drukzones bij hoogbouw m.b.v. warmtewisselaars  
- Figuur 7.11



Drukzones bij hoogbouw m.b.v. pompen en driewegkleppen  
- Figuur 7.12



Platen-warmtewisselaar - Figuur 7.13



Pijpen-warmtewisselaar - Figuur 7.14

taak is voor adviseurs en installateurs. Het belang is echter zo groot dat gebouwonwerpers deze taak vaak zelf op zich nemen.

### 7.3.5 Hoogbouw

Bij hoogbouw kunnen in verwarmings- en koelleidingen hoge drukken ontstaan. Bij een gebouw van 150m hoogte bijvoorbeeld ontstaat op maaiveldhoogte alleen al door het gewicht van het water in de leidingen een druk van 15 Bar. Als het materiaal van de leidingen op dergelijke drukken is afgestemd, hoeft dit niet tot leidingbreuk of lekkages te leiden. Leidingen zijn namelijk leverbaar voor drukken van enige honderden Bar. Radiatoren daarentegen zijn standaard geschikt voor een druk van 3 en maximaal 5 Bar. Dergelijke werkdrukken gelden ook voor inductieapparaten, ventilatorconvectoren, radiatorafsluiters e.d. Om de druk in leidingen of leidinggedeelten, waarop radiatoren e.d. zijn aangesloten, te beperken, moeten hoge gebouwen in verschillende drukzones worden verdeeld. Drukzones worden meestal met behulp van warmtewisselaars gemaakt (figuur 7.11). Een warmtewisselaar is in dat geval een apparaat dat leidingsystemen thermisch koppelt en hydraulisch ontkoppelt. Voor de opstelling en aansluiting van warmtewisselaars moet ruimte beschikbaar zijn. Tabel 7.10 vermeldt de globale afmetingen van platen- en pijpenwarmtewisselaars. Drukzones zijn ook te maken met behulp van combinaties van pompen, driewegkleppen, terugslagkleppen e.d. (figuur 7.12).

Tabel 7.10 Globale afmetingen van platen- en pijpen-warmtewisselaars in m (l x b x h)

vermogen kW	platen (figuur 7.13)	pijpen (figuur 7.14)
20	0,2 x 0,2 x 0,4	2,4 x 0,4 x 0,9
50	0,2 x 0,2 x 0,4	2,5 x 0,5 x 0,9
100	0,3 x 0,2 x 0,4	2,6 x 0,5 x 1,0
200	0,4 x 0,3 x 0,8	2,8 x 0,6 x 1,1
500	0,4 x 0,4 x 0,9	2,9 x 0,7 x 1,2
1000	0,8 x 0,5 x 1,4	3,0 x 0,7 x 1,4
2000	1,3 x 0,5 x 1,4	3,1 x 0,8 x 1,7
5000	1,3 x 0,7 x 1,8	3,4 x 0,8 x 2,2
10000	2,3 x 0,9 x 1,8	2 x 5000 kW

## 7.4 Distributie van warmte, koude en lucht

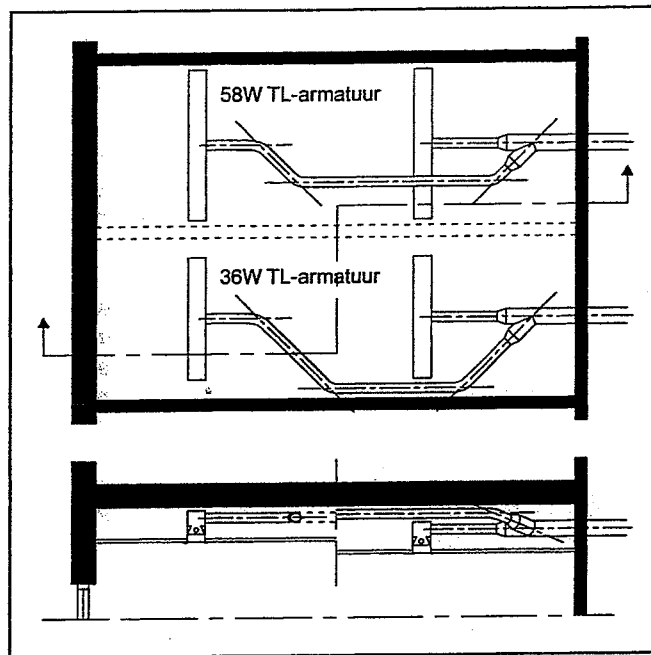
### 7.4.1 Leidingen en luchtkanalen

#### 7.4.1.1 *Horizontaal en verticaal transport*

Warmte, koude en verse lucht worden getransporteerd via leidingen en luchtkanalen. Horizontale leidingen en kanalen kunnen in verlaagde plafonds, kruipruimten, verhoogde vloeren, borstweringen e.d. worden aangebracht, verticale leidingen en kanalen in schachten. Uiteraard kunnen leidingen en kanalen ook "in het zicht" lopen. Zie [50] voor verschillende voorbeelden.

#### 7.4.1.2 *Bereikbaarheid*

Leidingen en luchtkanalen kunnen ruimtelijk in gevels en scheidings- en draagconstructies worden opgenomen. Er zijn ook voorbeelden waarbij ze functioneel zijn geïntegreerd [50]. In paragraaf 1.2 is reeds aangegeven dat installaties moeten kunnen worden aangebracht en bereikbaar moeten blijven voor onderhoud, vervanging e.d. Niet alle voorbeelden uit [50] lijken aan deze voorwaarden te voldoen. In de volgende paragrafen wordt een vorm van ruimtelijke integratie besproken die niet ten koste gaat van de maakbaarheid en bereikbaarheid van de installaties.



Inbouw verlichtings-armaturen - Figuur 7.15

## 7.4.2 Relatie met andere gebouwinstallaties

### 7.4.2.1 Elektrotechnische en communicatie-installaties

De voor leidingen en luchtkanalen gereserveerde ruimte is in de regel voldoende om daarin ook leidingen voor elektrotechnische en communicatie-installaties onder te kunnen brengen. Het in een schacht onderbrengen is niet altijd logisch door de plaats van schakel- en verdeelkasten en de loop van de leidingen en de plaats van aansluitpunten in het gebouw. Bovendien moeten kracht- en communicatiebekabeling ruimtelijk voldoende zijn gescheiden om interferentieverschijnselen te voorkomen.

### 7.4.2.2 Inbouw-verlichtingsarmaturen

Worden inbouw-verlichtingsarmaturen toegepast, terwijl boven het verlaagde plafond luchtkanalen lopen, dan kan een grotere hoogte nodig zijn dan alleen voor kanaalinbouw wordt aangehouden (zie paragraaf 7.4.6). Als kanalen de aansluitdozen van op een stramienmaat van 1,8 m aangebrachte armaturen van 58W "TL"-buizen moeten kruisen is een vrije hoogte nodig van ten minste 0,5 m. Worden kortere armaturen met 36W "TL"-buizen toegepast dan kunnen de kanalen langs en naast de aansluitdozen lopen en is een vrije hoogte van 0,4 m voldoende (figuur 7.15). Als de armaturen niet rechtstreeks op het luchtafvoersysteem zijn aangesloten kan met een vrije hoogte van 0,3 m worden volstaan. In dat geval moet de ruimte boven het plafond als "plenum" zijn uitgevoerd en de lucht vanuit de ruimte via de armaturen en het plenum worden afgevoerd. De armaturen een kwartslag draaien (haaks op de gevel) om ruimte voor de aansluitkanalen te creëren is geen goede oplossing, omdat de lichtsituatie daardoor nadelig wordt beïnvloed [1].

### 7.4.2.3 Binnenriolering, waterleiding etc.

Voor binnenriolering, waterleiding, (droge) brandleiding, sprinklerinstallatie etc. moet ruimte aanwezig zijn in schachten, verlaagde plafonds e.d. Omdat de "horizontale" leidingen van de binnenriolering op afschot moeten liggen vraagt de plaatsbepaling van deze leidingen en andere kanalen en leidingen in gezamenlijke installatieruimten om afstemming. De lucht uit toiletruimten, keukens, badruimten e.d. moet bovendaks worden afgevoerd (niet in de directe nabijheid van aanzuigroosters van de luchtbehandelingsinstallatie!). Voor de afvoerkanalen zijn schachten nodig. Vaak worden deze schachten tevens gebruikt voor de standleiding van de binnenriolering. Om het aantal schachten te beperken is het nodig om toiletten en andere "natte" groepen zoveel mogelijk boven elkaar te situeren. Voor de binnenriolering kan in eerste instantie van een standleiding met een uitwendige diameter van 200 mm worden uitgegaan (incl. isolatie). Alle andere hier genoemde leidingen hebben kleinere diameters waarvoor meestal wel plaats in leidingschachten is te vinden.

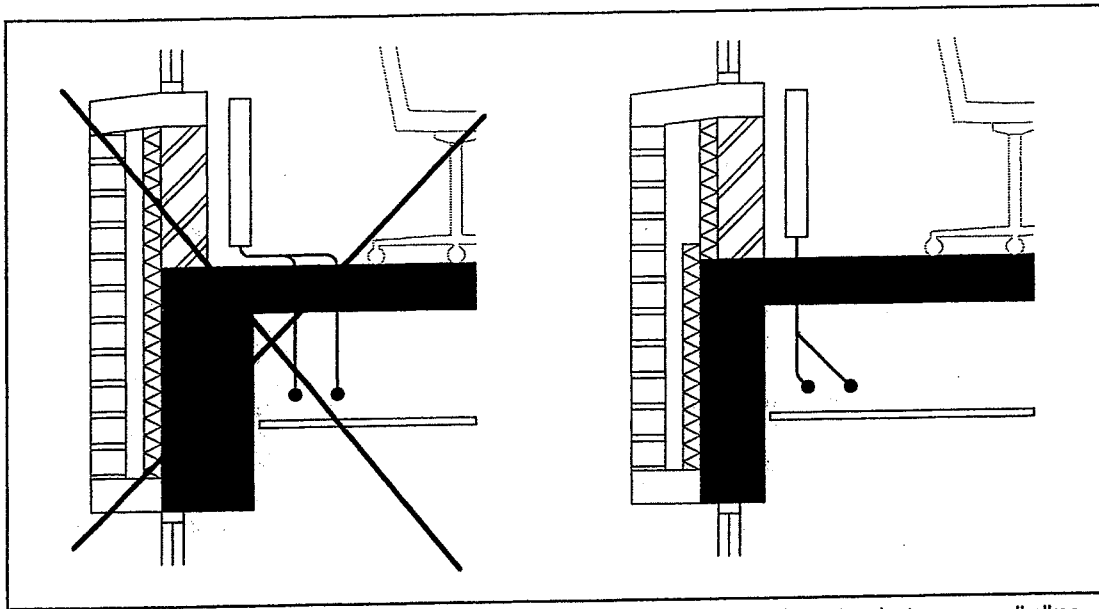
## 7.4.3 Integratie t.p.v. gevelzone

### 7.4.3.1 Schachten en leidingkokers

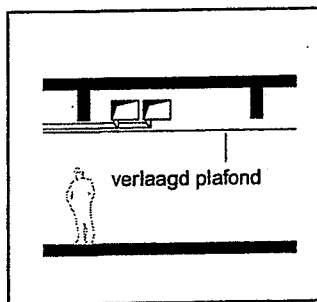
Horizontale en verticale leidingen en kanalen kunnen zowel vóór (buitenzijde) als achter de constructieve gevel lopen en soms in de gevel zelf worden opgenomen. Het laatste is minder gunstig omdat de bereikbaarheid wordt beperkt en bediening, onderhoud of vervanging moeilijk uitvoerbaar zijn. Deze vorm van integratie wordt hier dan ook niet bepleit. Leidingen en kanalen die voor de gevel komen, kunnen in lichte niet-constructieve elementen worden aangebracht. Deze elementen vormen in dat geval horizontale of verticale schachten die het gevelbeeld sterk beïnvloeden. Kanalen kunnen ook, zoi het goed geïsoleerd en voorzien van een stevige buitenmantel, in het zicht lopen en zeer dominant het gevelbeeld bepalen. Een extreem voorbeeld hiervan is het Centre Pompidou in Parijs.

### 7.4.3.2 Horizontale leidingen en kanalen

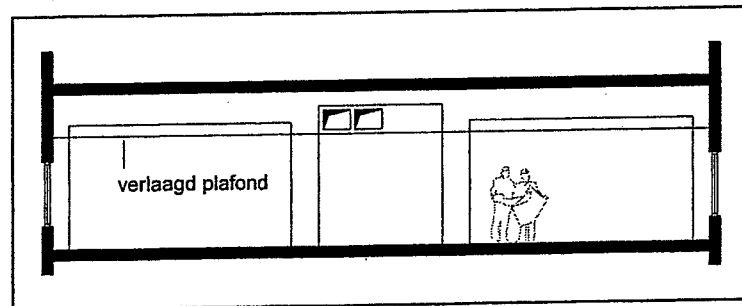
Horizontale leidingen en kanalen, die achter de gevel lopen, zijn - bijvoorbeeld ter plaatse van de borstwering - in een speciale omkasting aan te brengen. Zie bijvoorbeeld de kabinetten van Bouwkunde. Zo'n oplossing vraagt om een vlakke binnenzijde van de constructieve gevel en eventuele gevelkolommen die voldoende moeten terug liggen, zoals bij Bouwkunde. De relatief dunne aansluitleidingen van radiatoren worden, voorzover ze niet in de afwerklaag van de vloer worden opgenomen, vaak "in het zicht" gelegd. De horizontale leidingen kunnen onder of achter de radiatoren lopen. Bij convectoren legt men de leidingen vaak in de convectorput of schacht. De noodzaak van horizontale leidingen en kanalen ter plaatse van de borstwering, in een omkasting of in het zicht, is vaak het gevolg van een beperkte bruto verdiepingshoogte en het daardoor ontbreken van voldoende inbouwruimte in het verlaagde plafond of het ontbreken van verlaagd plafond.



Leidingen ter plaatse van randbalken - Figuur 7.16



Ruimtebesparing door situering (hoofd)kanalen tussen de hoofdbalken - Figuur 7.17



Ruimtebesparing door het plaatselijk beperken van de balkhoogte - Figuur 7.18

### 7.4.3.3 Randbalken

Bij de aansluiting van radiatoren of convectoren op leidingen die onder de vloer lopen, bijvoorbeeld in verlaagde plafonds, kunnen randbalken dwingen tot het laten verspringen van de aansluitleidingen boven de vloer. Randbalken waarvan de binnenkant ongeveer in hetzelfde verticale vlak ligt als de binnenkant van de buitenwand kunnen dit probleem voorkomen (figuur 7.16).

## 7.4.4 Integratie met draagconstructie

### 7.4.4.1 Balken

Een traditionele draagconstructie bestaat uit vloeren, balken en kolommen. Vaak wordt, om een vlak plafond te krijgen, onder de balken een verlaagd plafond aangebracht. Daardoor is bij deze constructie "van nature" reeds ruimte aanwezig voor horizontale leidingen en luchtkanalen. Die ruimte is voldoende als tussen de balken en het verlaagde plafond ruimte zit voor passage van leidingen en kanalen. Veel ruimte, en daarmee bouwhoogte, is bij dit type draagconstructie te sparen als de hoofdbalken en de hoofdkanalen evenwijdig lopen. De grootste kanalen liggen dan *tussen* de balken, terwijl alleen kleinere aftakkende kanalen de balken kruisen (figuur 7.17).

Luchtkanalen kunnen zonder vrije ruimte aan wanden of vloeren worden bevestigd. CV-leidingen moeten, om te kunnen krimpen en uitzetten, flexibel worden opgehangen. Dat vraagt hoogte. Zonder eraan te zijn bevestigd, kunnen leidingen met een minimale speling balken kruisen. Ook kunnen kanalen en leidingen balken kruisen via spelingen in neutrale of met extra wapening versterkte zones van die balken. Soms kan het verhogen en/of verbreden van balken, speciaal voor het maken van spelingen, uiteindelijk tot ruimtewinst leiden. Ook is door het beperken van balkhoogten ter plaatse van korte overspanningen is vaak ruimte en - daarmee - bouwhoogte te sparen (figuur 7.18).

### 7.4.4.2 Vlakke plaatvloeren

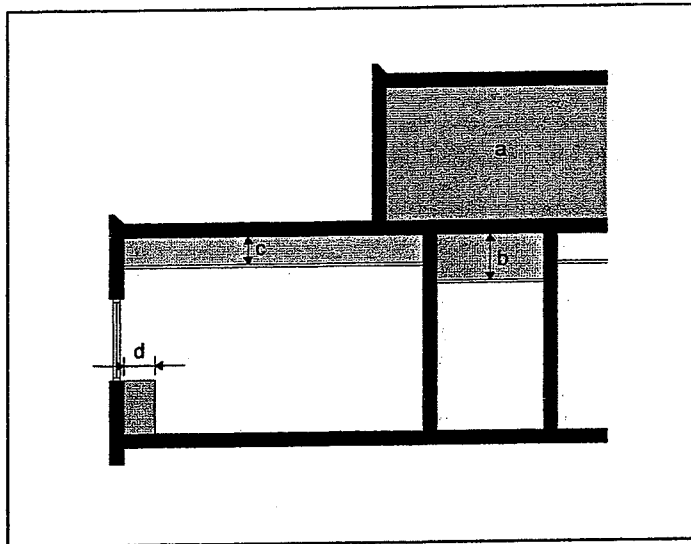
Vlakke plaatvloeren - vaak met grote overspanningen - en liggers die nauwelijks hoger zijn dan de vloer ("hoed-liggers") zijn een modern alternatief voor de in de vorige paragraaf beschreven traditionele draagconstructie. Vlakke plaatvloeren worden aantrekkelijk gevonden, mede omdat ze verlaagde plafonds overbodig zouden maken. Dit is maar ten dele waar. Vooral geprefabriceerde (kanaal-)plaatvloeren kunnen de verticale loop van leidingen en kanalen sterk beperken. Ook vloerroosters zijn niet overal te plaatsen door de (on)mogelijkheid van het aanbrengen van spelingen, in het bijzonder in de nabijheid van opleggingen. Bij in het werk gestorte vloeren (tunnelbekisting, breedplaatvloeren) kunnen meestal wel doorvoerhulzen voor CV- en koel-leidingen worden aangebracht.

Een oplossing voor het spelingenprobleem in vloeren, is het zoveel mogelijk *horizontaal* verdelen van water en lucht. Kanalen en leidingen kunnen in een omkasting ter plaatse van de borstwering lopen. Op die manier ontstaat een brede "vensterbank" en kan luchttoevoer plaatsvinden via roosters in die vensterbank. Zijn de vertrekken echter meer dan twee maal hun hoogte diep, dan valt aan de toepassing van verlaagde plafonds vrijwel niet te ontkomen. Voor de toevoer en/of afvoer van lucht moet dan namelijk plafonduitlaten ("anemostaten") of lijnroosters in het plafond worden gebruikt. Ook bij minder diepe ruimten kan een verlaagd plafond nodig zijn, bijvoorbeeld als de vertreklucht (i.v.m. beperking van de koelbehoefte) via de verlichtingsarmaturen moet worden afgevoerd.

Bij kanaalplaatvloeren worden de holle ruimten wel gebruikt als luchtkanaal om geen verlaagd plafond te hoeven toepassen. Het wordt ook wel gedaan om het warmteaccumulerend vermogen van de vloermassa beter te benutten. Dit laatste kan als het om lucht-*afvoer* gaat. Lucht-*toevoer* via de kanaalplaatvloer is ongunstig omdat de holle ruimten in de vloer niet zijn te reinigen.

### 7.4.4.3 Verhoogde vloeren

Verhoogde vloeren worden vaak gekozen als "flexibel" alternatief voor kabelgoten. Ten opzichte van kabelgoten langs de borstwering zijn ze dat zeker. Het verschil in flexibiliteit ten opzichte van kabelgoten in de afwerklaag van de vloer of in het (verlaagde) plafond is veel beperkter. Soms kiest men verhoogde vloeren uit gemakzucht, bijvoorbeeld om bij het ontwerp niet te hoeven uitzoeken hoe de leiding- en kanalenloop enerzijds en de draagconstructie anderzijds op elkaar zijn af te stemmen. Eventuele ruimte in verlaagde plafonds blijft dan onbenut. Een nadeel van verhoogde vloeren is de vermindering van de specifiek werkzame massa (SWM) waardoor mechanische koeling nodig is of het vermogen van zo'n voorziening groter wordt. Uiteraard



Inbouwruijnte voor verschillende klimaatregelsystemen - Figuur 7.19

kunnen verhoogde vloeren ook goede diensten bewijzen, bijvoorbeeld bij computerruimten en andere ruimten met een grote hoeveelheid aansluitkabels, leidingen en kanalen.

#### 7.4.5 Integratie met scheidingsconstructie

Een belangrijk gevolg van leiding- en kanaalpassage door scheidingswanden is de doorbreking van de akoestische scheiding tussen de ruimten. Daarom is het gunstiger hoofdkanalen in gangen te leggen en vanuit de gang per ruimte een aansluiting te maken. Liggen de hoofdkanalen in de ruimte zelf, dan moet extra aandacht worden besteed aan de geluidsoverdracht via de kanalen. Roosters moeten worden aangesloten met dubbelwandige geluiddempende slangen met daarin een paar bochten. Vanwege geluidsoverdracht mag de afvoer van lucht via verlichtingsarmaturen en een als "plenum" uitgevoerd verlaagd plafond slechts plaatsvinden als de scheidingswanden van vloer tot vloer lopen. Passage van scheidingswanden met CV- en koelleidingen is minder kritisch, mits de ruimte tussen de leidingen en de doorvoeropeningen voldoende wordt opgevuld met isolatiemateriaal (bijvoorbeeld minerale wol).

#### 7.4.6 Inbouwruimte in verlaagde plafonds e.d.

##### 7.4.6.1 Ruimtebepaling Indicatief

Bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp is weinig bekend over de thermische eigenschappen van het gebouw. De afmetingen voor inbouwruimten van leidingen en kanalen zijn slechts ruwweg te bepalen, zoals op basis van een systeemindicatie (zie tabel 6.3) en ervaringscijfers (zie tabel 7.11). Deze gegevens zijn ontleend aan [51] en [52] en hebben betrekking op kantoorgebouwen.

Tabel 7.11 Inbouwruimte voor verschillende klimaatregelsystemen (zie figuur 7.19)

Installatie-systeem	vrije hoogte in gangplafond (b) m	vrije hoogte in plafond kantoren (c) m <sup>1</sup> )	verloren vloerstrook (d) m
centrale verwarming	0,2	0,1	0,1
CV + mechanische ventilatie	0,4	0,2	0,1
"volledig lucht"-systeem	0,5	0,3	0,1
"lucht/water"-systeem	0,4	0,3 (0,5) <sup>2</sup> )	0,5 (0,0) <sup>2</sup> )

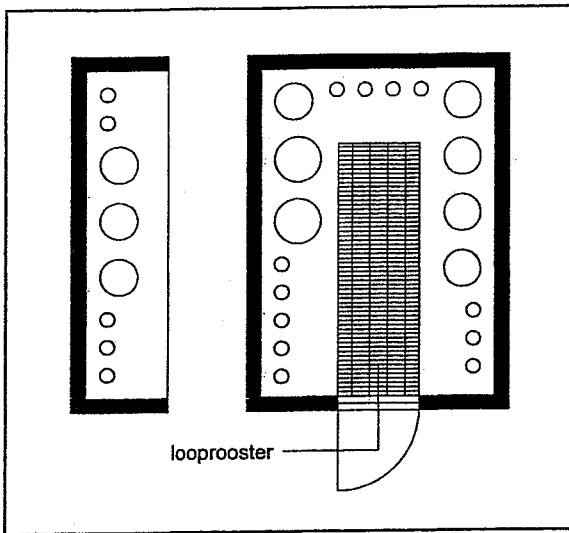
<sup>1</sup>) hierbij is geen rekening gehouden met ruimte voor de passage van aansluitkanalen en aansluit-dozen bij direct afgezogen verlichtingsarmaturen, zie hiervoor paragraaf 7.4.2.2.

<sup>2</sup>) bij inbouw van units in plafond

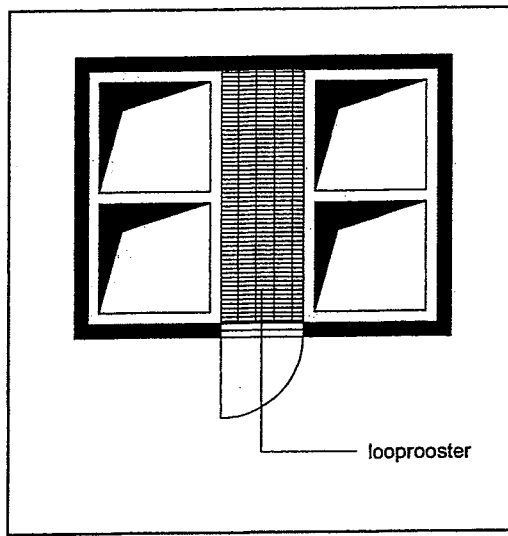
*NB Tabel 7.11 heeft betrekking op traditionele kantoorgebouwen met vertrekken aan weerszijde van een ten minste 2,1 m brede middengang. De hoofdkanalen en hoofdleidingen liggen daarbij in de ruimte boven het verlaagde plafond van de gang. De hiervoor aangegeven vrije hoogte is nodig om aftakkende leidingen en kanalen te kunnen laten kruisen met hoofdleidingen en hoofdkanalen. Bij grote niet ingedeelde verdiepingsvloeren, zoals bij kantoor-tuinen, moet de gehele ruimte boven het verlaagde plafond een vrije hoogte moeten hebben zoals in tabel 7.11 voor het gangplafond is aangegeven.*

##### 7.4.6.2 Ruimtebepaling Globaal

Bij het Voorlopig Ontwerp is de benodigde ruimte voor inbouw van horizontale leidingen en kanalen vaak te bepalen op basis van te schatten leiding- en kanaalafmetingen. Voor CV-leidingen is de diameter en de benodigde inbouwhoogte uit tabel 9.1 af te leiden, mits de warmtebehoefte van het gebouw niet te sterk afwijkt van de in de tabel aangegeven waarde. De tabel houdt rekening met de dikte van thermische isolatie en de hoogte die nodig is voor flexibele ophanging van de leidingen. Voor koelleidingen (bijvoorbeeld bij een 4-pijps-systeem) kunnen bij benadering gelijke afmetingen worden genomen. Van luchtkanalen is de inwendige diameter of (bij rechthoekige doorsnede) de inwendige hoogte te schatten. Zie hiervoor de tabellen 9.2 en 9.3 en voorbeeld 12. In deze tabellen zijn de *inwendige* maten aangegeven. Toevoerkanalen voorziet men meestal van uitwendige thermische isolatie, waardoor de *uitwendige* maten ca. 50 mm groter worden. Verder is ten minste 100 mm nodig voor de ophanging (isolatie valt hier binnen). Voor kruisende



Indeling schacht voor CV- en koelwaterleidingen (voorbeeld)  
- Figuur 7.20



Indeling schacht voor luchtkanalen (voorbeeld) - Figuur 7.21

aftakkingen moet ten minste 250 mm bij de inwendige diameter of hoogtemaat van het (hoofd)-kanaal worden opgeteld. De ruimte voor de ophanging en isolatie valt daar binnen.

#### 7.4.6.3 *Ruimtebepaling Fijn*

Het Definitief Ontwerp biedt de laatste kans om de inbouwruimte voor de horizontale kanalen en leidingen goed op het gebouwwontwerp af te stemmen. Te kleine inbouwruimte geeft vaak montageproblemen of er moeten kleinere kanalen worden toegepast dan noodzakelijk, met als gevolg hoge luchtsnelheden en hinderlijk stromingsgeluid. Stromingsgeluid is niet afdoende te dempen als inbouwruimte voor dempers ontbreekt of toevoer- en afvoerroosters van de te ventileren ruimten dicht bij de hoofdkanalen zitten. Teveel inbouwruimte, bijvoorbeeld in verlaagde plafonds, kan tot een onnodig grote verdiepingshoogte en daardoor onnodig hoge bouwkosten leiden. Een redelijk nauwkeurige bepaling van de inbouwruimte is mogelijk door de diameters van leidingen en kanalen te berekenen op basis van de warmte-, koel- en verselucht-behoefte. Zie hiervoor hoofdstuk 7. Dit is feitelijk een taak voor adviseurs en installateurs. Omdat de inbouwhoogte mede de verdiepingshoogte bepaalt en de verdiepingshoogte de bouwkosten sterk beïnvloeden, zien gebouwwontwerpers het bepalen van de inbouwruimte in verlaagde plafonds vaak als hun eigen taak.

#### 7.4.7 **Schachtruimte**

##### 7.4.7.1 *Ruimtebepaling Indicatief*

Bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp, als nog weinig bekend is over de thermische eigenschappen van het gebouw, zijn de afmetingen van schachten voor kanalen en leidingen slechts indicatief te bepalen. Voor de doorsnedeoppervlakte van schachten voor kanalen wordt als vuistregel meestal 2% van de vloeroppervlakte van één verdieping genomen. Voor 8 à 10 verdiepingen is 1% van de vloeroppervlakte vaak voldoende. In die schachten is, naast de kanalen, meestal plaats voor verwarmings- en koelleidingen. Rekening houdend met de zonering van de luchtbehandeling, moet de schachtruimte over de oppervlakte van het gebouw worden verdeeld. Dat betekent in het algemeen dat schachten niet meer dan twee maal 35 à 40 m van elkaar verwijderd mogen liggen.

##### 7.4.7.2 *Ruimtebepaling Globaal*

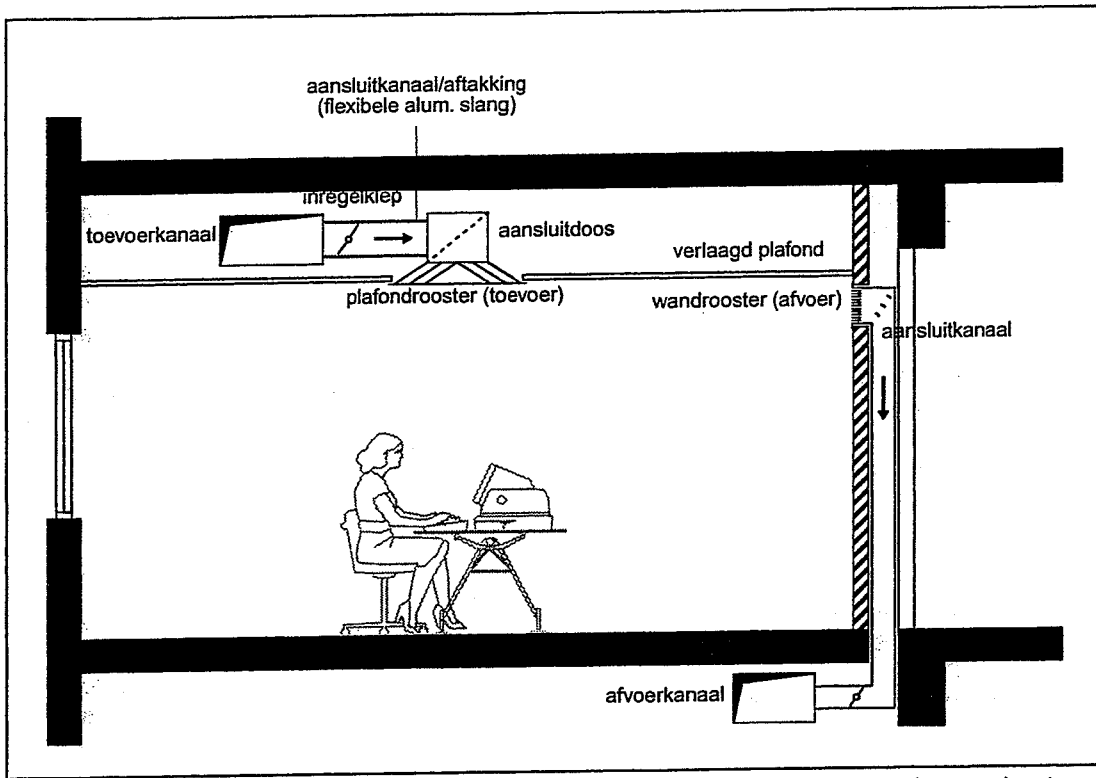
Bij het Voorlopig Ontwerp worden de afmetingen van schachten voor leidingen en kanalen meestal niet nauwkeuriger bepaald dan bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp. Mede omdat de afmetingen geen grote invloed hebben op de indeling van het gebouw. Wel moet de plaats van de schachten nauwkeuriger op de dan bekende gebouwindeling zijn afgestemd en moet de zonering van de luchtbehandeling bekend zijn, zie paragraaf 7.3.4.1.

##### 7.4.7.3 *Ruimtebepaling Fijn*

Het Definitief Ontwerp biedt de laatste kans voor een goede afstemming van de schachten op het gebouwwontwerp. Daarvoor moeten de leiding- en kanaaldiameters bepaald zijn op basis van de berekening van de warmte-, koel- en verselucht-behoefte. Zie hoofdstuk 7.

Voor een schacht voor **CV- en koelleidingen** is de horizontale doorsnede voldoende nauwkeurig te bepalen door de "**diepte**" van de schacht gelijk te stellen aan de benodigde vrije hoogte van de grootste leiding (zie tabel 9.1). De breedte van de schacht moet gelijk zijn aan de som van de benodigde vrije hoogten van de afzonderlijke leidingen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de leidingen naast elkaar liggen en de schacht ten minste aan één lange zijde over de volle breedte toegankelijk is, bijvoorbeeld met een deur of met een eenvoudige te verwijderen paneel. Wordt de schachtbreedte, in verhouding tot de "diepte", hierdoor te groot dan kan een schachtvorm worden gekozen waarbij de leidingen langs twee of drie zijden van de schacht komen te liggen (figuur 7.20). In dat geval moet tussen de tegenover elkaar liggende leidingen ten minste 0,5 m ruimte overblijven voor montage en isolatiewerkzaamheden en voor het bereikbaar blijven van de leidingen voor inspectie, reparatie en vervanging.

De vorm van schachten voor **luchtkanalen** is te beïnvloeden met de breedte/hoogte-verhouding van de kanalen. Verder kunnen de kanalen langs één wand of langs twee wanden tegenover elkaar worden aangebracht. I.v.m. montage en latere bereikbaarheid moet tussen de kanalen een ruimte worden vrijgehouden die gelijk is aan de hoogte van het grootste kanaal + 0,1 m of ten minste 0,6 m is (figuur 7.21). Bij zeer grote kanalen is de tussenruimte te verkleinen met verbindingen in het kanaal. Dit wordt niet aangeraden omdat vervanging van de kanalen vrijwel onmogelijk wordt. Een nauwkeurige bepaling van de schachtruimte is zinvol als het ruimtegebruik zeer kritisch is of met ruimte moet worden gewoekerd, zoals bij hoogbouw.



Aansluiting van plafond- en wandroosters - Figuur 7.22

## 7.5 Eind- of vertrekapparaten

### 7.5.1 **Maakbaarheid en bereikbaarheid**

In [50] zijn verschillende voorbeelden gegeven van de ruimtelijke integratie van eindapparaten in gevel, draagconstructie en scheidingsconstructie. Daarbij is eveneens aandacht geschonken aan de aansluiting van de eindapparaten op leidingen en kanalen. Sommige voorbeelden laten zien dat de integratie soms een vorm krijgt waarbij de installaties en de gebouwconstructie zodanig met elkaar zijn verweven dat dit ten koste gaat van de bereikbaarheid. Deze vorm van "integratie" wordt hier daarom niet bepleit.

### 7.5.2 **Eindapparaten in de gevelzone**

In tabel 7.11 is de horizontale ruimte aangegeven die globaal nodig is om de eindapparaten van de meest voorkomende klimaatregelsystemen in de gevelzone te kunnen plaatsen. Omdat er vaak vele mogelijkheden zijn, wat betreft de vorm van inductieapparaten, ventilatorconvectoren e.d. (lang, hoog en "ondiep" of kort, laag en "diep"), moet voor een nauwkeuriger vaststelling van de inbouwruimte de documentatie van leveranciers worden geraadpleegd.

### 7.5.3 **Eindapparaten in verlaagd plafond/verhoogde vloer**

De in tabel 7.11 aangegeven "verloren vloerstrook" voor inductieapparaten of ventilatorconvectoren, is ook een maat voor de inbouwhoogte van deze in een verlaagd plafond of een verhoogde vloer. Voor een nauwkeuriger vaststelling moeten de afmetingen van deze apparaten bekend zijn. Tot de eindapparaten behoren ook de regelaars, reduceerboxen, aansluitdozen e.d. die bij CAV- en VAV-systemen horen. De hoogte en breedte van deze installatiedelen zijn meestal niet veel groter dan de hoogte en breedte van de aansluitkanalen. Warmtewisselaars, zoals die bij CAV- en VAV-systemen voor na-verwarming en -koeling worden gebruikt, hebben een hoogte en breedte die ca. 5 cm groter is dan de hoogte en breedte van de aansluitkanalen. Een nauwkeuriger bepaling van de afmetingen is slechts mogelijk als het vermogen bekend is en gebruik wordt gemaakt van de documentatie van leveranciers.

### 7.5.4 **Roosters en roosteraansluitingen**

De roosterafmetingen zijn af te leiden uit de volumestroom en de luchtsnelheid in het rooster. Tabel 6.3 geeft voor verschillende ruimten een indicatie voor de volumestroom. Bij tangentiële stroming is de luchtsnelheid over de bruto oppervlakte van het rooster gemiddeld 2,5 m/s. Bij wervelroosters is de snelheid 1,5 - 2,5 m/s en bij nozzles 4 - 10 m/s. Buitenluchtaanzuigroosters hebben een snelheid van maximaal 1,5 à 2,0 m/s en ze worden op ten minste 2 meter boven het maaiveld geplaatst om te voorkomen dat bladeren en zwerfvuil wordt aangezogen.

Voor de aansluiting van roosters in verlaagde plafonds gebruikt men vaak rechthoekige aansluitdozen van verzinkte staalplaat en aluminium slangen. Het aansluiten van het rooster op de doos gaat met klemmen of schroeven. Wandroosters worden meestal met een haaks verloopstuk en stevige ronde of rechthoekige kanalen op het verdeelkanaal aangesloten (figuur 7.22). Aansluitdozen en verloopstukken moeten ervoor zorgen dat de luchtsnelheid - die in het aansluitkanaal nog 3 à 4 m/s is - wordt gereduceerd tot 2 à 3 m/s en bij de roosters de lucht goed over het roosteroppervlak wordt verdeeld. De hoogte van de aansluitdozen is meestal 0,05 à 0,1 m groter dan de diameter van de slang of de hoogte van het aansluitkanaal. In tabel 7.11 is bij de bepaling van de vrije hoogte van de ruimte boven het verlaagde plafond rekening gehouden met de afmetingen van aansluitdozen.