

Centrale installaties, transport en integratie

Kenniskbank Bouwfysica

Auteurs: ing. T.A.J. Schalkoort, dr.ir. Peter van den Engel

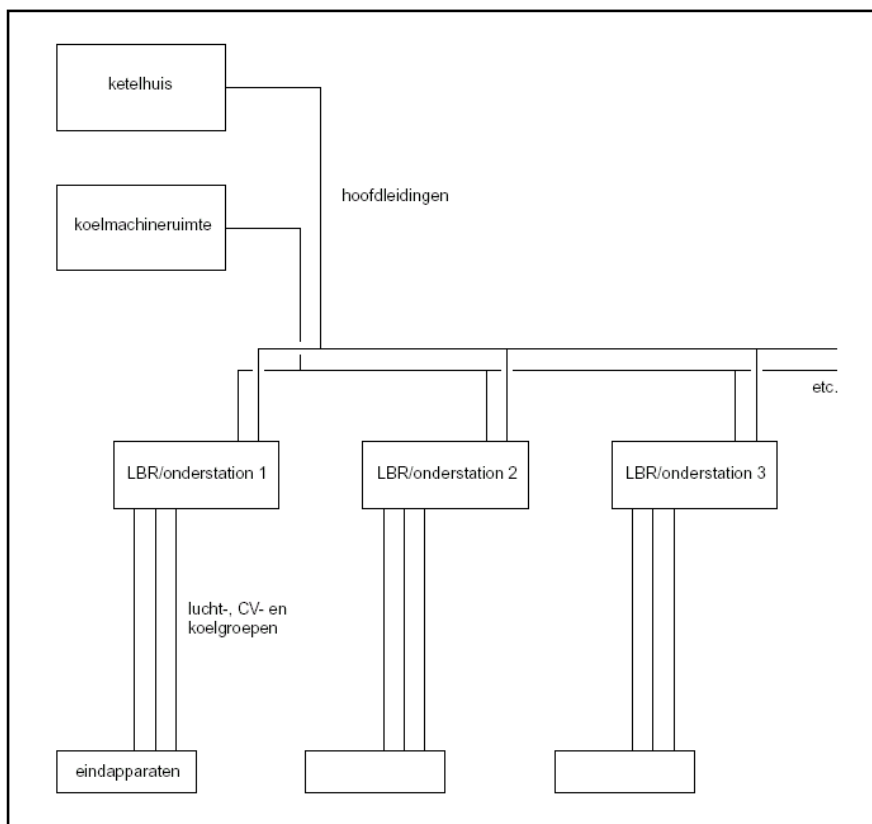
1 Algemeen

Zoals ook besproken is bij Centrale Installaties – Ruimtelijke integratie is het voor het dimensioneren van de verwarmingsruimte nodig te bepalen wat het benodigde vermogen is en hoe de functies zich verhouden binnen het gebouw. Daarbij wordt allereerst een conceptuele indeling gemaakt.

Conceptuele indeling

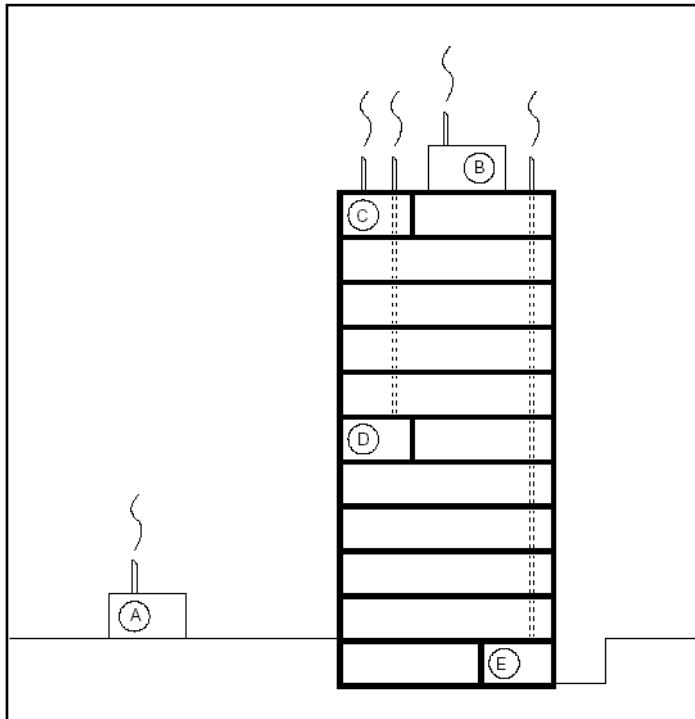
Het ontwerpproces wordt besproken waar er een verwarmingsketel wordt toegepast. Indicatieve verwarmingsvermogens en afmetingen van de warmtecentrale worden weergegeven. Tevens wordt ingegaan op warmtewisselaars, zoals toegepast bij stadsverwarming of hoogbouw.

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 ("eindapparaten"). Zie figuur 1. De volgende stap is het creëren van ruimte voor deze installaties.



figuur 1 conceptuele indeling van installaties

Ketels produceren geluid en brengen brand- en explosiegevaar met zich mee. Bij explosies moet een (deel van een) niet dragende buitenwand kunnen bezwijken, zonder dat de draagconstructie wordt beschadigd. Daarom is een vrijstaand ketelhuis ideaal, zie figuur 2 (A).



figuur 2 mogelijke plaatsen voor het ketelhuis

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 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.

Dimensioneren van de installatieruimte

Bij het dimensioneren van de installatieruimte bestaan twee trajecten waarin de afstemming op het gebouwontwerp 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 overdimensionering en daardoor onnodig hoge bouwkosten. Dat is bij voorbeeld het geval als de ruimte in verlaagde plafonds groter is dan nodig. Een hoogteverschil van 20 cm betekent ruwweg 6% van de bouwkosten.

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 ($>4.000 \text{ N/m}^2$);
- 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 met betrekking tot verwarming. 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 gebouwontwerp leidt.

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 1.

tabel 1 indicatie afmetingen warmtecentrale (ketelhuis)

gebouwvolume m ³	vloeroppervlakte m ²	lengte m ¹	breedte m ¹	hoogte m ¹
2.000	15	5,7	2,7	3,0
4.000	20	6,6	3,0	3,2
10.000	40	9,0	4,5	3,4
20.000	50	10,0	5,0	3,6
40.000	70	11,0	6,5	3,8
100.000	135	18,0	7,5	4,0
200.000	240	32,0	9,0	4,5

NB Tabel 1 geldt voor een warmtebehoefte/verwarmingsvermogen van 50 W/m³ gebouwvolume. Bij ziekenhuizen, bejaardenhuizen, e.d. kan de warmtebehoefte het dubbele zijn, zie tabel 2.

Ruimtebepaling verwarmingsketels globaal

Bij het Voorlopige Ontwerp worden de afmetingen van warmtecentrales vaak gebaseerd op een geschat verwarmingsvermogen. Tabel 2 geeft het vermogen per m³ 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 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 kleiner zijn (bij benadering twee regels in tabel 3). Indien er sprake is van een energiezuinig ontwerp, zoals bij toepassing van lage temperatuurverwarming, warmteterugwinning bij ventilatielucht en goede isolatie van de gebouwschil, kunnen de kengetallen in tabel 2 worden gehalveerd.

Tabel 2 Kengetallen verwarmingsvermogen in W/m³ bruto gebouwvolume

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

tabel 3 globale afmetingen centrale opstellingsruimte CV-ketels

ketelvermogen	vloeroppervlakte	lengte	breedte	hoogte
kW	m²	m¹	m¹	m¹
100	15	5,7	2,7	3,0
200	20	6,6	3,0	3,2
500	40	9,0	4,5	3,4
1.000	50	10,0	5,0	3,6
2.000	70	11,0	6,5	3,8
5.000	135	18,0	7,5	4,0
10.000	240	32,0	9,0	4,5

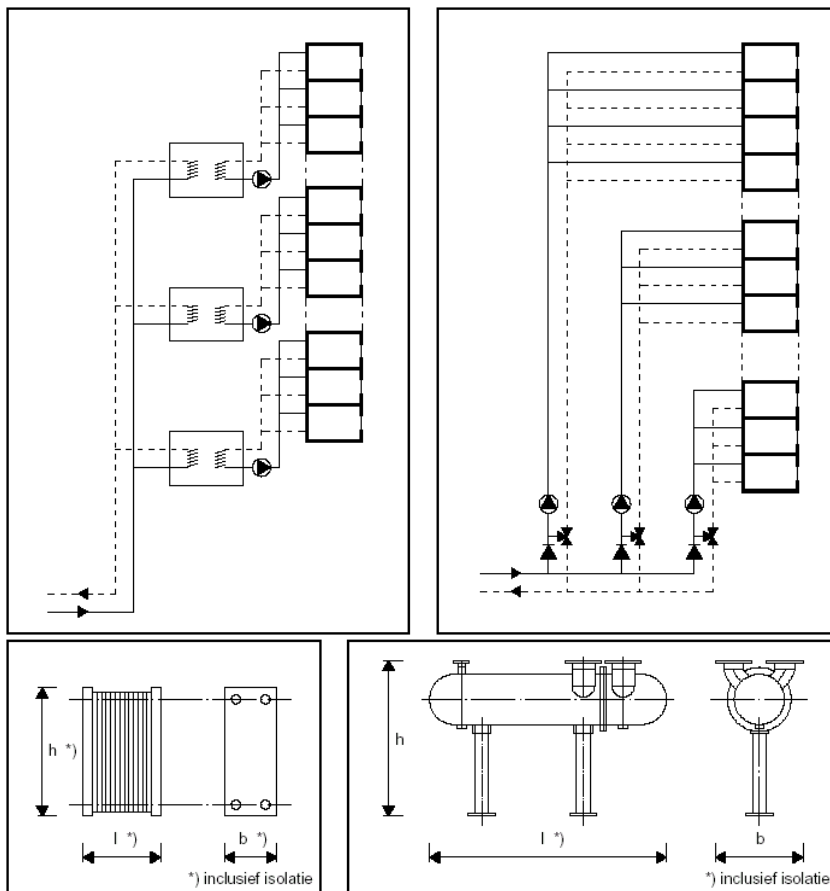
Afmetingen warmtewisselaars

Bij hoogbouw kunnen in verwarmings- en koelleidingen hoge drukken ontstaan. Bij een gebouw van 150 m hoogte bij voorbeeld 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 3). 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 4 vermeldt de globale afmetingen van platen- en pijpenwarmtewisselaars. Drukzones zijn ook te maken met behulp van combinaties van pompen, driewegkleppen, terugslagkleppen e.d. (figuur 3, rechts boven).

tabel 4 globale afmetingen van platen- en pijpenwarmtewisselaars in m (l x b x h)

vermogen	platen	pijpen
kW	(figuur 7.13)	(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

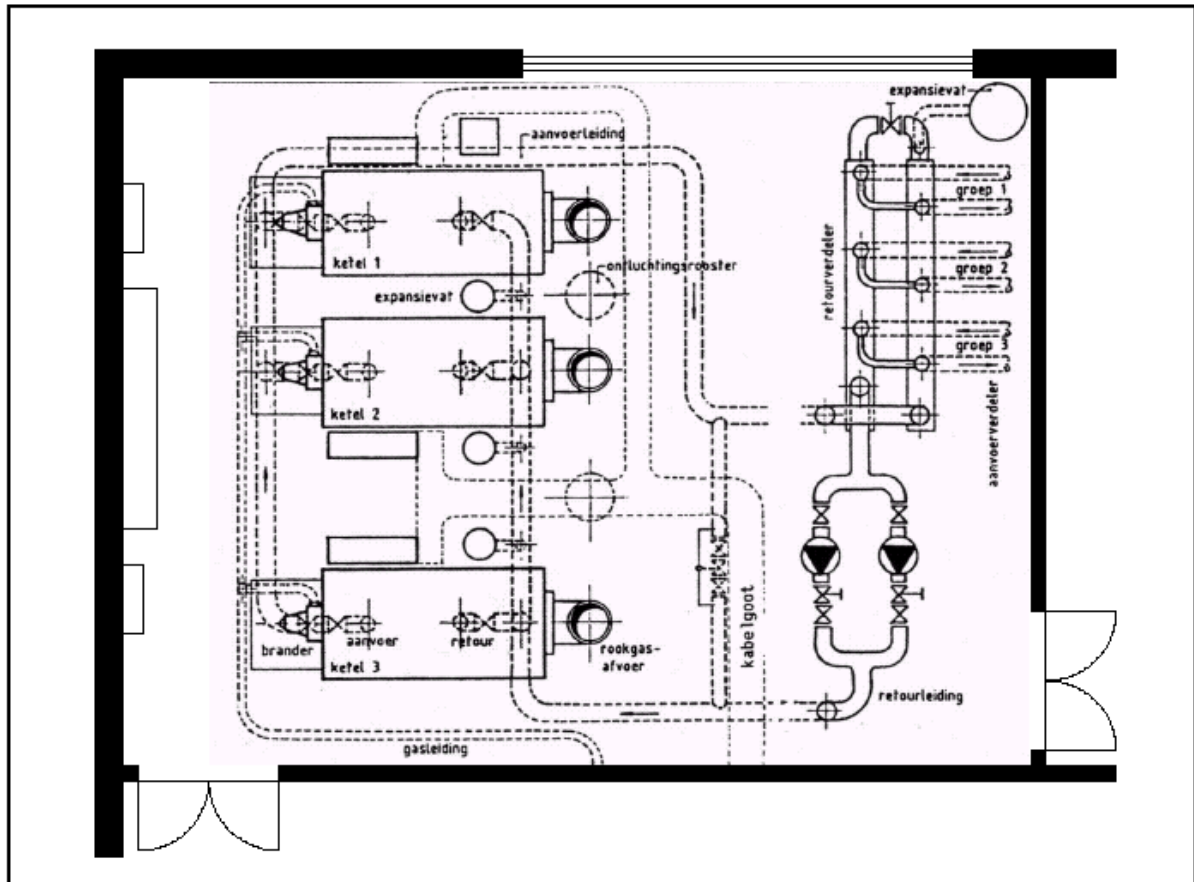
Warmtewisselaars worden ook toegepast als afleverstation bij stads- of wijkverwarming. De afmetingen worden mede bepaald door de gewenste effectiviteit van warmteoverdracht en de vereiste kwaliteit van de scheiding van de watervoerende media aan beide zijden van de wisselaar.



figuur 3 warmtewisselaars en drukscheidingen bij hoogbouw met warmtewisselaars
Een platenwisselaar is linksonder aangegeven en een pijpenwisselaar rechtsonder. Een drukscheiding is ook mogelijk met pompen en driewegkleppen (rechts boven).

Ruimtebepaling warmtecentrale 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 en daarvan het gemiddelde te nemen voor het totale gebouwvolume 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 4 als voorbeeld. Het is niet gebruikelijk dat gebouwontwerpers zo gedetailleerd de ruimte voor de warmtecentrale bepalen. Dit is werk voor installatieontwerpers.



figuur 4 voorbeeld van een indeling van een ketelhuis

Weergegeven zijn 3 ketels met 3 rookgasafvoeren. Tevens is aangegeven de aanvoer- en retourleiding naar de ketels en de voorzieningen voor distributie van warmte in het gebouw met 3 groepen die bij een verdelers/verzamelaars bij elkaar komen. Pompen zijn dubbel uitgevoerd i.v.m. onderhoud en tegengaan van storing.

Expansievaten worden toegepast omdat water uitzet of krimpt bij toename of afname van de temperatuur. Behalve een expansievat wordt ook een extra veiligheid (ventiel) toegepast mocht de waterdruk toch te hoog worden. Water wordt dan afgevoerd naar de riolering. Ontluchtingsroosters worden toegepast om eventueel vrijkomend gas af te voeren. De beluchting voor de branders is hier nog niet aangegeven.

Gesloten verbrandingssystemen met mechanische toe- en afvoer van lucht voor verbranding worden meestal bij kleine verwarmingsketels toegepast, zoals bij HR-ketels in woningen. Hiermee wordt een hoog veiligheidsniveau voor de bewoner gerealiseerd.

2 Transport

Besproken wordt de distributie met watervoerende leidingen. Waar nodig wordt de relatie met luchtkanalen aangegeven.

Leidingen en luchtkanalen

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.

Bereikbaarheid

Leidingen en luchtkanalen kunnen ruimtelijk in gevels en scheidings- en draagconstructies worden opgenomen. Er zijn ook voorbeelden waarbij ze functioneel zijn geïntegreerd. Installaties moeten kunnen worden aangebracht en bereikbaar moeten blijven voor onderhoud, vervanging e.d.. In de praktijk wordt niet altijd aan deze voorwaarden te voldaan. In de volgende paragrafen wordt een vorm van ruimtelijke integratie besproken die niet ten koste gaat van de maakbaarheid en bereikbaarheid van de installaties.

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).

Integratie in de gevelzone

Schachten en leidingkokers

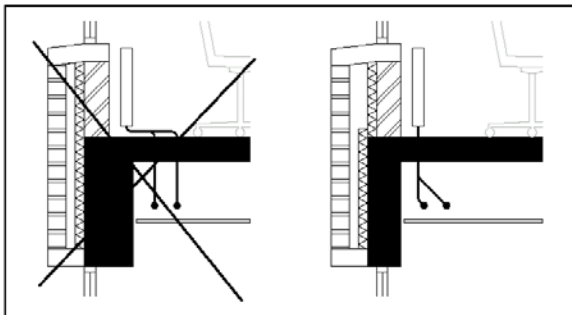
Horizontale en verticale leidingen en kanalen kunnen zowel vóór (buitenzijde) als achter de constructieve gevel lopen en soms in de gevel zelf worden opgenomen. Het laatste is minder gunstig omdat de bereikbaarheid wordt beperkt en bediening, onderhoud of vervanging moeilijk uitvoerbaar zijn. Deze vorm van integratie wordt hier dan ook niet bepleit. Leidingen en kanalen die vóór 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, zoiets als 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.

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 de faculteit Bouwkunde bij de TU-Delft. 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.

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 5).



figuur 5 voorbeeld van gewenste afstemming van draag- en gevelconstructie op leidingen (of kanalen)

Inbouwruimte in verlaagde plafonds, e.d.

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 en ervaringscijfers. Deze gegevens hebben betrekking op kantoorgebouwen:

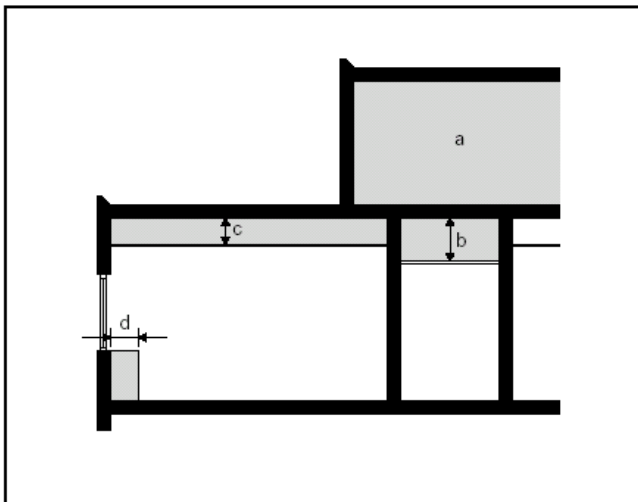
tabel 5 inbouwruimte voor verschillende klimaatregelsystemen (zie figuur 6)

Installatiesysteem	vrije hoogte in gangplafond (b) m	vrije hoogte in plafond kantoren (c) m ¹⁾	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) ²⁾	0,5 (0,0) ²⁾

1) hierbij is geen rekening gehouden met ruimte voor de passage van aansluitkanalen en aansluitdozen bij direct afgezogen verlichtingsarmaturen

2) bij inbouw van units in plafond

NB Tabel 5 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 aftakende leidingen en kanalen te kunnen laten kruisen met hoofdleidingen en hoofdkanalen. Bij grote niet ingedeelde verdiepingvloeren, zoals bij kantoorruimten, moet de gehele ruimte boven het verlaagde plafond een vrije hoogte moet hebben zoals in tabel 5 voor het gangplafond is aangegeven.



figuur 6 inbouwruimte voor verschillende klimaatregelsystemen, luchtkanalen zijn bepalend

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. Van luchtkanalen is de inwendige diameter of (bij rechthoekige doorsnede) de inwendige hoogte te schatten. Zie hiervoor de tabellen 2 en 3 en voorbeeld 1. 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 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 daarbinnen.

Ruimtebepaling Fijn

Het Definitief Ontwerp biedt de laatste kans om de inbouwruimte voor de horizontale kanalen en leidingen goed op het gebouwontwerp 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 verse luchtbehoefte. Dit is feitelijk een taak voor adviseurs en installateurs. Omdat de inbouwhoogte mede de verdiepingshoogte bepaalt en de verdiepingshoogte de bouwkosten sterk beïnvloeden, zien gebouwontwerpers het bepalen van de inbouwruimte in verlaagde plafonds vaak als hun eigen taak.

Schachtruimte

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.

Ruimtebepaling Globaal

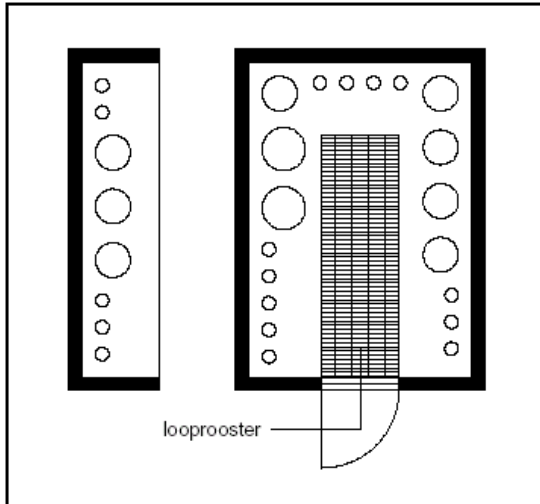
Bij het Voorlopig Ontwerp worden de afmetingen van schachten voor leidingen en kanalen meestal niet nauwkeuriger bepaald dan bij het eerste Ruimtelijke Ontwerp. Mede omdat de afmetingen geen grote invloed hebben op de indeling van het gebouw. Wel moet de plaats van de schachten nauwkeuriger op de dan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

Ruimtebepaling Fijn

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

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. 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. 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 (zie figuur 7).



figuur 7 voorbeeld indeling schacht voor CV- en koelwaterleidingen

3 Bijlage, dimensionering van leidingen

Theoretische grondslagen

Met leidingen wordt water verplaatst, met kanalen lucht. Feitelijk zijn water en lucht media voor warmtetransport. Met lucht zijn ook gassen en stof, zoals zuurstof, kooldioxide en binnenluchtverontreinigingen te transporteren. Het dimensioneren van kanalen kan daardoor complex zijn, maar is dat niet omdat we weten dat bij klimaatregeling het warmtetransport voor koeling meestal maatgevend is. Bij een intensieve ruimtebezetting, zoals bij gehoorzalen, kan het verse luchttransport maatgevend zijn.

Bij warmtetransport is het per tijdseenheid te verplaatsen volume (q_v):

$$(1) \quad q_v = \Phi_w / (\rho \cdot c \cdot \Delta\theta) \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

waarin:

Φ_w = te transporteren hoeveelheid warmte in W

ρ = dichtheid van het medium in kg/m^3 ($\rho_{\text{lucht}} \approx 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\rho_{\text{water}} \approx 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$)

c = soortelijke warmte in J/kgK ($c_{\text{lucht}} \approx 1000 \text{ J}/\text{kgK}$, $c_{\text{water}} \approx 4200 \text{ J}/\text{kgK}$)

$\Delta\theta$ = temperatuurverschil tussen toevoer en afvoer in $^\circ\text{C}$ bij luchtkanalen, afhankelijk van ruimtehoogte en plaats toevoer, 4-15 $^\circ\text{C}$

bij koelleidingen, meestal 6 $^\circ\text{C}$

bij CV-leidingen, meestal 20 $^\circ\text{C}$ of 10 $^\circ\text{C}$ (bij lage temperatuurverwarming)

bij heetwaterleidingen, meestal 40 $^\circ\text{C}$

Omdat, zoals hier te zien is, een m^3 inhoud water veel zwaarder is dan lucht een m^3 en de soortelijke warmte van water ook groter is dan die van lucht kan water $(1000 \cdot 4200) / (1,2 \cdot 1000) = 3500$ maal zo veel energie verplaatsen dan lucht. Dit is een van de redenen dat bij energie-efficiënte temperatuurbeheersing van gebouwen in toenemende mate water wordt gebruikt. Lucht wordt vooral gebruikt om de luchtkwaliteit op peil te houden, tenzij in hoge mate gebruik kan worden gemaakt van natuurlijke stromingen die geen ventilatorenergie kosten.

De benodigde doorsnede-oppervlakte (A) van de leiding of het kanaal is:

$$(2) \quad A = q_v / v \quad (\text{m}^2)$$

Waarin v = snelheid van het medium,

$\approx 0,5 - 1,2 \text{ m}/\text{s}$ (CV-leidingen, afhankelijk van diameter)

$\approx 2,0 - 3,0 \text{ m}/\text{s}$ (transportleidingen voor CV, heetwater en koelwater)

$\approx 3,0 - 20 \text{ m}/\text{s}$ (luchtkanalen, afhankelijk van diameter en druk)

Voor ronde leidingen en kanalen geldt:

$$(3) \quad A = \pi \cdot d^2 / 4 \quad (\text{m}^2)$$

Wordt uitgegaan van de te transporteren hoeveelheid warmte (Φ_w), dan is de diameter:

$$(4) \quad d = \sqrt[3]{(4 \cdot \Phi_w / (\pi \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta\theta \cdot v))} \quad (m)$$

Wordt uitgegaan van het te transporteren volume (q_v), dan volgt de diameter uit:

$$(5) \quad d = \sqrt[3]{(4 \cdot q_v / (\pi \cdot v))} \quad (m)$$

Dimensioneringsmethoden

In de klimaatregeltechniek worden bij het dimensioneren van leidingen en kanalen verschillende methoden toegepast. De ene ontwerper werkt met constante snelheden in de leidingen of kanalen, de volgende gaat uit van een constante wrijvingsweerstand, terwijl een derde snelheden toepast die afhankelijk zijn van de leiding- of kanaaldiameter. Meestal wordt evenwel van de methode van constante snelheid uitgegaan.

Bij extreme hoogbouw, als met schachtruimte in de kernen moet worden gewoekerd, voert men de luchtkanalen vaak uit als hogedruksysteem met hoge snelheden in de hoofdkanalen. ISSO propageert een methode waarbij de snelheid in het leiding- of kanalsysteem geleidelijk wordt gereduceerd: bij de pomp of ventilator is de snelheid het hoogst en bij de eindapparaten het laagst. De methode is gepresenteerd in de vorm van een grafiek, ook wel "nomogram" genoemd (zie figuur 8). Om minder te hoeven rekenen gebruiken installatieontwerpers vaak grafieken waaruit de leiding- en kanaaldiameters direct zijn af te lezen. In de volgende paragrafen worden deze grafieken - en de tabellen die hierop zijn gebaseerd - toegelicht.

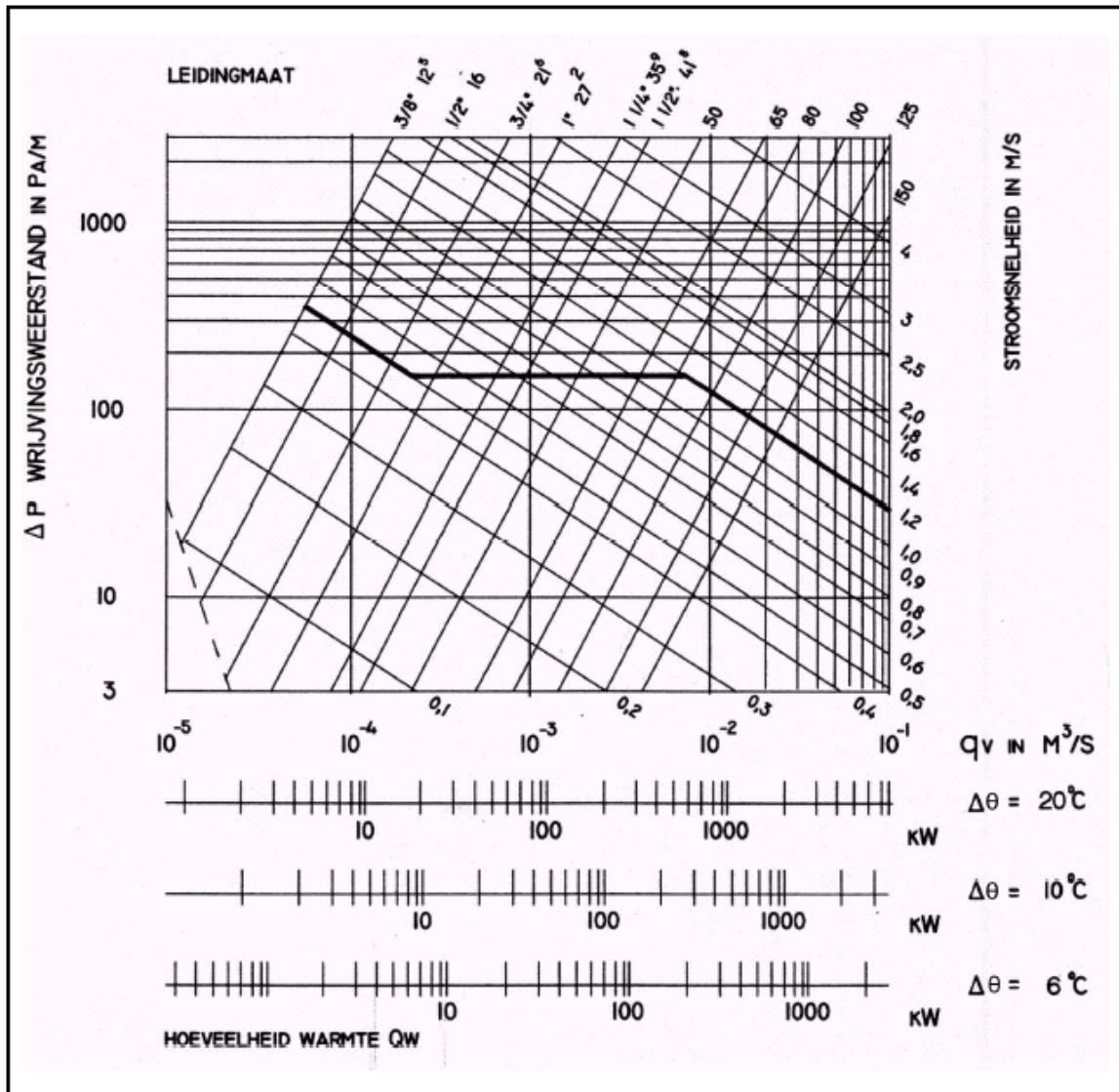
Dimensionering van verwarmings- en koelleidingen

Globale bepaling leidingdiameter

De diameter van CV- en koelleidingen is met tabel 3 globaal te bepalen. De laatste kolom van deze tabel geldt voor een specifieke warmtebehoefte van 100 W/m^2 (redelijke waarde voor moderne woon- en utiliteitsgebouwen), een temperatuurverschil van $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (aanvoer $90 \text{ }^\circ\text{C}$ en retour $70 \text{ }^\circ\text{C}$) en een geleidelijke afname van de watersnelheid in de leidingen. Er wordt geen grote fout gemaakt als voor de koelleidingen van een bepaalde ruimte, verdieping of gebouw dezelfde diameters worden genomen als voor de CV-leidingen.

Nauwkeuriger bepaling leidingdiameter

Voor een nauwkeurige bepaling van de diameter van CV- en koelleidingen dan globaal moet de warmte- en koelbehoefte worden berekend waarna een systeemkeuze is te maken. Vervolgens moet bij "lucht/water"-systemen worden bepaald welk deel van het verwarmings- en koelvermogen met water als medium wordt getransporteerd en met welk temperatuurverschil dat wordt gedaan. Pas daarna is met de beschreven berekening de leidingdiameter te bepalen. De diameter is ook grafisch te bepalen (zie figuur 8) of in een tabel op te zoeken (zie tabel 6).



figuur 8 nomogram voor de dimensivering van verwarmings- en koelleidingen

Nomogram voor dimensioneren van verwarmings- en koelleidingen

In figuur 8 is op de horizontale as de te transporteren hoeveelheid water (het "debiet") in m^3/s aangegeven en op de verticale as de wrijvingsweerstand in Pa/m leidinglengte. De schuine van links onder naar rechtsboven lopende lijnen geven de leidingdiameter in mm aan en de van linksboven naar rechtsonder lopen de lijnen de watersnelheid in m/s . Onder het nomogram staan schalen met de hoeveelheid warmte die via een leiding is te transporteren afhankelijk van het temperatuurverschil tussen toevoer en retour ($\Delta\theta$). Deze schalen corresponderen met de debietschaal. De dikke geknikte lijn in het nomogram is een veel gebruikte ontwerplijn voor verwarmings- en koelleidingen die laat zien dat in kleine leidingen lagere snelheden worden toegepast dan in grote leidingen. In transportleidingen past men de hoogste watersnelheden toe, namelijk maximaal 2 à 3 m/s . Bij de aansluiting van radiatoren, convectoren en dergelijke wordt de snelheid meestal beperkt tot 0,5 m/s .

Voorbeeld: Via een leiding moet 0,001 (10^{-3}) m^3/s water worden getransporteerd. De lijn voor dit debiet snijdt de dikke ontwerplijn ongeveer bij een leidingdiameter van 40 mm.

Voorbeeld: Via een leiding moet een koelvermogen van 100 kW worden getransporteerd. Het verschil tussen aanvoer- en retourtemperatuur is 6 °C. Vanaf de schaal $\Delta\theta=6^\circ\text{C}$ wordt een lijn getrokken evenwijdig aan de verticale lijnen in het nomogram. Deze lijn snijdt de dikke ontwerplijn tussen de lijnen voor een leidingdiameter van 50 mm en 65 mm. Dat betekent dat, naar boven afgerond, een leidingdiameter van 65 mm moet worden toegepast.

Tabel voor dimensioneren verwarmings- en koelleidingen

Tabel 1 is gebaseerd op het in de vorige paragraaf toegelichte nomogram en geldt voor de dikke ontwerplijn. De eerste kolom geeft de per tijdseenheid te transporteren hoeveelheid water in m^3/s . De tweede kolom vermeldt de nominale diameter van de leiding die voor dit debiet nodig is. De derde kolom geeft de inwendige diameter van deze leiding aan en de vierde kolom de uitwendige diameter (inclusief thermische isolatie). In de volgende vier kolommen is het verwarmings- of koelvermogen van het betreffende debiet vermeld, afhankelijk van het verschil tussen de aanvoer- en retourtemperatuur van het water. De meest rechtse kolom noemt het aantal m^2 vloeroppervlakte dat met het aangegeven debiet kan worden verwarmd, uitgaande van een gemiddelde warmtebehoefte van $100 \text{ W}/\text{m}^2$ en een temperatuurverschil tussen aanvoer en retour van 20 °C. Met dit gegeven is, als weinig bekend is over de werkelijke warmtebehoefte, op een snelle manier de diameter en de inbouwhoogte van verwarmingsleidingen **globaal** te bepalen.

tabel 6 debiet	verwarmings- en koelleidingen, afmetingen en inbouwhoogte								
	leiding			inbouw hoogte	verwarmings/koelvermogen				te verwarmen vloeroppervlakte bij 100 W/m ² en Δθ=20 °C
	diameter				bij Δθ van				
m ³ /s x10 ⁻³	nom. mm	inw. mm	uitw*) mm	mm	6 °C kW	10 °C kW	20 °C kW	40 °C kW	m ²
0,06	10	12,5	40	100	1,5	2,5	4	8	40
0,10	15	16,0	50	100	2,5	4,0	8	16	80
0,18	20	21,6	60	120	4,5	7,5	15	30	150
0,33	25	27,5	65	120	8	13	26	52	260
0,66	32	35,9	85	150	17	28	57	115	570
1,03	40	41,8	90	160	26	43	85	170	860
1,88	50	53,0	105	180	48	80	160	320	1600
4,08	65	70,3	120	200	100	170	340	720	3400
6,15	80	82,5	130	250	150	250	500	1000	5000
10,8	100	107,1	160	280	270	450	900	1800	9000
16,3	125	131,7	180	300	410	650	1300	2600	13000
23,9	150	159,3	210	350	600	1000	2000	4000	20000
40,5	200	207,3	260	400	1000	1700	3400	7200	34000
63,9	250	260,4	310	450	1600	2650	5300	10600	53000
90,4	300	309,7	360	500	2250	3750	7500	15000	75000

*) inclusief thermische isolatie

Voorbeeld: Via koelleidingen (een aanvoer- en een retourleiding) moet 0,0001 (10⁻⁴) m³/s worden getransporteerd. Uit de tabel blijkt dat voor dit debiet, afgerond naar boven, leidingen met een diameter van 20 mm nodig zijn.

Voorbeeld: Via verwarmingsleidingen moet een vermogen van 200 kW worden getransporteerd. Het verschil tussen aanvoer- en retourtemperatuur van het verwarmingswater is 20 °C. In de kolom Δθ=20°C valt deze waarde tussen 160 en 340 kW. Naar boven afgerond is een leiding van 65 mm nodig. De uitwendige diameter van deze leidingen, inclusief isolatie, is 120 mm. Volgens de tabel is de inbouwhoogte 200 mm.

Voorbeeld: Voor de verwarming van een gebouwdeel met een oppervlakte van 4000 m² zijn nog geen gegevens bekend over de thermische eigenschappen. Uit tabel 6 is **globaal** af te leiden dat verwarmingsleidingen (aanvoer en retour) nodig zijn met - naar boven afgerond - een diameter van 80 mm. De inbouwhoogte voor deze leidingen is volgens de tabel 250 mm.