

# Luchtbehandelingstechniek 4

978 90 5636 455 7



**verdiep | verbreed | verander**

ISBN 978-90-5636-455-7



9 789056 364557 >





# Luchtbehandelingstechniek 4

Luchtkanalen  
Ontwerp- en dimensionering





Samengesteld door:  
Ing. P. van Berkel

Eindredactie:  
Ing. O.W.W. Nuijten

Samenstelling van de  
begeleidingscommissie:  
Ir. J.A.P. Hoogduin  
(Valkenberg R.I.),  
Ing. C.M. Hooyer (van Harn Verw.  
Airc. bv),  
Ing. J. de Korte (Valstar  
Simonis RI),  
Ing. O.W.W. Nuijten (Intechnium),  
H. Spaans (Van Buuren Van Swaay)

Overal waar in dit boek de mannelijke vorm wordt  
aangetroffen, wordt ook de vrouwelijke vorm bedoeld.

© Kenteq

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd  
en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-  
kopie, microfilm of op andere wijze ook, zonder voor-  
afgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

De uitgever kan niet aansprakelijk worden gesteld  
voor persoonlijke of materiële schade, veroorzaakt  
door onjuistheden in deze uitgave.

## INHOUD

1	Symbolenlijst	3
2	Literatuurlijst	5
3	Inleiding	7
4	Algemeen	9
5	Ontwerp van het kanalsysteem	11
5.1	Algemeen	11
5.2	Keuze van het traject	13
5.3	Projecteren van kanalen	15
5.4	Optimaliseren	16
6	Dimensionering	17
6.1	Algemeen	17
6.2	Drukverlies in rechte kanalen	17
6.3	Drukverlies in hulpstukken en apparaten	20
6.4	Methoden van dimensionering	24
6.4.1	Algemeen	24
6.4.2	Methode met constante snelheid	24
6.4.3	Methode met geleidelijke snelheidsvermindering	24
6.4.4	Methode met constant drukverlies per meter	25
6.4.5	Methode met terugwinnen van statische druk	26
6.5	Standaardisatie van luchtkanalen en hulpstukken	27
6.6	Computerprogramma's	31
7	De berekeningsgang	33
7.1	Ontwerpcondities en benodigde gegevens	33
7.1.1	Algemeen	33
7.1.2	De volumestromen	33
7.1.3	Schema van de installatie	34
7.2	De berekening	34
7.2.1	Het berekeningsformulier	34
7.2.2	Inregeldrukken	35
7.2.3	De ventilator	35
7.3	Plaats van de inregelkleppen	35
7.4	Specifieke richtlijnen voor de kanalenberekening van een Variabel Volume Systeem	35
7.4.1	Algemeen	35
7.4.2	Het luchtdistributiesysteem	38
7.4.3	De ventilator	39
7.5	Specifieke richtlijnen voor de kanalenberekening voor de hogedruk-luchtbehandelingsinstallatie	41
8	Berekeningsvoorbeelden	43
8.1	Een eenvoudig kanalsysteem	43
8.1.1	Algemeen	43
8.1.2	Methode met geleidelijke snelheidsvermindering	43
8.1.3	Methode met constant drukverlies per meter recht kanaal	45
8.1.4	Methode met terugwinnen van statische druk	48
8.1.5	Samenvatting	50

8.2	Een uitgebreid kanalsysteem	52
8.2.1	Algemeen	52
8.2.2	Het schema	52
8.2.3	De uitwerking	53
8.2.4	Toelichting bij de handberekeningen	68
9	Uitvoering en montage	73
9.1	Materialen	73
9.2	Verbindingen	74
9.3	Verstijvingen	74
9.4	Bevestiging	74
9.5	Hulpstukken	75
9.6	Isolatie	75
9.7	Transport en opslag	76
9.8	Lekverliezen en beproeving	76
9.8.1	Algemeen	76
9.8.2	Luchtdichtheid als kwaliteitsaspect	77
9.8.3	Werkingsprincipe van de lektester	79
10	Inregelen en balanceren	81
10.1	Algemeen	81
10.2	Inregelvoorwaarden	82
10.3	Inregelmethoden	83
10.3.1	'Trial-and-error' methode	83
10.3.2	Proportionele methode	84
10.3.3	Rekenmethode	87
10.4	Balanceren van systemen met constant volumeregelaars	87
10.5	Balanceren van systemen met variabel volume(VAV-)regelaars	88
10.6	Het meetprotocol	89
11	Oefenvraagstukken	91
12	Grafieken en tabellen	97
12.1	Nomogram voor de bepaling van het drukverlies per meter recht kanaal	97
12.2	Tabel voor de bepaling van de hydraulische middellijn ( $d_h$ ) en de equivalente middellijn ( $d_g$ )	98
12.3	Nomogram voor de bepaling van de $l/q_v$ -verhouding	99
12.4	Nomogram voor de bepaling van de statische druk terugwinst	99
12.5	Weerstandsfactoren van hulpstukken volgens ISSO-17	100
12.6	Drukverlies berekeningsformulier	107

## 1 Symbolenlijst

$a$	hoogte kanaal	m
$A$	oppervlak	m <sup>2</sup>
$b$	breedte kanaal	m
$C$	correctiefactor	-
$d$	inwendige middellijn	m
$d_h$	hydraulische middellijn	m
$d_g$	gelijkwaardige (equivalente) middellijn	m
$j$	willekeurig nummer van een kanaalsectie	-
$k$	absolute wandruwheid	m
$l$	lengte	m
$n$	rotatiefrequentie	s <sup>-1</sup>
$O$	omtrek kanaal	m
$p_{dyn}$	dynamische druk	Pa
$p_{stat}$	statische druk	Pa
$P_{tot}$	totale druk	Pa
$q_v$	volumestroom	m <sup>3</sup> /s
$r$	verhouding van de rechthoekszijden	-
$r$	afrondingsstraal	m
$R$	weerstand per m kanaallengte	Pa/m
$R$	kromtestraal	m
$Re$	getal van Reynolds	-
$T$	temperatuur	°C
$v$	snelheid (gemiddelde)	m/s
$\alpha$	correctiefactor	-
$\Delta$	verschil	-
$\epsilon$	relatieve wandruwheid	mm
$\zeta$	weerstandsfactor	-
$\eta_r$	rendementsfactor van drukterugwinst	%
$\theta$	hoek	°
$\lambda$	wrijvingsfactor	-
$\lambda$	warmtegeleidingscoëfficiënt	(W/(m.K))
$\rho$	soortelijke massa	kg/m <sup>3</sup>
$\varphi$	specifieke lekluchoeveelheid	m <sup>3</sup> /(s.m <sup>2</sup> )





## 2 Literatuurlijst

- TVVL Deel 6 luchtkanalen
- TVVL  
Rapport 'Aanzet tot normalisatie van metalen kanalen ten behoeve van ventilatie en klimaatbeheersingstallaties' (intern-rapport april 1984)
- ISSO publicatie nr. 17  
Luchtkanaalberekening
- ISSO publicatie nr. 24  
Installatiegeluid
- LUKA kwaliteitsnormen luchtkanalen
- H.B. Bouwman  
Optimum air duct system design  
IMG - TNO 1982
- W. Steinbach  
Aufmass von Kanalsystemen  
Industrieverbandes Heizung-, Klima- und Sanitärtechnik  
Baden - Württemberg
- F.W. Tseng, Aero Dynamiek Inregelservice  
Inregelen en inregelstrategieën
- Dr. ing. H. Laux  
Kanaalberekening voor hogedruk-luchtbehandelingsinstallatie  
(artikel in Verwarming en Ventilatie, augustus 1967, nr. 8)
- Prof. ir. A.W. Boeke/ing. J.A. van der Kraaij  
TU Delft, Klimaatregeling A
- Ir. M. Rolloos  
Het inregelen van luchthoeveelheden bij ventilatiesystemen  
(artikel in Verwarming en Ventilatie, december 1975, nr. 12)
- Ir. J. Simonis/ing. K. van Leeuwen  
Regeling van variabel volume systemen  
(artikel in Klimaatbeheersing, februari 1976, nr. 2)



### 3 Inleiding

De bouwwijze en indeling van gebouwen maken het noodzakelijk dat er in gebouwen mechanisch geventileerd wordt. Het gebruik speelt hierbij ook een grote rol. Om deze ventilatie op een verantwoorde manier tot stand te brengen, zijn in het algemeen luchtkanalen nodig. Natuurlijke ventilatie is onvoldoende in staat gecontroleerde luchtverversing tot stand te brengen. Mechanische ventilatie kan dit wel. Door bovengenoemde factoren en door de toegenomen warmtebelasting, als gevolg van een hogere bezettingsgraad en verlichtingsniveau, is het al snel noodzakelijk over te gaan tot centrale luchtbehandeling. Dan is de integratie tussen verwarming, koeling en ventilatie met gebruikmaking van luchtkanalen voor de hand liggend.

Gezien de hoge investering (30 tot 50% van de LB-installatie) is het van het grootste belang dat de toekomstige technicus op de hoogte is van alle aspecten van het ontwerpen van luchtkanalen.

Door een toenemend aanbod van computerprogramma's, is er een groeiende behoefte aan eenduidigheid, zowel betreffende de berekeningsgrondlagen als de in rekening te brengen weerstandsfactoren. ISSO publicatie nr. 17 probeert hierin te voorzien.

Wat betreft standaardisatie en kwaliteit is er door LUKA (Nederlandse vereniging van luchtkanaalfabrikanten) de publicatie 'Kwaliteitsnormen luchtkanalen' uitgebracht.

Dit lesmateriaal is voornamelijk op beide genoemde publicaties gebaseerd.

De theoretische grondslagen voor dit leerstofblok worden behandeld in het leerstofblok 'Stromingsleer, Lucht'.

De cursist moet na bestudering van dit leerstofblok in staat zijn om van een grote ventilatie- en/of luchtbehandelingsinstallatie het kanalsysteem

- te ontwerpen;
- te dimensioneren;
- te beoordelen voor wat betreft uitvoering en montage;
- te kunnen inregelen.

Tot slot danken de auteur en de uitgever degenen die door het leveren van op- en aanmerkingen hebben bijgedragen tot de kwaliteit van dit leerstofblok.

Tevens geldt een woord van dank de TVVL. Een aantal elementen uit de cursus luchtbehandelingstechniek van TVVL zijn overgenomen in dit leerstofblok.



## 4 Algemeen

De functie van een luchtkanalensysteem is het transport van de lucht tussen luchtbehandelingsapparatuur en de ruimten waar deze lucht wordt toe- en afgevoerd. Een luchtkanalensysteem in een gebouw kan behoorlijke afmetingen hebben. Het ontwerp van een dergelijk systeem vereist dan ook meestal het nodige overleg met de architect, de bouwkundige aannemer en de adviseur van de overige technische installaties van het gebouw. Dit overleg dient reeds in een vroeg stadium plaats te vinden om zodoende een goede afstemming tussen de verschillende disciplines te verkrijgen.

Bij het ontwerpen van het systeem spelen onder meer de volgende factoren een belangrijke rol:

### 1 De beschikbare ruimte

Soms moet met ruimte worden gewoekerd, bijvoorbeeld in een kantoorgebouw of in een woning. In fabrieken daarentegen is meestal voldoende ruimte beschikbaar. Daarom zal het ontwerpen van het kanalsysteem voor dergelijke uiteenlopende objecten ook verschillend worden aangepakt.

### 2 Geluidsniveau

Teveel installatiegeruis in een ruimte kan leiden tot klachten. De geluidseisen voor een tv-studio zullen veel hoger liggen dan bijvoorbeeld voor een cafeteria. Daarom moet een ontwerptechnicus in staat zijn het kanalsysteem zo te ontwerpen dat wordt tegemoet gekomen aan de geluidseisen in het betreffende gebouw.

### 3 Drukverliezen

Drukverliezen in een kanalsysteem moeten binnen acceptabele grenzen worden gehouden. Verlies door wrijving betekent verlies van energie en leidt tot een hoger energieverbruik.

### 4 Aanschafkosten

Het is duidelijk dat de technicus die een installatie ontwerpt de aanschafkosten zoveel mogelijk moet bewaken.

In de praktijk dient het kanalsysteem niet alleen in technisch opzicht goed te voldoen, maar ook moeten redelijke eisen ten aanzien van de aanschafkosten en gebruikskosten kunnen worden gesteld. Hierbij moeten de benodigde bouwkundige kosten worden inbegrepen. Het gaat uiteindelijk om de totale kosten.

### 5 Warmte- en lekverliezen

Warmteverlies en ook warmtewinst ('koudeverlies') door de kanaalwanden kunnen aanzienlijk zijn. Wanneer bijvoorbeeld een luchtbehandelingsinstallatie voor een toevoertemperatuur van 15°C is ontworpen en de temperatuur stijgt door warmtewinst vanuit de omgeving tot 17°C, zal voldoende koeling van de ruimte niet altijd meer mogelijk zijn. Daarom moeten het warmteverlies en ook de warmtewinst van het kanalsysteem in de ontwerpberekeningen worden opgenomen. Dit geldt eveneens voor de lekverliezen via de verbindingen in het kanaal.

Alleen wanneer de ontwerptechnicus de hierboven genoemde aspecten beheerst, is het mogelijk een optimaal luchtkanalensysteem te ontwerpen.

---

*Kort samengevat geldt, dat de ontwerper binnen de beschikbare plaatsruimte en in overeenstemming met het toelaatbare geluidsniveau, kanalen zowel naar afmetingen maar ook naar bedrijfskosten zodanig ontwerpt dat voldoende lucht van de juiste temperatuur aan de ruimte(n) wordt toegevoerd.*

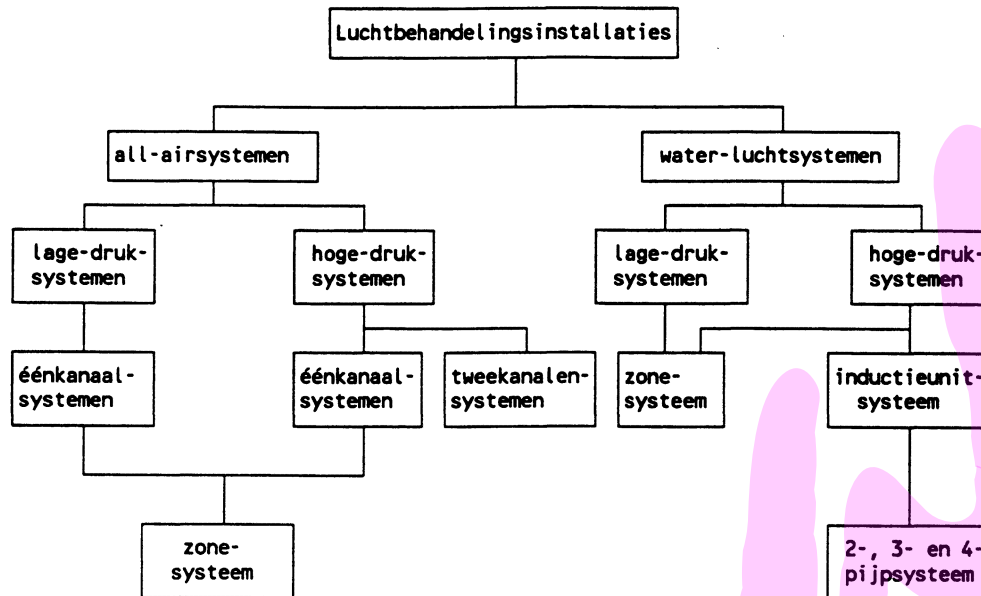


## 5 Ontwerp van het kanaalsysteem

### 5.1 Algemeen

Het kanaalsysteem is in belangrijke mate afhankelijk van de systeemkeuze van de luchtbehandelingsinstallatie.

In onderstaand schema is een overzicht van de verschillende systemen gegeven.



Afbeelding 1. Overzicht van luchtbehandelingssystemen

De indeling van het luchtbehandelingsysteem heeft gevolgen voor de luchtkanalen zoals in de tabel van afbeelding 2 is weergegeven.

Indeling	Uitvoering	Gevolgen voor kanalen
1. naar opstelling	centraal gedeeltelijk centraal decentraal	meer kanalen minder kanalen nog minder kanalen
2. naar aantal zones	éénzone multizone	minder kanalen meer kanalen
3. naar energietoevoer	luchtsystemen watersystemen water-luchtsystemen	meer kanalen geen kanalen minder kanalen
4. naar ventilatordruk	lagedruk middeldruk hogedruk	meer kanalen minder kanalen nog minder kanalen

Afbeelding 2. Overzicht met gevolgen voor kanalen

De gebruikte typering 'meer', 'minder', 'nog minder' zijn relatieve begrippen per groep en hebben betrekking op de kanaalinvestering.