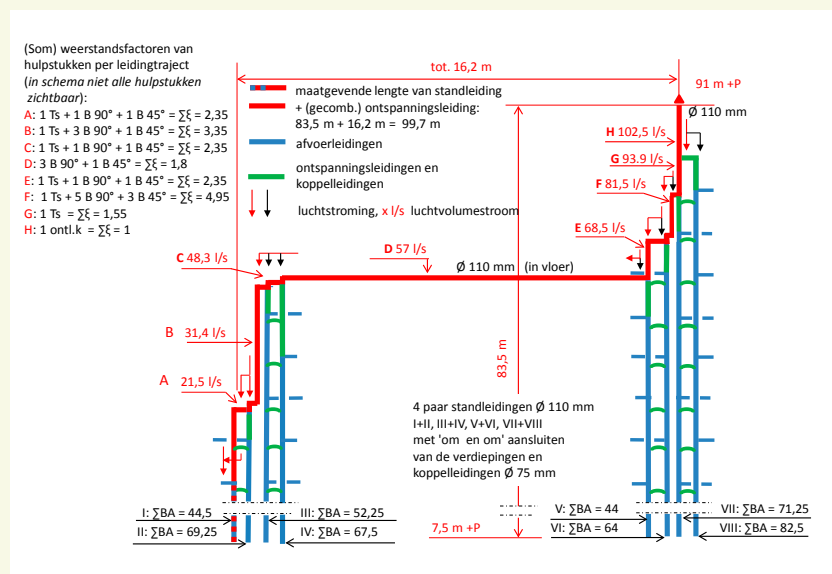


# Combineren ontspanning gebouwriolering kent grenzen

De moderne architectuur die voorziet in luxe appartementen met grote balkons en terrassen op de hoogste verdiepingen van woontorens, kan de ontwerper van de gebouwriolering voor lastige problemen plaatsen. De architect lijkt zich nauwelijks bewust van het feit dat er voor sommige installaties dakuitmondingen nodig zijn, zoals voor de ontspanning van de gebouwriolering. Een door de adviseur bedachte en door de installateur uitgevoerde oplossing voldoet achteraf niet aan de voorschriften. De invloed van gecombineerde ontspanningsleidingen op de onderdruk in de gebouwriolering is onderschat, blijkt uit toetsing. Voor het toegepaste rioleringssysteem zijn echter geen standaard richtlijnen beschikbaar waarmee de te verwachte onderdruk kan worden berekend.

W. (Will) Scheffer, Rehva Fellow, TVVL Expertgroep ST

De ontwerpers van de gebouwriolering hebben gekozen voor een variant op het direct parallel ontspanningssysteem: het 'om en om' aansluiten van de verdiepingen op twee parallel standleidingen volgens het principe van afbeelding 4.33 in NTR 3216:2012. NEN 3215:2011 kent dit systeem niet, NTR 3216 dus wel. De parallel standleidingen zijn op elke verdieping met elkaar verbonden. In het praktijkvoorbeeld zijn vanaf de eerste verdieping (op 7,5 m+ bouwkundig peil) vier leidingschachten opgenomen tot onder de dakvloeren. De dakvloeren liggen op verschillende niveaus, de hoogste op 90,5 m+. Dat komt door de grote balkons en terrassen op de hoogste drie verdiepingen. Het ontwerp van de gebouwriolering voorziet in vier paar (dus totaal acht) standleidingen. Van drie paar (dus totaal zes) standleidingen kunnen de ontspanningsleidingen niet rechtstendig tot boven de dakvloer worden gevoerd, tenzij daarvoor in



-Figuur 1- Schema van een praktijkvoorbeeld van een gecombineerde ontspanningsleiding

het bouwkundig ontwerp voorzieningen waren aangebracht. In het ontwerp van de gebouwriolering is daarom gekozen voor een gecombineerde ontspanningsleiding. Op deze leiding zijn via horizontale en verticale verslepingen in vloeren en schachten zeven standleidingen aangesloten. Vervolgens is die gecombineerde ontspanningsleiding gekoppeld aan de ontspanningsleiding van de achtste standleiding, die wel rechtstandig tot boven de dakvloer kon worden gevoerd. Alle acht standleidingen hebben dezelfde ontwerpiddellijn van 100 mm. Alle ontspanningsleidingen zijn eveneens uitgevoerd met deze middellijn, dus ook de gecombineerde leiding.

## ANALYSE

NEN 3215 staat een gecombineerde ontspanningsleiding toe. De ontwerpers hebben echter een aantal zaken over het hoofd gezien. In artikel 4.2.6.3 van NEN 3215 staat dat de ontwerpiddellijn van een ontspanningsleiding waarop meer dan één standleiding met een maximum van tien is aangesloten, in het gecombineerde gedeelte 'ten minste' gelijk moet zijn aan de grootste ontwerpiddellijn van de standleidingen. In het boek 'Het ontwerpen van de sanitaire installaties' (5e druk - 2000) staat de aanbeveling om bij toepassing van een gecombineerde ontspanningsleiding een controleberekening te maken. NTR 3216 vermeldt in par. 5.10, dat aan tabel 5.13 voor de capaciteit van standleidingen in hoogbouw ten grondslag ligt, een ontspanningsleiding van 4 m met een  $\sum \xi$ -waarde voor hulpstukken van 3. Uit de analyse van het ontwerp van de gebouwriolering blijkt dat de lengte van de gecombineerde ontspanningsleiding 46,5 m is, vanaf de eerste standleiding (die zelf een lengte heeft van 47 m) tot aan de dakuitmonding van de ontspanningsleiding boven de achtste standleiding. Door de complexe leidingconfiguratie van de gecombineerde ontspanningsleiding komt de  $\sum \xi$ -waarde uit op ongeveer 20.

## ONDERDRUK DOOR (SOM) INSTROMING

Tot een standleidinglengte van 60 m, inclusief de ontspanningsleiding, wordt de onderdruk berekend met de empirische formule (1):

$$-\Delta p = \left( 0,65 \left( \frac{q_w}{d_{stl}} \right) - 0,867 \left( \frac{q_w}{d_{stl}} \right)^2 + 2,722 \left( \frac{q_w}{d_{stl}} \right)^3 \right) 10^3$$

waarin:

$-\Delta p$  = negatief drukverschil [Pa]

$q_w$  = lozingsvolumestroom [ $m^3/s$ ]

$d_{stl}$  = inwendige middellijn van de standleiding [m]

Deze onderdruk wordt verondersteld bij gedeeltelijke of volledige hydraulische afslui-

tingen door de (som van) instromingen van afvalwater vanuit de aangesloten afvoerleidingen op de standleiding met primaire ontspanning.

Voor het systeem van 'om en om' aansluiten wordt de van formule (1) afgeleide formule (2) voor het direct parallel ontspanningssysteem toegepast:

$$-\Delta p = \left( 0,342 \left( \frac{q_w}{d_{stl}} \right) - 0,456 \left( \frac{q_w}{d_{stl}} \right)^2 + 1,433 \left( \frac{q_w}{d_{stl}} \right)^3 \right) 10^3$$

Bij een maximaal toegestane onderdruk van 300 Pa, waar NEN 3215 van uitgaat, kan voor het berekenen van de maximale lozingsvolumestroom de formules (1) en (2) worden omgezet in de vereenvoudigde formule (3):

$$q_{w,max} = \lambda \cdot s \cdot d_{stl}^2$$

waarin:

$q_{w,max}$  = maximale lozingsvolumestroom [ $l/s$ ]

$\lambda$  = een constante, afhankelijk van het ontspanningssysteem [ $m/s$ ]

-bij primair ontspanningssysteem 400  $m/s$ ;

-bij direct parallel ontspanningssysteem 560  $m/s$ ;

$s$  = afvoerfactor van de standleiding, afhankelijk van de lengte van de standleiding, inclusief ontspanningsleiding: tot en met 10 m 1,4 en vanaf 10 m tot en met 60 m 1,0 [-];

$d_{stl}$  = inwendige middellijn van de standleiding [m]

De samengestelde afvoer ( $Q_a$ ) waarmee de standleiding wordt belast, en die wordt bepaald met formule (4), mag niet groter zijn

dan de maximale lozingsvolumestroom ( $q_{w,max}$ ) bepaald met formule 3.

$$q_w \leq Q_a = p \sqrt{\sum BA}$$

waarin:

$Q_a$  = samengestelde afvoer [ $l/s$ ]

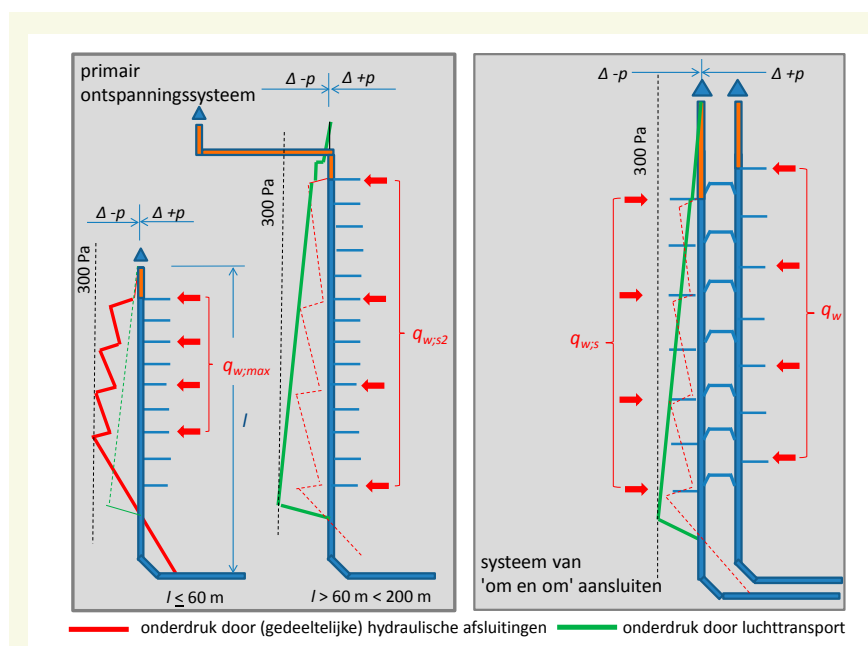
$p$  = gelijktijdigheidscoëfficiënt, voor woningen 0,5 [-]

$BA$  = basisafvoeren van lozingstoestellen, (zie tabel 7 van NEN 3215:2011) [ $l/s$ ]

## BOVEN 60 M

Wanneer de lengte van de standleiding, inclusief de ontspanningsleiding, meer bedraagt dan 60 m, moet worden getoetst of de onderdruk door luchttransport groter is dan de grenswaarde van 300 Pa die in NEN 3215 is bepaald voor de onderdruk als gevolg van (gedeeltelijke) hydraulische afsluitingen door (de som van) afvalwaterinstromingen. De kans daartoe neemt bij grotere standleidinglengten toe. Dit houdt in dat de lengte van de standleiding, inclusief de ontspanningsleiding, bij een bepaalde ontwerpiddellijn en afvoercapaciteit aan een maximum is gebonden. Of anders gezegd: dat de ontwerpiddellijn niet alleen afhankelijk is van de afvoercapaciteit, maar ook van de lengte van de standleiding. Die toetsing vergt rekenwerk. Daarom is ter vereenvoudiging in NEN 3215 een grafiek opgenomen met een afvoerfactor  $s$  die afhankelijk is van de ontwerpiddellijn en de standleidinglengte, zie figuur 3 op de volgende pagina. Maar voor de praktijksituatie die in figuur 1 schematisch is weergegeven kan hiermee niet worden volstaan.

Dat geldt ook voor het gebruik van tabel 5.13



-Figuur 2- Schematische weergave van onderdrukken in standleidingen van verschillende rioleringsystemen

van NTR 3216, die is immers berekend met een ontspanningsleiding van 4 m en  $\sum \xi$ -waarde voor hulpstukken van 3. In het praktijkvoorbeeld is onvoldoende stilgestaan bij de grootte van de onderdruk die bij een grote lengte van de ontspanningsleiding kan optreden als gevolg van het luchttransport vanaf de dakuitmonding tot aan de aansluitvrije zone boven de voet van de standleiding. De luchtvolumestroom in een standleiding is 5 tot 7 maal groter dan de afvalwatervolumestroom. Een berekeningsmethode voor de onderdruk ten gevolge van de luchtstroming vanaf de dakuitmonding, verdeeld over de verbindingsleidingen van de verschillende standleidingen, verslepingen en koppelleidingen, tot aan de aansluitvrije zone boven de standleidingvoet, is in de (internationale) literatuur niet beschreven. Voor de toetsing van de onderdruk in het praktijkvoorbeeld is gebruik gemaakt van formules die overeenkomen met Bijlage B.17 van NTR 3216. De formules uit die bijlage zijn van toepassing op de standleiding met primaire ontspanning. Voor het systeem met direct parallel ontspanning (waaraan het 'om en om' aansluiten per verdieping gelijk is gesteld) is daarom aan de formule voor de stroomsnelheid van lucht in de luchtkern van de standleiding een factor ( $f_d = 0,89$ ) toegevoegd. Dit in verband met de splitsing van de luchtstroom over de twee parallel leidingen. Voor de bepaling van de luchtvolumestromen in (delen van) de gecombineerde ontspanningsleiding is gerekend met een gelijktijdigheidsfactor van 0,71 tot 0,36 op de som van luchtstromen in de aangesloten standleidingen. Deze gelijktijdigheidsfactoren zijn bepaald door het quotiënt van de samengestelde afvoer  $Q_a$  (berekend met formule 4) van de aangesloten standleidingen gezamenlijk, en de som  $q_w$  van die standleidingen afzonderlijk. Voorbeeld met standleidingen I, II en III:

$$(0,5\sqrt{\sum BA_I + \sum BA_{II} + \sum BA_{III}}) / (q_{wI} + q_{wII} + q_{wIII}) = (0,5\sqrt{44,5+69,25+52,25}) / (3,33+4,16+3,61) = 0,58.$$

## LUCHTTRANSPORT

De hoeveelheid lucht die via de dakuitmonding van de ontspanningsleiding naar een bepaald punt in de standleiding wordt getransporteerd is afhankelijk van de middellijn van de standleiding en de lozingsvolumestroom van het afvalwater:

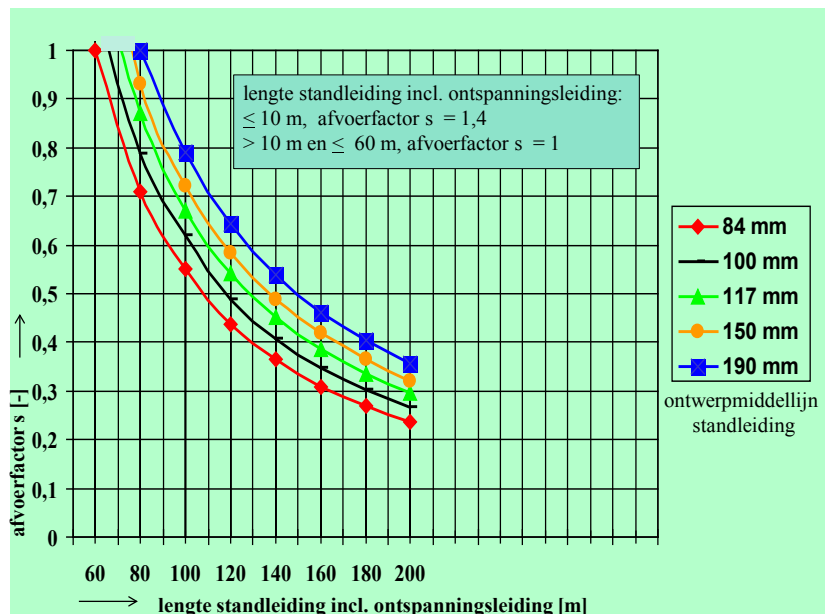
$$q_l = 1,5(A_{stl} \cdot v_w - q_w) \quad (5)$$

waarin:

$q_l$  = luchtvolumestroom [m<sup>3</sup>/s]

$q_w$  = volumestroom afvalwater [m<sup>3</sup>/s]

$A_{stl}$  = oppervlakte dwarsdoorsnede standleiding [m<sup>2</sup>]



-Figuur 3- Afvoerfactor s afhankelijk van ontwerpiddellijn en standleidinglengte

$v_w$  = stroomsnelheid (eindsnelheid) afvalwater [m/s]

$q_w$  = volumestroom afvalwater [m<sup>3</sup>/s]

$d_{stl}$  = inwendige middellijn van de standleiding [m]

De eindsnelheid van het afvalwater in de standleiding wordt berekend met formule (6):

De relatie tussen de stroomsnelheid van lucht in de luchtkern en de watersnelheid in de standleiding is bij benadering te bepalen met formule (7):

$$v_w = 2,22 \cdot \left(\frac{g^3}{k}\right)^{0,1} \cdot \left(\frac{q_w}{d_{stl}}\right)^{0,4} \quad (6)$$

$$v_{l,k,stl} = f_d \cdot 1,5 v_w \quad (7)$$

waarin:

$v_w$  = stroomsnelheid (eindsnelheid) afvalwater [m/s]

waarin:

$g$  = sterkte van het zwaartekrachtveld (9,8) [N/kg]

$v_{l,k,stl}$  = stroomsnelheid lucht in luchtkern van de standleiding [m/s]

$k$  = systeemwandruwheid (0,0001) [m]

leiding-code	$R_{l,stl}$ [Pa/m]	$l_{stl}$ [m]	$R_{l,ol}$ [Pa/m]	$l_{ol}$ [m]	$Z_l$ [Pa]	$\sum \xi$ [-]	$\Delta - p_1$ [Pa]
		53,4					
		6,6 - *					
I	2,64**	46,8					124
A t/m H			1,5	46,3			69
					3,84	10	38
							----
							231

\* aansluitvrije zone

\*\* gebaseerd op  $q_{wI} = 0,5\sqrt{\sum 44,5} = 3,33$  l/s

$l_{stl} + l_{ol} = 46,8$  m +  $46,3$  m =  $93,1$  m

Toetsing aan tabel 5.13 van NTR 3216 (gebaseerd op  $\Delta - p_2 = - 300$  Pa):

Bij een max. lengte van 95 m en een ontwerpiddellijn van 100 mm mag de lozingsvolumestroom ( $q_{w2}$ ) niet groter zijn dan 3,77 l/s.

Aan  $q_{w1} < q_{w2}$  wordt voldaan met 3,33 l/s < 3,77 l/s.

Globale vergelijking onderdruk:

$$p_2 = p_1 (q_{w2} / q_{w1})^2 = 231 (3,77 / 3,33)^2 = - 296 \text{ Pa} < - 300 \text{ Pa}$$

-Tabel 3- Berekening onderdruk in standleiding I met een afzonderlijke ontspanningsleiding en dakuitmonding nabij de plaats van de dakuitmonding van standleiding VII en toetsing aan tabel 5.13 van NTR 3216

$v_w$  = stroomsnelheid (eindsnelheid) afvalwater [m/s]  
 $f_d$  = factor voor splitsing luchtstroom bij toepassing direct parallel ontspanningssysteem [-]

De wrijvingsweerstand van lucht per meter leiding wordt berekend met formule (8):

$$R_l = \frac{\lambda \cdot \varepsilon \cdot v_l^2}{2 \cdot d}$$

waarin:

$R_l$  = wrijvingsweerstand lucht [Pa/m]  
 $R_{lstl}$  in luchtkern standleiding  
 $R_{lol}$  in ontspanningsleiding  
 $\lambda$  = weerstandscoefficiënt voor luchttransport [-], zie tabel 1  
 $\varepsilon$  = massadichtheid van lucht (1,29 kg/m<sup>3</sup> bij 293 K) [kg/m<sup>3</sup>]  
 $v_l$  = stroomsnelheid lucht [m/s]  
 $v_{lk,ssl}$  in luchtkern standleiding  
 $v_{lol}$  in ontspanningsleiding  
 $d$  = inwendige middellijn [m]

$d_{lk,ssl}$  van luchtkern standleiding, zie tabel 1  
 $d_{ol}$  van ontspanningsleiding

### TOETSING

Uit berekeningen met voorgaande formules volgen de waarden van  $R_{lstl}$ ,  $R_{lol}$  en  $Z_l$  voor standleiding I en de leidingdelen A t/m H van de gecombineerde ontspanningsleiding in het praktijkvoorbeeld. Deze waarden zijn opgenomen in de berekeningsstaat van tabel 2 voor het berekenen van de onderdruk. De berekende

ontwerp-middellijn [mm]	$q_{w,max}$ [l/s]	$v_w$ [m/s]	$q_l$ [l/s]	$v_{l,k,ssl}$ [m/s]	$d_{lk,ssl}$ [mm]	weerstandscoefficiënt $\lambda$ voor luchttransport	
						ontspanningsleiding [-]	luchtkern standleiding [-]
69	1,90	2,09	8,86	3,13	60	0,045	0,046
84	2,82	2,25	14,46	3,37	74	0,043	0,044
100	4,26	2,45	22,45	3,67	88	0,039	0,040
117	5,49	2,58	33,49	3,87	105	0,038	0,039
150	9,02	2,85	62,17	4,28	136	0,037	0,038

-Tabel 1- Luchtvolumestromen in standleidingen met primaire ontspanning bij maximale toegestane volumestromen ( $-\Delta p = 300$  Pa)

leiding-code	$R_{lstl}$ [Pa/m]	$l_{ssl}$ [m]	$R_{lol}$ [Pa/m]	$l_{ol}$ [m]	$Z_l$ [Pa]	$\sum \xi$ [-]	$\Delta -p$ [Pa]
		53,4					
		6,6 - *					
I	2,64	46,8					124
A			1,5	7,3			11
					3,84	2,35	9
B			4,0	10,5			42
					10,32	3,35	35
C			6,0	0,75			5
					15,4	2,35	36
D			8,1	12,75			103
					20,7	1,8	37
E			10,1	4,0			40
					25,8	2,35	61
F			12,1	4,0			48
					31,1	4,95	154
G			14,3	3,75			54
					36,8	1,55	57
H			17,0	3,25			55
					43,6	1,0	44
							----
							915

915/300 = 3 maal de norm  
 \* aansluitrijke zone

-Tabel 2- Berekening onderdruk in standleiding I die met een gecombineerde ontspanningsleiding is gekoppeld aan de ontspanningsleiding van standleiding VII

onderdruk komt uit op 915 Pa, dat neerkomt op drie maal de norm van 300 Pa. Als gevolg van de vele koppelingen en verslepingen in delen van de gecombineerde ontspanningsleiding blijkt de bijdrage van de som van plaatselijke weerstanden door hulpstukken 433 Pa te zijn, dat is maar liefst 90% van de wrijvingsverliezen in de buizen. Was gekozen voor een afzonderlijke ontspanningsleiding vanaf standleiding I naar een dakuitmonding nabij die van standleiding VII, dan komt de berekende onderdruk in standleiding I uit op 231 Pa en blijft dan onder de norm, zie tabel 3 (2 pagina's terug). Toetsen we deze uitkomst vervolgens aan tabel 5.13 van NTR 3216, dan

blijkt dat goed op elkaar aan te sluiten.

### ■ GELIJKWAARDIG

De vraag is nu hoe de praktijksituatie op de meest eenvoudige wijze kan worden aangepast om alsnog aan de voorschriften te kunnen voldoen. Gedacht kan worden aan het ontkoppelen van de be- en ontluuchtingsfuncties van het ontspanningssysteem. Dit kan door het plaatsen van rioolbeluchters op (of nabij) de kop van de standleidingen, in overeenstemming met het systeem dat is beschreven in de Europese norm EN 12056. De koppeling van de standleidingen aan het ontspanningssysteem blijft in tact in verband met de voorgeschreven

ontluuchtingsfunctie in NEN 3215. EN 12056 schrijft voor dat de capaciteit van de rioolbeluchter ten minste gelijk moet zijn aan  $8 \cdot q_w$ . De rioolbeluchters moeten voldoen aan NEN-EN 12380. Daar er dan sprake is van additionele voorzieningen kan vervolgens een beroep worden gedaan op het gelijkwaardig functioneren aan het Bouwbesluit en NEN 3215. Die mogelijkheid wordt genoemd in NVN 12056:2008, waarin de relaties tussen NEN 3215 en EN 12056 in onderdelen zijn aangegeven. Met NVN 12056 wordt beoogd alternatieven aan te reiken voor NEN 3215 op basis van het gelijkwaardigheidsbeginsel van het Bouwbesluit (2012) in artikel 1.3.

### ■ ONTWIKKELINGEN

De dimensioneringsmethoden in de Europese norm EN 12056 (2000) voor de gebouwriolering zijn niet getoetst voor torenbouw. Deze Europese norm is niet voorgeschreven in de Nederlandse bouwregelgeving. Het Nederlands Normalisatie-instituut heeft in 2004 een wijzigingsblad op NEN 3215 uitgegeven met daarin aanpassingen in de formule voor de afvoercapaciteit van standleidingen in de gebouwriolering volgens het primaire ontspanningssysteem. De aanpassingen hebben betrekking op standleidingen met een lengte van 60 tot 200 m, inclusief de ontspanningsleiding. Afvoerfactor  $s$ , die in de formule voor de afvoercapaciteit is aangepast, is afhankelijk van de totale lengte van standleiding + ontspanningsleiding en de middellijn. De invoering ervan werd van belang geacht door toenemende torenbouw. De aangepaste factor  $s$  is voortgekomen uit rekenexercities. In NTR 3216 is een tabel opgenomen waaruit de maximum lozingsvolumestromen te lezen is, ook voor het direct parallel ontspanningssysteem. Wetenschappelijk onderzoek naar water- en luchtstromingen in standleidingen van torenbouw vindt al jaren mondiaal plaats bij universiteiten in o.a. Schotland (Edinburgh), Japan, Taiwan en China, maar hebben nog niet geleid tot internationaal aanvaarde ontwerp- en dimensioneringsrichtlijnen. In Nederland doet TNO sinds 2000, in opdracht van de installatiesector, in stappen, onderzoek naar de riolering in torenbouw. In 2006 is TNO begonnen met de ontwikkeling van het simulatiemodel proRiool voor standleidingen. Met het programma kunnen vuilwaterstromen in een standleiding worden gesimuleerd en de luchtdrukverschillen over de watersloten van stankafsluiters worden berekend, afhankelijk van de gebouwhoogte, het rioleringssysteem (primaire en direct parallel ontspanning en Sovent), de leidingmiddellijn, de belasting enzovoort. In 2009 is proRiool door de installatiesector voor verdere ontwikkeling ervan, beschikbaar gesteld aan het Nationaal Convenant Hoogbouw. Door bezuinigingen op onderzoekbudgets is de verdere ontwikkeling van proRiool stil komen te liggen.



## Gezond en duurzaam verwarmen en koelen

### Toepassing:

Vloerverwarming, plafond- en wandverwarming/koeling



**BioClima capillaire klimaatmatten als oppervlakte afgiftesysteem zet nieuwe maatstaven en geeft verwarmen vanuit plafond, wand (d.m.v. straling) of vloer en koelen vanuit plafond of wand een nieuwe dimensie.**

Door een overdrachtsoppervlak dat tot 300% groter is dan bij traditionele afgiftesystemen, kan de installatieontwerper technisch betere ontwerpen realiseren dan voorheen met traditionele systemen niet, of alleen tegen hoge meerinvesteringen, mogelijk was.

Vanwege de hoog efficiënte activering, dicht aan de oppervlakte (6 tot 10 mm), de kleine capillaire buisdiameter ( $\varnothing$  4,3 mm), de geringe buisafstand (20 mm) en het kleine temperatuurverschil tussen aanvoer en retour (2K), kunnen ruimten al voldoende worden verwarmd met watertemperaturen van 30/28°C, tot ver onder het vriespunt.

Als bijkomend voordeel op het zeer hoge belevingscomfort bij toepassing van het BioClima systeem, is dat door de lage wateraanvoertemperaturen het rendement van een warmtepomp met meer dan 35% wordt verbeterd. De reactiesnelheid van het BioClima systeem bedraagt slechts 6-15 minuten. Dit geldt ook bij toepassing als vloerverwarming. En niet 4 uur, zoals gebruikelijk bij traditionele vloerverwarmingssystemen.

Voor behaaglijkheid en een superieur comfort kiest u voor BioClima. Meer voordelen en informatie: [www.BioClima.nl](http://www.BioClima.nl)

Navos Klimaattechniek B.V.  
Kleveringweg 20, 2616 LZ Delft  
T: 015 - 215 37 28  
W: [www.BioClima.nl](http://www.BioClima.nl)  
E: [Navos@Navos.nl](mailto:Navos@Navos.nl)

