

Technical Sciences
Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00
F +31 88 866 30 10
wegwijzer@tno.nl

TNO-rapport

060-DTM-2011-00806

Standleidingmodel proRiool Oriënterend onderzoek naar gebruik als ontwerptool

Datum	2 februari 2011
Auteur(s)	Ing. W. Kornaat
Opdrachtgever	Uneto-VNI De heer E. van der Blom Postbus 188 2700 AD Zoetermeer
Projectnummer	034.22255/01.01.01
Aantal pagina's	22 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2011 TNO

Samenvatting

Op 13 oktober 2009 is een workshop gehouden bij Uneto-VNI te Zoetermeer. Leden van Uneto-VNI zijn hier gevraagd naar hun bevindingen met het standleidingmodel proRiool.

Alhoewel het standleidingmodel proRiool niet is opgezet voor het ontwerpen van standleidingen, werd tijdens de workshop duidelijk dat er wel een behoefte was aan aanvullende ondersteuning bij het ontwerp van, met name, het rioleringsstelsel in hoge gebouwen.

Naar aanleiding van de workshop is een werkgroep geformeerd om vast te stellen of én hoe proRiool gebruikt kan worden c.q. geschikt gemaakt zou kunnen worden voor gebruik als ontwerptool.

De samenstelling van de werkgroep was als volgt:

- Eric van der Blom, Uneto-VNI
- Henk-Jan Rijneveld, Hoogendoorn B.V.
- Ralph de Vos, Trijselaar-Vermeer B.V.
- Oscar Nuijten, ISSO
- Wim Kornaat, TNO.

De werkgroep heeft een aantal noodzakelijk geachte aanpassingen c.q. aanvullingen op proRiool (om gebruik als ontwerptool mogelijk te maken) vastgesteld.

Het betreft hier, naast een aantal relatief eenvoudig te realiseren aanpassingen, ook onderstaande 2 aanpassingen die een wezenlijke inspanning zullen vergen, te weten:

- a) Met proRiool worden momenteel de drukniveaus ter plaatse van de 5 aansluitleidingen en de grondleiding bepaald. Het is mogelijk dat de maximale drukniveaus tussen deze punten optreden. Om dit te bepalen is het nodig de standleiding in meer stukken op te splitsen. Dit is een aanpassing die weliswaar realiseerbaar is, maar wel ingrijpt en consequenties heeft voor de huidige opzet van het model.
- b) Het is gewenst dat proRiool een interpretatie van (het verloop van) de drukniveaus maakt en op grond hiervan de situatie goedkeurt of afkeurt. Hiervoor is het nodig meer inzicht te krijgen in het doorslaan van watersloten en samenhangend de kans op problemen, afhankelijk van de hoogte en dynamiek van de drukniveaus.

Een goede manier om de vuilwaterbelasting van een te simuleren rioleringsstelsel in proRiool te beschouwen lijkt vooralsnog de methode 1, zoals beschreven in paragraaf 3.2.

Het voordeel van methode 1 is dat:

- enerzijds aangesloten wordt op de systematiek van NEN 3215,
- anderzijds wel het effect van een kortstondige belasting door een lozingstoestel met hoge basisafvoer (closet) beschouwd wordt.

De resultaten van de simulaties beschreven in dit rapport en de discussie naar aanleiding hiervan binnen de werkgroep maken duidelijk dat een nadere validatie van proRiool met praktijkmetingen gewenst is voordat inzet als ontwerptool overwogen kan gaan worden.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding.....	5
2	Gewenste aanpassingen/aanvullingen.....	6
3	Simuleren van de vuilwaterbelasting in proRiool	9
3.1	Belasting volgens NEN 3215	9
3.2	Verschillende methoden voor het bepalen van het vuilwaterbelasting in proRiool	9
3.3	Modelsimulaties	12
3.4	Bespreking van de resultaten.....	18
4	Conclusies.....	19
5	Literatuur.....	20
6	Ondertekening	21

Bijlage(n)

A Hoofdinvuorscherm proRiool met enige aanvullingen

1 Inleiding

Op 13 oktober 2009 is een workshop gehouden bij Uneto-VNI te Zoetermeer. Leden van Uneto-VNI zijn hier gevraagd naar hun bevindingen met het standleidingmodel proRiool. Dit model is ontwikkeld door TNO in opdracht van Uneto-VNI. Door middel van simulaties wordt inzicht geven in het effect van verschillende uitvoeringsaspecten van het rioleringsysteem op de optredende onder/overdrukken in een standleiding. De aanleiding voor de ontwikkeling van dit model zijn de problemen met stankhinder, zoals regelmatig geconstateerd wordt in hoogbouwprojecten, door het doorslaan van watersloten.

Alhoewel het standleidingmodel proRiool niet is opgezet voor het ontwerpen van standleidingen, werd tijdens de workshop duidelijk dat er wel een behoefte was aan aanvullende ondersteuning bij het ontwerp van met name het rioleringsysteem in hoge gebouwen.

Naar aanleiding van de workshop is een werkgroep geformeerd om vast te stellen of én hoe proRiool gebruikt kan worden c.q. geschikt gemaakt kan worden voor gebruik als ontwerptool.

De samenstelling van de werkgroep was als volgt:

- Eric van der Blom, Uneto-VNI
- Henk-Jan Rijnveld, Hoogendoorn B.V.
- Ralph de Vos, Trijselaar-Vermeer B.V.
- Oscar Nuijten, ISSO
- Wim Kornaat, TNO.

De werkgroep heeft 2 maal overleg gevoerd.

Door de werkgroep is een overzicht gemaakt van de gewenste aanpassingen c.q. aanvullingen voor toepassing als ontwerptool. Deze punten zijn weergegeven in hoofdstuk 2 plus een beknopte toelichting of én hoe een en ander in proRiool is te realiseren. Een belangrijk punt is de manier waarop de vuilwaterbelasting gesimuleerd dient te worden. Hierop wordt nader ingegaan in hoofdstuk 3.

2 Gewenste aanpassingen/aanvullingen

In de eerste plaats wordt opgemerkt dat het deel van het rioleringsstelsel, dat met het standleidingmodel proRiool zal worden gemodelleerd, vooralsnog beperkt zal blijven tot de standleiding, de eventueel aanwezige parallelle beluchtingleiding en de grondleiding. Het doel van het model is immers inzicht geven in de drukniveaus in de standleiding, waarvoor het proces in de hiervoor genoemde leidingen bepalend is. De drukniveaus in de standleiding zullen via de aansluitleidingen doorwerken naar de aangesloten toestellen, maar deze aansluitleidingen zullen vooralsnog niet nader gesimuleerd worden. Het is niet de bedoeling met het model ook inzicht te geven in het functioneren van de aansluitleidingen^(*).

** In dit rapport wordt met aansluitleiding zowel de aansluitleiding als verzamelleiding bedoeld zoals gedefinieerd in NEN 3215.*

Om een realistische mate van detail in het standleidingmodel proRiool te bereiken en de gebruikersvriendelijkheid te verhogen, is ervoor gekozen uit te gaan van een standleiding met 5 aansluitleidingen. Het idee is dat hiermee een praktische benadering van werkelijke problemen c.q. vraagstukken mogelijk is.

Ongeacht de hoogte van de standleiding, worden de aansluitleidingen gelijkmatig over de hoogte van de standleiding verdeeld en delen de standleiding op in 6 stukken met gelijke lengte/hoogte.

Samenhangend hiermee kunnen gelijkmatig verdeeld over de hoogte van de standleiding 5 vuilwaterstromen gesimuleerd worden. Alleen op deze 5 punten wordt het drukverloop in de standleiding bepaald.

Naar aanleiding hiervan zijn onderstaande punten opgemerkt.

- 1) Hoe moet de vuilwaterbelasting van een rioleringsstelsel met meer dan 5 aansluitingen (hetgeen in de situaties waarin proRiool toegepast zal gaan worden in de regel het geval zal zijn) vertaald worden naar de 5 aansluitingen in het standleidingmodel proRiool.

Op dit onderdeel zal nader ingegaan worden in hoofdstuk 3.

- 2) Welke profiel moet voor de vuilwaterbelasting aangehouden worden.

In het standleidingmodel proRiool kan een variërende belasting in de tijd opgegeven worden. Bij een closet zal in korte tijd de waterafvoer oplopen tot maximaal circa 1,75 l/s en daarna weer afnemen. Bij het leeglopen van een bad zal wel sprake zijn van een meer gelijkmatige en langdurigere afvoerstroom. In de NEN 3215 wordt per toestel een basisafvoer opgegeven in l/s. Er wordt niet uitgegaan van een opbouw en afbouw in de tijd van de afvoerstroom.

Op dit onderdeel wordt nader ingegaan in hoofdstuk 3.

- 3) Het is gewenst dat de hoogte van de onderste aansluiting en bovenste aansluiting opgegeven kan worden.

Bij hoge gebouwen kan men ervoor kiezen aparte standleidingen te gebruiken voor de hoger en lager gelegen verdiepingen. Bijvoorbeeld een standleiding voor

de appartementen tot en met verdieping 15 én een tweede standleiding voor de 16^e t/m 30^e verdieping. Door het variabel maken van de hoogte van de onderste en bovenste aansluiting in proRiool kan hieraan voldaan worden. Verder wordt het, door het invoeren van de hoogte van de onderste aansluiting, mogelijk rekening te houden met aansluitvrije zones.

Het realiseren van dit punt in proRiool wordt eenvoudig mogelijk geacht. In bijlage A is aangegeven hoe een en ander verwerkt kan worden in het (hoofd)invoerscherm van proRiool.

- 4) Het is gewenst dat de maximaal optredende onder/overdruk in de standleiding wordt bepaald.

Zoals al aangegeven worden momenteel de onder/overdrukken alleen bepaald bij de 5 aansluitpunten. Hiermee is niet gegarandeerd dat de maximale onder/overdruk voor een bepaalde configuratie wordt gevonden. Deze zou namelijk kunnen optreden op een punt gelegen tussen de aansluitpunten.

Het realiseren van deze aanpassing in proRiool vergt aanzienlijke aanpassingen in de programmering. Het simulatienetwerk zal hiervoor opgesplitst moeten worden in meerdere stukken. Dit vergt een stukje aanvullende boekhouding, maar ook mogelijk extra rekentijd. Verder zal omwille van de inzichtelijkheid, de uitvoer aangepast moeten worden. Momenteel worden diverse parameters voor de aansluitpunten (onder/overdruk) en leidingstukken (waterinhoud, luchtsnelheid en dergelijke) uitgevoerd. Dit gaat nog op een overzichtelijk wijze. Naarmate echter meer aansluitpunten en leidingstukken worden gesimuleerd zullen voor het overzichtelijk kunnen weergeven van resultaten vaste keuzes (voor)geprogrammeerd moeten worden of de gebruiker keuzemogelijkheden geboden moeten worden.

- 5) Het is gewenst het simuleren van hydraulische afsluiting per aansluitpunt te kunnen uitschakelen.

Bij hydraulische afsluiting vormt de vuilwaterstroom, na het verlaten van de aansluitleiding, een waterscherm dat de doorlaat van de standleiding vermindert. Dit werkt in de regel drukverhogend voor de punten gelegen boven het punt met hydraulische afsluiting én drukverlagend voor de punten beneden het punt met hydraulische afsluiting. Immers op het moment dat er een luchtstroming in de standleiding is, welke in de regel van boven naar beneden zal zijn, zal de hydraulische afsluiting deze luchtstroming afremmen. Dit resulteert in een overdruk boven de afsluiting en onderdruk onder de afsluiting.

Zoals hiervoor bij punt 1 al aangegeven, kan het nodig zijn op 1 aansluitpunt in proRiool, de vuilwaterbelasting door meerdere verdiepingen te simuleren. Naarmate de belasting op een aansluitpunt toeneemt, zal de mate van hydraulische afsluiting toenemen. Dit kan leiden het ongewenst simuleren van hydraulische afsluiting. In de praktijk kan het hier immers de vuilwaterstroom betreffen van meerdere verdiepingen die in werkelijkheid verspreid over meerdere punten toetreedt. Vandaar dat controle over het wel of niet simuleren van hydraulische afsluiting gewenst is.

Het realiseren van dit punt in proRiool wordt eenvoudig mogelijk geacht. In bijlage A is aangegeven hoe een en ander verwerkt kan worden in het (hoofd)invoerscherm van proRiool.

- 6) Het is gewenst dat proRiool een duidelijke beoordeling van de gesimuleerde configuratie geeft wat betreft de optredende onder/overdrukken. Oftewel dat proRiool de gesimuleerde configuratie goedkeurt of afkeurt met het oog op de kans op problemen.

In de huidige situatie geeft proRiool grafisch het verloop van de drukkiveaus op de verschillende punten in de tijd weer. Op basis hiervan zou de eindgebruiker de situatie moeten beoordelen.

Het is mogelijk aan proRiool een evaluatie-module toe te voegen en zo t.z.t. een gesimuleerde configuratie goed te keuren dan wel af te keuren. Hierop wordt nader ingegaan in hoofdstuk 3.

Het programma aanpassen zodat proRiool, bij een ingevoerd belastingpatroon, de gewenste standleidingdiameter bepaalt, wordt niet onmogelijk geacht. Dit zal echter wel vergaande aanpassingen vergen. Vooralsnog lijkt de meest praktische insteek dat de gebruiker een keuze maakt in het belastingspatroon én de dimensionering van standleiding, parallelle beluchtingleiding en grondleiding. Waarna proRiool voor deze combinatie een beoordeling geeft.

3 Simuleren van de vuilwaterbelasting in proRiool

3.1 Belasting volgens NEN 3215

In NEN 3215 [1] wordt de samengestelde afvoercapaciteit (c.q. vuilwaterbelasting) van een rioleringsysteem bepaald met onderstaande formule:

$$Q = p \cdot \sqrt{\text{(som van de basisafvoeren)}} \quad \{1\}$$

Waarin:

- Q = samengestelde afvoercapaciteit in l/s
- basisafvoer = vuilwater afvoerstroom per lozingstoestel in l/s
- p = gelijktijdigheidcoëfficiënt.

In NEN 3215 wordt voor verschillende lozingstoestellen de basisafvoer gegeven. Het betreft hier een continue vuilwater afvoerstroom in l/s.

Door de wortelformule en de gelijktijdigheidcoëfficiënt wordt de gelijktijdigheid in het gebruik van de verschillende lozingstoestellen verdisconteerd.

Afhankelijk van de samengestelde afvoercapaciteit worden in NEN 3215 formules gegeven voor het bepalen van de gewenste leidingdiameter.

Bij het vertalen van de vuilwaterbelasting van een rioleringsysteem naar het standleidingmodel proRiool loopt men nu tegen de volgende problemen op:

- 1) proRiool beschikt over 5 aansluitpunten. In de praktijk zal in de regel het aantal aansluitleidingen dat aangesloten is op een standleiding hoger zijn dan 5. Hoe moet/kan hiermee omgegaan worden?
- 2) in proRiool is de duur van de belasting (opbouw en afvoer in de tijd) van belang. Naarmate de hoeveelheid water in de standleiding toeneemt, zullen de drijvende krachten van het water toenemen en samenhangend het effect hiervan op de drukkiveaus. Een niet continue belasting (met korte belastingsduur) beschouwen als een continue belasting (die "langere" tijd aanhoudt) zal dan leiden tot een te grote hoeveelheid water in de standleiding.

3.2 Verschillende methoden voor het bepalen van het vuilwaterbelasting in proRiool

Binnen de werkgroep zijn een aantal methoden vastgesteld om de vuilwaterbelasting van een rioleringsysteem te vertalen naar invoer voor proRiool. Simulaties zijn uitgevoerd om de effecten hiervan op de drukkiveaus te bepalen.

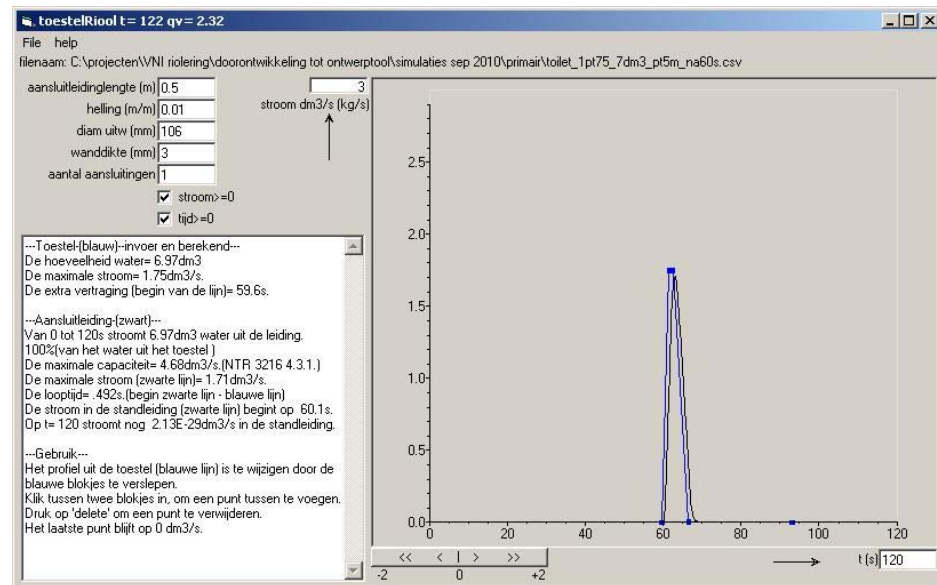
De verschillende methoden worden hieronder toegelicht.

Methode 1: Continue belasting in combinatie met dynamische belasting door 1 closet

De samengestelde afvoercapaciteit (c.q. vuilwaterbelasting) volgens NEN 3215 zou een belasting betreffen die "langere" tijd achtereen kan optreden. Het zou niet een extreme piekbelasting zijn die slechts enkele malen en gedurende zeer korte tijd optreedt. Er wordt hierbij opgemerkt dat exacte gegevens hieromtrent ontbreken.

Volgens NEN 3215 is de maximale basisafvoer voor een closet (met inhoud tussen 6 en 7 liter) 1,75 l/s. In proRiool is dit gesimuleerd als een belasting die binnen circa 3,5 s toeneemt van 0 tot 1,75 l/s en vervolgens binnen circa 3,5 s weer afneemt naar 0. De

totale afgevoerde hoeveelheid water bedraagt over deze 7 s dan circa 7 liter (zie blauwe lijn figuur 1).



Figuur 1: Vuilwaterbelasting door closet

De kans dat 2 closets gelijktijdig doorgetrokken worden, waarbij de piekbelasting van 1,75 l/s samenvalt, wordt klein geacht.

Gezien het gegeven dat de samengestelde afvoercapaciteit (c.q. vuilwaterbelasting) volgens NEN 3215 een "langere" tijd zou aanhouden, is het samenvallen van (1) deze belasting volgens NEN 3215 met (2) het doortrekken van een closet wel een reële mogelijkheid.

Dit wordt bij onderhavige methode 1 als maximum vuilwaterbelasting beschouwd.

De vertaling naar de invoer in proRiool gaat hierbij als volgt:

- 1) Bepaal de samengestelde afvoercapaciteit (c.q. vuilwaterbelasting) voor het rioleringsysteem volgens NEN 3215.
- 2) Breng hierop in mindering de maximale belasting door het closet. In dit geval 1,75 l/s.
- 3) Verdeel de belasting volgens punt 2 gelijkmatig over 4 van de 5 aansluitpunten in proRiool.

Het volstaat in principe om deze continue belasting over circa 10 s aan te houden bij een standleiding van 100 m hoogte en circa 20 s bij een standleiding van 200 m hoogte. In dit tijdsbestek heeft zich een evenwicht ingesteld wat betreft de hoeveelheid vallende waterdruppels in de standleiding. De vallende waterdruppels zijn met name van invloed op de drukkiveaus. Als de belasting volgens NEN 3215 in de praktijk circa 20 s aanhoudt, zijn hiervoor genoemde aannamen qua belastingduur correct en toelaatbaar.

Langer simuleren mag uiteraard, want dit heeft niet of nauwelijks effect op de hoogte van de drukkiveaus.

- 4) Simuleer op het nog resterende aansluitpunt in proRiool een belasting van een closet, zoals aangegeven in figuur 1.

Deze belasting moet beginnen nadat de standleiding gevuld is tot een evenwichtssituatie zoals genoemd bij punt 3. Dit moet dus minimaal na circa 10 of 20 s zijn voor respectievelijk een standleiding van 100 en 200 m hoogte. Het is zaak hierbij goed de afstand van het closet tot de standleiding in te voeren. Dit bepaalt immers in hoeverre de belasting uitdempt voor het bereiken van de standleiding.

De resterende vrijheidsgraad is nu nog het aansluitpunt waar het closet gesimuleerd wordt.

Het voordeel van methode 1 is dat:

- enerzijds aangesloten wordt op de systematiek van NEN 3215.
- anderzijds wel het effect van een kortstondige belasting door een lozingstoestel met hoge basisafvoer (closet) beschouwd wordt.

Methode 2: Verdeling van de belasting met de wortelformule

Bij deze methode gaat de vertaling naar proRiool als volgt:

- 1) Bepaal per aansluitpunt in proRiool de samengestelde afvoercapaciteit (c.q. vuilwaterbelasting) volgens NEN 3215 (zie formule 1 in paragraaf 3.1) op basis van de bovenliggende aansluitingen met lozingstoestellen volgens de daadwerkelijk layout van het (te simuleren) rioleringsysteem.
- 2) Voor het bovenste aansluitpunt in proRiool dient nu de belasting volgens punt 1 ingevoerd te worden.
 Zoals al aangegeven bij methode 1, kan volstaan worden met het aanhouden van deze belasting over circa 10 s bij een standleiding van 100 m hoogte en circa 20 s bij een standleiding van 200 m hoogte. In dit tijdsbestek heeft zich een evenwicht ingesteld wat betreft de hoeveelheid vallende waterdruppels in de standleiding. De vallende waterdruppels zijn met name van invloed op de drukkiveaus.
 Langer simuleren van de belasting mag uiteraard, want dit heeft niet of nauwelijks effect op de grootte van de drukkiveaus.
- 3) Voor de andere aansluitpunten geldt eenzelfde belastingduur als vermeld bij punt 2 en een belasting gelijk aan het verschil tussen:
 - de samengestelde afvoercapaciteit volgens punt 1 voor het bovenliggende aansluitpunt
 - én de samengestelde afvoercapaciteit volgens punt 1 voor het betreffende aansluitpunt.

Deze methode sluit, qua gelijkmatigheid over de hoogte van de standleiding, aan op de systematiek van NEN 3215.

Methode 3: Gelijkmatische verdeling van de belasting over de aansluitpunten

Bij deze methode gaat de vertaling naar proRiool als volgt:

- 1) Voor het te simuleren rioleringsysteem wordt de samengestelde afvoercapaciteit (c.q. vuilwaterbelasting) bepaald volgens NEN 3215 (zie formule 1 in paragraaf 3.1).
- 2) Deze belasting wordt gelijkmatig verdeeld over de 5 aansluitpunten.
 Voor de belastingsduur geldt weer dat volstaan kan worden met circa 10 s bij een standleiding van 100 m hoogte en circa 20 s bij een standleiding van 200 m hoogte. Langer simuleren van de belasting mag uiteraard, want dit heeft niet of nauwelijks effect op de grootte van de drukkiveaus. Zie tevens de hiervoor besproken methoden.

Deze methode zou, wat betreft de verdeling over de aansluitpunten, beschouwd kunnen worden als een methode die minder aansluit op de NEN 3215.

3.3 Modelsimulaties

Modelsimulaties zijn uitgevoerd voor een situatie gebaseerd op de Waterstadstoren te Rotterdam. Voor nadere informatie hieromtrent wordt verwezen naar [3].

Het betreft hier:

- een gebouw van 100 m hoog (d.w.z. hoogte standleiding is 100 m),
- standleiding diameter inwendig 100 mm,
- primair rioleringsysteem,
- 33 verdiepingen,
- basisafvoer per verdieping van 2 l/s,
- samengestelde afvoercapaciteit van 4,1 l/s volgens NEN 3215.

De vuilwaterbelasting is voor deze situatie bepaald volgens:

- methode 1 (zie paragraaf 3.2) uitgaande van een samengestelde afvoercapaciteit (c.q. belasting) van 4,1 l/s, waarbij de lozing van het closet achtereenvolgens op alle 5 de aansluitpunten is beschouwd.
- methode 2 (zie paragraaf 3.2) uitgaande van een samengestelde afvoercapaciteit van 4,1 l/s.
- methode 2 (zie paragraaf 3.2) uitgaande van een samengestelde afvoercapaciteit van 2,63 l/s.

Dit is de maximaal toelaatbare lozingsvolumestroom volgens tabel 5.13 van NTR 3216 (zie [2]) voor een primair systeem met inwendige standleiding diameter van 100 mm en standleiding hoogte van 100m.

- methode 3 (zie paragraaf 3.2) uitgaande van een totale belasting van 1,5 l/s.
Dit is gebaseerd op de maximum lozingsvolumestromen volgens proRiool voor het onderhavige systeem (zie [4]).

De vuilwaterbelasting (voor bovenvermelde situaties) is weergegeven in tabel 1.

De drukk niveaus, bij deze belastingen volgens proRiool, zijn voor het betreffende primaire systeem weergegeven in figuur 2. Hierin zijn eveneens weergegeven de, op drie punten in het systeem gemeten, maximale drukk niveaus voor de Waterstadstoren (zie [3]).

Naast bovenstaande simulaties zijn tevens simulaties uitgevoerd waarbij, in plaats van het primaire systeem, een direct parallel systeem dan wel systeem met Sovent aansluitstukken is gebruikt.

Hierbij is beschouwd:

- een vuilwaterbelasting volgens methode 1 met de closetlozing op het middelste aansluitpunt (closet_3).
- een vuilwaterbelasting bij het direct parallelle systeem volgens methode 2 (zie paragraaf 3.2) met de maximaal toelaatbare lozingsvolumestroom van 3,68 l/s volgens tabel 5.13 van NTR 3216 (zie [2]). Dit maximum geldt bij een inwendige standleiding diameter van 100 mm en een standleiding hoogte van 100m.
- een vuilwaterbelasting volgens methode 3 uitgaande van een totale belasting bij het direct parallelle systeem en systeem met Sovent aansluitstukken van respectievelijk 3,2 en 4,15 l/s.

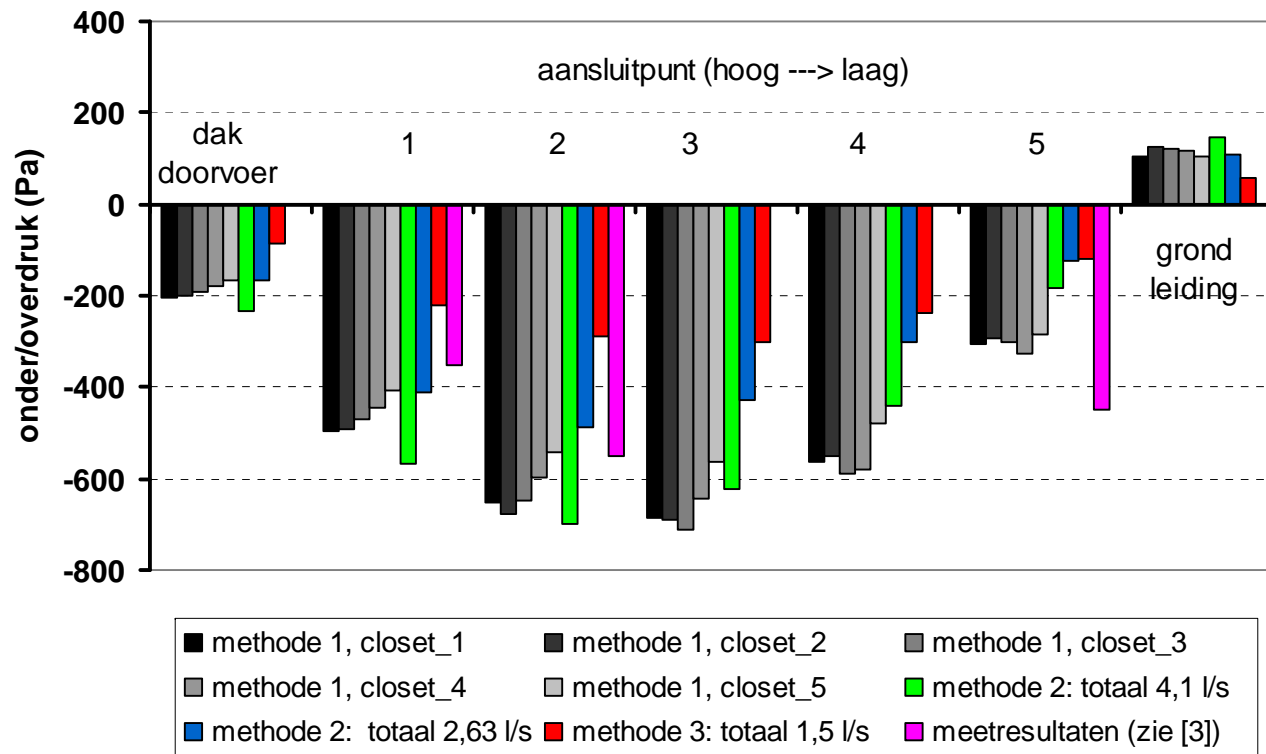
Dit is gebaseerd op de maximum lozingsvolumestromen volgens proRiool voor de onderhavige systemen (zie [4]).

De vuilwaterbelastingen, zoals hiervoor genoemd, zijn eveneens weergegeven in tabel 1. De drukkiveaus volgens proRiool zijn voor het direct parallelle systeem en systeem met Sovent aansluitstukken weergegeven in respectievelijk de figuren 3 en 4.

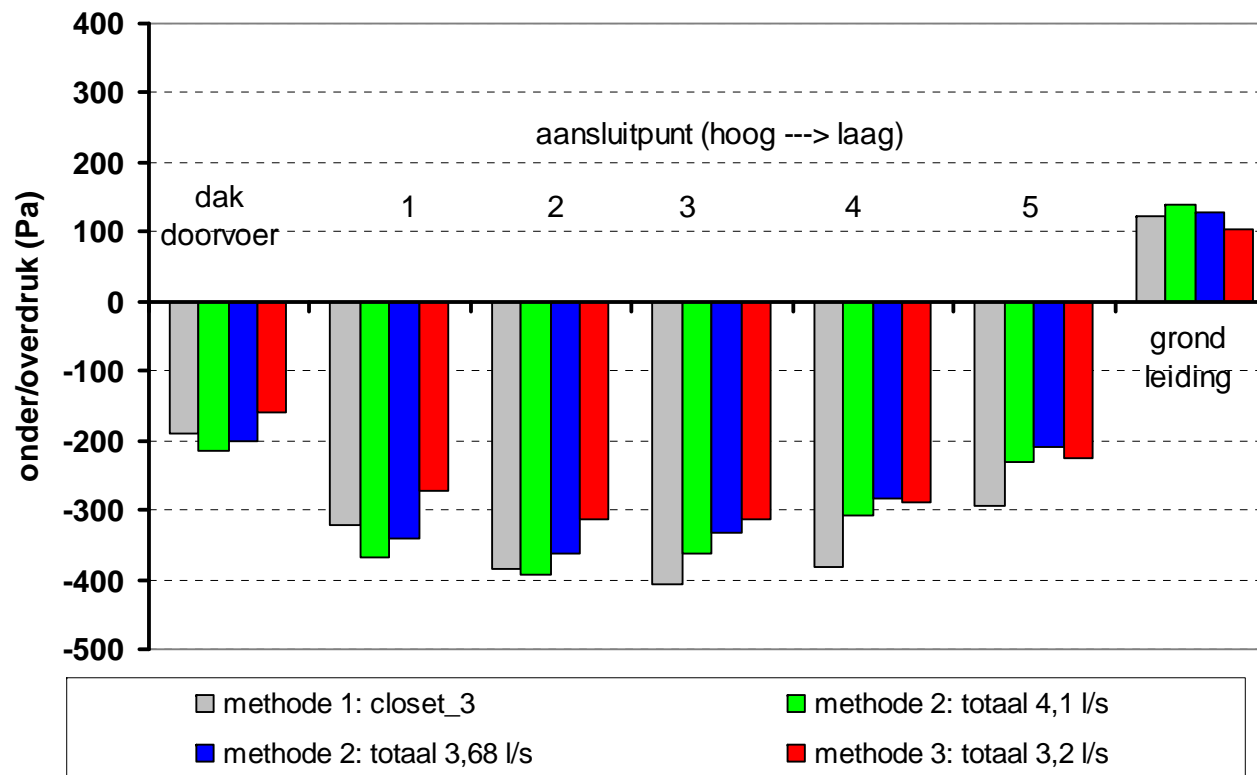
Tabel 1: Gesimuleerde vuilwaterbelasting (l/s) per aansluitpunt

aansluitpunt ⁽¹⁾	methode 1 ⁽²⁾					methode 2 ⁽³⁾			methode 3 ⁽⁴⁾		
	closet_1	closet_2	closet_3	closet_4	closet_5	-	Primair NTR 3216	direct parallel NTR 3216	primair	direct parallel	Sovent
1 (hoog)	1,75	0,59	0,59	0,59	0,59	1,82	1,18	1,65	0,3	0,64	0,83
2	0,59	1,75	0,59	0,59	0,59	0,75	0,49	0,68	0,3	0,64	0,83
3	0,59	0,59	1,75	0,59	0,59	0,58	0,37	0,52	0,3	0,64	0,83
4	0,59	0,59	0,59	1,75	0,59	0,48	0,32	0,44	0,3	0,64	0,83
5 (laag)	0,59	0,59	0,59	0,59	1,75	0,47	0,28	0,39	0,3	0,64	0,83
totaal	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	2,63	3,68	1,5	3,2	4,15

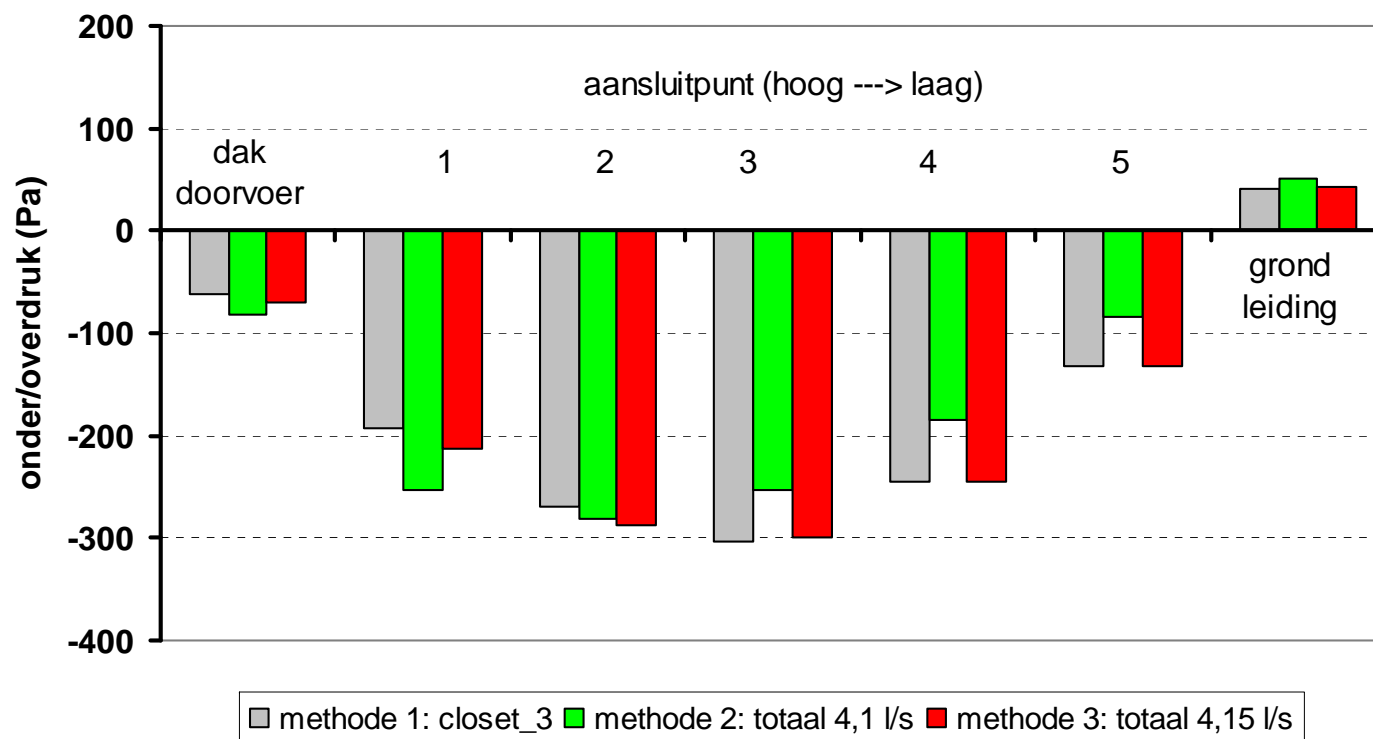
- Opm.: (1) Voor de duur van de belastingen wordt opgemerkt dat:
- alle belastingen over een periode van 120 s zijn gesimuleerd,
 - uitgezonderd de belasting van 1,75 l/s door het closet. Deze belasting start na circa 60 s en duurt circa 7 s (zie figuur 1).
- (2) Dit betreft de situatie met continue belasting in combinatie met dynamische belasting door 1 closet (zie paragraaf 3.2).
De totale belasting van 4,1 l/s is de belasting volgens het ontwerp van de Waterstadstoren.
Met closet_1, closet_2, t/m closet_5 wordt aangegeven de plaats waar de closetlozing plaatsvindt.
- (3) Verdeling van de belasting volgens de wortelformule.
Hierbij is uitgegaan van:
- een totale belasting van 4,1 l/s volgens het ontwerp van de Waterstadstoren.
 - een totale belasting van 2,63 l/s volgens tabel 5.13 van NTR 3216 [2] voor een primair systeem met ontwerpmiddellijn 100 mm en hoogte 100 m.
 - een totale belasting van 3,68 l/s volgens tabel 5.13 van NTR 3216 [2] voor een direct parallel systeem met ontwerpmiddellijn 100 mm en hoogte 100 m.
- (4) Gelijkmatische verdeling van de belasting over de aansluitpunten.
Hierbij is uitgegaan van de maximale belastingen voor een primair systeem, direct parallel systeem en systeem met Sovent aansluitingen van respectievelijk 1,5 , 3,2 en 4,15 l/s voor een ontwerpmiddellijn van 100 mm en hoogte van 100m volgens [4].



Figuur 2: Maximale onder/overdrukken bij primair systeem afhankelijk van de belasting



Figuur 3: Maximale onder/overdrukken bij direct parallel systeem afhankelijk van de belasting



Figuur 4: Maximale onder/overdrukken bij het systeem met Sovent aansluitstukken afhankelijk van de belasting

3.4 Bespreking van de resultaten

Uit figuur 2 blijkt dat bij het primaire systeem de belasting volgens methode 1, waarbij de closetlozing op het middelste aansluitpunt plaatsvindt (methode 1: closet_3), resulteert in de hoogste onderdruk. De maximaal optredende onderdruk is hierbij vergelijkbaar (zij het iets hoger) als in de situatie met eenzelfde totale belasting van 4,1 l/s, maar dan verdeeld volgens methode 2 (methode 2: totaal 4,1 l/s). Uit de figuren 3 en 4 blijkt dat bij respectievelijk het direct parallelle systeem en het systeem met Sovent aansluitstukken dezelfde tendensen waarneembaar zijn. Ook hier resulteert methode 1 met closetlozing op het middelste aansluitpunt in de grootste onderdruk.

Zoals gezegd geldt voor methode 1 verder dat:

- enerzijds aangesloten wordt op de systematiek van NEN 3215,
- anderzijds het effect van een kortstondige belasting door een lozingstoestel met hoge basisafvoer (closet) beschouwd wordt.

Op basis van het voorgaande én de resultaten van de simulaties lijkt het voorsnog voor het ontwerpen van een rioleringsysteem met proRiool een goede keuze om de vuilwaterbelasting te bepalen volgens methode 1 met een closetlozing op het middelste aansluitpunt.

De maximaal gemeten onderdrukken in de Waterstadstoren (zoals aangegeven in figuur 2) zijn onderdrukken die minder dan 0,1 s per dag voorkomen. Uit simulaties van TNO met een sifonmodel (zie [3]) blijkt dat kortstondige pieken van 0,1 s al kunnen leiden tot het doorslaan van de sifon.

Binnen de werkgroep wordt echter de twijfel uitgesproken of dit inderdaad te verwachten is. Op het moment dat er doorslag optreedt, zonder dat dit leidt tot waterverlies, en na de doorslag het waterslot weer afsluit, hoeft een en ander niet direct problemen te geven. In dat geval borrelt de lucht door het water. Indien dit het geval is, zou het verschijnsel van het doorslaan van een waterslot, afhankelijk van drukvariaties, nader beschouwd moeten worden. Wellicht dat bij de beoordeling van doorslag dan de grootte én dynamiek van de drukniveaus beschouwd zou moeten worden.

Mede met het oog op het bovenstaande wordt binnen de werkgroep getwijfeld of de maximaal toelaatbare belasting van 1,5 l/s (bepaald m.b.v. proRiool voor een primair systeem met ontwerpmiddellijn van 100 mm in een gebouw van 100 m hoogte, zie [4]) niet een te behoudend beeld geeft. In samenhang hiermee zou men zich kunnen afvragen of proRiool (en dan met name bij het primaire systeem) niet juist inzicht in extreme drukniveaus geeft die uiteindelijk gezien de duur niet bepalend zijn. Dit geeft aan dat een verdere evaluatie van proRiool op basis van praktijkmetingen gewenst is, voordat inzet als ontwerptool overwogen gaat worden.

4 Conclusies

- 1) De werkgroep heeft een aantal noodzakelijk geachte aanpassingen c.q. aanvullingen op proRiool (om gebruik als ontwerptool mogelijk te maken) vastgesteld.

Het betreft hier, naast een aantal relatief eenvoudig te realiseren aanpassingen, ook onderstaande 2 aanpassingen die een wezenlijke inspanning zullen vergen.

- a) Met proRiool worden momenteel de drukniveaus ter plaatse van de 5 aansluitleidingen en de grondleiding bepaald. Het is mogelijk dat de maximale drukniveaus tussen deze punten optreden. Om dit te bepalen is het nodig de standleiding in meer stukken op te splitsen. Dit is een aanpassing die weliswaar realiseerbaar is, maar wel ingrijpt en consequenties heeft voor de huidige opzet van het model.
 - b) Het is gewenst dat proRiool een interpretatie van (het verloop van) de drukniveaus maakt en op grond hiervan de situatie goedkeurt of afkeurt. Hiervoor is het nodig meer inzicht te krijgen in het doorslaan van watersloten en samenhangend de kans op problemen, afhankelijk van de hoogte en dynamiek van de drukniveaus.
- 2) Een goede manier om de vuilwaterbelasting van een te simuleren rioleringsstelsel in proRiool te beschouwen lijkt voornamelijk de methode 1, zoals beschreven in paragraaf 3.2.
Het voordeel van methode 1 is dat:
 - enerzijds aangesloten wordt op de systematiek van NEN 3215,
 - anderzijds wel het effect van een kortstondige belasting door een lozingstoestel met hoge basisafvoer (closet) beschouwd wordt.
 - 3) De resultaten van de simulaties beschreven in dit rapport en de discussie naar aanleiding hiervan binnen de werkgroep maken duidelijk dat een nadere validatie van proRiool met praktijkmetingen gewenst is voordat inzet als ontwerptool overwogen wordt.

5 Literatuur

- [1] NEN 3215
Binnenriolering.
Eisen en bepalingmethoden
NNI Delft, september 2007
- [2] NTR 3216
Binnenriolering
Richtlijnen voor ontwerp en uitvoering
NNI Delft, december 2008
- [3] Kornaat ing. W.
Onderzoek naar het functioneren van het binnenrioleringssysteem in de
Waterstadstoren te Rotterdam
TNO rapport 2005-BBE-R106, oktober 2005
- [4] Kornaat ing. W.; ing. J.C. Phaff
Riolering in torenbouw
Maximum lozingsvolumestromen volgens standleidingmodel proRiool
TNO rapport 2008-D-R0599/B, juni 2008

6 Ondertekening

Delft, maart 2011

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'W. Kornaat', written in a cursive style.

Ing. W. Kornaat
Auteur

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'A.C. van Tol', written in a cursive style.

Ir. A.C. van Tol
Research Manager
Energy, Comfort & Indoor Quality

A Hoofdinvvoerscherm proRiool met enige aanvullingen

proRiool
 File Help
 filenaam : C:\projecten\WNI riolering\doorontwikkeling tot ontwerp\tool\simulaties sep 2010\primair\Coppy of primair_h100_100.gcoif.txt

standleiding systeem primair

Primair standleiding systeem (geen parallele ontspanningsleiding),
 33 verdiepingen, gebouwhoogte =100m
 (3+verdiepingen*verdiepingshoogte=3+33*3)
 bovenste aansluiting: verdieping 0 op 0 m.
 onderste aansluiting: verdieping 0 op 0 m.
 De aansluitvrije zone, la, is 1m. De onderste aansluiting (op 0m) zit hier 1m
 onder en dat mag niet.
 hydraulische afsluiting wordt hier niet berekend.

verdiepingen: aantal 5: 33
 hoogte per verdieping [2.4..m] 2.95

standleiding buitendiameter (50..500mm) 106
 onderste als grondleiding wanddikte (1..20mm) 3

parallele-ontspanningsleiding diameter (50..500mm) 110
 wanddikte (1..20mm) 4

dak-ontspanning buitendiameter (50..500mm) 106
 wanddikte (1..20mm) 3
 dak-kap contractiecoef. (0.01..3) 0.7
 lengte van de grondleiding=20.0m
 Er is geen windsnelheid, de winddruk op het dak is 0.
 Ae naar dak=0.00329m2 n=0.509
 Ae standleiding=0.00668m2 n=0.537
 Ae onderstedeel standleiding=0.00568m2 n=0.526

grondleiding buitendiameter (50..500mm) 123
 wanddikte (1..20mm) 3
 positie onder vloer (m) 1
 lengte tot het hoofdriool (0..100m) 20
 helling (0..0.25)m/m 0.005
 1e bocht positie als fractie(0..1) 0.25
 1e bocht stromingsweerstand(zeta) (0..50) 0.01
 2e bocht positie als fractie(0..1) 0.5
 2e bocht stromingsweerstand(zeta) (0..50) 0.01
 3e bocht positie als fractie(0..1) 0.75
 3e bocht stromingsweerstand(zeta) (0..50) 0.01
 vulhoogte (0..100%) 1

meteo windsnelheid (0..10 (30) m/s) 0

leidingen wandruwheid (0.001..3mm) 1
 extra zeta/m (0..2-/m) 0

aansluitprofielen (hoogste aansluiting) 1: continu_pt18_1m_duur155s.csv edit 0
 2: continu_pt48_1m_duur115s.csv edit
 3: continu_pt37_1m_duur155s.csv edit
 4: continu_pt32_1m_duur155s.csv edit
 (laagste aansluiting) 5: continu_pt28_1m_duur155s.csv edit 0
 continue (wortel n) belasting NEN 3215 (kg/s) 0

*) zie help/handleiding

start gComis open csv output

Vinkje voor aan/uitschakelen hydraulische afsluiting

Invoer van de verdieping met de laagste en hoogste aansluiting