

**Bouw**  
Van Mourik Broekmanweg 6  
Postbus 49  
2600 AA Delft

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T 015 276 30 00  
F 015 276 30 10  
[info-BenO@tno.nl](mailto:info-BenO@tno.nl)

## TNO-rapport

**2008-D-R0599/B**

### Riolering in torenbouw Maximumlozingsvolumestromen volgens standleidingmodel proRiool

Datum	14 mei 2008
Auteur(s)	ing. W. Kornaat m.m.v. ing. J.C. Phaff
Opdrachtgever	Uneto-VNI
Projectnummer	034.68403.01.01

Rubricering rapport  
Titel  
Samenvatting  
Rapporttekst  
Bijlagen

Aantal pagina's	32 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	

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.

## Samenvatting

In opdracht van Uneto-VNI, contactpersoon de heer W.J.H. Scheffer, zijn door TNO over de afgelopen jaren een aantal onderzoeken uitgevoerd met betrekking tot het functioneren van rioleringsystemen in torenbouw (hoogbouw).

Tegenwoordig worden steeds meer en 'hogere' gebouwen gebouwd. Denk hierbij aan gebouwen hoger dan 50 m tot 150 m. Problemen met stankhinder via het rioleringsstelsel treden frequent op in deze hoge gebouwen dan wel gebouwen gelegen nabij deze hoge gebouwen.

Hierdoor ontstond de vraag of voor dergelijke 'hoge' gebouwen geen specifieke ontwerpregels ontwikkeld dienden te worden. Vooralsnog worden veelal eenvoudigweg de gebruikelijke reken(ontwerp)regels toegepast, welke feitelijk voor laagbouw zijn afgeleid. Hierbij wordt echter opgemerkt dat, met ingang van 2003, een eerste aanzet voor de maximaal toelaatbare lozingsvolumestromen op standleidingen met hoogten van 55 tot 200 m zijn opgenomen in de NTR 3216 [1]. Deze zijn door middel van een wijzigingsblad in augustus 2004 ook opgenomen in NEN 3215 [3].

De onderzoeken uitgevoerd voor Uneto-VNI hebben geleid tot de ontwikkeling van het standleidingmodel proRiool. Voor een beschrijving van het standleidingmodel proRiool wordt verwezen naar [2]. Met dit model kunnen vuilwaterstromen in een standleiding gesimuleerd worden en de luchtdrukverschillen over de watersloten berekend worden afhankelijk van de gebouwhoogte, het riolerings/ontspanningssysteem, de leidingdiameter, de belasting en dergelijke.

In opdracht van Uneto-VNI zijn simulaties met het standleidingmodel proRiool uitgevoerd om de maximaal toelaatbare lozingsvolumestromen te bepalen. Deze maximumlozingsvolumestromen zijn vergeleken met de huidige maximum waarden zoals vermeld in tabel 5.09 van de NTR 3216 voor een primair riolerings/ontspanningssysteem en direct/indirect parallel riolerings/ontspanningssysteem. Aanvullend zijn de maximumlozingsvolumestromen voor een primair systeem met Sovent aansluitstukken bepaald.

Op basis van het onderzoek kan het volgende geconcludeerd worden.

Het standleidingmodel proRiool kan goed toegepast worden om inzicht te verkrijgen in de maximumlozingsvolumestromen afhankelijk van het rioleringsstelsel, de gebouwhoogte en de diameter van de standleiding.

Een verbeterd inzicht in de daadwerkelijke vuilwaterbelasting (duur en profiel) is wenselijk om de maximumlozingsvolumestromen nauwkeuriger te bepalen met behulp van proRiool.

Uit een vergelijking met tabel 5.09 van de NTR 3216, blijkt dat de simulaties met proRiool in de regel resulteren in een lagere maximumlozingsvolumestroom. Dit is te verklaren op basis van de verschillen in de rekenmethodiek volgens de NTR 3216 en het model proRiool. Het toepassen van de toelaatbare belastingen volgens proRiool heeft ons inziens de voorkeur, in combinatie met de 'begrenzing volgens NEN 3215'.

Nader onderzoek c.q. controle van het standleidingmodel proRiool in de toekomst blijft wenselijk voor een nadere afstemming van verschillende invloedsparameters in het model

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Uitgangspunten.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Resultaten.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Bespreking van de resultaten .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies.....</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Literatuur.....</b>	<b>17</b>

bijlagen:

- A: Maximumlozingsvolumestromen volgens NTR 3216 én proRiool voor een primair rioleringsstelsel
- B: Maximumlozingsvolumestromen volgens NTR 3216 én proRiool voor een direct parallel rioleringsstelsel
- C: Drukverloop over de hoogte van de standleiding bij een primair rioleringsstelsel met een inwendige diameter van de standleiding van 100 mm
- D: Drukverloop over de hoogte van de standleiding bij een direct parallel rioleringsstelsel met een inwendige diameter van de standleiding van 100 mm
- E: Drukverloop over de hoogte van de standleiding bij een primair rioleringsstelsel met Sovent aansluitstukken met een inwendige diameter van de standleiding van 100 mm
- F: Gesimuleerde drukverschillen in de tijd voor de beschouwde rioleringsstelsels bij een gebouwhoogte van 100 m en een inwendige diameter standleiding van 100 mm

# 1 Inleiding

In opdracht van Uneto-VNI, contactpersoon de heer W.J.H. Scheffer, zijn door TNO over de afgelopen jaren een aantal onderzoeken uitgevoerd met betrekking tot het functioneren van rioleringsystemen in torenbouw (hoogbouw).

Tegenwoordig worden steeds meer en 'hogere' gebouwen gebouwd. Denk hierbij aan gebouwen hoger dan 50 m tot 150 m. Problemen met stankhinder via het rioleringsstelsel treden frequent op in deze hoge gebouwen dan wel gebouwen gelegen nabij deze hoge gebouwen.

Hierdoor ontstond de vraag of voor dergelijke 'hoge' gebouwen geen specifieke ontwerpregels ontwikkeld dienden te worden. Vooralsnog worden veelal eenvoudigweg de gebruikelijke reken(ontwerp)regels toegepast, welke feitelijk voor laagbouw zijn afgeleid. Hierbij wordt echter opgemerkt dat, met ingang van 2003, een eerste aanzet voor de maximaal toelaatbare lozingsvolumestromen op standleidingen met hoogten van 55 tot 200 m zijn opgenomen in de NTR 3216 [1]. Deze zijn door middel van een wijzigingsblad in augustus 2004 ook opgenomen in NEN 3215 [3].

De onderzoeken uitgevoerd voor Uneto-VNI hebben geleid tot de ontwikkeling van het standleidingmodel proRiool. Voor een beschrijving van het standleidingmodel proRiool wordt verwezen naar [2]. Met dit model kunnen vuilwaterstromen in een standleiding gesimuleerd worden en de luchtdrukverschillen over de watersloten berekend worden afhankelijk van de gebouwhoogte, het riolerings/ontspanningssysteem, de leidingdiameter, de belasting en dergelijke.

In opdracht van Uneto-VNI zijn simulaties met het standleidingmodel proRiool uitgevoerd om de maximaal toelaatbare lozingsvolumestromen te bepalen. Deze maximumlozingsvolumestromen zijn vergeleken met de huidige maximum waarden zoals vermeld in tabel 5.09 van de NTR 3216 voor een primair riolerings/ontspanningssysteem en direct/indirect parallel riolerings/ontspanningssysteem. Aanvullend zijn de maximumlozingsvolumestromen voor een primair systeem met Sovent aansluitstukken bepaald.

De uitgangspunten bij de simulaties met het standleidingmodel proRiool zijn verwoord in hoofdstuk 2. De resultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 3 en worden besproken in hoofdstuk 4. De conclusie zijn vermeld in hoofdstuk 5.

## 2 Uitgangspunten

Simulaties met het standleidingmodel proRiool zijn uitgevoerd voor:

- a) Een drietal rioleringsystemen, te weten:
  - een primair systeem
  - een direct parallel systeem
  - een primair systeem met Sovent aansluitstukken
- b) Een vijftal ontwerpmiddellijnen (inwendige diameters) van de standleiding, te weten:
  - 84 mm
  - 100 mm
  - 117 mm
  - 150 mm
  - 190 mm
- c) Een viertal gebouwhoogten c.q. hoogten van de standleiding, te weten:
  - 55 m
  - 100 m
  - 150 m
  - 200 m

Voor de dimensionering van deze rioleringsystemen is uitgegaan van de volgende punten:

- De diameter van de ontluchtingsleiding naar het dak is gelijk aan de diameter van de standleiding.
- De diameter van de parallelle beluchtingsleiding (in geval van direct parallel systeem) is één maat (volgens bovenvermelde ontwerpmiddellijnen) kleiner dan de standleiding met een minimum van 84 mm.
- De diameter van de grondleiding is één maat (volgens bovenvermelde ontwerpmiddellijnen) groter dan de standleiding met een maximum van 190 mm.
- De diameter van de aansluitleidingen is 84 mm in geval van een standleiding van 84 mm, maar in de andere gevallen steeds 100 mm.

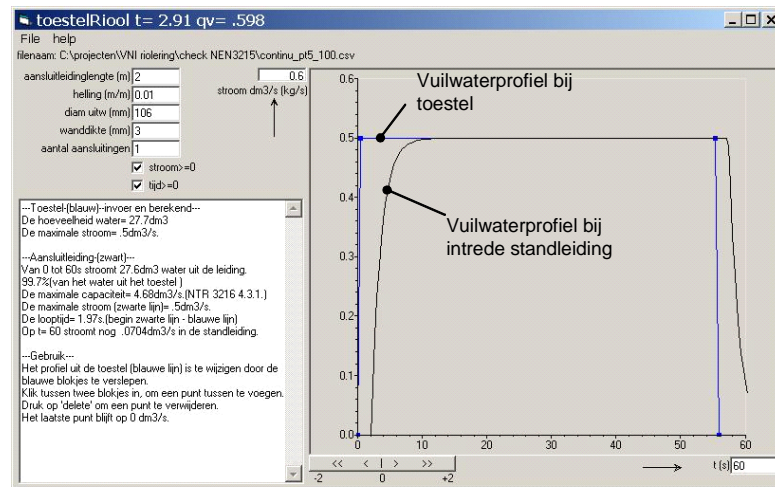
Voor de overige invoerparameters in proRiool geldt:

- Dakontluchting:
  - contractiecoëfficiënt = 0.7.  
Dit is een waarde die het drukverlies voor een open pijp uiteinde levert.
- Grondleiding:
  - lengte tot hoofdriool = 20 m
  - helling = 0,005 m/m
  - som richtingsveranderingen = 30°
  - vulling = 0%
- Meteo, windsnelheid = 0 m/s  
Dit betekent dat het effect van luchtdrukken ten gevolge van windaanval niet beschouwd zijn.
- Leidingen:
  - wandruwheid = 1 mm  
Dit is een getal uit de praktijk, dat gebruikelijk gehanteerd wordt.
  - extra zeta/m = 0  
Dit wil zeggen dat geen extra weerstanden zijn gesimuleerd (boven op de

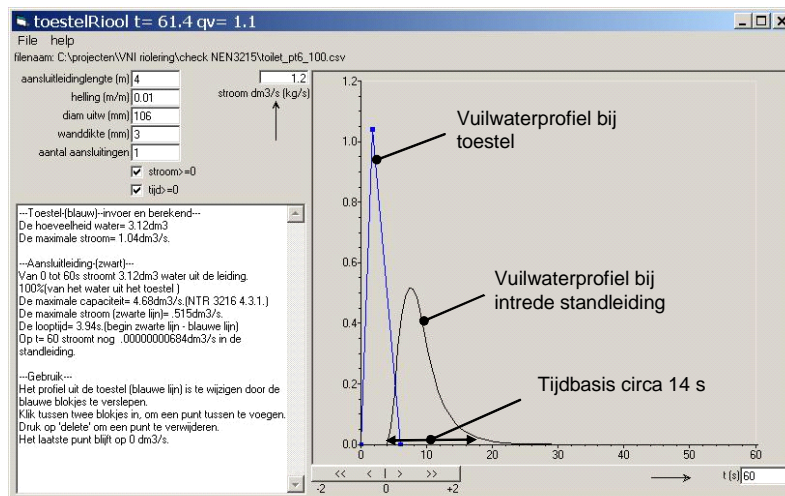
voorgenoemde wandruwheid) voor het simuleren van ribbels bij aansluitingen tussen leidingen en dergelijke.

Ten aanzien van de aangehouden belastingen (vuilwaterprofielen) wordt het volgende opgemerkt:

- a) Vuilwaterstromen kunnen in het model proRiool gesimuleerd worden op vijf posities gelijkmatig verdeeld over de hoogte van de standleiding. Bij het onderhavige onderzoek is op al deze posities steeds eenzelfde belasting gesimuleerd. Oftewel de totale belasting van de standleiding is gelijkmatig verdeeld over deze vijf posities.
- b) In de NEN 3215 [3] wordt voor de belasting uitgegaan van de zogenaamde basisafvoeren voor verschillende toestellen. Er wordt hierbij geen informatie verstrekt hoelang een dergelijke belasting duurt en hoe deze opbouwt en afbouwt in de tijd. Omdat geen nadere informatie omtrent de dynamiek (variatie in de tijd) en duur van de vuilwaterstromen (basisafvoeren) volgens NEN 3215 beschikbaar is, is bij het onderhavige onderzoek als basis uitgegaan van een constante belasting gedurende circa 60 seconden. Ter illustratie is een gesimuleerde constante belasting van 0,5 l/s weergegeven in figuur 1.
- c) Naast simulaties met constante belasting (zie punt b), zijn echter ook enige simulaties uitgevoerd waarbij de belasting opbouwt naar een maximum en vervolgens weer afbouwt over een periode van circa 14 seconden. Een voorbeeld van een dergelijke situatie met niet-constante belasting (golf-vormige belasting) is weergegeven in figuur 2. Deze situatie wordt, evenals de situatie weergegeven in figuur 1, in het onderhavige onderzoek aangeduid als een situatie met een belasting van 0,5 l/s, conform de maximale belasting die kortstondig optreedt. Opgemerkt wordt dat de belastingduur van grofweg 14 seconden ongeveer de belastingduur is, zoals deze optreedt bij intrede in de standleiding, als gevolg van een closetlozing op deze standleiding via een 4 meter lange aansluit/verzamelleiding. Voor alle drie beschouwde rioleringsystemen zijn simulaties met een niet-constante bron uitgevoerd bij toepassing van een standleiding met inwendige diameter van 100 mm.



figuur 1: Voorbeeld van constante belasting van 0,5 l/s op standleiding (zwarte lijn) gesimuleerd in proRiool.



figuur 2: Voorbeeld van niet-constante (golf-vormige) belasting van 0,5 l/s op standleiding (zwarte lijn) gesimuleerd in proRiool.



### 3 Resultaten

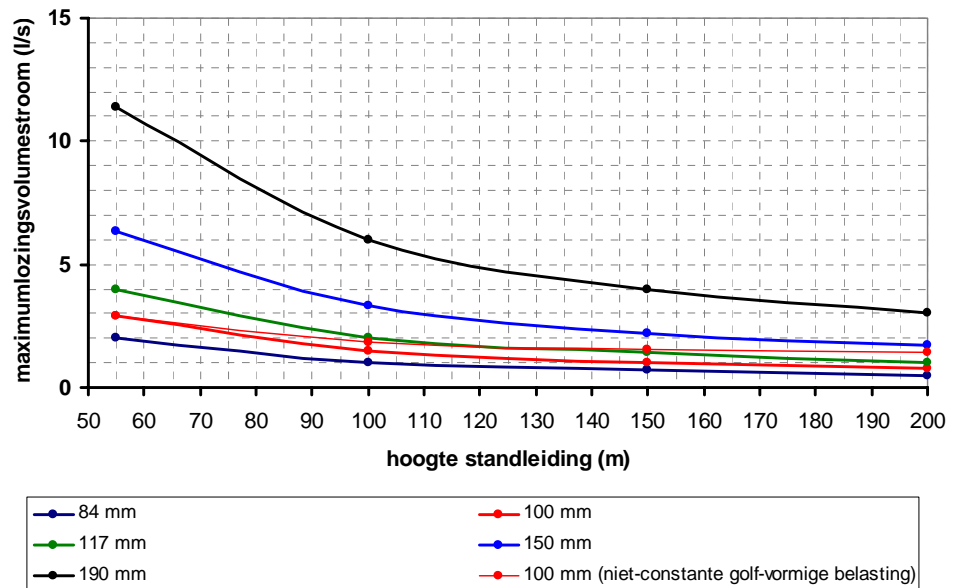
Bij het onderzoek zijn per situatie (combinatie van rioleringssysteem, leidingdiameter en gebouwhoogte) steeds verschillende belastingen gesimuleerd om de situatie te bepalen waarbij de maximale drukniveaus in het rioleringssysteem beperkt blijven tot -300 Pa of +300 Pa. Indien nodig is via interpolatie de belasting nog nader bijgesteld.

Deze berekende maximaal toelaatbare belastingen zijn voor een primair systeem, een direct parallel systeem én een primair systeem met Sovent aansluitstukken weergegeven in respectievelijk de figuren 3 t/m 5 afhankelijk van de gebouwhoogte (hoogte van de standleiding) en de diameter van de standleiding.

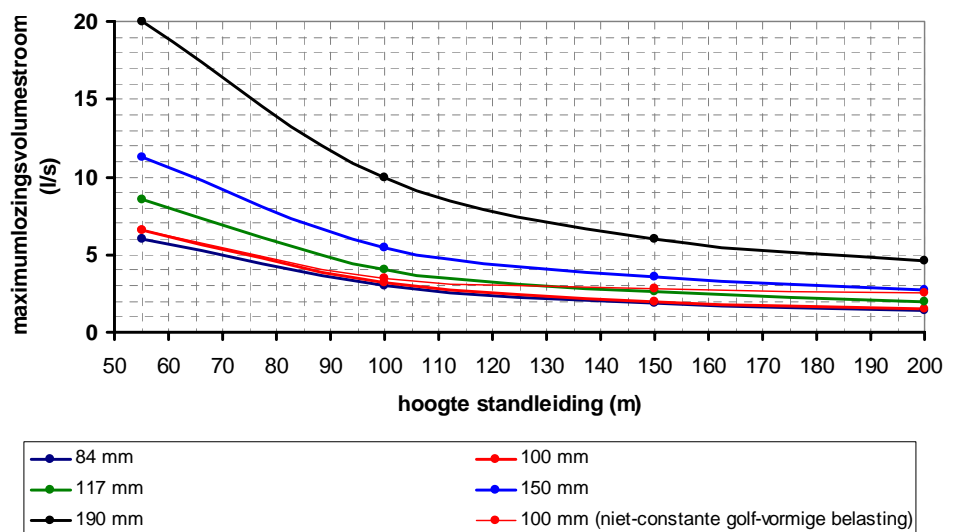
Voor de vergelijking met de maximumlozingsvolumestromen volgens NTR 3216, zijn in de bijlagen A en B de maximumlozingsvolumestromen volgens NTR 3216 tabel 5.09 én de simulaties met proRiool weergegeven voor respectievelijk een primair én direct parallel rioleringssysteem.

Voor de gedachtebepaling zijn verder in bijlage C, D en E weergegeven de drukverlopen over de hoogte van de standleiding, voor de gesimuleerde belastingen, voor respectievelijk een primair systeem, direct parallel systeem en primair systeem met Sovent aansluitstukken bij een inwendige diameter van de standleiding van 100 mm.

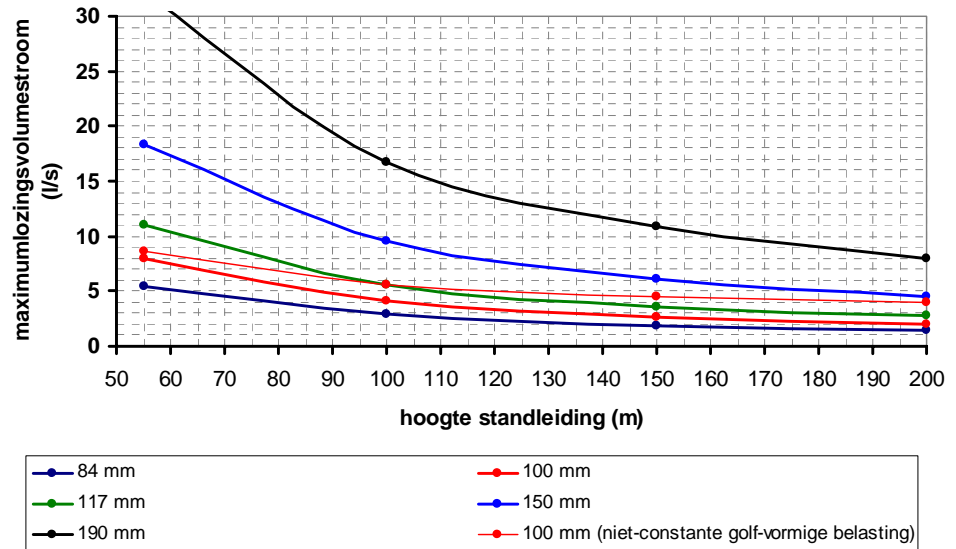
In bijlage F zijn de gesimuleerde drukverschillen in de tijd voor de beschouwde rioleringssystemen bij een gebouwhoogte van 100 m en inwendige standleidingdiameter van 100 mm weergegeven.



figuur 3: Maximumlozingsvolumestromen volgens proRiool bij een primair rioleringsstelsel afhankelijk van de hoogte van de standleiding en de inwendige diameter van de standleiding (ontwerpmiddellijn).



figuur 4: Maximumlozingsvolumestromen volgens proRiool bij een direct parallel rioleringsstelsel afhankelijk van de hoogte van de standleiding en de inwendige diameter van de standleiding (ontwerpmiddellijn).

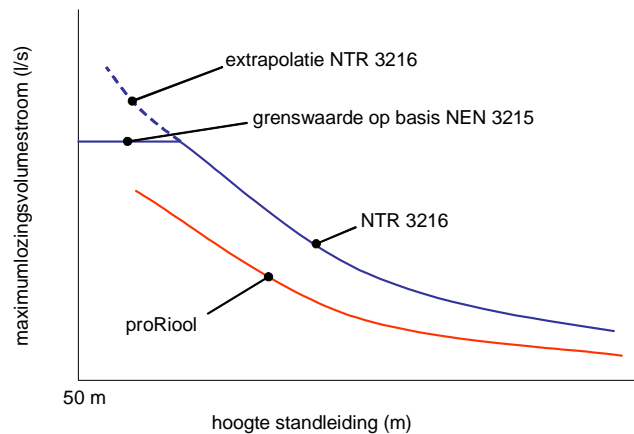


figuur 5: Maximumlozingsvolumestromen volgens proRiool bij een primair rioleringsstelsel met Sovent aansluitstukken afhankelijk van de hoogte van de standleiding en de inwendige diameter van de standleiding (ontwerpmiddellijn).

## 4 Bespreking van de resultaten

Aan de hand van de figuren 3 t/m 5 kan een goed inzicht verkregen worden omtrent de maximumlozingsvolumestromen volgens het standleidingmodel proRiool afhankelijk van het rioleringsstelsel, de gebouwhoogte en inwendige diameter van de standleiding. Hierbij wordt opgemerkt dat een variatie van  $\pm 12$  tot  $\pm 15\%$  in de belasting resulteert in een variatie van  $\pm 10\%$  in de drukkiveaus.

Indien de resultaten van proRiool vergeleken worden met tabel 5.09 van NTR 3216 dan blijkt (zie bijlage A en B voor respectievelijk een primair en direct parallel systeem) dat de maximaal toelaatbare belastingen volgens proRiool veelal lager zijn. Verder blijkt uit deze bijlagen dat de maximumlozingsvolumestromen volgens de NTR 3216 een discontinu verloop vertonen. De algemene tendens van de vergelijking tussen NTR 3216 en proRiool is weergegeven in figuur 6.



figuur 6: Algemene tendens vergelijking maximumlozingsvolumestromen volgens NTR 3216 en simulaties proRiool.

Beneden een bepaalde gebouwhoogte wordt de maximumlozingsvolumestroom in de NTR 3216 beperkt op een waarde, die volgens de toelichting bij tabel 5.09 in de NTR 3216, overeenstemt met de NEN 3215. Volgens tabel 5.07 van NTR 3216 is dit de maximumlozingsvolumestroom voor een gebouw groter dan 10 m. Niet aangegeven wordt echter tot welke maximum gebouwhoogte deze waarde geldt. In de praktijk wordt wat dit betreft overigens veelal 50 m genoemd. In figuur 6 is het voorgaande aangeduid als 'grenswaarde op basis van NEN 3215'.

De lagere maximumlozingsvolumestromen volgens proRiool sluiten bij een gebouwhoogte rond de 50 m redelijk aan op deze grenswaarde. Zonder de begrenzing zouden de maximumwaarden volgens de systematiek van de NTR 3216 (indien men de blauwe lijn door extrapoleert, zie figuur 6) bij een standleiding hoogte van 50 m veelal duidelijk hoger liggen dan de nu gehanteerde grenswaarde op basis van NEN 3215. Het voorgaande lijkt erop te wijzen dat de systematiek gehanteerd om de tabel 5.09 te maken een grotere discrepantie vertoont met de oorspronkelijke berekeningmethode

volgens de NEN 3215 dan de resultaten van proRiool. Het hanteren van de maximumlozingsvolumestromen volgens proRiool heeft ons inziens dan ook de voorkeur, in combinatie met de 'begrenzing volgens NEN 3215'.

Ten aanzien van de verschillen in maximumlozingsvolumestromen volgens tabel 5.09 én het model proRiool wordt verder nog het volgende opgemerkt.

Bij het afleiden van tabel 5.09 van de NTR 3216, is alleen beschouwd de weerstand die de luchtstroming ondervindt in het rioleringsstelsel. De lengte, of beter hoogte, van de standleiding is zodanig bepaald dat de luchtstroom, die als gevolg van de vuilwaterbelasting optreedt, beperkt blijft (én dus de vuilwaterbelasting beperkt blijft) tot een niveau waarbij de luchtweerstand 300 Pa bedraagt. Oftewel de onderdruk in het rioleringsstelsel om de luchtstroming te onderhouden beperkt blijft tot -300 Pa.

Het programma proRiool wijkt hierop op een tweetal punten essentieel af, namelijk:

- 1) In het programma proRiool wordt behalve de luchtweerstand gelijktijdig beschouwd de over- c.q. onderdruk zoals deze optreedt door in de kern 'hangende' watersdruppels. Dit geeft een drukverhoging onder en drukverlaging boven de waterdruppels. De drukbeïnvloeding door de waterdruppels is niet verwaarloosbaar en is van geval tot geval zelfs bepalend.
- 2) In het programma proRiool wordt de luchtstroming berekend onder invloed van de bewegende waterfilm langs de wand én de vallende waterdruppels in de kern. De snelheid van de waterdruppels is hierbij duidelijk hoger dan de snelheid van de film langs de wand. Bij de systematiek volgens NTR 3216 wordt geen onderscheid gemaakt tussen waterdruppels en waterfilm en lijkt te zijn uitgegaan van de watersnelheden die karakteristiek zijn voor de waterfilm. Als gevolg hiervan zijn de luchtvolumestromen bij proRiool ook hoger dan bij de systematiek volgens de NTR 3216.

Beide voorgaande aspecten zijn ons inziens een goede verklaring voor de lagere toelaatbare belastingen volgens proRiool

Bij de simulaties met proRiool is als basis (zie hoofdstuk 2) uitgegaan van een constante belasting gedurende 60 seconden. Er wordt opgemerkt dat het de vraag is of een maximum belasting zolang achtereen optreedt. Uit de simulaties volgt echter dat bij een gebouw van 100 en 200 m hoogte na respectievelijk circa 12 en 20 seconden (na aanvang van de belasting) al de maximale drukniveaus optreden. Voor een gebouwhoogte van 100 m blijkt dit uit de gesimuleerde drukverschillen in de tijd met proRiool zoals weergegeven in bijlage F. Oftewel de resultaten van de simulaties (maximale drukniveaus) zouden gelijk zijn geweest indien in plaats van gedurende 60 seconden de constante belasting 12 á 20 seconden was aangehouden.

Hierbij wordt nog opgemerkt dat uit figuur 1 (zie hoofdstuk 2) blijkt dat door de demping in de aansluitleiding van 2 m, pas na circa 10 seconden de maximum belasting bij de standleiding optreedt. Wordt een toestel directer op de standleiding aangesloten (hetgeen in de praktijk voor een closet vaak het geval is), dan treedt eerder de maximum belasting op de standleiding op en kan de belasting enkele seconden korter (korter dan voorgenoemde 12 á 20 seconden) zijn terwijl toch weer vergelijkbare drukniveaus optreden.

Het beschouwen van een niet-constante (golf-vormige) belasting met een duur van circa 14 seconden (zie figuur 2 in hoofdstuk 2) laat zien (zie figuren 3, 4 en 5 of figuren A2 en B2) dat, naarmate de gebouwhoogte toeneemt, de toelaatbare belasting toeneemt in vergelijking met een situatie met constante belasting. Dit komt omdat naarmate de hoogte van de standleiding toeneemt, de niet-constante golf-vormige belasting van circa

14 seconden erin zal resulteren dat de uiteindelijk aanwezige maximale hoeveelheid waterdruppels in de kern van de standleiding lager is dan bij een vergelijkbare constante langdurigere belasting. Deze waterdruppels vormen de bepalende drijvende kracht. De waterdruppels vallen in de kern onder invloed van de zwaartekrachtversnelling snel naar beneden. Vandaar dat naarmate de hoogte van de standleiding afneemt, de verschillen tussen beide belastingsvormen, wat betreft toelaatbare belasting, afnemen.

Het voorgaande geeft duidelijk aan dat meer inzicht in de daadwerkelijke belastingsvorm en duur van rioleringsystemen gewenst is.

Bepalend voor de maximumlozingsvolumestromen bij de simulaties met proRiool was steeds het beperken van de onderdruk tot -300 Pa. Dit blijkt ook uit de drukverlopen over de gebouwhoogte weergegeven in de bijlage C t/m E. Overdrukken treden alleen op in de grondleiding en blijven dan beperkt tot grofweg +100 Pa. Dit hangt uiteraard samen met de aanname dat het ontwerp én de uitvoering van de grondleiding correct is en de grondleiding dus vrij het water kan afvoeren en niet deels of volledig vol met water komt te staan (zie tevens hoofdstuk 2). Indien de grondleiding wel deels vol komt te staan met water, zullen de overdrukken toenemen en onderdrukken afnemen.

Er wordt nog opgemerkt dat in het standleidingmodel proRiool de voordelen van een systeem met Sovent aansluitstukken tot uitdrukking komt c.q. gebracht kan worden door:

- Geen hydraulische afsluiting te simuleren als gevolg van de afscheiding in de Sovent aansluitstukken tussen de vallende waterstroom én de toevoerstroom via de aansluitleiding.
- Een lagere valsnelheid van de waterdruppels aan te houden als gevolg van de richtingsveranderingen en samenhangend de extra weerstand die de vallende waterstroom ondervindt in de Sovent aansluitstukken.
- Een lagere fractie aan waterdruppels in de kern te veronderstellen als gevolg van de richtingsveranderingen in de Sovent aansluitstukken waardoor het water steeds weer langs de wand geleid wordt.

Invoerparameters voor deze aspecten zijn globaal bepaald door een controle in relatie tot metingen uitgevoerd in de praktijk. Door onvoldoende inzicht in de daadwerkelijke momentane belastingen in de praktijksituatie, wordt een dergelijke controle c.q. afstemming echter bemoeilijkt. Nader onderzoek c.q. controle van het standleidingmodel proRiool in de toekomst blijft wenselijk voor een nadere afstemming van verschillende invloedsparameters in het model.

Ter illustratie zijn nog enige modelsimulaties met proRiool uitgevoerd voor een gebouw van 500 m hoogte. De huidige Tapei toren in Taiwan is zo hoog. Uit deze simulaties volgt dat, bij een primair ontspanningssysteem met een standleidingdiameter van 500 mm, de onderdruk niveaus beperkt blijven tot circa -300 Pa uitgaande van:

- 1) Een continue belasting van circa 6 l/s gelijkmatig verdeeld over de 5 aansluitpunten.
- 2) Dan wel een niet-continue golf-vormige belasting van circa 15 l/s gelijkmatig verdeeld over de 5 aansluitpunten.

Het grote verschil in beide belastingen is een gevolg van de grote hoogte van de standleiding (zie tevens hiervoor).

Volgens de NEN 3215 geldt voor het ontwerp van de Waterstadstoren te Rotterdam (100 m hoog), een samengestelde afvoer van circa 4 l/s. De som van de basisafvoeren bedraagt dan circa 64 l/s uitgaande van een gelijktijdigheidcoëfficiënt (p) van 0,5 voor

een woongebouw ( $4 = 0,5 * \sqrt{64}$ ). Bij vergelijkbare ontwerputgangspunten bedraagt bij een 5 maal hoger gebouw (500 m) dan de som van de basisafvoeren 320 l/s ( $5 * 64$ ) én de samengestelde afvoer circa 9 l/s ( $0,5 * \sqrt{320}$ ).

Het voorgaande illustreert dat de maximum toelaatbare belasting, volgens proRiool bij een gebouw van 500 m hoog en een primair ontspanningssysteem met een standleidingdiameter van 500 mm, rond de te verwachten belasting (samengestelde afvoer) liggen, uitgaande van globaal vergelijkbare ontwerputgangspunten als gehanteerd in de Waterstadtoeren te Rotterdam opgeschaald naar een hoogte van 500 m..

## 5 Conclusies

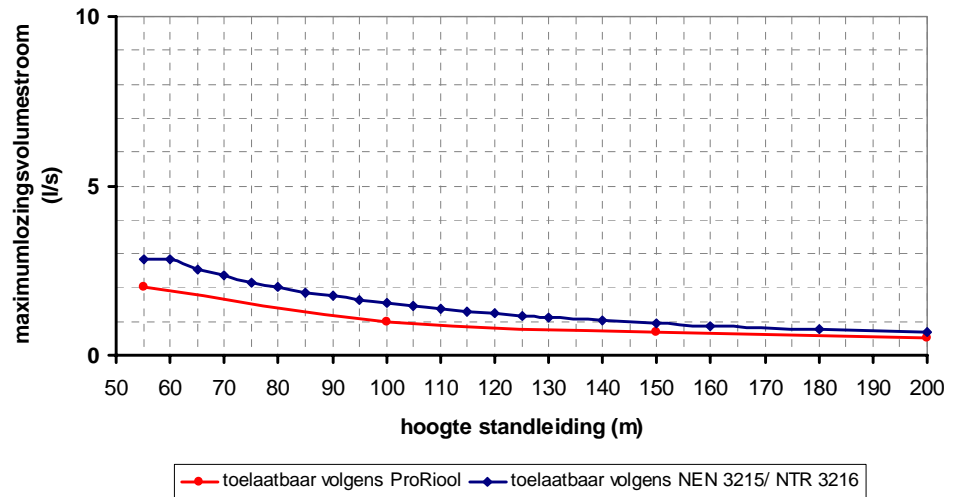
- 1) Het standleidingmodel proRiool kan goed toegepast worden om inzicht te verkrijgen in de maximumlozingsvolumestromen afhankelijk van het rioleringsstelsel, de gebouwhoogte en de diameter van de standleiding.
- 2) Een verbeterd inzicht in de daadwerkelijke vuilwaterbelasting (duur en profiel) is wenselijk om de maximumlozingsvolumestromen nauwkeuriger te bepalen met behulp van proRiool.
- 3) Uit een vergelijking met tabel 5.09 van de NTR 3216, blijkt dat de simulaties met proRiool in de regel resulteren in een lagere maximumlozingsvolumestroom. Dit is te verklaren op basis van de verschillen in de rekenmethodiek volgens de NTR 3216 en het model proRiool. Het toepassen van de toelaatbare belastingen volgens proRiool heeft ons inziens de voorkeur, in combinatie met de 'begrenzing volgens NEN 3215'.
- 4) Nader onderzoek c.q. controle van het standleidingmodel proRiool in de toekomst blijft wenselijk voor een nadere afstemming van verschillende invloedsparameters in het model.



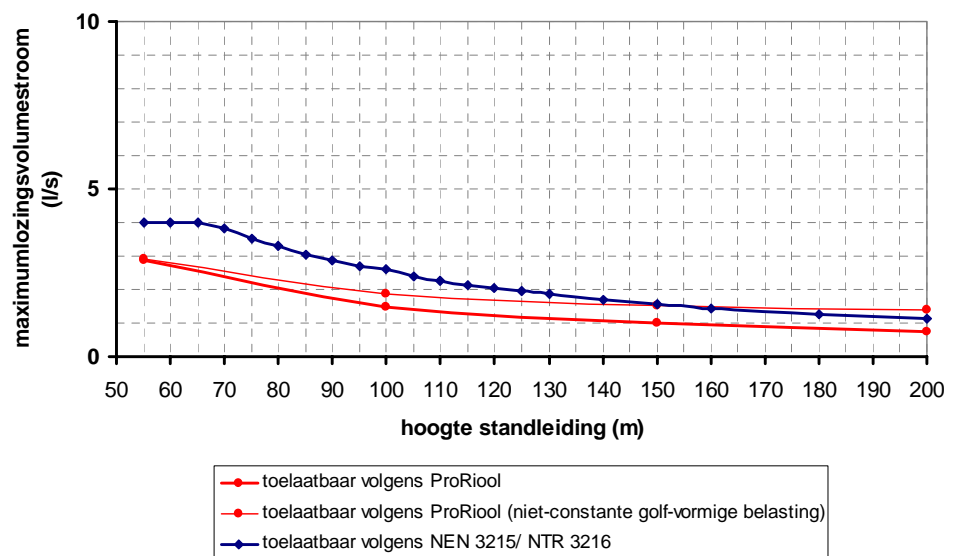
## 6 Literatuur

- [1] NTR 3216  
Binnenriolering – Richtlijn voor ontwerp en uitvoering  
Nederlands Normalisatie-instituut, Delft 2003
- [2] Kornaat W. ing.; ing. J.C. Phaff  
Standleidingmodel proRiool  
Gebruikershandleiding  
TNO rapport 2008-D-R0598/B, mei 2008, Delft
- [3] NEN 3215  
Binnenriolering – Eisen en bepalingsmethoden  
Nederlands Normalisatie-instituut, Delft 2002

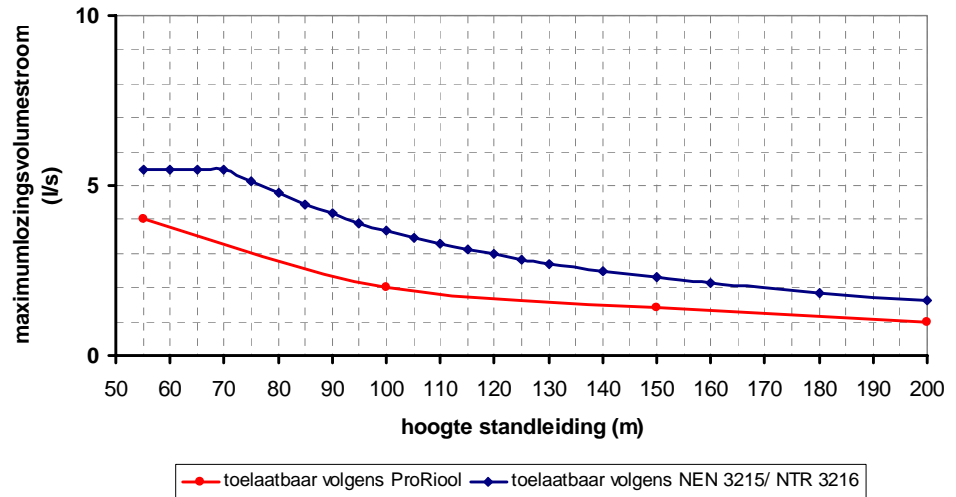
bijlage A: Maximumlozingsvolumestromen volgens NTR 3216 én proRiool voor een primair rioleringsysteem



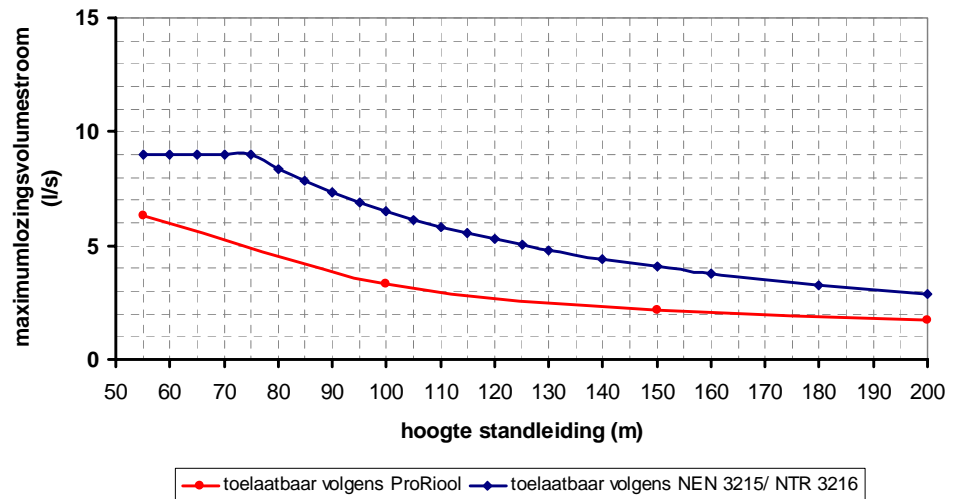
figuur A1: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 84 mm.



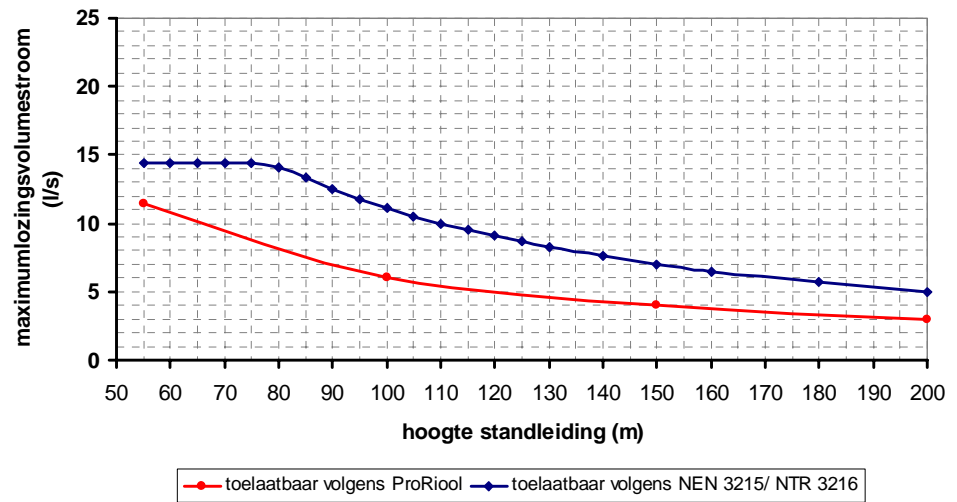
figuur A2: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 100 mm.



figuur A3: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 117 mm.

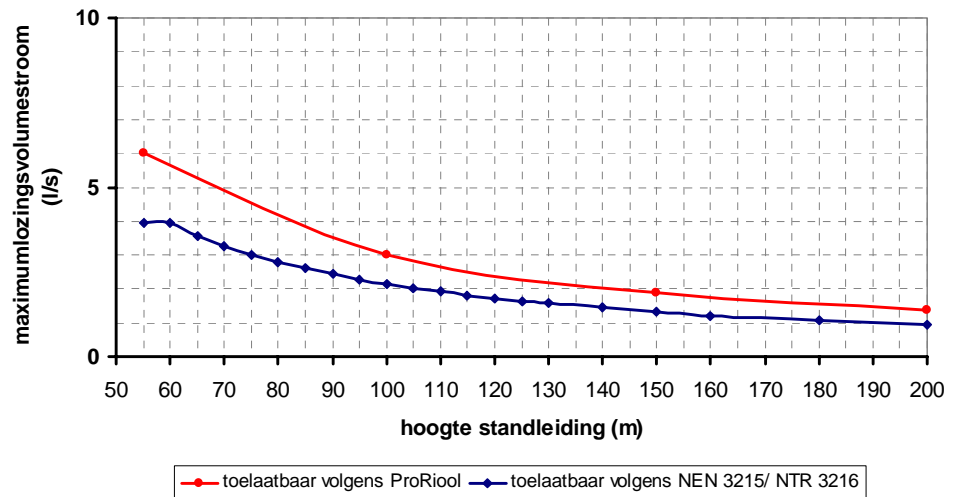


figuur A4: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 150 mm.

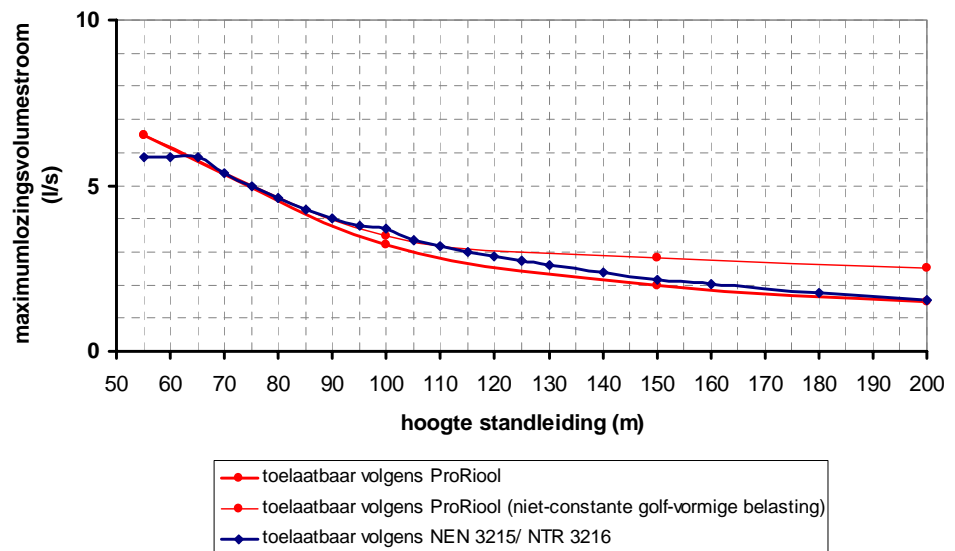


figuur A5: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 190 mm.

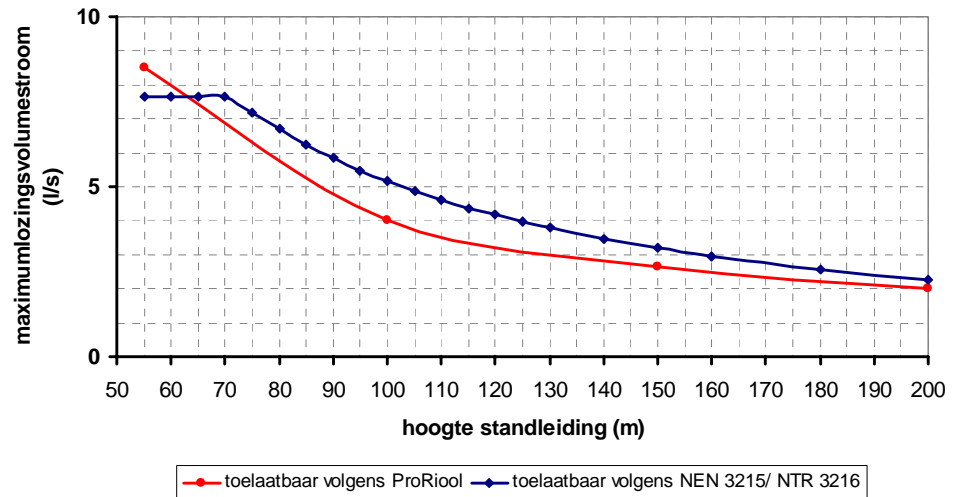
bijlage B: Maximumlozingsvolumestromen volgens NTR 3216 én proRiool voor een direct parallel rioleringsysteem



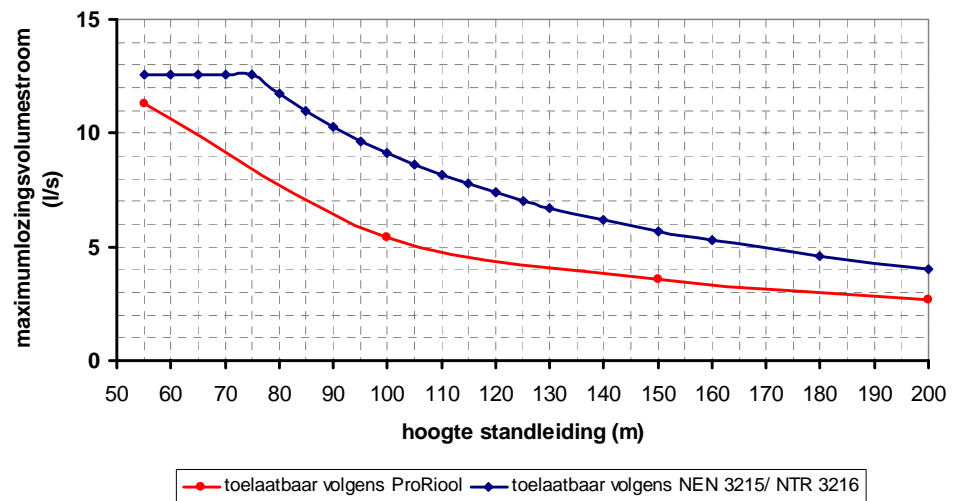
figuur B1: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 84 mm.



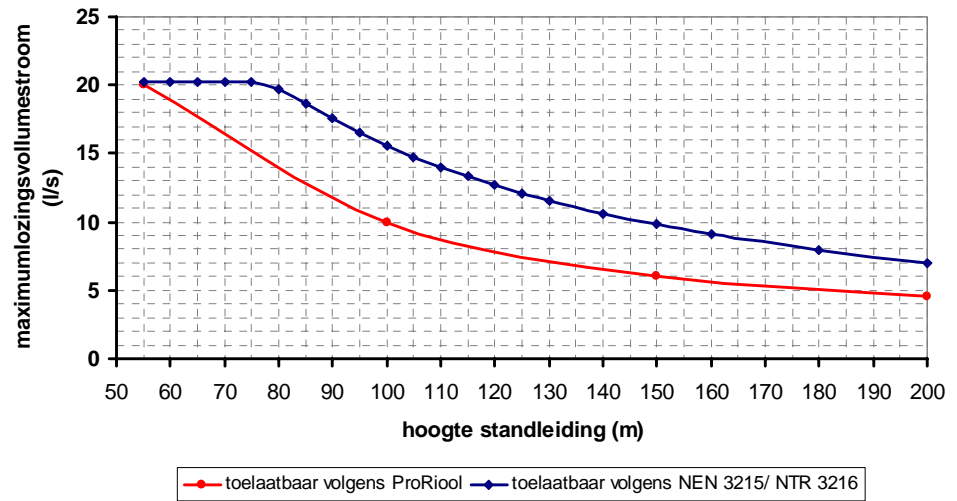
figuur B2: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 100 mm.



figuur B3: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 117 mm.

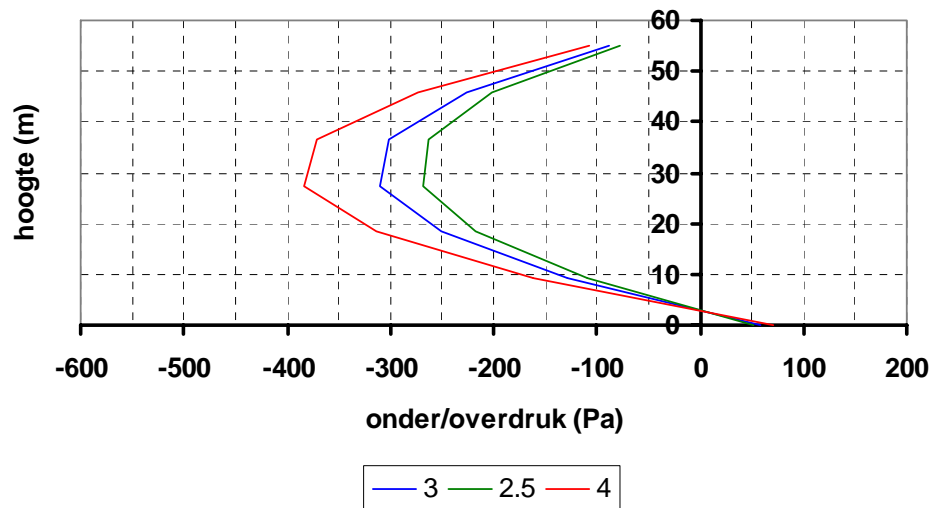


figuur B4: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 150 mm.

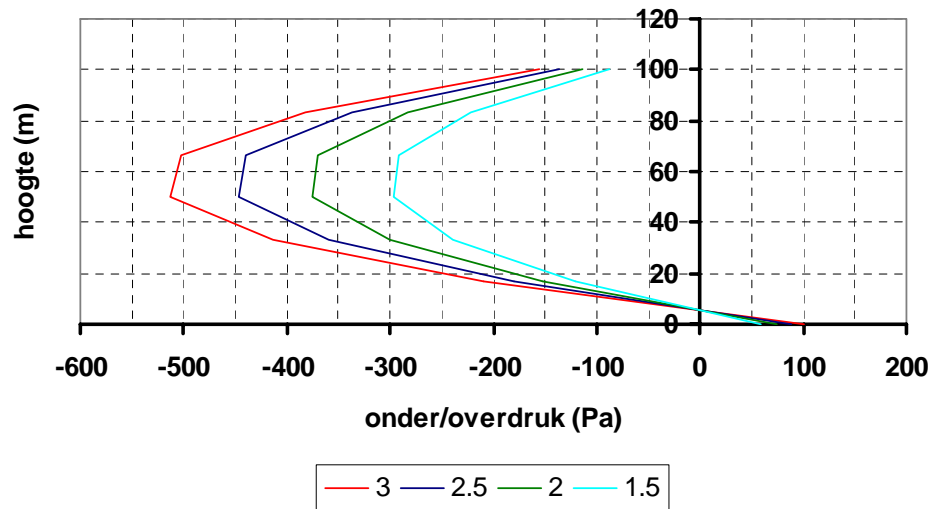


figuur B5: Maximumlozingsvolumestromen bij inwendige diameter standleiding van 190 mm.

bijlage C: Drukverloop over de hoogte van de standleiding bij een primair rioleringsysteem met een inwendige diameter van de standleiding van 100 mm

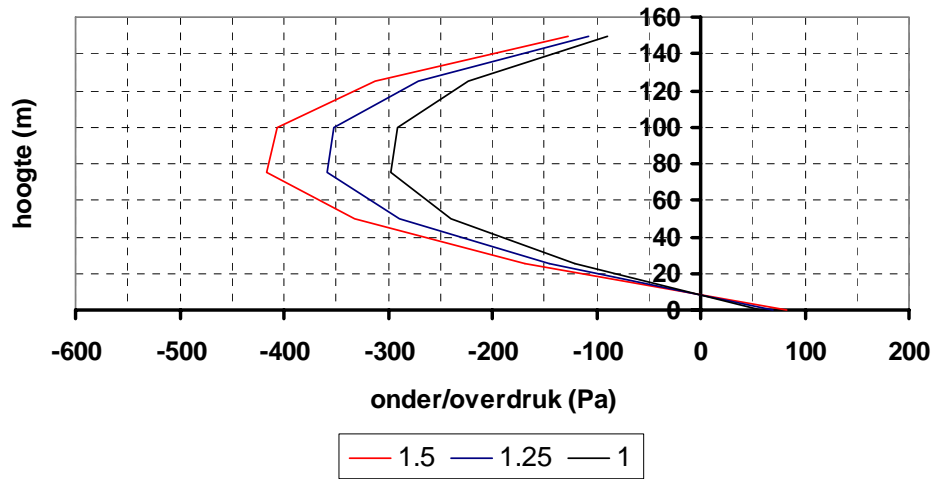


figuur C1: Drukverloop bij standleidinghoogte van 55 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

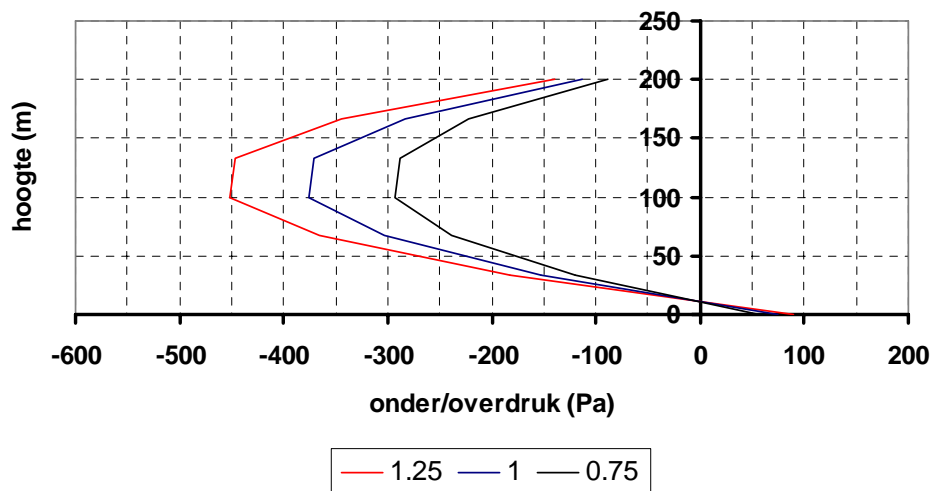


figuur C2: Drukverloop bij standleidinghoogte van 100 m met als parameter de constante belasting (in l/s).



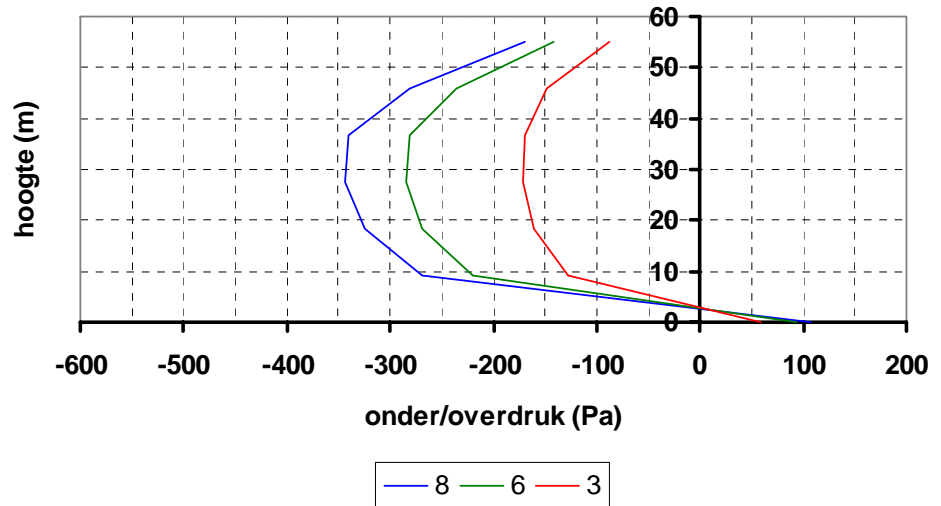


figuur C3: Drukverloop bij standleidinghoogte van 150 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

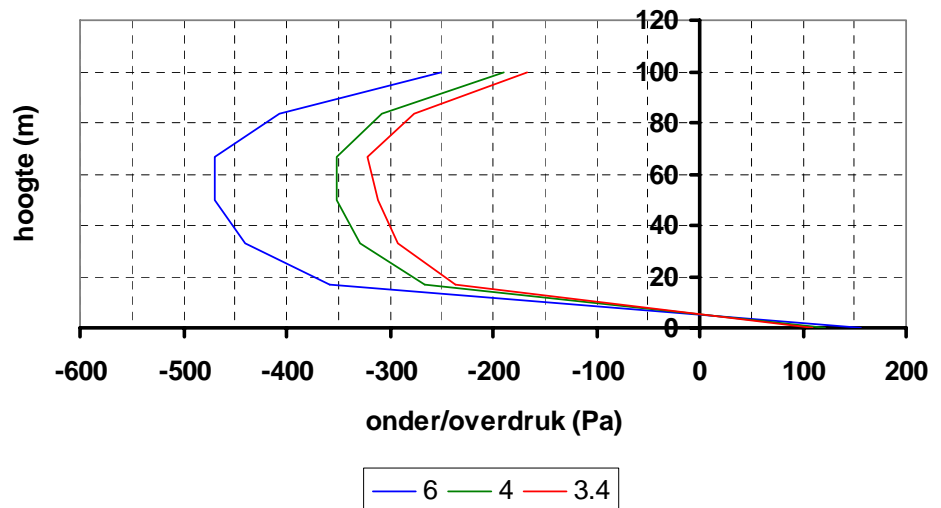


figuur C4: Drukverloop bij standleidinghoogte van 200 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

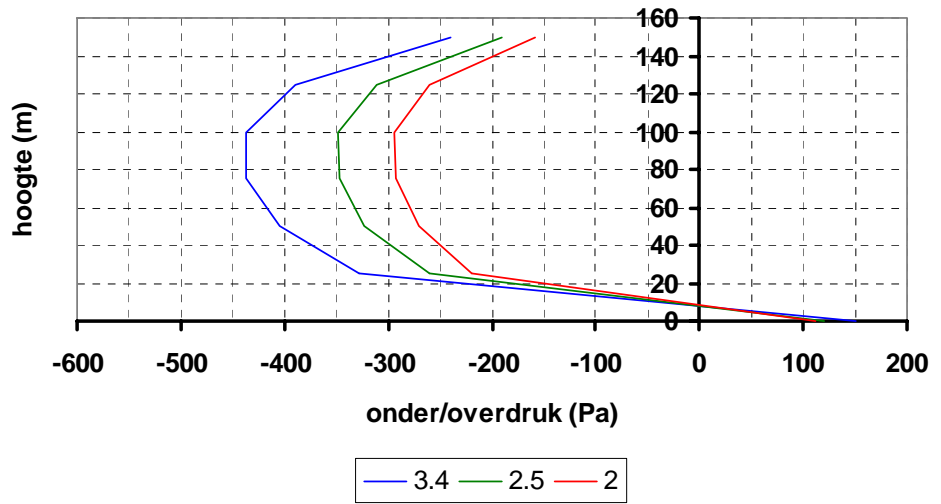
bijlage D: Drukverloop over de hoogte van de standleiding bij een direct parallel rioleringsysteem met een inwendige diameter van de standleiding van 100 mm



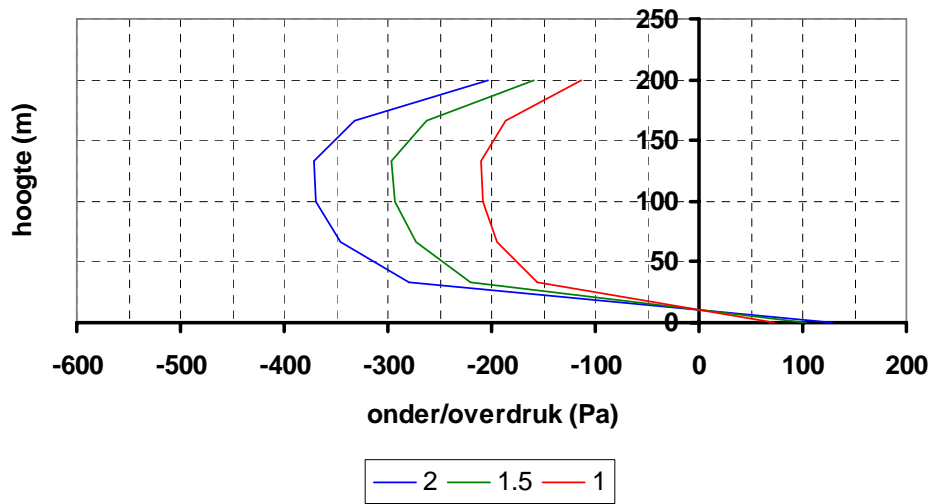
figuur D1: Drukverloop bij standleidingshoogte van 55 m met als parameter de constante belasting (in l/s).



figuur D2: Drukverloop bij standleidingshoogte van 100 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

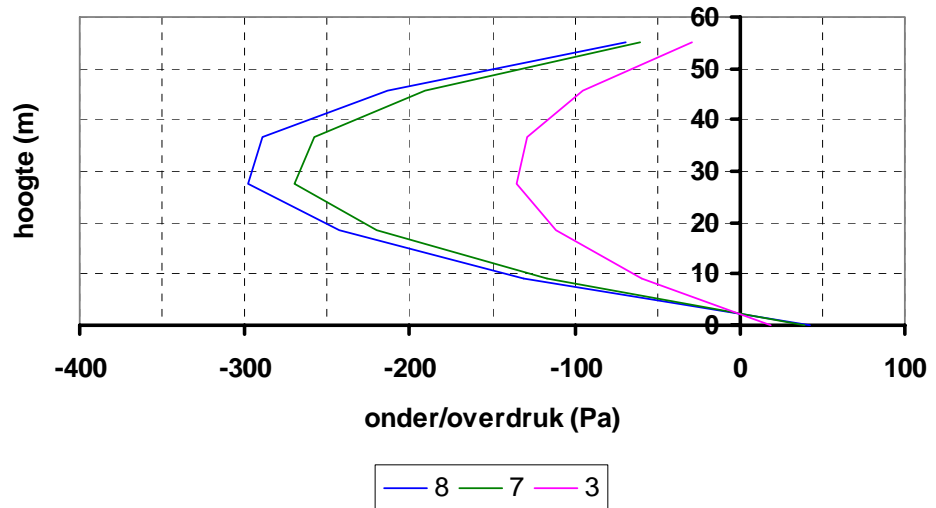


figuur D3: Drukverloop bij standleidinghoogte van 150 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

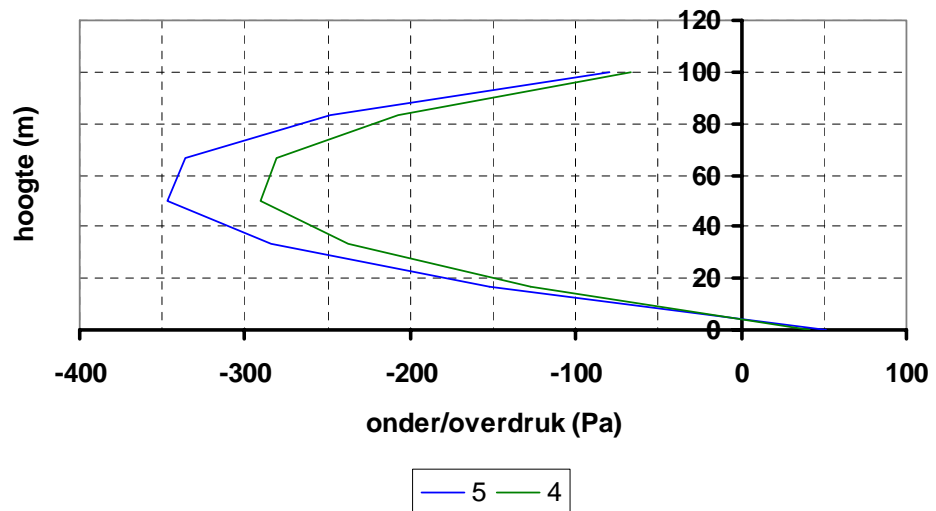


figuur D4: Drukverloop bij standleidinghoogte van 200 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

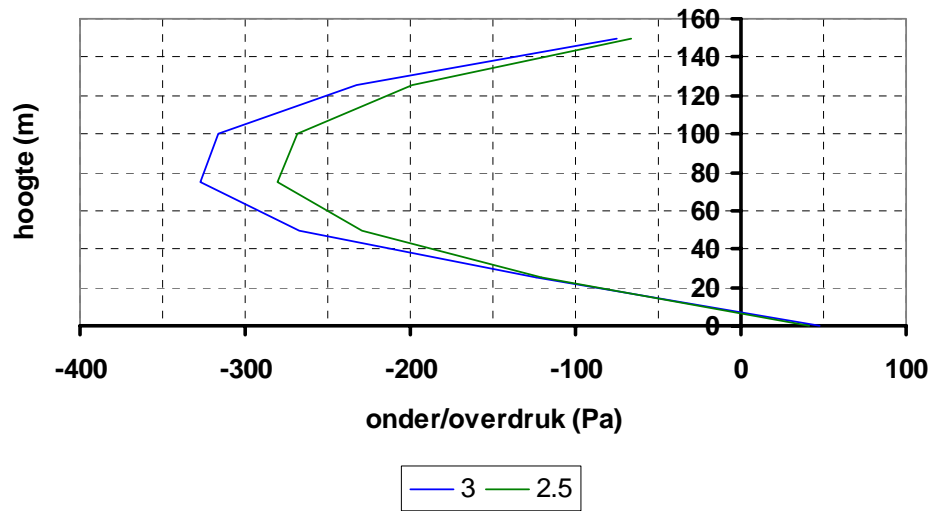
bijlage E: Drukverloop over de hoogte van de standleiding bij een primair rioleringsysteem met Sovent aansluitstukken met een inwendige diameter van de standleiding van 100mm



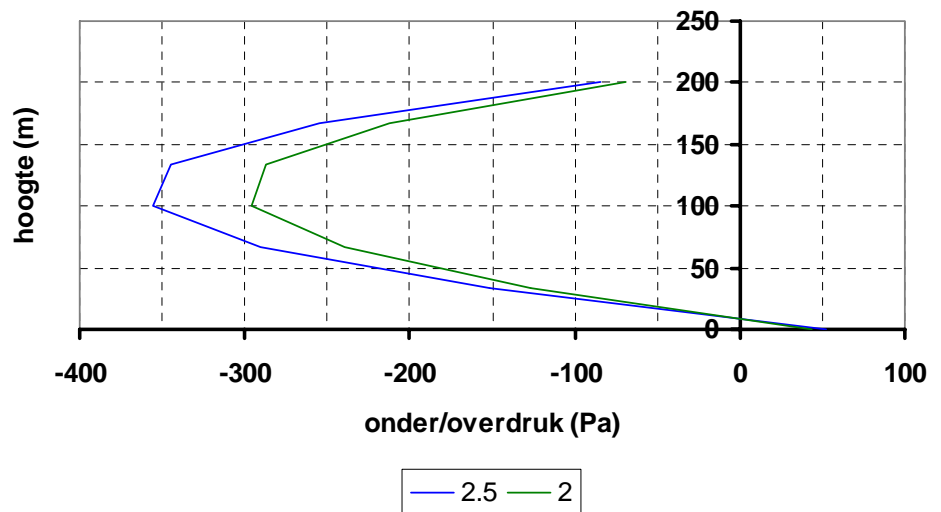
figuur E1: Drukverloop bij standleidinghoogte van 55 m met als parameter de constante belasting (in l/s).



figuur E2: Drukverloop bij standleidinghoogte van 100 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

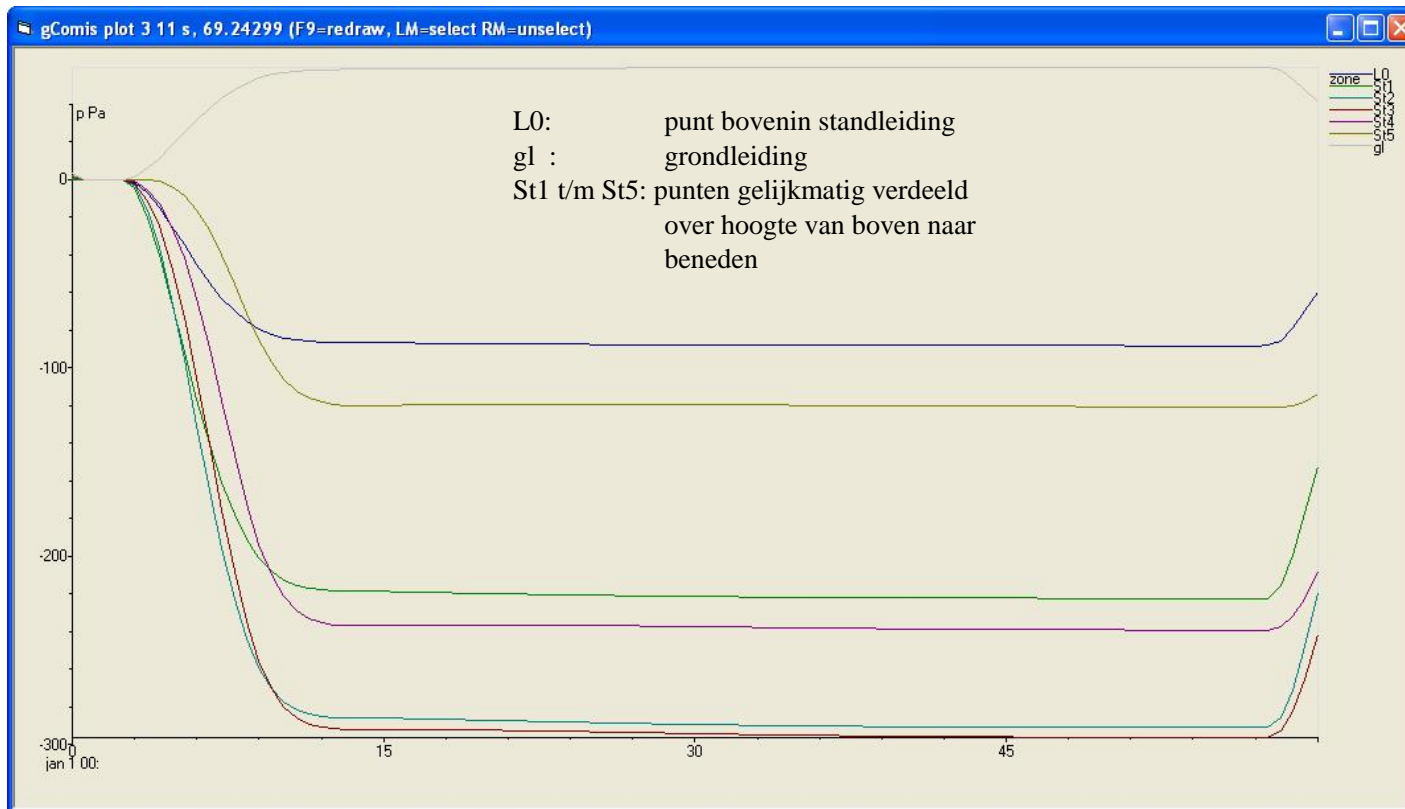


figuur E3: Drukverloop bij standleidinghoogte van 150 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

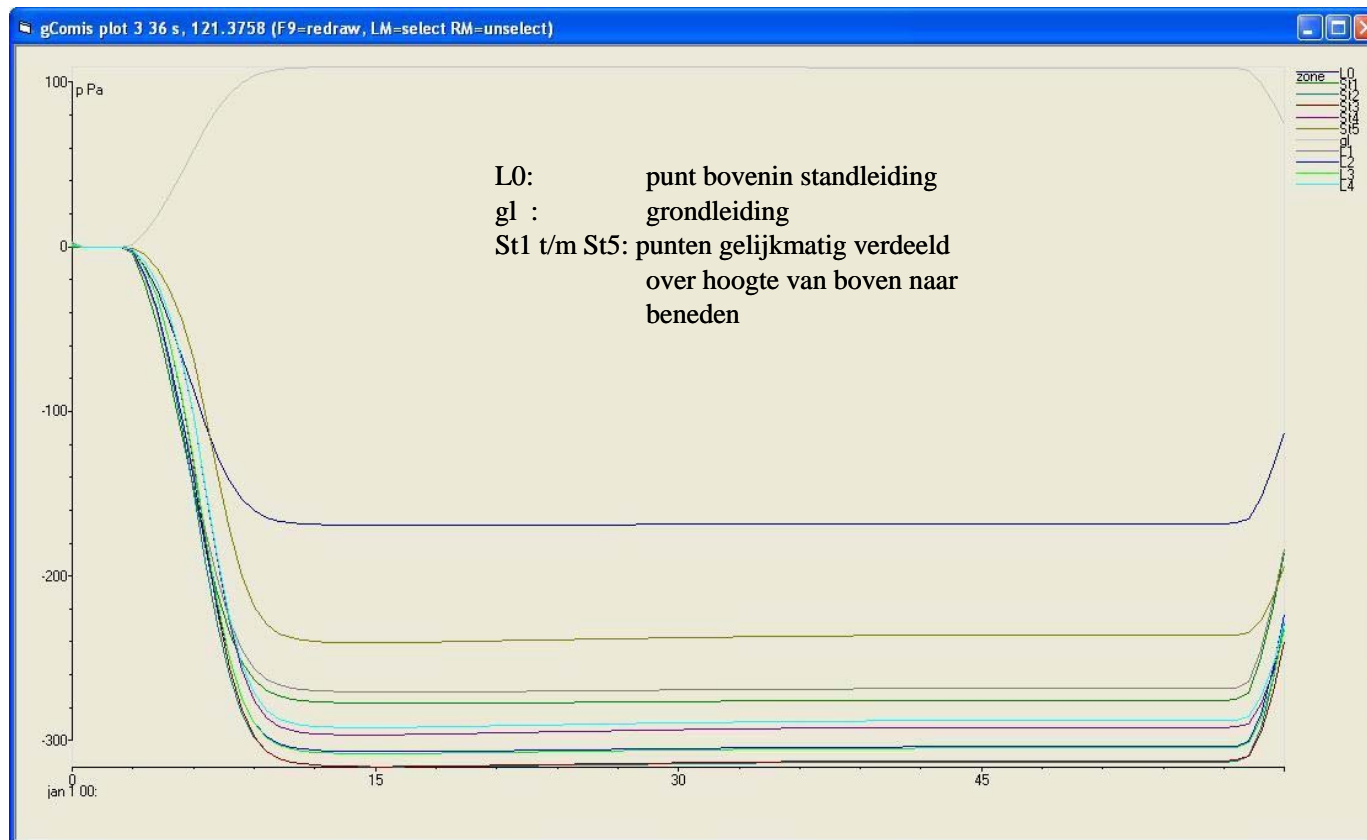


figuur E4: Drukverloop bij standleidinghoogte van 200 m met als parameter de constante belasting (in l/s).

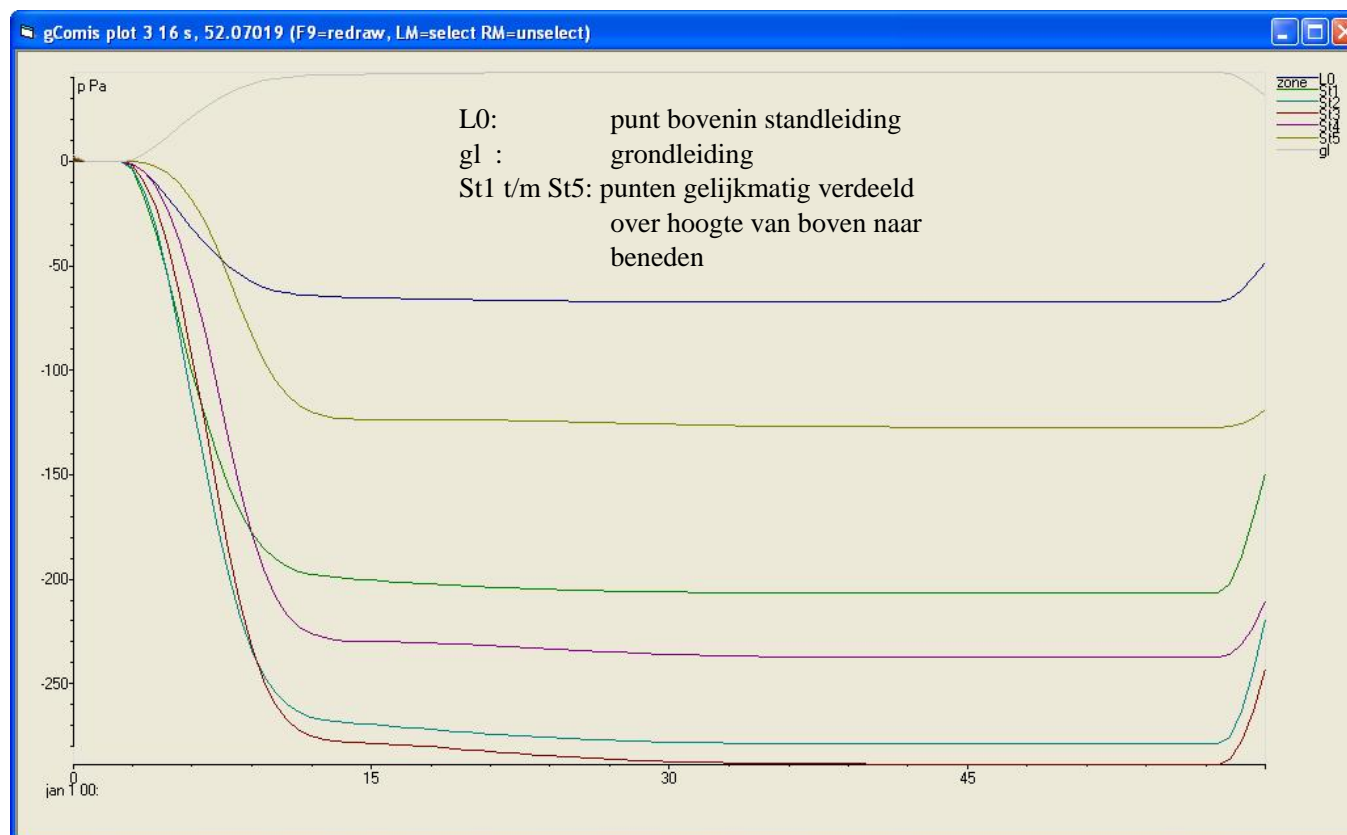
bijlage F: Gesimuleerde drukverschillen in de tijd voor de beschouwde rioleringsystemen bij een gebouwhoogte van 100 m en inwendige diameter standleiding van 100 mm



figuur F1: Gesimuleerde drukverschillen bij primair rioleringsysteem en constante belasting van 1,5 l/s.



figuur F2: Gesimuleerde drukverschillen bij direct parallel rioleringsstelsel en constante belasting van 3,4 l/s.



figuur F3: Gesimuleerde drukverschillen bij primair rioleringsstelsel met Sovent aansluitstukken en constante belasting van 4,0 l/s.