



Invloed systeemvariabelen op transportafstand fecale stoffen in gebouwriolering

uitgave 2019



Technisch Rapport ST - 38 C



Aan de totstandkoming van deze rapportage van de Expertgroep Sanitaire Technieken hebben meegewerkt:

Auteur

Will Scheffer

Verwerkte commentaren

Ing. Eric van der Blom

Ing. Walter van der Schee

Datum

september 2019



INHOUD

| | |
|--|----|
| Algemeen | |
| Het transportmechanisme (ST-12) | 2 |
| Bepalende factoren transportafstand (ST-12 / ST-38 / PERC USA) | 2 |
| Doel van het rapport | 2 |
| 1 Spoelvolumen | 4 |
| 2 Stromingssnelheid/basisafvoer | 13 |
| 3 Naspoelvolumen | 16 |
| 4 Afschot | 18 |
| 5 Toiletpapier | 26 |
| 6 Diameter | 30 |
| Simulaties voorstel A van ST-38 | 34 |
| Kanttekeningen | 37 |
| Eindconclusies | 40 |
| Literatuur | 41 |
| Personen waarvan commentaren zijn verwerkt | 41 |



ALGEMEEN

Het transportmechanisme (ST-12)

Bij een lozing met vaste stoffen in een leidingsysteem van de gebouwriolering zijn enkele kenmerkende fases te onderscheiden in de liggende leiding en in het transportmechanisme van de vaste stoffen in de liggende leiding.

In fase 1 stromen met relatief veel geweld de vaste stoffen met het afvalwater uit de closetpot. De snelheid van het water neemt sterk af door allerlei vertragingen en weerstanden, waardoor ook de vaste stof een vertraging ondergaat.

De afmetingen van de vaste stoffen zijn relatief groot t.o.v. de diameter van de leiding waardoor het water achter de vaste stof enigszins wordt opgehouden. Deze opstuwning heeft een positief effect op de snelheid van de vaste stof.

In fase 2 wordt de snelheid van de vaste stof bepaald door de zwaartekracht op de vaste stof, de stuwkracht als gevolg van de waterstanden ter weerszijde op de vaste stof en de wrijvingskracht langs de buiswand (evenredig met de snelheid in het kwadraat). De gelijktijdige werking van deze 3 krachten veroorzaakt een dalende snelheid van de vaste stof.

Na enige tijd is het meeste water de vaste stof gepasseerd (fase 3) en neemt de snelheid dermate af dat een kleine oneffenheid van de leidingwand, een verbinding, bocht of een knik ervoor kan zorgen dat de vaste stof tot stilstand komt. De totale afstand gerekend vanuit het lozingstoestel tot de plek van stilstand in de liggende leiding wordt de transportafstand genoemd.

Bepalende factoren transportafstand (ST-12 / ST-38 / PERC USA)

De transportafstand van vaste stoffen in een liggende leiding wordt door een aantal factoren bepaald:

1. spoelvolumen (Flush Volume)
2. stromingssnelheid/basisafvoer (Flush Rate)
3. naspoelvolumen (Trailing Water)
4. afschot liggende leiding (Slope)
5. toiletpapier (Toilet paper)
6. diameter/middellijn afvoerleiding (Pipe Diameter).

Bij de testen zijn de volgende factoren eveneens bepalend:

- de eigenschappen van de testmedia/spoellichamen (zwaarte, drijvend, zwevend, grootte);
- het aantal spoelbeurten.

Doel van het rapport

In de afgelopen twee decennia heeft de TVVL in samenwerking met Techniek Nederland (voorheen Uneto-VNI) voorstudies uitgevoerd naar de effecten van waterbesparende closets op het ontwerp van de gebouwriolering. De eerste voorstudie richtte zich op de reductie van het spoelvolumen van 9 l naar 6 l. De aanbevelingen van die voorstudie, vastgelegd in het TVVL rapport ST-7, hebben geleid



tot een aanpassing van NEN 3215 (2002). In de daaropvolgende voorstudies (ST-12, ST-14 en ST-38) zijn de effecten bestudeerd van closets met een spoelvolume kleiner dan 6 l (lees: 'met een spoelvolume van 4 l') op het ontwerp van de gebouwriolering. Die hebben nog niet tot aanbevelingen geleid voor een aanpassing van NEN 3215. Wel zijn in het TVVL rapport ST-38 ontwerprichtlijnen voorgesteld om daarmee in de praktijk pilots uit te voeren. Tot op heden hebben geen pilots plaatsgevonden. Wel zijn op basis van die ontwerprichtlijnen (voorstellen A en B) in opdracht van de TVVL simulaties uitgevoerd door Harriot-Watt University (UK). Het eindrapport van die simulaties is in 2019 beschikbaar gekomen.

Door de Plumbing Efficiency Research Coalition (PERC, USA) zijn in de periode 2012–2016 onderzoeken uitgevoerd naar de effecten van waterbesparende closets op lange afvoerleidingen van de gebouwriolering in utiliteitsgebouwen. Concreet waren de onderzoeken gericht op het identificeren van een omslagpunt waarbij vermindering van waterstromen potentieel tot chronische verstoppingen kan leiden. Tevens rangschikte de studies systeemvariabelen, zoals spoelvolume, afschot, leidingdiameter, closetontwerp karakteristieken en toiletpapier, voor de invloed op het transport van vaste afvalstoffen. De onderzoeksresultaten zijn tijdens meerdere CIB W062 symposia gepresenteerd. Voor een uitgebreid begrip van de testprocedures, bevindingen en aanbevelingen van de PERC onderzoeken is het van belang om de eindresultaten in de rapporten van PERC fase 1 en 2 te lezen die respectievelijk in 2012 en 2016 zijn gepubliceerd.

Doel van dit rapport is, ondanks de verschillen in opzet en uitgangspunten van de TVVL voorstudies en de onderzoeken van de PERC, om een beter inzicht te krijgen in de haalbaarheid van de ontwerprichtlijnen van voorstel A in het TVVL rapport ST-38.

In dit rapport zijn per systeemvariabele, zoals die door de PERC zijn benoemd, de meest relevante gedeelten uit de verschillende rapporten op een rijtje gezet en zijn de belangrijkste bevindingen per systeemvariabele kort samengevat.

De door Harriot-Watt University uitgevoerde simulaties van voorstel A van rapport ST-38 zijn geanalyseerd en betrokken bij de eindconclusies.



1. SPOELVOLUME (Flush Volume)

ST-7 VERZAMELEIDING (onderzoek effecten 6 l closetspoeling tot aan standleiding - 2000)

Spoelvolume

- Traditionele closets verbruiken per spoeling gemiddeld 9 l om fecale stoffen weg te spoelen
- Als waterbesparende closet wordt genoemd de closetspoeling met een volume van 6 l (met een spoelkeuze naar 3 l)
- Uit een onderzoek in 1981 naar de transportafstand van vaste stoffen door DHV is gebleken dat de invloed van de hoeveelheid geloosd water een belangrijke invloed heeft op de transportafstand van de vaste stoffen. Het verband tussen de transportafstand en de hoeveelheid geloosd water is min of meer recht-evenredig te beschouwen.
- Voor het spoelvolume geldt dat er altijd een minimum transportafstand van 2 á 3 m is, onafhankelijk van de grootte van het spoelvolume.
- De reductie van het spoelvolume van 9 l naar 6 l werkt ongunstig op de transportafstand en in nog sterkere mate op de mogelijkheid van opnieuw transporteren van bezonken vaste stoffen. De kritische grens voor het opnieuw transporteren ligt in de orde van 8 l volgens reeds uitgevoerd onderzoek in 1981. Met name bij lange leidinglengtes zonder veel andere aangesloten lozingstoestellen kan dit een probleem worden. Deze kritische grens wordt ook bevestigd in het beperkte ST-7 onderzoek naar de transportafstand.
- De "vaste stof" wordt met de eerste spoeling van 6 l (in het beperkte ST-7 onderzoek) in de meeste gevallen over een afstand van 4 - 7 m getransporteerd. De volgende 2 tot 4 closetspoelingen zorgen ervoor dat de "vaste stof" verder getransporteerd wordt door de volledig liggende leiding van 12 m.
- De Bedrijfsgroep Riolservice & Technieken (BRT) van de VNI (thans Techniek Nederland) ziet geen direct verband tussen het optreden van verstoppingen in liggende leidingen en het gebruik van closets met een spoelvolume van 6 l. Het gebruik van een closet met een spoelvolume van 4 l is dermate marginaal dat daar nog geen ervaringen mee bekend zijn.
- Bevinding: een spoelvolume minder dan 6 l is te gering om de "vaste stof" adequaat uit de liggende leiding te spoelen met één of meerdere spoelingen
- Conclusie: bij waterbesparende closets met een spoelvolume van 6 l dient extra aandacht besteed te worden aan de maximaal toe te passen leidinglengte van de aansluitende liggende leiding. Om verstoppingen te voorkomen is het raadzaam om de leidinglengte te maximeren tot 12 meter.
- Aanbeveling: het toepassen of stimuleren van een closet met een spoelvolume minder dan 6 l moet binnen het kader van het Bouwbesluit en NEN 3215 worden afgeraden, zolang niet is aangetoond dat dit een gelijkwaardige oplossing is.

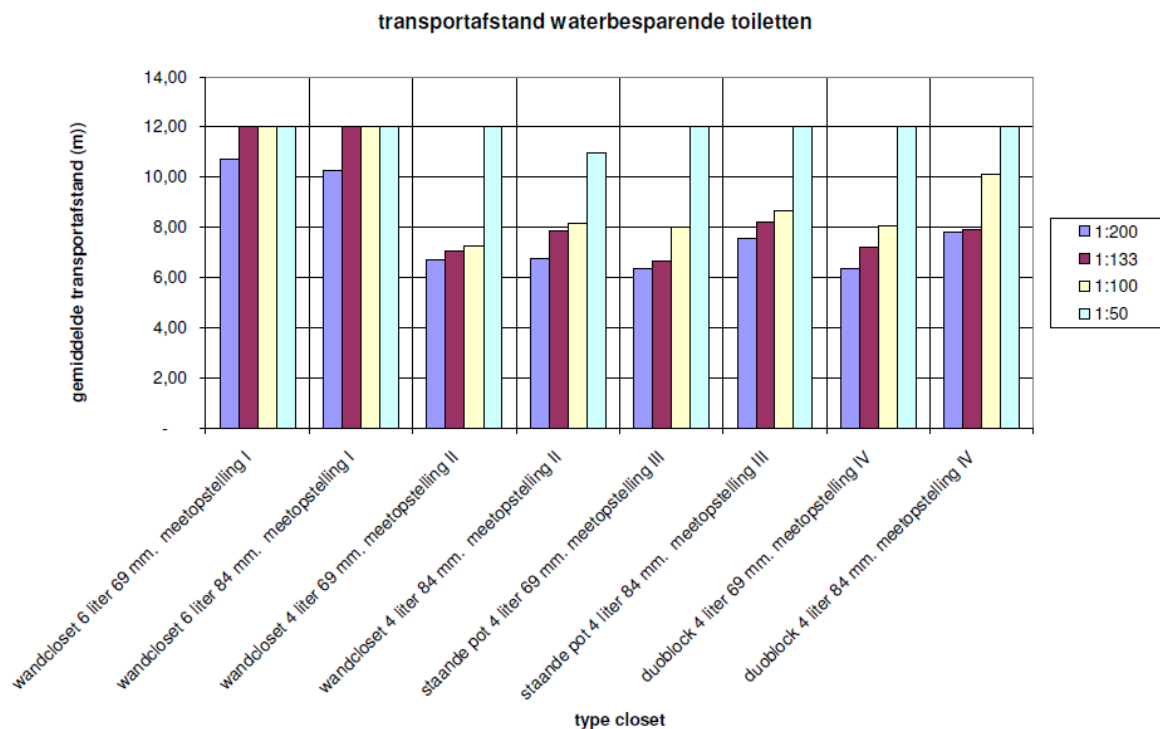
ST-12 VERZAMELEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling tot aan standleiding - 2005)

Spoelvolume

- Traditionele closets gebruiken per spoeling gemiddeld 9 l om fecale stoffen weg te spoelen. Voor nieuwbouw is inmiddels de waterbesparende closetspoeling met een volume beperkt tot 6 l tot standaard verheven. Op de markt zijn reeds enkele type closets verschenen met een spoelvolume van 4 l. In het buitenland wordt al geëxperimenteerd met spoelingen van 3 en zelfs 2 l.
- Nu op de markt reeds enkele type closets zijn verschenen met een spoelvolume van 4 l, dringt zich de vraag op of een verdere beperking van het spoelvolume mogelijk is in het in Nederland toegepaste rioleringssysteem



- Het verband tussen de transportafstand en de hoeveelheid geloosd water is min of meer recht-evenredig te beschouwen. Bij toenemend spoelvolume neemt de transportafstand toe
- De referentie van 6 l gaat uit van een inwendige diameter van 84 mm, een spoelvolume van 6 l en als spoellichaam twee verzwaarde sponzen. De meetresultaten van de referentiesituatie kunnen als volgt worden samengevat:
Bij een afschot van 1:200 (0,5 cm/m) is de minimale transportafstand 3 m bij de eerste spoelbeurt en 9 m bij de tweede spoelbeurt.
Bij een steiler afschot (1:133 tot 1:50) is de transportafstand bij de eerste spoelbeurt al snel 8 m en wordt in de tweede spoelbeurt altijd een afstand van 12,20 m bereikt. In de referentie treedt geen hydraulische afsluiting op in eerste of tweede (stroom)bocht.
- De resultaten van de metingen met 4 l spoeling geven aan dat de transportafstand bij een 4 l spoeling, beduidend lager ligt, dan bij een 6 l spoeling. In onderstaand figuur zijn de gemiddelde transportafstanden weergegeven na maximaal 3 spoelbeurten.



ST-14 GRONDLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling op verzamelleiding benedenstrooms de standleiding - 2007)

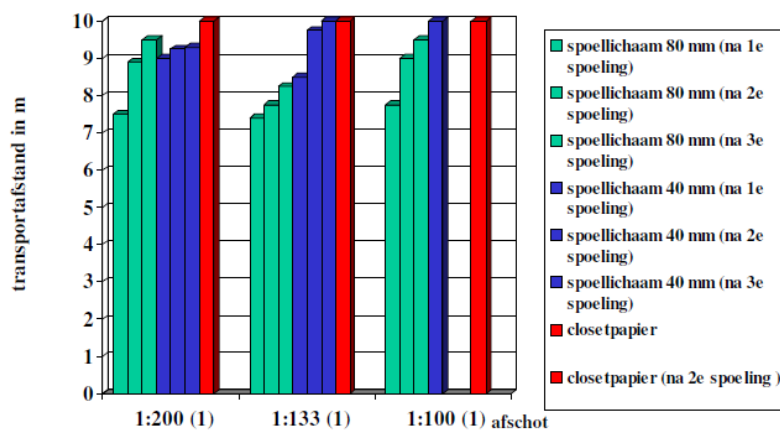
Spoelvolume

- De conclusie van het onderzoek luidt dat het gebruik van een spoelvolume van 4 l in een grondleiding, uitgevoerd overeenkomstig NEN 3215, geen gelijkwaardige transportafstand geeft ten opzichte van een 6 l spoeling. De transportafstand reikt veelal niet verder dan 5 tot 6 m na drie spoelbeurten.
- De referentie van 6 l gaat uit van een inwendige diameter 84 mm, een spoelvolume van 6 l en als spoellichaam twee verzwaarde sponzen. De gemiddelde meetresultaten van de referentiesituatie kunnen in zijn algemeenheid als volgt worden samengevat:
Bij een afschot van 1:200 (0,5 cm/m) is de minimale transportafstand 7 - 8 meter bij de eerste spoelbeurt en 9 meter bij de tweede spoelbeurt.
Bij een steiler afschot (1:133 tot 1:100) is de transportafstand bij de eerste spoelbeurt

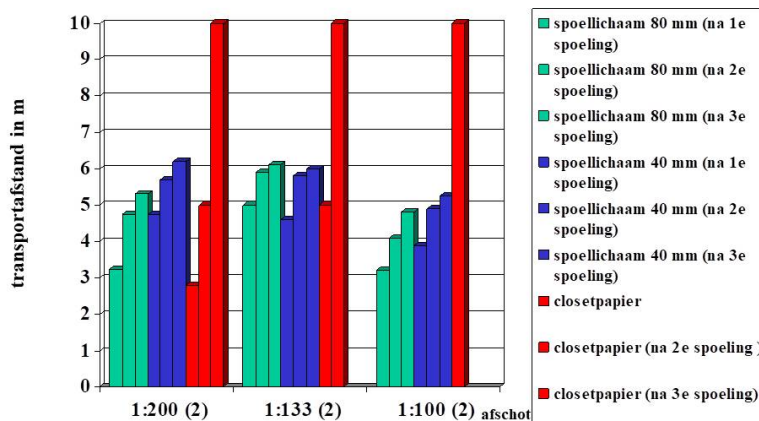


eveneens 7 - 8 meter en bij de tweede spoelbeurt wordt bij 1:100 eveneens 9 meter bereikt. Bij gehalveerde spoellichamen (0.04 m) neemt de transportafstand beduidend toe ten opzichte van de hele spoellichamen (0,08 m) en wordt bij de eerste spoeling al een afstand van 9 meter bereikt (1:200).

- De resultaten van de metingen met 4 l spoelingen geven aan dat de transportafstand bij een 4 l spoeling, beduidend lager ligt, dan bij een 6 l spoeling. Bij een afschot van 1: 200 wordt een gemiddelde transportafstand van 3 – 4,5 meter bereikt en na de 2^e en 3^e spoeling neemt de transportafstand slechts gering toe tot afstand van 5 – 6 meter. Bij een afschot van 1: 133 neemt de gemiddelde transportafstand nauwelijks toe en na meerdere spoelingen blijft de totaalafstand tot 6 meter beperkt. Bij een afschot van 1:100 nemen de gemiddelde transportafstanden zelfs af.

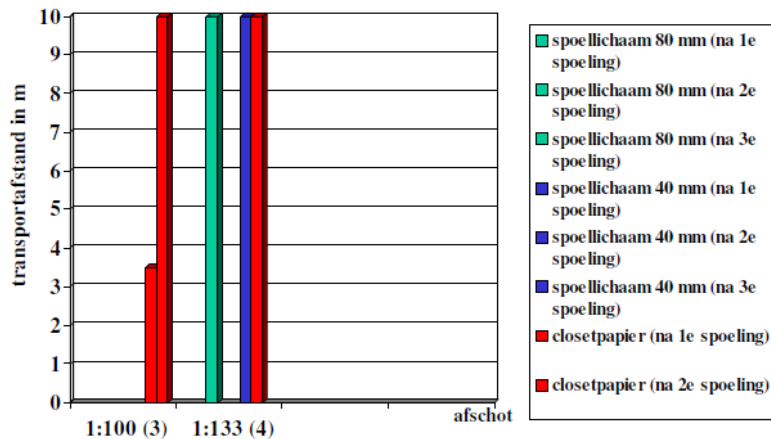


Eerste serie referentiemetingen (1): **spoelvolume 6 liter**, grondleiding d = 90 mm
Metingen 1: 200 (2a en 6a), 1:133 (3a en 7a), 1:100 (4a en 8a)



Tweede serie metingen: **spoelvolume 4 liter**, grondleiding d = 90 mm
Metingen 1: 200 (2d en 6d), 1:133 (3d en 7d), 1:100 (4d en 8d)

- Een zeer positief effect geeft de lozing van een constante stroom (bijvoorbeeld een bad of douche) in combinatie met een closetspoeling, hiermee wordt een transportafstand van 10 meter bereikt



Derde en vierde serie metingen, spoelvolume 4 liter, grondleiding d = 90 mm:

(3) ter controle van meting 8c

(4) in combinatie met een constante stroom van douche

ST-38 GEBOUWRIOLERING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling - 2016)

Spoelvolume

- Het spoelvolume van closets is met de jaren afgenomen van de traditionele 9 l naar de standaard 6 l. Uit eerdere onderzoeken is gebleken dat een spoelvolume van 6 l niet tot problemen hoeven te leiden indien gebouwriolering juist is aangelegd. Echter wanneer dit niet het geval is, wordt de kans op verstoppingen groter. Door de afname van spoelvolume is de robuustheid van het systeem afgenomen waardoor het systeem vatbaarder wordt voor (gedrags-)veranderingen.
- In het buitenland zijn ook al ontwikkelingen met closetspoelingen kleiner dan 4 l. Dit gaat van 3,8 l in Japan tot 2,5 l in Zweden
- Het toepassen van een spoelvolume minder dan 6 l zonder aanpassing van het rioleringssysteem leidt tot een groter risico op verstoppingen als gevolg van onvoldoende transportafstand van fecale stoffen, aangroei van vervuiling op de binnenwanden, toename van rioolvliegjes in de leidingen die kunnen ontsnappen door leeggetrokken watersloten en bij het ontstoppen van afvoerleidingen. Een toename van het directe contact tussen het rioolmilieu en binnenmilieu kan een bedreiging zijn voor de volksgezondheid, met name in woongebouwen.
- Uit onderzoeken is gebleken dat spoelvolumes minder dan 6 l geen gelijkwaardige transportafstand bieden ten opzichte van een 6 l spoelvolume. Uit de onderzoeken is echter ook gebleken dat toepassingen van een spoelvolume minder dan 6 l mogelijk is bij een leidingconfiguratie met:
 - een beperkte lengte tussen closets en standleiding;
 - een beperkte som richtingsverandering in die liggende leiding;
 - een juiste ontwerpdiameter;
 - een voldoende afschot
- De studie beperkt zich tot klasse 1 van de spoelreservoirs, hetgeen in Nederland wordt toegepast.
 - klasse 1: betreft closetreservoirs vooral bedoeld voor het Europees continent;
 - klasse 2: betreft closetreservoirs die aansluiten bij de regelgeving, markteisen en toepassing in het Verenigd Koninkrijk;
- De klassen zijn onderverdeeld naar type, afhankelijk van het spoelvolume. De onderverdeling naar type is opgenomen in tabel 1.1. Volgens de vigerende wetgeving mag in



Nederland geen type 5 of 4 worden toegepast, tenzij gelijkwaardigheid is aangetoond. Type 4 betreft een van meer dan 4 liter (4 tot 4,5 l).

Tabel 1.1. Type indeling closetreservoirs volgens EN 14055

| type | spoelvolumen (l) | | | |
|------|--------------------|---------|--------------------------------|---------|
| | volledige spoeling | | waterbesparende (duo) spoeling | |
| | minimum | maximum | minimum | maximum |
| 9 | 8,5 | 9,0 | 3,0 | 4,5 |
| 7 | 7,0 | 7,5 | 3,0 | 4,0 |
| 6 | 6,0 | 6,5 | 3,0 | 4,0 |
| 5 | 4,5 | 5,5 | 3,0 | 4,0 |
| 4 | 4,0 | 4,5 | 2,0 | 3,0 |

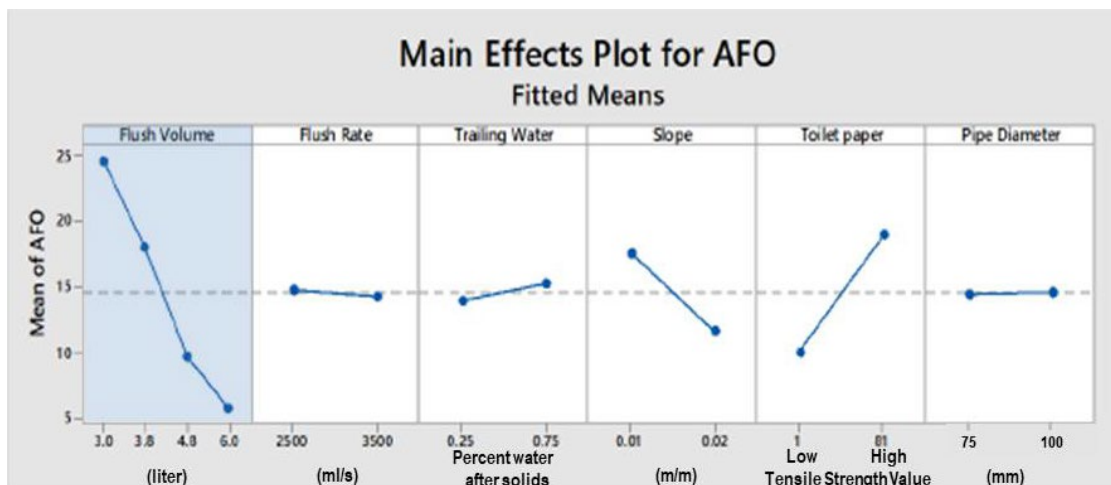
- Het is gebleken dat in Duitsland voornamelijk gespoeld wordt met een volume van 4,5 liter in plaats van 4 liter
- De Europese norm EN 997:2012 specificeert het test-spoelvolumen per type closet. Dit is opgenomen in tabel 4.7.

Tabel 4.7. Test-spoelvolumen per type closet volgens EN 997

| type | nominaal spoelvolumen (l) | spoelvolumen (minimum) | spoelvolumen (maximum) |
|------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 9 | 9 | 8,9 | 9,0 |
| 7 | 7 | 6,9 | 7,0 |
| 6 | 6 | 6,0 | 6,1 |
| 5 | 5 | 4,5 | 5,0 |
| 4 | 4 | 3,9 | 4,0 |

- Een verkeerde combinatie van de closetpot en het closetreservoir kan een negatieve invloed hebben op de transportafstand. Hoe het water verdeeld en afgevoerd wordt, is bepalend of de closetpot wordt schoon gespoeld. Bij een spoeling kleiner dan 6 liter moet ook een bijbehorende closetpot worden toegepast. De maximale transportafstand wordt bepaald door de zwakste combinatie van reservoir en closetpot. Niet iedere combinatie van reservoir en closetpot wordt echter getest.

ONDERZOEK PERC (2012-2016):



Primaire resultaten effectenplot van alle data (onderzoeksfase 1 en 2): Flush Volume



AFO (Average Flushes to Out) - In de testopstelling werd elke testmedia-injectie gevolgd op gegevensbladen terwijl deze zich een weg baanden in de testopstelling van 41 m. AFO is het gemiddelde aantal spoelingen dat nodig was voor een individuele injectie van testmedia om de course in een test run uit te voeren. Hogere AFO-nummers duiden op moeilijkheden bij het verplaatsen van de vaste stoffen door de testopstelling. Omgekeerd geven lagere AFO-scores aan dat het medium in de testopstelling betrouwbaarder en overzichtelijker beweegt.

- In de PERC studies zijn de volgende spoelvolumes betrokken: 3 - 3,8 - 4,8 en 6 l.
- In onderstaande tabel zijn deze spoelvolumes zo dicht mogelijk geplaatst naast die van vergelijkbare spoelvolumes volgens de Europese normen voor closetreservoirs en closets (ST-38)

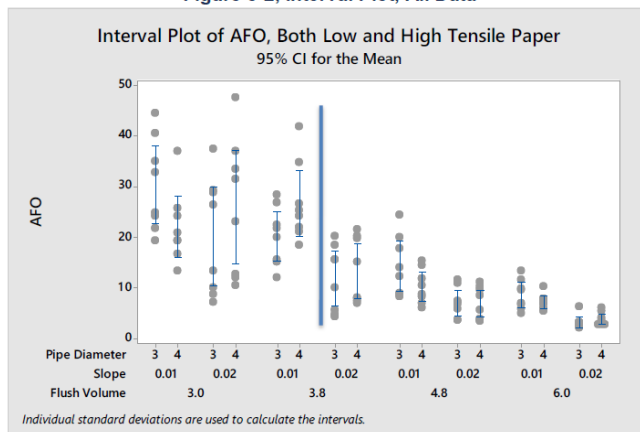
| PERC spoelvolume (l) | Closetreservoirs EN 14055 | | | Closet EN 997 | | |
|----------------------|-------------------------------|--------------------|------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| | nominaal spoelvolume (l) type | volledige spoeling | | nominaal spoelvolume (l) type | spoelvolume (l) min. | spoelvolume (l) max. |
| | | min. | max. | | | |
| 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 | 6,0 | 6,0 | 6,1 |
| 4,8 | 5,0 | 4,5 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 5,0 |
| 3,8 | 4,0 | 4,0 | 4,5 | 4,0 | 3,9 | 4,0 |
| 3,0 | | | | | | |

- Zoals bovenstaande effectenplot laat zien is het spoelvolume een van de duidelijke significante systeemvariabele voor de prestatie van de transportafstand van fecale stoffen in de gebouwriolering.
Hoe verticaler de lijn is, des te groter het effect van de systeemvariabele.
- Hoewel alle spoelvolumeverminderingen duidelijk significant zijn, zijn de belangrijkste significante reducties gelegen tussen de 4,8 en 3,8 l.
- De helling van de plot is tussen 6 en 4,8 l het minst, wat aangeeft dat deze reductie het minst significant was in de studie naar de spoelvolume-reductie.
- Als het spoelvolume vermindert neemt de gevoeligheid voor het afschot toe. Het begint zich te manifesteren bij 4,8 l.
- In onderstaande intervalplot zakt de data eerst door het spoelvolume. Een significante afname in de prestatie van de transportafstand is te zien tussen 4,8 en 3,8 l spoelvolume. De blauwe lijn geeft het kantelpunt aan.



Invloed systeemvariabelen op transportafstand fecale stoffen in gebouwriolering

Figure 3-2, Interval Plot, All Data



- M.u.v. de test runs uitgevoerd met een afschot van 1:50 (0.020) en met gebruik van toiletpapier met lage treksterkte, voorspellen onderstaande oppervlakteplots beduidend slechtere prestaties als men van 4,8 naar 3,8 liter spoelvolumen gaat (zie figuren 4-1 en 4-2).

Figure 4-1, Surface Plot for AFO, High Tensile Strength Paper Data Only

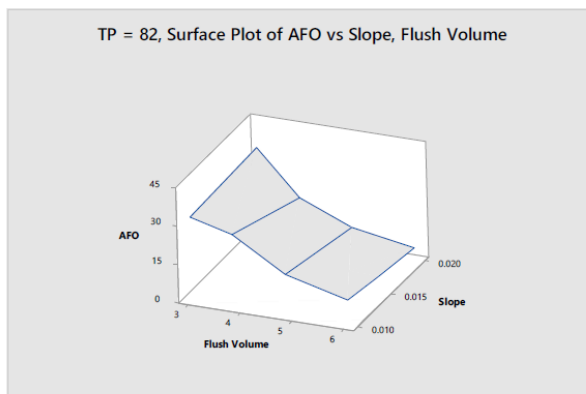
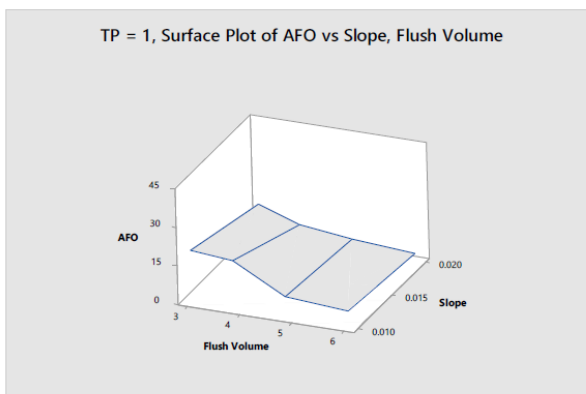


Figure 4-2, Surface Plot for AFO, Low Tensile Strength Paper Data Only



- PERC raadt het gebruik van 3,8 l (of minder) closets niet aan voor de utiliteitsbouw met lange verzamelleidingen waarop geen extra lange duurstromen uit andere lozingstoestellen plaatsvinden om het transport van fecale stoffen te ondersteunen.



SAMENVATTING VAN BEVINDINGEN TVVL ST-VOORSTUDIES EN PERC-ONDERZOEK OVER SPOELVOLUME:

In het ST-7 rapport staat dat het verband tussen de transportafstand en de hoeveelheid geloosd water min of meer recht-evenredig is te beschouwen. De PERC effectenplot van alle data ondersteunt die beschouwing.

ST-7 (2000): De "vaste stof" wordt met de eerste spoeling van 6 l in de meeste gevallen over een afstand van 4 - 7 m getransporteerd. De volgende 2 tot 4 closetspoelingen zorgen ervoor dat de "vaste stof" verder getransporteerd wordt door de volledig liggende leiding van 12 m.

ST-12 (tot aan standleiding, 2005):

Referentie 6 l, inwendige diameter 84 mm, testmedia twee verzwaarde sponzen.

Bij afschot 1:200 (0.005) is na max. 3 spoelbeurten de transportafstand gemiddeld 10,5 tot 11 m (afhankelijk van uitvoering closet).

Bij afschot van 1:133 (0.0075) t/m 1:50 (0.02) is na max. 3 spoelbeurten de transportafstand gemiddeld 12 m (lengte testleiding).

ST-12: Resultaten 4 l spoeling zijn beduidend lager dan bij 6 l spoeling.

Bij afschot 1:200 (0.005) is na max. 3 spoelbeurten de transportafstand gemiddeld 6,5 tot 8 m (afhankelijk van uitvoering closetpot).

Bij afschot van 1:133 (0.0075) en 1:100 (0.01) is na max. 3 spoelbeurten de transportafstand gemiddeld 8 - 10 m (afhankelijk van uitvoering closetpot).

Bij afschot van 1:50 (0.02) is na max. 3 spoelbeurten de transportafstand 11 – 12 m (afhankelijk van uitvoering closetpot).

ST-14: (grondleiding, 2007):

Referentie 6 l, inwendige diameter 84 mm, testmedia twee verzwaarde sponzen.

Bij afschot van 1:200 (0.005) t/m 1:100 (0.01) is de minimale transportafstand 7 – 8 m bij de eerste spoelbeurt en 9 m bij de 2^e spoelbeurt.

Bij gehalveerde testmedium (0.04 m) neemt de transportafstand beduidend toe t.o.v. het hele testmedium (0,08 m) en wordt bij de 1e spoeling een afstand van 9 m bereikt (1:100), en 10 m (lengte testleiding) bij een afschot van 1:133 en de 3^e spoeling, en ook bij een afschot van 1:100 en de 1e spoeling.

ST-14:

Spoelvolumen 4 l in een grondleiding geeft geen gelijkwaardige transportafstand t.o.v. een 6 l spoeling. De transportafstand reikt veelal niet verder dan 5 - 6 m na drie spoelbeurten.

ST-7 (2000) , ST-12 (2005), ST-14 (2007) en ST-38 (2017):

Spoelvolumen 4 l in afvoerleidingen uitgevoerd overeenkomstig NEN 3215, geeft geen gelijkwaardige transportafstand t.o.v. een 6 l spoeling. De resultaten zijn beduidend lager.

Het toepassen of stimuleren van een closet met een spoelvolumen "minder dan 6 l"* moet binnen het kader van het Bouwbesluit en NEN 3215 worden afgeraden, zolang niet is aangetoond dat er sprake is van een gelijkwaardige oplossing.

**) Lees "van 4 l" omdat een 5 l spoeling in het kader van ST-7/12/15 niet is onderzocht.*

De PERC komt tot een soort gelijke conclusie en raadt het gebruik van 3,8 l closets (in dit rapport op een lijn gezet met 4 l Europese closets) niet aan voor de utiliteitsbouw met lange verzamelleidingen



Invloed systeemvariabelen op transportafstand fecale stoffen in gebouwriolering

waarop geen extra lange duurstromen** uit andere lozingstoestellen plaatsvinden om het transport van fecale stoffen te ondersteunen.

**) *Wel aanwezig in woningen.*

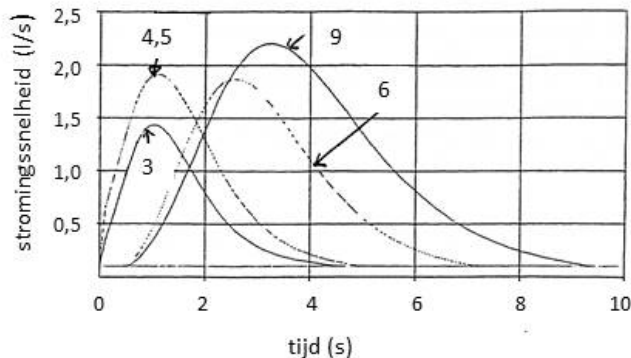


2. STROMINGSSNELHEID/BASISAFVOER (Flush Rate)

ST-7 VERZAMELEIDING (onderzoek effecten 6 l closetspoeling tot aan standleiding - 2000)

Basisafvoer

- Traditionele closets verbruiken per spoeling gemiddeld 9 l om fecale stoffen weg te spoelen. De bijbehorende basisafvoer is in NEN 3215 gesteld op 2 l/s voor een standaardcloset en 2,5 l/s voor een afzuigcloset.
- De basisafvoer van een waterbesparend closet is voor een reeks spoelvolumes gemeten en in figuur 5.1 weergegeven (Heriot-Watt Universiteit – CIB-W062-1998). Uit deze figuur is af te leiden dat bij een closetspoeling van 6 l de basisafvoer kan worden bijgesteld naar 1,75 l/s.

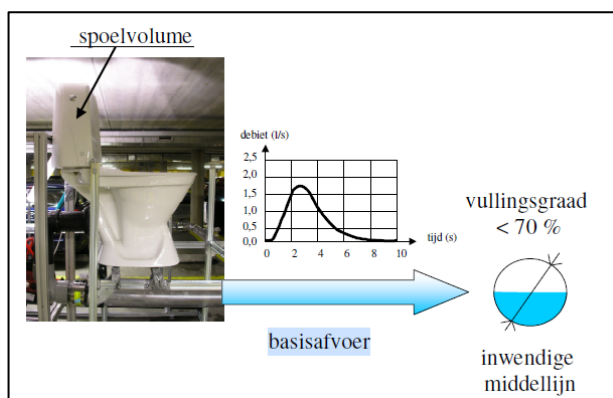


Figuur 5.1 Indicatieve lozingskarakteristieken bij closetspoelingen van 3-9 liter

ST-12 VERZAMELEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling tot aan standleiding - 2005)

Basisafvoer

- De grootte van de basisafvoer is in combinatie met het afschot en de inwendige diameter (middellijn) bepalend voor de vullingsgraad van een liggende leiding.



- In de literatuur worden enkele relaties gegeven tussen spoelvolume en basisafvoer. Aan de hand van de meetwaarden in de literatuur is een basisafvoer per spoelvolume bepaald in tabel 4.1.



Tabel 4.1 Basisafvoer per spoelvolumen

| Spoelvolumen | Basisafvoer | Verwijzing literatuur |
|--------------|-------------|-----------------------|
| 6 liter | 1,75 l/s | 8; A9; NTR 3216 |
| 4 liter | 1,6 l/s | A7; A14 |

- Volgens NTR 3216 (tabel 5.05b) past bij een basisafvoer van 1,60 l/s een inwendige diameter (middellijn) 84 mm voor de liggende (verzamel-)leiding bij een afschot van 1:200 (5 mm/m). Bij een steiler afschot zou gekozen kunnen worden voor een inwendige diameter van 69 mm (afschot \geq 1:67).

Tabel 4.2 Afvoercapaciteit verzamel- en grondleiding voor afvoer huishoudelijk afvalwater voor $f = 0,85$ zie tabel 5.05b NTR 3216

| Ontwerp- middellijn | 1:50 20 mm/m | 1:67 15 mm/m | 1:100 10 mm/m | 1:133 7,5 mm/m | 1:200 5 mm/m |
|------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|
| 69 | 1,974 | 1,709 | 1,396 | 1,209 | 0,987 |
| 84 | 3,347 | 2,899 | 2,366 | 2,049 | 1,674 |

ST-14 GRONDLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling op verzamelleiding benedenstreams de standleiding - 2007)

Basisafvoer

tabel 3.1 Normafvoeren voor toestellen in woningbouw volgens NEN 3215

| Toestel | Basisafvoer [l/s] |
|--|----------------------|
| - watercloset met spoelvolumen ≥ 6 l en < 7 l | 1,75 |
| - watercloset met spoelvolumen ≥ 7 l | 2,0 |
| - afzuigcloset | 2,5 |

ST-38 GEBOUWRIOLERING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling - 2016)

Basisafvoer

- In tabel 4.2 is de basisafvoer weergegeven zoals het in NEN 3215 is opgenomen voor closetspoelingen groter dan 7 l en tussen 6 en 7 l.

Tabel 4.2. Basisafvoer lozingstoestellen

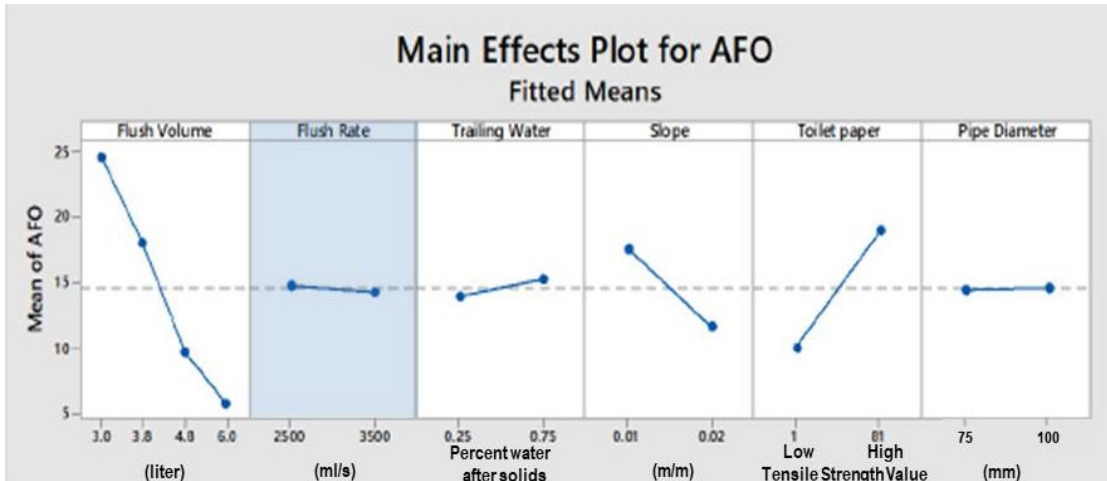
| lozingstoestel | basisafvoer (l/s) |
|----------------------------|-------------------|
| watercloset $\geq 6 < 7$ l | 1,75 |
| watercloset ≥ 7 l | 2 |

- Uit meetgegevens is gebleken dat de basisafvoer voor een watercloset met spoelvolumen van 4 liter 1,6 l/s bedraagt (ST-12). Voor de dimensionering van de gebouwriolering in Duitsland bedraagt de basisafvoer 1,8 l/s voor een spoelvolumen 4 - 4,5 l.
- Een verkeerde combinatie van de closetpot en het closetreservoir kan een negatieve invloed hebben op de transportafstand. Hoe het water verdeeld en afgevoerd wordt, is bepalend of de closetpot wordt schoon gespoeld. Bij een spoeling kleiner dan 6 l moet ook een bijbehorende closetpot worden toegepast. De maximale transportafstand wordt bepaald



door de zwakste combinatie van reservoir en closetpot. Niet iedere combinatie van reservoir en closetpot wordt echter getest.

ONDERZOEK PERC (2012-2016):



Primaire resultaten effectenplot van alle data (onderzoeksfase 1 en 2): Flush Rate

Flush Rate - De spoelinjectoren die in het PERC-testplan zijn gebruikt, zijn ontworpen om twee snelheden van water in de testopstelling af te geven. Deze stromingssnelheden werden geselecteerd om langzaam - en snelwerkende closets te repliceren die tegenwoordig op de markt zijn. De "hoge" stromingssnelheid, ingesteld op een piekstroom van ongeveer 3500 ml/sec (3,5 l/sec), is typerend voor een druk ondersteunend closet of een zwaartekrachtcloset met 3 inch uitlaat. De "lage" stromingssnelheid is ingesteld op 2500 ml/sec (2,5 l/sec), typisch voor een zwaartekracht sifonerend closet (afzuigcloset) met een 2-inch uitlaat.

- In fase 1 van het onderzoek bleek dat de stromingssnelheid geen significante invloed had op de transportafstand.
- De lange lengte van de testopstelling deed het voordeel van de stromingssnelheid teniet.

SAMENVATTING VAN BEVINDINGEN TVVL ST-VOORSTUDIES EN PERC-ONDERZOEK OVER STROMINGSSNELHEDEN (basisafvoeren):

NEN 3215 gaat uit van stromingssnelheden (basisafvoeren) 1,75 l/s (bij 6 l spoelvolumen), 2 l/s (bij 9 l spoelvolumen) en 2,5 l/s (bij afzuigclosets).

Het ST-12 rapport voegt daaraan 1,6 l/s aan toe (bij 4 l spoelvolumen).

Het PERC-onderzoek: 3,5 l/s en 2,5 l/s (afzuigcloset)

Opvallend is dat de lage stromingssnelheid van PERC gelijk is aan de hoge stromingssnelheid in NEN 3215.

In NEN 3215 (en NTR 3216) is geen directe relatie gelegd tussen de stromingssnelheden (basisafvoeren) vanuit closets en de maximum leidinglengte van een liggende afvoerleiding (tabel 4.2 van NTR 3216). Indirect is die relatie er wel via tabel 5.2 van NTR 3216 "Basisafvoeren".

Volgens PERC heeft de stromingssnelheid geen significante invloed op de transportafstand.



3. NASPOELVOLUME (Trailing Water)

ST-7 VERZAMELLEIDING (onderzoek effecten 6 l closetspoeling tot aan standleiding - 2000)

Naspoelvolumen

- Geen informatie

ST-12 VERZAMELLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling tot aan standleiding - 2005)

Naspoelvolumen

- Geen informatie

ST-14 GRONDLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling op verzamelleiding benedenstrooms de standleiding - 2007)

Naspoelvolumen

- Geen informatie

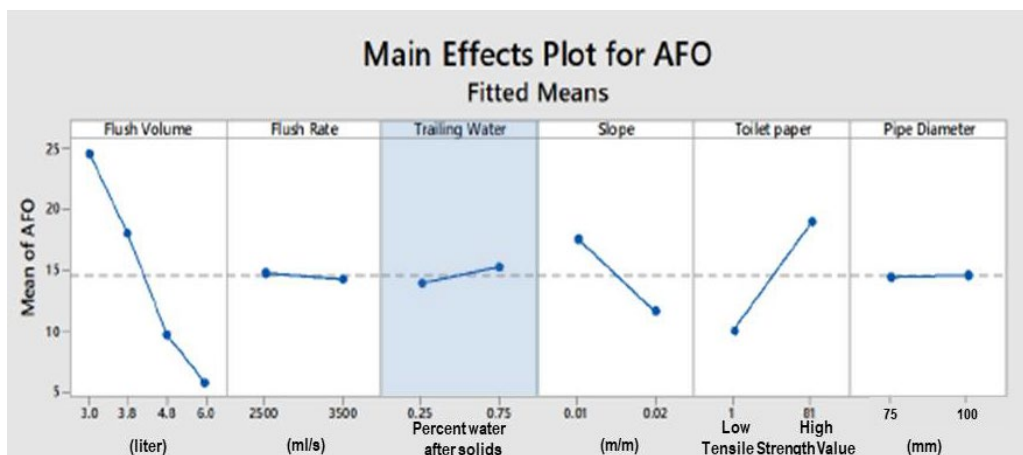
ST-38 GEBOUWRIOLERING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling - 2016)

Naspoelvolumen

- De Europese norm EN 997:2012 specificeert het test-spoelvolumen per type closet
- De spoeling van closets wordt getest op:
 1. schoonspoelen van de binnenkant (wash of bowl, 'zaagselproef');
 2. doorspoelen van closetpapier (flushing of closet paper);
 3. doorspoelen van vaste delen (flushing of 50 plastic balls voor type 9, 7 en 4, **after-flush volume voor type 6 en 5**);
 4. spatten (splash).
- Bij de types 6 en 5 wordt het naspoelvolumen (*after-flush volume*) gemeten. Dat is de hoeveelheid water van het volledige spoelvolumen dat uit het closet stroomt nadat de laatste van 4 kunstmatige spoellichamen (ter vervanging van 'echte' vast delen) uit het closet zijn gespoeld.
- Een naspoelvolumen van minimaal 2,5 l wordt hiervoor in Noord- en Midden-Europa (behalve het Verenigd Koninkrijk) als ondergrens gehanteerd.
- Die ondergrens is gebaseerd op de resultaten van een uitgebreid wetenschappelijk onderzoek door H.J. Knoblauch (september 1980) aan verschillende modellen closets aangesloten op diverse configuraties riolering en was in diverse nationale normen al opgenomen voordat de EN 997 voor het eerst gepubliceerd werd (2003).
- Type closet 4 wordt conform EN 997 niet getest op het naspoelvolumen



ONDERZOEK PERC (2012-2016):



Primaire resultaten effectenplot van alle data (onderzoeksfase 1 en 2): Trailing Water

Percentage Trailing Water (naspoevolume) - Dit verwijst naar het percentage water dat tijdens de spoelcyclus het vaste afval uit een closet sleept. Hier is wat aanvullende uitleg nodig. Verschillende benaderingen van het closetontwerp zijn van invloed op "hoe" een closet wordt gespoeld en vervolgens hoeveel water het vaste afval uit de kom zal afvoeren. Europese en Australische closets, ook wel bekend als "Wash Out" of "Wash Down" closets, werken op een niet-sifonerend ontwerpplatform. Kortom, water stroomt naar beneden uit het reservoir wanneer het toilet wordt gespoeld en de kracht van het water duwt het afval over de overloop van de sifon. Druk ondersteunende closets (druktank en drukspoelers) gebruiken druk van de watertoevoerleiding in plaats van zwaartekracht en zijn ook niet-sifonerend. Omdat deze closets het afval vroeg in de spoelcyclus over de overloop van de opvangbak duwen, hebben ze meestal een hoger percentage naspoevolume van de spoeling die het vaste afval uit de kom volgt om te helpen bij het eerste afvoerleidingstransport van het vaste afval door de afvoer van het gebouw.

Omgekeerd gebruiken sifonerende closets, de overweldigende favoriet van de Amerikaanse consument, een groot deel van het spoelwater om sifonage in het onderbeen van het closet te genereren voordat het afval zelfs de kom verlaat. Daarom werken Wash out closets en druk ondersteunende closets op een "push"-spoelactie, en sifonerende modellen op een "pull"-spoelactie. Als gevolg daarvan is er een veel lager percentage naspoevolume op de sifonerende modellen. De spoelinjectors die in dit onderzoek zijn gebruikt, zijn ingesteld om extreem consistente percentages naspoevolume te leveren, aangezien dit wordt geregeld door de kogelkleppen op de spoelinjectors. Daarom konden ze een closet simuleren met 75 procent naspoevolume, zoals een Wash Out of druk ondersteunend model, of een sifonerend model met slechts 25 procent naspoevolume met een nauwkeuriger niveau dan dat van het gebruik van echte closets.

- In fase 1 van het onderzoek bleek dat het naspoevolume geen significante invloed had op de transportafstand.
- Het hydraulisch voordeel van het percentage naspoevolume werd door de lange lengte van de testopstelling teniet gedaan.
- Een groter percentage naspoevolume verbetert de initiële transportafstand.

SAMENVATTING VAN BEVINDINGEN TVVL ST-VOORSTUDIES EN PERC-ONDERZOEK OVER NASPOELVOLUME:

In NEN 3215 (en NTR 3216) wordt niet ingegaan op het naspoevolume van het closet. Volgens PERC heeft het naspoevolume geen significante invloed op de transportafstand.



4. AFSCHOT (Slope)

ST-7 VERZAMELLEIDING (onderzoek effecten 6 l closetspoeling tot aan standleiding - 2000)

Afschot

- Uit onderzoek is gebleken dat de transportafstand van vaste stoffen in een liggende leiding bepaald wordt door een aantal factoren zoals: afschot
- In principe geldt hoe groter het afschot des te groter de transportafstand, maar een te groot afschot heeft weer een nadelig effect op de transportafstand.
- Voor het afschot geldt dat er altijd een minimum transportafstand van 2 á 3 m is, onafhankelijk van de grootte van het afschot.
- Het afschot van de liggende leiding met een inwendige diameter 84 mm is bij een 6 l spoeling beperkt van 1:100 tot 1:150. Een geringer of een steiler afschot geeft problemen met de transportcapaciteit in een liggende leiding met een lengte van 12 m. In het geval de lengte van de liggende leiding met een diameter 84 mm beperkt is tot 5 m, dan is een afschot van 1:200 toepasbaar.
- In het geval de volgende lozing van een douche afkomstig is dan heeft dit alleen effect op de transportafstand bij een afschot van de liggende leiding van 1:150 en 1:100. Na verloop van tijd is de hoeveelheid water afkomstig van de douche voldoende om een opdrijvend en transporterend effect te veroorzaken. Bij een afschot van 1:200 is de lozing van de douche niet voldoende om de "vaste stof" te laten opdrijven en bij een afschot van 1:50 ontstaat er te weinig opstuwning achter de "vaste stof" om transport te realiseren.
- Conclusie: Een beperkt onderzoek naar het gedrag van de transportcapaciteit van vaste stoffen bij een spoeling van 6 l in een liggende leiding (max. lengte 12 m) met een inwendige ontwerpmiddellijn van 84 mm geeft aan dat de transportcapaciteit voldoende is bij een afschot tussen 1:100 tot 1:150. Voor toepassing van een afschot van 1:200 dient de maximale leidinglengte beperkt te worden tot 5 m.

ST-12 VERZAMELLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling tot aan standleiding - 2005)

Afschot

- In principe geldt hoe groter het afschot des te groter de transportafstand, maar een te groot afschot kan weer een nadelig effect hebben op de transportafstand.
- Als het afschot te groot wordt dan kan het water te snel voorbij de vaste stof geraken, waardoor de transportafstand afneemt. Uit niet officiële proefnemingen is vastgesteld dat bij een afschot van steiler dan 1:33 het inhaaleffect duidelijk waarneembaar is. In dat geval zal een kleinere inwendige diameter van de leiding in combinatie met het grotere afschot nodig zijn om de transportcapaciteit te behouden.
- De referentie gaat uit van een inwendige diameter 84 mm, een spoelvolumen van 6 l en als testmedia twee verzwaarde sponzen. Samenvatting meetresultaten:
 - bij een afschot van 1:200 is de minimale transportafstand 3 m bij de eerste spoelbeurt en 9 m bij de tweede spoelbeurt;
 - bij een steiler afschot (1:133 tot 1:50) is de transportafstand bij de eerste spoelbeurt al snel 8 m en wordt in de tweede spoelbeurt altijd een afstand van 12,20 m bereikt.
- De meetresultaten geven aan dat de transportafstand bij een 4 l spoeling, beduidend lager ligt, dan bij een 6 l spoeling:
 - bij een afschot tussen 1:200 en 1:100 neemt de transportafstand ca. 0,5 tot 2 m toe.
 - bij een afschot van 1:50 neemt de transportafstand aanzienlijk toe.Een verklaring voor deze toename in de transportafstand kan zijn dat:
 - het grotere afschot zorgt ervoor dat in de eerste 3 m (inclusief de eerste twee

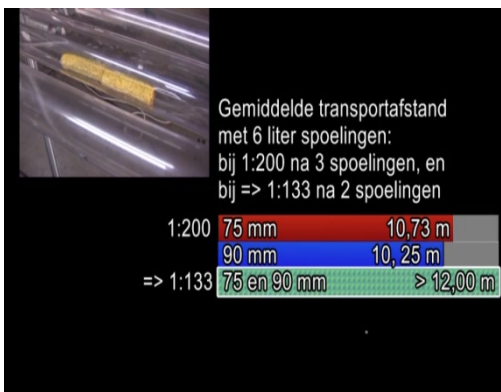


bochten), het water makkelijker afstroomt, het water behoudt grotendeels zijn stromingsnelheid;

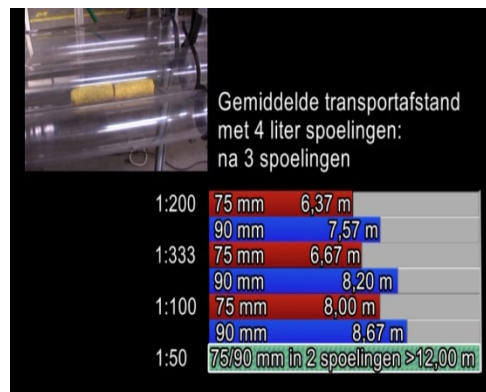
- in het gedeelte na de eerste twee bochten tot aan het eindpunt (tussen de 3 en 12,2 m) is een hoge stroomsnelheid waar te nemen. Deze hoge stroomsnelheid zorgt voor een hoge schuifspanning, waardoor bezinking van de spoellichamen niet optreedt, ondanks de relatief geringe waterdiepte.
- In de laboratoriumproeven blijkt dat bij de 4 l spoelingen het effect van een derde of een vierde spoelbeurt op de transportafstand steeds verder afneemt, zodat sprake is van het bereiken van een maximaal bereikbare transportafstand. Uitzondering hierop vormt een afschot van 1:50, waarbij de maximale lengte van de meetopstelling (12,2 m) binnen 2 tot 3 spoelbeurten wordt bereikt.
- Conclusie:
Het gebruik van een spoelvolume van 4 l geeft geen gelijkwaardige transportafstand ten opzichte van een 6 l spoeling. De transportafstand reikt veelal niet verder dan 6 - 8 m na drie spoelbeurten. Slechts een afschot van 1:50 lijkt een voldoende transportafstand te bieden, maar ook hier is een gevoeligheid ten opzichte van het type closet(combinatie) zichtbaar



Gedeelten van testopstelling ST-12



Gemiddelde transportafstanden ST-12



ST-14 GRONDLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling op verzamelleiding benedenstrooms de standleiding - 2007)

Afschot

- De referentie gaat uit van een inwendige diameter 84 mm, een spoelvolume van 6 l en als testmedia twee verzwaarde sponzen. Samenvatting meetresultaten:



- bij een afschot van 1:200 (0,5 cm/m) is de minimale transportafstand 7 - 8 m bij de eerste spoelbeurt en 9 m bij de tweede spoelbeurt.
- bij een steiler afschot (1:133 tot 1:100) is de transportafstand bij de eerste spoelbeurt eveneens 7 - 8 m en wordt bij de tweede spoelbeurt 9 m bereikt.
- bij gehalveerde testmedium (0,04 m) neemt de transportafstand beduidend toe ten opzichte van het hele testmedium (0,08 m) en wordt bij de eerste spoeling al een afstand van 9 m bereikt.
- De meetresultaten geven aan dat de transportafstand bij een 4 l spoeling, beduidend lager ligt, dan bij een 6 l spoeling:
 - bij een afschot van 1:200 wordt een transportafstand van 3 – 4 m bereikt en na de 2^e en 3^e spoeling neemt de transportafstand slechts gering toe tot een totaalafstand van 6 m.
 - bij een afschot van 1:133 en 1:100 neemt de transportafstand nauwelijks toe en na meerdere spoelingen blijft de totaalafstand tot 6 m beperkt.



Gedeelte van testopstelling ST-14

ST-38 GEBOUWRIOLERING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling - 2016)

Afschot

- In Duitsland is een closetspoeling vanaf 4 l toegestaan indien de grond- en verzamelleiding een diameter DN 90 (inwendig) 84 mm heeft, afschot van 15 mm/m (1:67) heeft en maximaal 10 m lang is. Grondleiding (DN 90) waarop tevens een lange doorstroom is aangesloten: min. afschot 5 mm/m (1:200) en max. lengte 10 m. Toestelleidingen (aansluiteleidingen) dienen DN 90 te zijn met een afschot van 10 mm/m (1:100).
- Portugees onderzoek (2013) stelt dat het afschot een variabele is met een significante invloed. Uit onderzoek volgt dat de transportafstand bij 4 l alleen acceptabel is bij een afschot van 20 mm/m (1:50) en een DN 90
- Voorstel A: Op basis van literatuur kan met opgelegde randvoorwaarden aan de maximale lengte van een closettoestel- en/of verzamelleiding, afschot en ontwerpmiddellijn van een leiding een closetspoeling kleiner dan 6 l worden toegepast. Tabel 6.1 geeft deze randvoorwaarden.



- Gedeelte uit tabel 6.1 voor het afschot:

Ontwerpuitgangspunten literatuur

| ontwerpuitgangspunt | < 6 liter spoeling | bron |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|
| afschot aansluitleiding | 10 mm/m 20 mm/m | Duitsland Finland* |
| afschot waar <6 liter closet is aangesloten | 15 mm/m 40 mm/m 20 mm/m | Duitsland Noorwegen Finland |

* De norm wordt herzien.

Tabel 6.2. Voorstel A implementatie 4 liter closetspoeling in NEN 3215

Maximum leidinglengte van een liggende leiding

| aangesloten toestellen | ontwerpmiddellijn (mm) | leidingafschot | leidingafschot (mm/m) | maximum lengte liggende leiding (m) | maximum gesommeerde richtingsverandering ¹ |
|---|------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------------|---|
| 1a leiding op vloer ² : $\Delta h \leq 0,25$ m, 1 x 45° voetbocht closet of bovenaansluiting op verzamelleiding met T 45°, en wordt voldaan aan NTR 3216, bijlage E, par. E.3.3 ≥ 1 closet, spoelvolume < 6 l en ≥ 4 l | 84 | 1:100 | 10 mm/m | 5 | 0° |
| 1b leiding in vloer ³ : $\Delta h \leq 0,4$ m en > 0,25 m 2 x 45° voetbocht closet ≥ 1 closet, spoelvolume < 6 l en ≥ 4 l | 84 | 1:50 | 20 mm/m | 3,5 | 90° |
| leiding onder vloer: $\Delta h \leq 1$ m en > 0,4 m 2 x 45° voetbocht closet | | | | | |
| 1c ≥ 1 closet, spoelvolume < 6 l en ≥ 4 l | 84 | 1:100 | 10 | 4 * | 180° |
| | 84 | 1:67 | 15 | 5 * | 180° |
| | 84 | 1:50 | 20 | 6 * | 180° |
| 2 ≥ 1 closet, spoelvolume < 6 l en ≥ 4 l, plus na het eerste closet ten minste 1 lozingstoestel ⁴ $\geq 0,75$ l/s | 84 | 1:100 | 10 | 6 ** | 180° |
| | 84 | 1:67 | 15 | 8 ** | 180° |
| | 84 | 1:50 | 20 | 10 ** | 180° |

¹ De som richtingsverandering heeft betrekking op bochten en T-stukken in de liggende leiding.

² NTR 3216, Bijlage E 'Afvoerleidingen in voorzetwanden', par. E.3.3: Een bovenaansluiting op de liggende leiding met een ontwerpmiddellijn van 84 mm of groter is voor het wandcloset alleen toegestaan als de hoek tussen de assen van de stam en de spruit van het spuitstuk 45° bedraagt en de energiehoogte van het spoelwater in het closetreservoir tenminste 140 mm bedraagt ten opzicht van de bovenkant van het wandcloset. *Toelichting: de energiehoogte betreft hier de minimumhoogte van de (rest)waterstand in het reservoir na een volledige spoeling.*

³ In de praktijk komt het voor dat in betonvloeren opgenomen afvoerleidingen min of meer op tegenschot komen te liggen als gevolg van de werkwijze van betonstorten op de bouwplaats, en daarna soms ook door doorbuiging van de betonvloer. Voor 4 liter spoeling is de bewaking van de robuustheid van het afvoersysteem van groot belang. Daarom is voor deze praktijksituatie een extra veiligheidsmarge opgenomen voor het afschot en de maximale leidinglengte.

⁴ In het ontwerp moet worden nagegaan of de aard van de lozing (frequentie en lozingsduur), alsmede de lengte van de toestel- /verzamelleiding van dat lozingstoestel tot aan de aansluiting voorbij het closet, rekening



Invloed systeemvariabelen op transportafstand fecale stoffen in gebouwriolering

| aangesloten toestellen | ontwerpmiddellijn (mm) | leidingafschot | leidingafschot (mm/m) | maximum lengte liggende leiding (m) | maximum gesommeerde richtingsverandering ¹ |
|--|------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------------|---|
| verzamelleiding benedenstrooms standleiding: | | | | | |
| 3 aangesloten op standleiding ≥ 1 closet, spoelvolumen < 6 l en ≥ 4 l op verzamelleiding geen lozingstoestellen direct aangesloten | 84 | 1:200 | 5 | 3 *** | - |
| 4 aangesloten op standleiding: 1-5 closets, spoelvolumen < 6 l en ≥ 4 l, plus ten minste 1 lozingstoestel ≥ 0,75 l/s verzamelleiding: Σ basisafvoeren ≤ 10 l/s | 84 | 1:200 | 5 | geen beperking | - |
| 5 aangesloten op standleiding: > 5 closets, spoelvolumen < 6 l en ≥ 4 l, plus ten minste 2 lozingstoestellen ≥ 0,75 l/s verzamelleiding: Σ basisafvoeren > 10 l/s | 100 | 1:200 | 5 | geen beperking | - |

* Afgeleid van ref. 5: ST-12, tabel 7.1 (zie ook bijlage II, afbeelding II.1). Voor verschil tussen metingen testopstellingen en praktijksituaties is een factor 0,5 aangehouden.

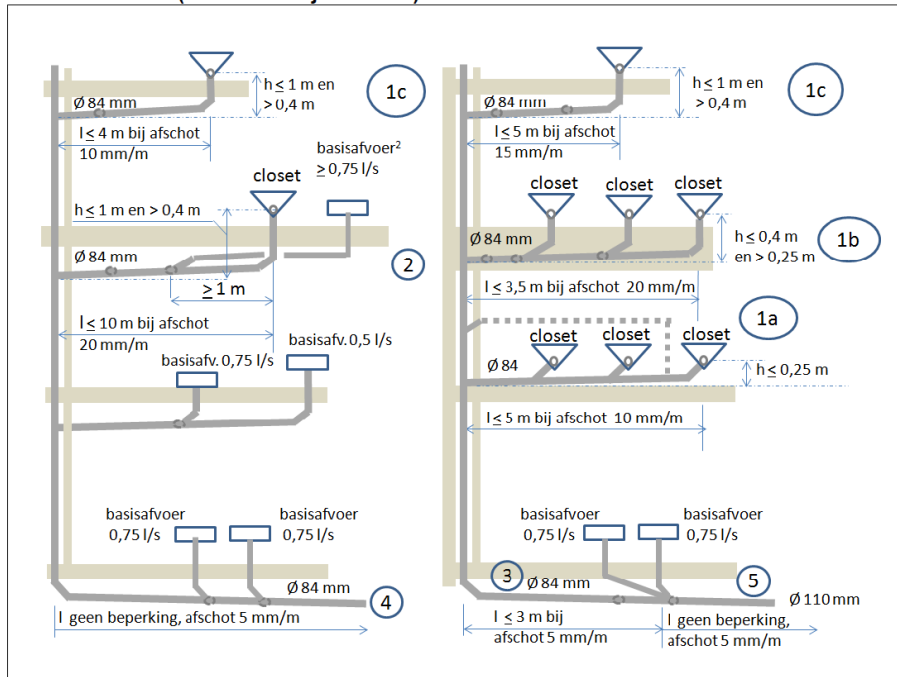
** Door de positieve invloed op het transportmechanisme van een bovenstroomse lozing (ref. 6: ST-14, bijlage 1) is de maximale leidinglengte een factor 1,5 tot 1,66 groter.

*** Afgeleid van ref. 6: ST-14, bijlage 1. Voor verschil tussen metingen testopstellingen en praktijksituaties is een factor 0,5 aangehouden.

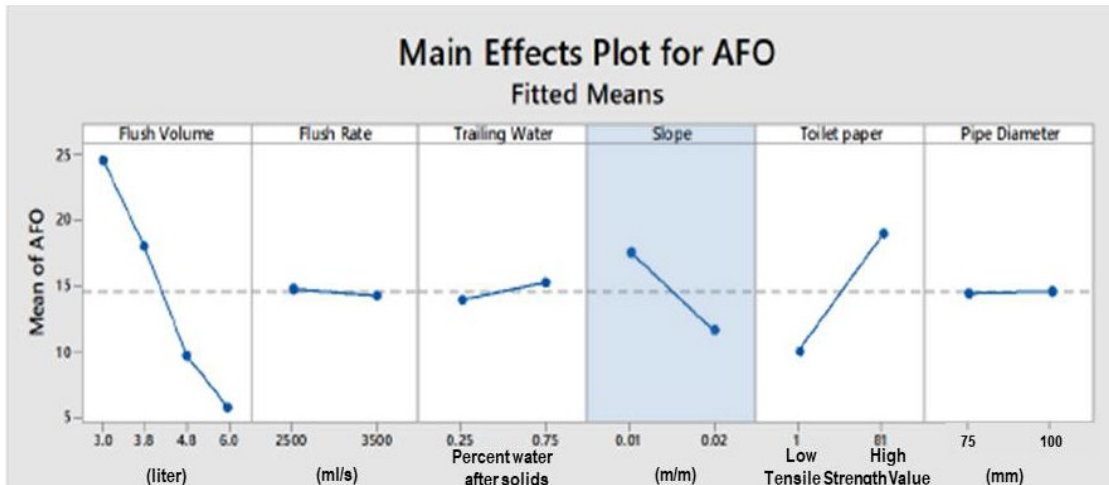
- In tabel 6.2 is naar voorbeeld van tabel 4.2 uit NTR 3216:2012, een voorstel uitgewerkt hoe de 4 l closetspoeling in NEN 3215 zou kunnen worden geïmplementeerd. Dit is ook weergegeven in afbeelding 6.1.



Afbeelding 6.1. Voorstel A: Voorbeelden implementatie 4 liter closetspoeling (behorend bij tabel 6.2)



ONDERZOEK PERC (2012-2016):



Primaire resultaten effectenplot van alle data (onderzoeksfase 1 en 2): Slope

- Het afschot is een duidelijk significante variabele voor de prestaties van afvoerleidingen.
- Bij test runs waarbij het afschot zich op lagere niveaus bevonden, was er toename van situaties met volledig gevulde leiding (diameter 69 mm) en luchtstroomblokkades in zowel frequentie als ernst.
- Verhoogde gevoeligheid voor afschot wordt genoteerd als spoelvolumes verminderen. Het begint zich te manifesteren bij 4,8 l.



- Met uitzondering van de test runs uitgevoerd bij een afschot van 2 procent (1:50) en met gebruik van toiletpapier met lage treksterkte, voorspellen de oppervlaktepots beduidend slechtere prestaties als je van 4,8 naar de 3,8 l spoelvolume gaat.

SAMENVATTING VAN BEVINDINGEN TVVL ST-VOORSTUDIES EN PERC-ONDERZOEK OVER AFSCHOT:

ST-7/ST-12: In principe geldt hoe groter het afschot des te groter de transportafstand, maar een te groot afschot heeft weer een nadelig effect op de transportafstand.

ST-12: Het gebruik van een spoelvolume van 4 l geeft geen gelijkwaardige transportafstand ten opzichte van een 6 l spoeling. De transportafstand reikt veelal niet verder dan 6 tot 8 m na drie spoelbeurten. Slechts een afschot van 1:50 lijkt in een liggende leiding (diameter 84 mm) voldoende transportafstand naar de standleiding te bieden, maar er is een gevoeligheid ten opzichte van het type closet(combinatie) zichtbaar.

ST-14: De transportafstand in de liggende leiding (diameter 84 mm) benedenstrooms de standleiding (de zogenaamde grondleiding) is bij een 4 l spoeling beduidend lager dan bij een 6 l spoeling:
-bij een afschot van 1:200 wordt een transportafstand van 3 – 4 m bereikt en na de 2^e en 3^e spoeling neemt de transportafstand slechts gering toe tot een totaalafstand van 6 m.
-bij een afschot van 1:133 en 1:100 neemt de transportafstand nauwelijks toe en na meerdere spoelingen blijft de totaalafstand tot 6 m beperkt. Er is niet gemeten bij een afschot van 1:50.

ST-38: In (pilot/simulatie-)voorstel A voor 4 l spoelingen is uitgegaan van leidingdiameters 84 mm, voor de grondleidingen 84 en 100 mm. Op de grondleidingen lozen uit andere lozingstoestellen duurstromen om het transport van fecale stoffen te ondersteunen. Het afschot van de leidingen in of onder de vloeren naar de standleidingen is 1:100 t/m 1:50 (0.01 t/m 0.02), afhankelijk van Δh (hoogte tussen toestelaansluiting en standleidingaansluiting) en de max. leidinglengte. Het afschot van de grondleidingen is 1:200 (0.005), idem als in Duitsland bij een diameter van 84 mm, maar daar is de leidinglengte beperkt tot 10 m. Gebruik van toiletpapier met lage treksterkte (ST-12 en ST-14).

PERC: M.u.v. een afschot 1:50 (0.02) en toiletpapier met lage treksterkte, voorspellen de oppervlaktepots beduidend slechtere prestaties als van 4,8 naar de 3,8 l spoelvolume wordt gegaan (figuren 4-6 en 4-7). Leidingdiameters in de testopstelling zijn inwendig 69 en 100 mm (dus geen 84 mm).



Figure 4-6, Surface Plot for AFO, High Tensile Strength Paper Data Only

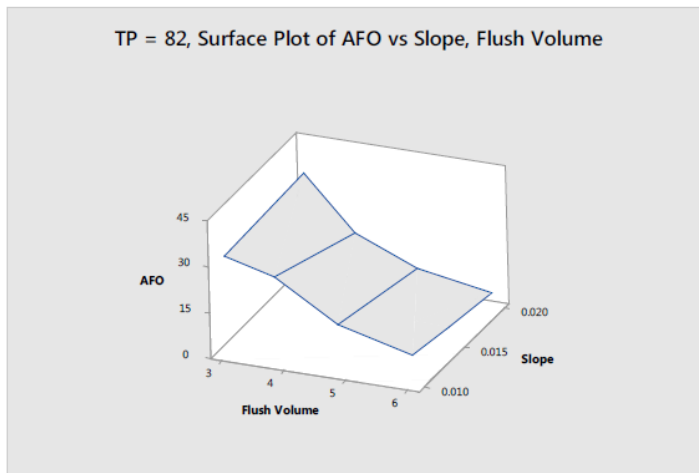
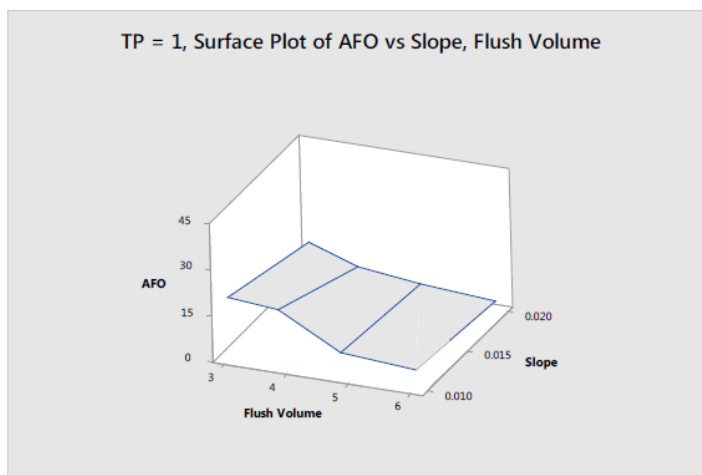


Figure 4-7, Surface Plot for AFO, Low Tensile Strength Paper Data Only



Een van de belangrijke verschillen tussen de ST-voorstudies en het PERC-onderzoek is het afschot van de grondleiding.



5. TOILETPAPIER (Toilet paper)

ST-7 VERZAMELLEIDING (onderzoek effecten 6 l closetspoeling tot aan standleiding - 2000)

Toiletpapier

- bij het beperkte onderzoek (als onderdeel van een breder onderzoek naar de effecten van waterbesparende toestellen op het ontwerp van de gebouwriolering) naar de transportafstand van 'vaste stoffen' in een liggende afvoerleiding bij een closetspoelvolumen van 6 l is het effect van toiletpapier niet onderzocht

ST-12 VERZAMELLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling tot aan standleiding - 2005)

Toiletpapier

- titel van tekstblok in ST-12 rapport: Toiletpapier niet maatgevend
- uit de eerste meetrondes blijkt dat spoelen met 12 vellen toiletpapier niet maatgevend is voor de transportafstand. In tegenstelling tot Brits onderzoek, blijkt gebruik van toiletpapier niet op voorhand een negatief effect te hebben.
- toiletpapier heeft eerder een positieve invloed op de transportafstand
- de 12 vellen toiletpapier zetten lichtelijk uit en vullen een groot deel van het leidingoppervlak waardoor een extra waterdruk wordt opgebouwd
- het toiletpapier stroomt gemakkelijk mee met het afstromende water en heeft geen last van bochten, richels, hetgeen gunstig is voor de transportafstand
- spoelen met 1 vel levert eveneens grote transportafstanden op, omdat het boven op het water blijft drijven
- toiletpapier komt (in het algemeen) verder dan de verzwaarde KIWA-spons (testmedium)
- in een gecombineerde spoeling van toiletpapier met één spons wordt geen verslechtering van de transportafstand waargenomen.
- de combinatie van 2 sponzen en 12 vellen bleek in de eerste meetronde lastig spoelbaar (problemen bij de closetpot)
- een mogelijke verklaring van de negatieve resultaten van het luxe toiletpapier in Brits onderzoek kan zijn het slecht uiteenvallen van de vochtige papieren 'doekjes'. Dat zou pas na 5 dagen het geval zijn. Toiletpapier op basis van kringlooppapier valt volgens de Britse onderzoekers binnen 3 minuten uiteen

ST-14 GRONDLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling op verzamelleiding benedenstrooms de standleiding - 2007)

Toiletpapier

- titel van tekstblok in ST-14 rapport: Toiletpapier niet maatgevend
- tussen premium kwaliteit en kringloop toiletpapier geen significant verschil in transportafstand
- toiletpapier (zet lichtelijk uit en valt uiteen in een wollige massa dat aan het wateroppervlak blijft drijven) zorgt voor een extra opbouw van de waterdruk met een gunstig effect op de transportafstand
- toiletpapier wordt bij 6 l verder getransporteerd dan testmedia (spoellichamen), 10 m geen enkel probleem (afschot 1:200, 1:133 en 1:100)
- toiletpapier wordt bij 4 l aanzienlijk minder ver getransporteerd. Afhankelijk van het afschot zijn meerdere spoelingen nodig om 10 m te bereiken.



- in een gecombineerde spoeling van toiletpapier met één spons (testmedium) wordt geen verslechtering van de transportafstand van zowel het testmedium als van het toiletpapier waargenomen



Toiletpapier zet lichtelijk uit en valt uiteen in een wollige massa (ST-14).

ST-38 GEBOUWRIOLERING (onderzoek effecten 4 l. closetspoeling - 2016)

Toiletpapier

- uit meerdere onderzoeken is gebleken dat toiletpapier zelf niet leidt tot verslechtering van de transportafstand van zowel de testmedia als van het toiletpapier. Dit is waargenomen in de TVVL voorstudies ST-12 en ST-14.
- toiletpapier is in de grondleiding al zodanig uit elkaar geslagen dat het nagenoeg geen samenhang meer kent
- uit onderzoeken uitgevoerd door Plumbing Efficiency Research Coalition (PERC) is echter gebleken dat er een relatie is tussen de treksterkte van toiletpapier en de transportafstand. Hoe hoger de treksterkte van papier, des te kleiner is de transportafstand van toiletpapier.
- dit is ook een mogelijke verklaring voor de negatieve resultaten voor de transportafstand die zijn behaald met luxe toiletpapier. Het papier valt slecht uiteen [ref. ST-12 met verwijzing naar Brits onderzoek].
- verstoppingen (in utiliteitsinstallaties) treden grotendeels op in de riolering van dames toiletten. Vrouwen verbruiken meer toiletpapier dan mannen [ref. Australisch onderzoek - 2013].
- in openbare closets (Australië) zijn er gebruikers die de zitting bedekken met closetpapier en dit uiteindelijk doorspoelen. Dit leidt tot grote hoeveelheden closetpapier die afgevoerd moeten worden
- of toiletpapier bijdraagt aan de transportafstand of voor verstoppingen zorgt, is afhankelijk van de gebruiker en de hoeveelheid toiletpapier.
- de invloed van toiletpapier op verstoppingen kan wellicht in een vervolgonderzoek worden nagevraagd bij ontstoppingsbedrijven.

Testopstellingen

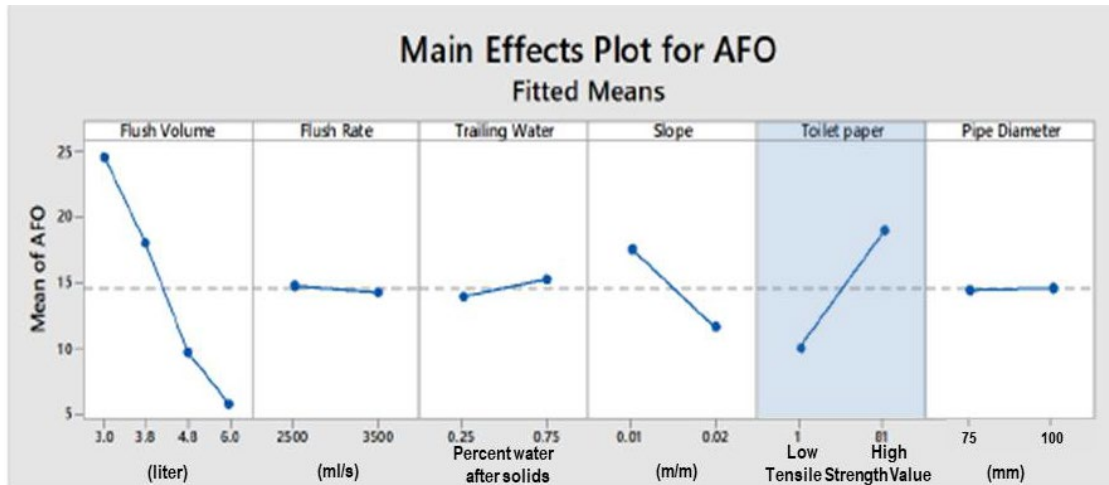
De resultaten uit de verschillende studies zijn onderling niet te vergelijken. De condities waaronder proeven zijn uitgevoerd zijn niet altijd gelijk en niet altijd vernoemd. Condities die invloed hebben op het resultaat van de proeven zijn:

- proef met of zonder closetpapier;
- hoeveelheid en type closetpapier;
- soort proeflichaam;
- hoogteverschil closetpot en liggende leiding.

Kader uit rapport ST-38



ONDERZOEK PERC (2012-2016):



Primaire resultaten effectenplot van alle data (onderzoeksfase 1 en 2): Toilet paper

- De (natte) treksterkte van toiletpapier is een van de duidelijkste significante variabelen voor de prestaties van afvoerleidingen.
- De (natte) treksterkte van toiletpapier is omgekeerd evenredig in het bepalen van de transportafstanden.
- Tijdens de testen raakte leidingen volledig of bijna volledig gevuld als gevolg van het gebruik van toiletpapier met een hoge treksterkte wat resulteerde in luchtstroomblokkades in de testopstelling.
Deze situaties remden de beweging van de testmedia, wat bij veel test runs resulteerde in hoge AFO scores, vooral die werden uitgevoerd met leidingdiameter 69 mm, lagere spoelvolumes en een afschot van 1:100 (0.01).

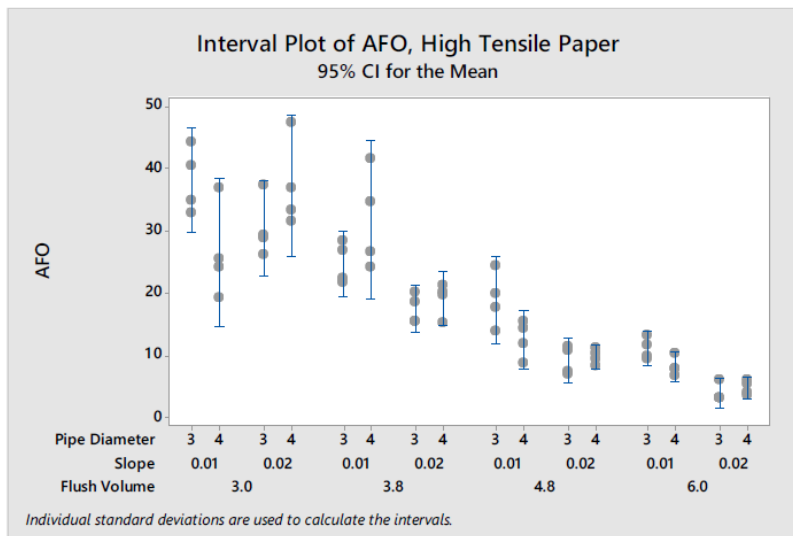


Volle leiding die de luchtstroom binnen de testopstelling blokkeert

- In figuur 3-4 is het effect van toiletpapier met hoge treksterkte over de variabiliteit van AFO-resultaten duidelijk geïllustreerd. Het toiletpapier met hoge treksterkte is duidelijk de nummer één testvariabele en overheerst het effect van de andere testvariabelen.



Figure 3-4, Interval Plot, High Tensile Strength Paper Data Only



- Het overmatig gebruik en misbruik van toiletpapier en andere papierproducten is een serieuze realiteit in utiliteit-toiletten. Als gevolg hiervan vindt PERC dat een vermindering van de diameter van 100 naar 69 mm de transportprestaties in lange afvoerleidingen niet betrouwbaar kan verbeteren.

SAMENVATTING VAN BEVINDINGEN TVVL ST-VOORSTUDIES EN PERC-ONDERZOEK OVER TOILETPAPIER:

De TVVL voorstudies ST-12 en ST-14 geven aan dat (premium en kringloop) toiletpapier niet leidt tot verslechtering van de transportafstand van zowel de testmedia als van het toiletpapier. Het toiletpapier zet lichtelijk uit en valt uiteen in een wollige massa.

Het PERC-onderzoek toont aan dat toiletpapier met een hoge treksterkte resulteert in een remmende beweging van de testmedia, wat bij veel test runs resulteerde in hoge AFO scores. Het toiletpapier met hoge treksterkte is duidelijk de nummer één testvariabele en overheerst het effect van de andere testvariabelen.

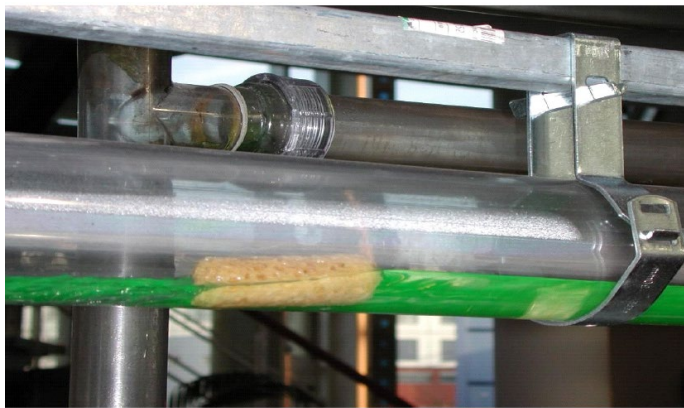


6. DIAMETER (Pipe Diameter)

ST-7 VERZAMELLEIDING (onderzoek effecten 6 l closetspoeling tot aan standleiding - 2000)

Diameter (middellijn)

- De reductie van de basisafvoer van 2 naar 1,75 l/s kan resulteren in een kleinere diameter van de closettoestelleiding. Voor de afvoer van vaste stoffen werkt deze reductie van de diameter gunstig en eveneens voor de transportafstand.
- In de buitenlandse literatuur wordt veelvuldig melding gemaakt van de effecten van waterbesparende closets op afvoerleidingen met als aanbeveling om de afvoerleiding van een closet te reduceren naar zelfs een inwendige diameter 69 mm. Hiermee zou een betere spoeling worden verkregen en de transportcapaciteit verhoogd worden. Bij het toepassen van een te kleine diameter van de leiding kan de vullingsgraad in de liggende leiding naar waarden boven 85 % komen, waardoor het luchttransport gehinderd wordt. In de Nederlandse situatie is dit effect zeer nadelig voor een goede ontspanning van de gebouwriolering. Een combinatie met een secundaire beluchting is dan zeker nodig.
- In de proefopstelling heeft het stromingsbeeld van een 6 l spoeling in een liggende leiding met een inwendige diameter 84 mm een nagenoeg gelijk patroon als met een inwendige diameter 100 mm.
- Het afschot van de liggende leiding 84 mm is beperkt tot 1:100 en 1:150. Een geringer of een steiler afschot geeft problemen met de transportcapaciteit in een liggende leiding met een lengte van 12 m.
- In het geval de lengte van de liggende leiding 84 mm beperkt is tot 5 m dan is een afschot van 1:200 toepasbaar.



Transportmechanisme van 'vaste stof' (ST-7)

ST-12 VERZAMELLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling tot aan standleiding - 2005)

Diameter (middellijn)

- De inwendige diameter bepaalt in sterke mate de waterdiepte in de leiding, en daarmee de mate van weerstand die de drijvende of zwevende vaste stoffen ondervinden.
- Een geringe inwendige diameter werkt in die zin gunstig door een toename van de waterdiepte.
- Een te geringe inwendige diameter kan leiden tot hydraulische afsluitingen. Hierdoor wordt het afstromingsproces verstoord, doordat het water tijdelijk sterk geremd wordt, hetgeen de transportafstand vermindert.



- Tevens kan ter plaatse van een hydraulische afsluiting geen gelijktijdig transport van water en lucht plaats vinden, hetgeen tegenstrijdig kan zijn met de uitgangspunten van de NEN 3215.
- De testleiding bestaat uit vier buisstukken van plexiglas, met lengtes van 1 m, 2 m en 2 x 5 m. Gebruik is gemaakt van diameters: DN 90 (84 mm), DN 75 (69 mm) en DN 63 (57 mm).
- Gemeten is aan twee inwendige diameters: 84 en 69 mm. Tevens zijn in de eerste meetronde enkele metingen uitgevoerd met een inwendige diameter 57 mm.
- Na deze eerste meetronde is de diameter 57 mm komen te vervallen, vanwege de mate waarin hydraulische afsluiting zich voordoet.
- In de laboratoriumproeven zijn hydraulische afsluitingen bij leidingdiameter 69 mm geconstateerd, maar deze doen zich vooral in de eerste (stromings-)bocht voor, binnen de eerste 3,5 meter van de toestel- /verzamelleiding. Voor dit liggende gedeelte van de leiding zijn hydraulische afsluitingen nog toegestaan.
- In het algemeen geeft de diameter 84 mm een gelijkwaardige of iets grotere transportafstand na drie spoelbeurten, dan de diameter 69 mm. De verschillen liggen in de orde grootte van 0,5 tot 1,5 meter.

ST-14 GRONDLEIDING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling op verzamelleiding benedenstrooms de standleiding - 2007)

Diameter (middellijn)

- Metingen zijn uitgevoerd aan een testopstelling met leidingen van 84 mm inwendige diameter.

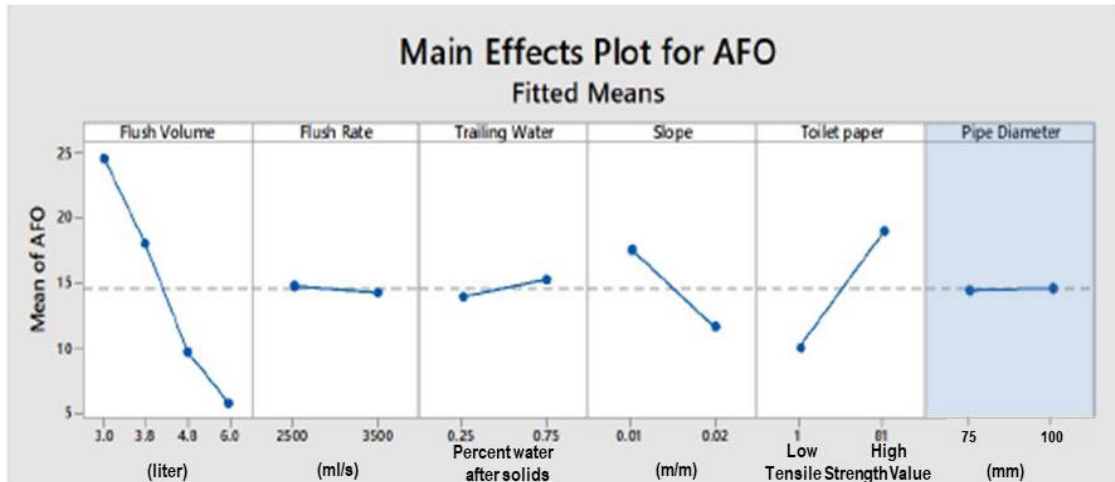
ST-38 GEBOUWRIOLERING (onderzoek effecten 4 l closetspoeling - 2016)

Diameter (middellijn)

- In Duitsland is een closetspoeling vanaf 4 l toegestaan indien de grond- en verzamelleiding een inwendige diameter 84 mm (DN 90) heeft, afschot van 15 mm/m (1:67) heeft en maximaal 10 m lang is. Toestelleidingen dienen 84 mm (DN 90) te zijn en een afschot van 10 mm/m te hebben.
- In tabel 6.2 is naar voorbeeld van tabel 4.2 uit NTR 3216:2012, een voorstel uitgewerkt hoe de 4 l closetspoeling in NEN 3215 zou kunnen worden geïmplementeerd. Dit is ook weergegeven in afbeelding 6.1. Zie hierboven onder 'Afschot'.
- In (pilot/simulatie-)voorstel A voor 4 l spoelingen is uitgegaan van leidingdiameters 84 mm, voor de grondleidingen 84 en 100 mm.



ONDERZOEK PERC (2012-2016):



Primaire resultaten effectenplot van alle data (onderzoeksfase 1 en 2): Pipe Diameter

- Sanitair ingenieurs hebben gedurende vele jaren reducties van leidingdiameters in richtlijnen aanbevolen als middel om afvoerbeperkingen te verkleinen als gevolg van verminderde waterstromen. Dat gebeurde onder verwijzing dat een kleinere leidingdiameter voor een hoger waterniveau in de afvoerleiding zorgt waardoor het transport in de afvoerleiding vergemakkelijkt. Fase 2 van de PERC-studie werd opgezet om te illustreren hoe een algemeen gesuggereerde vermindering van de leidingdiameter van 100 mm invloed heeft op het transport in de afvoerleiding.
- Deze PERC-studie concentreert zich uitsluitend op één specifieke leidingdiameterreductie, van 100 naar 69 mm (4 naar 3 inch). Dit past bij het type gebouwen waarop de PERC-testplannen zijn gericht, te weten utiliteitsgebouwen met lange liggende afvoerleidingen. Er werden geen aanvullende waterstromen anders dan het doorspoelen van waterclosets gemodelleerd.
- Uit de (bovenstaande) effectenplot van alle data bleek de leidingdiameter-variabele niet significant te zijn.
- Met 69 mm diameter werden lagere AFO-scores verwacht. Echter, op dezelfde wijze, zoals de lange lengte van de testopstelling het hydraulische voordeel van het percentage naspelwater en de spoelsnelheid testvariabelen teniet deed, werd ook het effect van de kleinere leidingdiameter na de eerste geringe aantal spoelingen tenietgedaan zodra media zich begonnen te verzamelen in de testopstelling. Op dat punt, waar andere significante testvariabelen het gedrag van drijven van de testmedia in de testopstelling deed toenemen, werd het effect van de leidingdiameter verminderd tot niet-significant.
- Onder de meeste omstandigheden die het PERC-testplan probeerde na te bootsen, resulteerde de reductie van de inwendige leidingdiameter van 100 naar 69 mm niet altijd in een verbeterd afvoerleidingstransport.
- Er is een groter potentieel voor chaotische en steeds veranderlijkere afvoerleidingstransportresultaten die worden opgemerkt vanwege toiletpapier met hoge treksterkte dat voor remmende luchtstromen in de kleinere inwendige diameter (69 mm) van de testopstelling zorgt.



- Discontering van de zeer chaotische 3 l resultaten bij afschot 1:100 (0.010), waren de resulterende AFO-scores bij toiletpapier met lage treksterkte constant hoger met de 69 mm leidingdiameter in de testopstelling dan met 100 mm.
- PERC vindt dat een vermindering van de diameter van 100 naar 69 mm de transportprestaties in lange afvoerleidingen niet betrouwbaar kan verbeteren.

SAMENVATTING VAN BEVINDINGEN TVVL ST-VOORSTUDIES EN PERC-ONDERZOEK OVER DIAMETER:

ST-7: In de proefopstelling heeft het stromingsbeeld van een 6 l spoeling in een liggende leiding met een inwendige diameter 84 mm een nagenoeg gelijk patroon als met 100 mm.

ST-12: In de proefopstelling met 4 l spoeling zijn hydraulische afsluitingen bij leidingdiameter 69 mm geconstateerd, maar deze doen zich vooral in de eerste (stromings-)bocht voor, binnen de eerste 3,5 meter van de toestel- /verzamelleiding. In het algemeen geeft de diameter 84 mm een gelijkwaardige of iets grotere transportafstand na drie spoelbeurten, dan de diameter 69 mm. De verschillen liggen in de orde grootte van 0,5 tot 1,5 meter.

ST-14: De testopstelling is uitgevoerd met leidingen van 84 mm inwendige diameter.

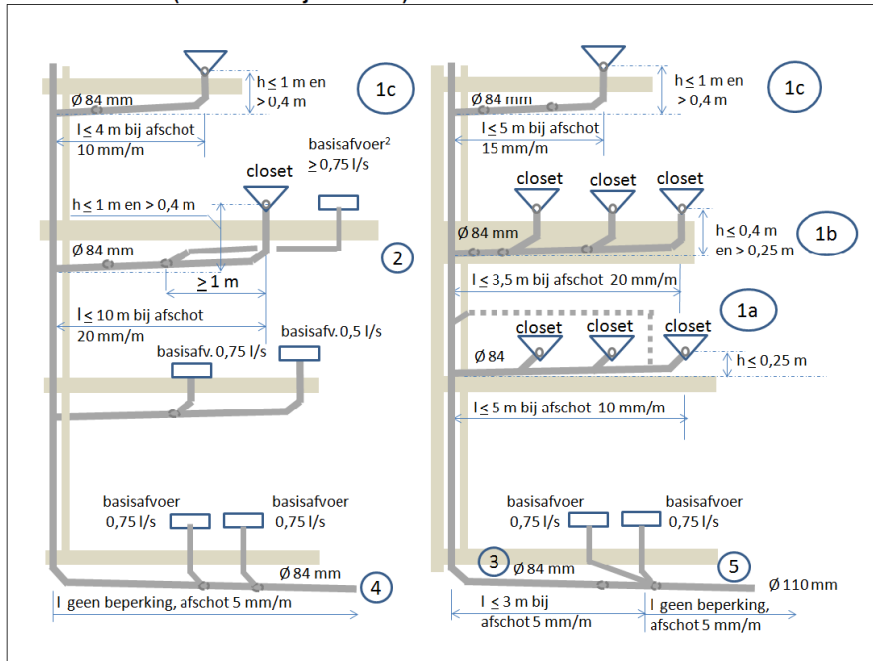
ST-38: In (pilot/simulatie-)voorstel A voor 4 l spoelingen is uitgegaan van leidingdiameters 84 mm, voor de grondleidingen 84 en 100 mm.

PERC vindt dat een vermindering van de diameter van 100 naar 69 mm de transportprestaties in lange afvoerleidingen niet betrouwbaar kan verbeteren.



SIMULATIE VOORSTEL A VAN ST-38, UITGEVOERD DOOR HARRIOT-WATT UNIVERSITY (HWU, UK)

Afbeelding 6.1. Voorstel A: Voorbeelden implementatie 4 liter closetspoeling (behoord bij tabel 6.2)



1A

2A



| standleiding | spoeivolume [l] | verdieping toestel | toestel | Δh (tussen potuitlaat en liggende toestelleiding) | leidingconfiguratie verdieping: ontw. diam. – afschot – lengte | transportafstand in grondleiding \varnothing 84 mm - 5 mm/m | nummer |
|--------------|-----------------|--------------------|---------|---|--|--|--------|
| 1A | 4 | 2 | WC 1 | 0,4-1,0 m | \varnothing 84 mm – 20 mm/m - 10 m | 0,0 m | 1 |
| 1A | 4 | 3 | WC 1 | 0,4-1,0 m | \varnothing 84 mm – 10 mm/m - 4 m | 7,0 m | 2 |
| 1A | 6 | 2 | WC 1 | 0,4-1,0 m | \varnothing 84 mm – 20 mm/m - 10 m | 12,5 m | 3 |
| 1A | 6 | 3 | WC 1 | 0,4-1,0 m | \varnothing 84 mm – 10 mm/m - 4 m | 11,5 m | 4 |
| | | | | | | \varnothing 84 mm (3 m), 5 mm/m, verder \varnothing 100 mm – 5 mm/m | |
| 2A | 4 | 1 | WC 1 | 0,25 m | \varnothing 84 mm – 10 mm/m - 5 m | 0,0 m | 5 |
| 2A | 4 | 2 | WC 1 | > 0,25-0,4 m | \varnothing 84 mm – 20 mm/m - 3,5 m | 2,2 m | 6 |
| 2A | 4 | 3 | WC 1 | > 0,4-1,0 m | \varnothing 84 mm – 15 mm/m - 5 m | 4,0 m | 7 |
| 2A | 6 | 1 | WC 1 | 0,25 m | \varnothing 84 mm – 10 mm/m - 5 m | 2,2 m | 8 |
| 2A | 6 | 2 | WC 1 | > 0,25-0,4 m | \varnothing 84 mm – 20 mm/m - 3,5 m | 4,5 m | 9 |
| 2A | 6 | 3 | WC 1 | > 0,4-1,0 m | \varnothing 84 mm – 15 mm/m - 5 m | 11,0 m | 10 |

1. Met één spoeling van 4 l in de 2e-verdiepingsleiding van 10 m komt de vaste stof niet tot aan de standleiding.
 2. Met één spoeling van 4 l in de 3e-verdiepingsleiding van 4 m komt de vaste stof in de grondleiding niet verder dan 7,0 m.
 5. Met één spoeling van 4 l in de 1e-verdiepingsleiding van 5 m komt de vaste stof niet tot aan de standleiding.
 6. Met één spoeling van 4 l in de 2e-verdiepingsleiding van 3,5 m komt de vaste stof in de grondleiding niet verder dan 2,2 m.
 7. Met één spoeling van 4 l in de 3e-verdiepingsleiding van 5 m komt de vaste stof in de grondleiding niet verder dan 4,0 m.
- Een grotere verdiepingshoogte zorgt over het algemeen voor een grotere transportafstand in de grondleiding.
- 8 en 9. De transportafstanden in de grondleiding met een spoeling van 6 l vallen tegen.

Aantekeningen bij nummer van regel in bovenstaande tabel (meest rechter kolom): spoeivolume 4 l

1. Omdat de simulatie één spoeling betreft zonder een lange doorstroom uit andere lozingstoestellen geldt volgens tabel 6.2 van ST-38 een max. lengte van 6 m. Was er wel sprake van een lange doorstroom dan geldt een lengte van 10 m. De simulatie (1A (2) in afbeelding 6.1) geeft dus geen uitsluitsel of aan tabel 6.2 van ST-38 is voldaan.
2. De simulatie van de verdiepingsleiding (1A (1c) in afbeelding 6.1) voldoet aan tabel 6.2 van ST-38.
De simulatie van de grondleiding (bij 1A (1c) in afbeelding 6.1) voldoet ruimschoots aan tabel 6.2 van ST-38.
5. De simulatie van de **verdiepingsleiding (2A (1a) in afbeelding 6.1) voldoet niet** aan tabel 6.2 van ST-38. De leidingconfiguratie is die van achter een voorzetwandsysteem.
6. De simulatie van de verdiepingsleiding (2A (1b) in afbeelding 6.1) voldoet aan tabel 6.2 van ST-38.
De simulatie van de **grondleiding (bij 2A (1b) in afbeelding 6.1) voldoet niet** aan tabel 6.2 van ST-38 (2,2 m < 3 m). Mogelijk speelt hier de geringere hoogte van de verdiepingsleiding op de standleiding een rol, hoewel het twee verdiepingen betreft.
7. De simulatie van de verdiepingsleiding (2A (1c) in afbeelding 6.1) voldoet aan tabel 6.2 van ST-38.



De simulatie van de grondleiding (bij 2A (1c) in afbeelding 6.1) voldoet wel aan tabel 6.2 van ST-38. Mogelijk speelt hier de grotere hoogte van de verdiepingsleiding op de standleiding een rol.

Ter controle zijn ook simulaties uitgevoerd met spoelvolume 6 l:

3, 4 en 8 t/m 10.

De simulaties van alle verdiepingsleidingen voldoen aan tabel 6.2 van ST-38.

3, 4, 9 en 10.

De simulaties van de grondleidingen bij deze nummers voldoen aan tabel 6.2 van ST-38.

8. De simulatie van de **grondleiding (bij 2A (1a) in afbeelding 6.1) voldoet niet** aan tabel 6.2 van ST-38 ($2,2\text{ m} < 3\text{ m}$). Mogelijk speelt hier de geringe hoogte (een verdieping boven de standleidingvoet) van de verdiepingsleiding op de standleiding een rol.

De simulaties bevestigen wat in rapport ST-14 staat: "De transportafstand in de liggende leiding (diameter 84 mm) benedenstrooms de standleiding (de zogenaamde grondleiding) is bij een 4 l spoeling beduidend lager dan bij een 6 l spoeling".

De PERC-studie sluit daarbij aan: "Het spoelvolume is een van de duidelijke significante systeemvariabele voor de prestatie van de transportafstand van fecale stoffen in de gebouwriolering."

De PERC raadt het gebruik van 3,8 l closets (in dit rapport op een lijn gezet met 4 l Europese closets) niet aan voor de utiliteitsbouw met (lange) verzamelleidingen waarop geen extra lange duurstromen uit andere lozingstoestellen plaatsvinden om het transport van fecale stoffen te ondersteunen.



KANTTEKENINGEN

De HWU-simulatie heeft niet plaatsgevonden met lange duurstromen uit andere lozingstoestellen die het transport van fecale stoffen ondersteunen. Dat geldt ook voor de PERC onderzoeken.

De test van de PERC is niet van een stroming vanuit de standleiding, die van ST-14 wel. Een vergelijking van de PERC resultaten met ST-7/ST-12 is daarom reëler.

De HWU-simulatie is gebaseerd op één spoeling. Bij de onderzoeken van TVVL (max. 3 spoelingen) en PERC hebben meerdere spoelingen plaatsgevonden.

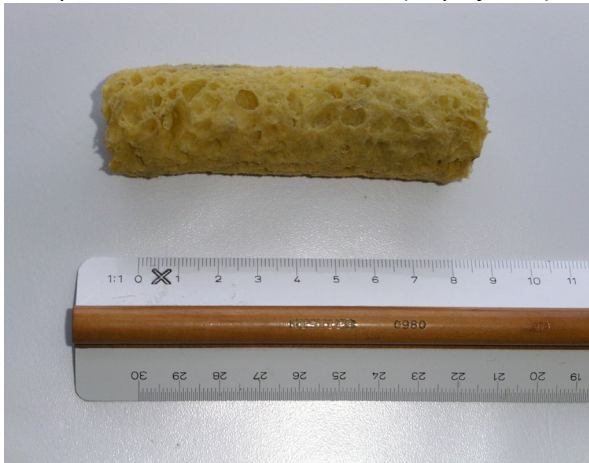
De PERC vindt dat een vermindering van de inwendige diameter van 100 naar 69 mm de transportprestaties in lange afvoerleidingen voor 4 l spoeling niet betrouwbaar kunnen verbeteren. In de proefopstelling van ST-7 heeft het stromingsbeeld van een 6 l spoeling in een liggende leiding met een inwendige diameter 84 mm een nagenoeg gelijk patroon als met 100 mm.

De testmedia van de TVVL projecten en de PERC kwamen qua vorm overeen. De samenstelling was echter verschillend.

In de TVVL ST-projecten is gebruik gemaakt van zogenaamde KIWA-sponsen, diameter 25 mm, lang 40 en 80 mm en aan beide zijden verzwaard met schroeven zodat deze juist aan het wateroppervlak drijven (en 12 vellen toiletpapier met lage treksterkte).

De PERC gebruikte MaP-media bestaande uit sojabonenpasta geëxtrudeerd tot cilinders met een diameter van 20 mm en 100 mm lang, gewicht 50 gram.

Kiwa-spons verzwaard met schroeven (ST-projecten)



PERC MaP-media van sojabonenpasta



In de ST-projecten is gebruik gemaakt van 12 vellen toiletpapier met zeer lage treksterkte. De PERC heeft gekozen voor toiletpapier met zeer lage treksterkte (1-laags papier, 8 ballen van 6 vellen, in totaal 48 vellen), en met zeer hoge treksterkte (2-laags papier, 4 ballen van 6 vellen, in totaal 24 vellen).



Links papier met hoge treksterkte en rechts papier met lage treksterkte



Links papier met hoge treksterkte (4 ballen / 24 vellen), rechts papier met lage treksterkte (8 ballen / 48 vellen)

ST-12/ST-14 geven aan dat toilet papier met lage treksterkte niet leidt tot verslechtering van de transportafstand van zowel de testmedia als van het toilet papier.

PERC signaleert dat oppervlaktepots bij een afschot 1:50 (20 mm/m) in combinatie met toilet papier met lage treksterkte geen beduidend slechtere prestaties laten zien bij een spoelvolume-reductie van 4,8 naar de 3,8 l. Dat is wel het geval bij toilet papier met hoge treksterkte, al dan niet in combinatie met minder afschot.

Voor de HWU-simulatie kan er van worden uitgegaan dat toilet papier (mits met een lage treksterkte) geen rol speelt.

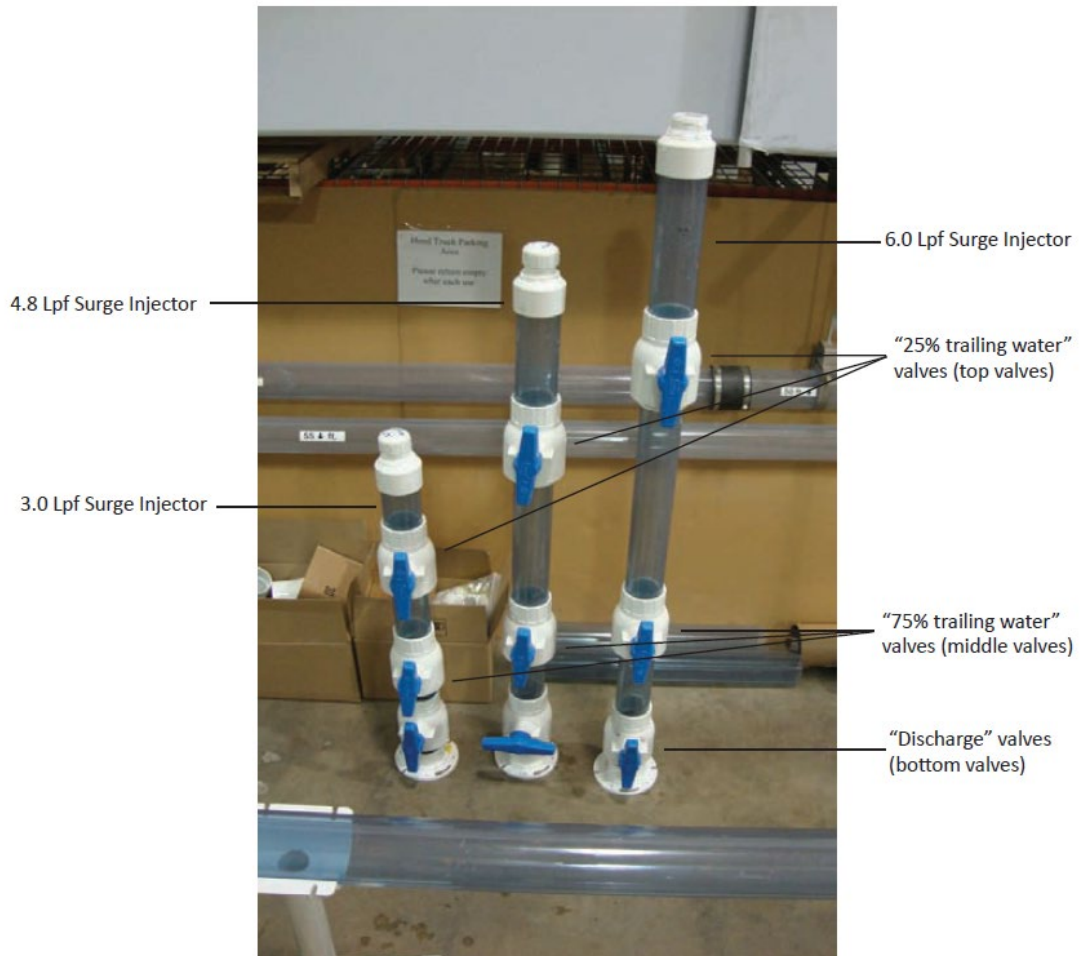
ST-12 geeft aan dat een spoelvolume van 4 l slechts bij een afschot van 1:50 (diameter 84 mm) voldoende transportafstand naar de standleiding biedt, maar dat er wel een gevoeligheid ten opzichte van het type closet (combinatie) zichtbaar is.





De PERC heeft in haar testopstelling geen closetpotten gebruikt maar Surge injectors. Volgens PERC hebben de closetpoteigenschappen (stromingssnelheid en naspoevolume) geen significante invloed op de transportafstand in lange leidingen.

PHOTO 4-G - SURGE INJECTORS





EINDCONCLUSIES

Gelet op het veelal ontbreken van lange duurstromen uit andere lozingstoestellen die het transport van fecale stoffen in lange leidingen ondersteunen en gezien de grote gevoeligheid van het gebruik van het type toiletpapier bij 4 l spoelvolume, kan het huidige standpunt van de TVVL Expertgroep ST om de toepassing van 4 l closets (nog steeds) af te raden, worden onderschreven.

De PERC raadt eveneens de toepassing van dit type closet voor de utiliteitsbouw af, maar ziet de kansen voor woningbouw positiever in omdat daarin lange duurstromen wel voorkomen.

Echter, in tabel 4.2 van NTR 3216 (afgestemd op de eisen in NEN 3215) staat bij "1 closet, spoelvolume ≥ 6 l, plus 1 regelmatig gebruikt lozingstoestel $\geq 0,75$ l/s" de voetnoot dat voor het lozingstoestel $\geq 0,75$ l/s moet worden nagegaan of deze voldoende waarborg biedt voor de beoogde positieve invloed op het transportmechanisme van de vaste stoffen van het closet. In de praktijk is dat niet altijd het geval. Hierbij moet gekeken worden naar zowel de frequentie en de lozingsduur van het toestel, alsmede de lengte van de toestel-/verzamelleiding van dat lozingstoestel tot aan de aansluiting voorbij het closet. Lozingstoestellen waarvan wel een positief effect verwacht mag worden zijn wasautomaten, vaatwasmachines en keukengootstenen.

Er is dus al sprake van een onzekere negatieve factor voor de transportafstand van de vaste stof bij 6 l spoeling. Bij 4 l spoeling is die negatieve factor veel groter.

Betrekken we daarbij het feit dat het gebruik van het type toiletpapier (lage- of hoge treksterkte) volledig beheer-/gebruikersafhankelijk is en dat de HUW-simulaties met voorstel A uit ST-38 (zonder toiletpapier) niet volledig aansluit op tabel 6.2 van ST-38, dan is een terughoudende opstelling ten aanzien van de toepassing van 4 l closets ook voor de woningbouw te verdedigen.



LITERATUUR

TVVL Technische Raad Rapport, Voorstudie ST-7: “Studie naar de effecten van waterbesparende toestellen en hergebruik van water op het ontwerp van de binnenriolering”, (2000)

TVVL/Uneto-VNI, rapport Voorstudie ST-12: “Studie naar de effecten van waterbesparende wc’s met een spoelvolumen kleiner dan 6 liter op het ontwerp van de binnenriolering”, (2005)

TVVL/Uneto-VNI, rapport Voorstudie ST-14: “Studie naar de effecten van waterbesparende wc’s met een spoelvolumen van 4 liter op het ontwerp van de grondleiding”, (2007)

TVVL/Uneto-VNI, rapport Voorstudie ST-38: “Onder welke voorwaarden kan een closetspoeling kleiner dan 6 liter worden toegepast in Nederland”, (2016)

Samenvatting simulaties van de voorstellen A en B uit het ST-38 rapport, uitgevoerd door Harriot-Watt University (UK), (2018)

Plumbing Efficiency Research Coalition (PERC, USA): “The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings”, 2012

Plumbing Efficiency Research Coalition (PERC, USA): “The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings – Phase 2.0, Includes Supplemental Report on PERC Phase 2.1”, 2016

CIB-W062 2018: “The Drainline Transfer of Solid Waste in Building Drains – Final Report”
Peter DeMarco, (The IAPMO Group, USA), et al.

NEN 3215+C1+A1: “Gebouwriolering en buitenriolering binnen de perceelgrenzen”, (2018).

NTR 3216: “Riolering van bouwwerken – Richtlijnen voor ontwerp, uitvoering en beheer”, (2018)

VERWERKTE COMMENTAREN VAN:

Ing. Eric van der Blom

Ing. Walter van der Schee