



Paul Telkamp, Tauw

Adriaan Mels, Wageningen Universiteit en Researchcentrum/ LeAF

Joost van den Bulk, Wageningen Universiteit en Researchcentrum

Praktijkervaringen met vacuüm-technologie voor toiletten

Nieuwe sanitatiesystemen gebaseerd op scheiding van geconcentreerde en minder geconcentreerde huishoudelijke afvalstromen aan de bron komen zowel internationaal als nationaal steeds meer in de belangstelling. Verschillende uitvoeringsvormen zijn mogelijk. Dit artikel beschrijft het resultaat van onderzoek dat is uitgevoerd door Tauw en WUR/LeAF bij een appartementencomplex in Deventer dat voorzien is van vacuümtoiletten voor de inzameling van zwart water. Daarnaast is aanvullend onderzoek verricht bij het EET-project 'Lemmerweg-Oost' in Sneek. Dit laatste project is een initiatief van Landustrie en Wageningen Universiteit en Researchcentrum.



Appartementencomplex Casa Vita in Deventer.

Het EET-project in Sneek is het eerste project in Nederland waar op wijkniveau vacuümtechnologie is toegepast voor de inzameling van zwart water. Het sterk verminderde waterverbruik van een vacuümtoilet ten opzichte van een conventioneel toilet zorgt voor een geconcentreerde stroom zwart water die zich prima leent voor decentrale behandeling. In Sneek is hiervoor een UASB-reactor geplaatst die het zwart water vergist. Het afvalwater dat uit de UASB-reactor komt, bevat nog stikstof en fosfaat en wordt verder decentraal behandeld.

Medio vorig jaar is een tweede vacuümproject gerealiseerd. Het betreft een nieuw appartementencomplex in Deventer, genaamd 'Casa Vita', waar vacuümtoiletten zijn toegepast in 38 woningen. In tegenstelling tot het project in Sneek waar vacuümtechnologie is toegepast vanwege de technologische verbetering, is in Deventer vacuümtechnologie toegepast als een innovatie op architectonisch gebied. In 'Casa Vita' is houtskeletbouw toegepast. Vacuümtechnologie blijkt uitstekend samen te gaan met houtskeletbouw, omdat beide

technieken een hoge flexibiliteit geven bij de bouw. Bij het appartementencomplex konden de eigenaren zelf kiezen hoe ze hun woning ingericht wilden hebben. Vanwege de flexibiliteit en relatief kleine leidingdiameters van vacuümtechnologie was het niet meer noodzakelijk om het toilet dichtbij een hoofdleiding te situeren, zoals bij conventionele riolering wel het geval is. Hierdoor was het mogelijk de toiletruimtes naar eigen inzicht een plaats te geven in het appartement.

Voor deze vrijheid van inrichting bestond veel belangstelling. Het heeft er mede voor gezorgd dat alle appartementen binnen drie weken waren verkocht. In Deventer wordt overigens geen behandelingstechniek toegepast voor het geconcentreerde zwart water, maar wordt het geloosd op de conventionele riolering.

Uit eerder uitgevoerd onderzoek in Noorwegen en Duitsland (zie ook *H₂O* nr. 10 uit 2007) bleek dat bewoners van woningen die zijn voorzien van vacuümtoiletten, niet altijd tevreden zijn over deze techniek. Vooral het geluid en verstoppingen zorgden voor problemen. Om deze reden zijn de huishoudens van het appartementencomplex in Deventer geïnterviewd om te inventariseren wat hun ervaringen zijn met de vacuümtechnologie. Daarnaast zijn geluidsmetingen uitgevoerd om het geluid van een vacuümtoilet te kwalificeren.

Geluidsmetingen toiletten

De geluidsmetingen zijn uitgevoerd bij het appartementencomplex in Deventer en bij de Lemmerweg-Oost in Sneek. De geïnstalleerde vacuümtoiletten in Deventer zijn van de fabrikant Jets en de vacuümtoiletten

in Sneek zijn van de fabrikant Roediger. In Sneek is tevens als test een Jets vacuümtoilet geïnstalleerd (zelfde type als in Deventer) samen met nog twee andere types (Roediger vacuümtoilet met geluidsdemper en Evac vacuümtoilet). Van alle types vacuümtoiletten is het geluid gemeten, zowel met de deksel dicht als open. Het Jets vacuümtoilet is dus zowel in Deventer als in Sneek gemeten. Dit is bewust gedaan om te zien of de geluidsproductie ook anders is op een andere locatie vanwege een ander leidingstelsel en andere buisdiameters. Ter vergelijking is ook het geluid van twee conventionele toiletten gekwalificeerd (één toilet met plateau en één toilet zonder plateau).

Van de toiletten is de maximale decibelproductie (L_{Amax}) gemeten op 60 cm van de rand van de toiletpot onder een hoek van 45 graden. De on gecorrigeerde is berekend uitgaande van een geometrische uitbreiding van het geluid in een halve bolvorm, waarbij een afname over de afstand r geldt van $10\log(4\pi r^2)$. De gecorrigeerde decibelproductie is berekend door te corrigeren voor de reflecties (nagalm) in de ruimte met behulp van een ruisgenerator/kunstbron. In alle gevallen gold dat de meetafstand groter was

dan de galmstraal van de ruimte, hetgeen betekent dat in het nagalmveld gemeten is. De gecorrigeerde decibelproductie volgt na correctie voor de nagalm uit de wet van Sabine via $L_{Amaxp} = L_{Amaxw} + 10\log\{4x(1-x)/A\}$, waarbij A het via metingen bepaalde totale absorptieoppervlak is en L_{Amaxp} het gemeten L_{Amax} in het nagalmveld.

Voor een reële geluidsproductie is 300 ml water in het vacuümtoilet gegoten, wat gelijk staat aan een gemiddeld toiletbezoek. In de tabel zijn de resultaten van de geluidsmetingen weergegeven.

In de tabel is te zien dat de vacuümtoiletten gemiddeld twaalf dB luider zijn dan een conventioneel toilet. Dit verschil is aanzienlijk. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat bij de geluidsmetingen enkel het piekniveau is gemeten. Indien een gemiddelde dB-productie in de tijd wordt gemeten, zal het verschil kleiner zijn, aangezien een vacuümtoilet slecht enkele seconden geluid produceert en een conventioneel toilet gedurende 30 à 40 seconden. De gemiddelde dB-productie van de vacuümtoiletten wordt met name door de standaard Roediger toiletten extra verhoogd. Roediger heeft voor zijn vacuüm-

toiletten een geluidsdemper ontwikkeld. Uit de decibelmetingen is te zien dat de geluidsdemper goed functioneert, aangezien het geluidsniveau - afhankelijk of de deksel open of dicht is - elf tot 13 dB lager uitvalt. Roediger heeft aangegeven dat zij tegenwoordig standaard het vacuümtoilet met de geluidsdemper leveren. Indien het standaard Roediger toilet bij de gemiddelde geluidsproductie buiten beschouwing wordt gelaten, daalt de decibelproductie van 96 naar 94 dB. Verder is te zien dat indien het deksel van de vacuümtoiletten wordt gesloten voorafgaand aan de spoeling, de geluidsproductie vier dB lager ligt. Wat tevens interessant is, is dat het Jets vacuümtoilet in Sneek vier dB luider is dan hetzelfde vacuümtoilet in Deventer. Dit verschil hangt mogelijk samen met de mate van isolatie achter het toilet, de lengte van het leidingstelsel en/of de gebruikte buisdiameters.

Wat verder opvallend is, is dat een standaard Jets vacuümtoilet slechts twee dB luider is dan een Roediger toilet met geluidsdemper en circa tien dB luider dan een gemiddeld conventioneel toilet. Dit biedt perspectieven. Plaatsing van een geluidsdemper op een standaard Jets vacuüm-

Resultaten geluidsmetingen.

resultaten in dB(A)	deksel	decibelproductie na correctie nagalm
Deventer, Jets	dicht	91
	open	95
Sneek, Roediger	dicht	102
	open	104
Sneek, Evac	dicht	93
	open	97
Sneek, Jets	dicht	95
	open	99
Sneek, Roediger + geluidsdemper	dicht	89
	open	93
conventioneel toilet met plateau	dicht	80
	open	87
conventioneel toilet zonder plateau	dicht	83
	open	85
resultaten gemiddeld	gemiddelde decibelproductie na correctie nagalm	
vacuümtoilet gemiddelde met spreiding	96 +/- 5	
conventioneel toilet gemiddelde met spreiding	84 +/- 3	

De vacuümpomp en shredder.



toilet zal de hoeveelheid dB aanzienlijk verminderen, waardoor de geluidsproductie naar verwachting bijna gelijk zal zijn als bij een conventioneel toilet. Een andere mogelijke verbetering is de optimalisering van de buisdiameter cq. leidingstelsel. De buisdiameter heeft waarschijnlijk invloed op de geluidsproductie, aangezien verschillende geluidsproducties zijn gemeten bij eenzelfde Jets vacuümtoilet op twee verschillende locaties. De te hanteren onderdruk op het vacuümsysteem en de hoeveelheid lucht die per tijdseenheid door het toilet stromen bij spoeling, spelen een belangrijke rol en zouden geoptimaliseerd moeten worden (de grens opzoeken tussen goed functioneren en geluidsproductie).

Gebruikersperspectief

Voor het interviewen van de huishoudens is een gestandaardiseerd interview gebruikt dat ook gebruikt is in het onderzoek dat beschreven is in H₂O nr. 10 uit 2007. Het behandelde verschillende aspecten, zoals het functioneren, het gebruikersgemak en de robuustheid van het vacuümsysteem. De interviews met de huishoudens zijn eind vorig jaar uitgevoerd door een student van de universiteit van Wageningen. In totaal is met 20 van de 38 huishoudens gesproken.

Uit de interviews kwam naar voren dat 67,5 procent van de huishoudens tevreden tot zeer tevreden zijn over het vacuümsysteem. Niet negatief maar ook niet positief is 27,5 procent. Eén huishouden (vijf procent) was ontevreden.

De genoemde voordelen zijn de waterbesparingsmogelijkheid en het gevoel dat de bewoners iets goeds doen voor het milieu. Als nadelen werden de onbetrouwbaarheid en de geluidsproductie genoemd. Ten tijde van de interviews (november 2007) had het vacuümsysteem twee storingen sinds maart 2007 achter de rug. De eerste was direct in maart 2007. Deze storing was het gevolg van een installatiefout. Een klep was verkeerd gemonteerd, waardoor het vacuümsysteem niet op onderdruk bleef. De tweede storing vond plaats in oktober 2007. De zogeheten vacuümarator (vacuümpomp + shredder) liep vast vanwege incorrect gebruik. Eén van de huishoudens had een huishouddoekje

doorgespoeld met als gevolg dat het gehele vacuümsysteem zijn onderdruk verloor en de huishoudens hun vacuümtoilet niet meer konden gebruiken. De twee storingen zijn direct op de dag van melding opgelost.

De helft van de huishoudens ervaart het geluid van het vacuümtoilet als hard, 20 procent als 'irritant' en 30 procent geeft aan geen hinder te ondervinden. Op basis van de resultaten van de geluidsmetingen werd verwacht dat de geluidsproductie als aandachtspunt naar voren zou komen bij de huishoudens. Ondanks de twee storingen die plaatsvonden en de geluidsproductie zou 65 procent van de huishoudens het vacuümsysteem aanraden aan andere huishoudens. Van de ondervraagden zou 60 procent weer een vacuümtoilet kiezen indien ze gaan verhuizen. Uiteindelijk is het vacuümsysteem gewaardeerd met een gemiddeld cijfer van 7,15.

Ter vergelijking (als nulsituatie) zijn ook 20 huishoudens geïnterviewd in Wageningen die een conventioneel toilet hebben. Uit deze interviews bleek dat 85 procent tevreden tot zeer tevreden is over het conventionele toilet. Tien procent gaf een neutraal antwoord en één huishouden (vijf procent) was ontevreden over het conventionele toilet. Als voordeel werd genoemd dat het conventionele systeem goed werkt; als nadeel kwam het relatief grote verbruik van drinkwater ten behoeve van toiletspoeling naar voren. Uiteindelijk werd het conventionele systeem gewaardeerd met een gemiddeld cijfer van 7,05.

Conclusie en aanbevelingen

- Vacuümtoiletten worden door de huishoudens van het appartementencomplex in Deventer gewaardeerd met een gemiddeld cijfer van 7,15. Dit is min of meer hetzelfde cijfer als dat door de huishoudens van Wageningen is gegeven voor het conventionele systeem;
- De geluidsproductie van een gemiddeld vacuümtoilet ligt twaalfde dB hoger dan bij een gemiddeld conventioneel toilet (circa tien dB verschil met het stilste vacuümtoilet) en wordt door een groot deel van de huishoudens als hinderlijk ervaren. Om het vacuümtoilet

makkelijker accepteerbaar te maken, dient de geluidsproductie te worden teruggebracht. Aangezien een Jets vacuümtoilet standaard het stilste is, verdient het aanbeveling om een geluidsdemper te installeren bij dit vacuümtoilet. Naar verwachting zal de geluidsproductie dan vergelijkbaar zijn met een gemiddeld conventioneel toilet;

- Het vacuümsysteem lijkt gevoelig voor langdurige stroomuitval. Kortstondige stroomuitval vormt geen probleem, aangezien genoeg onderdruk in het vacuümleidingstelsel wordt gecreëerd. Afhankelijk van het aantal spoelingen zal de onderdruk minder worden. Om een eventuele langdurige stroomuitval te kunnen opvangen, zou een gezamenlijk conventioneel toilet geïnstalleerd kunnen worden bij nieuwe appartementencomplexen of kan ten tijde van de storing een noodaggregaat worden gebruikt om het vacuümleidingstelsel op onderdruk te houden. Waarschijnlijk zal een noodaggregaat de goedkoopste oplossing zijn, aangezien langdurige stroomuitval niet vaak voorkomt.

Toekomst

Het geluidaspect lijkt bij de leveranciers van de vacuümtoiletten ook meer aandacht te krijgen. Eén van de fabrikanten zal dit jaar een nieuw vacuümtoilet op de markt brengen die volgens hun testresultaten circa acht procent stiller is, resulterend in een geluidsproductie van 86 dB. Dit komt overeen met een conventioneel toilet waarbij de deksel open staat.

Om meer inzicht te krijgen in het energieverbruik en storingen van vacuümsystemen heeft Taww kWh-meters geïnstalleerd in het appartementencomplex in Deventer en worden eventuele storingen bijgehouden. In opdracht van STOWA verricht Taww samen met WUR/LeAF momenteel een marktacceptatie-onderzoek voor vacuümsystemen. Hierbij zal onder andere worden nagegaan wat de toetsingscriteria zijn van verschillende actoren.

LITERATUUR

Van den Bulk J. (2008). New initiatives in sanitation systems. MSc-thesis Wageningen Universiteit.