

AKOESTISCH ONDERZOEK VACUÛMTOILETLEN



RAPPORT

2020
11

AKOESTISCH ONDERZOEK VACUÛMTOILETTEN

RAPPORT

2020

11

ISBN 978.90.5773.878.4



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Olger Star
Paul Telkamp

OPDRACHTGEVERS
STOWA, Waterschap Vallei & Veluwe, Waternet en gemeente Groningen

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Bert Palsma, STOWA
Jasper Timmer, Waterschap Vallei & Veluwe
Marina Gatón, Waternet
Richard Walters en Anne Helbig, Gemeente Groningen

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2020-11
ISBN 978.90.5773.878.4

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

AKOESTISCH ONDERZOEK VACUÛMTOILETTEN

INHOUD

	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Omschrijving	1
	1.2 Doel van het onderzoek	1
	1.3 Leeswijzer	1
2	PLAN VAN AANPAK	2
	2.1 Insteek	2
	2.2 Meting	2
	2.3 Vergelijkbaarheid van gegevens	3
	2.4 Apparatuur	4
3	METINGEN 1 EN 2: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK	5
	3.1 Overzicht meetlocatie	5
	3.2 Resultaten en bevindingen	8
4	METINGEN 3 EN 4: RIJNSTRAAT 8 DEN HAAG	10
	4.1 Overzicht meetgegevens	10
	4.2 Resultaten en bevindingen	13
5	METINGEN 5 EN 6: WETSUS LEEUWARDEN	14
	5.1 Overzicht meetgegevens	14
	5.2 Resultaten en bevindingen	16
6	METING 7: STUDENTSTAY LEEUWARDEN	17
	6.1 Overzicht meetgegevens	17
	6.2 Resultaten en bevindingen	19
7	METINGEN 8 EN 9: STADHUIS WAGENINGEN	21
	7.1 Overzicht meetgegevens	21
	7.2 Resultaten en bevindingen	23

8	METINGEN 10 EN 11: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK (GRONDGEBONDEN WONING)	25
8.1	Overzicht meetlocatie	25
8.2	Resultaten en bevindingen	27
9	METINGEN 12 EN 13: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK (APPARTEMENT)	29
9.1	Overzicht meetlocatie	29
9.2	Resultaten en bevindingen	31
10	METING 14: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK (APPARTEMENT)	32
10.1	Overzicht meetlocatie	32
10.2	Resultaten en bevindingen	34
11	METINGEN 15 EN 16: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK (GRONDGEBONDEN WONING)	36
11.1	Overzicht meetlocatie	36
11.2	Resultaten en bevindingen	38
12	METINGEN 17 TOT EN MET 20: CONVENTIONELE TOILETTEN IN DEVENTER	40
12.1	Overzicht meetlocatie	40
12.2	Resultaten en bevindingen	43
13	VERGELIJKING MEETGEGEVENS	45
13.1	Toiletbril open	45
13.2	Toiletbril dicht	46
14	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	49
14.1	Conclusies	49
14.2	Aanbevelingen	49
BIJLAGE 1	OVERZICHT RESULTATEN TOILETSPOELINGEN MET TOILETPAPIER	51

1

INLEIDING

1.1 OMSCHRIJVING

In de afgelopen paar jaar vindt, mede door krapte op de woningmarkt, aanzienlijke nieuwbouw plaats. Gezien de landelijke en regionale duurzaamheidsambities worden de woningen steeds duurzamer. In dit kader wordt ook steeds vaker gekeken naar verduurzamingsmogelijkheden in de waterketen bij deze nieuwbouw. De toepassing van vacuümtoiletten in woningen wordt steeds vaker overwogen en toegepast.

Een vacuümtoilet verschilt van een regulier toilet (watercloset) doordat deze is aangesloten op een vacuümriool. Hierdoor wordt de urine en fecaliën ‘weggezogen’ in plaats van weggespoeld en is er maar 1 l water nodig per spoelbeurt in plaats van de reguliere 5 tot 8 l. Dit zorgt voor een significante waterbesparing en ontstaan er mogelijkheden om dit geconcentreerde toiletwater efficiënt te behandelen. Het nadeel van dit spoelmechanisme is het geluid: de toiletten maken doorgaans meer geluid dan een watercloset en hebben een korte piek.

Vanwege de groei van dergelijke nieuwbouwontwikkelingen is het zinvol is om de werkelijke geluidsemissie in kaart te brengen. In opdracht van STOWA, Waternet, Waterschap Vallei & Veluwe en Gemeente Groningen heeft Tauw een akoestisch onderzoek uitgevoerd naar de geluidsemissie van verschillende type vacuümtoiletten, geïnstalleerd op diverse locaties binnen Nederland. Ter vergelijking zijn ook reguliere toiletten gemeten.

1.2 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van het onderzoek is het inzichtelijk maken van de brongeluidniveaus afkomstig van het doortrekken van verschillende type vacuümtoiletten. In dit rapport zijn de uitwerkingen en resultaten van de metingen die zijn uitgevoerd in 2018, 2019 en 2020 in Sneek, Leeuwarden, Den Haag, Wageningen en Deventer opgenomen. Omdat de omstandigheden die van invloed kunnen zijn op het geluid per locatie verschillen zijn in dit rapport de belangrijkste variabelen in kaart gebracht en beschreven.

1.3 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 is het plan van aanpak beschreven waarna in de hoofdstukken 3 tot en met 12 de afzonderlijke meetlocaties zijn gepresenteerd. De resultaten per locatie zijn eveneens in deze hoofdstukken terug te vinden. Een vergelijking van de resultaten is te vinden in hoofdstuk 13. In hoofdstuk 14 zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

2

PLAN VAN AANPAK

2.1 INSTEEL

Het onderzoek omvat het inzichtelijk maken van de geluidemissie afkomstig van dertien verschillende vacuümtoiletten op verschillende locaties in Nederland waar vacuümtoiletten op wat grotere schaal zijn toegepast. Belangrijk is dat de vacuümtoiletten op dusdanige manier worden gemeten en weergegeven dat onderlinge vergelijking mogelijk is.

Om vergelijking mogelijk te maken is per locatie een zo compleet mogelijk beeld gegeven van de factoren die van invloed kunnen zijn op het geluid zoals:

- Het type toilet
- De gehanteerde onderdruk
- De horizontale- en verticale afstand tot aan het vacuümstation
- Het gebruik van toiletpapier
- Doortrekken met een open of dichte toiletbril (deksel)
- Akoestische eigenschappen van de toiletruimten (nagalm)

De meting omvat installatiegeluid. Het bouwbesluit 2012 verwijst hierbij naar NEN 5077. Deze schrijft voor dat de LaS,MAX bepalend is voor dit type brongeluid. Dat betekent dat de maximale geluidsemissie van toepassing is en dat de gemiddelde waarde gedurende 1 seconde maatgevend is (slow).

2.2 METING

De metingen zijn steeds op eenzelfde manier uitgevoerd. Zo zijn, met uitzondering van meting 1 en 2 in Sneek (zie hoofdstuk 3) alle toiletten gemeten vóór de toiletpot op een hoogte van 116 cm. De achterliggende gedachte hiervan is om zo dicht mogelijk bij de pot te meten onder een hoek. Deze hoogte representeert de laagste stand van de gebruikte statieven.

Bij meting 1 en 2 is gemeten op een hoogte van 150 cm. Dit als gevolg van een combinatie-meting met een ander adviesbureau die 150 cm hanteerde. Er is geverifieerd of het meten op 116 cm of 150 cm hoogte resulteert in andere meetwaarden. Dit blijkt niet het geval.

De hoeveelheid toiletpapier is gelijk gehouden door de hoeveelheid papiertjes aan te passen aan de dikte van het aanwezige toiletpapier. In de praktijk betekent dit 8, 12 of 16 papiertjes per spoelbeurt. Tevens zijn de papiertjes 'losjes en verfrommeld' in de toiletpotten gedeponeerd, omdat dit eveneens effect heeft op geluidsemissie.

Iedere situatie is in drievoud gemeten waarna vervolgens de gemiddelde waarde als resultaat is gehanteerd.

In alle toiletruimtes en aangelegen ruimtes zijn de dimensies bepaald en is een nagalmmeting uitgevoerd om correctieberekeningen te kunnen uitvoeren.

2.3 VERGELIJKBAARHEID VAN GEGEVENS

De waarden die gemeten zijn, zijn een combinatie van het bronvermogen en de reflecties veroorzaakt door de ruimte. De reflecties worden bepaald door de grootte van de ruimte en het materiaal dat is gebruikt voor de opbouw hiervan. Daarnaast is de afstand van de meetmicrofoon tot aan de bron van invloed op het gemeten geluid. Om een vergelijking te kunnen doen dienen variabelen die van invloed zijn op het gemeten geluid zo veel mogelijk te worden uitgemiddeld. De grootte van de ruimte, de nagalmtijd T20 en de meetafstand zijn variabelen waarmee het gemeten geluid terug gerekend kan worden naar een bronafstand.

BEREKENING CORRECTIE

Het gemeten signaal bestaat uit een (door de afstand afgezwakte representatie van) het bron-signaal in combinatie met reflecties (nagalm) veroorzaakt door de ruimte. Om verschillende vacuÛmtoiletten te kunnen vergelijken is per gemeten waarde een gecorrigeerde $La_{\text{corr,S, MAX}}$ uitgerekend. De gecorrigeerde $La_{\text{corr,S, MAX}}$ is als volgt bepaald:

AFNAME DOOR AFSTAND

De afname D van het geluid (in dB) over de afstand r is berekend volgens:

$$D = 10\log(Q/4\pi r^2)$$

Hierbij is uitgegaan van een geometrische uitbreiding van geluid in een halve bolvorm waarbij geldt $Q = 2$. Omdat er in de praktijk buiten de galmstraal is gemeten, dat wil zeggen in het galmveld is er geen sprake van geometrische uitbreiding en is deze formule in dit project niet van toepassing.

NAGALM

Het gemeten signaal bestaat uit een (door de afstand afgezwakte representatie van) het bron-signaal in combinatie met reflecties (nagalm) veroorzaakt door de ruimte.

In alle gevallen gold dat de meetafstand groter was dan de galmstraal van de ruimte hetgeen betekent dat er in het galmveld is gemeten. Het gecorrigeerde $L_{w\text{max}}$ volgt na correctie voor de nagalm uit de wet van Sabine via $La_{\text{corr,S, MAX}} = La_{\text{S, MAX}} - 10\log(4\pi(1-\alpha)/A)$ waarbij A het via metingen bepaalde totale absorptieoppervlak is.

Voor de gecorrigeerde $La_{\text{corr,S, MAX}}$ geldt:

$$La_{\text{corr,S, MAX}} = La_{\text{S, MAX}} - 10\log(4\pi(1-\alpha)/A)$$

Waarin de variabelen:

$La_{\text{S, MAX}}$	= gemeten piekwaarden in dB(A), gemiddeld over 1 seconde
r	= meetafstand tot de bron
Tgem	= gemiddelde galmtijd in seconden
A	= $(0,161 \cdot V/T_{\text{gem}})$ in m ²
α	= absorptie A/S
V	= volume van de meetruimte in m ³
S	= oppervlakte van de meetruimte in m ²

2.4 APPARATUUR

Navolgend is een overzicht weergegeven van de gebruikte meetapparatuur.

TABEL 2.1 OVERZICHT MEETAPPARATUUR

Meetapparatuur	Merk	Type
Real time analyzer (investigator)	Brüel & Kjær	2250
Microfoon voor 2250	Brüel & Kjær	4189
Calibrator	Brüel & Kjær	4231
Ruisgenerator/kunstbron	Decabel	50FTM

3

METINGEN 1 EN 2: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK

3.1 OVERZICHT MEETLOCATIE

Op 26 september 2018 is de geluidsemisatie van een tweetal vacuÛmtoiletten bepaald in twee woningen van het project Waterschoon in Sneek. De woningen bevinden zich aan de Dr. Wunkestraat (woning dichtbij vacuÛmstation) en Winsemiusstraat (woning veraf gelegen van vacuÛmstation).

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming het Waterschoon-project en de locaties waar de geluidsemisatie is bepaald.

FIGUUR 3.1

OVERZICHT MEETLOCATIE SNEEK



Beide toiletten zijn gesitueerd op de begane grond. Op deze locatie is gevarieerd met de onderdruk om te kijken of deze van invloed is op de geluidsemisatie van de toiletten.

Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

TABEL 3.1 OVERZICHT DATA LOCATIE WATERSCHOON SNEEK

Gegevens Waterschoon Sneek	
Meetdatum	26 september 2018
Locatie	Waterschoon-project
Aantal aangesloten vacuümtoiletten	232 stuks
Onderdruk	Basis onderdruk -0,45 bar Tijdens metingen gevarieerd op -0,45, -0,5, -0,6 en -0,7 bar
Onderdruk constant tijdens meting	Ja, gezien de grootte van de installatie heeft een enkele toiletspoeling nauwelijks effect op de onderdruk
Merk en type toiletten	Evac VT910
Hoeveelheid spoelwater	1,2 liter per spoelbeurt (standaardinstelling)
Type vacuümstation	Geleverd door QuaVac Vacuümpompen, vacuümtank en perspompen
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 - 63 mm in woning Ø 90 mm in openbaar gebied

FIGUUR 3.2 FOTO'S VACUÛMSTATION



Op deze locatie is enkel met de toiletbril open gemeten. Er is zowel met als zonder toiletpapier gemeten.

Navolgende tabellen presenteren de eigenschappen van de beide toiletruimtes.

TABEL 3.2 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE SNEEK; TOILET DICHTBIJ VACUÛMSTATION

Meting 1, Sneek	
Locatie	Dr. Wunkestraat Dichtbij vacuümstation
Verticale afstand tot vacuümstation	Begane grond
Horizontale afstand tot vacuümstation	Circa 150 m
Volume toiletruimte, V	16,27 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	26,19 m ²
Oppervlakte	6,19 m ²
Meethoogte	1,50 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 50 ms

FIGUUR 3.3

FOTO'S LOCATIE SNEEK, DR. WUNKESTRAAT



TABEL 3.3

OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE SNEEK; TOILET VERAF GELEGEN VAN VACUÛMSTATION

Meting 2, Sneek	
Locatie	Winsemiusstraat Veraf gelegen van vacuümstation
Verticale afstand tot vacuümstation	Begane grond
Horizontale afstand tot vacuümstation	Circa 350 m
Volume toiletruimte, V	5,01 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	15,12 m ²
Oppervlakte	1,90 m ²
Meethoogte	1,50 m
Gemiddelde nagalmtijd	0s 47ms

FIGUUR 3.4

FOTO'S LOCATIE SNEEK, WINSEMIUSSTRAAT



3.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van het dichtbij en verafgelegen vacuümtoilet.

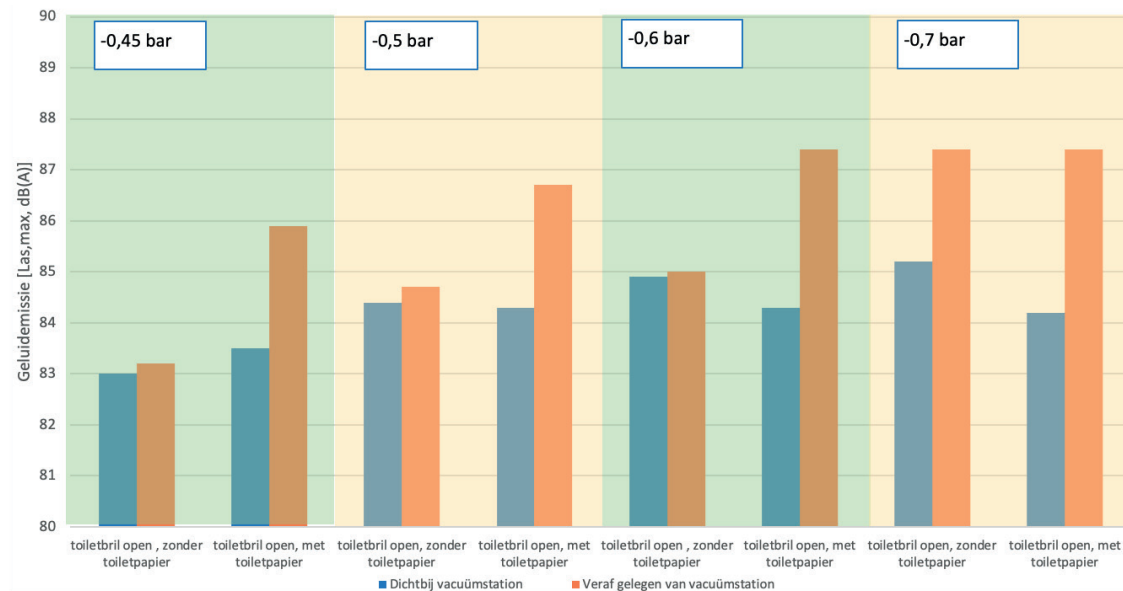
TABEL 3.4 OVERZICHT RESULTATEN LOCATIE SNEEK; DR. WUNKESTRAAT

Meting	Onderdruk [bar]			La _{S, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	-0,45	open	zonder	83,0
2	-0,45	open	met	83,5
3	-0,5	open	zonder	84,4
4	-0,5	open	met	84,3
5	-0,6	open	zonder	84,9
6	-0,6	open	met	84,3
7	-0,7	open	zonder	85,2
8	-0,7	open	met	84,2

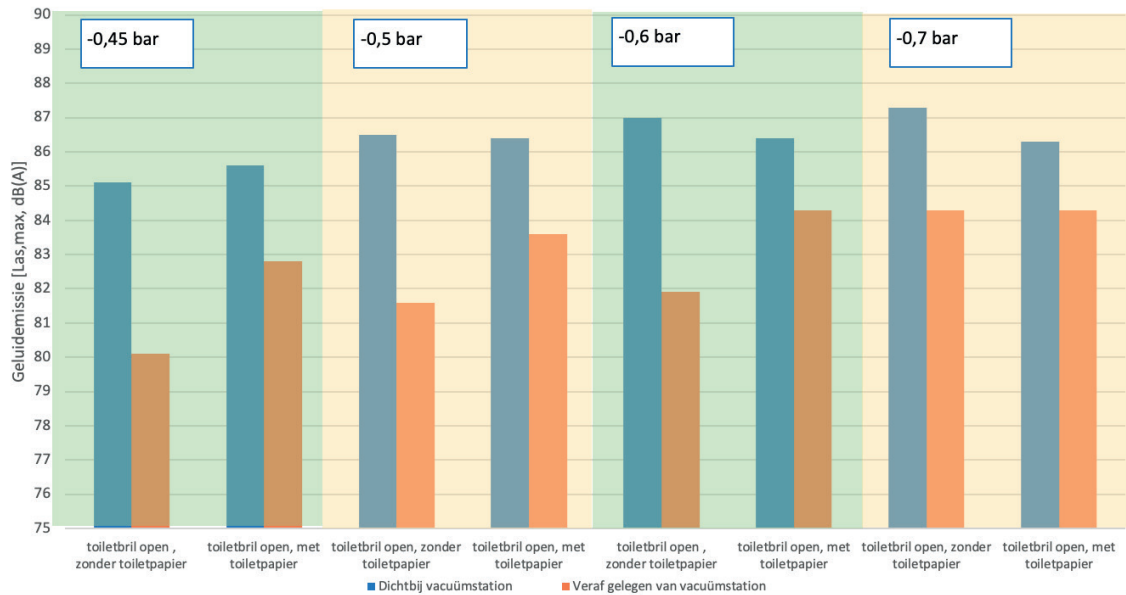
TABEL 3.5 OVERZICHT RESULTATEN LOCATIE SNEEK; WINSEMIUSSTRAAT

Meting	Onderdruk [bar]	Toiletbril	Toiletpapier	La _{S, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{S, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	-0,45	open	zonder	83,2	80,1
2	-0,45	open	met	85,9	82,8
3	-0,5	open	zonder	84,7	81,6
4	-0,5	open	met	86,7	83,6
5	-0,6	open	zonder	85,0	81,9
6	-0,6	open	met	87,4	84,3
7	-0,7	open	zonder	87,4	84,3
8	-0,7	open	met	87,4	84,3

FIGUUR 3.5 RESULTATEN ONGECORRIGEERD LOCATIE SNEEK (DR. WUNKESTRAAT EN WINSEMIUSSTRAAT)



FIGUUR 3.6 RESULTATEN GECORRIGEERD LOCATIE SNEEK (DR. WUNKESTRAAT EN WINSEMIUSSTRAAT)



Bij de metingen zonder toilet papier lijken beide toiletten nagenoeg even luid te zijn. Een relatief klein verschil van 2,2 dB(A) doet zich voor bij een verlaging van de onderdruk tot -0,7 bar.

Na toepassing van de nagalmcorrectie is het nabijgelegen vacuümtoilet 3 tot 5,1 dB(A) luider. Mét papier neemt dit verschil ietwat af, resulterend in een verschil van 2 tot 2,8 dB(A).

Bij het verhogen van de onderdruk van -0,45 bar naar -0,5, -0,6 en -0,7 bar is bij het dichtbij gelegen toilet een toename in geluidsemissie geconstateerd van maximaal 2,2 dB(A). Dit verschil is klein en wordt grotendeels veroorzaakt door de verhoging van de onderdruk van -0,45 naar -0,5 bar. Een verdere verhoging van de onderdruk heeft met zeer beperkt effect op de geluidsemissie.

Bij het verafgelegen toilet is een toename in geluidsemissie geconstateerd van maximaal 4,2 dB(A). Grotendeels wordt dit veroorzaakt door de verhoging van de onderdruk van -0,6 bar naar -0,7 bar.

Bij de spoelingen met toilet papier is het effect van het verhogen van de onderdruk op de geluidsemissie kleiner dan bij de spoelingen zonder toilet papier. Voor het dichtbij gelegen toilet is een toename in geluidsemissie geconstateerd van maximaal 0,8 dB(A) en voor het verafgelegen toilet maximaal 1,5 dB(A). De dominante frequenties die zich voordoen mét papier lijken op een andere manier te worden versterkt door de opbouw van de ruimte.

Meer afstand tot het vacuümstation zou logischerwijs moeten resulteren in een vermindering van de onderdruk wat eveneens een vermindering in geluidsemissie ten gevolge zou moeten hebben. Dit lijkt inderdaad het geval. Het dichtbij gelegen toilet is – afhankelijk van de onderdruk - 3 tot 5,1 dB(A) luider dan het verafgelegen toilet bij de spoelingen zonder papier. Met papier is het dichtbij gelegen toilet 0 tot 2,8 dB(A) luider.

4

METINGEN 3 EN 4: RIJNSTRAAT 8 DEN HAAG

4.1 OVERZICHT MEETGEGEVENS

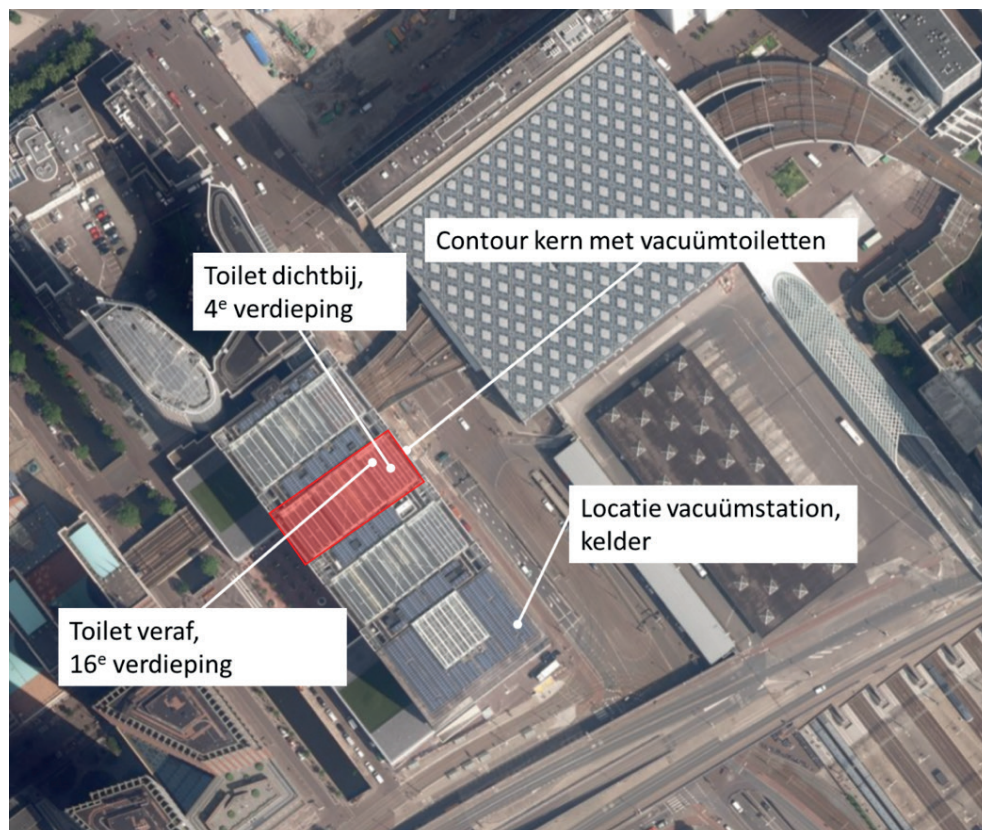
Op 24 oktober 2018 is de geluidsemissie van een tweetal vacuümtoiletten bepaald in het ministeriegebouw gevestigd aan de Rijnstraat 8 te Den Haag. De toiletten zijn gesitueerd op de 4e en de 16e verdieping. Door de vergelijkbare bouw van de toiletruimtes is het mogelijk een inschatting te maken op de invloed van hoogte op de geluidsemissie.

Op deze locatie is niet gevarieerd met de onderdruk.

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming de locatie van het vacuümstation en de locaties waar de geluidsemissie is bepaald.

FIGUUR 4.1

OVERZICHT MEETLOCATIE DEN HAAG



Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

TABEL 4.1

OVERZICHT GEGEVENS LOCATIE

Gegevens locatie Rijnstraat 8 Den Haag	
Meetdatum	24 oktober 2018
Locatie	Rijnstraat 8
Aantal aangesloten vacuümtoiletten	87 stuks
Onderdruk	Tussen -0,40 en -0,62 bar
Onderdruk constant tijdens meting	Nee, relatief klein systeem zorgt voor schommelingen in onderdruk, 1 toiletspoeling zorgt indicatief voor daling van onderdruk met 0,05 bar
Merk en type toiletten	Jets Charm
Hoeveelheid spoelwater	1,0 liter per spoelbeurt (standaardinstelling)
Type vacuümstation	Geleverd door Biocompact Jets 190 MB (2x 95MB)
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 – 63 mm in toiletruimtes Ø 75 mm standleiding en horizontale leiding naar vacuümstation

FIGUUR 4.2

FOTO VACUÛMSTATION



TABEL 4.2

OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS TOILET DICHTBIJ VACUÛMSTATION

Meting 3	
Verdieping	4e verdieping, hoogte 12 m
Volume toiletruimte, V	3,23 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	14,15 m ²
Oppervlakte	1,25 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 320 ms

FIGUUR 4.3 FOTO'S MEETLOCATIE DEN HAAG, TOILET 4E VERDIEPING



TABEL 4.3 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS TOILET VERAF GELEGEN VAN VACUÛMSTATION

Meting 4	
Verdieping	16e verdieping, hoogte 58 m
Volume toiletruimte, V	2,99 m
Staande oppervlakte toiletruimte, S	13,48 m ²
Oppervlakte	1,16
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 340 ms

FIGUUR 4.4 FOTO'S MEETLOCATIE DEN HAAG, TOILET 16E VERDIEPING



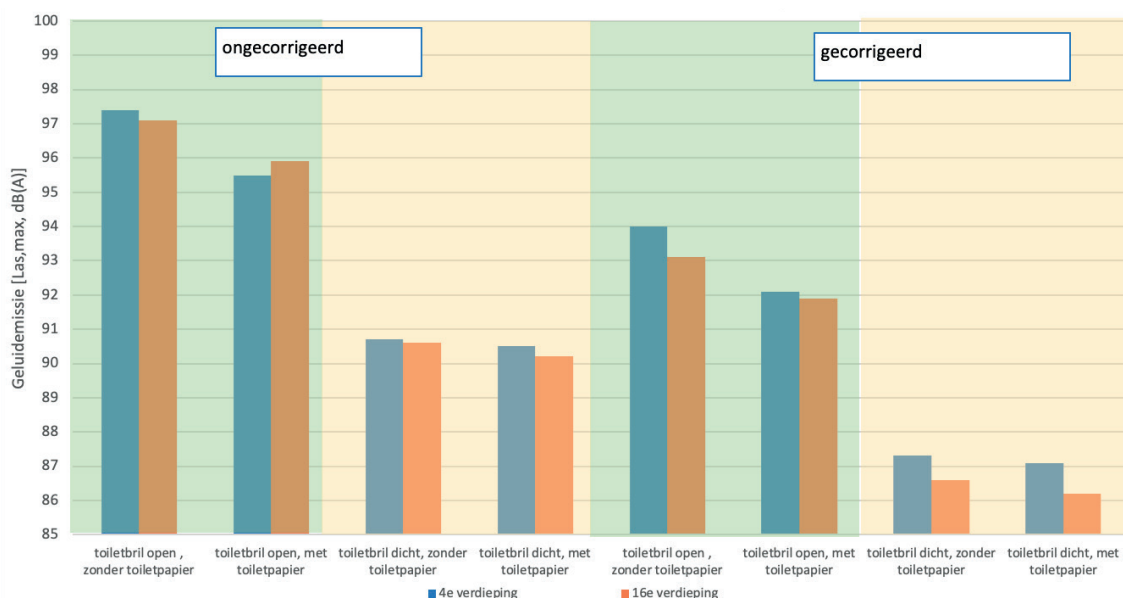
4.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van de vacuümtoiletten op de 4e en de 16e verdieping.

TABEL 4.4 OVERZICHT RESULTATEN TOILETRUIMTES

Meting	Locatie	Toiletbril	Toiletpapier	LaS, MAX, gemeten, dB(A)	LaS, MAX, gecorrigeerd, dB(A)
1	Toilet 4e verdieping	open	zonder	97,4	94
2	Toilet 4e verdieping	open	met	95,5	92,1
3	Toilet 4e verdieping	dicht	zonder	90,7	87,3
4	Toilet 4e verdieping	dicht	met	90,5	87,1
5	Toilet 16e verdieping	open	zonder	97,1	93,1
6	Toilet 16e verdieping	open	met	95,9	91,9
7	Toilet 16e verdieping	dicht	zonder	90,6	86,6
8	Toilet 16e verdieping	dicht	met	90,2	86,2

FIGUUR 4.5 RESULTATEN LOCATIE DEN HAAG



De hoogst gemeten waarde is 97,4 dB(A), gecorrigeerd is dit 94 dB(A). Uit de gecorrigeerde resultaten blijkt een verwaarloosbaar verschil van maximaal 0,9 dB(A), tussen de twee toiletten waaruit kan worden geconcludeerd dat hoogte geen significante bijdrage levert aan de luidheid van de toilet. Gebruik van papier resulteert tot een minimale afname in geluid van 0,9 dB(A). Het sluiten van de toiletbril alvorens door te trekken vermindert het geluid met 5 tot 6,7 dB(A).

5

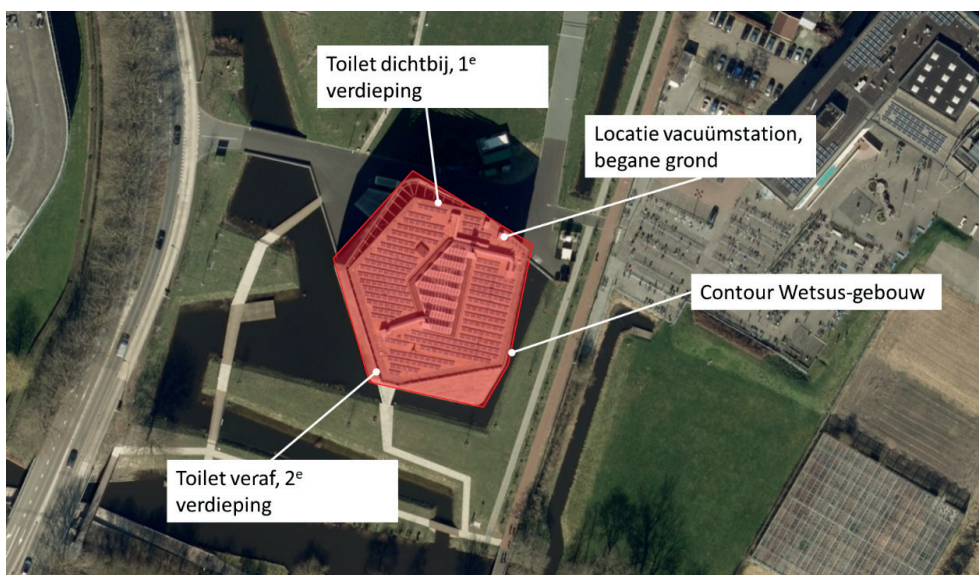
METINGEN 5 EN 6: WETSUS LEEUWARDEN

5.1 OVERZICHT MEETGEGEVENS

Op 13 november 2018 is de geluidsemmissie van een tweetal vacuümtoiletten bepaald in het gebouw van Wetsus gevestigd aan de Oostergoweg 9 te Leeuwarden. De toiletten zijn gesitueerd op de 1e en de 2e verdieping.

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming de locatie van het vacuümstation en de locaties waar de geluidsemmissie is bepaald.

FIGUUR 5.1 OVERZICHT LEEUWARDEN, LOCATIE WETSUS



Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

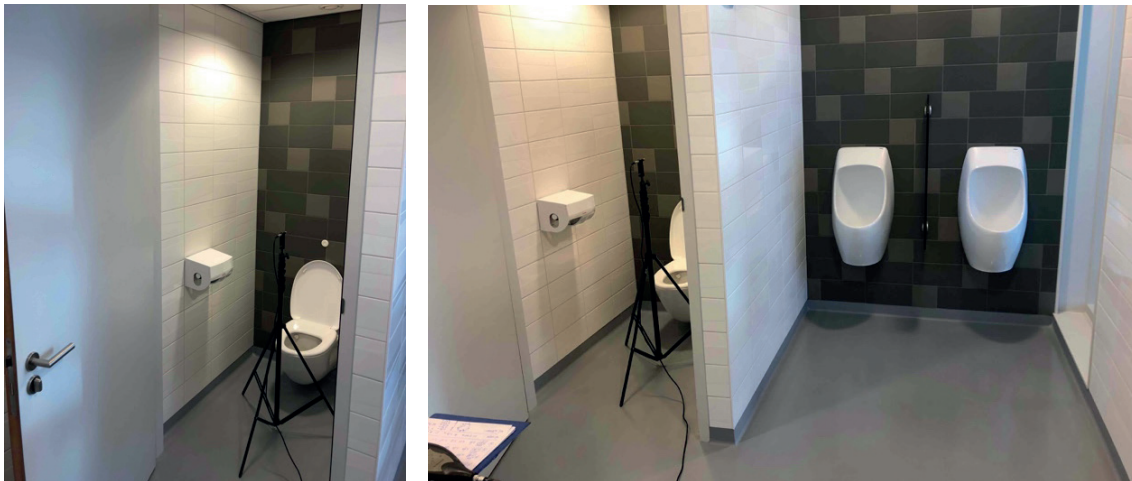
TABEL 5.1 OVERZICHT GEGEVENS LOCATIE

Gegevens locatie Wetsus-gebouw Leeuwarden	
Meetdatum	13 november 2018
Locatie	Oostergoweg 9, Leeuwarden
Aantal aangesloten vacuümtoiletten	22 stuks
Onderdruk	Tussen -0,34 en -0,54 bar
Onderdruk constant tijdens meting	Nee, relatief klein systeem zorgt voor schommelingen in onderdruk, 1 toiletspoeling zorgt indicatief voor daling van onderdruk naar de ondergrens waardoor pomp weer aanslaat.
Merk en type toiletten	Jets Charm
Hoeveelheid spoelwater	1,0 liter per spoelbeurt (standaardinstelling)
Type vacuümstation	Geleverd door Biocompact Jets 50 MBA (2x 25 MBA)
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 mm in toiletruimtes Ø 63 mm standleiding en horizontale leiding naar vacuümstation

TABEL 5.2 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS TOILET VERAF GELEGEN VAN VACUÛMSTATION

Meting 5, Leeuwarden Wetsus	
Etage	2e verdieping, hoogte 6m
Volume Toiletruimte, V	3,14 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	13,66 m ²
Oppervlakte	1,31 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0s 800ms

FIGUUR 5.2 LEEUWARDEN WETSUS, 2E VERDIEPING



TABEL 5.3 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS TOILET DICHTBIJ VACUÛMSTATION

Meting 6, Leeuwarden Wetsus	
Etage	1 ^e verdieping, hoogte 3 m
Volume Toiletruimte, V	3,29 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	14,07 m ²
Oppervlakte	1,37 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 760 ms

FIGUUR 5.3 LEEUWARDEN WETSUS 1E VERDIEPING



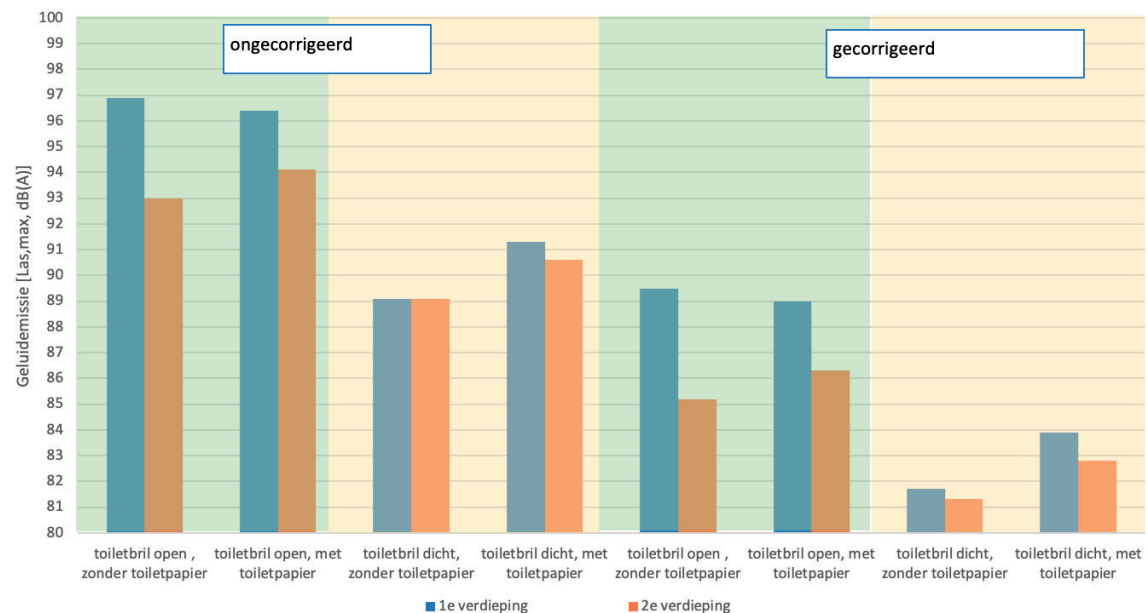
5.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van de vacuümtoiletten bij Wetsus te Leeuwarden.

TABEL 5.4 OVERZICHT RESULTATEN WETSUS LEEUWARDEN

Meting	Locatie	Toiletbril	Toiletpapier	La _{s, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{s, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Toilet 2 ^e verdieping	open	zonder	93,0	85,2
2	Toilet 2 ^e verdieping	open	met	94,1	86,3
3	Toilet 2 ^e verdieping	dicht	zonder	89,1	81,3
4	Toilet 2 ^e verdieping	dicht	met	90,6	82,8
5	Toilet 1 ^e verdieping	open	zonder	96,9	89,5
6	Toilet 1 ^e verdieping	open	met	96,4	89
7	Toilet 1 ^e verdieping	dicht	zonder	89,1	81,7
8	Toilet 1 ^e verdieping	dicht	met	91,3	83,9

FIGUUR 5.4 OVERZICHT RESULTATEN LOCATIE LEEUWARDEN (WETSUS)



De hoogst gemeten waarde op locatie Wetsus is 96,9 dB(A) en is gemeten op de eerste verdieping. Gecorrigeerd is dit 89,5 dB(A). Op basis van de gecorrigeerde resultaten is dit toilet met de toiletbril open 2,7 - 4,3 dB(A) luider dan het toilet op de 2e verdieping. Met gesloten toiletbril is dit verschil echter verwaarloosbaar klein, 0,4 - 1,1 dB(A).

Het verschil in luidheid kan worden verklaard door de afstand tot het vacuümstation.

6

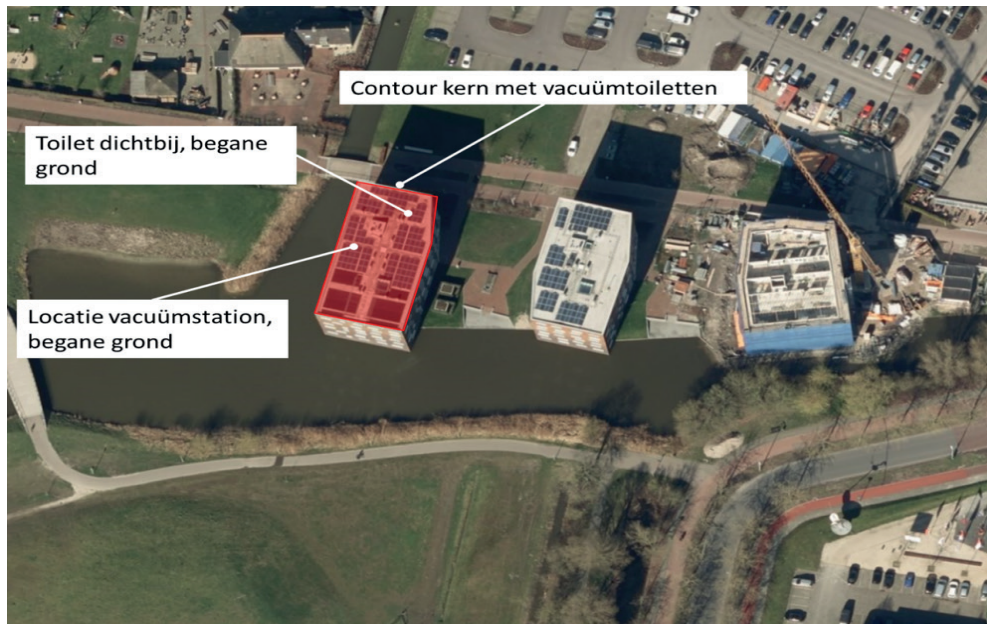
METING 7: STUDENTSTAY LEEUWARDEN

6.1 OVERZICHT MEETGEGEVENS

Op 13 november 2018 is de geluidsemissie van een vacuümtoilet bepaald in het gebouw van Studentstay gevestigd aan de Ubbo Emmiuslaan 245 te Leeuwarden. Het toilet is gesitueerd op de begane grond. Er is geen toilet gemeten die verderaf gelegen is van het vacuümstation, aangezien dat niet mogelijk was.

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming de locatie van het vacuümstation en de locatie waar de geluidsemissie is gemeten.

FIGUUR 6.1 LEEUWARDEN, LOCATIE STUDENTSTAY



Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

TABEL 6.1 OVERZICHT GEGEVENS LOCATIE

Gegevens locatie Studentstay Leeuwarden	
Meetdatum	13 november 2018
Locatie	Ubbo Emmiuslaan 245, Leeuwarden
Aantal aangesloten vacuÛmtoiletten	82 stuks
Onderdruk	Tussen -0,40 en -0,64 bar
Onderdruk constant tijdens meting	Nee, relatief klein systeem zorgt voor schommelingen in onderdruk, 1 toiletspoeling zorgt indicatief voor daling van onderdruk met 0,1 bar Noot: Tijdens geluidsmeting stonden vacuÛmpompen continu aan en was er een storingsmelding van de looptijd van de pompen actief.
Merk en type toiletten	Evac VT910
Hoeveelheid spoelwater	1,2 liter per spoelbeurt (standaardinstelling)
Type vacuÛmstation	Geleverd door QuaVac
	Dubbel ejectorstation, type DN-80, voorzien van kleine vacuÛmtank
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 mm in toiletruimtes Ø 63 mm standleiding Ø 75 mm hoofdleiding naar vacuÛmstation

FIGUUR 6.2 FOTO'S VACUÛMSTATION



TABEL 6.2 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS VACUÛMTOILET

Meting 7, Leeuwarden Studentstay	
Etage	Begane grond, hoogte -1 m
Volume Toiletruimte, V	2,82 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	13,18 m ²
Oppervlakte	1,03 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 580 ms

FIGUUR 6.3

FOTO'S TOILET, STUDENTSTAY LEEUWARDEN



6.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van het vacuümtoilet op locatie Studentstay Leeuwarden.

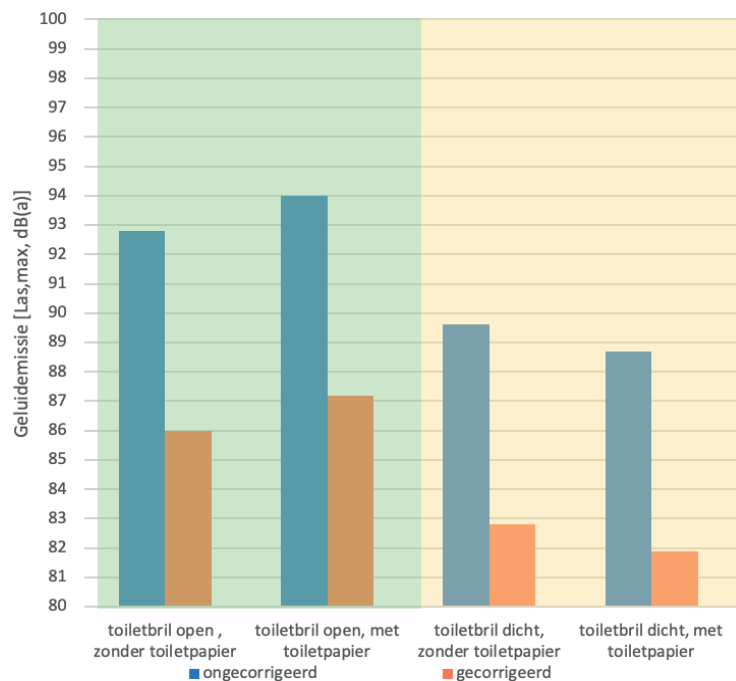
TABEL 6.3

OVERZICHT RESULTATEN LEEUWARDEN (STUDENTSTAY)

Meting	Locatie	Toiletbril	Toiletpapier	$La_{s, MAX}$, gemeten, dB(A)	$La_{s, MAX}$, gecorrigeerd, dB(A)
1	Toilet begane grond	open	zonder	92,8	86
2	Toilet begane grond	open	met	94,0	87,2
3	Toilet begane grond	dicht	zonder	89,6	82,8
4	Toilet begane grond	dicht	met	88,7	81,9

FIGUUR 6.4

OVERZICHT RESULTATEN LOCATIE LEEUWARDEN (STUDENTSTAY)



De hoogst gemeten waarde is 94 dB(A), gecorrigeerd is dit 87,2 dB(A).

Het sluiten van de toiletbril zorgt – op basis van de gecorrigeerde waarden - voor een verlaging van 3,2 tot 5,3 dB(A)

De geluidsopbouw is anders dan in Sneek waar ook de VT910 toiletten zijn geïnstalleerd (metingen 1 en 2, zie hoofdstuk 3). Er is sprake van een soort klap aan het eind van de spoelcyclus die niet is waargenomen in Sneek.

De mogelijke oorzaak van dit geluidsverschil is nagevraagd bij de leverancier (QuaVac). Zij verwachten dat dit geluidsverschil wordt veroorzaakt doordat een ander type vacuümstation is opgesteld in Leeuwarden. In Leeuwarden is een zogenaamd ejectorstation opgesteld die werkt op basis van het Venturi-principe. Dit zou mogelijk kunnen zorgen voor dit geluidsverschil.

7

METINGEN 8 EN 9: STADHUIS WAGENINGEN

7.1 OVERZICHT MEETGEGEVENS

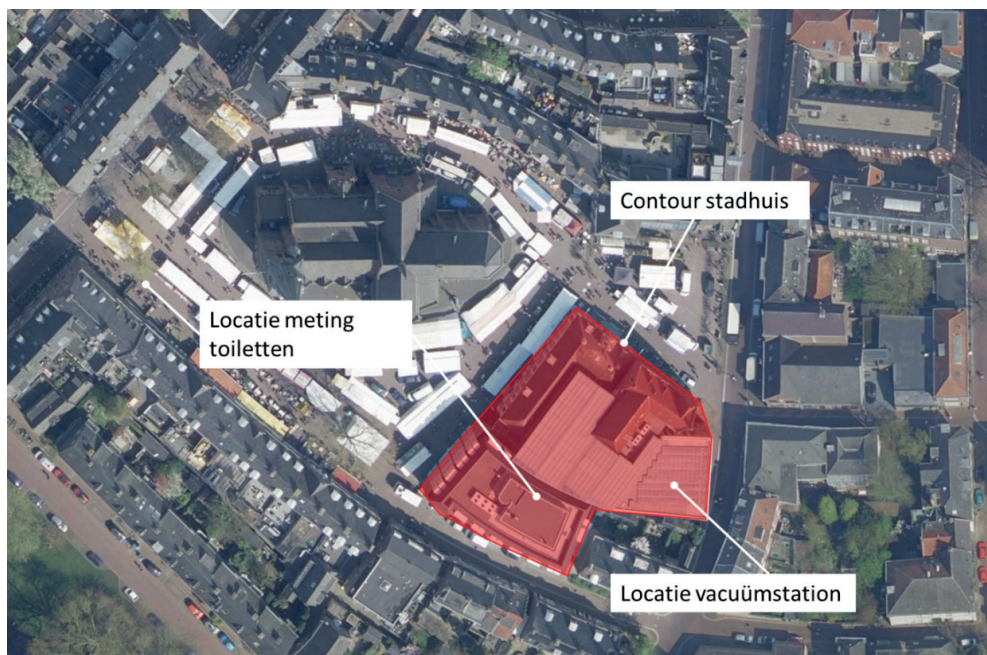
Op 16 november 2018 is de geluidsemissie van twee type vacuümtoiletten bepaald in het stadhuis van Wageningen, gevestigd aan de Markt 22 te Wageningen.

De toiletten zijn gesitueerd op de begane grond. Op deze locatie is niet gevarieerd met de onderdruk. Op deze locatie zijn twee verschillende type vacuümtoiletten bemeaten van fabrikant Evac, namelijk het type VT910 en de opvolger de Optima 5. Aanleiding is het toetsen van de bewering gedaan door Evac die stelt dat het nieuwere type vacuümtoiletten (Optima 5) stiller is dan zijn voorganger (VT910).

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming de locatie van het vacuümstation en de locatie waar de geluidsemissie is bepaald.

FIGUUR 7.1

LOCATIE STADHUIS WAGENINGEN



Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

TABEL 7.1 OVERZICHT GEGEVENS LOCATIE

Gegevens locatie Stadhuis Wageningen	
Meetdatum	16 november 2018
Locatie	Markt 22, Wageningen
Aantal aangesloten vacuÛmtoiletten	19 stuks
Onderdruk	Tussen -0,45 en -0,6 bar
Onderdruk constant tijdens meting	Nee, relatief klein systeem zorgt voor schommelingen in onderdruk, 1 toiletspoeling zorgt indicatief voor daling van onderdruk naar de ondergrens waardoor pomp weer aanslaat.
Merk en type toiletten	Evac VT910 en Evac Optima 5
Hoeveelheid spoelwater	1,2 liter per spoelbeurt (standaardinstelling)
Type vacuÛmstation	Geleverd door QuaVac Online Vac 52
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 mm in toiletruimtes Ø 63 mm standleiding Ø 75 mm hoofdleiding naar vacuÛmstation

De twee toiletten zijn naast elkaar gemeten in twee bijna identieke toiletruimtes om zodoende een representatieve bedrijfstest te kunnen doen. In de navolgende tabel zijn de relevante gegevens weergegeven.

TABEL 7.2 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS VACUÛMTOILET LINKS

Meting 8, Wageningen Optima 5	
Etage	begane grond
Volume Toiletruimte, V	3,17 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	13,86 m ²
Oppervlakte	1,24 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 39 ms

TABEL 7.3 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS VACUÛMTOILET RECHTS

Meting 9, Wageningen Evac VT910	
Etage	begane grond
Volume Toiletruimte, V	3,15 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	13,83 m ²
Oppervlakte	1,23 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 41 ms

FIGUUR 7.2 LINKS: VACUÛMTOILET 1, TYPE OPTIMA 5 (NIEUW); RECHTS: VACUÛMTOILET 2, TYPE VT910 (HUIDIG)



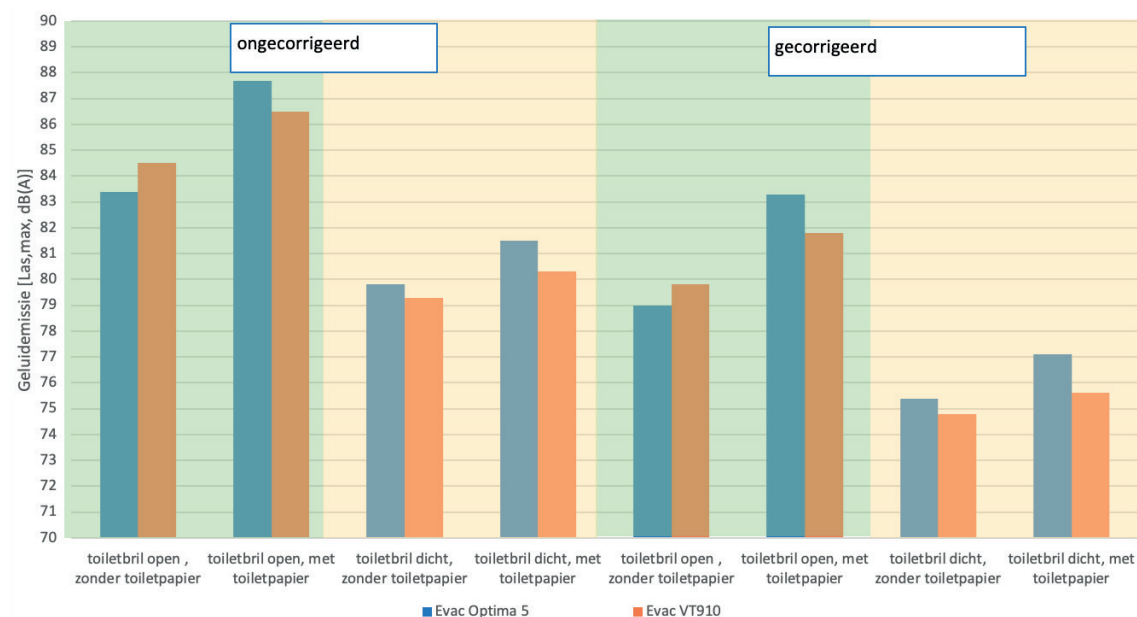
7.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van de vacuÛmtoiletten op locatie stadhuis te Wageningen.

TABEL 7.4 OVERZICHT RESULTATEN LOCATIE WAGENINGEN

Meting	Locatie	Toiletbril	Toiletpapier	$L_{a_s, MAX}$, gemeten, dB(A)	$L_{a_s, MAX}$, gecorrigeerd, dB(A)
1	Optima 5, links	open	zonder	83,4	79
2	Optima 5, links	open	met	87,7	83,3
3	Optima 5, links	dicht	zonder	79,8	75,4
4	Optima 5, links	dicht	met	81,5	77,1
5	VT910, rechts	open	zonder	84,5	79,8
6	VT910, rechts	open	met	86,5	81,8
7	VT910, rechts	dicht	zonder	79,3	74,8
8	VT910, rechts	dicht	met	80,3	75,6

FIGUUR 7.3 RESULTATEN LOCATIE WAGENINGEN



De Evac Optima 5 is in een vergelijkbare ruimte gemonteerd met een Evac VT910, en aangesloten op hetzelfde vacuümstation, wat een vergelijking mogelijk maakt. Evac claimt dat de Optima 5 minder geluid produceert dan de VT910.

Uit de resultaten blijkt echter dat het nieuwe type vacuümtoilet van Evac, de Optima 5, niet aantoonbaar stiller is dan zijn voorganger, de VT910. Er is geen significant verschil waargenomen tussen de geluidemissie van de beide toiletten. Het verschil in gemeten waarden bedraagt maximaal 1,5 dB(A) na toepassing van de nagalmcorrectie. Dit verschil manifesteert zich zowel als een verbetering en als een verslechtering. Dit verschil wordt toegeschreven aan de fluctuatie van de onderdruk en de invloed hiervan op het water, de luchtaanzuiging en het papier.

8

METINGEN 10 EN 11: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK (GRONDGEBONDEN WONING)

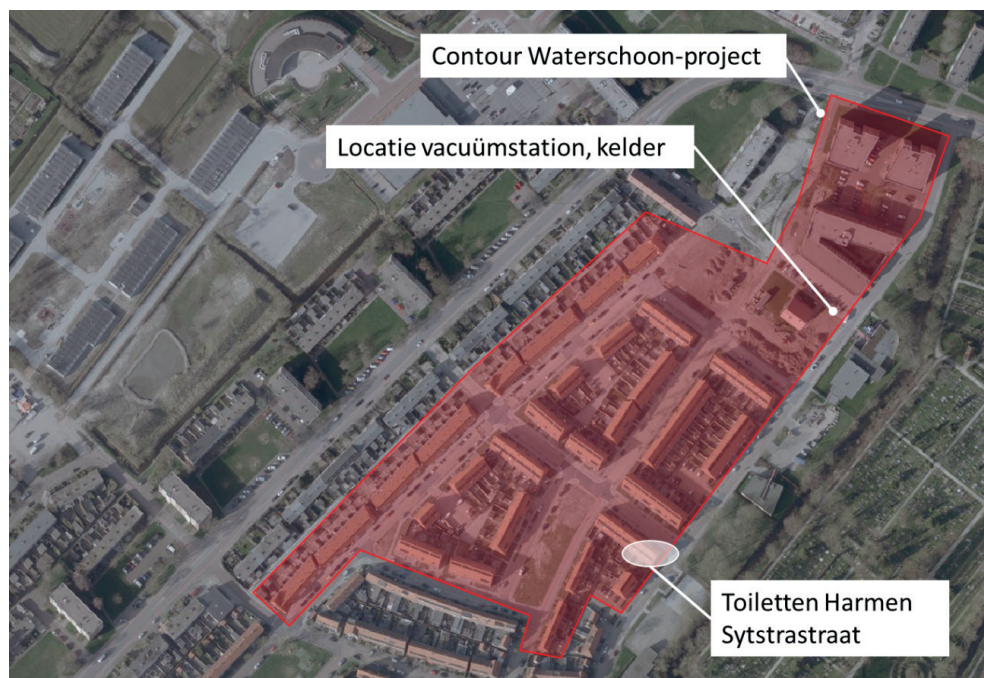
8.1 OVERZICHT MEETLOCATIE

Op 22 januari 2019 is de geluidsemissie van een tweetal (in januari 2019) nieuwgeplaatste vacuümtoiletten bepaald in een woning van het project Waterschoon in Sneek. De woning bevindt zich aan de Harmen Sytstrastraat te Sneek.

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming het Waterschoon-project en de locatie waar de geluidsemissie is bepaald.

FIGUUR 8.1

OVERZICHT LOCATIE WATERSCHOON SNEEK



De toiletten zijn gesitueerd op de begane grond en de eerste verdieping. De toiletten op deze locatie zijn recentelijk geplaatst en betreft een nieuw type van Jets, type Jade. Het gemeten nieuwe type toilet onderscheidt zich van de eerder gemeten typen in de geluidemissie tijdens een afgesloten toilet (toiletbril dicht).

De woning was ongemeubileerd en niet bewoond tijdens de meting.

Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

TABEL 8.1 OVERZICHT DATA LOCATIE SNEEK

Gegevens Waterschoon-project Sneek	
Meetdatum	22 januari 2019
Locatie	Waterschoon-project
Aantal aangesloten vacuÛmtoiletten	232 stuks
Onderdruk	Basis onderdruk -0,45 bar. Gemeten op -0,6 bar en -0,45 bar.
Onderdruk constant tijdens meting	Ja, gezien de grootte van de installatie heeft een enkele toiletspoeling nauwelijks effect op de onderdruk
Merk en type toiletten	Jets Jade
Hoeveelheid spoelwater	1,0 liter per spoelbeurt (standaardinstelling)
Type vacuÛmstation	Geleverd door QuaVac VacuÛmpompen, vacuÛmtank en perspompen
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 – 63 mm in woning Ø 90 mm in openbaar gebied

Op deze locatie is met de toiletbril open én met de toiletbril dicht gemeten. Er is zowel met als zonder toiletpapier gemeten.

Navolgende tabellen presenteren de eigenschappen van de beide toiletruimtes.

TABEL 8.2 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE HARMEN SYTSTRAATRAAT, SNEEK; TOILET OP DE BEGANE GROND

Meting 10, Harmen Sytstrastraat, BG Sneek	
Locatie	Harmen Sytstrastraat
Volume toiletruimte, V	3,52 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	15,10 m ²
Oppervlakte	1,28 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 94 ms

FIGUUR 8.2 FOTO'S LOCATIE SNEEK, TOILETRUIMTE BEGANE GROND



TABEL 8.3 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE HARMEN SYTSTRAATRAAT, SNEEK; TOILET OP DE 1E VERDIEPING

Meting 11, Harmen Sytstrastraat, 1 ^e verdieping Sneek	
Locatie	Harmen Sytstrastraat
Volume toiletruimte, V	12,75 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	38,08 m ²
Oppervlakte	5,60 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	1s 66 ms

FIGUUR 8.3 FOTO'S LOCATIE SNEEK, TOILETRUIMTE 1E VERDIEPING



8.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van de gemeten vacuümtoiletten.

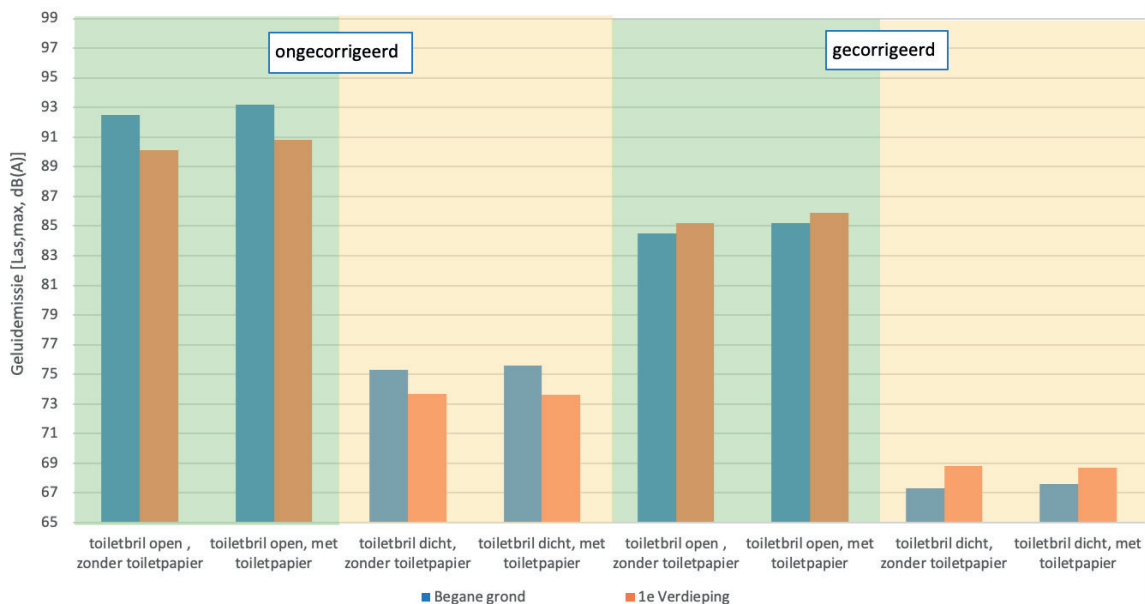
TABEL 8.4 OVERZICHT RESULTATEN LOCATIE HARMEN SYTSTRAATRAAT, SNEEK BIJ -0,6 BAR

Meting	Onderdruk [bar]	Locatie	Toiletbril	Toiletpapier	La _{S, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{S, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	-0,6	Begane Grond	open	zonder	92,5	84,5
2	-0,6	Begane Grond	open	met	93,2	85,2
3	-0,6	Begane Grond	dicht	zonder	75,3	67,3
4	-0,6	Begane Grond	dicht	met	75,6	67,6
5	-0,6	1e Verdieping	open	zonder	90,1	85,2
6	-0,6	1e Verdieping	open	met	90,8	85,9
7	-0,6	1e Verdieping	dicht	zonder	73,7	68,8
8	-0,6	1e Verdieping	dicht	met	73,6	68,7

TABEL 8.5 OVERZICHT RESULTATEN LOCATIE HARMEN SYTSTRAATRAAT, SNEEK MET BASISDRUK VAN -0,45 BAR

Meting	Onderdruk [bar]	Locatie	Toiletbril	Toiletpapier	La _{S, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{S, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
9	-0,45	Begane Grond	open	zonder	92,3	84,3
10	-0,45	Begane Grond	open	met	93,4	85,4
11	-0,45	Begane Grond	dicht	zonder	74,5	66,5
12	-0,45	Begane Grond	dicht	met	75,1	67,1

FIGUUR 8.4 RESULTATEN LOCATIE SNEEK (HARMEN SVTSTRASRAAT) BIJ -0,6 BAR



Met de toiletbril open wordt als meest luide waarde 93,2 dB(A) gemeten. Bij de metingen met én zonder toiletpapier lijken beide toiletten nagenoeg even luid te zijn. Een klein gemeten verschil van 2,4 dB(A) wordt tenietgedaan tijdens de correctieberekening (- 0,7 dB(A)).

Bij het sluiten van de toiletbril wordt een aanzienlijke reductie in geluid geconstateerd. Dit bedraagt 16,4 - 17,6 dB(A). Dit is aanzienlijk meer dan de eerder gevonden 5 dB(A) reductie bij de vacuümtoiletten met een standaard toiletbril. Ook lijkt het pulsieve karakter van het geluid aanzienlijk te zijn afgenomen. Het doorspoelen is ontdaan van zijn luide piek en het geluid smeert zich meer geleidelijk uit vergelijkbaar met een regulier watercloset.

Het verlagen van de onderdruk van -0,6 bar tot -0,45 heeft nagenoeg geen effect op de geluidemissie. Er is een geluidsafname van 0,2 tot 0,8 dB(A) gemeten.

9

METINGEN 12 EN 13: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK (APPARTEMENT)

9.1 OVERZICHT MEETLOCATIE

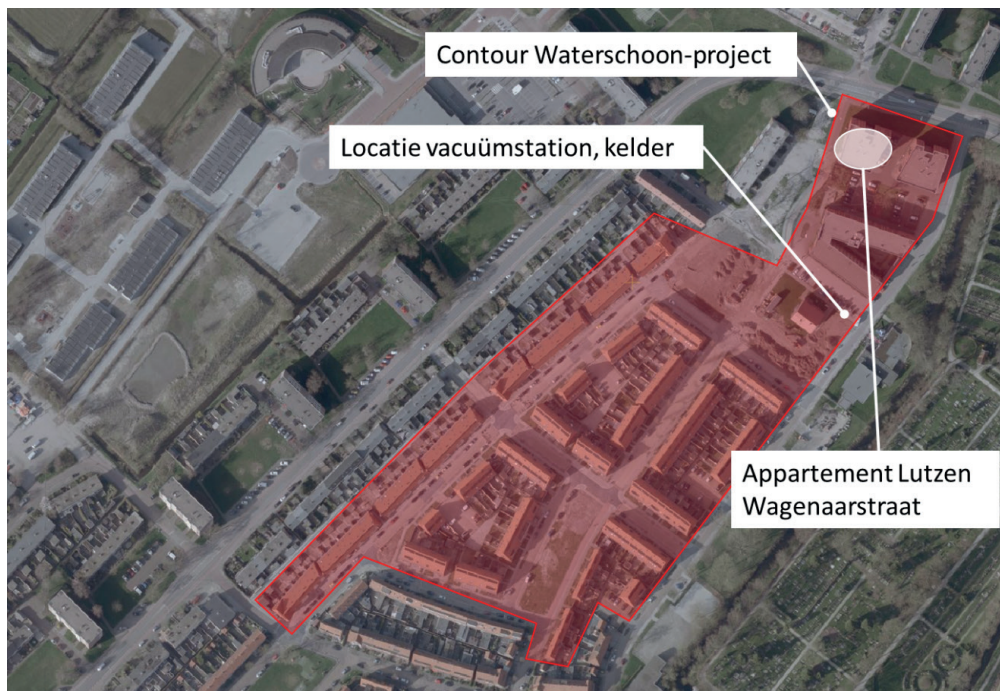
Op 3 en 11 maart 2019 zijn de geluidsemissies van een tweetal vacuümtoiletten bepaald in een appartement op de 4e verdieping van het project Waterschoon in Sneek. Een Evac VT910 vacuümtoilet is na de meting vervangen door een Jets Jade toilet zodat een vergelijking mogelijk is in een identieke situatie.

Het appartement bevindt zich aan de Lutzen Wagenaarstraat te Sneek.

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming het Waterschoon-project en de locatie waar de geluidsemissie is bepaald.

FIGUUR 9.1

OVERZICHT LOCATIE WATERSCHOON SNEEK



Het toilet op deze locatie is oorspronkelijk van het type Evac VT910. Voor de tweede meting is deze vervangen met een toilet van het merk Jets, type Jade. Dit gemeten nieuwe type toilet onderscheidt zich van de eerder gemeten typen in de geluidsemissie tijdens een afgesloten toilet (toiletbril dicht). De woning was gemeubileerd en bewoond tijdens de meting.

Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

TABEL 9.1

OVERZICHT DATA LOCATIE SNEEK

Gegevens Waterschoon-project Sneek	
Meetdatum	3 en 11 maart 2019
Locatie	Waterschoon-project
Aantal aangesloten vacuümtoiletten	232 stuks
Onderdruk	Basis onderdruk -0,45 bar. Gemeten op -0,6 bar.
Onderdruk constant tijdens meting	Ja, gezien de grootte van de installatie heeft een enkele toiletspoeling nauwelijks effect op de onderdruk
Merk en type toiletten	Evach VT910 en Jets Jade
Hoeveelheid spoelwater	1,2 liter per spoelbeurt Evac (standaardinstelling) 1,0 liter per spoelbeurt Jets (standaardinstelling)
Type vacuümstation	Geleverd door QuaVac Vacuümpompen, vacuümtank en perspompen
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 – 63 mm in woning Ø 90 mm in openbaar gebied

Op deze locatie is met de toiletbril open én met de toiletbril dicht gemeten. Er is zowel met als zonder toiletpapier gemeten.

Navolgende tabel presenteert de eigenschappen van de toiletruimte.

TABEL 9.2

OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE LUTZEN WAGENAARSTRAAT, SNEEK; TOILET OP DE 4E VERDIEPING

Meting 12 en 13, Sneek	
Locatie	Lutzen Wagenaarstraat
Volume toiletruimte, V	13,32 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	38,66 m ²
Oppervlakte	6,25 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 85 ms

FIGUUR 9.2

FOTO'S LOCATIE LUTZEN WAGENAARSTRAAT SNEEK, LINKS: EVAC VT910, RECHTS: JETS JADE



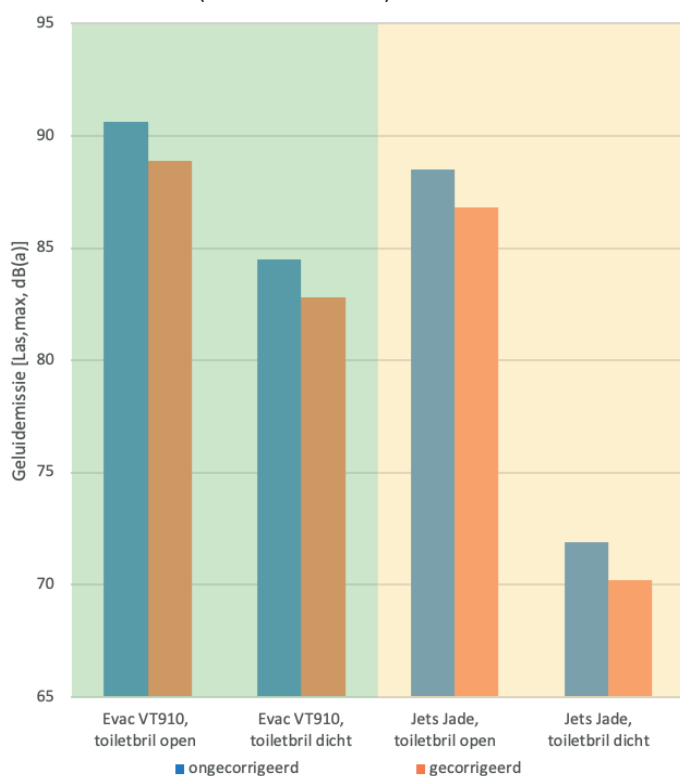
9.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van de twee verschillende vacuümtoiletten, bepaald in dezelfde ruimte.

TABEL 9.3 OVERZICHT RESULTATEN LOCATIE LUTZEN WAGENAARSTRAAT, SNEEK

Meting	Type toilet	Toiletbril	Toiletpapier	La _{s, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{s, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Evac VT910	open	zonder	90,6	88,9
2	Evac VT910	dicht	zonder	84,5	82,8
3	Jets Jade	open	zonder	88,5	86,8
4	Jets Jade	dicht	zonder	71,9	70,2

FIGUUR 9.3 RESULTATEN LOCATIE SNEEK (LUTZEN WAGENAARSTRAAT)



Met de toiletbril open wordt een klein verschil gemeten tussen de Evac VT910 en de Jets Jade van 2,1 dB(A). De echte winst wordt echter behaald bij het spoelen met de toiletbril dicht: de Jets Jade toilet is 12,6 dB(A) minder luid dan de Evac VT910 met de toiletbril dicht. Ook lijkt het pulsieve karakter van het geluid aanzienlijk te zijn afgenomen. Het doorspoelen is ontdaan van zijn luide piek en het geluid smeert zich meer geleidelijk uit vergelijkbaar met een regulier watercloset.

Vergeleken met de Evac VT910 vacuümtoiletten van meting 1 (ook dichtbij vacuümstation) is de Evac VT910 van meting 12 luider: een verschil van 1,9 dB(A) met de toiletbril open, na toepassing van de nagalmcorrectie. Het toilet bij meting 1 was gesitueerd op de begane grond. Dit suggereert dat een grotere verticale afstand tot het vacuümstation een negatieve invloed heeft op de geluidsemissie. Dit effect zien we echter niet bij de metingen 3 en 4 (Rijnstraat, Den Haag) waar zowel op de 4e als 16e verdieping is gemeten en geen aantoonbaar geluidsverschil is gemeten.

Het verschil in luidheid kan mogelijk worden veroorzaakt door een andere manier van installatie en bevestiging.

10

METING 14: WATERSCHOON-PROJECT

SNEEK (APPARTEMENT)

10.1 OVERZICHT MEETLOCATIE

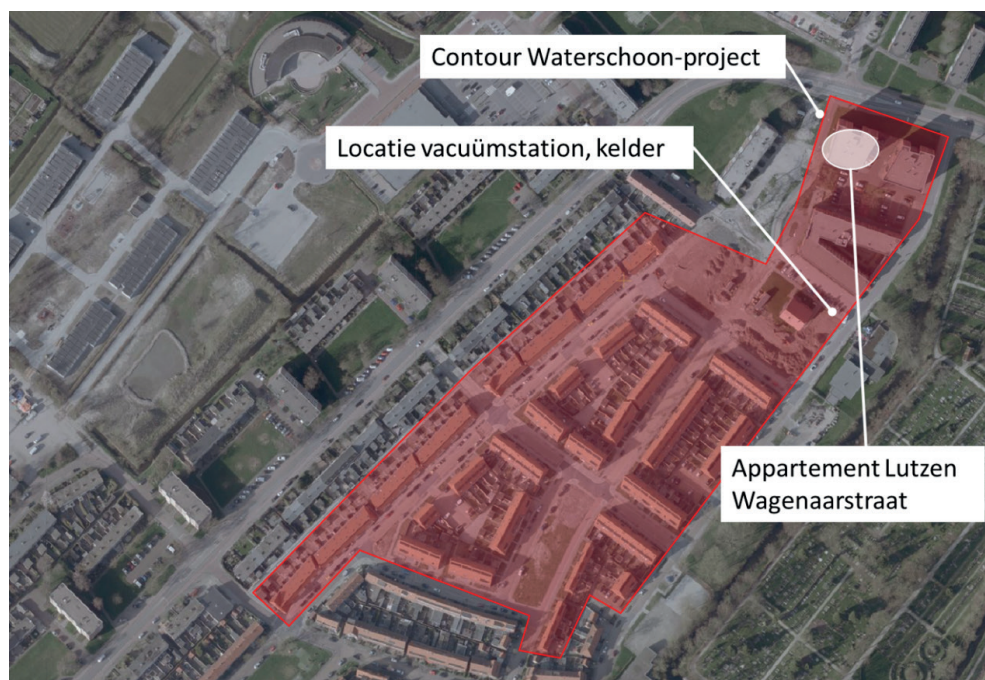
Op 15 januari 2020 is de geluidsemissie van een nieuw type vacuümtoilet bepaald in een appartement op de 3e verdieping van het project Waterschoon in Sneek.

Het appartement bevindt zich aan de Lutzen Wagenaarstraat te Sneek.

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming het Waterschoon-project en de locatie waar de geluidsemissie is bepaald.

FIGUUR 10.1

OVERZICHT LOCATIE WATERSCHOON SNEEK



Het nieuwe type Evac Optima S onderscheidt zich van de eerder gemeten standaard vacuümtoiletten in de geluidsemissie tijdens een afgesloten toilet (toiletbril dicht). Dit nieuwe type heeft een zelfde werkingsprincipe als de Jets Jade.

De woning was gemeubileerd en bewoond tijdens de meting.

Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

TABEL 10.1

OVERZICHT DATA LOCATIE SNEEK

Gegevens Waterschoon-project Sneek	
Meetdatum	15 januari 2020
Locatie	Waterschoon-project
Aantal aangesloten vacuÛmtoiletten	232 stuks
Onderdruk	Basis onderdruk -0,45 bar. Gemeten op -0,6 bar.
Onderdruk constant tijdens meting	Ja, gezien de grootte van de installatie heeft een enkele toiletspoeling nauwelijks effect op de onderdruk
Merk en type toiletten	Evac Optima S
Hoeveelheid spoelwater	1,2 liter per spoelbeurt (standaardinstelling)
Type vacuÛmstation	Geleverd door QuaVac VacuÛmpompen, vacuÛmtank en perspompen
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 – 63 mm in woning Ø 90 mm in openbaar gebied

Op deze locatie is met de toiletbril open én met de toiletbril dicht gemeten. Er is zowel met als zonder toiletpapier gemeten.

Navolgende tabel presenteert de eigenschappen van de toiletruimte.

TABEL 10.2

OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE LUTZEN WAGENAARSTRAAT, SNEEK; TOILET OP DE 3E VERDIEPING

Meting 14, Sneek	
Locatie	Lutzen Wagenaarstraat
Volume toiletruimte, V	15,12 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	37,68 m ²
Oppervlakte	5,84 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0s 66 ms

FIGUUR 10.2

FOTO LOCATIE LUTZEN WAGENAARSTRAAT SNEEK, EVAC OPTIMA S



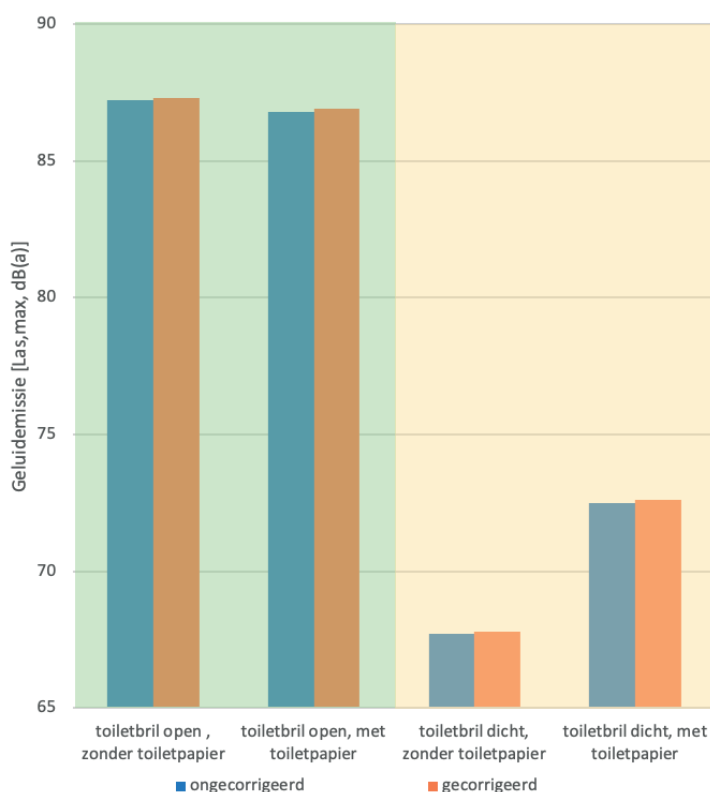
10.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van het Evac Optima S vacuümtoilet.

TABEL 10.3 OVERZICHT RESULTATEN METING 14 LOCATIE LUTZEN WAGENAARSTRAAT, SNEEK

Meting	Type toilet	Toiletbril	Toiletpapier	La _{s, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{s, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Evac Optima S	open	zonder	87,2	87,3
2	Evac Optima S	open	met	86,8	86,9
3	Evac Optima S	dicht	zonder	67,7	67,8
4	Evac Optima S	dicht	met	72,5	72,6

FIGUUR 10.3 RESULTATEN METING 14 LOCATIE SNEEK (LUTZEN WAGENAARSTRAAT)



Met de toiletbril open wordt als meest luide waarde 87,2 dB(A) gemeten, 87,3 dB(A) na correctie. De echte winst wordt echter behaald bij het spoelen met de toiletbril dicht. Dit zorgt voor een geluidsreductie van 19,5 dB(A). Ook lijkt het pulsieve karakter van het geluid aanzienlijk te zijn afgenomen. Het doorspoelen is ontdaan van zijn luide piek en het geluid smeert zich meer geleidelijk uit vergelijkbaar met een conventioneel watercloset.

Vergeleken met de Jets Jade vacuümtoiletten van meting 13, welke heeft plaatsgevonden op de 4e verdieping van hetzelfde appartementencomplex, is de Evac Optima S van meting 14 vergelijkbaar c.q. een fractie stiller. Na toepassing van de ruimtecorrectie zien we een verschil van -0,5 dB(A) met de klep open en 2,4 dB(A) met een dichte klep.

TABEL 10.4 VERGELIJKING RESULTATEN METINGEN 13 EN 14 LOCATIE LUTZEN WAGENAARSTRAAT, SNEEK

Meting	Type toilet	Toiletbril	Toiletpapier	$L_{a_s, MAX}$, gecorrigeerd, dB(A)
14a	Evac Optima S	open	zonder	87,3
14b	Evac Optima S	dicht	zonder	67,8
13a	Jets Jade	open	zonder	86,8
13b	Jets Jade	dicht	zonder	70,2
	Vershil 14a/13a	open	zonder	0,5
	Vershil 14b/13b	dicht	zonder	-2,4

11

METINGEN 15 EN 16: WATERSCHOON-PROJECT SNEEK (GRONDGEBONDEN WONING)

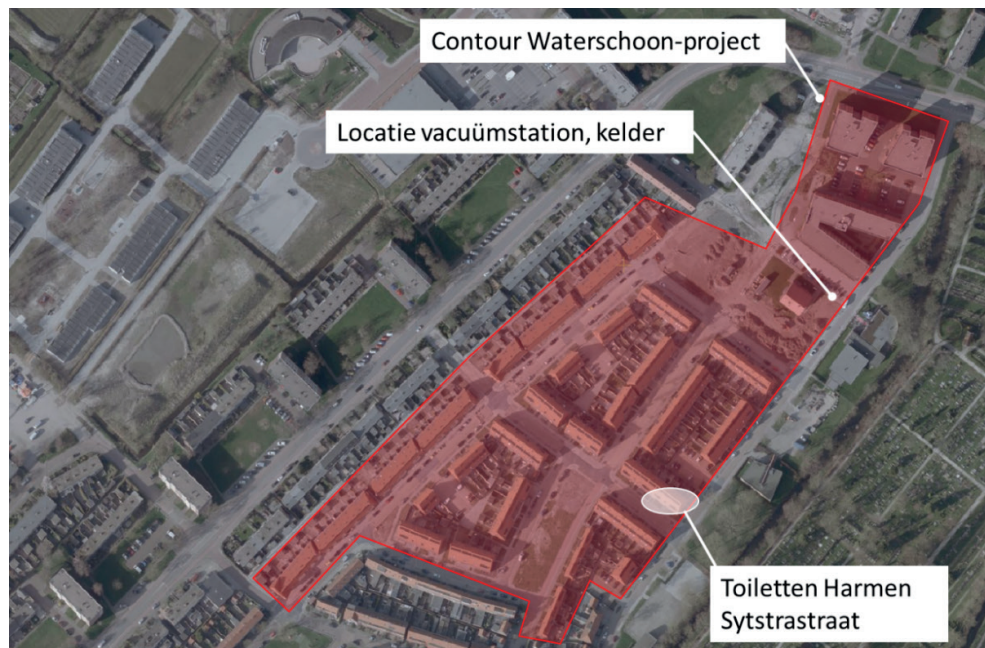
11.1 OVERZICHT MEETLOCATIE

Op 15 januari 2020 is de geluidsemissie van een tweetal (in januari 2020) nieuwgeplaatste vacuÛmtoiletten bepaald in een woning van het project Waterschoon in Sneek. De woning bevindt zich aan de Harmen Sytstrastraat te Sneek.

Navolgende luchtfoto presenteert ter beeldvorming het Waterschoon-project en de locatie waar de geluidsemissie is bepaald.

FIGUUR 11.1

OVERZICHT LOCATIE WATERSCHOON SNEEK



De toiletten op deze locatie zijn oorspronkelijk van het type Evac VT910. Voor de meting zijn deze vervangen met een toilet van het type Evac Optima S. Dit gemeten nieuwe type toilet onderscheidt zich van de eerder gemeten typen in de geluidsemissie tijdens een afgesloten toilet (toiletbril dicht). De woning was gemeubileerd en bewoond tijdens de meting.

Navolgend is een overzicht weergegeven van de voor het onderzoek relevante gegevens zoals deze zijn aangetroffen tijdens de meting.

TABEL 11.1 OVERZICHT DATA LOCATIE SNEEK

Gegevens Waterschoon-project Sneek	
Meetdatum	15 januari 2020
Locatie	Waterschoon-project
Aantal aangesloten vacuÛmtoiletten	232 stuks
Onderdruk	Basis onderdruk -0,45 bar. Gemeten op -0,6 bar.
Onderdruk constant tijdens meting	Ja, gezien de grootte van de installatie heeft een enkele toiletspoeling nauwelijks effect op de onderdruk
Merk en type toiletten	Evac Optima S
Hoeveelheid spoelwater	1,2 liter per spoelbeurt (standaardinstelling)
Type vacuÛmstation	Geleverd door QuaVac VacuÛmpompen, vacuÛmtank en perspompen
Dikte afvoerbuizen	Ø 50 – 63 mm in woning Ø 90 mm in openbaar gebied

Op deze locatie is met de toiletbril open én met de toiletbril dicht gemeten. Er is zowel met als zonder toiletpapier gemeten.

Navolgende tabellen presenteren de eigenschappen van de beide toiletruimtes.

TABEL 11.2 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE HARMEN SYTSTRASTRAAT, SNEEK; TOILET OP DE BEGANE GROND

Meting 15, Sneek	
Locatie	Harmen Sytstrastraat
Positie toilet	Begane grond
Volume toiletruimte, V	3,45 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	14,83 m ²
Oppervlakte	1,27 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0s 69 ms

TABEL 11.3 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE HARMEN SYTSTRASTRAAT, SNEEK; TOILET OP DE 1E VERDIEPING

Meting 16, Sneek	
Locatie	Harmen Sytstrastraat
Positie toilet	1 ^e verdieping
Volume toiletruimte, V	14,41 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	37,20 m ²
Oppervlakte	6,53 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0s 54 ms

FIGUUR 11.2 FOTO LOCATIE HARMEN SYTSTRASRAAT SNEEK OP DE1E VERDIEPING



11.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van de gemeten vacuümtoiletten. Ter controle zijn ook metingen uitgevoerd aan het oudere type VT910. Deze waren bij aankomst namelijk nog geïnstalleerd en zijn tijdens het bezoek vervangen door het nieuwe type vacuümtoilet.

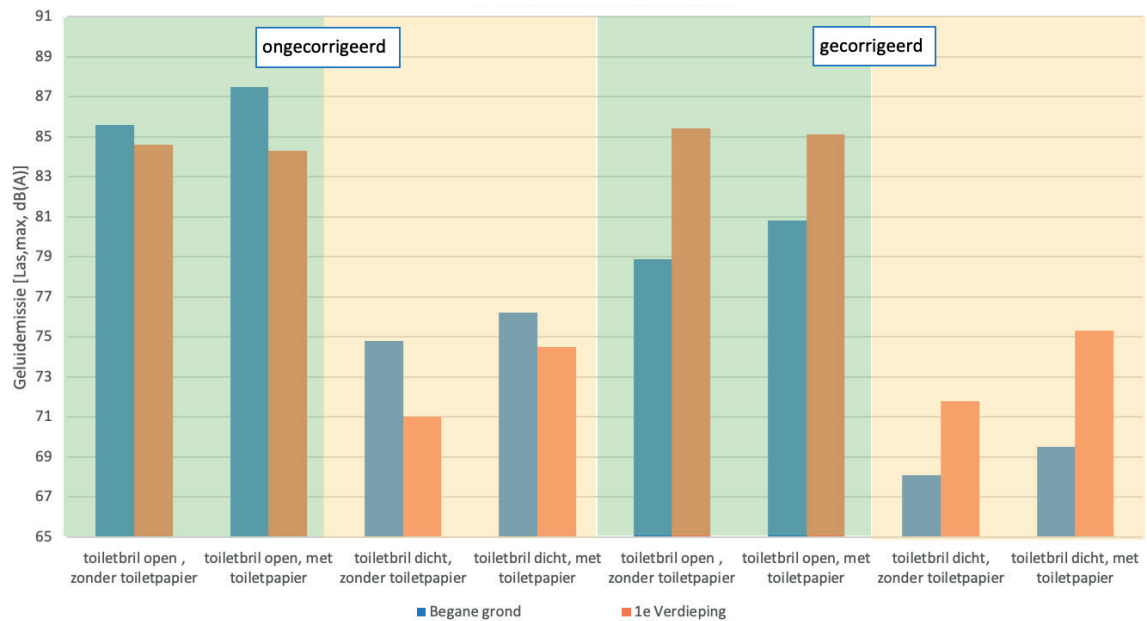
TABEL 11.4 OVERZICHT RESULTATEN METING 15; LOCATIE HARMEN SYTSTRASRAAT, SNEEK, BEGANE GROND

Meting	Type toilet	Toiletbril	Toiletpapier	La _{s, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{s, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Evac VT910	open	zonder	86,7	80
2	Evac VT910	dicht	zonder	81,5	74,8
3	Evac Optima S	open	zonder	85,6	78,9
5	Evac Optima S	open	met	87,5	80,8
4	Evac Optima S	dicht	zonder	74,8	68,1
6	Evac Optima S	dicht	met	76,2	69,5

TABEL 11.5 OVERZICHT RESULTATEN METING 16; LOCATIE HARMEN SYTSTRASRAAT, SNEEK, 1E VERDIEPING

Meting	Type toilet	Toiletbril	Toiletpapier	La _{s, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{s, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Evac VT910	open	zonder	84,2	85
2	Evac VT910	dicht	zonder	77	77,8
3	Evac Optima S	open	zonder	84,6	85,4
4	Evac Optima S	open	met	84,3	85,1
5	Evac Optima S	dicht	zonder	71	71,8
6	Evac Optima S	dicht	met	74,5	75,3

FIGUUR 11.3 RESULTATEN LOCATIE SNEEK (HARMEN SYTSTRAATRAAT; EVAC OPTIMA S)



Zowel op de begane grond als op de eerste verdieping presteren de Evac VT910 en de Evac Optima S vergelijkbaar met een open klep. Er is een verschil gedetecteerd van -0,4 dB(A) tot 1,1 dB(A) op basis van de gecorrigeerde waarden. De echte winst wordt echter behaald bij het spoelen met de toiletbril dicht: het nieuwe Evac Optima S toilet is 6 tot 6,7 dB(A) stiller dan de oude Evac VT910 met de toiletbril dicht. Ook lijkt het pulsieve karakter van het geluid aanzienlijk te zijn afgenomen. Het doorspoelen is ontdaan van zijn luide piek en het geluid smeert zich meer geleidelijk uit vergelijkbaar met een conventioneel watercloset.

12

METINGEN 17 TOT EN MET 20: CONVENTIONELE TOILETTEN IN DEVENTER

12.1 OVERZICHT MEETLOCATIE

Om een vergelijking te kunnen maken met de type toiletten die momenteel als standaard worden beschouwd is de geluidemissie bepaald van conventionele toiletten in twee woonhuizen in Deventer, te weten de toiletten in een woning aan de Van Steenbergestraat en een woning aan de Klinkenbeltsweg te Deventer. In beide gevallen zijn de toiletten gesitueerd op de begane grond en op de eerste verdieping.

Navolgend is een kort overzicht weergegeven betreffende de locaties.

TABEL 12.1 OVERZICHT DATA LOCATIES DEVENTER

Gegevens woonhuizen Deventer		
Meetdatum	14 februari 2019	14 februari 2019
Locatie	Van Steenbergestraat	Klinkenbeltsweg
Type toilet	Toilet hangend aan muur	Toilet staand op voet
Bouwjaar	2011	2004
Merk en type toiletten	Villeroy & Boch, Subway 2.0	Geberit staand toilet
Hoeveelheid spoelwater	Spoelreservoir van circa 8 liter	Spoelreservoir van circa 8 liter

Op deze locaties zijn metingen gedaan met de toiletbril open én met de toiletbril dicht. Tevens is er zowel mét als zonder het gebruik van toiletpapier gemeten.

Navolgende tabellen presenteren de eigenschappen van de toiletruimtes op beide locaties.

TABEL 12.2 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE VAN STEENBERGENSTRAAT TE DEVENTER; TOILET OP DE BEGANE GROND

Meting 17 Conventioneel toilet	
Locatie	Van Steenbergestraat
verdieping	begane grond
Volume toiletruimte, V	5,57 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	19,73 m ²
Oppervlakte	2,04 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 56 ms

FIGUUR 12.1 TOILET BEGANE GROND, VAN STEENBERGENSTRAAT, DEVENTER



TABEL 12.3 OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE VAN STEENBERGENSTRAAT TE DEVENTER; TOILET OP DE 1E VERDIEPING

Meting 18 Conventioneel toilet	
Locatie	Van Steenbergstraat
Verdieping	1e Verdieping
Volume toiletruimte, V	14,47 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	35,83 m ²
Oppervlakte	5,52 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 73 ms

FIGUUR 12.2 TOILET 1E VERDIEPING, VAN STEENBERGENSTRAAT, DEVENTER



TABEL 12.4

OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS LOCATIE KLINKENBELTSWEG TE DEVENTER; TOILET OP DE BEGANE GROND

Meting 19 Conventioneel toilet	
Locatie	Klinkenbeltsweg
Verdieping	begane grond
Volume toiletruimte, V	2,99 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	13,65 m ²
Oppervlakte	1,13 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 43 ms

FIGUUR 12.3

TOILET BEGANE GROND, KLINKENBELTSWEG, DEVENTER



TABEL 12.5

OVERZICHT RELEVANTE GEGEVENS KLINKENBELTSWEG TE DEVENTER; TOILET OP DE 1E VERDIEPING

Meting 20 Conventioneel toilet	
Locatie	Klinkenbeltsweg
verdieping	1e Verdieping
Volume toiletruimte, V	12,46 m ³
Staande oppervlakte toiletruimte, S	32,73 m ²
Oppervlakte	4,70 m ²
Meethoogte	1,16 m
Gemiddelde nagalmtijd	0 s 46 ms

FIGUUR 12.4

TOILET 1E VERDIEPING, KLINKENBELTSWEG, DEVENTER



12.2 RESULTATEN EN BEVINDINGEN

Navolgend zijn de resultaten weergegeven van de conventionele toiletten.

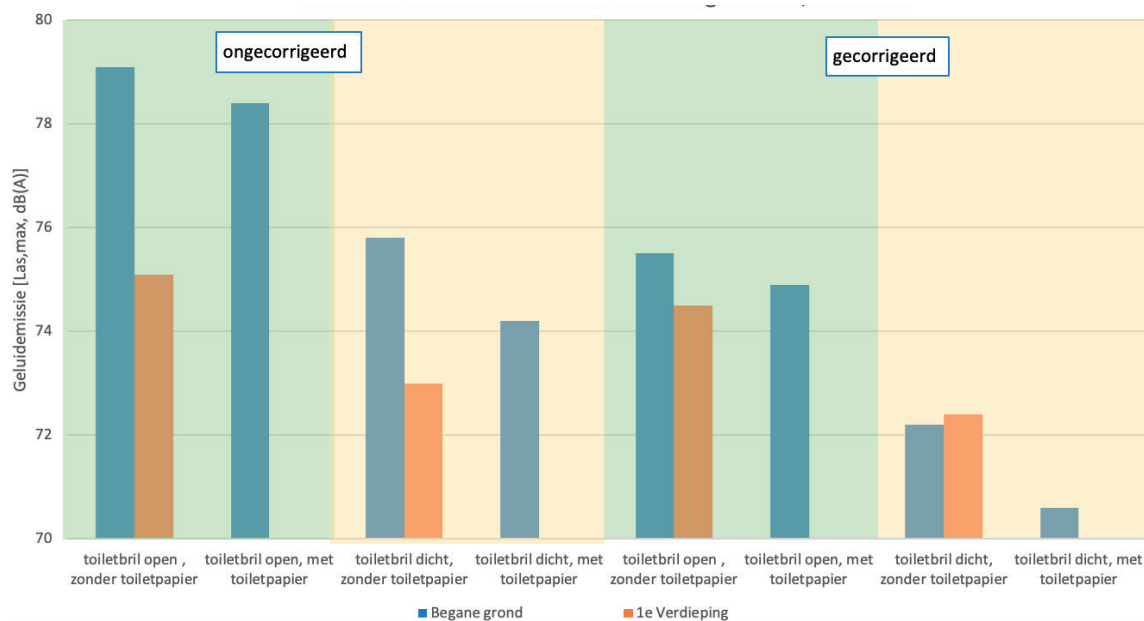
TABEL 12.6 OVERZICHT RESULTATEN CONVENTIONELE TOILETTEN LOCATIE VAN STEENBERGENSTRAAT, DEVENTER

Meting	Locatie	Toiletbril	Toiletpapier	$L_{A_s, MAX}$, gemeten, dB(A)	$L_{A_s, MAX}$, gecorrigeerd, dB(A)
1	Begane Grond	open	zonder	79,1	75,5
2	Begane Grond	open	met	78,4	74,9
3	Begane Grond	dicht	zonder	75,8	72,2
4	Begane Grond	dicht	met	74,2	70,6
5	1e verdieping	open	zonder	75,1	74,5
6	1e verdieping	dicht	zonder	73	72,4

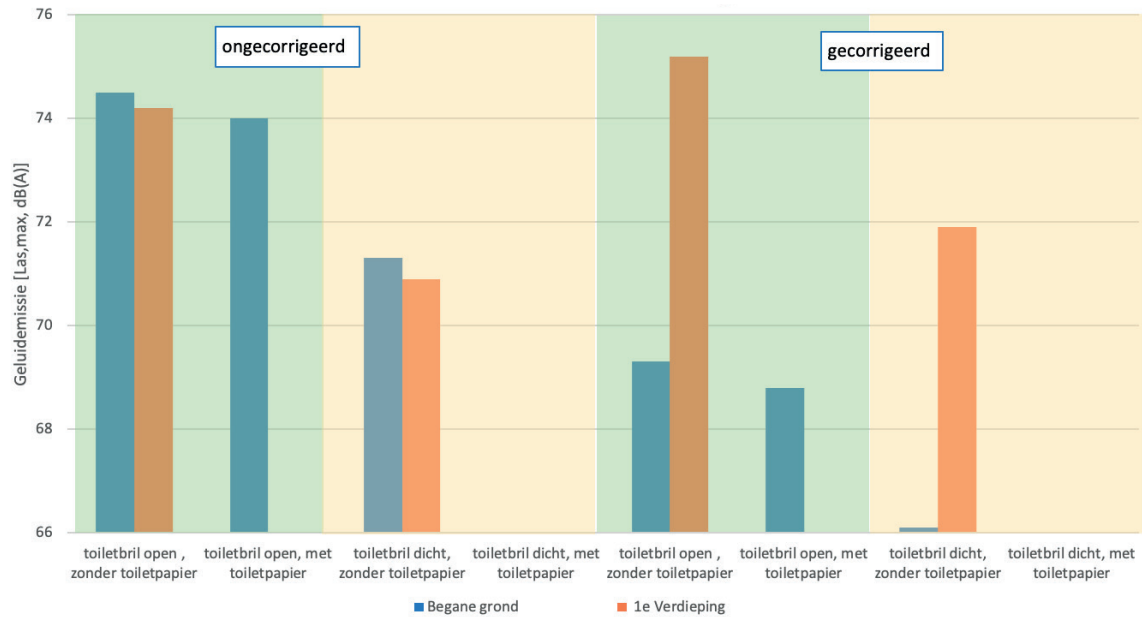
TABEL 12.7 OVERZICHT RESULTATEN CONVENTIONELE TOILETTEN LOCATIE KLINKENBELTSWEG, DEVENTER

Meting	Locatie	Toiletbril	Toiletpapier	$L_{A_s, MAX}$, gemeten, dB(A)	$L_{A_s, MAX}$, gecorrigeerd, dB(A)
1	Begane Grond	open	zonder	74,5	69,3
2	Begane Grond	open	met	74,0	68,8
3	Begane Grond	dicht	zonder	71,3	66,1
4	1e verdieping	open	zonder	74,2	75,2
5	1e verdieping	dicht	zonder	70,9	71,9

FIGUUR 12.5 RESULTATEN VAN STEENBERGENSTRAAT



FIGUUR 12.6 RESULTATEN KLINKENBELTSWEG



Met de toiletbril open wordt als maximale waarde 79,1 dB(A) gemeten, met de toiletbril dicht 75,8 dB(A). Het verschil hiertussen bedraagt dus 3,3 dB(A). Op basis van de gecorrigeerde waarden ligt de geluidsemissie van een conventioneel toilet met de toiletbril open tussen de 68,8 en 75,5 dB(A). Met de toiletbril dicht ligt de geluidsemissie tussen de 66,1 en 72,4 dB(A).

13

VERGELIJKING MEETGEGEVENS

Navolgend is een overzicht weergegeven van de gemeten en gecorrigeerde waarden per toilet. Er is onderscheid gemaakt tussen spoelen met de toiletbril open en spoelen met de toiletbril dicht.

Alle weergegeven waarden zijn zonder toiletpapier. Een overzicht van de resultaten met toiletpapier is opgenomen in bijlage 1.

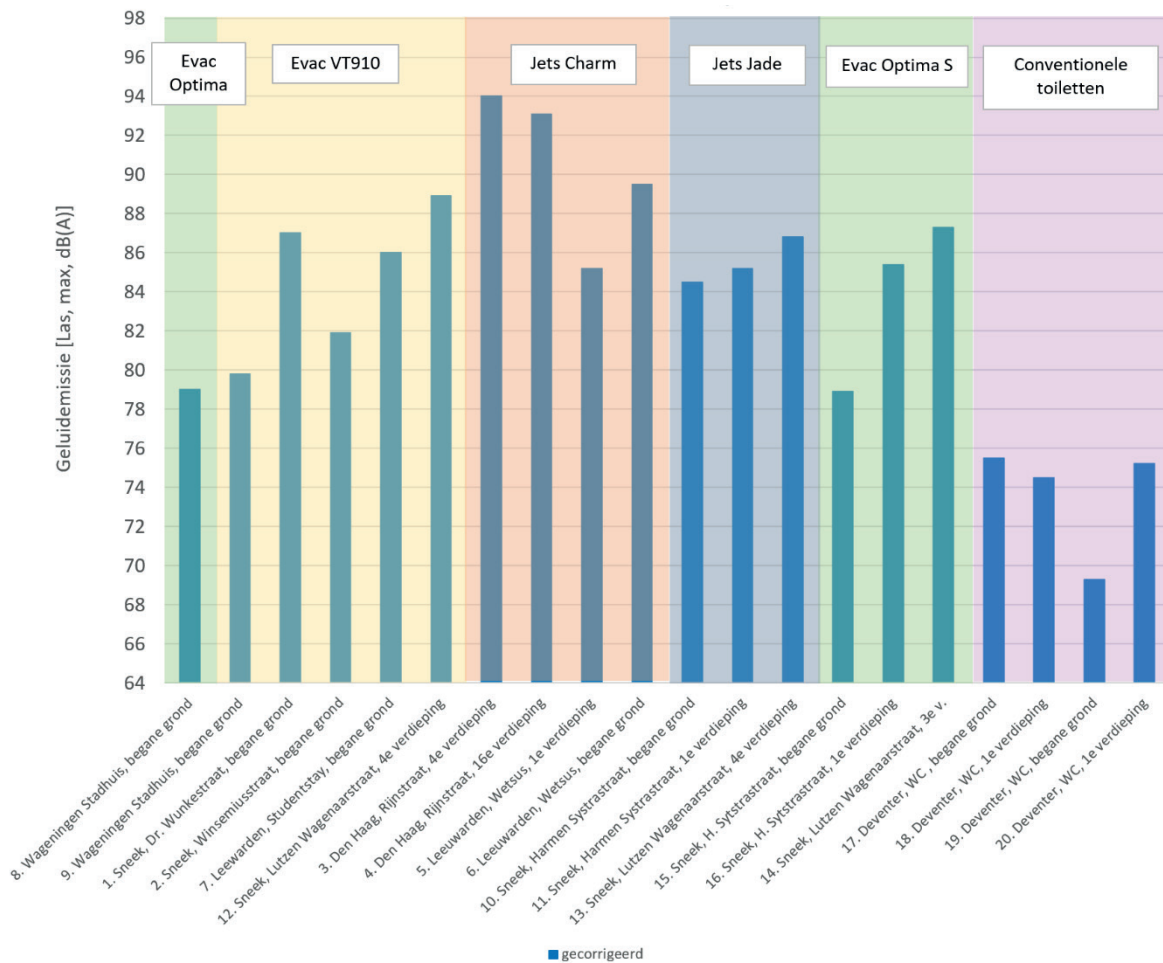
13.1 TOILETBRIJL OPEN

Navolgende tabel presenteert per meetlocatie de resultaten met de toiletbril open. In de daarop volgende figuur zijn de gecorrigeerde resultaten grafisch weergegeven en geclusterd naar type toilet.

TABEL 13.1 OVERZICHT RESULTATEN, TOILETBRIJL OPEN, TOILETSPOELINGEN ZONDER TOILETPAPIER

Meting	Locatie	Type toilet	La _{s, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{s, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Sneek, Dr. Wunkestraat, begane grond	Evac VT910	84,9	87
2	Sneek, Winsemiusstraat, begane grond	Evac VT910	85	81,9
3	Den Haag, Rijnstraat, 4 ^e verdieping	Jets Charm	97,4	94
4	Den Haag, Rijnstraat, 16 ^e verdieping	Jets Charm	97,1	93,1
5	Leeuwarden, Wetsus, 1 ^e verdieping	Jets Charm	93	85,2
6	Leeuwarden, Wetsus, begane grond	Jets Charm	96,9	89,5
7	Leeuwarden, Studentstay begane grond	Evac VT910	92,8	86
8	Wageningen Stadhuis, begane grond	Evac Optima 5	83,4	79
9	Wageningen Stadhuis, begane grond	Evac VT910	84,5	79,8
10	Sneek, H. Sytstrastraat, begane grond	Jets Jade	92,5	84,5
11	Sneek, H. Sytstrastraat, 1 ^e verdieping	Jets Jade	90,1	85,2
12	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 4 ^e verdieping	Evac VT910	90,6	88,9
13	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 4 ^e verdieping	Jets Jade	88,5	86,8
14	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 3 ^e verdieping.	Evac Optima S	87,2	87,3
15	Sneek, H. Sytstrastraat, begane grond	Evac Optima S	85,6	78,9
16	Sneek, H. Sytstrastraat, 1 ^e verdieping	Evac Optima S	84,6	85,4
17	Woning, van Steenbergstraat, Deventer, begane grond	Conventioneel, V&B Subway 2.0	79,1	75,5
18	Woning, van Steenbergstraat, Deventer, 1 ^e verdieping	Conventioneel, V&B Subway 2.0	75,1	74,5
19	Deventer, Klinkenbeltweg, begane grond	Conventioneel, Geberit staand toilet	74,5	69,3
20	Deventer, Klinkenbeltweg, 1 ^e verdieping	Conventioneel, Geberit staand toilet	74,2	75,2

FIGUUR 13.1 OVERZICHT RESULTATEN, TOILETBRIL OPEN, ZONDER TOILETPAPIER, GECLUSTERD NAAR TYPE TOILET



De gecorrigeerde waarden van de vacuümtoiletten bevinden zich allen binnen een bandbreedte van 78,9 tot 94 dB(A). Deze waarden zijn hoger dan de conventionele toiletten die ter referentie zijn opgenomen en waarvan de maximale waarden zich bevinden tussen 69,3 en 75,5 dB(A).

Gemiddeld gezien is het geluid van de vacuümtoiletten met een open toiletbril 12,2 dB(A) luider dan de conventionele toiletten.

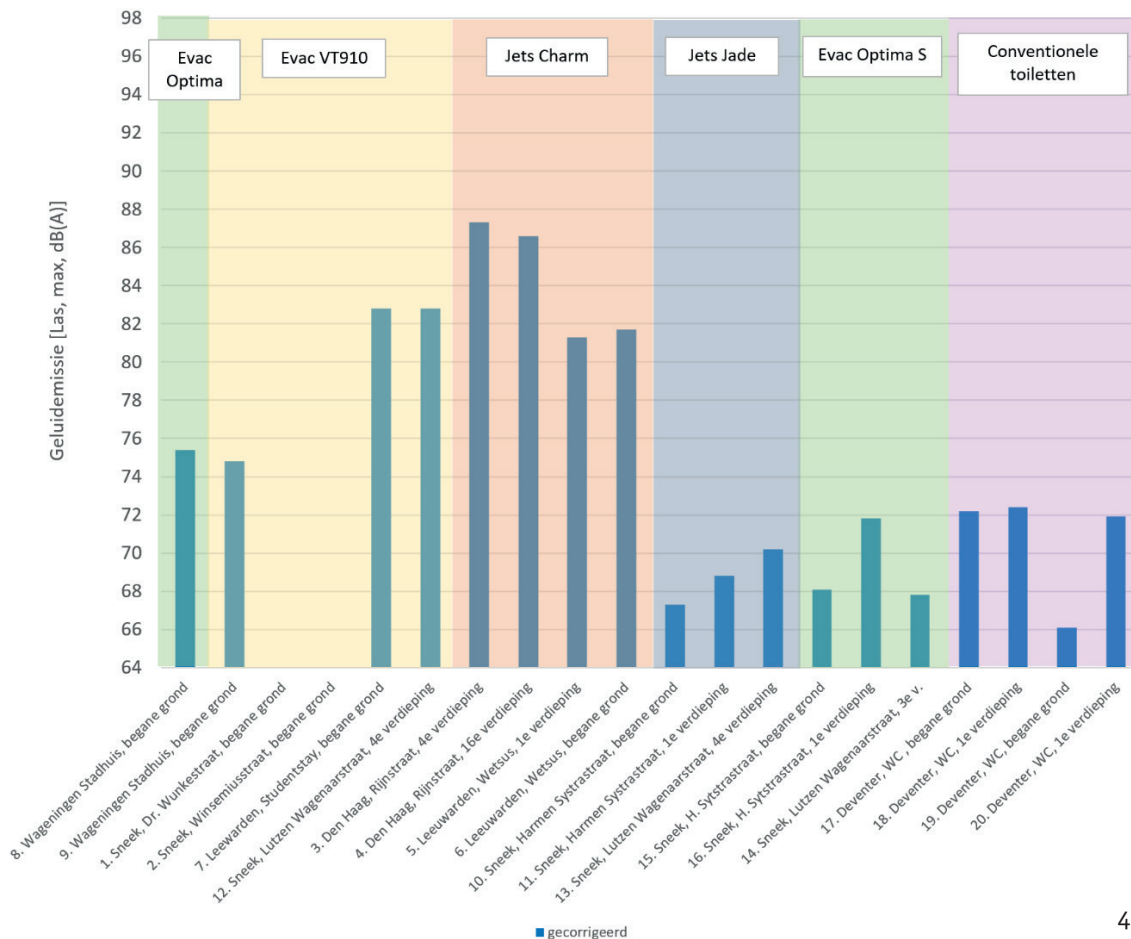
13.2 TOILETBRIL DICHT

Navolgende tabel presenteert per meetlocatie de resultaten met de toiletbril dicht. In de daarop volgende figuur zijn de gecorrigeerde resultaten grafisch weergegeven en geclusterd naar type toilet.

TABEL 13.2 OVERZICHT RESULTATEN, TOILETBRIL DICHT, TOILETSPOELINGEN ZONDER TOILETPAPIER

Meting	Locatie	Type toilet	La _{S, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{S, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Sneek, Dr. Wunkestraat, begane grond	Evac VT910	-	-
2	Sneek, Winsemiusstraat, begane grond	Evac VT910	-	-
3	Den Haag, Rijnstraat, 4 ^e verdieping	Jets Charm	90,7	87,3
4	Den Haag, Rijnstraat, 16 ^e verdieping	Jets Charm	90,6	86,6
5	Leeuwarden, Wetsus, 1 ^e verdieping	Jets Charm	89,1	81,3
6	Leeuwarden, Wetsus, begane grond	Jets Charm	89,1	81,7
7	Leeuwarden, Studentstay begane grond	Evac VT910	89,6	82,8
8	Wageningen Stadhuis, begane grond	Evac Optima 5	79,8	75,4
9	Wageningen Stadhuis, begane grond	Evac VT910	79,3	74,8
10	Sneek, H. Sytstrastraat, begane grond	Jets Jade	75,3	67,3
11	Sneek, H. Sytstrastraat, 1 ^e verdieping	Jets Jade	73,7	68,8
12	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 4 ^e verdieping	Evac VT910	84,5	82,8
13	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 4 ^e verdieping	Jets Jade	71,9	70,2
14	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 3 ^e verdieping.	Evac Optima S	67,7	67,8
15	Sneek, H. Sytstrastraat, begane grond	Evac Optima S	74,8	68,1
16	Sneek, H. Sytstrastraat, 1 ^e verdieping	Evac Optima S	71	71,8
17	Woning, van Steenbergstraat, Deventer, begane grond	Conventioneel, V&B Subway 2.0	75,8	72,2
18	Woning, van Steenbergstraat, Deventer, 1 ^e verdieping	Conventioneel, V&B Subway 2.0	73	72,4
19	Deventer, Klinkenbeltweg, begane grond	Conventioneel, Geberit staand toilet	71,3	66,1
20	Deventer, Klinkenbeltweg, 1 ^e verdieping	Conventioneel, Geberit staand toilet	70,9	71,9

FIGUUR 13.2 OVERZICHT RESULTATEN, TOILETBRIL DICHT, ZONDER TOILETPAPIER, GECLUSTERD NAAR TYPE TOILET



Als de vacuümtoiletten worden beschouwd tijdens het spoelen met de toiletbril dicht is te zien dat er een groot verschil wordt gemaakt door de Jets Jade en de Evac Optima S toiletten. Deze type toiletten produceren, gecorrigeerd op nagalm, respectievelijk 67,3 tot 70,2 dB(A) en 67,8 tot 71,8 dB(A) terwijl de overige vacuümtoiletten tussen de 74,6 en de 87,3 dB(A) zitten. Ook het typische pulsieve karakter van het vacuümtoilet is bij deze typen toiletten veel minder aanwezig.

De conventionele toiletten presteren tussen de 66,1 en 72,4 dB(A). Dit ligt in dezelfde bandbreedte als de Jets Jade en Evac Optima S.

Gemiddeld gezien is het geluid van de Jets Jade vacuümtoiletten met een gesloten toiletbril 1,8 dB(A) stiller dan de conventionele toiletten met een gesloten toiletbril. De Evac Optima S is met een gesloten toiletbril 1,4 dB(A) stiller dan de conventionele toiletten met een gesloten toiletbril.

Ten opzichte van de conventionele toiletten met de toiletbril open zijn de Jets Jade en Evac Optima S met de toiletbril dicht respectievelijk 4,8 en 4,4 dB(A) stiller.

Het verschil tussen de Jets Jade en de Evac Optima S bedraagt gemiddeld 0,4 dB(A). Dit is een dusdanig klein verschil dat de luidheid vergelijkbaar kan worden gesteld.

Het verschil – met de toiletbril gesloten - tussen de conventionele toiletten en de overige ‘standaard’ vacuümtoiletten bedraagt gemiddeld 11 dB(A) in het nadeel van de vacuümtoiletten.

14

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

14.1 CONCLUSIES

De gemeten vacuümtoiletten bevinden zich met de toiletbril open allen binnen een bandbreedte van 78,9 tot 94 dB(A). Dit is aanzienlijk meer dan de conventionele toiletten waarvan de bandbreedte zich bevindt tussen 69,3 en 75,5 dB(A).

Als de vacuümtoiletten worden beschouwd tijdens het spoelen met de toiletbril dicht is te zien dat er een groot verschil wordt gemaakt met zowel de Jets Jade als de Evac Optima S. Deze nieuwe en stillere type vacuümtoiletten produceren respectievelijk 67,3 tot 70,2 dB(A) en 67,8 tot 71,8 dB(A) terwijl de overige vacuümtoiletten met de toiletbril dicht tussen 74,8 en 87,3 dB(A) zitten. De conventionele toiletten presteren tussen de 66,1 en de 72,4 dB(A) met de toiletbril dicht. Dit ligt in dezelfde bandbreedte als de Jets Jade en Evac Optima S. Ook het typische pulsieve karakter van de vacuümtoilet is bij deze nieuwere en stillere typen vacuümtoiletten veel minder aanwezig.

Ten opzichte van de conventionele toiletten met de toiletbril open zijn de Jets Jade en Evac Optima S met de toiletbril dicht respectievelijk 4,8 en 4,4 dB(A) stiller.

Het verschil – met de toiletbril gesloten - tussen de conventionele toiletten en de overige ‘standaard’ vacuümtoiletten bedraagt gemiddeld 11 dB(A) in het nadeel van de vacuümtoiletten.

14.2 AANBEVELINGEN

In dit onderzoek is er gekeken naar de luidheid van vacuümtoiletten in de toiletruimte zelf (aan de bron). Tijdens de uitvoering van onderliggend meetonderzoek is in het kader van een tweetal andere projecten een ‘geluidsdiscussie’ ontstaan over het wel/niet voldoen van vacuümtoiletten aan het Bouwbesluit en Woningborg/SWK-garantie¹.

De huidige normstelling in het Bouwbesluit is er op gericht om het installatiegeluid (waar een toilet onder valt) te toetsen zoals deze wordt waargenomen in een naastgelegen perceel c.q. woning. Bij koopwoningen is doorgaans de Woningborg/SWK-garantie aanvullend van toepassing. Hierin is een normstelling opgenomen voor het maximale installatiegeluid binnen een woning.

Op basis van Figuur 13.2 is wellicht de verwachting dat de stille vacuümtoiletten (Jets Jade en Evac Optima S) voldoen aan de huidige normstelling, omdat deze toiletten vergelijkbaar (zelfs iets stiller) zijn dan conventionele toiletten. Dit is echter niet het geval. Er zit namelijk een verschil tussen hoe het geluid zich verplaatst binnen een woning (horizontaal geluid) en hoe geluid wordt doorgegeven aan de constructie (constructie-/contactgeluid).

Zodoende zijn in 2018, 2019 en 2020 geluidsmetingen uitgevoerd in relatie tot het Bouwbesluit en Woningborg/SWK-garantie en welke maatregelen naar verwachting nodig zijn om aan de gestelde eisen te voldoen.

1 SWK: Stichting Waarborgfonds Koopwoningen

Aangezien het Bouwbesluit en de Woningborg/SWK-garantie de toepassing van vacuümtoiletten kan tegenhouden wordt het sterk aanbevolen om de verkregen informatie van de geluidsmetingen in relatie tot Bouwbesluit en Woningborg/SWK-garantie aanvullend te rapporteren. De benodigde metingen zijn reeds grotendeels verricht maar de gegevens zijn nog niet eenduidig met dit doel verwerkt en gerapporteerd.

BIJLAGE 1

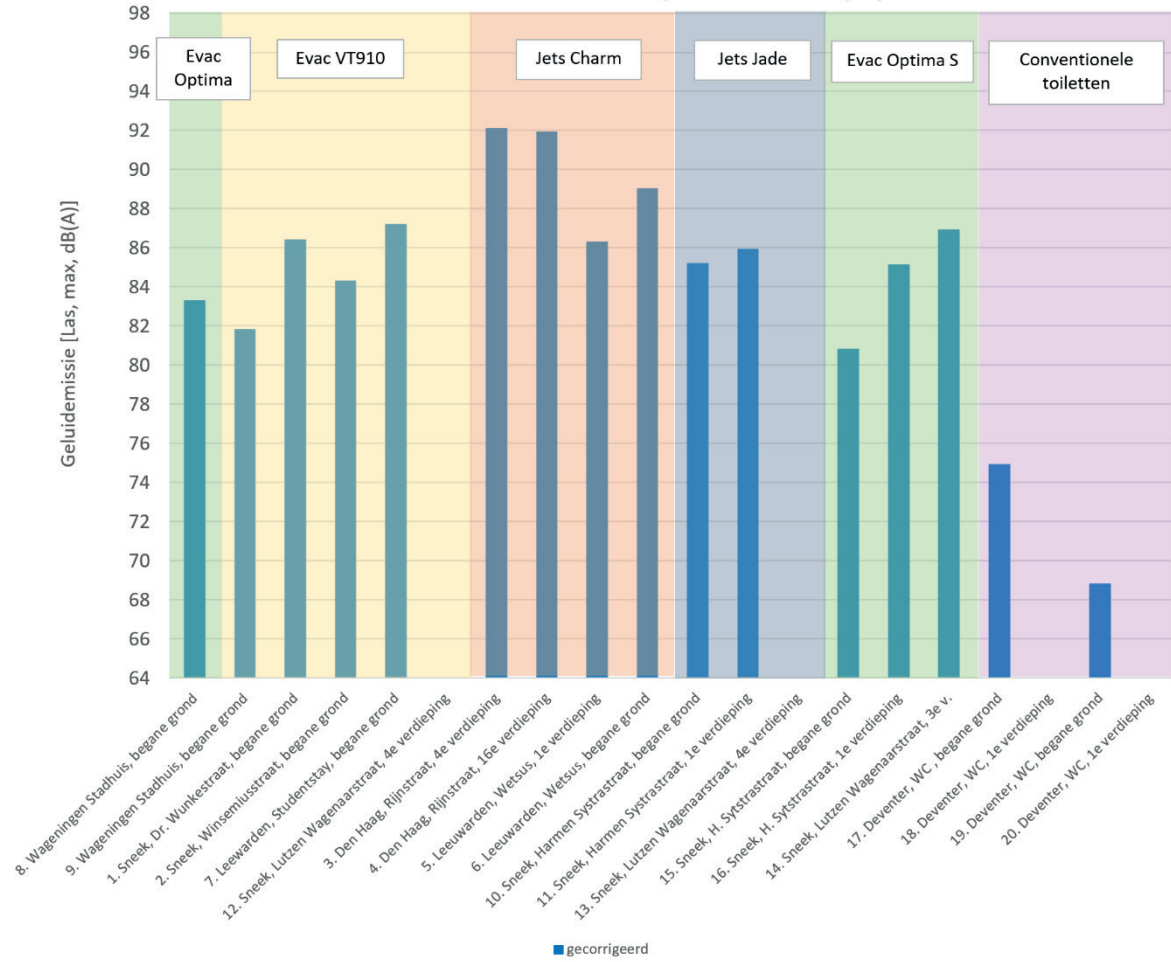
OVERZICHT RESULTATEN

TOILETSPOELINGEN MET TOILETPAPIER

TABEL B1.1 OVERZICHT RESULTATEN, TOILETBRIL OPEN, TOILETSPOELINGEN MÉT TOILETPAPIER

Meting	Locatie	Type toilet	La _{s, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{s, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Sneek, Dr. Wunkestraat, begane grond	Evac VT910	84,3	86,4
2	Sneek, Winsemiusstraat, begane grond	Evac VT910	87,4	84,3
3	Den Haag, Rijnstraat, 4 ^e verdieping	Jets Charm	95,5	92,1
4	Den Haag, Rijnstraat, 16 ^e verdieping	Jets Charm	95,9	91,9
5	Leeuwarden, Wetsus, 1 ^e verdieping	Jets Charm	94,1	86,3
6	Leeuwarden, Wetsus, begane grond	Jets Charm	96,4	89
7	Leeuwarden, Studentstay begane grond	Evac VT910	94	87,2
8	Wageningen Stadhuis, begane grond	Evac Optima 5	87,7	83,3
9	Wageningen Stadhuis, begane grond	Evac VT910	86,5	81,8
10	Sneek, H. Sytstrastraat, begane grond	Jets Jade	93,2	85,2
11	Sneek, H. Sytstrastraat, 1 ^e verdieping	Jets Jade	90,8	85,9
12	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 4 ^e verdieping	Evac VT910	-	-
13	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 4 ^e verdieping	Jets Jade	-	-
14	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 3 ^e verdieping.	Evac Optima S	86,8	86,9
15	Sneek, H. Sytstrastraat, begane grond	Evac Optima S	87,5	80,8
16	Sneek, H. Sytstrastraat, 1 ^e verdieping	Evac Optima S	84,3	85,1
17	Woning, van Steenbergenstraat, Deventer, begane grond	Conventioneel, V&B Subway 2.0	78,4	74,9
18	Woning, van Steenbergenstraat, Deventer, 1 ^e verdieping	Conventioneel, V&B Subway 2.0	-	-
19	Deventer, Klinkenbeltsweg, begane grond	Conventioneel, Geberit staand toilet	74	68,8
20	Deventer, Klinkenbeltsweg, 1 ^e verdieping	Conventioneel, Geberit staand toilet	-	-

FIGUUR B1.1 OVERZICHT RESULTATEN, TOILETBRIL OPEN, MÉT TOILETPAPIER, GECLUSTERD NAAR TYPE TOILET



TABEL B1.2 OVERZICHT RESULTATEN, TOILETBRIL DICHT, TOILETSPOELINGEN MÉT TOILETPAPIER

Meting	Locatie	Type toilet	La _{s, MAX} , gemeten, dB(A)	La _{s, MAX} , gecorrigeerd, dB(A)
1	Sneek, Dr. Wunkestraat, begane grond	Evac VT910	-	-
2	Sneek, Winsemiusstraat, begane grond	Evac VT910	-	-
3	Den Haag, Rijnstraat, 4 ^e verdieping	Jets Charm	90,5	87,1
4	Den Haag, Rijnstraat, 16 ^e verdieping	Jets Charm	90,2	86,2
5	Leeuwarden, Wetsus, 1 ^e verdieping	Jets Charm	90,6	82,8
6	Leeuwarden, Wetsus, begane grond	Jets Charm	91,3	83,9
7	Leeuwarden, Studentstay begane grond	Evac VT910	88,7	81,9
8	Wageningen Stadhuis, begane grond	Evac Optima 5	81,5	77,1
9	Wageningen Stadhuis, begane grond	Evac VT910	80,3	75,6
10	Sneek, H. Sytstrastraat, begane grond	Jets Jade	75,6	67,6
11	Sneek, H. Sytstrastraat, 1 ^e verdieping	Jets Jade	73,6	68,7
12	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 4 ^e verdieping	Evac VT910	-	-
13	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 4 ^e verdieping	Jets Jade	-	-
14	Sneek, Lutzen Wagenaarstraat, 3 ^e verdieping.	Evac Optima S	72,5	72,6
15	Sneek, H. Sytstrastraat, begane grond	Evac Optima S	76,2	69,5
16	Sneek, H. Sytstrastraat, 1 ^e verdieping	Evac Optima S	74,5	75,3
17	Woning, van Steenbergstraat, Deventer, begane grond	Conventioneel, Villeroy&Boch Subway 2.0	74,2	70,6
18	Woning, van Steenbergstraat, Deventer, 1 ^e verdieping	Conventioneel, Villeroy&Boch Subway 2.0	-	-
19	Deventer, Klinkenbeltweg, begane grond	Conventioneel, Geberit stand toilet	-	-
20	Deventer, Klinkenbeltweg, 1 ^e verdieping	Conventioneel, Geberit stand toilet	-	-

FIGUUR B1.2 OVERZICHT RESULTATEN, TOILETBRIL DICHT, MÉT TOILETPAPIER, GECLUSTERD NAAR TYPE TOILET

