

Kosteneffectiviteit-afweging VOS

Afwijkingsaanvraag

AUTEUR(S)

Floor Devesse, Sam Puttemans

REVISIES / REVISIONS:

N°	Status	Naam	Datum	Naam	Datum	Naam	Datum
6	Informed	Michiel De Smet	30/07/2026	Jan Timmermans	30/07/2026	Michiel De Smet	30/07/2026
5	Informed	Sam Puttemans	29/05/2026	Michiel De Smet		Chantal Jonkers	
4	Informed	Floor Devesse	06/03/2026			Michiel De Smet	10/03/2026
3	Informed	Floor Devesse	6/01/2026	Sam Puttemans	7/01/2026	Michiel De Smet	8/01/2026
Revisie		Auteur		Nagekeken door		Goedgekeurd door	

REVISIE DETAILS / REVISION DETAILS:

6	Enkele kleine spelling correcties & verduidelijkingen
5	Update nav aanvraag afwijking
Revisie N°	Beschrijving

Context

In het kader van de exploitatie van een nieuwe slib mono-verwerkingsinstallatie (SMV) op de Foster site (Gent) zal ontwaterd slib in een bunker verzameld worden, waarbij vluchtige organische stoffen vrijkomen. Door de aanwezigheid van de droger kan er gesteld worden dat naast de de BBT's van afvalverbranding ook de BBT's van afvalverwerking relevant zijn voor Foster. Het drogen van slib kan vallen onder de activiteit fysisch chemische behandeling waardoor bij gevolg de emissiegrenswaarde voor vluchtige organische stoffen (afgekort VOS, uitgedrukt als totaal organische koolstof, afgekort TOC) van toepassing is bij luchtemissies:

30 mg C /Nm³ (Vlarem III Artikel 3.14.5.4.2).

Meetcampagnes in een vergelijkbare slibbunker (SLECO, Doel) tonen aan dat VOS concentraties aanzienlijk hoger kunnen liggen dan de emissiegrenswaarden waarvan sprake in de regelgeving. Methaan maakt een aanzienlijk deel uit van de VOS emissies.

Er is continue ventilatie voorzien in de bunker om diffuse geuremissies te vermijden en een explosieve atmosfeer te voorkomen. Het ventilatiesysteem is ontworpen om het volledige volume van de bunker 2 keer per uur te verversen. Deze lucht wordt enerzijds gebruikt als verbrandingslucht in de verbrandingsoven en het overige deel wordt geëmitteerd via een luchtbehandelingsinstallatie en een schouw. Het betreft hier enkel ventilatielucht van de bunker en geen dampen van de droger.

De momenteel voorziene luchtbehandelingsinstallatie (zure water en biofilter) t.b.v. geurverwijdering uit de ventilatielucht zal ontoereikend zijn om de VOS (met name door het aanwezige methaan) voldoende te verlagen. Methaan in de ventilatielucht kan worden verwijderd door thermische of katalytische oxidatie. Katalytische oxidatie heeft als nadeel dat de katalysator snel wordt vergiftigd, zeker in sliblucht, vooral door H₂S, Cl en fosfaten. Daarnaast heeft het een lager rendement voor VOS-verwijdering dan thermische oxidatie (katalytische oxidatie-EMIS). Daarom is thermische oxidatie de geprefereerde methode. De zure water en biofilter worden dan mogelijks overbodig. Het is nl. niet gewenst om de ventilatielucht extra te bevochtigen voor thermische oxidatie. De (thermische oxidatie-) installatie die meegenomen werd in onderstaande analyse is marktconform en werd aangeboden door de firma Wessel Environmental Technologies.

Hoewel verschillende mogelijkheden om de regelgeving te respecteren worden onderzocht, pleit een nadere analyse voor een uitzondering op de eventuele emissiegrenswaarde. In dit document wordt de kosteneffectiviteit van het vervangen van de voorziene geurverwijderingsinstallatie (zure water + biofilter) door een thermische oxidatie-installatie bekeken.

Het VITO-rapport "Leidraad voor het bepalen van de Beste Beschikbare Technieken (BBT) op bedrijfsniveau" (september 2017) geeft aan dat een afwegingsgebied voor kosteneffectiviteit van maatregelen van 8-15€/kg VOS verwijderd gehanteerd kan worden. Als de kost lager ligt dan deze waarde, dan kan een maatregel als kosteneffectief beschouwd worden.

Bijkomend is het zo dat de gemeten VOS (met name methaan) een hogere global warming impact heeft dan CO₂. In die zin lijkt het thermisch oxideren van VOS (naar CO₂) zinvol vanuit klimaat perspectief. Voor de thermische oxidatie is echter ook (fossiele) brandstof nodig aangezien de ventilatielucht zelf niet autotherm is. De oxidatie van de brandstof leidt tot bijkomende CO₂ uitstoot

die het klimaatvoordeel van de reductie van de VOS-CO₂ equivalenten deels of volledig teniet kan doen.

Metingen en extrapolatie

Op een vergelijkbare slibbunker (SLECO, Doel) werden door gespecialiseerde bedrijven (Olfascan en Eurofins) VOS metingen gedaan. Op basis van de gemeten VOS concentraties, het ventilatiedebiet en de aanwezige hoeveelheid slib in de bunker tijdens de meetcampagne werd de gemiddelde hoeveelheid VOS per volume hoeveelheid slib in de bunker van SLECO bepaald (mg C/h.m³slib). Dit resultaat werd geëxtrapoleerd naar het verwachte gemiddelde slibvolume in de bunker van de Foster site. Op deze manier werd een inschatting gemaakt van de te verwachten VOS concentratie in de luchtstroom voor eventuele thermische behandeling.

Emissies variëren door bunkerinhoud, omgevingstemperatuur, gisting, menging van de grippers ... Om te kunnen omgaan met de verwachte variatie in de aangevoerde slib emissies zijn er meerdere scenario's bekeken en is hieruit een minimale en maximale VOS-productie bepaald. Deze waarden dienen als referentie voor de argumentatie. Op de Foster installatie zal geen, of slechts in beperkte mate slib worden gedroogd. Daarnaast worden de dampen (grotendeels waterdamp) die eventueel vrijkomen bij de droging van het slib geïnjecteerd boven het wervelbed. De VOS concentraties liggen daarom lager dan bij zuivere slibdrogingsinstallaties in Vlaanderen, zoals in Leuven en Houthalen. De detailberekening van de kosteneffectiviteit-afweging is opgenomen in de bijlage van deze nota.

Assumpties bij de berekeningen

Omgevingscondities en luchtstroom

Voor de berekeningen zijn representatieve gemiddelde omgevingscondities aangenomen. De omgevingstemperatuur werd vastgesteld op 10,6 °C, overeenkomend met het jaargemiddelde voor Gent zoals gerapporteerd door het KMI. De atmosferische druk werd verondersteld gelijk aan de standaarddruk van 101 325 Pa. De relatieve vochtigheid van de aangezogen lucht werd aangenomen op 75%.

Het ventilatiedebiet werd vastgelegd op 14 137 m³/h, afgestemd op het nominale ontwerpdebiet van de aangesloten luchtbehandelingsinstallatie en stemt overeen met het ventilatiedebiet van de slibbunker, verminderd met het aandeel dat gebruikt wordt als verbrandingslucht in de wervelbedoven. In realiteit zal het debiet variëren door de variatie in het verbrandingslucht debiet. Gedurende een deel van het jaar, bij piek in waterzuiveringsslibproductie, zal de installatie aan een hogere capaciteit werken en dus meer verbrandingslucht nodig hebben. Echter er zal ook een stilstand periode zijn waarbij het volledige debiet naar de luchtbehandelingsinstallatie moet gaan. Er werd in de berekening verondersteld dat het nominale ontwerpdebiet continu wordt aangehouden gedurende de exploitatie.

VOS/Methaan

De emissies van VOS worden verondersteld hoofdzakelijk te bestaan uit methaan (CH₄) als dominante vertegenwoordiger voor de berekeningen. Daarom zijn de VOS-emissies omgerekend naar equivalente CH₄. In de technische informatie van de thermische oxidator van de producent staat de garantie om tot 25 mgC/Nm³ te oxideren. Daarom is er verder gerekend met deze waarde.

Het is ook belangrijk om te vermelden dat bij het thermisch oxideren van aardgas kleine hoeveelheden methaan en vluchtige organische stoffen (VOCs) kunnen ontstaan. Dit leidt onvermijdelijk tot een extra, zij het beperkte, uitstoot van deze stoffen. De totale concentratie zal daardoor altijd boven de 0 mgC/Nm³ uitkomen.

Voor de omzetting naar broeikasgasemissies werd gebruikgemaakt van een CO₂-equivalentiefactor van 28 kg CO₂e per kg CH₄, volgens de gangbare IPCC-referentiewaarden. De calorische waarde van methaan werd aangenomen op 50 MJ/kg, wat gebruikt werd voor de bepaling van het energetisch potentieel en de mogelijke warmterecuperatie bij thermische oxidatie.

Thermische oxidatie en warmterugwinning

Indien thermische oxidatie wordt toegepast, werd verondersteld dat de oxidatie plaatsvindt bij een reactietemperatuur van 850°C, conform de gangbare ontwerppraktijk voor dergelijke installaties. De installatie werd geacht uitgerust te zijn met een systeem voor warmterugwinning met een rendement van 90%, waarbij de vrijgekomen warmte maximaal wordt gerecupereerd voor hergebruik binnen het proces.

De thermische oxidator wordt verondersteld continu in bedrijf te zijn, overeenkomstig de veronderstelling van een jaarrond levering van slib in de slibbunker.

Brandstofgebruik en emissiefactoren

Voor de ondersteuning van de thermische oxidatie werd uitgegaan van aanvullend brandstofverbruik op basis van aardgas. De hogere en lagere verbrandingswaarden van de gebruikte brandstof werden respectievelijk aangenomen op 11,5 kWh/Nm³ (HHV) en 10,4 kWh/Nm³ (LHV). Voor de bepaling van de bijkomende CO₂-emissies werd een emissiefactor van 56 ton CO₂ per TJ_{ovw} verbruikte brandstof gehanteerd.

De kostprijs van de brandstof werd vastgelegd op 6,7 c€/kWh, wat representatief is voor industriële toepassingen op het moment van de studie. Deze waarde werd constant gehouden over de volledige beschouwde levensduur van de installatie.

Economische aannames en levensduur

Voor de economische evaluatie van de thermische oxidatie-installatie werd uitgegaan van een initiële kapitaalkost van 2 616 739,63 euro. De operationele kosten werden forfaitair geraamd op 5% van de initiële investeringskost per jaar, wat zowel onderhoud, bedrijfsvoering als beperkte herstellingen omvat.

De installatie werd afgeschreven over een periode van 10 jaar. Voor de jaarlijkse kapitaalkost werd een discontovoet van 7% gehanteerd, in lijn met de gebruikelijke aannames in BBT- en kostenefficiëntie-analyses. Er werd verondersteld dat de installatie gedurende het volledige jaar operationeel is.

Kosteneffectiviteit

De belangrijkste parameter waarmee de impact bekeken werd is de kost (€/kg C verwijderd). Uit de resultaten (zie detailberekening in bijlage) blijkt dat bij maximale VOS concentratie de oxidatie 34,7

€/kg C verwijderd kost, ruim boven het afwegingsgebied van de kostenefficiëntiewaarde van VITO (8-15 €/kg VOS). Bij een minimale VOS concentratie is deze kost nog vele male hoger (167,3 €/kg C verwijderd).

Uitstoot

Naast de kosteneffectiviteit werd ook het verschil van de CO₂equivalenten (GWI) van het wel of niet toepassen van de thermische oxidatie bekeken. Er wordt gerekend met het CO₂e wanneer er geen extra behandelingsstap gedaan wordt met daarvan afgetrokken de waarde met de thermische oxidatie. Een negatieve CO₂e betekent meer uitstoot bij thermische oxidatie dan zonder.

In termen van CO₂e leidt het implementeren van thermische oxidatie bij minimale VOS concentratie tot een extra 579 ton CO₂e/jaar; bij maximale VOS concentratie is dit een 33 ton CO₂e minder per jaar.

Conclusie

Het is niet mogelijk om één vaste waarde voor VOS-concentratie in de slibopslag vast te stellen. Binnen de aannemelijke range blijkt de implementatie van de thermische oxidator economisch onredelijk. Bij maximale VOS concentratie kost de oxidatie 34,7 €/kg C verwijderd, ruim boven het afwegingsgebied van de kostenefficiëntiewaarde van VITO (8-15 €/kg VOS). Bij een minimale VOS concentratie is deze kost nog vele male hoger.

Gezien verwacht wordt dat de werkelijke situatie tussen bovenvermelde waarden ligt, zal de implementatie van een thermische oxidator niet kosteneffectief zijn.

Thermische oxidatie is voor de FOSTER-installatie kostenefficiënt (€15 per kilogram verwijderd koolstof) wanneer de concentratie in de geëmitteerde lucht hoger is dan 411,5 mgC/Nm³.

BIJLAGE: Detailberekening kosteneffectiviteit-afweging

		minimaal	maximaal
Ventilation air before thermal treatment:			
Temperature in (Tin)	°C	10,6	10,6
Pressure in	Pa	101325	101325
Flow	m ³ /h	14137	14137
	Nm ³ /h	13609	13609
Relative humidity		75%	75%
Saturation vapor pressure in	Pa	1274	1274
Actual vapor pressure in	Pa	956	956
Humidity ratio	kg H2O/kg dry air	0,0059	0,0059
Enthalpy @Tin	kJ/kg	26	26
Air density	kg/Nm ³ humid air	1,288	1,288
Methane:			
LEL CH4		4,4%	4,4%
% of LEL in ventilation air		0,26%	0,85%
CH4 concentration:			
- before oxidation	mg CH4/Nm ³	83	266
- after oxidation	mg C/Nm ³	25	25
- after oxidation	mg CH4/Nm ³	33	33
Minimum conversion required	%	60%	87%
Mass flow emitted:			
- without oxidation	kg CH4/h	1,13	3,62
- with oxidation	kg CH4/h	0,45	0,45
CO2e factor CH4	kg CO2e/kg CH4	28	28
CO2e related to CH4 emissions:			
- without CH4 oxidation	kg CO2e/h	32	101
- with CH4 oxidation	kg CO2e/h	13	13
Thermal oxidation			
Temperature required (Treq)	°C	850	850
Enthalpie @Treq	kJ/kg	879	879
Thermal power total required	MW	4,16	4,16
Heat recovery		90%	90%
Thermal power required incl rec	MW	0,42	0,42
Methane incineration			
Calorific value (LHV)	MJ/kg	50	50
Thermal power	MW	0,01	0,04
Specific CO2 production	kg CO2/kg CH4	2,74	2,74
CO2 emission from CH4 oxidati	kg CO2/h	3,10	9,93

Fuel incineration

Type of fuel	-	Natural gas (HC)	Natural gas (HC)
Thermal power required from fuel	MW	0,41	0,37
Calorific value HHV	kWh/Nm ³	11,50	11,50
COW/CBW (~=LHV/HHV)	-	0,903	0,903
Calorific value LHV	kWh/Nm ³	10,4	10,4
Consumption (volume)	(Nm ³ /h)	39,13	35,80
Fuel CO2 emission factor (EF)	ton CO2/TJ _{low}	56,00	56,00
Total CO2 emission incineration	kg CO2/h	81,93	74,95

Total CO2e:

- without CH4 oxidation	kg CO2e/h	32	101
- with CH4 oxidation	kg CO2e/h	98	98
Difference	kg CO2e/h	-66	4
	ton CO2e/year	-579	33

Cost effectiveness

Operating time	h/year	8760	8760
Depreciation period	# jaar	10	10
Interest	%	7%	7%
Unit price fuel	c€/kWh	6,70	6,70

Emissions:

- without CH4 oxidation	ton CH4/year	9,9	31,7
- with CH4 oxidation	ton CH4/year	3,97	3,97
- reduced CH4 emissions	ton CH4/year	5,9	27,7
	ton C/year	4,4	20,8
- CO2 emissions due to incineration	ton CO2/year	745	744

Capex:

Investment cost	€	2616739,63	2616739,63
other investment cost (not in m€)	€		
	€/year	372565	372565

Opex:

Maintenance cost	% of investment cost	5%	5%
	€/year	130836,9815	130836,9815
Personnel cost	€/year	862	862
Fuel cost	€/year	238513	218211
Total Opex	€/year	370211	349910

Totex:

	€/year	742776	722475
	€/kg CH4 removed	125,4	26,0
	€/kg C removed	167,3	34,7