

Notitie

Referentienummer
Versie 5

Datum
12 juli 2015

Kenmerk
334159

Betreft
Beschrijving EssDe en energiebalans t.b.v. MER oplegnotitie

1 Inleiding

Vanwege het feit dat de gekozen oplossing voor de renovatie van rwzi Den Bosch niet gelijk is aan de in de MER beschreven oplossing is er een MER-oplegnotitie opgesteld. De MER-commissie wil, na het lezen van deze oplegnotitie, nog een aantal punten verder uitgewerkt zien. In deze notitie wordt nader ingegaan op:

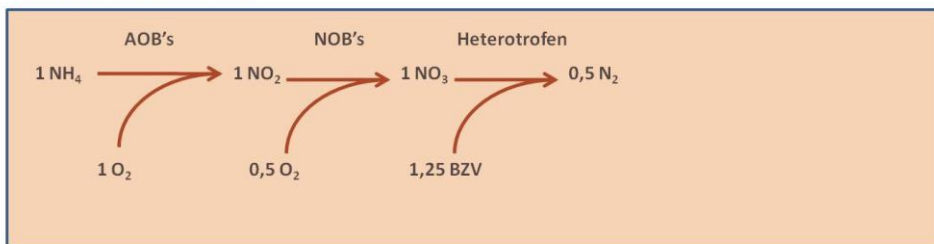
- het feit of de stikstofverwijdering middels het EssDe®-proces als Best Beschikbare Techniek mag worden aangemerkt;
- de vergelijking van de energiebalans van het EssDe®-proces met het referentieontwerp.

2 Achtergrondinformatie van het EssDe®-proces

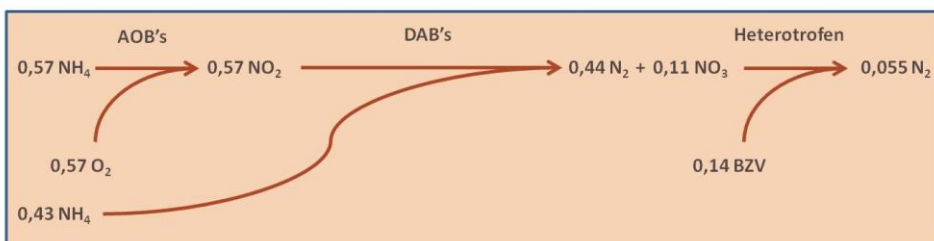
Het EssDe®-proces is een alternatief voor de conventionele stikstofverwijderingsroute¹.

Bij conventionele stikstofverwijdering wordt ammonium via nitriet omgezet naar nitraat (in aanwezigheid van zuurstof), vervolgens wordt nitraat met behulp van BZV omgezet naar N₂-gas (bij afwezigheid van zuurstof) (zie Figuur 1).

Conventionele route



Deammonificatie route



Figuur 1: Schematische weergave conventionele stikstofverwijderingsroute en de deammonificatie route.

¹ In het referentieontwerp voor rwzi Den Bosch wordt gebruikt gemaakt van de conventionele stikstofverwijderingsroute in zowel de bestaande installatie als de Nereda®-reactoren.

Bij de de-ammonificatie route wordt ammonium door “normale” nitrificeerders (AOB's) gedeeltelijk (circa de helft) omgezet naar nitriet, in aanwezigheid van zuurstof. Vervolgens wordt het gevormde nitriet, door de de-ammonificerende bacteriën (DAB's), met de resterende ammonium omgezet naar voornamelijk N₂-gas en een beetje nitraat, bij afwezigheid van zuurstof. Belangrijke verschillen tussen de twee routes zijn de zuurstof- en BZV-behoefte, zie Tabel 1.

Tabel 1: Vergelijking zuurstof- en BZV-behoefte van stikstofverwijdering via de conventionele route en de deammonificatie route

		Conventioneel/Referentieontwerp	De-ammonificatie
Zuurstofbehoefte	kg O ₂ /kg N	4,57	1,95
BZV-behoefte	kg BZV/kg N	2,86	<< 1,72

Principe van het EssDe[®]-proces

Toepassing van de deammonificatie-route in de waterlijn van een rwzi was, tot een aantal jaar geleden, niet mogelijk vanwege de zeer lage groeisnelheid van de DAB's bij de heersende temperaturen in beluchtingstank van de waterlijn. De groeisnelheid van de DAB's is beduidend lager dan die van de conventionele AOB's en NOB's. In een traditionele bedrijfsvoering zou dit betekenen dat men zou moeten werken met veel hogere slibleeftijden en dus veel hogere benodigde biologische slibmassa's, met grotere volumina van aeratietanks tot gevolg.

Gebleken is dat met een cycloon de DAB's efficiënt kunnen worden gescheiden van het overige slib in de beluchtingstanks, waarmee voor de DAB's een andere (langere) slibleeftijd kan worden gecreëerd dan voor het overige slib.

Voorwaarde voor het EssDe[®]-proces is de aanwezigheid van een Demon[®]-reactor voor de behandeling van het stikstofrijke rejectiewater van de sliblijn. In de DEMON[®]-reactor vindt de stikstofverwijdering eveneens via de deammonificatie route plaats, met een hogere temperatuur als belangrijkste verschil. De beluchtingstank(s) van de waterlijn worden vanuit deze Demon[®]-reactor verrijkt met de ammoniumoxyderende bacteriën (AOB's) en de-ammonificerende bacteriën (DAB's). Door de aanwezigheid van cyclonen in de surplusslibafvoer van de waterlijn en door middel van een geavanceerde processturing van het EssDe[®]-proces kunnen de de-ammonificerende bacteriën zich handhaven in de waterlijn. Op deze wijze wordt de de-ammonificatie in de waterlijn geïntroduceerd.

De hoeveelheid slib die in de DEMON[®]-reactor wordt geproduceerd als gevolg van de N-vracht in het rejectiewater afkomstig van de vergisting van alleen het, op de rwzi, zelf geproduceerde slib is voldoende voor het EssDe[®]-proces. Bij een hogere N-vracht in het rejectiewater, als gevolg van de vergisting van extern slib, neemt de robuustheid van het proces toe. In het geval van rwzi Den Bosch is de hoeveelheid extern slib die op deze rwzi wordt vergist circa twee maal zo hoog is dan het zelf geproduceerde slib, waarmee derhalve het EssDe[®]-proces zeer robuust is.

Voordelen EssDe[®]-proces

Toepassing van het EssDe[®]-proces in de waterlijn van een afvalwaterzuivering in plaats van de conventionele stikstofverwijdering biedt een aantal zeer nadrukkelijke voordelen in de operationele kosten:

- Voor de totale stikstofverwijdering is veel minder koolstof benodigd waardoor het mogelijk is om:
 - Veel meer koolstof in een eerste stap te verwijderen, waardoor meer koolstof naar de gisting kan worden gebracht en er dus meer biogas kan worden geproduceerd;

- De totale slibproductie van de afvalwaterzuivering te verlagen omdat meer koolstof als primair slib wordt afgevoerd, wat een betere afbraak in de gisting heeft dan surplusslib, en dus in totaal een lagere slibafvoer betekent;
 - In een waterlijn met een tekort aan koolstof, een vergaande stikstofverwijdering, zonder C-bron dosering, te realiseren
- Door de aanzienlijk lagere zuurstofbehoefte voor de de-ammonificatie is het energieverbruik van de beluchting veel lager dan bij de conventionele stikstofverwijdering;
 - De regeling is gebaseerd op een intermitterende beluchting waarmee interne recirculaties (zoals bij de conventionele stikstofverwijdering benodigd, in het referentieontwerp wordt 40% van de vuilvracht behandeld in de bestaande installatie en 60% in Nereda®-reactoren) bij het EssDe®-proces overbodig zijn.
 - Afhankelijk van de lokale situatie kan een kleiner beluchtingsvolume worden toegepast of kan een hogere belasting in een bestaand beluchtingsvolume worden gerealiseerd, de benodigde slibmassa per kg stikstof is lager.

Deze factoren maken het EssDe®-proces kosteneffectiever en duurzamer dan processen welke stikstof via de conventionele route verwijderen.

Haalbare effluentkwaliteit

De bij de aanbesteding opgelegde effluenteis voor stikstof is een jaargemiddelde concentratie van 7 mg N_{totaal}/l. In het onderstaande wordt uitgelegd dat aan deze effluenteis kan worden voldaan.

Bij de regeling van het EssDe®-proces wordt gestuurd op een ammoniumgehalte van 2 mg/l en een NO_x/ammonium-verhouding van 1,1, hetgeen betekent dat de NO_x-concentratie ca. 2,2 mg/l bedraagt. In de te behalen effluenteis van N_{totaal} 7 mg/l jaargemiddeld speelt de inerte opgeloste organische stikstofconcentratie een grote rol. Deze concentratie kan niet worden ingeschat op basis van de beschikbare analysecijfers van rwzi Den Bosch (bijlage 25 Aanbesteding, Dataset) en dient derhalve op basis van andere bronnen te worden geschat. Op basis van het STOWA-rapport "De Mogelijkheden en Beperkingen van het Actief Slib Proces" (STOWA 2007/24, in deze publicatie wordt in tabel 4 een range van 0,5 – 1,5 mg/l N_{org,opgelost} aangegeven), wordt uitgegaan van 1,2 mg Norganisch opgelost vanuit het influent, Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat er met de retourstromen van de sliblijn nog 0,5 mg/l Norganisch opgelost toegevoegd. In het totaal betekent dit 1,7 mg/l Norganisch opgelost.

Als gevolg van de zwevende stofuitspoeling uit de nabezinktanks, uitgaande van 10 - 20 mg onopgeloste bestanddelen/l á 6% stikstof, is er ook 0,6- 1,1 mg/l aan Norganisch onopgelost in het effluent aanwezig. De diverse fracties zijn in Tabel 2 weergegeven.

Tabel 2: Diverse N-fracties in het effluent van de nabezinktanks

Fractie			
Norganisch onopgelost	mg/l	0,6 – 1,1	Zwevende stof
Norganisch opgelost	mg/l	1,2	Influent
	mg/l	0,5	Sliblijn
Ammonium	mg/l	2	Proces
NO ₂ -N/NO ₃ -N	mg/l	2,2	Proces
Totaal afloop AT	mg/l	6,5 – 7,0	
Verwijdering in NBT	mg/l	0,0 - 0,5	
Totaal effluent	mg/l	6,0 – 7,0	

Uitgaande van een jaargemiddelde influentconcentratie ten aanzien van N_{totaal} van 57 mg/l, betekent dit een verwijderingsrendement ten aanzien van N_{totaal} van circa 90%.

In het STOWA-rapport “De Mogelijkheden en Beperkingen van het Actief Slib Proces” (STOWA 2007/24) wordt aangegeven dat het bij het bereiken van lage N_{totaal}-concentraties de (opgeloste en onopgeloste) organisch gebonden stikstof fracties een substantieel aandeel heeft. Dat blijkt ook in Tabel 2. Circa 40% van de N_{totaal}-concentratie bestaat uit een niet afbreekbare organische fractie. Voor een verdere reductie van de N_{totaal}-effluentconcentratie kunnen nageschakelde technieken (of MBR) gedeeltelijk uitkomst bieden. Hiervoor is dan echter weer een hoge investering gemoeid.

3 Te realiseren volumina

In Tabel 3 Tabel 1 worden voor de onderscheidende onderdelen de benodigde volumina, voor de waterlijn, voor het referentieontwerp en het EssDe®-proces naast elkaar gezet:

Tabel 3: Benodigde volumina voor onderscheidende onderdelen van het referentieontwerp en het EssDe®-proces.

Parameter	Eenheid	Referentieontwerp	EssDe®-proces
Influentbuffer voor Nereda®	m ³	2.300	-
Bestaande beluchtingstanks	m ³	16.000	16.000
Nieuwe beluchtingstanks	m ³	-	4.000
Nereda®-reactoren	m ³	24.000	-
Bestaande nabezinktanks	m ³	38.603	38.603
Nieuwe nabezinktanks	m ³	-	9.650

Uit Tabel 3 blijkt duidelijk dat het te realiseren volume voor het referentieontwerp circa 2 maal zo groot is dan dat voor het EssDe®-proces.

4 Energiebalans

Een echte energiebalans is voor het referentieontwerp moeilijk op te stellen vanwege het feit dat hiervoor niet alle gegevens bekend zijn. Om die reden zijn in Tabel 4 de capaciteiten van de, voor het energieverbruik, meest bepalende onderdelen van de waterlijn weergegeven voor het referentieontwerp en het EssDe®-proces. Per onderdeel is de capaciteit (in geval van pompen/vijzels), het geïnstalleerd vermogen, het aantal draaiuren per dag (lagere benodigde debieten van pompen/vijzels, dan de geïnstalleerde capaciteit, zijn vertaald naar een gereduceerd

aantal draaiuren per dag op maximaal vermogen) en het op basis daarvan geschatte energieverbruik weergegeven.

Tabel 4: Vergelijking van de capaciteiten van de, voor het energieverbruik, meest bepalende onderdelen voor het referentieontwerp en het EssDe®-proces.

Parameter	Eenheid	Referentie-ontwerp ⁵	EssDe®-proces
Zuurstofverbruik⁶			
Endogeen	kg O ₂ /d	15.540	5.184
BZV	kg O ₂ /d	4.860	2.910
Nitrificatie	kg O ₂ /d	12.540	7.042
Denitrificatie	kg O ₂ /d	-7.620	-2.691
Totaal	kg O ₂ /d	25.320	12.445
Aantal mixers influentbuffer	-	2	-
Vermogen per mixer influentbuffer	kW	6	-
Draaiuren	h/d	24	-
E-verbruik per dag	kWh/d	288	-
Tussengemaal debiet te verpompen	m ³ /d	33.000 ¹	-
Aantal pompen tussengemaal	-	2	-
Vermogen per pomp	kW	37	-
Capaciteit per pomp	m ³ /h	2.000	-
Draaiuren	h/d	16,5	-
E-verbruik per dag	kWh/d	610	-
Mixers anaerobe tank aantal	-	16	20
Vermogen per mixer	kW	0,75	0,75
Draaiuren	h/d	24	24
E-verbruik per dag	kWh/d	288	360
Voortstuwers anoxische ruimte aantal	-	8	-
Vermogen per voortstuwer	kW	5,5	-
Draaiuren	h/d	24	-
E-verbruik per dag	kWh/d	1.056	-
Voortstuwers aerobe ruimte aantal	-	8	-
Vermogen per voortstuwer	kW	4	-
Draaiuren	h/d	24	-
E-verbruik per dag	kWh/d	768	-
Intern recirculatie debiet A gemiddeld	m ³ /d	22.000	-
Aantal recirculatiepompen	-	4	-
Capaciteit per pomp	m ³ /h	250	-
Vermogen per recirculatiepomp	kW	2	-
Draaiuren	h/d	22	-
E-verbruik per dag	kWh/d	176	-
Intern recirculatie debiet B gemiddeld	m ³ /d	55.000 ²	-
Aantal recirculatiepompen	-	4	-
Capaciteit per pomp	m ³ /h	920	-
Vermogen per recirculatiepomp	kW	5,5	-
Draaiuren	h/d	15	-
E-verbruik per dag	kWh/d	330	-

Recirculatie over Nereda®-reactoren	m ³ /h	3 * 1.000	-
Vermogen per pomp	kW	5,5 ⁷	-
Draaiuren	h/d	12	-
E-verbruik per dag	kWh/d	198	-
Nabezinktanks aantal	-	8	10
Vermogen per nabezinktank	kW	1,5	1,5
Draaiuren	h/d	24	24
E-verbruik per dag	kWh/d	288	360
Retourslibdebit totaal gemiddeld	m ³ /d	20.460 ³	36.850 ⁴
Aantal retourslibpompen	-	4	6
Capaciteit per pomp	m ³ /h	860	690
Vermogen per pomp	kW	15	5,5
Draaiuren	h/d	6	6
E-verbruik per dag	kWh/d	360	198
Aantal retourslibvijzels	-	4	4
Capaciteit per vijzel	m ³ /h	860	690
Vermogen per vijzel	kW	15	5,5
Draaiuren	h/d	4	6
E-verbruik per dag	kWh/d	360	132
Surplusslibdebit vanaf beluchtingstanks	m ³ /d	-	1.150
Aantal pompen	-	-	5
Vermogen per pomp	kW	-	2,2
Capaciteit per pomp	m ³ /h	-	20
Draaiuren	h/d	-	11
E-verbruik per dag	kWh/d	-	121
Cyclonen aantal	-	-	5
Capaciteit per cycloon	m ³ /h	-	20
Vermogen per cycloon	kW	-	-
Korrelslibbuffer beluchtungsvermogen	kW	7,5	-

¹ 60% van het jaargemiddelde dagdebit (55.000 m³/d)

² Gemiddelde interne recirculatiefactor is 2,5 maal het jaargemiddelde dagdebit maal 40%

³ Retourslibfactor $(4,83/10)/(1-4,83/10) = 0,93$ maal het jaargemiddelde dagdebit maal 40%

⁴ Retourslibfactor $(2,3/5,8-1-2,3-5,8) = 0,67$ maal het jaargemiddelde dagdebit

⁵ Afgeleid uit gegevens in "Referentieontwerp rwzi 's-Herotgenbosch, Korrelslibvariant" d.d. 30 september 2013 (Referentie 9V7870-100/R003/33668/LJO/Nijm)

⁶ In het referentieontwerp is alleen een berekening van het zuurstofverbruik van het bestaande deel van de installatie opgenomen welke slechts 40% van de vuilvracht behandelt. Aangegeven is enerzijds dat de belasting van het Nereda®-proces gelijk is aan het conventionele proces en anderzijds dat het zuurstofverbruik voor de Nereda®-reactoren op soortgelijke wijze wordt vastgesteld. Derhalve is voor de vaststelling van het totale zuurstofverbruik, het zuurstofverbruik van de bestaande installatie gedeeld door 0,4;

⁷ Dit vermogen wordt in het referentieontwerp niet aangegeven en is derhalve geschat.

Het grote verschil in zuurstofverbruik van het referentieontwerp en het EssDe®-proces wordt met name veroorzaakt door:

- De geringere hoeveelheid BZV die verademd moet worden;
- De veel geringere hoeveelheid biomassa die voor het EssDe®-proces benodigd is.

In Tabel 5 worden de in Tabel 4 berekende/geschatte energieverbruiken samengevat.

Tabel 5: Vergelijking van de geschatte energieverbruiken van de onderscheidende onderdelen van het referentieontwerp met het EssDe®-proces

Parameter	Eenheid	Referentieontwerp	EssDe®-proces
Zuurstofverbruik (beluchting)	kg O ₂ /d	25.320	12.445
Mengers/Voortstuwings/Nabezinktanks	kWh/d	2.688	720
Pompen/vijzels	kWh/d	2.034	451
Cyclonen	kWh/d	-	-

Uit Tabel 5 kan worden afgeleid dat het overall energieverbruik van de waterlijn voor het EssDe®-proces beduidend lager is dan voor het referentieontwerp.

5 Conclusie

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat, vanwege het feit dat,:

- met het EssDe®-proces een vergelijkbare effluentkwaliteit kan worden bereikt als met het referentieontwerp (en conventionele technieken);
- het te realiseren volume voor het EssDe®-proces beduidend lager is dan voor het referentieontwerp (en conventionele technieken);
- het energieverbruik van het EssDe®-proces beduidend lager ligt dan voor het referentieontwerp,

het EssDe®-proces tot de Best Beschikbare Technieken gerekend mag worden.