



Innovatieve Stikstof Oplossing voor Nederland

Duurzame Stikstof Technologie

Pure Green Agriculture, Inc.

Phil van Wakeren

Mike Friedman

Geert-Jan van der Snoek

22 June 2023

+1 919 719 3911

growpuregreen.com

555 Fayetteville Street, Suite 201

Raleigh, NC 27601

Introductie

Het oplossen van de Nederlandse stikstofemissie crisis met bestaande bewezen en geteste technologie is vandaag de dag mogelijk. Het gebruik van momenteel beschikbare Pure Green-technologie om stikstof uit organische afvalstromen te halen en te verwerken als hoogwaardige meststoffen, die identiek zijn aan de huidige meststof producten, is een betrouwbare, efficiënte en bewezen technologie. Stikstof verwerken tot waardevolle hooggeconcentreerde meststoffen maakt duurzame landbouw (productie van voedsel) mogelijk. Toepassing van Pure Green-technologie zal leiden tot een oplossing van de Nederlandse stikstofproblematiek. Dit white paper beschrijft hoe stikstofemissie in Nederland, binnen de door de regering gestelde termijn, kan worden teruggebracht en de basis vormt voor een stikstof revolutie, waarbij circulaire voedselproductie centraal staat.

Discussie

Op basis van bestaande technologie kan Nederland als eerste land in de wereld stappen zetten naar een volledig circulaire voedselproductie. Daarbij staat centraal dat de stikstofemissie binnen de door de regering gestelde termijn wordt gereduceerd. Om deze doelstellingen te realiseren moeten alle partijen worden betrokken bij de discussie.

Een breder inclusief gesprek, waarbij boeren, industrieën en de overheid samenwerken en zich engageren om vooruitgang te boeken en kritieke initiatieven vooruit te helpen is essentieel. Het is een kwestie van doen zonder te experimenteren.

Samenvatting

Om de Nederlandse stikstof crisis op te lossen moeten logische stappen vooruit worden gemaakt. *De Nederlandse overheid heeft zich tot doel gesteld om in 2030 de uitstoot van ammoniak in ons*



land met 50% te verminderen ten opzichte van de uitstoot in 1990. Concreet betekent dit in 2030 een reductie van circa 112 kiloton ammoniakemissie per jaar. Vermindering van ammoniak (NH_3) emissies met 112 KT N/jaar is mogelijk door ammoniak (NH_3) uit diverse industriële organische afvalstromen te verwijderen en daardoor niet terug te brengen in de natuur en landbouw. De geëxtraheerde stikstof vormt de grondstof voor de productie van waardevolle duurzame stikstof kunstmest.

Pure Green Agriculture, Inc. maakt gebruik van innovatieve (bestaande) technologie. Stikstof wordt uit reststromen gehaald, geoxideerd en geformuleerd. De eindproducten zijn identiek aan de huidige stikstof kunstmest producten. Doordat dit proces stikstof volledig verwijdert uit de reststromen die normaliter worden geïnjecteerd in landbouwgrond, draagt deze stikstof niet meer bij aan de gebruikte stikstof in de landbouw. Pure Green processen worden heden ten dage al industrieel toegepast, zijn schaalbaar, volledig emissie vrij en CO_2 neutraal. Bovendien kunnen deze hernieuwbare producten zoals Salpeterzuur, Kalium Nitraat en Ammonium Nitraat kunstmest producten vervangen die wel met een CO_2 emitterend proces zijn geproduceerd. (voor meer informatie zie www.growpuregreen.com). Hernieuwbare stikstof vormt de basis voor hernieuwbare voedselproductie waarbij Nederland een voorbeeldrol kan spelen in de wereld. Daarbij staan de Nederlandse boeren centraal.

Inleiding

Nederland heeft behoefte aan praktische, effectieve, bestaande, snelle oplossingen voor stikstof emissie reductie. Tegelijkertijd moet de stikstofreductie hand in hand gaan met het verduurzamen van de maatschappij. De voedselproductie (de boerenondernemers) staan bij die verduurzaming centraal. Het Pure Green Agriculture, Inc. (PGA) process bestaat uit drie delen:

1. gepatenteerde technologie voor het afvangen van ammoniumstikstof genaamd Ammonia Recovery Technology (ART).
2. ammoniak oxiderende technologie genaamd Ammonium Inversion Reactor (AIR).

+1 919 719 3911
growpuregreen.com
555 Fayetteville Street, Suite 201
Raleigh, NC 27601

3. Formulering technologieën: formulering 1 (F1) een concentratie stap en formulering 2 (F2) een stap waarbij voedings stoffen worden hergebruikt in het proces.

De eindproducten van het PGA-proces zijn stikstofverbindingen die identiek zijn aan de huidige chemisch geproduceerde kunstmest producten. Dit whitepaper is bedoeld om waardevolle inzichten te geven in de mogelijkheden en inzetbaarheid van deze technologieën om het stikstof probleem in Nederland grotendeels op te lossen in lijn met de doelstellingen van de Nederlandse regering.

Basis principes

Stikstof is een van de essentiële verbindingen voor de productie van organisch materiaal. Vorming van organisch materiaal bindt stikstof/maakt het onderdeel van de organische stof. De binding/het gebruik van stikstof is daardoor een essentieel onderdeel van het produceren van voedsel op een boerderij. Bij de afbraak van organisch materiaal komt de gebonden stikstof vrij in de vorm van ammoniak (NH_3). Dit is het meest evident in de afbraak van organisch materiaal door dieren met als resultaat ammoniakhoudende mest. Door het vrijkomen van deze ammoniak ontstaan stikstofemissies die terecht komen in het milieu.

Organisch materiaal wordt op een vergelijkbare manier afgebroken in anaerobe vergisters voor de productie van biogas (methaan).

In Biogas-centrales worden organische verbindingen ontleed die uiteenvallen in de oorspronkelijke bestanddelen. In dit proces wordt "organisch gebonden stikstof" omgezet in ammoniak (NH_3), vrije stikstof. De reststroom van dit anaerobe vergistingsproces heet digestaat. Digestaat vloeistof wordt gescheiden van vaste delen.

Het vloeibare deel van het digestaat bevat hoge concentraties aan ammoniak (NH_3). Er zijn verschillende vergelijkbare industrieën waarbij dergelijke processen plaatsvinden. Voorbeelden zijn composterings industrie, verwerking van slachtafval enz. In feite alle industrieën die organisch



materiaal afbreken. Bij deze processen komt er altijd ammoniak (NH_3) vrij. Stikstof in de vorm van ammoniak (NH_3) wordt eveneens chemisch geproduceerd en daarbij komen grote hoeveelheden CO_2 vrij. Deze chemische ammoniak (NH_3) wordt gebruikt voor de productie van chemische meststoffen. Het PGA proces gebruikt in plaats van chemisch geproduceerde ammoniak (NH_3) de ammoniak die vrij komt uit de verwerking van organische stromen.

Ammonium Recovery Technology (ART) haalt deze ammoniak (NH_3) efficiënt en in hoge concentraties uit deze organische reststromen. Ammoniak die is geproduceerd door het ART proces is een hydrous ammonia ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en heeft een stikstof gehalte van $>15\%$.

Het proces gebruikt een fractie van deze energie en de energie die wordt gebruikt is hernieuwbaar. De hoge stikstof concentratie is belangrijk zodat de stikstof vloeistof efficiënt naar een verwerkings locatie kan worden getransporteerd (en kan ook ter plaatse worden verwerkt indien mogelijk). Op de verwerkings locatie wordt de ammoniak (NH_3) verwerkt tot hoogwaardige meststof producten. Het proces dat daarvoor nodig is Oxidatie van ammoniak (NH_3) naar Nitraat (NO_3^-).

Ammonium Inversion Reactor (AIR) is een bioreactor die ammoniak (NH_3) oxideert. Daarbij ontstaat nitraat (NO_3^-). Nitraat (NO_3^-) is een essentiële verbinding voor de productie van mest stoffen. De productie van (NO_3^-) creëert waarde. Maakt van een afvalstof een waardevol product. Nitraat (NO_3^-) is dezelfde identieke verbinding die door de chemische meststoffen industrie wordt geproduceerd. Echter is deze vorm van Nitraat (NO_3^-) geproduceerd uit stikstof afkomstig uit organische reststromen, volledig hernieuwbaar/circulair en haalt de stikstof 100% uit de landbouw.

Waarom is Nitraat (NO_3^-) waardevol? Het is een essentiële stof omdat het een negatief geladen ion is dat een verbinding kan vormen met tegengesteld geladen ionen. Ionen waarbij meststof verbindingen tot stand komen zijn altijd positief geladen. Daardoor is Nitraat (NO_3^-) zo essentieel. Enkele voorbeelden: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , NH_4NO_3 .

+1 919 719 3911
growpuregreen.com
555 Fayetteville Street, Suite 201
Raleigh, NC 27601



Door gebruik te maken van stikstof uit organische reststromen is het mogelijk de huidige landbouw in stand te houden maar de stikstof emissies te reduceren en daarbij de productie op het huidige niveau te houden.

De wereldwijde koolstofemissies van de chemische productie van ammoniak worden geschat op ~270 miljoen ton CO₂ per jaar, volgens het Internationaal Energie Agentschap (IEA).

Het Nederlandse milieu effect (reductie van CO₂ emissie) door het reduceren van stikstof met 112 KT N (door de regering vastgestelde waarde) en het vervangen van deze kunstmest door een hernieuwbare vorm van dezelfde *niet* chemisch geproduceerde meststoffen.

Chemische productie van Ammonium Nitrate (AN) stoot 5,6 KG CO₂/ kg N uit. (<https://www.yara.is/wp-content/uploads/2016/02/CO2-enska.pdf>)

Dat betekent dat het verwerken van 112 KT circulaire stikstof uit organische reststromen op een CO₂-neutrale manier in Nederland (5,6 x 112 KT = 627 KT CO₂/jaar) reduceert.

De oplossing

De Nederlandse stikstof emissies doelmatig en binnen de gestelde termijnen reduceren en daarbij de Nederlandse land- en tuinbouw een voorbeeldrol in de wereld geven waarbij de boeren centraal staan, met behoud van de huidige productiviteit!

Hoe? Door stikstof uit organische afvalstromen te halen, de ammoniak te oxideren en eindproducten te formuleren die duurzaam, en commercieel waardevol zijn en de voedselproductie circulair maken.

Voorbeeld: Biogas industrie

+1 919 719 3911
growpuregreen.com
555 Fayetteville Street, Suite 201
Raleigh, NC 27601

Digestaten uit de biogasindustrie worden momenteel geïnjecteerd in landbouwgronden. Het gemiddelde ammoniakale stikstof (NH_3) gehalte in digestaat uit de biogasindustrie bedraagt overwegend tussen 1,3 en 5,5 kg N/MT. De financiële kosten voor het injecteren/afvoeren van digestaat zijn naar schatting tussen ~€10 tot € 17/MT digestaat.

Door het digestaat injecterende proces te vervangen door het ART proces, het scheiden van ammoniak (NH_3) uit de digestaat ontstaat een hydrous ammonia ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dat verder verwerkt kan worden tot hoogwaardige meststoffen. Dit proces levert verder schoon water op en een "nutriënt concentrate"/ geconcentreerde voedings vloeistof die eveneens op verschillende manieren kan worden gebruikt. Het ART proces maakt injectie van digestaat onnodig en voorkomt de daaraan gerelateerde hoge kosten. Het ammoniak extractie proces is meer dan 95% efficiënt.

De energie kosten van het ART proces zijn afhankelijk van de technische keuzes tussen minimaal ~8.7KW en maximaal 32 KW/MT digestaat. Tegen de huidige energieprijs van ~€126 MWh (maart 2023)

(<https://www.statista.com/statistics/1314549/netherlands-monthly-wholesale-electricity-price/>), is de benodigde energie om 1 MT digestaat te verwerken $0,126 \times 32$ (maximale schatting) = €4.03/MT digestaat.

Het CAPEX geschatte budget voor verwerking 4M^3 digestaat per uur ($96\text{M}^3/\text{dag}$) is € 750.000,-. Op basis van deze OPEX- en CAPEX-schattingen kunnen de kosten voor het verwerken van 1 ton digestaat aanzienlijk worden verlaagd.

	BIOGAS	PGA
Gemiddelde kosten digestaat afvoer (Euro/MT)	€13.50	0
ART energie kosten/MT (op basis max verbruik)		€4.03
Rente kosten 6%		€2.05
ART Afschrijving (8 jaar) /MT		€2.08

Digestaat Verwerkings volume MT/jaar	35040	35040
Totale kosten digestaat verwerking	€473,040.00	€285,926.40

Als zodanig is het gebruiken van Pure Green-technologie bij de productie van biogas efficiënter, kosteneffectiever, verhoogt de winstgevendheid en verwijdert de stikstof die normaliter in het milieu terecht komt. Extractie van stikstof in de vorm van ammoniak kan op dezelfde manier worden toegepast voor alle industrieën die organische afvalstromen hebben, die ammoniak bevatten. De technologie en aanpak is schaalbaar en kan efficiënt worden geïmplementeerd en bijdragen tot het behalen van de door de regering gestelde stikstof reductiedoelstelling van 112KT N voor 2035

Ondersteunende Data: Biogasindustrie

Volgens de laatste statistieken van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) in 2021 bedroeg de totale biogasproductie in Nederland in 2020 18,2 petajoule (PJ), wat overeenkomt met ongeveer 4,4 miljard kubieke meter biogas. Het exacte volume digestaat dat uit deze biogasproductie wordt geproduceerd, hangt af van verschillende factoren, zoals de samenstelling van de gebruikte grondstof en de efficiëntie van het biogas productieproces.

Verder, op basis van een studie gepubliceerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland in 2018, werd de gemiddelde hoeveelheid digestaat geproduceerd door biogasinstallaties in Nederland geschat op ~5-6 m³ per ton input materiaal. Uitgaande van een gemiddelde efficiëntie van 70% kan het totale volume digestaat geproduceerd uit de 18,2 PJ biogasproductie in 2020 worden geschat op 8-10 miljoen m³.

Op basis van de gemiddelde hoeveelheid ammoniak in digestaat:

$$[1.3\text{Kg/MT (minimum)} + 5.5 \text{ Kg/MT (maximum)}] / 2 = 3.4 \text{ Kg N/MT (gemiddelde stikstof N/MT).}$$

Een conservatieve inschatting van de totale hoeveelheid stikstof die uit digestaat kan worden gehaald: *Gemiddelde van 8 - 10 miljoen m³ =*

9 miljoen m³ x 3,4 kg N/MT = 30.6 Miljoen Kg N of 30.6 KT N/jaar (uitsluitend uit de biogas industrie bij het huidige productieniveau).

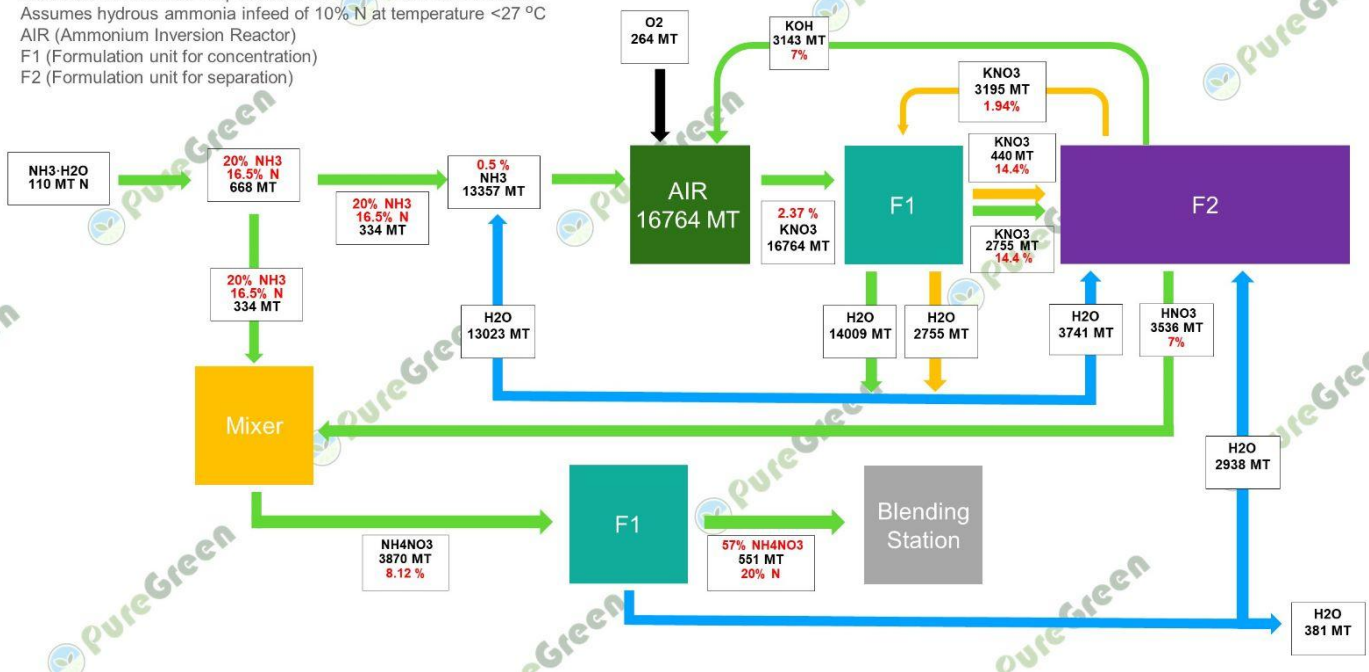
Op basis van deze gegevens is het aannemelijk dat 112 KT stikstof reductie voor het jaar 2035 haalbaar is.

De massa balans

Hoe ziet het Nederlandse schaalbare stikstof model er uit? Ammoniak (NH₃) gewonnen uit digestaten en andere industrieën in Nederland vormt de grondstof voor het PGA oxidatieproces resulterend in de productie van sterk-geconcentreerde, duurzame meststoffen volgens het onderstaande Proces Diagram - *ProductieSite NL*.

Proces schema -*ProductieSite NL*
voor verwerking 40KT NH₃/jaar

Processing plant with an oxidation capacity of 40000 MT N/year (~110 MT N /day)
All values indicated are in MT/day
Assumes O₂ of 99.5% supply
Assumes O₂ feed and evaporation do not affect the mass balance
Assumes hydrous ammonia infeed of 10% N at temperature <27 °C
AIR (Ammonium Inversion Reactor)
F1 (Formulation unit for concentration)
F2 (Formulation unit for separation)



+1 919 719 3911
growpuregreen.com
555 Fayetteville Street, Suite 201
Raleigh, NC 27601

Procesbeschrijving: Waterhoudende ammoniak wordt met behulp van ART uit verschillende industrieën gewonnen. De waterige ammoniak (hydrous ammonia $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) grondstof wordt vervoerd naar een verwerkings faciliteit. Het doel volume aan stikstof is 110MT N/dag.

Dit resulteert in een waterhoudende ammoniak van 16,5% N die wordt gemengd/verdund tot bioreactor toevoer vloeistof van 0,5% N.

De vloeistoffen worden continu gevoed aan de bioreactoren waar de ammoniak wordt geoxideerd van ammoniak (NH_3) naar nitraat (NO_3^-). Zuurstof (O_2) wordt in de reactoren gebracht en geeft de nitrificatie bacteriën de Zuurstof (O_2) die nodig is voor oxidatie (de omzetting van NH_3 naar NO_3^-).

Bij het oxidatie proces naar Nitraat (NO_3^-), dat een zuur is, wordt de pH op een neutraal niveau geregeld door kaliumhydroxide (KOH), een base toe te voegen. De vloeistof die uit het proces (AIR) komt is een kaliumnitraat (KNO_3). De KNO_3 wordt geconcentreerd in een stap F1 tot 14,4%.

Hoewel Kalium Nitraat als eind product kan dienen is het ook mogelijk Kalium Nitraat verder te verwerken. In de volgende stap F2 wordt de Kalium weer gescheiden van Kalium Nitraat in de vorm van Kalium Hydroxide en hergebruikt in het voorgaande (AIR) proces. Door het afscheiden van kalium van Kalium Nitraat ontstaat een pure Nitraat (NO_3^-). Dit is de grondstof voor de productie van hoogwaardige meststoffen. Gelijk aan de grondstof die wordt geproduceerd door de chemische industrie. Circulaire Nitraat (NO_3^-) productie vormt de basis voor een 100% circulaire voedsel productie keten.

De volgende stap in het diagram is een voorbeeld van een hoogwaardige meststof productie in de vorm van Ammonium Nitraat (NH_4NO_3): Nitraat (NO_3^-) kan worden gemengd met hydrous ammonia ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en vormt Ammonium Nitraat (NH_4NO_3); kan worden geconcentreerd tot 20% stikstof. Een zeer sterk geconcentreerde stikstof kunstmest die wereldwijd de voedsel productie kan verduurzamen.