



Format eindrapport (openbare versie)

Project nummer RVO en/of ISPT(-TKI)	BL-30-04
Project titel + acroniem	High Flux 2D Nanosheet membranes (HF2N)
Penvoerder	ISPT
Naam Cluster directeur	Kees Roest
Naam Projectleider	M.W.J. Luiten-Olieman
Financieringsbron	TKI Toeslag 2019
Startdatum project	01-02-2019
Originele einddatum project	30-06-2019
Daadwerkelijke einddatum project	30-06-2019
Publicatiedatum	25-09-2019

Partners



Institute for
Sustainable
Process Technology



SolSep BV
Robust Separation Technologies

UNIVERSITY OF TWENTE.

SHELL

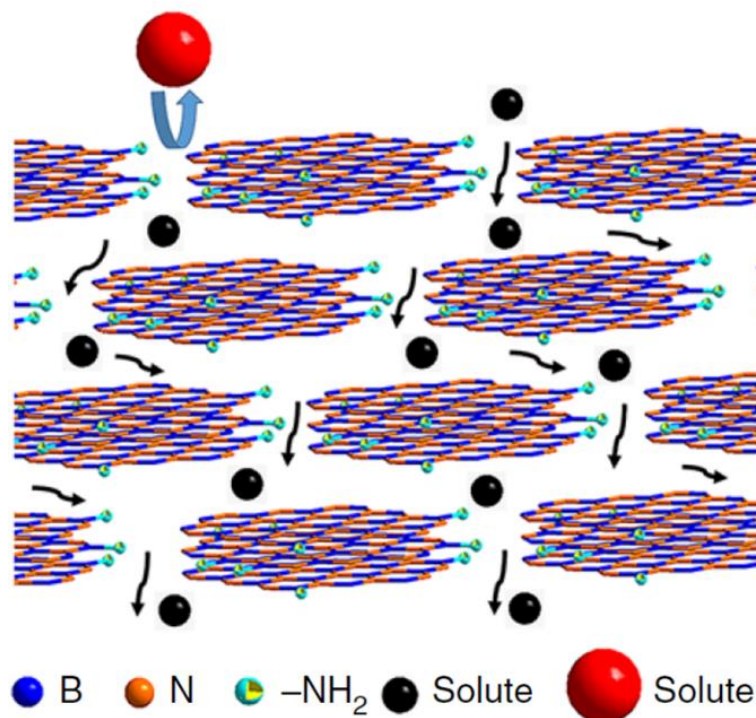


Publiek eindrapport

1. Samenvatting

a. Uitgangspunten

Veel industriële processtromen bevatten zowel water als een oplosmiddel en evt. andere waardevolle componenten die gescheiden moeten worden. Polymere nanofiltratiemembranen die tegenwoordig op grote schaal gebruikt worden vertonen normaal een goede permeabiliteit en stabiele retentie. Ze bieden een duurzamer en energiezuiniger alternatief voor de scheidingstechnologieën die op dit moment standaard door de industrie worden gebruikt. De goede en efficiënte prestaties van polymere membranen gaan echter vaak verloren wanneer het mengsel die gescheiden moeten worden een organisch oplosmiddel bevat. Dit verlagen van de prestaties gebeurt vanwege fenomenen zoals zwellen en aantasting van het membraan.



Figuur 1. Illustration of the solute separation mechanism

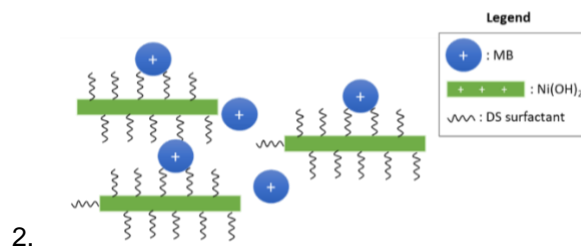
In recente literatuur wordt een veelbelovende nieuwe klasse van anorganische membranen, 2D-nanosheet membranen, beschreven. Deze klasse claimt zeer hoge waarden voor flux en selectiviteit te bezitten en ook dat ze stabiel blijven in een grote verscheidenheid aan industriële stromen (bijvoorbeeld water-oplosmiddelmengsels, water en oplosmiddelmilieu). Door de uitzonderlijke hoge permeatie wordt het mogelijk om bij een laag drukverschil (TMP = 0,5-1 bar) te kunnen opereren waardoor grote investeringen die nodig zijn om bij hoge druk te werken, niet nodig zijn.

In dit korte project is de performance van 2 interessante 2D-nanosheet membranen onderzocht. Deze nanosheet membranen zijn nickelhydroxide ($\text{Ni}(\text{OH})_2$) en gefunctionaliseerd boornitride (h-BN) nanosheets. h-BN nanosheet membranen werden in dit project bereid. Fysisch-chemische karakteriseringstechnieken toonden aan dat de nanosheets hydroxyl- en aminogroepen bevatten. In de eerste paar uur is een hoge

retentie gemeten maar na enkele uren werd geen retentie meer gemeten. De retentie van de kationische kleurstof bleek door de meetomstandigheden (voedingsvolume, kleurstofconcentratie) veroorzaakt te zijn. Tegelijkertijd, een zelfde hoge waterpermeabiliteit als in de literatuur gerapporteerd staat (≈ 660 LMH/bar) was gemeten. Op basis van deze resultaten concluderen wij dat het scheidingsmechanisme die in onze experiment getoond zijn, gebaseerd zijn op de affiniteit van de opgeloste stof met het membraan zelf en niet door grootte-uitsluiting.

b. Doelstelling

In dit project hebben we ook 2D Ni(OH)₂ nanosheet membranen ontwikkeld via verschillende synthese technieken. Enkele bleken niet reproduceerbaar te zijn maar de membranen bereid via een hydrothermale synthese met functionalisatie van de nanosheets, resulteerde in een stabiele 2D Ni(OH)₂-dispersie met overwegend nanosheets van 100 nm breed. De membranen vertoonden een goede waterpermeabiliteit (≈ 3.8 LMH/bar in plaats van 4.9 LMH/bar voor niet behandelde dragers). In vergelijking met de literatuur echter is een lagere retentie van de kleurstof Methyleneblauw geobserveerd. Tijdens de synthese wordt een oppervlakte actieve stof aan de nanosheets gekoppeld waardoor de ruimte tussen de nanosheets kleiner wordt, zie figure 1. Op basis hiervan is onze hypothese dat het scheidingsmechanisme in dit geval op de grootte gebaseerd is. Er is echter meer analyse nodig om de samenstelling (verhouding van Ni(OH)₂ / oppervlakte actieve stof) en het oppervlak van de lading (+) van de membranen van nanosheets te bevestigen.



Figuur 2. Schematische afbeelding van het rejectie mechanisme of methylene blue in the 2D nanosheet membrane

Met deze kennis zijn we in staat om in vervolg onderzoek de afstand tussen de nanosheets te verkleinen door gebruik te maken van andere oppervlakte actieve stoffen. Ook kunnen we d.m.v. grafting, nanosheets aan elkaar verbinden. Verder, aangezien de tussenlaagruimte rechtstreeks door de linker wordt opgelegd, kunnen we membranen met verschillende MWCO's ontwikkelen door linkers met een verschillende ketenlengte te kiezen. Naar onze mening zou dit in een nieuwe klasse energie arme membranen, met regelbare MWCO's die kunnen opereren met lage drukverschillen (1-2 bar ipv 20-30 bar), kunnen resulteren.

3. Discussie

Het doel van dit kortlopende project was om recente literatuur na te werken en de performance van de membranen verder te bestuderen. Al snel bleek dat er te weinig gegevens in de artikelen stonden om de membranen te kunnen reproduceren. Na verder literatuur onderzoek te hebben uitgevoerd hebben we zelf een aantal protocollen ontwikkeld om het effect van onbekende parameters te bestuderen. Uiteindelijk hebben we voor beide membraan typen die we wilden bestuderen goede werkende synthese protocollen opgesteld en konden we de performance van de membranen testen. Naast het extra werk wat we gedaan hebben om werkende synthese protocollen te krijgen zijn er geen wijzigingen geweest in het projectplan.

In dit project werd de impact van de oppervlaktesamenstelling van nanosheets op membraanretentie aangetoond. De oppervlaktelading, de functionele groep en de aanwezigheid van een oppervlakteactieve stof bleken een sleutelrol te spelen in de afstand tussen de nanosheets en ook in de interactie tussen membraan en opgeloste stof.



De resultaten zijn zeer interessant en in dit project is een goede basis gelegd voor zeer innovatief vervolgonderzoek dat nog steeds wordt geclassificeerd als een mogelijke game-changer in membraanonderzoek. Omdat het onderzoek op dit moment te fundamenteel is, kreeg het een no-go beslissing. Wel is het onderzoek voor subsidie aan NWO voorgelegd om dit onderzoek voort te zetten. Hopelijk kunnen we over een jaar of twee een nieuw, meer industrieel toegepast onderzoek indienen en de rest van het project voortzetten.

4. Bijdrage aan de doelstellingen van de regeling

In dit project werd de impact van de samenstelling van het oppervlak van nanosheets op de retentie van het membraan aangetoond. De oppervlaktelading, de functionele groep en de aanwezigheid van een oppervlakte actieve stof bleken een sleutelrol te spelen op de afstand tussen de nanosheets en ook op de interactie tussen membraan en opgeloste stof.

De ontwikkeling van 2D-nanosheet-membranen met hoge flux, toepasbaar in een groot landschap van industriële scheiding, zal naar verwachting leiden tot een aanzienlijke vermindering van de uitstoot van broeikasgassen omdat het een energie-efficiëntere scheidingstechnologie is. Het draagt daarmee bij aan het behalen van de doelen van de Nederlandse klimaatakkoorden en het programmeren van lijn 1b; Warmte en 3; Circulariteit. In dit project hebben veel kennis aan het ontwikkelen van dit soort membranen gewonnen.

5. Publieke communicatie / disseminatie

Naast de kick-off meeting hebben we een half-way meeting en een afsluitende meeting gehad. Daarnaast hebben we met een kleinere groep elke twee weken een telefonische conferentie (telcon) gehad waardoor de kennis die we opdeden direct gedeeld is met de partners.

Ook heeft een masterstudent een theses geschreven die na goedkeuring van de partners openbaar gemaakt kan worden. Dit werk is met de cluster Energy-Efficient Bulk Liquid Separation (EEBLS) Cluster gedeeld d.m.v. een presentatie aan de cluster meeting van 11-10-2019.

Omdat dit een zeer kortlopend project was waren er enkele disseminatie mogelijkheden. Er is een webpagina voor het project aangemaakt: <https://ispt.eu/projects/hf2n/>. Er is ook een artikel in de ISPT newsletter gemaakt (ook op internet te lezen: <https://ispt.eu/news/nanosheets-a-possible-game-changer-in-membrane-technology/>). Verder was er een LinkedIn post gemaakt (https://www.linkedin.com/posts/nabowden_following-the-kick-off-of-the-high-flux-2d-activity-6510788874875265024-YiKn) die meer dan 1400 keer beken is waarop we veel reacties gehad hebben. Bij de ISPT Conference 2020 is er een posterpresentatie van het project gepresenteerd.

De resultaten zijn heel interessant en in dit project is een goede basis gelegd voor zeer vernieuwend vervolgonderzoek wat nog steeds geclassificeerd wordt als een mogelijke game-changer in membraan onderzoek.

Alle rapportages zijn beschikbaar via de penvoerder ISPT.

6. Acknowledgement

This project is co-funded by TKI-E&I with the supplementary grant 'TKI- Toeslag' for Topconsortia for Knowledge and Innovation (TKI's) of the Ministry of Economic Affairs and Climate Policy.