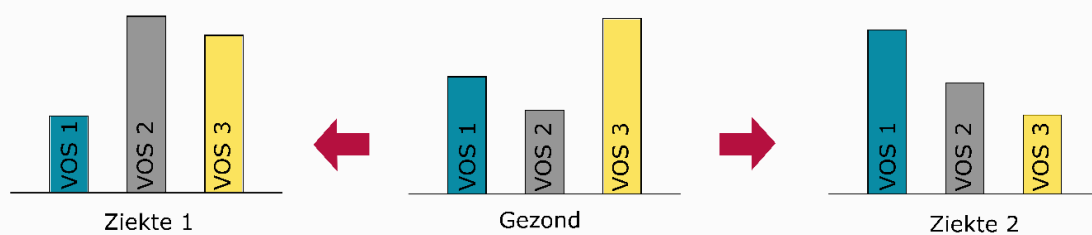


Screenen naar dodelijke ziektes met moleculaire sponzen

VOS in ons dagelijks leven

We zien ze niet, maar ze zijn overal om ons heen: vluchtige organische stoffen (VOS). Deze onzichtbare componenten kunnen ons informatie verschaffen over de luchtkwaliteit, versheid van voedsel en zelfs over onze gezondheid. Dit laatste vraagt om wat uitleg: iedereen heeft een bepaalde samenstelling van VOS in zijn adem. Het is aangetoond dat ziektes zoals longkanker, multiple sclerose en vele andere de relatieve aanwezigheid van deze componenten in de ademlucht kunnen aanpassen. Deze ontdekking maakt het mogelijk om te screenen naar deze ziektes, door de VOS-vingerafdruk van een persoon te bepalen. Om deze screening vlot te laten verlopen is er nood aan snelle doch betrouwbare sensoren.



Werking van een sensor

Detectie van VOS met behulp van een sensor verloopt in **drie stappen**:

Eerst moeten de VOS **geabsorbeerd** worden in een materiaal. Vervolgens dient de absorptie van deze stoffen omgezet te worden in een **signaal**. Ten slotte moet dit signaal verwerkt worden tot de informatie die we nodig hebben. In dit geval is dit het signaal omzetten in een **concentratie** van een bepaalde VOS in de lucht.

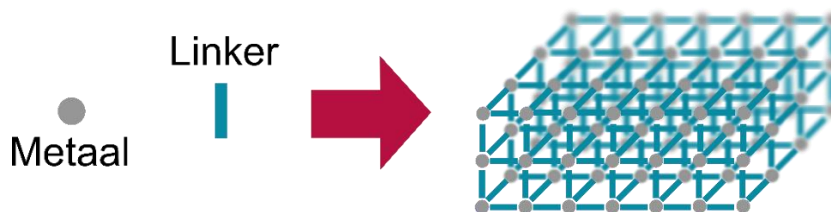
Maar de detectie van VOS staat voor een aantal **uitdagingen**:

- (1) **Selectiviteit**: Wat wordt er preferentieel geabsorbeerd?
- (2) **Sensitiviteit**: Hoe gevoelig is de sensor voor een concentratieverandering van VOS?
- (3) **Responstijd**: Hoe snel reageert de sensor?

Een high-tech materiaal laat verbeteringen toe

Een belangrijke stap in dit proces is een geschikt materiaal vinden. Voor deze functie gebruiken we een **moleculaire spons of metaal-organisch rooster** (MOF, *metal-organic framework*). Zoals de naam zegt bestaat dit materiaal uit twee soorten bouwstenen: organische moleculen en metaalatomen. Het metaal vormt de knooppunten die verbonden worden door de organische moleculen (linkers). Een goede manier om je dit in te beelden is door te denken aan het magnetisch speelgoed met metalen bolletjes die je kan verbinden door middel van plastieken staafjes. Bij een MOF worden de metaalatomen verbonden met linkers om zo een rooster te vormen. Deze structuur van MOF's resulteert in enkele opmerkelijke eigenschappen:

- (1) **Groot intern oppervlak:** Door de roosterstructuur is er een enorme hoeveelheid vrij oppervlak binnenin de MOF (vaak meer dan $1000\text{m}^2/\text{g}$). Een groot intern oppervlak resulteert in een grote capaciteit om stoffen te absorberen zoals een spons. Hierdoor is er relatief meer van de VOS aanwezig in de MOF dan in de te analyseren lucht, wat het eenvoudiger maakt om de stof te detecteren. Dit kunnen we begrijpen met behulp van een gedachte-experiment: als je moet inschatten of er een kleurstof aanwezig is in een glas water is dit eenvoudiger indien er meer kleurstof wordt toegevoegd, aangezien in dit geval de kleur intenser is en dus het signaal sterker. Het concentrerend effect van MOF's resulteert in hetzelfde voordeel. In technische termen wil dit zeggen dat de **sensitiviteit** van de sensor verbetert.
- (2) **Afstelbaarheid van het materiaal:** We kunnen de eigenschappen van de MOF aanpassen om zo preferentieel een bepaalde VOS te absorberen. Deze aanpasbaarheid volgt uit het organisch deel: we hebben de enorme waaier aan organische stoffen om naar hartenlust de linker te kiezen en deze zo optimaal te laten interageren met een bepaalde VOS. Deze aanpasbaarheid staat ons toe om de **selectiviteit** van de sensor aan te passen.



Laag na laag dunne films bouwen

We weten al dat we metaal-organische roosters kunnen gebruiken om de VOS te absorberen. Nu hebben we nog een goede manier nodig om hiervan een **dunne film** te maken om dit later als sensor te kunnen gebruiken. Deze dunne films zijn belangrijk voor de snelheid waarmee de meting kan gebeuren: hoe dunner de film, hoe minder lang de VOS molecule moet reizen om aan te komen op zijn finale plaats. De dikte van de film heeft dus een invloed op wat we de **respons tijd** van de sensor noemen.

Een interessante manier om dunne films te maken van MOF's is via **moleculaire laag afzetting**. Denk nog eens terug aan het hierboven vermelde magnetisch speelgoed. Beeld je in dat we eerst een rooster van de metalen bolletjes op tafel leggen, vervolgens zetten we al deze bolletjes vol met staafjes waardoor ze verbonden worden. Hierna kunnen we op de vrije staafjes weer bolletjes afzetten, waarna opnieuw staafjes kunnen worden afgezet (zie figuur onderaan). We kunnen dit proces blijven herhalen en op deze manier wordt het rooster **laag-na-laag** opgebouwd.

Eén laag van metaal en linker is in de grootteorde van een nanometer (0.000000001m), we moeten dus een microscopisch (of zelfs nanoscopisch) equivalent vinden van het hierboven beschreven proces. Een oplossing is het metaal en de linker als gas te pulsen over het oppervlak waar we de MOF willen opbouwen. Door de procesomstandigheden zorgvuldig te kiezen kunnen we met elke puls een **perfecte monolaag** afzetten (een laag van exact één metaalatom/linker dik). Door het afwisselend pulsen van metaal en linker, is het mogelijk om het rooster laag-na-laag op te bouwen. Het grootste voordeel van deze techniek is dat we **zeer precies de dikte van onze MOF film kunnen kiezen**, waardoor we een extreem dunne film met de gewenste eigenschappen kunnen produceren.

Van absorptie naar signaal

Het hart van de sensor is reeds klaar, nu is er een manier nodig om de absorptie van de VOS om te zetten in een signaal. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar, bijvoorbeeld gebaseerd op lichtinteractie, ultragevoelige weegschalen, elektronische methoden, etc. Deze technieken doen uiteindelijk hetzelfde: ze **lezen de film uit** om zo een signaal te bekomen waar we verdere bewerkingen op kunnen doen om de VOS concentraties te bepalen.

Besluit

We hebben enkele basisprincipes toegelicht die de werking van een sensor kunnen verbeteren. Hierbij hebben we gefocust op de eerste basisstap van de werking van een sensor (absorberen van VOS) en hebben we deze stap geoptimaliseerd door gebruik te maken van moleculaire laag afzetting van metaal-organische roosters. Een techniek als deze stelt ons in staat om snelle, sensitieve en selectieve detectie te doen van vluchtige organische stoffen, wat ons de mogelijkheid biedt om verscheidene processen op te volgen en zelfs te screenen naar dodelijke ziektes.

