

# PFAS: adsorptie op actieve kool

## Inleiding

Het DEME Hybrid Soilwashing Process is een specialistisch wasproces, ontwikkeld voor de reiniging van PFAS-verontreinigde grond. Het is een hybride versie van de klassieke nat extractieve grondreiniging, dat zich naast fractiescheiding richt op het doorgedreven 'wassen' van de minerale grondfractie. De opzet is dat het overgrote aandeel van de PFAS door middel van het proceswater uit de grond wordt verwijderd. Dit is mogelijk door de relatief goede oplosbaarheid van PFAS.

## Oplosbaarheid PFAS

De oplosbaarheid van PFAS-moleculen wordt veelal bepaald door de ketenlengte, die eerder hydrofoob is, en de functionele groep, die eerder hydrofiel is. Dit karakter zorgt ervoor dat PFAS enerzijds kan opgelost worden in water maar anderzijds ook kan afgezet worden op actieve kool dankzij het adsorberende karakter in combinatie met de hydrofobe ketens. Via praktijkbevindingen is er vastgesteld dat tijdens het soilwashing proces typisch het merendeel van de PFAS-verontreiniging zich verplaatst van de grond- naar de waswaterfractie.

## Beschikbare technieken

Om PFAS uit water te verwijderen zijn er verschillende technieken mogelijk waaronder actieve koolfiltratie, ionenuitwisseling en membraantechnieken. Actief koolfiltratie wordt veelal gebruikt omdat deze techniek bekend, kostenefficiënt en beheersbaar is.

De behandeling van PFAS door actieve kool wordt tevens bevestigd door verschillende literatuurbronnen, waaronder de BBT (*best beschikbare techniek*) studie van het VITO (*Vlaamse instelling voor Technologisch Onderzoek*) in samenwerking met de Vlaamse overheid, expertisecentra, bedrijven, studiebureaus en sectorvertegenwoordigers.

De verwijderingsrendementen voor PFAS (uit water door actief kool) liggen algemeen in theorie tussen 90 en 99%, waarbij de kortere molecuulketens, zoals PFBA en PFPeA, minder hoge affiniteit hebben voor actieve kool dan de langere molecuulketens, zoals PFOS en PFOA. Via praktijkbevindingen is het verwijderingsrendement veelal richting > 99%, zelfs voor kortere moleculen, dewelke het moeilijkste te verwijderen zijn.

## Recirculatie waswater

Het verdient de aandacht om te melden dat het proceswater geen afvalfractie is en niet wordt geloosd. Het proceswater wordt steeds hergebruikt en gerecirculeerd in het proces. Het wordt continu gezuiverd door middel van een specifiek ingerichte actiefkoolfilter.

Het waswater moet dus gezuiverd worden voor herbruik (recirculatie), niet voor lozing. Bij verzadiging van het actief koolfilter, als deze dus geen extra PFAS meer kan opnemen, wordt deze vervangen. In de praktijk wordt dit 'het doorslaan' van het filter genoemd.

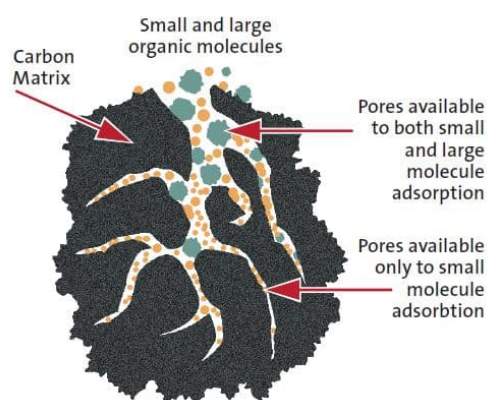
## Werkingsprincipe van actieve kool

Actieve kool is een poreus materiaal dat in staat is om verschillende stoffen uit een vloeistof, of gasfase, te adsorberen. Tijdens dit adsorptieproces gaan moleculen zich vasthechten aan de actieve kool via fysische interacties zoals Van der Waals-krachten die optreden aan de oppervlakte van de

actieve kool matrix. Hoe groter de ketenlengte hoe beter de adsorptie met actieve kool gezien het hydrofoob karakter ervan alsook het stijgend aantal interacties met het actieve kool oppervlak. Het is belangrijk om te benadrukken dat adsorptie een oppervlakteverschijnsel is en geen chemische reactie tussen de pollutant en het adsorptiemiddel (in dit geval, de actieve kool).

Het werkingsprincipe van actieve kool berust op twee belangrijke factoren:

- Poreuze structuur: Actieve kool heeft een zeer groot oppervlak in verhouding tot het volume. Dit komt door de vele kleine poriën en het complexe interne oppervlak van het materiaal. Dit vergroot het contactgebied tussen de actieve kool en de stoffen in de omgeving.
- Affiniteit voor onzuiverheden: Actieve kool heeft een aantrekkingskracht voor onzuiverheden en andere moleculen in de omgeving. Dit wordt veroorzaakt door de van nature aanwezige krachten tussen de koolstofatomen in de structuur van de actieve kool en de atomen of moleculen van de verontreiniging, zoals PFAS.



Figuur 1: voorstelling van de actieve kool matrix.

De fysische adsorptie is omkeerbaar en kan beïnvloed worden door factoren zoals temperatuur maar tevens competitie met andere moleculen. Het is belangrijk om op te merken dat actieve kool uiteindelijk verzadigd kan raken en niet langer in staat zal zijn om stoffen te adsorberen. Op dat moment moet de actieve kool vervangen of gereactiveerd worden.

Naast de verwijderingsrendementen speelt ook de adsorptiecapaciteit een rol in de kwaliteitsbepaling van actieve kool. Bijvoorbeeld PFBA (een PFAS-component met korte keten) heeft een zeer hoog verwijderingsrendement maar een zwakke binding met actieve kool. Hierdoor is de actieve kool moeilijk in staat om grote hoeveelheden PFBA te adsorberen. Dit wil dus zeggen dat veelal kortere PFAS-ketens de snelheid van verzadiging van de actief koolfilters bepalen. Langere ketens, zoals de veel besproken PFOS en PFOA, daarentegen hebben relatief gezien een veel sterkere binding. Dit vertaalt zich in verwijderingsrendementen van circa 99% of hoger alsook hogere adsorptiecapaciteiten.

In de praktijk zal er veelal een mengsel van verschillende PFAS moeten verwijderd worden uit het waswater. Over het algemeen ligt het verwijderingsrendement in lijn met de literatuurstudies en praktijkbevindingen. De samenstelling van het influent beïnvloedt voornamelijk de doorslagtijden. Over het algemeen geldt: hoe korter de ketenlengte en/of hoe hoger de vuilvracht en/of hoe meer interferentie van andere moleculen en/of hoe lager de norm, hoe sneller de doorslag.

Een actief koolfilter wordt gebruikt zolang de benodigde verwijderingsrendementen gehaald worden, waarna deze wordt vervangen. Verwijderingsrendementen worden opgevolgd aan de hand van monsternamen voor en na het filter (influent en effluent).

## Conclusie

- Het merendeel van de PFAS verplaatst zich van de vaste fase in de grond via de waterfase in opgeloste vorm naar een geadsorbeerde fase op het actief koolfilter.

- Het proceswater is geen afvalfractie en wordt niet geloosd. Het proceswater wordt steeds hergebruikt en gerecirculeerd in het proces. Het waswater moet dus gezuiverd worden voor herbruik (recirculatie), niet voor lozing.
- De verwijderingsrendementen voor PFAS (uit water door actief kool) liggen algemeen in theorie tussen 90 en 99%. Via praktijkbevindingen is dit veelal richting > 99%, zelfs voor kortere moleculen, dewelke het moeilijkste te verwijderen zijn.
- Een actief koolfilter wordt gebruikt zolang de benodigde verwijderingsrendementen gehaald worden, waarna deze wordt vervangen. Verwijderingsrendementen worden opgevolgd aan de hand van staalname voor en na het filter (influent en effluent).

#### Referenties

Nr.	Document
1.1	Goelen T., Lescrauwaet A., Vander Aa S., Janssens G., (2023) <i>Beste beschikbare technieken (BBT) voor de zuivering met PFAS beladen bedrijfsafvalwater en bemalingswater</i> <a href="https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/pfas-waterzuiveringstechnieken">https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/pfas-waterzuiveringstechnieken</a>