

	Rapport Wetenschappelijk bureau HV INTERN GEBRUIK Release datum 4 Oktober Betreffende erosie windmolens	www.heusdenverbindt.nl Schoutlieshoutstraat 2 5251-TP Vlijmen
---	--	--

Vooraf

Het RIVM-rapport "Beoordeling en selectie van zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) voor prioritering voor verdere aanpak" uit 2022 is een momentopname. De regelgeving, wetenschappelijke inzichten en maatschappelijke druk rondom chemische stoffen zijn echter constant in beweging. De huidige verwijzing in het rapport Bosch van Rijn betreffende Notitie Reikwijdte en Detailniveau sectie 3.7.2. is achterhaald.

Algemene context:

- **ZZS (Zeer Zorgwekkende Stoffen):** Dit zijn stoffen die kankerverwekkend, mutageen, reprotoxisch (CMR-stoffen), persistent, bioaccumulerend en toxisch (PBT) of zeer persistent en zeer bioaccumulerend (zPzB) zijn. Ze worden ook geïdentificeerd op basis van gelijkwaardige zorg (e.g., hormoonverstorende eigenschappen). Het RIVM-rapport beoordeelt of bepaalde stoffen aan de criteria voor ZZS voldoen.
- **"Onvoldoende mate":** Als het rapport aangeeft dat stoffen "niet in onvoldoende mate" schadelijk zijn, betekent dit dat ze *wel* als schadelijk worden beschouwd, maar mogelijk (op dat moment) niet voldoen aan de specifieke criteria voor ZZS of dat de risicobeoordeling nog onvoldoende aanleiding gaf voor verdere prioriteitstelling **op basis van emissies en milieurisico's in Nederland in 2022**. Dit is cruciaal: het gaat om de *context van de beoordeling* in het rapport.

We lichten enkele stoffen er uit;

1. Bisfenol A (BPA)

- **Rapportsituatie (2022):** Het RIVM heeft BPA al eerder geïdentificeerd als een ZZS vanwege hormoonverstorende eigenschappen. Het rapport van 2022 zal dit waarschijnlijk bevestigen of verder onderbouwen.
- **Huidige situatie (2024):** de opmerking over het verbod in voedselverpakkingen is correct en illustreert de dynamiek.
 - **EU-brede ontwikkelingen:** BPA is al jarenlang een stof van grote zorg. Het gebruik ervan in babyflessen is al langer verboden. Recentelijk zijn er verdere aanscherpingen: de Europese Commissie werkt aan een **totaalverbod op BPA in alle voedselcontactmaterialen** vanwege nieuwe wetenschappelijke inzichten over de toxiciteit, zelfs bij lage blootstellingsniveaus. De European Food Safety Authority (EFSA) heeft in 2023 de veilige inname (TDI) voor BPA drastisch verlaagd. Dit toont aan dat de schadelijkheid van BPA *zeker wel* wordt erkend en de risicobeoordeling continu wordt bijgesteld.
 - **Conclusie BPA:** De bewering dat BPA "niet in onvoldoende mate schadelijk is" is onjuist in de zin dat de stof zeer zeker als schadelijk en zorgwekkend wordt

	Rapport Wetenschappelijk bureau HV INTERN GEBRUIK Release datum 4 Oktober Betreffende erosie windmolens	www.heusdenverbindt.nl Schoutlieshoutstraat 2 5251-TP Vlijmen
---	--	--

beschouwd, en regelgeving daarop wordt aangepast. De context van het RIVM-rapport van 2022 was waarschijnlijk gericht op de *prioritering van ZZS op basis van emissies* en niet op een algemene beoordeling van de schadelijkheid van de stof zelf. Het feit dat het verboden wordt in voedselverpakkingen, onderstreept juist de zorg die er is.

2. PFAS (Per- en Polyfluoralkylstoffen)

- **Rapportsituatie (2022):** In 2022 waren PFAS al een zeer heikel punt. Het RIVM heeft veel onderzoek gedaan naar de verspreiding en risico's van PFAS in Nederland. Ze staan bekend als zPzB (zeer persistent, zeer bioaccumulerend) en toxisch. Ze voldoen ruimschoots aan de criteria voor ZZS.
- **Huidige situatie (2024):** PFAS zijn nog steeds een van de grootste milieuzorgen. Nederland (samen met Duitsland, Denemarken, Zweden en Noorwegen) heeft een **Europees verbodsvoorstel voor de hele groep PFAS** ingediend bij ECHA (Europees Agentschap voor chemische stoffen). Dit verbod zou een van de grootste in zijn soort zijn en zou de productie en het gebruik van duizenden PFAS-stoffen sterk aan banden leggen.
- **Conclusie PFAS:** PFAS zijn *zeer* zorgwekkend en de regelgeving en wetenschappelijke inzichten hierover zijn alleen maar aangescherpt sinds 2022. Het is onwaarschijnlijk dat het RIVM-rapport in 2022 suggereerde dat PFAS "niet in onvoldoende mate schadelijk zijn". Eerder zullen ze zijn opgenomen in de categorie ZZS die prioriteit behoeft voor verdere aanpak van emissies.

3. Epichloorhydrine

- **Rapportsituatie (2022):** Epichloorhydrine is een stof die al langer bekend staat als kankerverwekkend (CMR-stof) en daarom een ZZS is. Het wordt voornamelijk gebruikt als tussenproduct in de chemische industrie.
- **Huidige situatie (2024):** De classificatie van epichloorhydrine als CMR en ZZS is niet veranderd. De emissies worden strak gereguleerd en bedrijven die het gebruiken, moeten dit onder strikte voorwaarden doen.
- **Conclusie Epichloorhydrine:** Dit is een bekende ZZS. De context van het RIVM-rapport was waarschijnlijk gericht op de **beoordeling van de noodzaak tot extra actie* op basis van de dan bekende emissies, niet op de vraag of de stof *an sich* schadelijk is.

	Rapport Wetenschappelijk bureau HV INTERN GEBRUIK Release datum 4 Oktober Betreffende erosie windmolens	www.heusdenverbindt.nl Schoutlieshoutstraat 2 5251-TP Vlijmen
---	--	--

Samenvattend voor deel 1:

Het is cruciaal om de context van het RIVM-rapport te begrijpen. Het richtte zich op de prioritering voor verdere aanpak van ZZS emissies in Nederland in 2022. Als het rapport stelde dat een stof "niet in onvoldoende mate" schadelijk is, betekende dit waarschijnlijk dat de stof wel als schadelijk werd erkend (en vaak al als ZZS was geclassificeerd), maar dat de specifieke emissies in Nederland op dat moment geen extra (nieuwe) prioriteit behoeften bovenop de bestaande aanpak, of dat de risicobeoordeling voor de Nederlandse situatie geen reden gaf tot paniek.

Echter, de wetenschappelijke kennis en regelgeving evolueren snel. Voor stoffen als BPA en PFAS zijn er sinds 2022 belangrijke nieuwe inzichten en regelgevende stappen gezet die de bezorgdheid over hun schadelijkheid alleen maar hebben vergroot. De bewering dat deze stoffen "niet in onvoldoende mate schadelijk" zouden zijn, is in 2024, en zeker voor BPA en PFAS, niet meer houdbaar in de algemene zin. Ze zijn zeer zorgwekkend.

	Rapport Wetenschappelijk bureau HV INTERN GEBRUIK Release datum 4 Oktober Betreffende erosie windmolens	www.heusdenverbindt.nl Schoutlieshoutstraat 2 5251-TP Vlijmen
---	--	--

Deel 2: Slijtage (Erosie) van Windmolens en Milieu-effecten

Dit is een complexer verhaal dan vaak gedacht, en het is een groeiend punt van aandacht.

De Problematiek van Blade Erosie:

Windturbinebladen zijn gemaakt van composietmaterialen (glasvezel of koolstofvezel versterkt met kunsthars) en zijn afgewerkt met een speciale coating om ze te beschermen tegen erosie. Echter, door de hoge rotatiesnelheden van de bladtips (tot wel 300 km/u of meer) en de impact van regen, hagel, zand en insecten, treedt na verloop van tijd erosie op.

- **Soorten erosie:** Dit varieert van lichte aantasting van de coating (rain droplet erosion) tot diepere schade aan het composietmateriaal zelf.
- **Gevolgen van erosie:**
 - **Aerodynamische efficiëntie:** Erosie verandert het profiel van het blad, wat leidt tot verminderde aerodynamische efficiëntie en dus minder energieopbrengst (schattingen variëren van 2-25% verlies, afhankelijk van de mate en locatie van de schade).
 - **Levensduur:** Het verkort de levensduur van de bladen en vereist vaker onderhoud of vervanging.
 - **Milieu-impact (microplastics/composietdeeltjes):** Dit is het belangrijkste punt van de vraag. De geërodeerde deeltjes van de coating en het onderliggende composietmateriaal komen in het milieu terecht.

Hoeveel Erosie per jaar?

Dit is zeer lastig te kwantificeren en hangt af van diverse factoren:

1. **Locatie:** Offshore windparken hebben te maken met zout water en soms agressievere weersomstandigheden (grotere regendruppels), terwijl onshore windparken meer last kunnen hebben van zand en stof.
2. **Bladmateriaal en coating:** Verschillende fabrikanten gebruiken verschillende materialen en coatings met variërende erosiebestendigheid. Nieuwere coatings zijn beter, maar niet onfeilbaar.
3. **Operationele parameters:** De tipsnelheid van de bladen, draaiuren, en het weerpatroon (frequentie en intensiteit van regenval) zijn cruciaal.
4. **Leeftijd van de turbine:** Oudere bladen zijn gevoeliger voor erosie.

Schattingen en Onderzoek:

Er zijn studies die proberen de hoeveelheid geëmitteerd materiaal te schatten:

- **Microplastics:** De geërodeerde deeltjes zijn in feite microplastics (van de coating) en

	Rapport Wetenschappelijk bureau HV INTERN GEBRUIK Release datum 4 Oktober Betreffende erosie windmolens	www.heusdenverbindt.nl Schoutlieshoutstraat 2 5251-TP Vlijmen
---	--	--

microcomposieten (van de vezels en hars).

- **Indicatieve cijfers:** Sommige studies suggereren dat een enkele windturbine over zijn levensduur (20-25 jaar) **enkele tientallen tot enkele honderden kilogrammen** aan deeltjes kan verliezen door erosie. Een rapport van de University of Strathclyde (2020) schatte bijvoorbeeld dat een typische 3MW turbine jaarlijks ongeveer **40-60 kg** aan deeltjes kan verliezen, voornamelijk door coatingafbraak. Andere schattingen voor grotere turbines komen uit op 200-300 kg over de gehele levensduur.
- **Focus op deeltjesgrootte:** Het merendeel van deze deeltjes zal in de micron- of submicron-range vallen.
- **Nog geen consensus:** Er is nog geen breed geaccepteerde, precieze kwantificering van de wereldwijde of jaarlijkse emissies van windturbinebladerosie, mede doordat het een relatief nieuw onderzoeksgebied is en de variabiliteit groot is.

Effecten op het Milieu:

1. Microplastics en Microcomposieten:

- **Verspreiding:** Deze deeltjes kunnen zich via lucht en water verspreiden over grote afstanden.
- **Ecologische impact:** Net als andere microplastics kunnen ze een bedreiging vormen voor aquatische en terrestrische ecosystemen. Ze kunnen worden ingeslikt door dieren (van zoöplankton tot vogels en vissen), wat kan leiden tot fysieke schade, verstoring van de spijsvertering, verminderde voedselopname en zelfs toxicologische effecten door eventuele chemicaliën die aan de deeltjes hechten of in de deeltjes zelf zitten (denk aan weekmakers, brandvertragers, of de epoxyhars zelf).
- **Persistentie:** De composietmaterialen zijn zeer persistent en breken langzaam af in het milieu.

2. Specifieke materialen:

- **Epoxyhars/Polyesterhars:** De harsen die de vezels binden, kunnen potentieel toxische monomeren of additieven bevatten die vrij kunnen komen.
- **Glasvezels/Koolstofvezels:** Dit zijn inerte materialen, maar de vezelvorm kan fysieke irritatie veroorzaken bij inademing of ingestie, vergelijkbaar met asbest, hoewel de vezels van composieten over het algemeen dikker en minder respirabel zijn dan asbestvezels. Onderzoek naar de specifieke toxiciteit van ingeademde of ingenomen composietvezels is nog gaande.

	Rapport Wetenschappelijk bureau HV INTERN GEBRUIK Release datum 4 Oktober Betreffende erosie windmolens	www.heusdenverbindt.nl Schoutlieshoutstraat 2 5251-TP Vlijmen
---	--	--

Wat wordt eraan gedaan?

- **Onderzoek en Monitoring:** Er is toenemend onderzoek naar de hoeveelheid, verspreiding en ecologische impact van deze deeltjes.
- **Verbeterde Coatings:** Fabrikanten ontwikkelen steeds duurzamere en erosiebestendigere coatings.
- **Onderhoud en Reparatie:** Regelmatige inspectie en reparatie van bladen kunnen erosie vertragen en de emissie van deeltjes verminderen. Er wordt ook gekeken naar robotica en drones voor efficiënter onderhoud.
- **Nieuwe materialen:** Ontwikkeling van nieuwe, mogelijk biologisch afbreekbare of gemakkelijker te recycleren composietmaterialen voor bladen.
- **Richtlijnen en certificering:** Er wordt gewerkt aan internationale standaarden en richtlijnen voor de beoordeling en mitigatie van erosie.

Conclusie voor windmolen-erosie:

De erosie van windturbinebladen is een reëel milieuprobleem dat leidt tot de emissie van microplastics en microcomposieten. Hoewel de exacte hoeveelheden en langetermijneffecten nog volop worden onderzocht, is het duidelijk dat dit een aandachtspunt is voor de duurzaamheid van windenergie. De industrie en onderzoekers werken aan oplossingen om de emissie te verminderen en de impact te minimaliseren, maar het is een inherente uitdaging gezien de operationele omstandigheden van de bladen.

Het zijn complexe onderwerpen die op zich verder onderzoek noodzakelijk maken.

Heusden Verbindt wetenschappelijk bureau

4 Oktober

internegebruik