

NOTITIE

Onderwerp Beoordeling emissies van BPA vanuit windturbines
Project Windpark IJsselwind Zutphen
Opdrachtgever Waterschap Rijn en IJssel en IJsselwind B.V.
Projectcode 143833
Status Definitief
Datum 15 oktober 2024
Referentie 143833/24-014.872
Auteur(s) Ir. A.M. Schakel

Gecontroleerd door Ir. J.J. Laan
Goedgekeurd door Ir. A.M. Schakel
Paraaf



Bijlage(n) I Stofgegevens RIVM
 II Gehalte en emissie bpa
 III Blootstelling schatting

Aan Waterschap Rijn en IJssel
 IJsselwind B.V.
Kopie Pels Rijcken,

1 INLEIDING

In het kader van de beroepsprocedure voor de realisatie van windpark IJsselwind, zijn namens Lubberding e.a. en Stichting Eefde Tegen-wind nadere technische stukken ingediend kort voor de zitting bij de Raad van State op 29 augustus 2024. De Afdeling heeft de initiatiefnemer (waterschap Rijn en IJssel en IJsselwind B.V.) in de gelegenheid gesteld om op deze stukken te reageren.

In opdracht van waterschap Rijn en IJssel en IJsselwind B.V. wordt in deze notitie ingegaan op één van de genoemde ingediende stukken, te weten de notitie 'Toxische fijnstof emissie van Industrieële Windturbine en impact op volksgezondheid' van R. van Giesen van 8 juli 2024 (hierna: Van Giesen).

2 NOTITIE VAN GIESEN

In de genoemde notitie stelt Van Giesen dat sprake zou zijn van vervuiling van de omgeving met, en blootstelling aan, de schadelijke stof Bisfenol A (BPA), waarvoor sinds 2023 strenge inname-normen gelden¹.

¹ In april 2023 is door de European Food Safety Authority (EFSA) de toelaatbare dagelijkse inname (TDI) aangescherpt naar 0,2 ng/kg lg/dag (lg = lichaamsgewicht). Voor die datum golden veel minder strenge richtwaarden.

Deze vervuiling zou volgens Van Giesen het gevolg zijn van slijtage van epoxyhars afkomstig van de wieken van een windturbine. De epoxyhars die als fijnstof in de lucht wordt verspreid bevat volgens Van Giesen namelijk zorgwekkende hoeveelheden van het schadelijke BPA. Daarbij wordt door Van Giesen gesteld dat epoxyhars 30 - 33 gewichts-% BPA bevat.

In de notitie wordt niet concreet gerekend aan de mate van de mogelijke blootstelling in de omgeving van een windturbine, maar worden enkel schattingen gegeven van de grootte van de emissie bij de windturbine en wordt gewezen op het algemene gevaar voor de volksgezondheid dat hiermee gepaard zou gaan. In dat verband dient daarom volgens Van Giesen het voorzorgbeginsel in acht genomen te worden.

De grootte van de emissie van een windturbine wordt door Van Giesen (best case) geschat op 4,5 kg BPA per jaar en 35 - 42 kg epoxy fijnstof per jaar. Dit zou voor alle windturbines op land gezamenlijk in Nederland een emissie van rond de 13.000 kg BPA per jaar betekenen.

De berekening van het vrijkomen van BPA in het milieu (best case 4,5 kg/jaar per windturbine) wordt gedaan op basis van een vergelijking met het uitloggen van BPA uit babymelkflesjes die gemaakt zijn van polycarbonaat (PC), en niet van epoxyhars.

De schatting van de slijtage (emissie) van epoxy fijnstof (35 - 42 kg/jaar per windturbine) is onder andere gebaseerd op coatingverliezen bij kunstwerken (zoals bruggen) van Rijkswaterstaat en op een paper van onderzoekers van de Universiteit van Strathclyde.¹ De paper onderzocht in een proefopstelling het verband tussen de erosie, of snelheid van slijtage, van windturbinebladen en de hoeveelheid regenval in Ierland en het Verenigd Koninkrijk.

3 BEOORDELING

BPA

Bisfenol-A (BPA) is een zogenoemde 'Zeer Zorgwekkende Stof' (ZZS), die door het RIVM wordt ingedeeld als een MVP2 stof² (zie bijlage I en hierna). Er wordt door het RIVM geen MTR-waarde (Maximaal Toelaatbaar Risico) vermeld voor de blootstelling in de lucht aan BPA. Wel geldt de eerder genoemde algemene toelaatbare dagelijkse inname (TDI)³ van 0,2 ng/kg lg/dag die recent (2023) is afgeleid door ESFA. Inname van BPA vindt in het algemeen voornamelijk plaats via voeding die in contact is geweest met BPA-houdende plastics, maar kan ook via inademing van verontreinigde lucht.

Verder geldt dat vanwege de genoemde indeling als MVP2 stof er in het geval van een puntbron (= een gefixeerde en gekanaliseerde bron) er in het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) een emissiegrenswaarde voor de uitstoot van BPA naar de lucht zou gelden van 1 mg/Nm³, vanaf een onderwaarde van een emissie van 1,25 kg/jaar.⁴ Een windturbine is (uiteraard) geen gekanaliseerde bron, maar deze waarden geven wel een beeld van welke emissiegroottes en emissiegrenswaarden voor dit type stoffen gangbaar zijn bij reguliere bedrijfsmatige emissiebronnen.

¹ Rain Erosion Maps for Wind Turbines Based on Geographical Locations: A Case Study in Ireland and Britain. K. Pugh et. Al. Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde Glasgow.

² Voor emissies van ZZS naar de lucht geldt voor puntbronnen een emissiegrenswaarde en bijbehorende monitoring per stofklasse. Dit staat in paragraaf 5.4.4 emissies naar lucht van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal). Voor ZZS zijn er 3 stofklassen: ERS, MVP1 (vaste stoffen) en MVP2 (gas- of dampvormige stoffen). De lijst met stoffen en in welke klasse ze zijn ingedeeld, staat in bijlage III van het Bal.

³ De TDI is een schatting van de hoeveelheid van een stof in levensmiddelen of drinkwater die niet opzettelijk wordt toegevoegd (bijv. contaminanten) en die in de loop van een mensenleven kan worden geconsumeerd zonder noemenswaardig risico voor de gezondheid. Naast de genoemde route van inname kan inname ook plaatsvinden door inademing van lucht die de betreffende stof bevat.

⁴ Paragraaf 5.4.4. Bal. Deze paragraaf regelt de emissie naar de lucht vanuit bedrijven. Voor bronnen die kleiner zijn dan de onderwaarde gelden geen emissiegrenswaarden.

Toepassing en gehalte van BPA in epoxyhars

Zoals ook door Van Giesen aangegeven, wordt BPA als grondstof gebruikt om het monomeer 'diglycidylether van Bisfenol A' (afgekort DGEBA of BADGE¹) te maken (op basis van de reactie tussen epichloorhydrine (ECH) en BPA). Deze DGEBA (ofwel BADGE) vormt één van de twee componenten die uiteindelijk samen met een andere component (de verharder) de (uitgeharde) epoxyhars vormt, die gebruikt wordt bij het maken van (onder andere) wieken van windturbines.

Er wordt bij de epoxyhars bij de windturbineproductie dus geen BPA als zodanig toegepast maar alleen het uit BPA en ECH geproduceerde DGEBA (BADGE), welke stof overigens niet geassocieerd wordt als ZZS of pZZS (zie ook bijlage I).² Bij de genoemde productie (synthese) van DGEBA kan echter (zoals bij elke synthese van chemicaliën) een kleine fractie van de grondstof BPA achterblijven die niet gereageerd heeft (ook wel technische onzuiverheden genoemd). Er bestaat in de literatuur geen misverstand dat dit zeer kleine hoeveelheden betreffen, die in het algemeen als verwaarloosbaar worden genoemd, en waarvoor RIVM een range aangeeft van 0,01 - 0,001 %.³

Op grond van bovenstaande algemene kennis en inzichten is dus onduidelijk waarom door Van Giesen wordt uitgegaan van 30 - 33 % BPA in de epoxyhars. Van Giesen geeft ook niet aan waarop hij dat gehalte in de epoxyhars baseert. Bovendien stelt hij zelf (midden pagina 6) dat 'voor de wieken van windturbines een epoxyhars wordt gebruikt met een 30 % gewichtsvolume aan BADGE'. En duidelijk is dat BADGE iets anders is dan BPA, en slechts hooguit een fractie BPA kan bevatten.

Opgemerkt wordt dat in Nederland en elders in de wereld sinds 2021 bezwaren vanwege hoge gehalten en emissies van BPA worden ingebracht door tegenstanders van windturbines die alle te herleiden zijn tot een publicatie⁴ van de Noorse 'The Turbine Group' uit 2021. Deze publicatie kent echter grote fouten, wat in de afgelopen jaren in diverse factchecks wereldwijd is gemeld. In bijlage II wordt hier nader op ingegaan.

Tussenconclusie BPA in epoxyhars

Geconcludeerd kan worden dat genoemde gehalten van 30 - 33 % BPA in epoxyhars gebaseerd zijn op een (hardnekkig) misverstand, dat blijkbaar nog steeds wordt herhaald in procedures en kritiek op windturbines. In werkelijkheid blijven alleen minuscule restsporen van BPA achter in epoxyhars als onzuiverheden van de harsproductie zelf. Op basis van aanwijzingen in de literatuur ligt het gehalte tenminste een factor 2000 lager dan de (abusievelijk) door Van Giesen gebruikte waarde.

Slijtageverliezen

De schattingen over slijtageverlies in de literatuur lopen erg uiteen. In de genoemde quickscan van het RIVM is een eerste inventarisatie naar slijtage uitgevoerd. Op grond daarvan wordt door het RIVM een realistisch verlies van microplastics (= onder andere de epoxyhars) van circa 1 kg/jaar per turbine geschat, en een worst case verlies van 14,4 kg/jaar per turbine. Ook wordt vermeld dat het aanvullend toepassen van zogenoemde 'Leading edge protection' (LEP) op de voorrand van de wieken een belangrijke reductie van de slijtage kan bewerkstelligen. Ten tijde van de gerapporteerde onderzoeken was LEP echter nog niet gebruikelijk. Inmiddels wordt dit veel toegepast en zal het ook bij de onderhavige turbines in Zutphen worden toegepast.

¹ In Engels: Bisphenol A diglycidyl ether, afgekort BADGE.

² <https://rvszoekstelsysteem.rivm.nl/stof/detail/4605>.

³ RIVM-briefrapport 2022-0235. 'Eerste inzicht in emissies van chemische stoffen bij windturbines op land' Resultaten quickscan. Andere voorbeelden in literatuur zijn:

Bis-GMA-monomer and BADGE-monomer from one manufacturer **did not contain any detectable amounts of BPA** (< 2 ppm); Bis-DMA and BADGE-monomer from a second manufacturer contained **BPA quantities of 4-155 ppm**. (c.q. 0,0004 - 0,0155 %). (ref: Schmalz G, Preiss A, Arenholt-Bindslev D. Bisphenol-A content of resin monomers and related degradation products. Clin Oral Investig. 1999 Sep;3(3) (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10803121/>).

In Epoxy Resin Committee - July 2015 www.epoxy-europe.eu: maxima **10 - 65 ppm** (c.q. 0,0010 % - 0,0065 %).

⁴ The Turbine Group, 8 July 2021, 'Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades', Asbjørn Solberg, Bård-Einar Rimereit og Jan Erik Weinbach (July 2021).

Door Van Giesen wordt de quickscan van het RIVM (en andere schattingen) ook genoemd, die hij echter niet realistisch en niet objectief acht, want volgens Van Giesen aangereikt door de windindustrie zelf. Van Giesen baseert de eigen verliesberekeningen onder andere op coatingverliezen bij kunstwerken (bruggen e.d.) van Rijkswaterstaat en daarnaast op een paper van onderzoekers van de Universiteit van Strathclyde.¹

De berekening van Van Giesen van slijtage aan de hand van kunstwerken van Rijkswaterstaat (Van Giesen noemt daarnaast overigens ook als voorbeeld scheepsbouw) gaat uit van een aanname van slijtage van 0,02 mm/jaar van het oppervlak. Deze waarde gaat uit van diverse (eigen) veronderstellingen² waarvoor echter geen onderbouwing is gegeven en waarbij ook niet vaststaat of informatie van mogelijke slijtage van coatings van bruggen of schepen eenvoudig vertaald mag worden naar windturbinebladen.³ Hetzelfde probleem geldt voor de berekening van Van Giesen op basis van de paper van de Universiteit van Strathclyde. Deze paper vormde overigens ook een belangrijk uitgangspunt voor het hierboven genoemde (omstreden) rapport van 'The Turbine Group', zoals besproken in bijlage II. Er wordt in diverse 'factchecks'⁴ aangegeven dat de proefopstelling en het materiaal van het onderzoek van de Universiteit van Strathclyde niet geschikt (en bedoeld) zijn voor extrapolatie van slijtage in de werkelijkheid, en dat dat tot een overschatting leidt.

Tussenconclusie slijtageverliezen

Over slijtage (c.q. emissie) van epoxyhars van wieken van windturbines zijn geen eenduidige cijfers beschikbaar. Een overzicht van de inzichten geeft RIVM (2022), die op basis daarvan een eigen schatting geeft met een bandbreedte van circa 1 kg/jaar (realistisch) tot circa 14 kg/jaar (worst case) per windturbine. De berekende waarden van Van Giesen liggen hoger (42 kg/jaar op basis van de paper en 35 kg/jaar op basis van slijtage bij kunstwerken) maar zijn beide zeer twijfelachtig omdat deze gebaseerd zijn op niet onderbouwde vergelijkingen met andere situaties. Daarmee zijn deze waarden niet toepasbaar voor windparken. Gezien de toepassing van LEP zijn de berekende waarden van Van Giesen in elk geval voor Zutphen sowieso een (forse) overschatting, los van de vraag of de gehanteerde rekenwijzen legitiem zijn.

Emissie van BPA

Door Van Giesen wordt het vrijkomen van BPA niet direct bepaald aan de hand van de fijnstofemissie, maar wordt die berekend ('best case 4,5 kg BPA/jaar') door te vergelijken met de hoeveelheid BPA die kon uittreden ('uitloggen') uit polycarbonaat (PC) babyflesjes. Hierbij wordt er eerst van uitgegaan dat een baby via de melk uit het flesje precies een dosis BPA zou binnenkrijgen die gelijk is aan de toenmalige TDI van 4 µg/kg lg/dag, ofwel circa 28 µg/dag. Dit wordt door van Giesen vertaald - via ook nog het gehalte van BPA in de PC - naar het oppervlak van het flesje en vervolgens geëxtrapoleerd naar het oppervlak van de wieken van de turbine.

¹ Rain Erosion Maps for Wind Turbines Based on Geographical Locations: A Case Study in Ireland and Britain. K. Pugh et. Al. Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde Glasgow.

Deze paper onderzocht (op basis van een proefopstelling) het verband tussen de erosie, of snelheid van slijtage, van windturbinebladen en de hoeveelheid (hevige) regenval (met 50 mm/uur) in Ierland en het Verenigd Koninkrijk.

² Zoals 3 lagen verf (verondersteld epoxycoating) met een laagdikte van elk gemiddeld 0,35 mm (zonder bronvermelding) die volgens Van Giesen volledig zouden slijten omdat elke 15 jaar groot onderhoud zou plaatsvinden. Dat resulteert in $3 \times 0,35 / 15 = 0,07$ mm/jaar. Vervolgens is de aanname van Van Giesen dat het (best case) bij een windturbine dan wel tenminste 0,02 mm/jaar zal zijn.

³ Overigens vermeldt Van Giesen als uitgangspunten voor de berekeningen een totale wiekoppervlakte van 490 m² (waarvan voorrand 95 m²) en als inslaggebied voor regen en hagel de helft (245 m²). Met de genoemde dichtheid van epoxyhars van 1.250 kg/m³ en bij 0,02 mm/jaar zou dat een slijtage betekenen van $0,02 \cdot 10^{-3} \cdot 245 \cdot 1250 =$ circa 6 kg/jaar per wiek, en circa 18 kg/jaar per windturbine. Onduidelijk is hoe Van Giesen de door hem genoemde waarde van 35 kg/jaar bepaalt; mogelijk volgt dit uit het volledige oppervlak (2 x hoger). Overigens vindt slijtage met name aan de voorrand plaats (als er geen LEP is), en zou daarom ook gerekend kunnen worden met 95 m², wat een slijtage zou geven van circa 7 kg/jaar per turbine.

⁴ AFP Factcheck Nederland:

<https://factchecknederland.afp.com/doc.afp.com.33QK9FJ#:~:text=In%20tegenstelling%20tot%20wat%20op,is%20aan%20strenge%20Europese%20regelgeving>

Factcheck Vlaanderen:

<https://factcheck.vlaanderen/factcheck/windturbines-verliezen-geen-62-kg-per-turbine-aan-microplastic>.

Over de aldus geschatte uitloging van 4,5 kg BPA/jaar merkt Van Giesen nog op dat het nog 'best case' is, omdat het BPA-gehalte in epoxyhars volgens Van Giesen veel hoger zou zijn dan in PC (30 % versus 2,5 %) en ook omdat bij windturbines de migratie naar de omgeving plaatsvindt via het geëmitteerde fijn stof, dat per saldo een 6 x groter uitwisselingsoppervlak oppervlak heeft dan een plat wiekoppervlak.

Aan bovenstaande rekenwijze, voor zover die al mogelijk is, zitten zoveel verschillen en aannames, dat de berekende waarde geen betekenis heeft. Zo is het materiaal (PC) en het gebruik (zoals verwarmen) van babyflesjes geheel anders dan een windturbine die periodiek aan regen wordt blootgesteld. Ook is het gehalte BPA in de epoxyhars zeer veel lager (0,01 - 0,001 %) dan de genoemde 2,5 % in PC. Daarnaast is uitloging/uitspoeling (via bijvoorbeeld regenwater in contact met het wiekoppervlak) als mechanisme voor emissie van wieken als zodanig marginaal en verwaarloosbaar, en is slijtage het primaire mechanisme van emissie.¹ Alleen onder speciale condities (bijvoorbeeld verhoogde temperaturen, aparte zuurgraad of chemicaliën) zou uitloging aan de oppervlakte geforceerd kunnen worden. Daarbij komt dat de kleine fractie BPA (in BADGE) tijdens het latere uithardingsproces bij de wiekproductie nog iets kan reageren dan wel wordt ingebed en daarmee geïmmobiliseerd in de uitgeharde inerte harsmatrix, wat de kans op uitloging nog verder verkleint. Het voornaamste mechanisme van emissie van BPA is, zoals gezegd, als fractie in de slijtage van fijnstof/micro-plastics. Hierop wordt hieronder verder ingegaan.

Tussenconclusie emissie van BPA

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de door Van Giesen gekozen benadering om de hoeveelheid BPA in het milieu te berekenen niet correct is. Een directe schatting is wel mogelijk (en gangbaar) aan de hand van de hoeveelheid slijtage per jaar (in kg/jaar) van fijnstof/micro-plastics en het gehalte van epoxyhars en BPA daarin.

Zoals hiervoor aangegeven biedt het RIVM uitgangspunten voor de slijtage van windturbinewieken, en kan (op basis van de worst case schatting van het RIVM) berekend worden dat de emissie van BPA ook dan zeer gering is en maximaal circa 2 gram per jaar per windturbine bedraagt.² Hierbij is nog geen rekening gehouden met het toepassen van de extra coatingbescherming aan de voorrand van de rotorbladen (LEP) dat nog een sterke reductie van de slijtage geeft en ook in Zutphen wordt toegepast.

De emissie van 2 g BPA/jaar is een enorm verschil met de door Van Giesen genoemde emissie van 4,5 kg BPA/jaar per windturbine,³ welke laatste, naast de eerder genoemde overschatting van de slijtage, voornamelijk het gevolg is van de onjuiste aanname van het BPA-gehalte in de epoxyhars in de wieken.

Beoordeling risico's

De worst case schatting van een emissie van BPA van circa 2 g/jaar ligt ver onder de onderwaarde per puntbron van 1,25 kg/jaar voor een ZZS MVP2 stof in het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal), en ook ver onder de onderwaarde van 75 g/jaar voor een MVP1 stof. Een vergelijking met dit kader voor emissies van bedrijven laat dus zien dat de (worst case) emissie van BPA van een windturbine bijzonder laag is.

De lage emissie van BPA resulteert in een verwaarloosbare concentratie in de lucht op leefniveau (zie bijlage III). Dit heeft te maken met de grote verdunning in de lucht die door de windturbine stroomt (het zog).

¹ Van Giesen bedoelt mogelijk de secundaire emissie van BPA via uitloging van de (primaire) emissie van fijnstof (microplastics) vanwege slijtage. Zoals echter aangegeven, is het gehalte van BPA in het fijnstof (en de geëmitteerde hoeveelheid) verwaarloosbaar laag.

² Uitgaande van de worst case waarde van RIVM van een slijtageverlies van 14,4 kg/jaar fijnstof/micro-plastics per windturbine, in combinatie met de hoogst bekende literatuurwaarde van het BAP-gehalte van 0,0155 % in epoxyhars (c.q. BADGE), kan er maximaal circa 2 g BPA per jaar per windturbine vrijkomen (als onderdeel van fijnstof). Hierbij is er (ook worst case) van uitgegaan dat het fijnstof dat van de wieken afkomstig is volledig uit BADGE zou bestaan, wat niet het geval is omdat er bij de uitharding aan de vloeibare BADGE een hardingscomponent wordt toegevoegd en er ook nog glas- of koolstofvezelversterking mogelijk is.

³ Opgemerkt kan worden dat 2 g BPA/jaar per windturbine voor alle windturbines op land gezamenlijk in Nederland een emissie zou betekenen van (worst case) circa 6 kg BPA per jaar, wat een schril contrast is met de door Van Giesen genoemde emissie van rond de 13.000 kg BPA/jaar en de daaraan gekoppelde zorgen voor het milieu en gezondheid.

Deze luchtstroom (debiet) bedraagt minimaal enkele 10-tallen miljoenen m³/uur. In deze luchtstroom wordt het fijnstof opgemengd en leidt dit tot een gemiddelde concentratie van BPA van minder dan 0,005 ng/m³ (0,000005 µg/m³) direct achter de windturbine. Bij verdere opmenging en verbreding van het zog tot leefniveau zal deze zeer lage concentratie nog veel verder dalen. Deze extreem lage concentraties hebben geen relevantie voor vervuiling of voor eventuele inname (TDI) via respiratie.

Naast de (verwaarloosbare) emissie en bijdrage van BPA, kan voor de goede orde ook de emissie van fijnstof (c.q. microplastics) beoordeeld worden. Zoals beschreven bedraagt de worst case geschatte emissie van fijnstof van het RIVM circa 14 kg/jaar per windturbine (en zonder uit te gaan van beschermende 'Leading edge protection' (LEP)). Op analoge wijze als voor BPA kan worden berekend (zie ook bijlage III) en geconcludeerd dat de concentratie van fijnstof (op leefniveau << 0,01 µg/m³) bij deze worst case emissie niet relevant is en verwaarloosbaar is.

4 CONCLUSIES

Geconcludeerd kan worden dat de notitie van Van Giesen een foute (en daardoor onrealistisch hoge) schatting van de emissies van BPA van windturbines geeft. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de onjuiste aanname dat epoxyhars 30 - 33 % BPA bevat. In werkelijkheid zijn alleen minuscule restsporen van BPA aanwezig in epoxyhars, als onzuiverheden van de harsproductie zelf. Op basis van aanwijzingen in de literatuur ligt het gehalte tenminste een factor 2000 lager dan genoemde percentages.

De (worst case) emissie van BPA kan geschat worden op basis van beschikbare gegevens van het RIVM voor slijtage van epoxyhars van windturbinewieken (worst case circa 14 kg/jaar) en de hoogst bekende gehalten van BPA in de hars (0,016 %). Hieruit volgt dat de worst case emissie van BPA maximaal circa 2 gram per jaar per windturbine bedraagt. Een dergelijke minieme emissie leidt tot verwaarloosbare concentraties in de lucht en heeft geen betekenis voor de volksgezondheid.¹

Daarnaast zal toepassen van een extra beschermende coating op de voorrand van de wieken 'Leading edge protection' (LEP), zoals in Zutphen het geval is, een nog verdere en significante verlaging geven van de beschreven schatting.

¹ Deze conclusies veranderen ook niet als zou worden uitgegaan van de berekende emissies van Van Giesen van bijvoorbeeld 35 - 42 kg epoxyhars per jaar per turbine.

BIJLAGE: STOFGEGEVENS RIVM

Bisfenol-A (<https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/341>)

Stofklassen voor luchtemissies ↗	
Stofklasse voor luchtemissies	bisfenol A (BPA) (80-05-7) MVP 2 
Emissiegrenswaarde	1 mg/Nm ³

DGEBA / BADGE (<https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/4605>)


Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Vitaliteit en Sport

RIVM De zorg van morgen begint vandaag

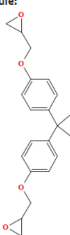
Home Menu Risico's van stoffen [↗](#) Help [↗](#)

2,2'-[(1-Methylethylidene)Bis(4,1-Phenyleneoxymethylene)]Bisoxirane

Stofgegevens

CAS-nummer: 1675-54-3
EG-nummer: 216-823-5
ECHA stofinformatie [↗](#) 

Structuurformule:



Engelse naam:
2,2'-[(1-methylethylidene)bis(4,1-phenyleneoxymethylene)]bisoxirane

Synoniem:
Reaction product: bisphenol-A-
[epichlorohydrin, epoxy resin] (number average
molecular weight ≤ 700)

Molecuulformule:
C₂₁H₂₄O₄

SMILES:
CC(C)
(C1=CC=C(OCC2CO2)C=C1)C1=CC=C(OCC2CO
2)C=C1

Functionele stofgroep:
Lijst Potentiële ZS - **VERWIJDERD VAN LIJST**

Alternatief CAS-nummer: 25068-38-6
Alternatief EG-nummer: 500-033-5



BIJLAGE: GEHALTE EN EMISSIE BPA

Van Giesen noemt een gehalte van 30 - 33 % BPA in epoxyhars, echter zonder een verwijzing/onderbouwing. Bij zienswijzen elders in het land en bij kamervragen¹ is steeds sprake van gehalten van 30 - 40 %. In al die gevallen wordt verwezen naar een publicatie van de Noorse 'The Turbine Group' uit 2021², welke ook door Van Giesen wordt genoemd. In die Noorse publicatie wordt een gehalte van 33 % BPA wordt genoemd.

Onderstaand is een deel van de inleiding (p.1) van bovengenoemde publicatie weergegeven, inclusief de voetnoot waarnaar het genoemde gehalte BPA verwijst. De publicatie van de voetnoot (zie volgende pagina) noemt echter helemaal geen 33 % maar alleen maxima van 10 en 65 ppm (respectievelijk **0,0010 % en 0,0065 %**), afhankelijk van de vorm van de hars (vloeibaar of solid-state). Deze laatste publicatie concludeert dan ook (terecht) dat emissies van BPA tijdens de levensduur van een windturbine **verwaarloosbaar** zijn.

¹ Vergaderjaar 2022–2023 Aanhangsel van de Handelingen 847. Vragen van het lid Van Haga (Groep van Haga) aan de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en voor Klimaat en Energie over de schadelijke gevolgen van eroderende windturbines voor gezondheid en economie (ingezonden 24 augustus 2022).

² The Turbine Group, 8 juli 2021, «Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades», Asbjørn Solberg, Bård-Einar Rimereit og Jan Erik Weinbach (July 2021). https://docs.wind-watch.org/Leading-Edge-erosion-and-pollution-from-wind-turbine-blades_5_july_English.pdf?utm_source=sendinblue&utm_campaign=Nieuwsbrief%20nr%20197&utm_medium=email.

The University of Strathclyde is one of three universities in Glasgow, Scotland. The university has its roots in Anderson's Institution which was established in 1796, and gained status as a university in 1964. It was ranked 38th out of 126 British universities on the Complete University Guide's list for 2016 and number 33 out of 119 British universities at The Guardians 2016. -list. (Wikipedia)

We have estimated emissions from the leading edge of wind turbine blades by calculating the mass loss from Norwegian wind turbines based on the report from the University of Strathclyde.

Already in 2013, rotor blades from wind turbines accounted for 27% of Europe's consumption of epoxy.³ Depending on production method the epoxy in rotor blades contains as much as approx. 33% Bisphenol A.⁴ Nevertheless, there is remarkably little available information on microplastic emissions from turbine blades. However, there are many reports from the industry that focus on wear and maintenance. This indirectly confirm the issues we describe.

Bisphenol A is on the «Norwegian priority list of dangerous substances». These are chemicals that are considered to pose a serious threat to health and the environment are placed on the Norwegian priority list. The list serves as an important tool for which substances the authorities should work specifically with, and it gives an important signal to the business community that these are substances where it is important to work for reduction in use or emissions.⁵

In the 3rd edition, some references were replaced so that now the reference goes directly to main sources where they previously went via our report. For example, footnotes 2 and 3. In the 4th edition, some typing errors were corrected and an updated calculation of erosion for the Norwegian coast were made.

This edition is in English and we have added facts and information given to us (29. April and 4. May) from the researchers of the Strathclyde rapport. We understand the facts and information to support our estimates and calculations.

We would also like to thank and credit Veronica Metcalfe for solid help with this English edition.

Stavanger, Sogndal and Trondheim and 08.07.21
Bård-Einar Rimereit, Jan Erik Weinbach og Asbjørn Solberg

¹ <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40735-021-00472-0>

² <https://www.strath.ac.uk/whystrathclyde/news/akeroffshorewindakerhorizonsandstrathclydetocollaborateonrecyclingglassfibreproducts/>

³ https://epoxy-europe.eu/wp-content/uploads/2018/11/Epoxy_Socioeconomic_Study_Main_Findings_August_2017.pdf

⁴ https://www.epoxy-europe.eu/wp-content/uploads/2015/07/epoxy_erc_bpa_whitepapers_wind-energy-2.pdf

⁵ <https://www.miljodirektoratet.no/chemicallist/61?listcasnr=80-05-7>

Onderstaand het betreffende deel van de publicatie waarnaar de hiervoor genoemde voetnoot 4 verwijst (Epoxy Resin Committee - July 2015 www.epoxy-europe.eu).¹ Er is nergens in deze publicatie sprake van een gehalte van 33 % BPA en de publicatie concludeert juist zelf dat BPA emissies verwaarloosbaar zijn.

¹ https://epoxy-europe.eu/wp-content/uploads/2015/07/epoxy_erc_bpa_whitepapers_wind-energy-2.pdf.

In the prepreg technique, fibres are pre-impregnated with BPA-based epoxy resin before further processing. Epoxy resins are usually at semi-solid state (SsER) at room temperature to provide greater firmness to the coating. The manufacturing starts with the manual coating of the outer layer of the blade mould. Mats of prepreg are subsequently placed in the mould, heated and glued to another blade shell and beam to increase strength. SsER is preferred when high viscosity resins are needed.

Epoxy resins used in both techniques require the use of Bisphenol A (BPA) and Epichlorohydrin (ECH) in the first reaction step of the manufacturing process. They are however used in different percentages: 45% BPA and 55% ECH for vacuum infusion and 61% BPA and 39% ECH for prepreg. Research demonstrates that LER may contain a maximum of 10 ppm of unreacted BPA and 65 ppm for SsER. Despite ERC epoxy resin suppliers indicating smaller average amounts in both cases, this study adopted a highest estimate scenario and assumed the maximum amount of potential unreacted BPA. The analysis therefore calculated the presence of a maximum amount of 7,294 kg of residual BPA in rotor blades active in Europe today (1,621 kg in LER and 5,673 kg in SsER).

BPA assessment: After the reaction to produce epoxy resin takes place, excesses of ECH and other substances are washed away with water. According to industry sources, between 5 and 19 g of BPA per produced tonne of epoxy resin are discharged in such fashion. Assuming a highest estimate scenario of 19 g and a minimal efficiency removal rate via on-site wastewater treatment, it has been calculated that from the 249,365 t of epoxy resins used in today's turbine blades, about 4,738 kg of BPA could end up in wastewater after production. Considering further treatment via communal wastewater plants, an additional 3,790 kg of BPA would thus be removed, leaving a total of 948 kg of unreleased BPA which may enter surface water bodies. This would amount to an annual tonnage of 92 kg. The released BPA could be subjected to further biotic and abiotic degradation in water and not persist in the environment; hence the total amount of BPA released from manufacturing of base epoxy resin in wind rotor blades can be said to be negligible.

MANUFACTURING (WIND ROTOR BLADES)

The manufacturing of wind rotor blades may entail further BPA emissions during certain production steps:

- **Mixing of epoxy resin with hardener:** the epoxy resin and hardener are usually delivered in plastic containers inside a metal grid for stability. After mixing, the containers are taken back by the service provider which disposes of them by incineration or cleans them for reuse. Residues of epoxy resin in these containers - and the tools used for the mixing - are expected to be incinerated, thus destroying any BPA residues.
- **Vacuum infusion & prepreg:** leftover scraps may remain during the cutting of prepreg mats used to produce each blade. In the vacuum technique, the foil, meshes and resin channels transporting LER into the mould end up as solid plastic waste and destined to incineration. Epoxy resin may sometimes squeeze out of the mould or when gluing two different blades with epoxy resin and generate solid waste. Finally, some exhaust emissions are expected during grinding but no data are available for such dispersed particles.

BPA assessment: Several information gaps affected the analysis of these manufacturing stages. Research established that a 7 t wind blade produced by vacuum infusion would generate a total 4 t of waste, of which 0.4 t appears to be epoxy resins. The total 249,365 t of BPA-based epoxy resin in today's European wind applications could have generated a maximum of 10,473 t of BPA-based epoxy resin waste. Most of this waste would be cured epoxy resin with lower levels of BPA which could potentially be released in the environment (about 306 kg). Disposal methods include incineration – entailing destruction of BPA – but also landfilling, for which the fate of BPA cannot be properly assessed. It should also be noted that this assumption was based on research available on vacuum infusion and not prepreg, for which the same waste assumptions were made.

SERVICE LIFE

Average lifetime of a wind turbine is around 20 years, although good maintenance practices can extend this lifespan. As mentioned above, rotor blade bodies are coated with layers of materials other than epoxy which may better protect them from adverse weathering conditions (rain, ice, sand, sunlight, speed, etc).

BPA assessment: Potential release of BPA is expected to be negligible during service life. The only way to release epoxy particles from running wind turbine blades is by the mechanical stress and scratches of the protective coating, exposing the underlying resin.

END OF LIFE

As per other epoxy applications, the analysis of waste stage highlighted many uncertainties regarding handling and classification of waste to be discarded:



BIJLAGE: BLOOTSTELLING SCHATTING

	14,4 kg/jaar	(RIVM worst case slijtageverlies)
	0,0155%	BPA in epoxy
	100%	epoxy in wieken (worst case)
	0,002	kg BPA/jaar
	2,2 g BPA/jaar	
	6.000	uur/jaar
	0,0004	g BPA/u
Windturbine		
tiphoogte	187,5	m
rotordiameter	138,3	m
rotoroppervlak	15.015	m ²
Debiet van lucht direct achter het rotor-oppervlak		
windkracht	>	2
	>	12 km/u
	>	3,3 m/s
wind achter turbine	>	1,3 m/s
flow	>	20.019 m ³ /s
	>	72.070.122 m ³ /u
BPA in lucht direct achter rotorbladen	0,005	ng/m³
Fijn stof in lucht dirct achter rotorbladen	0,03	ug/m ³ fijn stof totaal

Voor de concentratieberekening is de keuze voor de (zeer) lage windsnelheid worst-case omdat bij hogere windsnelheden het debiet toeneemt en de concentratie dus daalt.