

Avaliação da libertação de substâncias ambientalmente relevantes provenientes de geossintéticos em engenharia hidráulica

Versão 12/2024

Notificação da UE n.º 2024/xxxx/D

Instituto Federal de Hidrologia (Bundesanstalt für Gewässerkunde)
No Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Instituto Federal de Investigação Rodoviária
Brüderstraße 53
51427 Bergisch Gladbach

Centro Alemão de Investigação sobre o Transporte Ferroviário na Autoridade Ferroviária Federal
(Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt)
August-Bebel-Straße 10
01219 Dresden

Com o apoio técnico de
Instituto Federal de Engenharia e Pesquisa de Vias Navegáveis (Bundesanstalt für Wasserbau)
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe:

Nota:

Notificado em conformidade com a Diretiva (UE) 2015/1535 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de setembro de 2015, estabelecendo um procedimento de informação no domínio das regulamentações técnicas e das regras relativas aos serviços da sociedade da informação (JO L 241, 17.9.2015, p. 1).



BfG Bundesanstalt für
Gewässerkunde



	1 Introdução.....	3
	2 Âmbito de aplicação.....	5
3 Critério dos parâmetros materiais.....		7
4 Critério TOC.....		11
5 Critério dos efeitos ecotoxicológicos.....		11
6 Referências.....		12
Anexo 1: Plano de ensaio.....		14
A 1 Informações gerais.....		15
A 2 Âmbito.....		15
A 3 Método de ensaio.....		16
A 4 Programa de ensaio.....		20
A 5 Documentação.....		23
A 6 Referências.....		24
Anexo 1 Anexo 4.....		25
Anexo 2 Modelo de relatório de resultados.....		27

1 Introdução

Muitas estruturas dos modos de transporte e infraestruturas importantes são construídas e exploradas fora do ambiente urbano, uma grande parte mesmo na vizinhança imediata de diferentes zonas protegidas (proteção da natureza, proteção da água potável, proteção marinha). De um modo geral, as influências materiais e imateriais das estruturas no ambiente devem ser tidas em conta na fase de planeamento e as informações correspondentes devem ser disponibilizadas para os procedimentos de aprovação, a fim de cumprir os requisitos ambientais legais. Estes incluem a Lei dos Recursos Hídricos (WHG) — incluindo os Pontos 39 e 67), a Lei Federal de Proteção do Solo (BBodSchG) e o Decreto relativo aos sítios contaminados (BBodSchV), a Diretiva-Quadro da Água (DQA da UE) e a sua aplicação nacional sob a forma do Decreto relativo às águas superficiais (OGewV) e do Decreto relativo à proteção das águas subterrâneas (GrwV).

Para as rotas de transporte federais na Alemanha, a aplicação dos requisitos legais é realizada sob a responsabilidade independente dos modos de transporte. É feita referência à Lei Federal das Estradas (Bundesfernstraßengesetz), à Lei Federal das Vias Hídricas (Wasserstraßengesetz) (em conjugação com a «Lei relativa ao desenvolvimento da gestão das vias navegáveis federais para alcançar os objetivos de gestão da DQA» [Gesetz über den wasserwirtschaftlichen Ausbau an Bundeswasserstraßen zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele der WRRL]) e à Lei Geral dos Caminhos de Ferro (Allgemeines Eisenbahngesetz [AEG])¹.

No domínio da engenharia das vias navegáveis, o regulamento administrativo Regulamentos Técnicos de Construção – Vias Navegáveis (VV TB-W) baseia-se fundamentalmente no regulamento administrativo-tipo Regulamentos Técnicos de Construção (MVV TB) dos Länder. Por conseguinte, o Capítulo A 3 da VV TB-W especifica os requisitos ambientais para instalações estruturais sob a forma dos regulamentos técnicos “ABG” (“requisitos para instalações estruturais no que diz respeito à proteção da saúde”) e “ABuG” (“requisitos para instalações estruturais no que diz respeito aos efeitos no solo e na água”).

O mesmo se aplica aos «regulamentos técnicos de construção específicos dos caminhos de ferro» («EiTB»), que também se referem à «ABuG».

Este último, por sua vez, refere-se à BBodSchG com o requisito de que «os impactos no solo, neste caso devido a instalações estruturais ou partes de instalações estruturais, os prejuízos das suas funções naturais [...] devem ser evitados, na medida do possível». Ao fazê-lo, «a reserva de autorização pelas autoridades competentes no domínio das águas, em especial nas zonas de proteção das águas, [...] não é afetada pelas disposições do ABuG».

Isto resulta na necessidade de conformidade adicional com o WHG, o OGewV, o GrwV e os regulamentos estaduais correspondentes (por exemplo, sobre zonas de proteção da água) para a engenharia de vias navegáveis, mas também para outros modos de transporte.

O documento que se segue descreve o conceito de avaliação da libertação por área de substâncias relevantes para o ambiente provenientes de geossintéticos para aplicações no âmbito das «Condições Técnicas Contratuais Adicionais para a Engenharia Hidráulica para Aterros e Proteção do Solo» (ZTV-W 210). Especifica o requisito contido na Diretiva BAW relativo ao «ensaio de geossintéticos em engenharia fluvial (RPG)» para a avaliação da libertação de substâncias perigosas. O conceito é também tecnicamente adequado para os modos de transporte ferroviário e rodoviário

¹ FStrG Ponto 3(1) e Ponto 4; WStrG Ponto 7, n.ºs 1 e 3, Ponto 12, n.ºs 1 e 6, bem como Ponto 48; Ponto 4, n.ºs 1 e 6, da AEG.

no âmbito da Diretiva 836 específica do setor ferroviário, em conjugação com a «Norma Ferroviária Alemã» («Deutsche Bahn-Standard») (DBS) 918.039 e o «Código de Prática para a Utilização de Geossintéticos em Terraplenagens para Construção Rodoviária» («Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus») (M Geok E), em conjugação com as «Condições Técnicas de Entrega para Geossintéticos em Terraplenagens para Construção Rodoviária» («Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus») (TL Geok E-StB) e deve ser aplicado no futuro às estradas nacionais federais, às vias navegáveis federais e à rede ferroviária federal.

Se os requisitos do conceito de avaliação forem respeitados, deve presumir-se, no que diz respeito à libertação de substâncias, que os efeitos negativos estão excluídos e, por conseguinte, não precisam de ser tidos em conta numa avaliação ambiental ou da sustentabilidade. Outros efeitos ambientais das estruturas não são considerados no contexto da aprovação, mas são objeto da avaliação do impacto ambiental do projeto de construção.

As libertações de substâncias a partir de geossintéticos podem afetar os meios ambientais das águas superficiais, do solo e das águas subterrâneas. A harmonização dos regulamentos para as diferentes áreas de aplicação é desejável, mas não pode ser alcançada através da mera conversão das libertações relacionadas com a área em concentrações, uma vez que a metodologia e os valores de referência diferem consideravelmente entre os respetivos regulamentos.

A lixiviação de substâncias perigosas é ensaiada em conformidade com a norma DIN EN 16637-2:2024-01, utilizando o chamado «ensaio de lixiviação dinâmica de superfície» (DSLTL). Além do chamado ensaio de percolação (DIN EN 16637-3:2024-01), este destina-se ao ensaio de lixiviação de produtos de construção com marcação CE². O plano de ensaio no Anexo 1 contém informações pormenorizadas sobre a realização do ensaio de lixiviação. Os valores de emissão dos produtos químicos regulamentados e os valores de ensaio dos métodos de ensaio ecotoxicológicos são utilizados como critérios de avaliação.

² Nota: De acordo com a norma DIN EN 16637-1:2024-01, o DSLTL de acordo com a norma DIN EN 16637-2:2024-01 é fornecido para geossintéticos.

2 Âmbito de aplicação

O presente conceito de avaliação destina-se à avaliação da libertação de substâncias perigosas em conformidade com a norma DIN EN 16637-2:2024-01 para produtos e materiais de acordo com a norma DIN EN ISO 10318-1:2018-10 que estejam em contacto com água superficial, subterrânea e lixiviada. Trata-se, em especial, dos produtos referidos nas normas seguintes e da sua aplicação na construção de infraestruturas de transporte, em conformidade com a regulamentação dos modos de transporte referidos no Artigo 1.º.

DIN EN 13249:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características exigidas para utilização na construção de estradas e outras zonas de tráfego
DIN EN 13250:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características exigidas para utilização na construção de vias férreas
DIN EN 13251:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características necessárias para utilização em terraplenagem, fundações e estruturas de retenção
DIN EN 13252:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados – Características requeridas para a utilização em sistemas de drenagem
DIN EN 13253:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características exigidas para utilização em obras de controlo da erosão
DIN EN 13254:2018-01	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características exigidas para utilização na construção de reservatórios e barragens de contenção
DIN EN 13255:2018-01	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis — Características exigidas para utilização na construção de canais
DIN EN 13256:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados – Características requeridas para a utilização na construção de túneis e de estruturas subterrâneas
DIN EN 13361:2018-07	Barreiras geossintéticas — Características exigidas para utilização na construção de reservatórios e barragens
DIN EN 13362:2018-07	Barreiras geossintéticas — Características exigidas para utilização na construção de canais
DIN EN 13491:2018-07	Barreiras geossintéticas — Características exigidas para utilização na construção de túneis e estruturas subterrâneas associadas
DIN EN 15382:2018-07	Barreiras geossintéticas – Características exigidas para utilização em infraestruturas de transporte
DIN EN 16994:2018-07	Barreiras geossintéticas de argila — Características exigidas para utilização na construção de estruturas subterrâneas (exceto túneis e

estruturas associadas)

3 Critério dos parâmetros materiais

Para a determinação de valores de emissão toleráveis para a libertação de produtos químicos regulamentados, a instalação de geossintéticos nas águas superficiais e no solo é considerada a seguir (Artigos 3.1 e 3.2). Os requisitos aqui estabelecidos abrangem igualmente a utilização das águas subterrâneas (Artigo 3.3). Uma descrição detalhada da sistemática de derivação pode ser encontrada em Horstmann et al. (2023).

3.1 Libertação de substâncias nas águas superficiais

O presente conceito examina a libertação de substâncias a partir de geossintéticos em vias navegáveis federais, canais e águas de fluxo lento, em que os geotêxteis são predominantemente utilizados. A localização da avaliação é definida como a água dos poros da camada superficial tipicamente instalada no geotêxtil (Düster et al. 2017), uma vez que a água dos poros sofre a maior exposição através do contacto direto com o material de construção e é também classificada como habitat e refúgio para organismos aquáticos, tornando-a particularmente digna de proteção. De acordo com a derivação descrita mais pormenorizadamente em Horstmann et al. (2023), 1 m² de geotêxtil está em contacto com 280 L de água dos poros. Com base nas normas de qualidade ambiental do OGewV para a média anual (JD-UQN) e numa presumível troca diária de água, foram determinadas as taxas máximas de libertação toleráveis por metro quadrado de geotêxtil por ano. De acordo com a norma DIN EN 16637-2:2024-01, a conversão para a duração do ensaio de 64 dias é realizada. Tal permite que os valores de emissão (ver Quadro 1) sejam verificados em laboratório por meio de DSLT.

3.2 Libertação de substâncias no solo

Para a instalação no solo, devem ser considerados os meios ambientais zona de solo não saturado e zona de águas subterrâneas. Na conceção geral do cenário, as substâncias são lavadas ou lixiviadas por precipitação e lixiviação e, por conseguinte, descarregadas da estrutura. Estes entram no solo e são transportados verticalmente com o lixiviado. Durante o transporte, pode haver acumulação de material no solo e/ou remoção e conversão de material. O desenvolvimento temporal das concentrações e cargas da substância para o local da avaliação pode ser estimado quantitativamente com a ajuda do modelo unidimensional ALTEX-1D (LABO 2018). Os locais de avaliação são a zona de solo insaturado (concentração de substância no solo sólido), o lixiviado na transição para a zona freática e a área de mistura da zona freática. O ALTEX-1D é uma ferramenta de cálculo para a previsão de lixiviados e faz parte da ajuda de trabalho para o estudo pormenorizado sobre a aplicação das previsões de lixiviados (LABO 2008) elaborado pelo Comité dos Locais Contaminados do Grupo de Trabalho do Solo dos Länder.

Considera-se um perfil do solo, constituído por uma camada de origem, uma camada de transporte e uma zona de mistura com uma zona de águas subterrâneas subjacente. Para cada poluente, o seu teor na camada de origem é variado em cálculos iterativos para determinar a libertação máxima admissível de poluentes, o que, tendo em conta o processo de transporte, não leva a que o valor de referência mais sensível (valores de ensaio ou de precaução do BBodSchV ou limiares insignificantes (GFS) do LAWA (2016)) seja excedido em qualquer dos três locais de avaliação especificados. Os pormenores sobre a modelização, a escolha dos parâmetros de modelização individuais e as camadas de transporte utilizadas são descritos mais pormenorizadamente em Horstmann et al. (2023).

3.3 Libertação de substâncias em contacto direto com as águas subterrâneas

Quando instalada em contacto direto com as águas subterrâneas, a descarga de taxas máximas de libertação toleráveis é comparável à consideração da zona de mistura nas águas subterrâneas no cenário do solo (3.2) com base nos valores EFP da LAWA (2016). O transporte através da zona de solo insaturado não é contabilizado. Por analogia com o Ponto 14, n.º 5, do BBodSchV, as águas subterrâneas até uma profundidade de 1 m são tidas em conta como local de avaliação. Com uma fração média do espaço poroso de 10-25 % e tendo em conta uma velocidade média de escoamento, o modelo é quase idêntico ao cenário das águas superficiais (3.1). Uma vez que os valores JD-UQN do OGewV são geralmente inferiores ou iguais aos valores do JRC, os valores de emissão determinados com o cenário das águas de superfície também abrangem a incorporação nas águas subterrâneas. Apenas o benzeno tem um valor GFS inferior ao JD-UQN (1 µg/L vs. 10 µg/L). No entanto, os valores de emissão toleráveis determinados para o benzeno através do cenário do solo são, em qualquer caso, muitas vezes inferiores (ver Quadro 1). A combinação de requisitos derivados para a instalação no solo e nas águas superficiais abrange, assim, também todos os requisitos para a instalação nas águas subterrâneas. Por conseguinte, não foi efetuada uma modelização pormenorizada adicional da libertação direta de substâncias nas águas subterrâneas.

3.4 Valores de emissão toleráveis derivados dos poluentes regulamentados

Com a ajuda dos modelos enumerados nos pontos 3.1 a 3.3, a concentração no local da avaliação é recalculada para um valor de eluição a partir do geossintético, deduzindo-se assim valores de emissão toleráveis. O Quadro 1 contém os valores de emissão das substâncias assim determinados para os locais de avaliação solo/águas subterrâneas e águas superficiais. Os valores de emissão aqui enumerados baseiam-se nos valores de ensaio e de precaução do BBodSchV e nos valores das EFP do LAWA (2016) para o local de avaliação solo/águas subterrâneas, enquanto os valores de emissão para as águas superficiais foram derivados das normas de qualidade ambiental (NQA) do OGewV. Parâmetros totais como BTEX, MKW e PAH não podem ser modelados com ALTEX-1D. Além disso, não existem NQU para os parâmetros de soma. Por conseguinte, os valores de emissão foram determinados para estes parâmetros com base em substâncias individuais selecionadas, que estão incluídas nos respetivos parâmetros de soma.

Os valores de emissão mais baixos em todas as matrizes ambientais consideradas (solo/águas subterrâneas, águas superficiais) devem ser utilizados como valores máximos toleráveis de emissões (Quadro 1, coluna «Valores máximos toleráveis de emissões»). Para avaliar os parâmetros materiais, utiliza-se como quantidade libertada cumulativa R_n a soma das taxas de libertação (em mg/m²) dos oito eluídos, em conformidade com a norma DIN EN 16637-2:2024-01. Em primeiro lugar, basta analisar a primeira e a sétima frações eluídas da DSLT. Se um parâmetro em **ambas** as frações eluídas for medido abaixo do limite de determinação exigido (BG, ver plano de ensaio), pode dispensar-se a análise deste parâmetro nas outras frações eluídas. O montante acumulado de R_n libertado é calculado neste caso como 8 x BG.

Se os valores máximos de emissão toleráveis estabelecidos no Quadro 1 forem excedidos para um ou mais parâmetros, o produto não será autorizado.

Quadro 1: Valores de emissão derivados para as libertações cumulativas máximas toleráveis de substâncias (E_{kum}) no ensaio de lixiviação (DSLTL) em conformidade com o plano de ensaio (Anexo 1)

	Valores de emissão modelados		Valores máximos de emissão toleráveis
	Libertação máxima cumulativa (máx. E_{kum}) em mg/m ²		Libertação máxima cumulativa (máx. E_{kum}) em mg/m ²
Local de avaliação	Solo/águas subterrâneas	Águas de superfície	Solo, águas subterrâneas e águas superficiais
Substância			
Antimónio	15	–	15
Arsénio	1406	–	Não relevante para o Geoc.
Chumbo	959	51,4	51
Cádmio	2,3	10,7	2,3
Crómio, total	4239	–	Não relevante para o Geoc.
Cobre	170	–	170
Molibdénio	113	–	110
Níquel	36,2	171,2	36
Prata,	–	0,4 ^a	0,4
Zinco	307	466	300
Benzeno	1,28	428	1,3
Naftaleno	1,6	85,6	1,6
BTEX	28,5 (identificado através do xilol)	428 (determinado pelo benzeno)	28
Hidrocarbonetos halogenados voláteis (HHC)	16,4 (determinado com diclorometano)	856 (determinado com diclorometano)	16
	19,6 (determinado pelo tetracloroetileno)	428 (determinado pelo tetracloroetileno)	
Hidrocarbonetos de petróleo (MOSH)	128 (determinado através da anilina)	–	130
	2393 (determinado pelo iso-octano)	–	
Ftalato de bis(2-etil-hexilo) (DEHP)	–	55,6	55
Benz(a)pireno	43	0,007	0,007

PAH ₁₅	0,83 (determinado pelo antraceno)	4,3 (determinado pelo antraceno)	0,3
	2,32 (determinado pelo fluorantheno)	0,27 (determinado pelo fluorantheno)	
Bisfenol A	–	0,00728 ^b	0,007
Fenol	162	–	160
Nonilfenol	6,3	12.8	6,3
Octilfenol	–	4.3	4.3
Ácido perfluoro-hexanossulfónico (PFHxS)	0,021	–	0,021
Ácido perfluorobutanoico (PFBA)	2,3	–	2,3
Ácido perfluorobutanossulfónico (PFBS)	1,28	–	1,3
Ácido perfluorohexanoico (PFHxA)	1,38	–	1.4
Ácido perfluoronanóico (PFNA)	0,014	–	0,014
Ácido perfluorooctanoico (PFOA)	0,023	–	0,023
Ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS)	0,021	0,028	0,021
Substâncias per- e polifluoradas (soma 24) ^c	–	0.188 ^a	0,19

“–” nenhuma substância a ser determinada no respetivo regulamento

a: Determinado com base na média anual das NQA para as águas de superfície em conformidade com o Anexo V da «Proposta de diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Diretiva 2000/60/CE» de 26.10.2022

b: Determinado com base numa NQA média anual = $1,7 \times 10^{-4}$ µg/L de acordo com a reavaliação da EFSA

(<https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/7b4a890a-388c-439e-ac11-06d2bd4439ea/details>)

c: Trata-se dos seguintes compostos enumerados com o respetivo número CAS, número UE e Fator de Potência Relativa (FPR): Ácido perfluoro-octanoico (PFOA) (CAS 335-67-1, EU 206-397-9) (RPF 1), ácido perfluoro-octanossulfónico (PFOS) (CAS 1763-23-1, EU 217-179-8) (RPF 2), ácido perfluoro-hexanossulfónico (PFHxS) (CAS 355-46-4, EU 206-587-1) (RPF 0.6), ácido perfluorononanoico (PFNA) (CAS 375-95-1, EU 206-801-3) (RPF 10), ácido perfluorobutanossulfónico (PFBS) (CAS 375-73-5, EU 206-793-1) (RPF 0,001), ácido perfluoro-hexanoico (PFHxA) (CAS 307-24-4, EU 206-196-6) (RPF 0,01), ácido perfluorobutanoico (PFBA) (CAS 375-22-4, EU 206-786-3) (RPF 0,05), ácido perfluoropentanóico (PFPeA) (CAS 2706-90-3, EU 220-300-7) (RPF 0,03), ácido perfluoropentanossulfónico (PFPeS) (CAS 2706-91-4, EU 220-301-2) (RPF 0,3005), ácido perfluorodecanóico (PFDA) (CAS 335-76-2, EU 206-400-3) (RPF 7), ácido perfluorododecanóico (PFDDa ou PFDDa) (CAS 307-55-1, EU 206-203-2) (RPF 3), ácido perfluoroundecanoico (PFUnDA ou PFUnA) (CAS 2058-94-8, EU 218-165-4) (RPF 4), ácido perfluoro-heptanoico (PFHpA) (CAS 375-85-9, EU 206-798-9) (RPF 0,505), ácido perfluorotridecanóico (PFTrDA) (CAS 72629-94-8, EU 276-745-2) (RPF 1.65), ácido perfluoro-heptano sulfónico (PFHpS) (CAS 375-92-8, EU 206-800-8) (RPF 1.3), ácido perfluorodecano sulfónico (PFDS) (CAS 335-77-3, EU 206-401-9) (RPF 2), ácido perfluorotetradecanoico (PFTeDA) (CAS 376-06-7, EU 206-803-4) (RPF 0.3), ácido perfluoro-hexadecanoico (PFHxDA) (CAS 67905-19-5, EU 267-638-1) (RPF 0,02), ácido perfluorooctadecanoico (PFODA) (CAS 16517-11-6, EU 240-582-5) (RPF 0,02), perfluoro(2-metil-3-oxahexanoato) de amónio (HFPO-DA ou Gen X) (CAS 62037-80-3) (RPF 0,06), ácido propanóico/2,2,3-trifluoro-3-(1,1,2,2,3,3-hexafluoro-3-(trifluorometoxi)propoxi)propionato de amónio (ADONA) (CAS 958445-44-8) (RPF 0,03), 2-(perfluoro-hexil)etanol (6:2 FTOH) (CAS 647-42-7, EU 211-477-1) (RPF 0,02), 2-(perfluorooctil)etanol (8:2 FTOH) (CAS 678-39-7, EU 211-648-0) (RPF 0,04) e ácido acético/2,2-difluoro-2-((2,2,4,5-tetrafluoro-5-(trifluorometoxi)-1,3-dioxolan-4-il)oxi)- (C6O4) (CAS 1190931-41-9) (RPF 0,06).

4 Critério TOC

A fim de detetar a libertação de poluentes orgânicos desconhecidos, o COT (Carbono Orgânico Total), medido no eluído, é fornecido como parâmetro adicional. O objetivo é minimizar a libertação de matéria orgânica (expressa em COT). Por analogia com o anexo 10 da MVV TB (ABuG, Quadro 2), não pode ser excedida uma concentração máxima de COT de 10 mg/L em nenhum dos oito eluídos da DSLT a preparar em conformidade com a norma DIN EN 16637-2:2024-01. Se a concentração de COT exceder 10 mg/l, deve ser realizado um ensaio de biodegradabilidade em conformidade com a norma OCDE 301 B:1992-07 (comparável à norma EN ISO 9439:2000-10) ou OCDE 301 F:1992-07 (comparável à norma EN ISO 9408), em conformidade com a norma DIN CEN/TS 17459:2023-02. Se o carbono orgânico dissolvido for classificado como «facilmente biodegradável» de acordo com este método, o excesso do valor de COT é tolerado. Se o COT existente não for biodegradável, tal conduz a uma avaliação ambiental negativa.

5 Critério dos efeitos ecotoxicológicos

São utilizados métodos de ensaio ecotoxicológicos para detetar os efeitos cumulativos nocivos das substâncias libertadas. O procedimento e a avaliação baseiam-se nos «Requisitos aplicáveis aos componentes ambientalmente relevantes de materiais orgânicos no que diz respeito aos efeitos biológicos» do Anexo 10 da MVV TB (ABuG, Quadro 2) e da Parte A 3.3 da VV TB-W. Os requisitos do Quadro 2 aplicam-se a cada fase eluída a ensaiar em conformidade com o plano de ensaio.

Quadro 2: Requisitos aplicáveis aos geossintéticos no que diz respeito aos efeitos ecotoxicológicos.

Parâmetros/procedimentos de ensaio	Requisitos (grau G)*
Ensaio de algas com <i>Desmodesmus subspicatus</i> ou <i>Raphidocelis subcapitata</i> (obsoleto: <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>) de acordo com a norma DIN EN ISO 8692:2012-06	≤ 4
Ensaio de Daphnia com <i>Daphnia magna</i> de acordo com a norma DIN EN ISO 6341:2013-01	≤ 4 (após 48 h)
Ensaio de inibição da luminescência das bactérias luminosas com <i>Aliivibrio fischeri</i> (obsoleto: <i>Vibrio fischeri</i>) em conformidade com a norma DIN EN ISO 11348-1 a DIN EN ISO 11348-3:2023-12	≤ 8
Ensaio de ovos de peixe com <i>Danio rerio</i> de acordo com a norma DIN EN ISO 15088:2009-06	≤ 6
Ensaio de umu com <i>Salmonella typhimurium</i> TA 1535/pSK1002 de acordo com a norma ISO 13829:2000-03 ou Ensaio de flutuação de Ames de acordo com a norma ISO 11350:2012-05	≤ 1,5

*O nível G corresponde ao LID (diluição ineficaz mais baixa, menor nível de diluição não tóxica) nos países de língua inglesa

6 Referências

ABuG - Requisitos para componentes ambientalmente relevantes feitos de materiais orgânicos no que diz respeito aos efeitos biológicos, Regulamento Administrativo Modelo Regulamentos Técnicos de Construção (MVV-TB) Anexo 10, Instituto Alemão de Engenharia da Construção, 2020.

BAW (Federal Waterways Engineering and Research Institute), BAWMerkblatt Aplicação de métodos de construção padrão para proteção de taludes e leitos em vias navegáveis interiores (MAR), Karlsruhe, 2008.

BAW (Instituto Federal de Engenharia e Investigação de Vias Navegáveis), Diretiva BAW para Ensaios de Geossintéticos em Engenharia de Vias Navegáveis (RPG), Karlsruhe, 2021.

DBS 918.039 – Condições técnicas de fornecimento de peças de plástico na superestrutura, DB Netz AG, Frankfurt, 2009.

DIN EN 16637-1:2024-01, Produtos de construção – Avaliação da libertação de substâncias perigosas – Parte 1: Orientações para a especificação dos ensaios de lixiviação e das fases de ensaio adicionais; Versão alemã EN 16637-1:2023

DIN EN 16637-2:2024-01, Produtos de construção – Avaliação da libertação de substâncias perigosas – Parte 2: Ensaio dinâmico horizontal de lixiviação de superfícies versão alemã EN 16637-2:2023

DIN EN 16637-3:2024-01, Produtos de construção – Avaliação da libertação de substâncias perigosas – Parte 3: Ensaio de percolação horizontal de fluxo ascendente; Versão alemã EN 16637-3:2023

EiTB – Regulamentos Técnicos de Construção Específicos para Ferrovias, Autoridade Ferroviária Federal, Bona, 2023.

Horstmann, B.; Dietrich, C.; Schmid, M.; Bell, A.; Schweyen, P.; Bode, G.; Fischer, M.; Ternes, T.; Kocher, B. (2023), Derivation systematics of environmentally compatible emission values for construction materials in road infrastructure (não traduzido para português), Instituto Federal de Investigação Rodoviária, Bergisch Gladbach, 2023 (https://www.bmdv-expertennetzwerk.bund.de/DE/Publikationen/Projektberichte/Horstmann_et_al_2023.html?nn=1371986).

LABO (2018): ALTEX-1D Manual do Utilizador Versão 3. Grupo de Trabalho Federal/Länder sobre a Proteção do Solo (LABO).

LABO (2008): Auxílio ao trabalho para prognóstico de lixiviados em investigações detalhadas. Grupo de Trabalho Federal/Länder sobre a Proteção do Solo (LABO).

LAWA (2016): Derivação dos limiares de minimis para as águas subterrâneas. Publicado pelo Grupo de Trabalho Alemão sobre Questões Relacionadas com a Água (LAWA). Düsseldorf.

M Geok E – Ficha informativa sobre a aplicação de geossintéticos em terraplenagens de construção de estradas, Sociedade de Investigação em Estradas e Transportes FGSV, Colónia, 2016.

MVV-TB – Regulamento Administrativo Modelo sobre Regulamentos Técnicos de Construção, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlim, 2023.

RiL 836 – Diretiva RiL 836 da Deutsche Bahn AG: Planeamento, construção e manutenção de terraplenagens e outras estruturas geotécnicas, DB Netz AG, Frankfurt, 2020.

TL Geok E-StB – Condições Técnicas de Entrega para Geossintéticos em Terraplenagem de Construção de Estradas, FGSV, Colónia, 2019.

ZTV-W 210 – ZTV-W LB 210 Condições Técnicas Contratuais Adicionais – Engenharia Hidráulica (ZTV-W) para Proteção de Taludes e Leitos (Gama de Desempenho 210), Ministério Federal dos Transportes e das Infraestruturas Digitais, 2015.

Anexo 1: Plano de ensaio

Avaliação da libertação de substâncias ambientalmente relevantes de geossintéticos na engenharia hidráulica

Instituto Federal de Hidrologia (Bundesanstalt für Gewässerkunde)
No Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Instituto Federal de Investigação Rodoviária
Brüderstraße 53
51427 Bergisch Gladbach

Centro Alemão de Investigação sobre o Transporte Ferroviário na Autoridade Ferroviária Federal
(Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt)
August-Bebel-Straße 10
01219 Dresden

Com o apoio técnico de
Instituto Federal de Engenharia e Pesquisa de Vias Navegáveis (Bundesanstalt für Wasserbau)
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe:

A 1 Informações gerais

A avaliação da compatibilidade ambiental dos geossintéticos utilizados em sistemas de aterro e de proteção única e outros sistemas estruturais nas vias de circulação é efetuada em conformidade com os «Requisitos para sistemas estruturais no que diz respeito aos efeitos no solo e na água (ABuG)». O presente documento descreve o âmbito do ensaio básico no que respeita à libertação de substâncias perigosas de geossintéticos no âmbito do ZTV-W 210, do RiL 836 em conjugação com o DBS 918.039 e do M Geok E em conjugação com o TL Geok E-StB. O ensaio de base pode ser realizado num produto representativo de uma família de produtos fabricados com as mesmas matérias-primas (exceção: membranas vedantes de betume).

A 2 Âmbito

O plano de ensaio destina-se à avaliação da libertação de substâncias perigosas em conformidade com a norma DIN EN 16637-2:2024-01 para produtos e materiais de acordo com a norma DIN EN ISO 10318-1:2018-10 que estejam em contacto com águas superficiais, subterrâneas e lixiviadas. Estas são, em particular, as aplicações mencionadas nas seguintes normas.

DIN EN 13249:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características exigidas para utilização na construção de estradas e outras zonas de tráfego
DIN EN 13250:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características exigidas para utilização na construção de vias férreas
DIN EN 13251:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características necessárias para utilização em terraplenagem, fundações e estruturas de retenção
DIN EN 13252:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados – Características requeridas para a utilização em sistemas de drenagem
DIN EN 13253:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características exigidas para utilização em obras de controlo da erosão
DIN EN 13254:2018-01	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características exigidas para utilização na construção de reservatórios e barragens de contenção
DIN EN 13255:2018-01	Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis — Características exigidas para utilização na construção de canais
DIN EN 13256:2016-12	Geotêxteis e produtos relacionados – Características requeridas para a utilização na construção de túneis e de estruturas subterrâneas
DIN EN 13361:2018-07	Barreiras geossintéticas — Características exigidas para utilização na construção de reservatórios e barragens
DIN EN 13362:2018-07	Barreiras geossintéticas — Características exigidas para utilização na construção de canais
DIN EN 13491:2018-07	Barreiras geossintéticas — Características exigidas para utilização na

	construção de túneis e estruturas subterrâneas associadas
DIN EN 15382:2018-07	Barreiras geossintéticas – Características exigidas para utilização em infraestruturas de transporte
DIN EN 16994:2018-07	Barreiras geossintéticas de argila — Características exigidas para utilização na construção de estruturas subterrâneas (exceto túneis e estruturas associadas)

Deve verificar-se se o plano de ensaio é adequado para utilização em áreas diferentes das aqui mencionadas.

A 3 Método de ensaio

A.3.1 Aspetos gerais

O ensaio é realizado numa única determinação. Os oito eluatos são obtidos em conformidade com a norma DIN EN 16637-2:2024-01 a uma temperatura de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, sem agitação. Paralelamente a cada série de eluições, deve efetuar-se uma amostra em branco (eluição do recipiente de lixiviação sem espécime de ensaio).

A 3.2 Preparação da amostra

A espécime de ensaio a examinar deve ser perfurada ou cortada em conformidade com a norma DIN EN ISO 9862:2024-02.

A 3.3 Determinação da superfície geométrica

A superfície da espécime de ensaio deve ser determinada como uma superfície geométrica medindo os comprimentos das arestas com uma incerteza de $\pm 1\text{ mm}$. Deve notar-se que tanto a parte superior como a parte inferior do material geossintético contribuem para a lixiviação durante o ensaio. Por conseguinte, ambas as áreas devem ser tidas em conta (exemplo: Uma amostra retangular com arestas de comprimento $a = 0,3\text{ m}$ e $b = 0,25\text{ m}$ tem uma superfície de $0,15\text{ m}^2$ a considerar. As superfícies das arestas não são tidas em conta. Alternativamente, a superfície geométrica também pode ser determinada por pesagem com uma incerteza de $\pm 0,5\text{ g}$, tendo em conta a massa relativa à superfície (exemplo: a pesagem de 100 g de uma espécime de ensaio com uma massa superficial de 500 g/m^2 corresponde a uma superfície de $0,4\text{ m}^2$ a ter em conta).

A 3.4 Execução da relação de eluição e lixiviação

O ensaio de eluição é realizado em conformidade com a norma DIN EN 16637-2:2024-01, com uma relação entre o volume do eluente e a superfície da espécime de ensaio de $(20 \pm 1)\text{ LM.-%}$. A fim de assegurar uma quantidade suficiente de eluente para as análises subsequentes, recomenda-se a lixiviação de um corpo de amostra com uma superfície total (superfície superior e inferior) de, pelo menos, 1500 cm^2 (por exemplo, $30 \times 25\text{ cm}$ de comprimento do bordo) em 3 L de água. Se, no caso de geossintéticos volumosos, as distâncias à parede do recipiente e à superfície do eluente exigidas em conformidade com a norma DIN EN 16637-2:2024-01 não puderem ser mantidas, mesmo que as

dimensões do reservatório de lixiviação sejam otimizadas, deve garantir-se, pelo menos, que a amostra de ensaio está completamente coberta com eluente.

O Quadro A1 apresenta os pesos de base típicos em g/m² para diferentes famílias de produtos. Recomenda-se que estas gramagens correspondentes, representativas da família de produtos, sejam utilizadas nos ensaios. Se apenas estiverem disponíveis para ensaio produtos com uma massa relacionada com a área diferente da indicada no Quadro A1, este procedimento pode ser desviado por razões de exequibilidade. Para o efeito, calcula-se a massa de uma espécime de ensaio representativa em conformidade com o Quadro A1 do seguinte modo:

$$m_{\text{Prüfkörper}} = \frac{\text{Gesamtoberfläche (gem. Abschn. 3.3)}}{2} \times \text{Flächenbez. Masse (gem. Tabelle A1)}$$

<i>m_{Prüfkörper}</i>	<i>m_{Corpos de prova}</i>
<i>Gesamtoberfläche (gem. Abschn. 3.3)</i>	<i>Superfície total (nos termos do Artigo 3.3)</i>
<i>Flächenbez. Masse (gem. Tabelle A1)</i>	<i>Massa superficial (de acordo com o Quadro A1)</i>

Em alternativa, pode agora ser ensaiada a mesma massa de uma espécime de ensaio com uma massa relacionada à superfície diferente. Por exemplo, em vez de uma espécime de ensaio com uma superfície total de 1 500 cm² e um peso de base de 500 g/m², podem ser testadas duas espécimes de ensaio com um peso de base de 250 g/m² com uma superfície de 1 500 cm² cada, o que resulta num total de 3 000 cm². A superfície geométrica variável não é tida em conta para os produtos permeáveis à água (por exemplo, falsos tecidos) devido à superfície interior idêntica.

No caso de produtos impermeáveis à água (por exemplo, membranas vedantes), as espécimes de ensaio com uma massa de superfície inferior devem ser colocadas umas sobre as outras de modo a que a superfície voltada para o eluente corresponda à da espécime de ensaio característica. No caso de produtos impermeáveis à água com uma maior massa relacionada com a área, este procedimento resulta numa maior relação V/A. Este valor não deve exceder 80 l/m².

Em todos os casos, deve utilizar-se um volume do eluente resultante do ensaio da massa relativa à superfície indicada no Quadro A1 (por exemplo, 3 L para 1 500 cm²).

A libertação relacionada com a área é calculada com base na superfície, que resultaria do ensaio da massa relativa à área enumerada no Quadro 1 (aqui 1 500 cm²).

O ensaio deve ser realizado em todo o produto. Se o ensaio de todo o produto não for viável por razões técnicas, por exemplo, para membranas vedantes de argila, os materiais individuais devem ser avaliados separadamente utilizando métodos adequados.

Quadro A1: Massas representativas relacionadas com a área de vários geossintéticos

Grupo de produtos	Nome curto de acordo com a norma DIN EN ISO 10318-1	Massa característica relacionada à área
Geotêxteis não tecidos	GTX-N	500 g/m ²
Tecido de malha	GTX-K	500 g/m ²
Tecido	GTX-W	500 g/m ²
Malha	RBJ	500 g/m ²
Rede	GNT	500 g/m ²
Tapete	GMA	500 g/m ²
Célula	GCE	500 g/m ²
Fita:	GST	500 g/m ²
Separador	SPG	500 g/m ²
Tapete de controlo da erosão	GBL	500 g/m ²
Membrana de vedação de plástico	GBR-P	1.500 g/m ²
Forro de argila	GBR-C	Componente geossintético sem componente de argila ^a 500 g/m ²
Membrana de impermeabilização de betume	GBR-B	Geossintético, incluindo betume ^b
Materiais compósitos	GCO	Componentes geossintéticos em um compósito ^c 500 g/m ²

a: Este plano de ensaios regula exclusivamente o ensaio de componentes geossintéticos. O ensaio é realizado em todo o componente geossintético. Em alternativa, o ensaio pode ser realizado com base nos componentes individuais (por exemplo, material de suporte e camada superior separadamente). A massa característica com base na área aplica-se a cada componente individual.

b: Nenhuma massa característica relacionada com a área. O ensaio é realizado no respetivo produto. Não é permitida a transferência para outros produtos de uma família de produtos.

c: Em alternativa, o ensaio pode ser realizado com base nos componentes individuais. A massa característica com base na área aplica-se a cada componente individual.

A 3.5 Armazenamento de amostras

Os eluatos devem ser analisados o mais rapidamente possível após a amostragem, a fim de evitar alterações na composição original causadas por reações físicas e químicas e/ou processos biológicos. Se tal não for possível, as amostras devem ser arrefecidas para transporte e armazenagem entre 2 °C e 8 °C ou congeladas a ≤ -18 °C. O tempo máximo entre a amostragem e os ensaios de ecotoxicidade (tempo de armazenamento) deve ser de 48 horas (amostras arrefecidas) ou de 2 meses (amostras congeladas) (DIN EN ISO 5667-16:2019-03). Para análises químicas, mas não para análises ecotoxicológicas, as amostras podem ser estabilizadas com um método adequado e, tendo em conta os requisitos para a conservação das amostras em conformidade com a norma DIN EN ISO 5667-3:2019-07, também podem ser analisadas posteriormente.

A 3.6 Produção de extratos

Em alternativa, pode efetuar-se um ensaio de libertação dos poluentes orgânicos HAP, naftaleno e hidrocarbonetos de óleos minerais por extração com solventes orgânicos. Os extratos são produzidos em conformidade com a norma DIN ISO 18287:2006-05 Método de extração A. Devem ser observadas em cada caso as relações entre o agente de lixiviação e a superfície da espécime de ensaio (relação V/A) descritas no Artigo A3.4.

Se o teor no extrato orgânico for inferior aos valores máximos de emissão toleráveis em conformidade com o quadro 1 do conceito de avaliação «Avaliação da libertação de substâncias relevantes para o ambiente provenientes de geossintéticos», o ensaio dos eluídos do ensaio DSL pode ser omitido.

A 4 Programa de ensaio

O programa de ensaio está dividido nas partes «parâmetros gerais», incluindo a determinação da biodegradabilidade se o COT for excedido (Artigo A4.1). O Artigo A4.2 define os parâmetros materiais a quantificar por análise química. O Artigo A4.3 enumera os estudos ecotoxicológicos necessários em eluatos selecionados.

A 4.1 Parâmetros gerais

Imediatamente após a recolha de amostras e em cada água de ensaio (eluato 1 a eluato 8), incluindo o ensaio em branco, determinam-se os seguintes parâmetros:

Quadro A2: Parâmetros gerais:

Parâmetros	Disposição.
Odor	DIN EN 1622:2006-10
Cor, turbidez	DIN EN ISO 7887:2012-04:
Formação de espuma	a descrever
Valor do pH	DIN EN ISO 10523:2012-04:
Condutividade elétrica	DIN EN 27888:1993-11
Carbono orgânico total (COT)	DIN EN 1484:2019-04
Se o teor de COT for > 10 mg/l, deve determinar-se a biodegradabilidade do COT eluído.	OCDE 301 B:1992-07 (comparável à EN ISO 9439) ou OCDE 301 F:1992-07 (comparável à EN ISO 9408)

A 4.2 Parâmetros materiais

Determinam-se os seguintes parâmetros pelo menos no eluato 1 e no eluato 7, incluindo a amostra em branco. Se os analitos acima dos limites de determinação (BG) do Quadro A3 forem medidos no eluído 1 ou no eluído 7, os eluídos 2-6 e o eluído 8 devem também ser analisados em relação a estes analitos. Para a seleção dos parâmetros, foram utilizados a lista de substâncias para a trajetória solo-águas subterrâneas do BBodSchV revisto (Anexo 2, *Jornal Oficial Federal* 2021, Parte I, n.º 43, p. 2734 e seguintes) e os parâmetros dos Anexos 6 e 8 do OGewV, em conjugação com as alterações à Diretiva-Quadro Água propostas pela Comissão Europeia em 26.10.2022.³ As substâncias não autorizadas ou proibidas na Alemanha e/ou na UE (por exemplo, o Regulamento Poluentes Orgânicos Persistentes [POP-VO]) não são aqui tidas em conta e devem ser verificadas separadamente em caso de suspeita. No caso dos produtos fabricados a partir de fibras naturais, os pesticidas são igualmente considerados relevantes. Os pormenores sobre esta questão ainda estão por ser formulados. Os pesticidas não são considerados relevantes para os produtos de fibras sintéticas. Os limites de determinação exigidos especificados baseiam-se nas normas de qualidade ambiental do OGewV ou nos valores de ensaio do BBodSchV.

Para cada analito exigido no Quadro A3, a soma dos oito eluídos deve ser comunicada como a quantidade cumulativa utilizada para a avaliação. Se o valor medido para um ou mais eluatos for inferior ao respetivo limite de determinação, o valor do limite de determinação é cumulado em cada caso.

³ Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Diretiva 2000/60/CE – Anexo V, Comissão Europeia, Bruxelas, 26.10.2022

Quadro A3: Parâmetros materiais

Parâmetros	Número CAS	Disposição.	BG [µg/L]
Antimônio	7440-36-0	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01: DIN 38405-32:2000-05:	5 ^a
Chumbo	7439-92-1	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01: DIN 38406-6: 07,98	1,2 ^b
Cádmio	7440-43-9	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01: DIN EN ISO 5961: 05,95	0,25 ^b
Cobre	7440-50-8	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01: DIN 38406-7: 09,91	50 ^a
Cobalto	7440-48-4	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01: DIN 38406-24: 1993	10 ^a
Molibdênio	7439-98-7	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01: DIN EN 16171:2017-01	35 ^a
Níquel	7440-02-0	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01: DIN 38406-11: 09,91	4 ^b
Prata,	7440-22-4	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01:	0,01 ^c
Zinco	7440-66-6	DIN ISO 22036:2009-06: DIN EN ISO 17294-2:2017-01: DIN 38405-23: 10,80	600 ^a
Benzeno	71-43-2	DIN 38407-43:2014-10:	1 ^a
Naftaleno	91-20-3	DIN 38407-43:2014-10:	2 ^a
BTEX	-	DIN 38407-43:2014-10:	20 ^a
Hidrocarbonetos halogenados voláteis (HHC)	-	DIN 38407-43:2014-10: DIN EN ISO 10301: 08,97	20 ^a
Fenol	108-95-2	DIN 38407-27:2012-10: ISO/DIS 8165-2:01.97	80 ^a
PAH ₁₆	-	DIN 38407-39:2011-09: DIN ISO 18287:2006-05:	0.2 ^a
Hidrocarbonetos de petróleo	-	EN 14039:2005-01 ISO/TR 11046: 06,94	200 ^a
Bisfenol-A (BPA)	80-05-7	DIN EN ISO 18857-2:2012-01:	1,7 x 10 ⁻⁴ d,e
Nonilfenol	84852-15-3	DIN EN ISO 18857-1:2007-	0.3 ^a

		02:	
Octilfenol	140-66-9	DIN EN ISO 18857-1:2007-02:	0.1 ^a
Ftalato de bis(2-etil-hexilo) (DEHP)	117-81-7	DIN EN ISO 18856:2005-11:	1.3 ^a
Ácido perfluoro-hexanossulfónico (PFHxS)	355-46-4	DIN 38407-42:2011-03: DIN 38414-14:2011-08:	0.1 ^a
Ácido perfluorobutanoico (PFBA)	375-22-4	DIN 38407-42:2011-03: DIN 38414-14:2011-08:	10 ^a
Ácido perfluorobutanossulfónico (PFBS)	375-73-5	DIN 38407-42:2011-03: DIN 38414-14:2011-08:	6 ^a
Ácido perfluorohexanoico (PFHxA)	307-24-4	DIN 38407-42:2011-03: DIN 38414-14:2011-08:	6 ^a
Ácido perfluoronanóico (PFNA)	375-95-1	DIN 38407-42:2011-03: DIN 38414-14:2011-08:	0.06 ^a
Ácido perfluorooctanoico (PFOA)	335-67-1	DIN 38407-42:2011-03: DIN 38414-14:2011-08:	0.1 ^a
Ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS)	1763-23-1	DIN 38407-42:2011-03: DIN 38414-14:2011-08:	0.1 ^a
Substâncias per- e polifluoradas (soma 24) ^f	-	DIN 38407-42:2011-03: DIN 38414-14:2011-08:	0,0044 ^{c,ec,e}

a: Valor de ensaio do BBodSchV (Anexo 2, BGBl. 2021 Parte I, n.º 43, p. 2734 e segs.)

b: Norma média anual de qualidade ambiental das águas de superfície em conformidade com o Anexo 8 do OGewV

c: Norma média anual de qualidade ambiental das águas de superfície em conformidade com o Anexo V da proposta de diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Diretiva 2000/60/CE de 26.10.2022

d: Proposta da UQN para o BPA em conformidade com a reavaliação da EFSA

(<https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/7b4a890a-388c-439e-ac11-06d2bd4439ea/details>)

e) Limites de determinação para «bisfenol-A» ou «substâncias per- e polifluoradas (soma 24)», sempre que tal seja tecnicamente viável

f) Trata-se dos seguintes compostos enumerados com o respetivo número CAS, número UE e Fator de Potência Relativa (FPR): Ácido perfluoro-octanoico (PFOA) (CAS 335-67-1, EU 206-397-9) (RPF 1), ácido perfluoro-octanossulfónico (PFOS) (CAS 1763-23-1, EU 217-179-8) (RPF 2), ácido perfluoro-hexanossulfónico (PFHxS) (CAS 355-46-4, EU 206-587-1) (RPF 0.6), ácido perfluorononanoico (PFNA) (CAS 375-95-1, EU 206-801-3) (RPF 10), ácido perfluorobutanossulfónico (PFBS) (CAS 375-73-5, EU 206-793-1) (RPF 0,001), ácido perfluoro-hexanoico (PFHxA) (CAS 307-24-4, EU 206-196-6) (RPF 0,01), ácido perfluorobutanoico (PFBA) (CAS 375-22-4, EU 206-786-3) (RPF 0,05), ácido perfluoropentanoico (PFPeA) (CAS 2706-90-3, EU 220-300-7) (RPF 0,03), ácido perfluoropentanossulfónico (PFPeS) (CAS 2706-91-4, EU 220-301-2) (RPF 0,3005), ácido perfluorodecanoico (PFDA) (CAS 335-76-2, EU 206-400-3) (RPF 7), ácido perfluorododecanoico (PFDoDA ou PFDoA) (CAS 307-55-1, EU 206-203-2) (RPF 3), ácido perfluoroundecanoico (PFUnDA ou PFUnA) (CAS 2058-94-8, EU 218-165-4) (RPF 4), ácido perfluoro-heptanoico (PFHpA) (CAS 375-85-9, EU 206-798-9) (RPF 0,505), ácido perfluorotridecanoico (PFTrDA) (CAS 72629-94-8, EU 276-745-2) (RPF 1.65), ácido perfluoro-heptano sulfónico (PFHpS) (CAS 375-92-8, EU 206-800-8) (RPF 1.3), ácido perfluorodecano sulfónico (PFDS) (CAS 335-77-3, EU 206-401-9) (RPF 2), ácido perfluorotetradecanoico (PFTeDA) (CAS 376-06-7, EU 206-803-4) (RPF 0.3), ácido perfluoro-hexadecanoico (PFHxDA) (CAS 67905-19-5, EU 267-638-1) (RPF 0,02), ácido perfluorooctadecanoico (PFODA) (CAS 16517-11-6, EU 240-582-5) (RPF 0,02), perfluoro(2-metil-3-oxahexanoato) de amónio (HFPO-DA ou Gen X) (CAS 62037-80-3) (RPF 0,06), ácido propanóico/2,2,3-trifluoro-3-(1,1,2,2,3,3-hexafluoro-3-(trifluorometoxi)propoxi)propionato de amónio (ADONA) (CAS 958445-44-8) (RPF 0,03), 2-(perfluoro-hexil)etanol (6:2 FTOH) (CAS 647-42-7, EU 211-477-1) (RPF 0,02), 2-(perfluorooctil)etanol (8:2 FTOH) (CAS 678-39-7, EU 211-648-0) (RPF 0,04) e ácido acético/2,2-difluoro-2-((2,2,4,5-tetrafluoro-5-(trifluorometoxi)-1,3-dioxolan-4-il)oxi)- (C6O4) (CAS 1190931-41-9) (RPF 0,06).

A 4.3 Estudos ecotoxicológicos

Determinam-se os seguintes parâmetros pelo menos no eluato 1, no eluato 2 e no eluato 7 (água de ensaio e ensaios em branco). Os eluatos 1 e 2 podem ser combinados em partes iguais e ensaiados em mistura. Uma vez que os organismos de ensaio utilizados são parcialmente muito sensíveis ao stress osmótico, os eluatos a ensaiar só devem ser examinados após uma diluição de 1 → 2. No entanto, os valores G determinados devem ser sempre confirmados por, pelo menos, dois níveis de diluição adicionais mais elevados.

Quadro A4: Parâmetros ecotoxicológicos

Espécies de ensaio	Norma	Avaliação
Ensaio com <i>Daphnia magna</i>	DIN EN ISO 6341:2013-01:	G _D , se possível CE ₅₀ (48 h)
Ensaio de algas com <i>Desmodesmus subspicatus</i> ou <i>Raphidocelis subcapitata</i> (obsoleto: <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>)	DIN EN ISO 8692:2012-06:	G _A , se possível CE ₅₀ (72 h)
Ensaio de inibição da luminescência das bactérias luminescentes com <i>Aliivibrio fischeri</i> (obsoleto: <i>Vibrio fischeri</i>)	DIN EN ISO 11348:2023-12:	G _L , se possível CE ₅₀ (30 min)
Ensaio em peixes com <i>Danio rerio</i>	DIN EN ISO 15088:2009-06:	G _{Ei} , se possível CE ₅₀ (48 h)
Ensaio de Umu com <i>Salmonella typhimurium</i> TA 1535/pSK1002 ou Ensaio de flutuação de Ames	ISO 13829:2000-03 ou ISO 11350:2012-05	G _{umu} ou G _{Ames}

A 5 Documentação

Deve ser elaborado um relatório de ensaio que documente todas as etapas das investigações. No Anexo 1 figura um modelo de relatório de ensaio.

Todos os resultados dos parâmetros gerais, dos parâmetros materiais e dos estudos ecotoxicológicos são apresentados sob a forma de quadro (ver Anexo 2). Além disso, é comunicada a liberação cumulativa em todos os oito eluídos para os parâmetros químicos. Indicação dos parâmetros materiais e da liberação cumulativa associada em (mg/m²).

A 6 Referências

ABuG - Requisitos para componentes ambientalmente relevantes feitos de materiais orgânicos no que diz respeito aos efeitos biológicos, Regulamento Administrativo Modelo Regulamentos Técnicos de Construção (MVV-TB) Anexo 10, Instituto Alemão de Engenharia da Construção, 2020.

DBS 918.039 – Condições técnicas de fornecimento de peças de plástico na superestrutura, DB Netz AG, Frankfurt, 2009.

DIN EN 16637-2:2024-01, Produtos de construção – Avaliação da libertação de substâncias perigosas – Parte 2: Ensaio dinâmico horizontal de lixiviação de superfícies versão alemã EN 16637-2:2023

DIN EN 16637-3:2024-01, Produtos de construção – Avaliação da libertação de substâncias perigosas – Parte 3: Ensaio de percolação horizontal de fluxo ascendente; Versão alemã EN 16637-3:2023

EiTB – Regulamentos Técnicos de Construção Específicos para Ferrovias, Autoridade Ferroviária Federal, Bona, 2023.

FGSV, Folha de Informação sobre a Aplicação de Geossintéticos em Terraplenagens de Construção de Estradas (M Geok E), publicado pela Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Colónia, 2016.

M Geok E – Ficha Informativa sobre a Aplicação de Geossintéticos em Terraplenagens de Construção de Estradas, FGSV, Colónia, 2016.

MVV-TB – Regulamento Administrativo Modelo sobre Regulamentos Técnicos de Construção, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlim, 2023.

RiL 836 – Diretiva RiL 836 da Deutsche Bahn AG: Planeamento, construção e manutenção de terraplenagens e outras estruturas geotécnicas, DB Netz AG, Frankfurt, 2020.

TL Geok E-StB – Condições Técnicas de Entrega para Geossintéticos em Terraplenagem de Construção de Estradas, FGSV, Colónia, 2019.

ZTV-W 210 – ZTV-W LB 210 Condições Técnicas Contratuais Adicionais – Engenharia Hidráulica (ZTV-W) para Proteção de Taludes e Leitos (Gama de Desempenho 210), Ministério Federal dos Transportes e das Infraestruturas Digitais, 2015.

Anexo 1 Modelo de relatório de ensaio

Laboratório de ensaio:

Produto

Laboratório de logótipos

Relatório de ensaio

Relativo à libertação de substâncias relevantes para o ambiente provenientes de geossintéticos

Laboratório	Designação do produto							
Desenvolvedores:	Fabricante							
	Local de fabrico:							
Grupo de produtos em conformidade com a norma DIN EN ISO 10318-1:								
Certificado de conformidade do n.º WPK:								
N.º da declaração de desempenho				EN harmonizada:				
Utilização prevista								
Tipos e quotas de matérias-primas:								
Massa relacionada com a superfície (de acordo com a norma DIN EN ISO 9864):								
Data da recolha da amostra:								
Métodos de amostragem								
Nome da amostra/Número da amostra:								
Data de receção da amostra de laboratório:								
Amostra laboratorial em condições de armazenamento:								
Regra de ensaio utilizada:								
Data do ensaio (início e fim):								
Dimensões da espécime de ensaio:								
Superfície da espécime de ensaio em contacto com o eluente:								
Massa da peça de ensaio:								
Método para determinar a superfície:								
Volumes de eluição utilizados:								
Etapas de eluição:	1	2	3	4	5	6	7	8
Percentagem em volume								
Data e hora da alteração:								
Relação V/A:								
Desvios em relação às especificações de ensaio:								
Observações								
Local, data				Assinatura				

Anexo 2 Modelo de relatório de resultados

Nome da amostra/Número da amostra:		
Laboratório e processador:		
Analito		
Método de medição		< Limite de determinação
Eluato n.º	Concentração no eluato [µg/L]	Libertação r [mg/m²]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
Total		R₆₄ [mg/m²]: