Historia się powtarza

Chrom(VI) w izolacji wysokotemperaturowej i paralele z azbestem

Markus Sommer, ekspert ds. chromianów, Eksperci ds. chromianów
Długołęka, listopad 2026
Wersja 1.0 · listopad 2026

Przedmowa

Mój ojciec założył w 1988 roku własną firmę produkującą izolacje tekstylne. Trzy lata później zmarł w wieku 59 lat na azbestozę. Z samym azbestem nigdy bezpośrednio nie pracował, pracował jednak w pomieszczeniach, w których wcześniej produkowano azbestowe maty izolacyjne i których nikt nie poddał sanacji.

Od 2019 roku zajmuję się powstawaniem związków chromu(VI) na izolowanych gorących elementach, a im dłużej się tym zajmuję, tym częściej natrafiam na wzorce, które znam z historii azbestu. Materiał uchodzi za bezpieczny. Ostrzeżenia pojawiają się wcześnie i są podważane albo uznawane za nieistotne. Zagrożenie najwyraźniej ujawnia się podczas konserwacji i demontażu, a jego skutki często widać dopiero po dziesięcioleciach.

Po „Pominiętym składniku" i „Pominiętym zakazie stosowania" jest to moje trzecie opracowanie na ten temat. Dwa pierwsze dokumentują stan faktyczny od strony chemicznej i prawnej, a ich źródła znajdują się na www.cr6.info. To opracowanie opisuje, co ten stan faktyczny wywołuje obecnie w przedsiębiorstwach, które produkują i eksploatują instalacje, oraz wśród ludzi, którzy je konserwują. Osobny rozdział poświęcony jest organom sprawującym nadzór, kolejny pytaniu, co ta sprawa oznacza poza Europą. Porównanie z azbestem towarzyszy każdemu rozdziałowi.

Od kiedy nie można już nie wiedzieć?

1. Ustalenia

Materiały do izolacji wysokotemperaturowej zawierają tlenki zasadowe, przede wszystkim tlenek wapnia i tlenek sodu, które same nie są sklasyfikowane jako rakotwórcze. Powyżej około 300 °C mogą one reagować z warstwą tlenku chromu na gorących elementach ze stali stopowej z chromem, tworząc chromian wapnia i chromian sodu, dwa rakotwórcze związki chromu(VI). W stanie dostawy chromian nie występuje. Może on powstać dopiero podczas eksploatacji na granicy między izolacją a elementem i może powstać ponownie po czyszczeniu.

Wbrew rozpowszechnionemu na rynku przekonaniu chromu(VI) nie da się zneutralizować. Możliwa jest co najwyżej redukcja do związków chromu(III), a i ta udaje się najpewniej w laboratorium, na instalacjach technicznych natomiast tylko w ograniczonym stopniu. Raporty laboratoryjne, chętnie przywoływane jako certyfikowany dowód skuteczności, same opisują te ograniczenia. Rzadko są jednak czytane, ponieważ ten, kto szuka takiego środka, zrozumiale pragnie rozwiązania, które oszczędzi mu przepisanych środków. Kto wskazuje na te ograniczenia, szybko uchodzi za czarną owcę, a to jeszcze jedno z łagodniejszych określeń, jakie łączy się z moim nazwiskiem.

Czy i gdzie powstaje chromian, decydują warunki na miejscu. Niemiecka TRGS 561 wymienia jako czynniki wpływu między innymi temperaturę, zawartość chromu w stopie, tlenki z materiałów izolacyjnych lub past montażowych, tlen i wilgoć. To, że na danej instalacji dotąd nie pojawił się chromian, nie jest więc gwarancją, że jego powstawanie nie rozpocznie się jutro. Dotknięta może być każda instalacja, w której spotykają się stal stopowa z chromem, zasadowo-tlenkowy materiał izolacyjny, tlen i temperatura, a więc silniki gazowe i wysokoprężne, instalacje kogeneracyjne, turbiny gazowe i parowe, rurociągi elektrowni, kotły, silniki okrętowe, pojazdy, lokomotywy, silniki lotnicze i maszyny budowlane. Wełna mineralna, krzemian wapnia, produkty ze szkła E i wełny AES zawierają te tlenki i stanowią standard dzisiejszej izolacji wysokotemperaturowej.

Uwalnianie

Jeśli powstał chromian, zostaje on uwolniony, gdy tylko izolacja zostanie otwarta, podczas konserwacji, rewizji, czyszczenia, demontażu i rozbiórki. Występuje wtedy jako proszek i jako pył zawierający chromiany i opuszcza stanowisko pracy na narzędziach, odzieży, rękawicach i zdemontowanych elementach. Uwolnienia są możliwe także podczas normalnej eksploatacji. Między gorącym elementem a chłodniejszym otoczeniem istnieje stały gradient temperatury. Powietrze w porowatej izolacji nagrzewa się, rozpręża i wydostaje się na spoinach, stykach i mocowaniach, podczas stygnięcia izolacja ponownie zasysa powietrze z otoczenia, a do tego dochodzą drgania maszyny. Wraz z tymi ruchami powietrza powstałe pyły chromianowe mogą być wynoszone na zewnątrz.

Pomiary powietrza nie ujmują ich w sposób wiarygodny, ponieważ pyły nie rozkładają się w pomieszczeniu równomiernie, i dlatego niepozorny wynik pomiaru powietrza łatwo prowadzi do błędnej oceny. To, co zostaje uwolnione i wzbite, osiada później gdzieś indziej, często tam, gdzie nikt się tego nie spodziewa, a pyłu w pomieszczeniu nie da się kontrolować. Próbki wymazowe wykazały chromiany także na włącznikach światła i korytach kablowych, a więc w obszarach, które nie mają bezpośredniego związku z izolacją. To, co osiada na częściach instalacji, trafia na podłogę, a stamtąd odzież, a przede wszystkim obuwie, wynoszą cząstki ze stanowiska pracy do innych części zakładu i w końcu do domu. Także w przypadku azbestu chorowali członkowie rodzin, którzy nigdy nie pracowali przy instalacji, na przykład dlatego, że wytrzepywali i prali odzież roboczą. Nie jest to sianie paniki. Same w sobie ilości są niewielkie, ale do szkodliwego działania na zdrowie i środowisko nie potrzeba dużych ilości. Ile cząstek kryje się już za ledwie dostrzegalnym gołym okiem

mikrogramem, także w porównaniu z azbestem, pokazuje podrozdział „Odrobina pyłu“ w rozdziale o pracownikach.

Azbest w stanie wbudowanym również był w wielu przypadkach niepozorny i stawał się niebezpieczny, gdy go obrabiano, uszkadzano lub usuwano. Z chromianami pod izolacją jest podobnie. Zagrożenie tkwi w istniejących instalacjach i dotyka przede wszystkim ludzi, którzy przy nich pracują, w mniejszym stopniu tych, którzy je eksploatują.

Co pozostało po wycofaniu azbestu

Na budowie mówiono o azbeście, nie rozróżniając chryzotylu, amozytu i krokidolitu. Nie miało to większych konsekwencji, ponieważ każdy z tych minerałów był włóknem. Z pojęciem „chrom(VI)“ jest podobnie, z jedną decydującą różnicą. Kto je słyszy, myśli o kwasie chromowym, galwanotechnice i podkładach chromianowych, czyli o substancjach, których sam nie stosuje. Chromian wapnia i chromian sodu jako produkty reakcji własnej eksploatacji nie występują w tym obrazie, i tak pojęcie zbiorcze przez dziesięciolecia sprawiało, że nikt nie pytał o partnera reakcji.

Wycofanie azbestu było konieczne i słuszne. Zastąpiono przy tym włókno, natomiast zasadowo-tlenkowa chemia systemów izolacyjnych pozostała. Krzemian wapnia należał do tego samego rynku już w erze azbestu, Johns-Manville reklamował swój produkt Thermobestos wprost jako „calcium silicate insulation“, a wełnę mineralną już w latach 40. XX wieku montowano w mieszance z azbestem. Na gorących elementach ze stali stopowej z chromem warunki powstawania chromianów pozostały więc niezmienione. „Bez azbestu“ nie mówi nic o tym, czy materiał izolacyjny przyczynia się do powstawania chromianów.

Wraz z zastąpieniem azbestowych materiałów izolacyjnych powstał w technice izolacyjnej standard, który obowiązuje do dziś. Technika silnikowa i energetyczna rozwinęła się od tego czasu wielokrotnie, ale na elemencie silnika wciąż na końcu znajduje się element izolacyjny, którego techniczne pochodzenie sięga lat 70. i który od tamtej pory prawie się nie zmienił. Pracuję w izolacji wysokotemperaturowej od 1988 roku i obserwowałem ten rozwój od środka. Technika izolacji wysokotemperaturowej to dziedzina szczególnie oporna na innowacje, w której nie kwestionowano już tego, co po azbeście uznano za rozwiązanie. Także azbest przez dziesięciolecia był niekwestionowanym standardem izolacji cieplnej, dopóki spełniał swoje techniczne zadanie.

2. Producenci

Producenci silników, turbin i materiałów izolacyjnych znają mechanizm powstawania. Od listopada 2020 roku Wärtsilä, Caterpillar, Rolls-Royce, MAN, Mercedes-Benz, Proventia, Frenzelit i Rockwool wydali na ten temat własne komunikaty. INNIO Jenbacher reguluje prace przy swoich silnikach gazowych od 31 maja 2023 roku w instrukcji technicznej TA 2300-0025 „Stosowanie roztworu redukującego Cr-6", skierowanej do klientów oraz partnerów handlowych i serwisowych, a MAN wykazał we własnych analizach chromian wapnia na eksploatowanych elementach silników.

W przypadku azbestu pierwsze wiarygodne przesłanki istniały na dziesięciolecia przed zakazem, a w przypadku chromianów nie jest inaczej. Amerykański patent Udy'ego opisuje w 1939 roku celowe wytwarzanie chromianu wapnia ze źródła chromu, wapna i tlenu z powietrza. W kwietniu 1990 roku Babcock & Wilcox ostrzegł operatorów kotłów w Plant Service Bulletin PSB-43 przed chromem(VI) z materiałów ogniotrwałych zawierających chrom, a w 1994 roku firma rozszerzyła ostrzeżenie na inne materiały zawierające chrom, w tym materiały izolacyjne i tekstylia. Toshiba opisała w 2010 roku w zgłoszeniu patentowym dokładnie granicę między stalą nierdzewną a izolacją cieplną zawierającą wapń i zaproponowała warstwę rozdzielającą jako środek zaradczy, a w 2015 roku japońscy badacze bezpośrednio wykazali na tej granicy chromian wapnia i chromian sodu.

Przesłanki podważano, uznawano za nieistotne lub przypisywano innym przyczynom. Żółte pyły i osady ze względu na kolor uważano za siarkę, a tam, gdzie to nie pasowało, za skutek powłoki lub stopu. Gdy w 1994 roku wycofano produkty izolacyjne zawierające chrom, partner reakcji, wapń, pozostał w produktach zastępczych. Żółty proszek nadal się pojawiał i uchodził odtąd za nieunikniony.

Dzisiejsze komunikaty producentów regulują bezpieczeństwo pracy w chwili wykonywania czynności. Nakazują środki ochrony, zakazują sprężonego powietrza i szczotek, a niekiedy zalecają obróbkę roztworami redukującymi. Wärtsilä wymaga past montażowych bez wapnia, Proventia je zaleca. Takiego samego kroku w odniesieniu do samego materiału izolacyjnego nie zapowiedział dotąd żaden wiodący producent. Nasuwa się pytanie, czy reguluje się postępowanie, a materiał pozostaje, ponieważ zmiana materiału izolacyjnego wywołałaby pytania o wszystkie już dostarczone instalacje. Przemysł azbestowy wytyczył tę drogę. Gdy skutków zdrowotnych nie dało się już zaprzeczyć, przez dziesięciolecia propagował kontrolowane postępowanie z chryzotylem, a środki ochrony miały utrzymać materiał w użyciu. To, że producenci znali skutki zdrowotne już od lat 30., wykazały później w Stanach Zjednoczonych dokumenty przedstawione w procesach azbestowych.

Przy tym każde przedsiębiorstwo pielęgnuje własne postrzeganie problemu. Tam, gdzie przewidziano szybkie testy, przedstawia się je jako wiarygodne, choć są one tylko warunkowo niezawodne, a ich wartość informacyjna jest odpowiednio ograniczona. Także chemicznie ocena jest ograniczona. Szybkie testy z wacikiem są przeznaczone do powierzchni jednego centymetra kwadratowego, a raz przetarta powierzchnia nie nadaje się do drugiego testu, ponieważ jest już chemicznie potraktowana. Wynik ujemny nie wyklucza więc obciążenia chromem(VI). Francuskie badanie terenowe wykazało w laboratorium 869 ng chromu(VI) na turbosprężarce silnika, podczas gdy szybki test w tym samym miejscu dał wynik ujemny. Wiele pozostaje połowicznych rozwiązań, a i to znane jest z ery azbestu, w której wartości graniczne i pomiary sprawiały wrażenie, że postępowanie jest możliwe do opanowania.

Dla producentów wynikają z tego pytania, które powinni zadać sobie sami, mianowicie czy ich wskazówki docierają do wszystkich, którzy pracują przy instalacjach, także do niezależnych warsztatów, zakładów regenerujących i przetwórców, czy ich informacje o bezpieczeństwie opisują stan produktu po użyciu, czy tylko stan dostawy, oraz jaki materiał izolacyjny dostarczają dziś z nowymi instalacjami, których okres eksploatacji sięga daleko poza nadchodzący zakaz stosowania.

3. Operatorzy

Po stronie operatorów powstawanie chromianów może w zasadzie dotyczyć każdej instalacji, którą po wycofaniu azbestu wyposażono w zastępcze materiały izolacyjne, o ile spotykają się temperatura, materiał i warunki eksploatacji. Branża postawiła na te materiały. Czy wobec ostrzeżeń od 1990 roku nie należało zobaczyć, na co się stawia, to pytanie, które się nasuwa.

Tysiące instalacji zostały dostarczone i pracują, a nowe są w tych właśnie tygodniach wyposażane w te same materiały izolacyjne. Portfel zamówień jest pełny, terminy są napięte, a personel serwisowy od lat pracuje przy tych instalacjach, nie będąc poinformowany o powstawaniu chromianów ani przed nim chroniony. Kto w tych okolicznościach podejmuje kroki, które są właściwie konieczne, wywołuje pytania sięgające daleko poza dzień dzisiejszy, na przykład od kiedy stan faktyczny jest znany, których pracowników należało wpisać do rejestru narażenia, czy oferowano profilaktyczną opiekę medyczną oraz co się stanie z instalacjami, które już stoją u klientów, i z częściami zamiennymi w magazynie.

Te pytania padają w głowach odpowiedzialnych na długo przed tym, zanim zostaną gdziekolwiek wypowiedziane, i można przypuszczać, że opóźniają pierwszy krok. Kto niczego nie zmienia, nie musi niczego wyjaśniać, tak się przynajmniej wydaje, i to również znane jest z historii azbestu. Rachunek ten jednak się nie zgadza. W Niemczech, Holandii, Wielkiej Brytanii i Stanach Zjednoczonych grzywny i kary wiążą się z zaniechaniem oceny ryzyka i brakiem środków ochrony, a nie z zaistniałą szkodą na zdrowiu. Każda kolejna konserwacja bez oceny jest kolejnym takim przypadkiem, a w Niemczech dochodzi do tego regres ubezpieczyciela wypadkowego, jeśli zdarzenie ubezpieczeniowe zostało spowodowane rażącym niedbalstwem. Pytanie, od kiedy się wiedziało, z każdym rokiem staje się trudniejsze.

Nicnierobienie też jest decyzją. Podejmuje się ją na nowo przy każdej konserwacji, i za każdym razem ktoś bez ochrony otwiera izolację, pod którą mógł powstać chromian. Pierwszy krok kończy ten stan, a im później następuje, tym dłuższy jest okres, z którego przedsiębiorstwo musi się tłumaczyć.

Największe pytanie ekonomiczne dotyczy istniejących instalacji. W Niemczech operator jest zlecającym prace przy swojej instalacji i zgodnie z § 5a niemieckiego rozporządzenia o substancjach niebezpiecznych musi przed ich rozpoczęciem przekazać wykonawcy wszystkie posiadane informacje o obecnych lub podejrzewanych substancjach niebezpiecznych. Wzorcowa instrukcja stanowiskowa niemieckiej BG BAU nakazuje, aby zdemontowanych wyrobów z wełny mineralnej nie używać ponownie, a element izolacyjny, który po pierwszej konserwacji trzeba zutylizować, nie osiąga okresu użytkowania, z myślą o którym go zakupiono. Właściciele budynków znają tę sytuację z historii azbestu. Azbest w istniejących budynkach był znany długo przed rozpoczęciem sanacji, a sanacja zasobów budowlanych trwa do dziś. Obowiązek zlecającego zgodnie z § 5a wprowadzono w 2024 roku przede wszystkim z myślą o tych zasobach azbestowych. Dotyczy on w równym stopniu izolowanych gorących elementów.

4. Pracownicy

Ryzyko ponoszą ludzie, którzy otwierają izolację. Dla nich żółty proszek na kolektorach wydechowych, turbosprężarkach i kołnierzach od lat jest codziennością. Uchodził za siarkę, usuwano go szmatami i sprayami, a izolację zakładano z powrotem. Wielu dopiero teraz dowiaduje się, że pracowało z rakotwórczymi chromianami, i zadaje sobie pytanie, jak często i jak długo.

W przypadku azbestu skutki ujawniły się najpierw u izolerów. Irving Selikoff wykazał w 1964 roku wśród członków związku zawodowego izolerów w Nowym Jorku i New Jersey skupiska raka płuc i międzybłoniaka. Dotknęło to jednak także tych, którzy tylko pracowali w pobliżu, jak mój ojciec. Między narażeniem a zachorowaniem mijają w przypadku chromu(VI), tak jak w przypadku azbestu, lata, a nawet dziesięciolecia, i kto dziś bez ochrony otwiera izolację, nie zauważy skutków jutro.

Dla azbestu istnieje zamknięta procedura. W całej UE prace z azbestem trzeba z wyprzedzeniem zgłosić organowi, a personel musi być specjalnie przeszkolony. W Niemczech wymagane jest ponadto świadectwo kwalifikacji, obszary są odgradzane, a środki ochrony kończą się dopiero po pomiarze zwalniającym, w Holandii zaś azbest mogą usuwać wyłącznie certyfikowane firmy. Dla chromianów na izolowanych gorących elementach nie istnieje nic z tego. Czyści się szmatami, sprayami i paskami testowymi przez dostępny personel konserwacyjny, choć chromiany mają klasyfikacje, których azbest nie ma. Zgodnie z załącznikiem VI do rozporządzenia CLP chromian wapnia i chromian sodu są sklasyfikowane jako działające bardzo toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki, a chromian sodu dodatkowo jako powodujący oparzenia skóry i działający uczulająco na skórę. Różnicę w traktowaniu wyjaśnia to, że azbest był dostarczany jako produkt, a chromian może powstać dopiero podczas eksploatacji.

Podrzędna rola środków ochrony indywidualnej jest zakotwiczona w prawie Unii od 1989 roku i od dawna stanowi prawo krajowe w państwach członkowskich. Nowa dyrektywa (UE) 2026/2450 z 21 października 2026 roku ustanawia ją wprost dla czynników rakotwórczych i wymienia z nazwy ochronę dróg oddechowych. Nowe jest prawo użytkowników do regularnych przerw w strefie bez ryzyka skażenia, których długość i częstotliwość wynikają z oceny ryzyka, a państwa członkowskie muszą przenieść je do prawa krajowego do 20 listopada 2028 roku. Kto przez całą zmianę pracuje w masce pełnotwarzowej i kombinezonie ochronnym, potrzebuje tych przerw i miejsca, w którym może je odbyć bez skażenia. Analiza przepisów „Środki ochrony indywidualnej jako ostateczność" w kompendium Ekspertów ds. chromianów przytacza przepisy dosłownie.

W całej UE pracownicy mają prawo do informacji i instruktażu na temat substancji niebezpiecznych, z którymi pracują, a kto jest narażony na czynniki rakotwórcze, należy do rejestru narażenia, który przechowuje się co najmniej czterdzieści lat po zakończeniu narażenia. W Niemczech dochodzą do tego instrukcja stanowiskowa oraz, dla tych, którzy mogą być wielokrotnie narażeni na chrom(VI), obowiązkowa profilaktyczna opieka medyczna. Dotyczy to w równym stopniu firm zewnętrznych i pracowników tymczasowych, a w Niemczech choroby wywołane przez chrom lub jego związki figurują jako choroba zawodowa nr 1103. Kto na izolowanej instalacji znajdzie pyły lub osady, powinien wiedzieć, że kolor nie jest wiarygodnym sygnałem, ponieważ chrom(VI) może występować także wtedy, gdy nie widać żółtych pyłów.

W przypadku azbestu liczby włókien i obciążone powierzchnie były nieporównanie większe niż to, co dzieje się dziś na izolowanych gorących elementach. Chrom(VI) ma za to inne właściwości. Nie tworzy włókien, obciążenia zwykle nie widać, a do zagrożenia przy wdychaniu dochodzą kontakt ze skórą i zagrożenie dla środowiska. W dziedzinie azbestu funkcjonuje powiedzenie, że jedno włókno może zabić. Nie przenoszę go na cząstki chromu(VI), ale prawdą jest, że w przypadku substancji rakotwórczych bez progu działania nikt nie może rzetelnie podać, od jakiej wdychanej ilości powstaje choroba, a poniżej jakiej nie.

Prawo operuje zatem ryzykiem. Niemiecka TRGS 910 ustala dla związków chromu(VI) stężenie tolerowane 1 µg/m³, w przeliczeniu na chrom we frakcji wdychalnej (DGUV). Odpowiada ono ryzyku tolerowanemu 4 na 1000, czyli rachunkowo czterem dodatkowym zachorowaniom na raka na 1000 pracowników, którzy przez 40 lat w każdym dniu roboczym są narażeni na to stężenie. Wiążąca wartość graniczna Unii Europejskiej zgodnie z dyrektywą 2004/37/WE wynosi od 18 stycznia 2025 roku 5 µg/m³, a więc pięciokrotnie więcej (załącznik III).

„Odrobina pyłu"

Kto przeraża się 100 000 włókien azbestu na metr sześcienny, a odrobinę żółtego pyłu na kolektorze wydechowym uważa za nieszkodliwą, porównuje liczbę z wrażeniem. Azbest liczy się we włóknach, chrom(VI) mierzy się wagowo, a porównywalne stają się dopiero po przeliczeniu.

Typowe włókno azbestu ma około 10 µm długości i 0,5 µm grubości i przy gęstości chryzotylu waży około 5 pikogramów, czyli 5 bilionowych części grama. 100 000 takich włókien waży razem około 0,5 µg, zależnie od długości i grubości włókien od 0,04 do 4 µg. Właśnie te 100 000 włókien na metr sześcienny przyjmuje niemiecka TRGS 910 dla azbestu przy ryzyku tolerowanym 4 na 1000, a dla chromu(VI) przy tym samym ryzyku 1 µg/m³. Obie wartości wyglądają zupełnie inaczej, ale opisują to samo ryzyko nowotworowe i wagowo mieszczą się w tym samym rzędzie wielkości.

Policzona odwrotnie odrobina pyłu wygląda inaczej. 1 µg chromu(VI) w postaci chromianu wapnia w cząstkach o średnicy 1 µm to około 1,8 miliona cząstek, i przy tym samym ryzyku 100 000 włókien azbestu odpowiada więc około 1,8 miliona cząstek chromianu. Również ilość, którą pracownik przy tym wdycha, jest niewielka. Przy około 10 m³ powietrza oddechowego na zmianę jest to przy stężeniu tolerowanym około 10 µg chromu(VI) dziennie, w ciągu roku pracy liczącego 220 zmian ponad 2 mg, a w ciągu 40 lat pracy niecałe 90 mg, mniej niż jedna dziesiąta grama. Przy tej ilości w ciągu życia zawodowego TRGS 910 zakłada cztery dodatkowe zachorowania na raka na 1000 pracowników. Francuskie badanie terenowe wykazało na turbosprężarce jednego silnika 869 ng chromu(VI). Rozprowadzone w jednym metrze sześciennym powietrza odpowiadałoby to niemal stężeniu tolerowanemu.

W wartościach granicznych ta równoważność nie znajduje odzwierciedlenia. Zgodnie z dyrektywą (UE) 2023/2668 dla azbestu do 20 grudnia 2029 roku obowiązuje wartość graniczna 10 000 włókien na metr sześcienny. Do tego dnia państwa członkowskie przestawiają liczenie włókien na mikroskopię elektronową, a do tego czasu, tam gdzie to możliwe, liczy się mikroskopem z kontrastem fazowym. Od 21 grudnia 2029 roku obowiązuje do wyboru ta sama wartość z uwzględnieniem cienkich włókien poniżej 0,2 µm albo wartość 2000 włókien na metr sześcienny (WHO). To około 0,05 i 0,01 µg/m³. Wiążąca europejska wartość graniczna dla chromu(VI) wynosi 5 µg/m³ i jest więc wagowo od stu do pięciuset razy wyższa. Rachunek porównuje masy i liczby cząstek, o mechanizmach działania obu substancji nie mówi nic.

5. Nadzór

Po wycofaniu azbestu producenci materiałów izolacyjnych, organy i ubezpieczyciele wypadkowi przez wiele lat współpracowali ręka w rękę. Było to zamierzone i tak zostało ukształtowane w prawie niemieckim. W Komitecie ds. Substancji Niebezpiecznych, który opracowuje TRGS, zgodnie z § 20 niemieckiego rozporządzenia o substancjach niebezpiecznych mają być reprezentowani pracodawcy, związki zawodowe, organy krajów związkowych, ustawowe ubezpieczenie wypadkowe i nauka. To, co wyniknęło z tej współpracy, zasługuje na szacunek, ponieważ zagrożenie ze strony włókien zostało dzięki temu znacznie ograniczone.

Włókna zastępcze zbadano wspólnie i zaklasyfikowano w przepisach, a z tego powstały kryteria klasyfikacji i zwolnienia, według których do dziś ocenia się sztuczne włókna mineralne. Klasyfikacja europejska obejmuje jako wełnę mineralną włókna krzemianowe o zawartości ponad 18 procent tlenków sodu, potasu, wapnia, magnezu i baru. Zgodnie z uwagą Q klasyfikacja jako rakotwórcze nie ma zastosowania, jeśli włókna w teście biotrwałości rozkładają się dostatecznie szybko (dyrektywa 97/69/WE z 5 grudnia 1997 roku). W Niemczech przez długi czas miarodajny był wskaźnik rakotwórczości, suma tlenków sodu, potasu, boru, wapnia, magnezu i baru pomniejszona o podwojoną zawartość tlenku glinu. Od wartości 40 szkliste włókno nie było klasyfikowane jako rakotwórcze (TRGS 905). Od 1 czerwca 2000 roku w Niemczech nie wolno już produkować ani stosować niezwolnionych wełen mineralnych do izolacji cieplnej i akustycznej, ochrony przeciwpożarowej i izolacji technicznej w budownictwie, a zwolnione produkty z reguły noszą znak jakości RAL stowarzyszenia Gütegemeinschaft Mineralwolle (Gewerbeaufsicht Niedersachsen).

Dla izolacji wysokotemperaturowej wynika z tego niewygodne ustalenie. Wskaźnik rakotwórczości rośnie wraz z zawartością tlenków zasadowych, ponieważ rozpuszczają one włókno w organizmie szybciej, i im więcej tlenku wapnia i tlenku sodu zawiera szkliste włókno, tym łatwiej zostaje ono zwolnione. Na gorących elementach ze stali stopowej z chromem właśnie te tlenki są partnerem reakcji powstawania chromianów. Tą samą dyrektywą z 1997 roku wełnę glinokrzemianową, która zawiera co najwyżej 18 procent tych tlenków, sklasyfikowano jako rakotwórczą, a w 2010 roku trafiła ona na listę kandydacką substancji wzbudzających szczególnie duże obawy. Jako alternatywę producenci oferują wełny z krzemianów ziem alkalicznych, które są zwolnione zgodnie z uwagą Q. We wszystkich przypadkach oceniano włókno w stanie dostawy i jego zachowanie w płucach. To, co to samo włókno tworzy po latach w temperaturze kilkuset stopni na stali stopowej z chromem, nie było przedmiotem oceny.

Organy nadzoru uznają obecnie powstawanie in situ. Od 4 maja 2026 roku niemiecka TRGS 561 omawia je w osobnym punkcie i wymaga stosowania reżimu ochronnego już wtedy, gdy nie można wykluczyć obciążenia chromem(VI), a niemieckie zawodowe towarzystwa ubezpieczeniowe BG BAU, BG ETEM i BG Verkehr wyraźnie wymieniają dotknięte obszary. Następny krok jest nieporównanie trudniejszy. Kto uznaje potencjał zagrożenia związany z powstawaniem chromianów, musi jednym tchem wskazać na produkty, które przez wiele lat w dużej mierze wspólnie traktowano jako uznany stan techniki, a psychologicznie jest to twardy orzech do zgryzienia.

W prawie procesowym w takiej sytuacji mówi się o stronniczości. Nie zakłada ona niewłaściwego postępowania, wystarczy uzasadnione wrażenie braku bezstronności. Europejski Trybunał Praw Człowieka bada więc bezstronność zgodnie z artykułem 6 Europejskiej Konwencji Praw Człowieka także pod kątem zewnętrznego wrażenia. Czy instytucja może bezstronnie na nowo ocenić substancję, którą sama współklasyfikowała, to uprawnione pytanie. W obszarze wysokich temperatur prawodawcy i producenci materiałów izolacyjnych będą w każdym razie musieli pójść osobnymi drogami.

Także w przypadku azbestu najpierw uregulowano postępowanie. W Niemczech azbestozę uznano za chorobę zawodową już w 1936 roku, a azbest zakazano 31 października 1993 roku (Umweltbundesamt). Pomiędzy tymi datami minęło 57 lat, w których regulowano postępowanie. Jako pierwszą wartość graniczną azbest otrzymał w

1971 roku techniczne stężenie orientacyjne (Bayerisches Landesamt für Umwelt). Oznaczało ono stężenie, „które można osiągnąć według stanu techniki", i według brzmienia TRGS 102 nie było w stanie „całkowicie wykluczyć" ryzyka dla zdrowia. Miarą było to, co technicznie osiągalne, a samą substancję przepisy zakwestionowały dopiero na końcu.

6. Wymiar globalny

Na świecie pracują setki tysięcy instalacji z izolowanymi gorącymi elementami, a jeśli doliczyć pojazdy, jest ich znacznie więcej. Materiały izolacyjne, o które chodzi, są wszędzie standardem. Silniki, turbiny i układy wydechowe europejskich producentów pracują na wszystkich kontynentach, statki są konserwowane w portach, do których akurat zawijają, maszyny budowlane i pojazdy użytkowe w warsztatach na całym świecie. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem Światowej Organizacji Zdrowia klasyfikuje związki chromu(VI) jako rakotwórcze dla ludzi, grupa 1, i to w tym samym tomie 100C, w którym ocenia także azbest (IARC, monografia 100C). To zagrożenie jest właściwością substancji i nie zależy od tego, w którym kraju ktoś ma z nią kontakt. Różni się jedynie to, jak poszczególne kraje chronią przed nią pracowników i środowisko.

Co to oznacza dla istniejących już izolowanych instalacji, statków i pojazdów, nie da się określić liczbowo, ponieważ zasób ten nigdy nie został ujęty pod kątem powstawania chromianów. Tylko dla silników gazowych, elektrowni węglowych, linii spalania odpadów i statków na podstawie publicznych danych o zasobach i ostrożnych założeń dotyczących odstępów konserwacyjnych wynika w przybliżeniu od 58 000 do 61 000 zdarzeń konserwacyjnych rocznie, jeszcze bez odliczenia nakładania się, przy których otwiera się izolację (wyprowadzenie rzędu wielkości). Do tego dochodzą miliony wizyt warsztatowych pojazdów użytkowych. Przepisy, które obejmują tę kwestię, obowiązują natomiast tylko w nielicznych miejscach. TRGS 561 to niemiecka reguła, rozporządzenie REACH obowiązuje w Europejskim Obszarze Gospodarczym, a producenci mimo to dostarczają jeden i ten sam produkt na wszystkie rynki.

Azbest pokazał, jak długo trwa wycofanie na skalę światową. Niemcy zakazały azbestu w 1993 roku, Unia Europejska w 2005 roku, Stany Zjednoczone chryzotylu dopiero w 2024 roku, a w wielu krajach azbest stosuje się do dziś. Kanada wydobywała i eksportowała chryzotyl, dopóki na początku lat 2010 nie zamknięto ostatnich kopalń, podczas gdy w kraju sanowano budynki. W Stanach Zjednoczonych pozwy azbestowe doprowadziły do upadłości dużych producentów. Johns-Manville złożył w 1982 roku wniosek o ochronę przed wierzycielami, a z funduszy powierniczych do dziś wypłaca się odszkodowania chorym. Kto dostarcza na cały świat, podlega także porządkom prawnym, w których odpowiedzialność za szkody na zdrowiu jest tak ukształtowana.

Jedna różnica w stosunku do azbestu waży przy tym szczególnie. Azbest był dostarczany jako produkt, a tam, gdzie go zakazano, dostawy się skończyły. Chromian może powstawać na nowo podczas eksploatacji każdej instalacji wyposażonej w zasadowo-tlenkowy materiał izolacyjny, i dopóki te materiały izolacyjne są dostarczane, zasób instalacji nadal rośnie.

Elektrownie i instalacje kogeneracyjne

Global Integrated Power Tracker prowadzony przez Global Energy Monitor rejestruje na świecie 116 095 bloków energetycznych (Carbon Brief, lipiec 2024). Obejmuje to także elektrownie wiatrowe, słoneczne i wodne bez izolowanych gorących elementów, pozostałe to elektrownie węglowe, gazowe, olejowe, bioenergetyczne, jądrowe i geotermalne z izolowanymi przewodami pary i spalin. W Stanach Zjednoczonych Departament Energii rejestruje prawie 4400 lokalizacji z kogeneracją (US Department of Energy), a w Niemczech pracuje ponad 10 000 instalacji kogeneracyjnych. Zasilają szpitale, osiedla mieszkaniowe, szklarnie, oczyszczalnie ścieków i

biogazownie, a ich tor spalin otwiera się przy każdej większej rewizji. Niemieckie zawodowe towarzystwa ubezpieczeniowe wyraźnie wymieniają instalacje kogeneracyjne wśród dotkniętych obszarów.

W czerwcu 2026 roku INNIO weszło na giełdę Nasdaq. Główny akcjonariusz sprzedał przy tym 90 milionów akcji za około 2,4 miliarda dolarów amerykańskich, a samo INNIO nie otrzymało z oferty żadnych wpływów (Börsen-Zeitung, 4 czerwca 2026). W ostatecznym prospekcie z 3 czerwca 2026 roku problematyka chromianów nie występuje. Chrom, chromiany i substancje rakotwórcze nie są w nim wymienione, substancje niebezpieczne, bezpieczeństwo pracy i środki ochrony indywidualnej wymienia on tylko ogólnie (prospekt w amerykańskiej komisji papierów wartościowych SEC). Wady konstrukcyjne i produkcyjne prospekt opisuje jako możliwość, która mogłaby wywołać dużą akcję wycofania w terenie („could cause a large field recall"), zagrożenia ze strony substancji niebezpiecznych odnosi do własnych zakładów („our current or former facilities"), a pojęcie odpowiedzialności za produkt w nim nie występuje. Zainstalowaną bazę własnych silników gazowych szacuje na około 44 gigawaty na dzień 31 grudnia 2025 roku i wskazuje, że silniki w światowym zasobie mogą osiągać okres eksploatacji ponad 20 lat. Instrukcja techniczna TA 2300-0025 w sprawie redukcji Cr-6 istniała wówczas już od trzech lat. Amerykański federalny sąd apelacyjny orzekł w 2021 roku, że czynniki ryzyka opisujące ryzyko jedynie jako możliwość mogą wprowadzać w błąd, jeśli ryzyko już się zmaterializowało (In re Alphabet, Ninth Circuit). Tym samym pojawia się pytanie, czy powstawanie chromianów na własnych silnikach powinno było znaleźć się w prospekcie emisyjnym.

Centra danych

Znajdujemy się w fazie, która jest bardzo energochłonna. Nie mija prawie dzień, by producenci silników i turbin nie ogłaszali nowych zamówień, przede wszystkim dla centrów danych. Wärtsilä dostarcza dla centrów danych w Stanach Zjednoczonych elektrownie z silnikami gazowymi o mocy 412 megawatów i 282 megawatów. Siemens Energy podaje dla zamawianych dziś turbin gazowych terminy dostaw w latach 2030 i 2031 (Börsen-Zeitung, 11 czerwca 2026). Według przeglądu branżowego Turbomachinery Magazine z lipca 2026 roku nowe moce turbinowe w GE Vernova, Siemens Energy i Mitsubishi Power będą dostępne najwcześniej pod koniec 2028 roku, a Baker Hughes ma wyprzedane turbiny NovaLT do 2028 roku. Rolls-Royce Power Systems zwiększył w 2025 roku wpływ zamówień o 21 procent do 7,14 miliarda euro, głównie dzięki zasilaniu centrów danych i segmentowi obronnemu, i rozbudowuje swoje zakłady we Friedrichshafen i Mankato (komunikat z 27 lutego 2026). INNIO otrzymało w październiku 2025 roku od VoltaGrid największe zamówienie w historii firmy, 2,3 gigawata mocy silników Jenbacher dla centrów danych (komunikat z 21 października 2025).

Dla centrów danych powstają przy tym elektrownie o nowej gęstości. Projekt Wärtsilä o mocy 412 megawatów obejmuje 40 silników gazowych typu 34SG, dla kampusu Monarch w Wirginii Zachodniej zaplanowano 2 gigawaty z silnikami Caterpillar serii G3500, PROENERGY dostarcza dla Crusoe 13 zespołów turbin gazowych o łącznej mocy 650 megawatów, a INNIO zawarło z Rehlko umowę ramową na 1,25 gigawata mocy Jenbacher (Power Engineering). Na świecie działa około 11 600 centrów danych (Voronoi, czerwiec 2026), a coraz więcej z nich wytwarza energię na miejscu, ponieważ rozbudowa sieci nie nadąża. Lokalizacja z 40 silnikami ma 40 izolowanych torów spalin, które są konserwowane w tym samym rytmie.

Maszyny te, jak od dziesięcioleci, wyposaża się w materiały izolacyjne zawierające tlenki zasadowe. Każda z nich jest konserwowana przez cały okres eksploatacji, a przy każdej konserwacji otwiera się izolację. To, co zostanie dostarczone w tych latach, tworzy zasób instalacji, przy którym będzie się pracować jeszcze długo po nadchodzącym zakazie stosowania. Również to ma swoją paralelę. W Niemczech azbest montowano przede wszystkim w budynkach z lat 60. i 70. (Umweltbundesamt), a na świecie zużycie spadło dopiero pod koniec lat 70. (USGS). To, co wbudowano w latach największego zapotrzebowania, do dziś zajmuje sanację.

Kotły i spalarnie

W ostatnich miesiącach w centrum uwagi znalazły się kotły. Często jest to mata osłonowa na obudowie zawierającej chrom albo zawierający wapń sznur uszczelniający na drzwiach ze stali stopowej z chromem prowadzących do komory spalania, na których może powstawać chromian. Sznury uszczelniające na drzwiach kotłów i pieców były dawniej azbestowe. Także tu zastąpiono włókno, a jego zamiennik może dziś sam być partnerem reakcji.

W spalarniach odpadów dochodzi druga droga powstawania, która nie ma nic wspólnego z izolacją. Chrom trafia do spalania wraz z odpadami, może tam zostać utleniony do chromianu i znajduje się następnie w popiołach. Francesca Paoletti zbadała tę drogę powstawania w swojej rozprawie doktorskiej w Karlsruhe (FZKA 6755, 2002). Dla pracownika, który czyści kocioł lub otwiera jego izolację, jest to ten sam pył. Na świecie pracuje ponad 3100 spalarni odpadów (ecoprog, marzec 2026).

Statki i jachty

Flota handlowa liczyła 1 stycznia 2025 roku około 112 500 statków o pojemności brutto od 100 (UNCTAD), a do tego dochodzą jachty, promy i jednostki państwowe. Pomiary i badania z ostatnich miesięcy wykazują obciążenie chromianami niemal w każdej zbadanej maszynowni statków, w szczególności także na jachtach i superjachtach. Częściowo pyły rozprzestrzeniły się po całej maszynowni i są tam dostępne przez skórę. Pomiary pokazują również, że chromiany są wynoszone z maszynowni, ponieważ w kabinach i na mostku wykryto osady chromianów na podłogach, biurkach i krzesłach biurowych. Na statku załoga mieszka tam, gdzie pracuje.

Jednocześnie ostrzegają dostawcy systemów oczyszczania spalin dla statków i jachtów. Fińska Proventia Oy opisuje w Information Bulletin 2/2025 „Hexavalent Chromium (Cr(VI)) Awareness and Safety Guidance" powstawanie chromianu wapnia na układach wydechowych ze stali nierdzewnej w kontakcie z zawierającymi wapń matami izolacyjnymi i pastami montażowymi powyżej 300 °C. Szwajcarska HUG Engineering AG zwraca uwagę swoich klientów w „Chromium (VI) Precautionary Notice" na powstawanie chromianów na izolowanych układach wydechowych ze stali nierdzewnej, a jej technicy serwisowi mogą przed rozpoczęciem pracy wykonać szybki test i przesunąć konserwację, jeśli obciążenie się potwierdzi.

Także w przypadku azbestu statki były jednym z punktów ciężkości. Od 1 stycznia 2011 roku Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu zakazuje nowego montażu materiałów zawierających azbest na wszystkich statkach bez wyjątku (IMO), a zasób na pokładach do dziś zajmuje armatorów.

Pojazdy i pojazdy szynowe

Według ostatniego opublikowanego zestawienia ogólnego stowarzyszenia producentów OICA na świecie użytkowano ponad 1,2 miliarda pojazdów silnikowych (OICA). Każda osłona termiczna jest izolacją wysokotemperaturową, a przy kolektorach wydechowych, turbosprężarkach i układach oczyszczania spalin spotykają się stal stopowa z chromem i izolacja. Nie każdy mały samochód jest wyposażony w osłony termiczne z igłowanych mat z włókna szklanego. W przypadku samochodów dostawczych i ciężarowych, zwłaszcza tych z układami oczyszczania spalin, zakładam, że jest to ponad połowa. W Unii Europejskiej przy około 31 milionach samochodów dostawczych i 6,2 miliona samochodów ciężarowych (ACEA) daje to ponad 18 milionów pojazdów, nie licząc autobusów, maszyn budowlanych i maszyn rolniczych. Na samochodach osobowych trzech producentów z dwóch kontynentów wykryłem chrom(VI) także na zimnych, swobodnie dostępnych powierzchniach komory silnika, z dala od gorących elementów. Niemiecka BG Verkehr wyraźnie wymienia pojazdy wśród dotkniętych obszarów, a ich serwis odbywa się w autoryzowanych i niezależnych warsztatach na całym świecie.

To samo dotyczy pojazdów szynowych. Tylko w Ameryce Północnej pod koniec 2024 roku eksploatowano około 37 700 lokomotyw, w większości spalinowo-elektrycznych (Railway Age za Rolling Stock World), a spalinowe zespoły trakcyjne i lokomotywy manewrowe jeżdżą na wszystkich kontynentach. Także pojazdy szynowe musiały po wycofaniu azbestu przejść gruntowną sanację.

Lotnictwo

Również silniki samolotów są osłonięte materiałami izolacyjnymi zawierającymi tlenki zasadowe. Światowa flota komercyjna liczyła w czerwcu 2025 roku 35 550 samolotów, z czego 30 300 było w aktywnej eksploatacji (IATA). W lotnictwie chromiany znane są od dziesięcioleci z antykorozyjnych podkładów, które stosuje się celowo. Powstawanie na izolacji silnika jest od tego niezależne i stanowi odrębne źródło, które może zostać odsłonięte przy każdym remoncie w warsztatach silnikowych. Właśnie tutaj działa pojęcie zbiorcze, o którym była mowa w ustaleniach, ponieważ kto w lotnictwie słyszy chrom(VI), myśli o podkładzie.

Wycofane z eksploatacji części

Wraz z końcem użytkowania część nie znika ze świata. Filtry cząstek stałych są czyszczone i regenerowane. Duński producent Dinex oferuje operatorom flot samochodów ciężarowych i autobusów wymianę, w ramach której zużyty filtr jest odsyłany, regenerowany i ponownie dostarczany jako „reconditioned unit" z homologacją typu (Dinex, listopad 2025). Część, na której mógł powstać chromian, wraca więc do eksploatacji, a właśnie ten ponowny montaż rozdział „Prawo nadrabia zaległości" opisuje jako stosowanie.

Katalizatory i jednostki SCR są otwierane i rozbierane w celu odzyskania metali szlachetnych. W Unii Europejskiej co roku kończy eksploatację około 6,5 miliona pojazdów (Parlament Europejski), a ich układy wydechowe przechodzą przez kolejne ręce jako złom metali lub części używane. Czy wskazówki producentów docierają do tych, którzy je demontują, sortują lub ponownie montują, to pytanie z rozdziału o producentach. Także w przypadku azbestu zagrożenie nie tkwiło wyłącznie w dużych instalacjach. Okładziny hamulcowe i tarcze sprzęgła wymieniano w warsztatach tysiące razy, a pył ścierny i stare części przez długi czas krążyły nieuregulowanymi drogami.

7. Dylemat producentów silników i materiałów izolacyjnych

Każda dostarczona instalacja pozostaje w terenie, a wraz z nią izolacja, z którą opuściła fabrykę. Producent, który dziś przechodzi na materiał izolacyjny bez tlenków zasadowych, odpowiada tym samym na pytanie dla nowych instalacji, a dla starych pozostawia je otwartym. Operatorzy już dostarczonych instalacji będą chcieli wiedzieć, dlaczego ich instalacja wciąż pracuje ze starym materiałem, czy zostanie doposażona i kto za to zapłaci. Prospekt INNIO opisuje, co może wywołać wada konstrukcyjna, mianowicie dużą akcję wycofania w terenie. W przypadku silników pracujących ponad 20 lat pytanie to sięga daleko w przyszłość.

Do tego dochodzi obciążenie, które producenci nałożyli na siebie sami. Raportują o zrównoważonym rozwoju, bezpieczeństwie pracy i zdrowiu. Zgodnie z europejskimi standardami sprawozdawczości należą do tego także pracownicy w łańcuchu wartości (ESRS S2), czyli technicy serwisowi, warsztaty i zakłady regenerujące, które otwierają izolację. Również gospodarka o obiegu zamkniętym ma tu swoją ciemną stronę. Programy takie jak Cat Reman czy mtu Reman Technology Centres firmy Rolls-Royce Power Systems w Niemczech i Stanach Zjednoczonych przyjmują z powrotem używane silniki i podzespoły, regenerują je i ponownie wprowadzają do eksploatacji (Caterpillar, Rolls-Royce). Czy uwzględnia się przy tym, że na tych częściach mógł powstać chromian, to pytanie do samych programów.

Sama energetyka rozwija się przy tym nieustannie. Każda generacja silników i turbin przynosi większą moc i wyższą sprawność, normy emisji stają się coraz ostrzejsze, a układy oczyszczania spalin wymagają, aby ciepło pozostało w spalinach, dopóki nie dotrą one do katalizatora. Izolacja stała się tym samym częścią ograniczania emisji. Sam element izolacyjny prawie nie uczestniczył w tym rozwoju. Na wysoce zoptymalizowanych maszynach do dziś znajduje się koncepcja materiałowa z lat 70., którą od tamtej pory oceniano głównie pod kątem kwestii włókien. Optymalizuje się wszystko, czym mierzy się osiągi instalacji, a izolacji nikt nie mierzy, dopóki utrzymuje ciepło.

Ironia polega na tym, że materiał izolacyjny w stanie dostawy może spełniać wszystkie obowiązujące wymagania, a mimo to w warunkach eksploatacji przyczyniać się do powstawania związków chromu(VI). Materiały izolacyjne są zwolnione z klasyfikacji, a zwolniono je ze względu na zawartość tlenków zasadowych, czyli właśnie tego składnika, który na stali stopowej z chromem tworzy chromian. Karty charakterystyki opisują stan dostawy kompletnie i prawidłowo. Również każdy komunikat producenta na temat powstawania chromianów jest compliance, i każdy dokumentuje zarazem, od kiedy przedsiębiorstwo zna drogę powstawania. Im sumienniej przedsiębiorstwo ostrzega, tym dokładniej dokumentuje stan swojej wiedzy, a dopóki materiał izolacyjny pozostaje, każde ostrzeżenie wydłuża okres, z którego musi się tłumaczyć.

Producenci materiałów izolacyjnych tkwią w pułapce składnika. Tlenki zasadowe nie są w ich produktach zanieczyszczeniem. Wełnę kamienną wytapia się ze skał bazaltowych i dodatków, które wnoszą tlenek wapnia i tlenek magnezu, wełna szklana potrzebuje tlenku sodu jako topnika, a krzemian wapnia ma ten składnik już w nazwie. Biorozpuszczalność, na której opiera się zwolnienie z klasyfikacji, zależy od tych samych tlenków. Kto je usuwa, opuszcza swoją rodzinę produktów i podstawę jej klasyfikacji. Producenci silników raczej nie znajdą więc zamiennika u dotychczasowego dostawcy.

Nowy obszar działalności zaostrza to pytanie. Producenci materiałów izolacyjnych przyjmują z powrotem wełnę mineralną i zawracają ją do produkcji. ROCKWOOL prowadzi system zwrotu Rockcycle w 25 krajach i zbiera wełnę kamienną z placów budowy, remontów i rozbiórek. W kilku zakładach czysta wełna kamienna trafia przy tym bezpośrednio do produkcji bez ponownego wytapiania (ROCKWOOL). ISOVER zawraca w Niemczech odpady z cięcia nowych materiałów izolacyjnych w ramach swojej usługi EASY-ECO, natomiast odpadów z rozbiórki o kodzie 17 06 03* nie wolno poddawać recyklingowi (ISOVER, lipiec 2025). W Holandii punkt przyjęć Renewi dla Rockcycle nie przyjmuje wełny kamiennej z zanieczyszczeniami chemicznymi (Renewi, 2025). Czy zawraca się także wełnę mineralną z przemysłowych izolacji wysokotemperaturowych, z dokumentów nie wynika. Wyłączenia działają tylko wtedy, gdy ktoś zna zanieczyszczenie, a obciążenia chromianami nie widać po wełnie. Co dzieje się z chromianem, gdy obciążona wełna wraca do produkcji, nie omawia żaden z dokumentów.

Jednocześnie kołowrotek kręci się coraz szybciej. Portfele zamówień są pełne, terminy dostaw sięgają 2030 roku, a co tydzień fabryki opuszczają instalacje z tym samym materiałem izolacyjnym. Przestawienie wymaga prób, dopuszczeń i nowych łańcuchów dostaw, a także czasu, którego przy takiej sytuacji zamówień nikt nie sądzi, że ma. Każda dostarczona instalacja powiększa jednak zasób, który późniejsze przestawienie postawi pod znakiem zapytania. Im dłużej się czeka, tym droższy staje się ten krok i tym większa pokusa, by dalej go odkładać.

Odpowiedni moment już był. Pierwsze komunikaty producentów pochodzą z listopada 2020 roku, w maju 2026 roku pojawiła się niemiecka TRGS 561, w czerwcu 2026 roku debiut giełdowy INNIO. Każdy z tych momentów nadawałby się do przestawienia, które można było przedstawić jako postęp. Kto przestawia się dziś, robi to jeszcze z własnej woli. Po decyzji w sprawie załącznika XVII zrobi to, ponieważ będzie musiał. Kto przestawi się pierwszy, wyznacza ponadto miarę, którą będą mierzeni pozostali. Producenci azbestu przegapili moment, w którym mogli sami ukształtować wycofanie, a ostatecznie ukształtowali je ustawodawcy i sądy.

8. Prawo nadrabia zaległości

Przepisy zaczęły obejmować ten stan faktyczny. Niemiecka TRGS 561 robi to od maja 2026 roku, a dyrektywa (UE) 2026/2450 wyraźnie klasyfikuje środki ochrony indywidualnej przy czynnikach rakotwórczych jako ostateczność. Dla chromianu sodu od lat obowiązuje surowsza reguła. Od 21 września 2017 roku nie wolno go w Unii Europejskiej stosować bez zezwolenia, a może on powstawać wszędzie tam, gdzie wełna mineralna leży na gorących elementach ze stali stopowej z chromem, ponieważ wełna mineralna zawiera tlenek sodu. Dopóki instalacja pracuje, izolacja jest wyrobem. Z chwilą otwarcia pyły i włókna zawierające chromiany występują w postaci wolnej, a ich składowanie, obróbka i ponowny montaż stanowią stosowanie w rozumieniu rozporządzenia REACH. Nikt nie wystąpił o zezwolenie na to. Wskazówki producentów pojawiają się trzy lata po dacie ostatecznej, a żadna z nich nie wymienia załącznika XIV. Producenci muszą zmierzyć się z pytaniem, czy powinni byli dostrzec ten związek. Szczegóły zawiera opracowanie „Pominięty zakaz stosowania".

Wykrycie chromu(VI) samo w sobie nie mówi, jakie konkretnie związki chromianowe występują. Dla operatora nie jest to powód, by uznać dalsze stosowanie izolacji obciążonych chromianami za bezproblemowe. Niezależnie od wyniku europejskiej procedury ograniczenia wymagania bezpieczeństwa pracy obowiązują już dziś, a droga powstawania należy do oceny możliwości zastąpienia.

W kwietniu 2025 roku Europejska Agencja Chemikaliów zaproponowała ograniczenie niemal wszystkich związków chromu(VI) na podstawie załącznika XVII do rozporządzenia REACH. To ten sam załącznik, w którym pod pozycją 6 figurują włókna azbestu. Dopuszczalna ma pozostać tylko zamknięta lista zastosowań przemysłowych, a konserwacja izolowanych gorących elementów się na niej nie znajduje. Raport agencji zakłada wejście w życie w 2028 roku. Ponieważ procedura jest na ostatnim etapie, a większość została już określona, uważam podjęcie decyzji w pierwszej połowie 2027 roku za realistyczne, a przy przewidzianym okresie przejściowym wynoszącym 18 miesięcy termin upłynie wtedy w drugiej połowie 2028 roku. Izolacja zamontowana dziś będzie wtedy nadal w instalacji.

9. Dzisiejsza decyzja

Obowiązek zastąpienia zgodnie z artykułem 4 europejskiej dyrektywy 2004/37/WE nie zależy od procedury ograniczenia. Obowiązuje dziś, wiąże się z klasyfikacją jako rakotwórcze i dotyczy w równym stopniu chromianu wapnia i chromianu sodu. Dyrektywa (UE) 2026/2450 wyjaśnia ponadto wyraźnie, że środki ochrony indywidualnej wchodzą w grę dopiero po zastąpieniu oraz środkach technicznych i organizacyjnych, i nadaje tym samym środkom priorytetowym, a przede wszystkim zastąpieniu, jeszcze większą wagę. Zastępuje się przy tym materiał, który może prowadzić do powstawania rakotwórczych związków chromu(VI), czyli materiał izolacyjny zawierający tlenki metali alkalicznych i metali ziem alkalicznych. Samego powstałego chromianu nie da się zastąpić, ponieważ nikt go celowo nie stosuje.

Materiały do izolacji wysokotemperaturowej bez tlenków metali alkalicznych i metali ziem alkalicznych są dostępne. Unikają drogi powstawania, nie ustępując pod względem odporności temperaturowej i trwałości. Historia azbestu zakończyła się w załączniku XVII do rozporządzenia REACH, pod pozycją 6, a związki chromu(VI) są w drodze do tego samego załącznika. Czy historia powtórzy się w izolacji wysokotemperaturowej aż do tego miejsca, rozstrzygnie się wcześniej, w zakupach, które trwają dziś.

Źródła wszystkich stwierdzeń zawartych w tej broszurze znajdują się w analizach „Pominięty składnik" i „Pominięty zakaz stosowania" na www.cr6.info oraz, w odniesieniu do dyrektywy (UE) 2026/2450, w analizie przepisów „Środki ochrony indywidualnej jako ostateczność".

Historia wersji

Wersja	Data	Zmiana
0.1	listopad 2026	Pierwsza wersja (projekt do uzgodnienia)
0.2	listopad 2026	Rozdział „Wymiar globalny" zreorganizowany: elektrownie i instalacje kogeneracyjne, centra danych, kotły i spalarnie, statki i jachty, pojazdy i pojazdy szynowe, lotnictwo, wycofane z eksploatacji części
0.3	listopad 2026	Nowy rozdział „Dylemat producentów silników i materiałów izolacyjnych"
0.4	listopad 2026	Poprawki redakcyjne: harmonogram procedury ograniczenia, stan dostawy materiałów izolacyjnych, wyprowadzenie liczby zdarzeń konserwacyjnych, zbadane maszynownie, podziały stron; pierwsze wydanie polskie
1.0	listopad 2026	Pierwsza opublikowana wersja