

Arbetsmiljörelaterad exponering och ohälsa i cirkulär ekonomi - en litteraturstudie. Kunskapsläge och kunskapsluckor

Neza Palir¹, Eva Dock^{1,2}, Robert Linder^{1,2}, Jenny Rissler³, Andreas Vilhelmsson¹, Karin Broberg¹

¹Avd för arbets- och miljömedicin, Inst för laboratoriemedicin, Lunds universitet

²Arbets- och miljömedicin Syd, Skånes universitetssjukhus, Lund

³Ergonomi och aerosolteknologi, Inst för designstudier, Lund tekniska högskola, Lunds universitet



**Karolinska
Institutet**

Institute of Environmental Medicine

Arbete och Hälsa ISSN (Online): 3035-9821

Published by Karolinska Institutet under the terms of [CC BY 4.0](#)

© The authors

Editor-in-chief

Jenny Selander ¹

Editorial board

Maria Albin ¹

Emma Brulin ¹

Gunnar Johanson ¹

Maria Kippler ¹

Linda Schenk ¹

Mattias Öberg ¹

Editorial assistant

Kevin Skogh ¹

Editorial advisory board

Maria Lagrelus ^{1,2}

Vivi Schlünssen ³

Kjell Torén ⁴

Jens Wahlström ⁵

Charlotte Wåhlin ⁶

¹ Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden

² Centre for Occupational and Environmental Medicine,
Stockholm, Sweden

³ Aarhus University, Aarhus, Denmark

⁴ University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden

⁵ Umeå University, Umeå, Sweden

⁶ Linköping University, Linköping, Sweden

Contact

Unit of Occupational Medicine
Institute of Environmental Medicine
Karolinska Institutet

Homepage: <https://publicera.kb.se/aoh>

E-mail: kevin.skogh@ki.se

Förord

Kunskapsöversikten "Arbetsmiljörelaterad exponering och ohälsa i cirkulär ekonomi" belyser olika exponeringar och relaterade hälsoeffekter inom den cirkulära ekonomin och baseras på litteraturstudier av vetenskaplig litteratur publicerad fram tills 2025. Kunskapsöversikten finansieras av Afa försäkring.

Innehåll

Förord	3
Innehåll	4
Förkortningar	6
Sammanfattning/ Summary	7
1. Introduktion	1
1.1 Cirkulär ekonomi	1
1.2 Arbetsmiljö i avfalls- och återvinningssektorn	1
2. Syfte	3
3. Litteraturgranskning	3
3.1 Avgränsning av studier	3
3.2 Litteratursökning	3
3.3 Bedömning av relevans	3
3.4 Kvalitetsbedömning	5
3.5 Syntes	5
4. Resultat	5
4.1 Kemiska och fysikaliska arbetsmiljörisker	5
4.1.1 Bioaerosoler	5
4.1.1.1 Endotoxiner	7
4.1.1.2 β -(1 $\rightarrow$ 3)-D-Glukaner	8
4.1.1.3 Totalt antal bakterier	8
4.1.1.4 Gramnegativa bakterier, aktinomyceter (en grupp av grampositiva bakterier)	9
4.1.1.5 Totalt antal svampar	10
4.1.1.6 Sammanfattning bioaerosoler	11
4.1.2 Metaller	11
4.1.2.1 Bly	13
4.1.2.2 Arsenik	13
4.1.2.3 Aluminium	13
4.1.2.4 Kadmium	13
4.1.2.5 Indium	13
4.1.2.6 Platina	14
4.1.2.7 Sammanfattning metaller	14
4.1.3 Organiska föreningar	14
4.1.3.1 Polybromerade difenyletrar (PBDE)	15
4.1.3.2 Organofosfatestrar (OPE)	16
4.1.3.3 Flamskyddsmedel (nya bromerade (NBFR), klorerade (Cl-FR), dekloraner)	17
4.1.3.4 Polyklorerade bifenyler (PCB)	17
4.1.3.5 Dioxiner och furaner (PCDD/F)	17
4.1.3.6 Övriga	18
4.1.3.7 Sammanfattning organiska ämnen	18
4.1.4 Strålning, gaser, explosiva ämnen	18
4.1.5 Ergonomi, olyckor, buller, organisatoriska faktorer	22
4.1.5.1 Olycksfall	23
4.1.5.2 Ergonomi	23

4.1.5.3 Buller	23
4.1.5.4 Sammanfattning	23
4.1.6 Övriga studier - avfall inte specificerat	27
4.1.7 Blandexponeringar och cocktaileffekter	30
4.2 Hantering av okända material	30
4.3 Riskhantering och riskbedömning	31
5. Diskussion och framtida forskningsbehov	31
6. Betydelse för exponeringsövervakning	32
6.1 Förändringar i företagets rekryteringsbehov och skyddskrav	32
6.2 Utmaningar för gällande regelverk	33
6.3 Förändrat behov av medicinska kontroller	33
7. Slutsatser	34
7. Referenser	35
Appendix	52
Litteratursökning: Arbetsmiljörelaterad exponering och ohälsa i cirkulär ekonomi	52
Databaser för sökning	52
Sammanfattning av sökning	60

Förkortningar

BF: Bromerade flamskyddsmedel

Cl-FR: Klorerade flamskyddsmedel

E-avfall: Elektriskt och elektroniskt avfall

EU: Europeiska unionen

JB: Joanna Briggs Institute

LV: Lipidvikt

NBFR: Nya bromerade flamskyddsmedel

OEL: Hygieniskt gränsvärde (Occupational exposure limit)

OECD: The Organization for Economic Cooperation and Development

OPE: Organofosfatestrar

PAH: Polycykliska aromatiska kolväten

PBDE: Polybromerade difenyletrar

PCB: Polyklorerade bifenyler

PCDD: Polyklorerade dibenso-p-dioxiner

PCDF: Polyklorerade dibensofuraner

PPE: Personlig skyddsutrustning

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension

PRISMA-ScR: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for

RPE: Andningsskydd

SDG: Hållbarhetsmål

TEQ: toxiska ekvivalentnivåer

VOCs: Flyktiga organiska föreningar

Sammanfattning/ Summary

Palir N, Dock E, Linder R, Rissler J, Vilhelmsson A, Broberg K. Arbetsmiljörelaterad exponering och ohälsa i cirkulär ekonomi - en litteraturstudie. *Kunskapsläge och kunskapsluckor. Arbete och hälsa 2026;60(4)*.

Övergången till en cirkulär ekonomi har lett till en ökning av sysselsatta inom sektorerna återanvändning, avfallshantering och återvinning, sektorer där det tycks finnas betydande hälsorisker. Denna kunskapsöversikt syftar till att 1) identifiera och inkludera alla relevanta studier om arbetsmiljö fram tills år 2025 i relation till återanvändning, avfallshantering och återvinning som utförts i länder inom Organisationen för ekonomiskt samarbete och utveckling (OECD). Detta för att belysa bredden i den forskning som genomförts samtidigt som den återspeglar svenska arbetsförhållanden. 2) Bedöma yrkesmässig exponering och tillhörande hälsorisker utifrån olika typer av exponering samt 3) identifiera kunskapsluckor relaterade till yrkesmässig exponering och hälsorisker inom återanvändning, avfallshantering och återvinning. Litteratursökningen identifierade 207 artiklar som inkluderades i översikten. Dessa publicerades mellan 1992 och 2024 och kom från 29 OECD-länder. Analysen av studier om exponering och hälsa vid arbete med återvinning visar på en väldigt komplex kemisk exponering (bioaerosoler, metaller och organiska ämnen) och fysikalisk exponering (t ex ergonomiska riskfaktorer, buller och gaser). Hälsoeffekterna är understuderade men tyder på ökade risker för sjukdomar i flera organ. Kunskapsluckor omfattar för återvinning bland annat exponering för nya kemikalier och metaller i olika avfallsströmmar, dess hälsoeffekter inklusive blandnings-/cocktaileffekter, organisatoriska faktorer i relation till hälsa och arbets kvalitet, samt inte minst exponering och hälsa vid återanvändning av olika material i den cirkulära ekonomin. På grund av exponeringens komplexa natur behöver verksamheter inom återanvändning, avfallshantering och återvinning arbeta proaktivt med stärkt utbildning inom arbetsmiljö och säkerhet, riskbedömningar och medicinska kontroller.

The transition to a circular economy has led to an increase in employment in the reuse and waste management sectors, where significant health risks appear to exist. This review aims to: (1) identify and include all relevant studies on the working environment in relation to reuse and waste management, conducted in countries within the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) up to 2025, in order to provide a broad overview of the research conducted while reflecting Swedish working conditions; (2) assess occupational exposure and associated health risks across different types of exposure; and (3) identify knowledge gaps related to occupational exposure and health risks within reuse and waste management. The literature search identified 207 articles that were included in the review. These were published between 1992 and 2024 and originated from 29 OECD countries. The analysis of studies on exposure and health in recycling work indicates highly complex chemical exposures (bioaerosols, metals, and organic compounds) and physical exposures (e.g., ergonomic risk factors, noise, and gases). Health effects are understudied but indicate increased risks of diseases affecting multiple organ systems. Knowledge gaps in waste management include, among other things, exposure to emerging chemicals and metals in different waste streams, their health effects, including mixture/cocktail effects, and organizational factors in relation to health and quality of work. There are major knowledge gaps regarding exposure and health risks associated with the reuse of different materials in the circular economy. Due to the complex nature of these exposures, organizations involved in reuse and waste management need to work proactively by strengthening training in occupational health and safety, risk assessments, and medical surveillance.

Keywords: circular economy, waste management, recycling, reuse, occupational hazards

1. Introduktion

1.1 Cirkulär ekonomi

Den cirkulära ekonomin är en ekonomisk modell utformad för att minska resursförbrukningen, förlänga produkters livslängd och minimera avfallet genom att följa 3R-principen: minska, återanvända och återvinna (på engelska reduce, reuse, recycle). Till skillnad från den traditionella linjära ekonomin, som följer en "tillverka, använda och slänga"-modell, är den cirkulära ekonomin baserad på slutna system där material och produkter stannar i omlopp så länge som möjligt (1). Samtidigt är den cirkulära ekonomin ett verktyg för att uppnå internationella och nationella klimatmål genom att minska nyproduktion samt extraktion av jungfruliga material vilka ofta kräver mycket energi och kan leda till mer föroreningar i miljön.

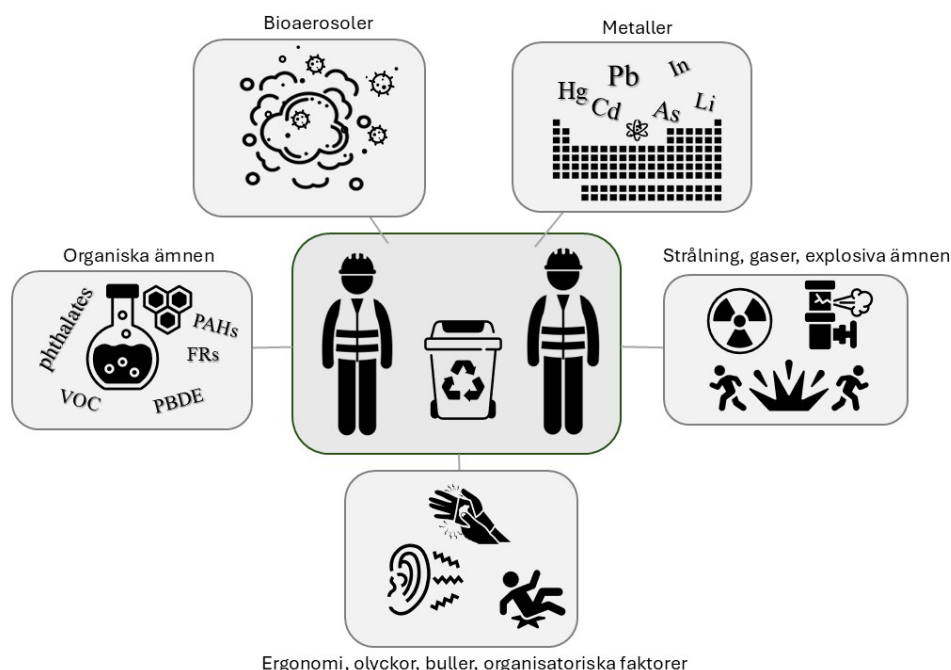
Processer för en cirkulär ekonomi har initierats genom Europeiska unionens (EU) politiska ramverk samt den omfattande strategin den "Gröna given" (2) i vilken en central del är en handlingsplan för den cirkulära ekonomin (3). Europeiska arbetsmiljöbyrån (EU-OSHA) har utvecklat möjliga scenarier för hur den Gröna given kommer att påverka arbeten och arbetsmiljö samt utifrån detta tagit fram policyunderlag för hur förändringarna kan hanteras (se vidare (<https://osha.europa.eu/en/publications/circular-economy-policy-pointers>)). Det uppskattas att initiativ inom den cirkulära ekonomin kommer att resultera i cirka 700 000 nya jobb i EU år 2030, en siffra som skulle kunna bli ännu högre genom ytterligare strategier, såsom avfallstransportförordningen från 2024, som begränsar avfallsexport och främjar återanvändning och återvinning inom EU (4) och EU-förordningen om förpackningsavfall som syftar till att göra alla förpackningar på EU-marknaden återvinningsbara på ett ekonomiskt hållbart sätt år 2030 (5).

Sverige har också strategier för återanvändning och återvinning (6) och anpassar sig till EU:s direktiv för att minska avfallsexport, förbättra återvinningsgraden och öka den inhemska materialåtervinningen. I regeringens handlingsplan (6) anges fyra fokusområden för att uppnå en cirkulär ekonomi: i) hållbar produktion och produktdesign, ii) hållbara sätt att konsumera och använda material, produkter och tjänster, iii) giftfria och cirkulära kretslopp, samt iv) att den cirkulära ekonomin blir en drivkraft för näringsliv och andra aktörer genom åtgärder som främjar innovation och cirkulära affärsmodeller. År 2022 genererade Sverige 4,1 miljoner ton kommunalt avfall men endast 40% återvanns eller förbereddes för återanvändning (7). EU har satt stränga återvinningsmål som kräver att medlemsstaterna ska återvinna minst 60% till 2030 och 65 % till 2035 så vi måste öka graden av återvinning (7).

Återvinningsindustrin växer följaktligen. I Sverige ledde ökningen av återvinning mellan 2000 och 2019 till en ökning med 80% av antalet registrerade arbetstagare inom avfalls- och återvinningsindustrin till 14 700 (8) medan en ökning på 143% av sysselsättningen inom avfallshantering rapporterades i EU mellan 2000 och 2022 (9). Det bör noteras att återanvändningen av material, t.ex. byggmaterial, elektronik och textilier, också ökar. Sociala företag inom återanvändningssektorn uppskattas skapa i genomsnitt 70 jobb per 1 000 ton insamlat material (10).

1.2 Arbetsmiljö i avfalls- och återvinningssektorn

Arbete inom gårdagens och dagens avfallshantering och återvinning förknippas med hög risk för exponering för farliga ämnen och riskfyllda fysikaliska faktorer (Figur 1). Tidigare vetenskaplig litteratur (översiktsartiklar (11–13) tyder på att arbetstagare inom avfallshantering och återvinning ofta exponeras för toxiska metaller, bioaerosoler, organiska kemikalier, strålning, gaser och explosiva ämnen; ergonomisk belastning, buller, risk för olyckor samt generellt osunda arbetsförhållanden. En egen pilotsökning av risker i arbetsmiljön vid återanvändning/ återbruk av material indikerade emellertid en mycket sparsam vetenskaplig litteratur.



Figur 1. Exponeringsrisker inom avfallshanterings- och återvinningssektorn

Exponering för toxiska metaller, såsom bly, kadmium och kvicksilver, kan bland annat leda till neurologiska, njur- och hjärt-kärlsjukdomar (14). Bioaerosoler – partikelformiga blandningar av organiskt damm, mikroorganismer och deras fragment – är kända för att påverka immunförsvaret och orsaka autoimmunitet eller överkänslighet och luftvägssjukdomar (t.ex. astma) (15). Organiska ämnen, inklusive flamskyddsmedel, mjukgörare och polycykliska aromatiska kolväten (PAH) förekommer ofta i avfallsströmmar där vissa karakteriseras som hormonstörande kemikalier medan andra kopplas till cancer och hjärt-kärlsjukdomar (16,17). Några av dessa ämnen, såsom polyklorinerade dibenso-p-dioxiner (PCDD), polyklorinerade dibensofuraner (PCDF) och polyklorinerade bifenylor (PCB), definieras som långlivade organiska föroreningar (POP). POPs är särskilt problematiska genom sin resistens mot nedbrytning och ackumulation i fettvävnad hos djur och människa (18). Dessa ämnen har inte bara snarliga kemiska strukturer utan orsakar också liknande toxiska effekter, inklusive cancer, reproduktions- och utvecklingsstörningar samt förändringar i immunsystemet. Den mest potenta kongenen inom dessa grupper är 2,3,7,8-tetraklordibenso-p-dioxin (TCDD) (19). Dessa mycket toxiska kemiska föreningar kan bildas vid ofullständig förbränning av organiskt material, särskilt när klor är närvarande, vilket är typiskt vid avfallsförbränning.

Strålning, gaser och explosiva ämnen utgör risker som sträcker sig från cancer och andningsproblem till brand- och explosionsskador (20,21). Ergonomisk belastning, långvarig exponering för buller och ogynnsamma organisatoriska faktorer – såsom långa arbetstider, otillräcklig utbildning och dåliga säkerhetsrutiner – kan bland annat bidra till muskuloskeletala besvär, olyckor och akuta skador, hörselnedsättning och långvarig stress bland arbetstagare.

Övergången till en cirkulär ekonomi har lett till en ökning av sysselsatta inom sektorerna återanvändning, avfallshantering och återvinning, sektorer där det tycks finnas betydande hälsorisker. Med bakgrund av detta har vi genomfört en kunskapsöversikt av arbetsmiljö och hälsa i dessa sektorer för att identifiera kunskapsluckor där det behövs mer forskning och som bas för utveckling av nya riktlinjer. Denna kunskapsöversikt fokuserar på studier som genomförts i länder som ingår i Organisationen för ekonomiskt samarbete och utveckling (OECD) för att belysa bredden i forskning som genomförts om exponering inom återanvändning, avfallshantering och återvinning, samtidigt som den återspeglar svenska arbetsförhållanden.

2. Syfte

Denna kunskapsöversikt syftar till att:

- identifiera och inkludera alla relevanta studier om arbetsmiljö i relation till återanvändning, avfallshantering och återvinning som utförts inom OECD-länder, och kategorisera dem i lämpliga exponeringsgrupper (bioaerosoler; metaller; organiska ämnen; ergonomi, olyckor, buller, organisatoriska faktorer; strålning, gaser, explosiva ämnen; övriga studier (ingen exponering definierad); blandexponering och cocktaileffekter).
- Bedöma yrkesmässig exponering och tillhörande hälsorisker inom varje exponeringsgrupp.
- Identifiera kunskapsluckor relaterade till yrkesmässig exponering och hälsorisker inom återanvändning, avfallshantering och återvinning.

3. Litteraturgranskning

Denna litteraturgranskning är en "scoping review" (översiktsstudie) genomförd från oktober 2024 till 2025 och följer Joanna Briggs Institutes (JBI) metodologiska ramverk (22) samt "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews" (PRISMA-ScR) (23). Till skillnad från systematiska översikter ger en scoping review en översikt över befintlig evidens, oavsett kvalitet, och lämpar sig för bredare ämnen, där studier som använder olika design och metoder syntetiseras (24). Översiktsstudier är därför användbara för att identifiera kunskapsluckor och syntetisera evidens i litteraturen.

3.1 Avgränsning av studier

Studier som inkluderades var originalartiklar som undersökte (i) avfallshantering och återvinning, cirkulär ekonomi inklusive återanvändning, yrkesmässig exponering, hälsorisker bland arbetstagare, oavsett arbetstagarnas ålder och yrkesår, (ii) utförda i OECD-länder, samt (iii) oavsett publiceringsår. Följande ämnesområden och studietyper exkluderades: (i) artiklar skrivna på annat språk än engelska, (ii) studier om hantering och återvinning av medicinskt avfall, avloppsrening eller artiklar relaterade till energiomställning, jordbruk och andra hållbarhetsområden utanför återanvändning eller avfallshantering, (iv) översiktsartiklar, samt (v) sk grå litteratur (opinionsartiklar och icke-vetenskapliga källor).

3.2 Litteratursökning

En litteratursökning genomfördes i oktober 2024 av en informationsspecialist vid Medicinska fakultetens bibliotek vid Lunds universitet i fyra elektroniska databaser: PubMed (National Library of Medicine), Embase (via Embase.com), Scopus och Web of Science Core Collection. Söktermerna omfattade begrepp relaterade till "yrkesgrupper", "avfall och material", "hälsoeffekter", "exponering inom återvinningsindustrin" och "grön ekonomi". Sökningen redovisas i detalj i Appendix I.

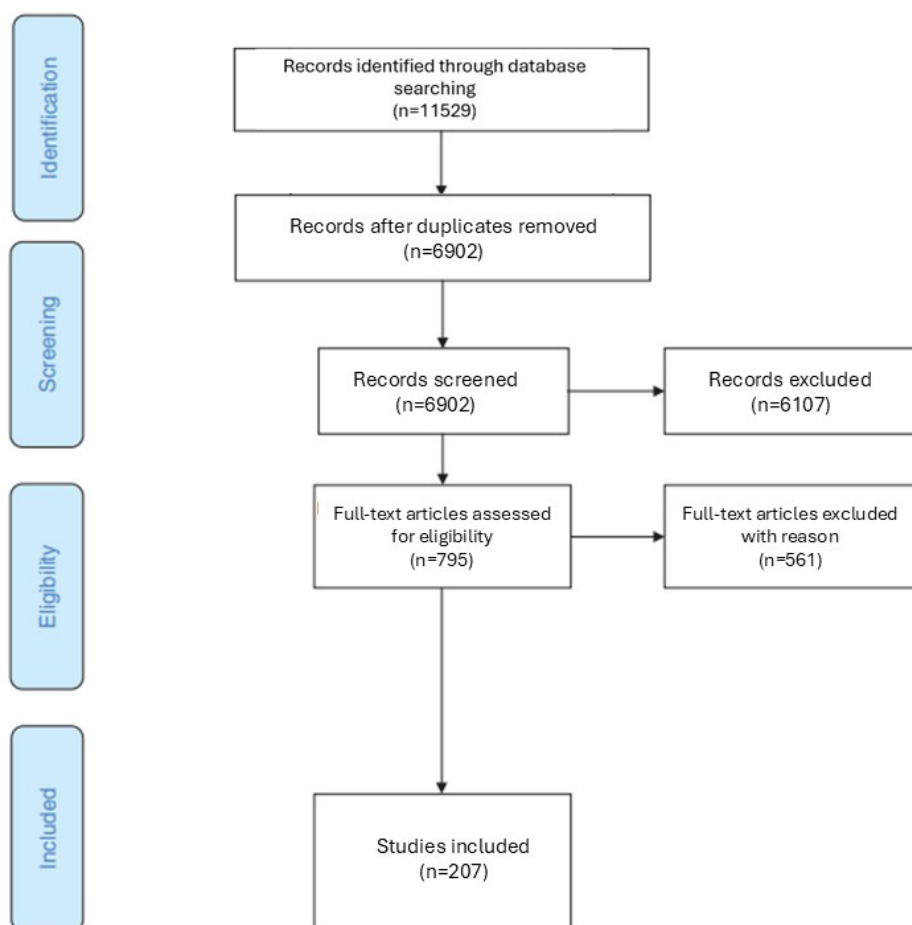
3.3 Bedömning av relevans

Först togs dubletter bort med hjälp av referensprogrammet Endnote och plattformen Covidence. Därefter granskades alla titlar och abstrakt i Covidence blint och oberoende av tre till fyra granskare för att minska partiskhet. Eventuella konflikter flaggades av Covidence och löstes av en tredje person. I samtliga fall nåddes konsensus.

I nästa fas utvecklades en databas inklusive variablerna (titel, år, författare, studiedesign, land, metod, utfall, personlig skyddsutrustning) gemensamt av alla granskare. Därefter granskades hela artiklarna som

valt ut i första steget, där en granskare kartlade den exponeringsgrupp som den tilldelats. Utvalda studier delades in i åtta exponeringsgrupper: bioaerosoler; metaller; organiska ämnen; ergonomi, olyckor, buller, organisatoriska faktorer; strålning, gaser, explosiva ämnen; övriga studier (ingen exponering definierad); blandexponering och cocktaileffekter. I varje fas jämfördes artiklarna mot inklusions- och exklusionskriterierna enligt ovan (Se Figur 2 för PRISMA-flödesdiagrammet, som beskriver antalet artiklar som granskats, exkluderats och inkluderats). Resultaten diskuterades sedan tillsammans i gruppen av granskare, och databasen förfinades kontinuerligt genom en iterativ process. Formuläret hade följande variabler: (a) artikel titel, (b) exponeringsgrupp 1, (c) exponeringsgrupp 2, (d) exponeringsgrupp 3, (e) författare, (f) år, (g) fokusområde, (h) ursprungsland, (i) OECD Ja/Nej, (j) syfte, (k) studiepopulation, (l) urvalsstorlek, (m) formellt/informellt arbete, (n) metoder, (o) intervention (om någon), (p) studiedesign, (q) exponering, (r) exponeringsområde, (s) resultat, (t) nytt eller ovanligt avfallsinnehåll, (u) säkerhet och personlig skyddsutrustning, (v) nyckelfynd, (x) gränsvärden i artikel, (y) svenskt gränsvärde.

Varje enskild artikel kunde ingå i flera exponeringskategorier om mer än en exponeringskategori undersöktes i den. Produktion per år ingick inte som variabel eftersom det sällan rapporterades i studierna som granskades. Likaså angavs sällan andra åtgärder för att minska exponering förutom personlig skyddsutrustning. Vi har därför använt upplysningar om personlig skyddsutrustning som en indikator för det systematiska arbetsmiljöarbetet.



Figur 2. Flödesschema för litteratursökningen

3.4 Kvalitetsbedömning

Denna kunskapsöversikt är en översiktsstudie för att ge en bred bild av befintlig litteratur snarare än att utvärdera studiernas kvalitet för inkludering eller exklusion. Därför genomfördes ingen formell kvalitetsbedömning av studierna, i enlighet med JBI:s metod för översiktsstudier (22).

3.5 Syntes

Syntesen genomfördes med hjälp av en beskrivande och tematisk metod, baserad på fördefinierade exponeringsgrupper. Varje granskare sammanfattade den grupp de tilldelats i ett stycke som summerade antal artiklar, representerade länder, publiceringsperiod, huvudsakliga studiegrupper, avfallstyper, studiedesign, rapporterade resultat, nyckelfynd och aspekter relaterade till säkerhet och personlig skyddsutrustning. Bedömning av exponering och ohälsa gjordes utifrån observationer rapporterade i studierna mellan individuella exponeringsgrupper/ämnen och självrapporterade symptom, diagnostiserade sjukdomsfall eller uppmätta biomarkörer. Nivå av exponering relaterades i förekommande fall till existerande gränsvärde eller i relation till oexponerade i de studier dessa inkluderades i studien. Detta möjliggjorde identifiering av trender i yrkesmässig exponering och dess hälsorisker, samt identifiering av kunskapsluckor. Ingen metaanalys genomfördes, i linje med metoden för översiktsstudier.

4. Resultat

Litteratursökningen identifierade 207 artiklar (Figur 2) som inkluderades i översikten. Dessa publicerades mellan 1992 och 2024 och kom från 29 OECD-länder. Litteraturen var väldigt heterogen speciellt med avseende på avfallstyper, arbetsuppgifter och arbetsförhållanden samt typer av hälsorisker som studerades. Detta avspeglades även i hur mätningar och resultat presenterades i studierna. För exponeringskategorier som omfattade fler än 20 artiklar (bioaerosoler, metaller och organiska ämnen) hänvisar vi till tabeller i den bifogade excelfilen. För vissa ämnen presenteras sammanfattande tabeller med exponeringsnivåer inne i texten. För exponeringskategorier med 19 studier eller färre presenterar vi tabeller i huvudtexten under respektive exponeringsgrupp.

Det bör noteras att i vår litteratursökning hittades inga studier om yrkesmässig exponering och/eller hälsoeffekter i relation till återanvändning av material (såsom byggmaterial, textilier, elektronik etc.). Vidare fanns det mycket få studier som behandlade organisatoriska faktorer (arbetsorganisation, långa arbetspass, utbildning etc.).

4.1 Kemiska och fysikaliska arbetsmiljörisker

4.1.1 Bioaerosoler

Analysen baserades på 75 studier (fullständig lista i bifogad excelfil) publicerade mellan 1995 och 2024, med fokus på yrkesmässig exponering för bioaerosoler – luftburna partiklar av biologiskt ursprung såsom endotoxiner, bakterier och svampar – inom avfallshanterings- och återvinningssektorn.

De inkluderade studierna kom från geografiskt skilda OECD-länder. De flesta studierna kom från Danmark (25–32) följt av Polen (33–40), Kanada (41–47), Portugal (48–53), Frankrike (54–59) och Norge (60–65). Ytterligare studier kom från Finland (66–70), USA (71–74), Italien (75–78), Storbritannien (79–81), Schweiz (82–84), Spanien (85,86), Turkiet (87,88), Tyskland (89,90), Sydkorea (91,92), Österrike (93), Nederländerna (94), Sverige (95), Litauen (96), Tjeckien (97), Grekland (98) och Mexiko (99).

Studiegrupperna återspeglade ett brett spektrum av yrken inom avfallssektorn och vissa studier undersökte flera typer av avfallsanläggningar. De grupper som oftast studerades var komposteringsarbetare (29 artiklar) (30–32,36,39,41,44,46,52,53,55–

57,59,62,63,67,68,71,74,78,81,83,86,89,90,93,94,96) arbetare som sorterar avfall (22 artiklar) (33,34,37–40,47,49,50,52–54,59,61,63,77–80,85,92,93), och sophämtare (14 artiklar) (28,39,42,45,47,62,64–66,84,87,91,92,95). Ett antal studier undersökte även bredare eller mindre tydligt definierade roller inom anläggningar för hantering eller återvinning av fast avfall (10 artiklar) (26,27,43,44,66,69,75,76,88,98), där arbetstagare beskrevs med allmänna termer som "arbetare inom fast avfall" eller "arbetare inom återvinning av hushållsavfall". Mindre vanligt representerade studiegrupper inkluderade arbetare vid deponier (39,66,72,73,75) och mekanisk-biologiska hanteringsanläggningar (59,70,78). Förbränning av avfall inkluderades i tre studier (35,49,75). Specifika materialströmmar som inkluderades i två vardera studier var pappersåtervinning (25,29) och plaståtervinning (58,97). Återvinning av e-avfall (82), glas (48), borrhavfall (60) och sopplöskning (99) undersöktes alla i varsin studie. Den sistnämnda representerar den enda studien med informell avfallshantering och återvinning, alla andra studier inkluderade formellt anställda.

Avfallstyper som hanterades var främst organiskt avfall och kommunalt fast avfall, både sorterat och osorterat. Specifika typer av avfall inkluderade återvinningsbara material (plast, papper, e-avfall) samt restavfall som hanteras på deponier.

När det gäller studiedesign var den stora majoriteten tvärsnittsstudier med fokus på exponeringsbedömning. Endast ett fåtal studier inkluderade upprepade mätningar över tid eller longitudinella studier av hälsoeffekter (54,55,58,69,90,94,97). Inkluderat är också två fallrapporter (74,81), en fall-kontrollstudie (99), en pilotstudie (35) och en fallstudie (85), den sistnämnda undersökte ett utbrott av Q-feber bland arbetare vid en sorteringsanläggning för fast avfall. Ämnesområdena inkluderade som sagt exponeringsmätningar (framförallt mättes luftburna koncentrationer av endotoxiner, β -(1→3)-D-Glukaner (en komponent av svampars och växters cellvägg), bakterier, och svampar) och tidiga eller kliniska effekter på arbetare (t.ex. andningssymtom, inflammatoriska markörer, förändringar i lungfunktion eller seroprevalens för hepatit E-virus). Majoriteten av exponeringsmätningarna utfördes med stationär och personlig luftprovtagning.

Nivåerna av bioaerosoler varierade beroende på typ av arbetsområde, typ av avfall samt avfallsanläggningens konstruktion och säsong. Exponeringsnivåerna var högst i områden med avfallshantering, såsom vid kompostering och sortering (30,31,37,40,57,67–71,77,86). Koncentrationer av bioaerosoler var betydligt lägre i kontorsutrymmen eller välventilerade utrymmen (26,31–33,44,55,56,58,59,67,77). Exponeringsnivåerna varierade beroende på säsong och var generellt högre under sommaren (30,48,54,75,83,86,97). Inget svenskt hygieniskt gränsvärde finns idag för bioaerosoler men för vissa komponenter av bioaerosoler finns rekommenderade riktvärden (se nedan under respektive komponent).

Samband hittades mellan exponering för endotoxiner och bakterier och svampar och effekter på andningsvägarna (39,62–66,73,79,80,87,88,90,93–95), och i vissa fall sågs även nedsatt lungfunktion (62,64,80,87,88,90). Arbetare visade också förhöjda nivåer av akutfasproteiner och inflammationsmarkörer i relation till endotoxiner, bakterier och svampar, även vid exponering under rekommenderade gränsvärden (27,32,55,61–64,94,95). Det rapporterades även förekomst av patogenspecifika antikroppar (55,72,74,83,85,93,98,99) och i vissa fall även mykotoxiner (52,53). Kliniska diagnoser, såsom allergisk bronkopulmonell aspergillos (81) och hypersensitivitetspneumonit förekom också (74). En studie undersökte ett utbrott av Q-feber med en bekräftad koppling till luftburen kontaminering av bakterien *Coxiella burnetii* (38), medan en annan studie rapporterade exponering för hepatit E-virus bland sophämtare (99).

Nästan alla studier diskuterade personlig skyddsutrustning (PPE) och rekommenderade användning, särskilt andningsskydd. Emellertid rapporterades faktisk användning av PPE bland arbetarna i endast en tredjedel av artiklarna och omfattningen av användningen varierade kraftigt. Medan vissa arbetsplatser tillämpade olika skyddsåtgärder (såsom andningsskydd, handskar eller ventilation) (50,62,77), noterades i många studier dålig eller inadekvat användning av andningsskydd (26,30,39,45,48,49,52,53,66,67,72,84,85,87). En total brist på PPE observerades i flera fall och i ett fåtal studier kunde detta kopplas till högre infektionsnivåer (62,84,85). Förutom att betona vikten av att

upprätthålla användningen av PPE, vilket rapporterades i majoriteten av studierna, rekommenderades också i flera studier rutinmässig övervakning av exponering för mikroorganismer och förbättring av ventilationssystemen(33,34,36,38,44,45,58,66,78,82,97), särskilt i högriskzoner vid avfallsanläggningar.

Nedan beskrivs observationer för specifika komponenter av bioaerosoler i mer detalj.

4.1.1.1 Endotoxiner

Luftburna endotoxinkoncentrationer varierade mellan 0 och 21 000 EU/m³ (Tabell 1) men typiska exponeringsnivåer var 2–50 EU/m³. Nivåerna var generellt högre vid avfallsinsamling och sortering och en studie rapporterade medelvärden på 1123 EU/m³ (92). Under kompostering rapporterades ännu högre medelvärde på upp till 2340 EU/m³ (68). Den högsta nivån av alla rapporterade mätningar (21 000 EU/m³) uppmättes under underhåll av en bioreaktor vid en mekanisk-biologisk avfallsanläggning (70). Ett större antal studier, särskilt de som berör biologisk avfallshantering, rapporterade nivåer som vida översteg rekommenderade hälsobaserade gränsvärden (framförallt hänvisas till det nederländska 90 EU/m³(100).

Exponering för endotoxiner >8 ng/m³ visade samband med hosta med slemhosta, heshet och torr hals (79). Endotoxinexponering med median 13 EU/m³ visade samband med inflammation (IL8 och neutrofiler) i de nedre luftvägarna (64) och endotoxiner var i en studie den största bidragande faktorn till total inflammatorisk potential (30).

Tabell 1. Endotoxiner i luft i urvalda artiklar grupperade efter avfallstyp/arbetsuppgifter

Avfallstyp	MEDIAN eller MEDELVÄRDE (GM, AM) (EU/m ³)	MIN-MAX (EU/m ³)
Biologiskt avfall	AM: 1900 - 2340 (39,68) GM: 0.19 - 527 (30–32,94)	LOD (0.15) - 18000 EU/m ³ (30,39,56,67,68,94)
E-avfall	GM: 3.2 (26)	0.18 - 1.07 (82)
Pappersavfall	GM: 3.9 - 44.3 (25,26,29)	0.93 - 140 (25)
Plastavfall	GM: 4.2 - 22.3 (26,58)	1.2 - 860 (58)
Borrningsavfall	GM: 2.1 (60)	x
Arbetsuppgifter		
Sophämtning	Median: 1.8 - 13 (28,64,65) AM: 2.5 - 1123 (45,64,65,84,92) GM: 35 (47)	0.1 - 1200 (28,47,65,84)
Kommunal sopsortering	Median: 2.24 - 494 (26,61,63) AM: 1123 (92) GM: 663 (61)	4 - 6870 (61,63,92)
Anaerob nedbrytning av organiskt avfall	AM: 4.68 (78)	0 - 137.8 (78)
Mekanisk-biologiskt behandling av organiskt avfall	AM: 16.2 - 10650 (70)	8.4 – 21000 (70)

AM- aritmetiskt medelvärde; GM-geometriskt medelvärde; EU-endotoxin unit (sv. Enhet); x-data saknas

4.1.1.2 β -(1→3)-D-Glukaner

Luftburna glukankoncentrationer varierade mellan 3 och 4850 ng/m³. Typiska nivåer låg runt 50 ng/m³, med de högsta koncentrationerna funna vid sophämtning och kompostering. Ökande glukandexponering (median 40 respektive 52 ng/m³; korrelerade med svullnad i näsan respektive inflammation med neutrofiler och icke-signifikant med ökande IL8 (63,64). Vid glukannivå över 12 ng/m³ observerades mer hosta, trångt i bröstet och magproblem (79). Högre antal lymfocyter rapporterades med ökande glukannivåer (95). Inget rekommenderat gränsvärde rapporterades för glukaner.

4.1.1.3 Totalt antal bakterier

Koncentrationer av luftburna odlingsbara bakterier varierade mellan 20 och 10⁸ CFU/m³ (Tabell 2). Rekommenderad referensnivå i litteraturen för totalt antal bakterier är 1 × 10⁴ CFU/m³ (26). I återvinningsanläggningar för papper, plast, och glas-avfall sågs medelvärden runt 10³ CFU/m³. Biologiskt avfall visade liknande medelvärden/median runt 10⁴ CFU/m³, men max-värden var högre (upp till 10⁸).

En studie fann ett positivt samband mellan anaeroba bakterier och högre nivåer av akutfasproteiner hsCRP och SAA, vilket indikerar att dessa mikroorganismer kan inducera en inflammatorisk reaktion hos arbetare (GM: 2712 CFU/m³; intervall: 104–9,97×10⁴ CFU/m³) (32). Likaså var bakteriekoncentrationer över 4 × 10⁴ CFU/m³ associerade med en signifikant ökning av SAA (27).

Tabell 2. Totalt antal bakterier i luft i urvalda artiklar, grupperade efter avfallstyp/arbetsområde

Avfallstyp	MEDIAN eller MEDELVÄRDE (GM, AM) (CFU/m ³)	MIN-MAX (CFU/m ³)
Biologiskt avfall (kompost)	Median: 76 - 2.03x10 ³ (86) GM: 2.7x10 ³ - 1.3x10 ⁵ (26,30-32,56,57) AM: 1.2x10 ⁴ (71)	104 - 5.69x10 ⁸ (30-32,44,56,57,71)
Pappersavfall	Median: 0.21x10 ³ - 6.5x10 ³ (25, 80) GM: 4.3x10 ⁴ (26)	20 - 1.70x 10 ⁵ (25,29,80)
Plastavfall	Median: 19.80x10 ³ (80) GM: 4.9x10 ³ (58)	73 - 1.2x10 ⁶ (58,80)
Glasavfall	AM: 1.2x10 ³ - 1.6x10 ⁴ (48)	x
Borrningavfall	GM: 626 (60)	24 - 3.8x10 ⁴ (60)
Arbetsområde		
Förbränning	Median: 1.6x10 ³ AM: 3.4x10 ³ (35)	757 - 7.8x10 ³ (35)
Sophämtning	Median: 1.7x10 ³ - 5.03x10 ⁵ (42,66) AM: 1.8x10 ⁴ (92) GM: 420 - 2.08x10 ⁴ (47)	35 - 8.9x10 ⁵ (42,66)
Kommunal återvinning	Median: 1.5x10 ⁵ (66) AM: 9.23x10 ⁴ - 2.2x10 ⁵ (40,92)	4.7x10 ⁴ - 1.65x10 ⁵ (66)
Deponi (hushålls- och byggavfall)	Median: 9x10 ³ (66)	70 - 58x10 ³ (66)
Anaerob nedbrytning av organiskt avfall	AM: 546 (78)	x, 2.63x10 ⁴ (78)

AM- aritmetiskt medelvärde; GM-geometriskt medelvärde; CFU-colony-forming units (sv. koloniformande enhet); x-data saknas

4.1.1.4 Gramnegativa bakterier, aktinomyccer (en grupp av grampositiva bakterier)

Gramnegativa bakterier varierade från några tiotal till flera hundra tusen CFU/m³, med mediankoncentrationer under det riktvärdet på 1000 CFU/m³ (44,66,77). Högre nivåer observerades i vissa anläggningar: vid avfallssortering med koncentrationer upp till 1743 CFU/m³ (86); i avfallshanteringsrummet i en resursåtervinningsanläggning, där nivåerna rapporterades till cirka 6500 CFU/m³ (median) samt med max-värden upp till 139000 CFU/m³ (66).

Aktinomyccethalterna varierade från 0 till 1,04 × 10⁴ CFU/m³, medan sporkoncentrationerna nådde 0–590 × 10⁶/m³ i vissa kompostreaktorer. De högsta exponeringarna (min-max i studien 0.02–0.3×10⁶ sporer/m³) mättes vid reaktorkompostering och visade samband med ökad risk för hosta, irritation och nedsatt lungfunktion (62).

4.1.1.5 Totalt antal svampar

Koncentrationer av luftburna odlingsbara svampar varierade från 4 upp till 1.14×10^8 CFU/m³ med genomsnittliga koncentrationer runt 10^4 CFU/m³ (Tabell 3). Detta att jämföra med föreslagna referensvärden på 5×10^4 CFU/m³ (33) samt 10^4 CFU/m³ (75). Medelvärde/median-koncentrationer skilde sig inte nämnvärt mellan olika avfallströmmar/arbetsområden, men den högsta koncentrationen fanns vid kompostering (10^8 CFU/m³). En studie med ergosterolbaserade mätningar rapporterade svampkoncentrationer på $1,4 \times 10^5$ – $1,7 \times 10^6$ CFU/m³, vilket var mycket högre än koncentrationerna vid odling ($1,9 \times 10^3$ – $3,4 \times 10^4$ CFU/m³) och tyder på att ergosterolmetoden bättre kan fånga den totala förekomsten av svamp och att odlingsbaserade mätningar kan underskatta exponeringen (37).

Mag-tarmbesvär som illamående och diarré ökade med exponering för svampar och endotoxiner (28). Akutfasproteiner och inflammatoriska markörer (CRP, SAA, IL-8, TNF) var positivt associerade med koncentrationer av svampar (GM: $4,4 \times 10^4$ CFU/m³) (27). En ytterligare studie fann positivt samband mellan hsCRP (höggkänsligt CRP) och svampkoncentrationer (GM: 3737 CFU/m³, intervall: 33 – $9,45 \times 10^4$ CFU/m³) (32).

Tabell 3. Totalt antal svampar i luft i urvalda artiklar grupperade efter avfallstyp/arbetsområde

Avfallstyp	MEDIAN eller MEDELVÄRDE (GM, AM) (EU/m ³)	MIN-MAX (CFU/m ³)
Biologiskt avfall	Median: 69 - 3331 (77,86) AM: 1.9x10 ⁴ - 2.7x10 ⁴ (39) GM: 3737- 8.38x10 ⁴ (26,30-32,57)	33 - 1.14x10 ⁸ (30-32,39,44,77,96)
Papper	Median: 2.3x10 ³ - 19x10 ³ (25) GM: 2.4x10 ³ - 3.3x10 ⁴ (25,26)	628 - 1.300x10 ⁶ (25,29)
Plast	Median: 8.86x10 ⁴ (80) AM: 2.3x10 ⁴ - 3.5x10 ⁵ (97) GM: 44x10 ³ (58)	200 - 2.7x10 ⁶ (58,80,97)
Glas	AM: 1.6x10 ³ - 1.5x10 ⁴ (48)	x
Borrningsavfall	GM: 78 (60)	4 - 1.4x10 ⁷ (60)
Arbetsområde		
Sophämtare	Median: 5.9x10 ³ - 1.02x10 ⁵ (42) AM: 8.7x10 ³ - 63x10 ³ (39,92) GM: 320 - 4.94x10 ³ (47)	4.8x10 ³ -1.03x10 ⁵ CFU/m ³ (39,42)
Kommunal avfallsåtervinning	Median: 485 - 2.26x10 ⁴ (77) AM: 2.4x10 ⁴ - 1.26x10 ⁵ (39,92) GM: 4.4x10 ⁴ (26)	27 - 1.38x10 ⁵ (39,77)
Sortering av fast avfall	AM: 6.1x10 ³ - 1.65x10 ⁵ (37,40,43)	1.9x10 ³ - 3.4x10 ⁴ (37,44)
Anaerob nedbrytning av organiskt avfall	AM: 4.8x10 ³ (78)	x-2.6x10 ⁴ (78)

AM- aritmetiskt medelvärde; GM-geometriskt medelvärde; CFU-colony-forming units (sv. koloni-formande enhet); x-data saknas.

4.1.1.6 Sammanfattning bioaerosoler

Resultaten visar att arbetare inom återvinning exponeras över rekommenderade gränsvärden för individuella komponenter av bioaerosoler, såsom endotoxiner, bakterier och svampar, och framförallt vid kompostering och sortering av biologiskt avfall. Hälsoeffekter som symtom från hosta och ökad inflammation rapporterades under rekommenderade gränsvärden.

4.1.2 Metaller

Analysen omfattade 42 vetenskapligt granskade studier publicerade mellan 1992 och 2024, med fokus på yrkesmässig exponering för metaller och metallhaltiga partiklar inom avfallshantering, förbränning och återvinning.

Studier var genomförda med stor geografisk spridning inom OECD. Flest antal studier kom från USA (101–108), följt av Spanien (109–113), Italien (114–118), Frankrike (3) (119–121), Mexiko (122–124), Kanada (125–127), Japan (128–130), Grekland (131,132), Colombia (133,134), Tyskland (135,136) och Sverige (137,138).

Spanien och Storbritannien representerades gemensamt i en studie (139). Länder med endast en studie inkluderad var Belgien (140), Nederländerna (141) och Polen (142).

Yrkesgrupper som undersöktes hade olika roller inom avfallssektorn. De två mest studerade arbetsmiljöerna var inom återvinning av e-avfall och specifikt batteriåtervinning, vilka behandlades i 12 (101–103,108,111,117,126,127,135–138), respektive 11 studier (101,118,119,123,124,130,133,140–142). Andra studier belyste metall- eller metalloxidåtervinning (104,107,115,121,125,128,129) och avfallsförbränning (105,109,110,112–114,120). Enstaka studier förekom inom deponier för fast avfall (131), katalysatoråtervinning (116), återvinning av sopor (122), fartygsåtervinning (139), hantering av farligt avfall (106) samt en bredare kategori omfattande hantering av fast avfall, inklusive deponi och kompostering/återvinning (132).

Tjugotre studier undersökte exponering för flera metaller och omfattade bly, kadmium, kvicksilver, indium, aluminium, arsenik och kobolt (102,103,108–112,114–116,119,120,122,126,127,131,132,134–139). Tio studier fokuserade uteslutande på blyexponering (101,107,118,121,123,124,130,133,141,142), framförallt i samband med batteriåtervinning. Andra individuella metaller, utöver bly, som undersöktes var arsenik (106), aluminium (104), beryllium (125), kadmium (140) och platina (117). Två studier handlade om indium (128,129).

De flesta studierna var tvärsnittsstudier (30 studier), i övrigt var designen upprepad tvärsnittsstudie (112,129,139), pilotstudie (103), så kallad pilotfallstudie (125), longitudinella studier (110,113–115) och fallstudie (106,111,131). Alla studier baserades på formellt arbete förutom tre som inkluderade informellt arbete (122,133,134).

Primärt mättes metaller och metallpartiklar i luft, blod och urin men vissa studier mätte även biomarkörer för effekt (t.ex. biomarkörer för oxidativ stress, DNA-skador, inflammation) eller kliniska effekter på arbetare (t.ex. njurskador, lungskador, neurologiska effekter, allergiska reaktioner, blodtryck, diabetes, reumatoid artrit).

Biologisk provtagning i blod och urin var den vanligaste metoden för att mäta metallexponering (69 % av studierna) följt av personburen luftprovtagning på filter (33%). Stationära luftmätningar på filter, provtagning med våtservetter och direktavläsande instrument för partiklar förekom vardera i 14% av studierna. Andra metoder som använts var mätning av metallexponering i hud eller hår, registerstudier och spirometri. Den vanligaste analystekniken för metaller i luft, våtservetter, blod och urin var syraextraktion följt av induktivt kopplad plasmamasspektrometri (ICP-MS). I vissa fall användes tekniker som liknar ICP-MS. Biomarkörer för genotoxicitet bestämdes med flera olika tekniker som beskrivs i detalj i de olika studierna.

I 25 studier diskuterades säkerhetsföreskrifter, ventilation och PPE, varav det i många fall rapporterades om att arbetarna var otillräckligt skyddade (102,103,107,118,122,127,134,135,137–139). Felaktig förvaring ledde också till kontaminering av PPE (101,106).

Arbetare som arbetade med återvinning av e-avfall och batterier hade den högsta metallexponeringen men den varierade beroende på arbetsuppgifter (101–103,107,108,111,116,118,119,124,126,127,132,134,135,137,139).

Generellt sett var metallkoncentrationerna för förbränningsarbetare låga, med nivåer motsvarande icke-yrkesmässigt exponerade arbetare eller under de yrkesmässiga referensvärdena. För fartygsmonteringsarbetare visar majoriteten av metallluftmätningarna att definierade exponeringsgränser överskrids, vilket kräver omedelbar åtgärd (139). Nanopartiklar var vanliga i metallavfallsflöden (108,138). Stålarbetare som återvann skrot uppvisade ökad lungcancerdödlighet och högre andel diabetes, högt blodtryck, reumatoid artrit och hjärt-kärlsjukdomar, möjligen på grund av exponering för metallpartiklar (115). Avfallsarbetare exponeras för metaller och har förhöjda proteinnivåer som bidrar till njurskador (122). Samexponering för flera metaller visade på genotoxiska effekter större än för enskilda metaller. En ökning av bly i luft från 1,6 till 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vid konstant exponering för kobolt och kadmium (8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ och 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) var associerat med en nästan femfaldig ökning av risk för DNA-brott, även om bly ensamt inte ökade DNA-brott (136).

Nedan beskrivs resultaten för specifika metaller.

4.1.2.1 Bly

Bly var den absolut vanligaste metallen som studerats (29 studier). Höga halter av bly i luft var vanligt i anläggningar som återvinner e-avfall. Uppmätta halter av bly i luft var vanligtvis högre jämfört med kontrollgrupper och i de flesta fall under nuvarande gränsvärden (att jämföra med det svenska gränsvärdet för bly i luft (inhalerbart damm) på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, motsvarande gränsvärde i Kanada och USA (OSHA) på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), men halter över gränsvärdet var inte ovanliga. Till exempel överskreds de lokala gränsvärdena för bly i luft för 5% av arbetarna vid en metallåtervinningsanläggning (107), för en medarbetare vid återvinning av e-avfall ($67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (102). I ytterligare en studie om e-avfall uppmättes halter av bly i luft upp till $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för arbetare som hanterade katodstråleskärmar, vilket var 4,9 respektive 8,5 gånger högre blyexponering jämfört med arbetare som inte var tilldelade en specifik typ av elektronik (127). Arbetare inom fartygsåtervinning hade hög exponering för luftburna partiklar och toxiska metaller, särskilt bly där halter upp mot nära $30 \text{mg}/\text{m}^3$ mättes upp vid användning av skärbrännare (139).

Gränsvärdet för bly i blod i Sverige på arbetsplatser är idag $10 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ för kvinnor <50 år och $30 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ för män och kvinnor >50 år, men kommer att sänkas den 1 januari 2029 med 50 %. Förhöjda blynivåer i blod jämfört med nu gällande gränsvärden fanns hos de som arbetade med batteriåtervinning: medelvärde $69 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ (123), median $70 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ (124), medelvärde $39 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ (142), medelvärde $15 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ (134), medelvärde $44 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ (118), median $12 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ (133) och vid avfallsförbränning medelvärde $11 \mu\text{g}/100 \text{mL}$ (105). Höga blynivåer i blod såväl som i luft fanns hos arbetare som utförde skärbränning (107,139). Blyexponering var associerat med minskad ALAD-enzymaktivitet (118,123), ökad oxidativ DNA-skada mätt med 8-hydroxiguanosin (142), immundysfunktion och högre infektionsfrekvens (124) samt förändrat blodkroppantal (förhöjda nivåer av basofiler; 134). Det var vanligt förekommande att blynivåer var höga i blod utan att halterna i luft var förhöjda, vilket tyder på att luft inte var den enda exponeringsvägen. Till exempel har handkontaminering kopplats till högre blynivåer i blod (130).

4.1.2.2 Arsenik

Luftprover av arsenik för arbetare som hanterade farligt avfall visade koncentrationer på 2–12 μg arsenik/ m^3 i luft (106), där 12,5% av proverna överskred gränsvärdena för arsenik i inhalerbart damm från OSHA (USA) såväl som Sverige (båda $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.1.2.3 Aluminium

Arbetare som återvunnit aluminium (ingen exponering mättes) uppvisade minnesförlust, långsammare reaktionstider, försämrad koordination, humörsvängningar och minskad lungfunktion jämfört med en kontrollgrupp (104).

4.1.2.4 Kadmium

Kadmiumexponering mättes på batteri-, e-avfalls-, metall- och fastavfallsanläggningar. I en batteriåtervinningsanläggning fanns luftburet kadmium i inhalerbart damm upp till nivåer på $79,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket med marginal översteg gränsvärdet för kadmium i luft i både Frankrike och Sverige (båda $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (119). Urinprover från samma studie visade kadmiumnivåer upp till $27,6 \mu\text{g}/\text{g}$ kreatinin, vilket är anmärkningsvärt högre än det franska biologiska gränsvärdet (BLV) på $5 \mu\text{g}/\text{g}$ kreatinin. Betydande lungbelastning av biotillgängligt kadmium skattades vid en metallåtervinningsanläggning (121).

4.1.2.5 Indium

Exponering för indium uppmätt som totaldamm i luft i en återvinningsanläggning för indiumtennoxid (ITO) visade att vissa arbetare år 2004 var exponerade för nivåer upp till $7,105 \text{mg}/\text{m}^3$ och överskred därmed gränsvärdena för indium enligt ACGIH i USA ($0,1 \text{mg}/\text{m}^3$) och Sverige ($0,01 \text{mg}/\text{m}^3$) (129). Implementering av effektiva andningsskydd och installation av förbättrad punktutsugsventilation skedde under 2008 varefter

personburna mätningar för indium i luft i totaldamm låg mellan 0,0013 och 0,296 mg/m³. I en annan studie (128) kunde man visa att exponerade arbetare hade signifikant högre biomarkörer för lungskada i serum (geometrisk medelvärden av KL-6, SP-D och SP-A hos de exponerade arbetarna var 495,4 U/ml, 85,2 ng/ml och 39,6 ng/ml, vilket tyder på att exponering för olösligt indiumdamm kan leda till interstitiell lungskada.

4.1.2.6 Platina

Vid en återvinningsanläggning för katalysatorer var den högsta koncentrationen som uppmättes av platina (lösliga föreningar), som ett tidsvägt medelvärde för en 8 h arbetsdag, 0,31 µg/m³. Detta värde är mycket lägre än tröskelvärdet (TLV) som fastställts av ACGIH (USA) och det svenska gränsvärdet (båda 2 µg/m³) (116). Arbetare som exponerades för metaller i platinagruppen uppvisade dock yrkesmässig överkänslighet, inklusive luftvägsallergier, ögonirritation och hudreaktioner. Arbetare som exponerades för luftburen platina i en produktionsanläggning för katalysatorer, inklusive återvinning av dessa, uppvisade luftburna platina-nivåer på upp till 4,83 mg/m³. Exponerade arbetare hade högre platina-koncentrationer i urin jämfört med kontroller. Administrativ personal hade förhöjda platinakoncentrationer i blod och hår jämfört med externa kontroller, vilket tyder på en spridd exponering för platina på arbetsplatsen.

4.1.2.7 Sammanfattning metaller

Sammanfattningsvis fanns metallexponering över hygieniska gränsvärden på arbetsplatser inom avfallshantering och återvinning, särskilt för bly och kadmium vid återvinning av batterier. Färre studier undersökte andra metaller. Hälsovådlig exponering för indium och metaller i platinagruppen observerades vilket bör följas upp.

4.1.3 Organiska föreningar

Analysen omfattade 60 studier publicerade mellan 1992 och 2024 med fokus på yrkesmässig exponering för organiska kemikalier inom avfallshanterings- och återvinningssektorn. Totalt var 15 olika länder representerade, medan en studie baserades på arbetstagare i flera europeiska länder. Fördelning av länder/regioner varifrån studierna kom från var: Sydkorea (143–155), Tyskland (156–168), Spanien (109,110,112,113,169–173), Japan (174–179), Sverige (180–184), Kanada (126,185–187), USA (188,189), Frankrike (120), Finland (190), Belgien (191), Danmark (192), Europa (193), Grekland (194), Slovakien (195), och Storbritannien (196).

Den huvudsakliga studiegruppen var arbetare inom förbränning av fast avfall (109,112,113,120,143–156,164,171,173–179), följt av återvinning av e-avfall (25) (126,157–163,165–167,169,170,180–188,190,193,196) följt av metallåtervinning recycling (168,191), fast avfallsåtervinning (195), hantering av farligt avfall (192), skumåtervinning (189) och pappersåtervinning (194). Flera studier baserades på före detta anställda (157–163,166–168). Alla studier var på formellt anställda. Svenska hygieniska nivågränsvärden för de organiska föreningarna saknas med undantag för några få ämnen (till exempel benso(a)pyren 0,002 mg/m³ och PCB 0,01 mg/m³).

Den vanligaste studiedesignen var tvärsnittsstudier (44), men några studier var longitudinella (110,112,113,158–160,162,163,165,166,173,180,184,190), eller fallstudier (145,172).

I studierna undersöktes framförallt mätning av yrkesmässig exponering för olika organiska föreningar. Färre studier undersökte tidiga biologiska eller kliniska effekter på arbetare (t.ex. hudförändringar, effekter på sköldkörteln, immunsystemet och nervsystemet, cancer).

Yrkesmässig exponering för organiska ämnen vid återvinning är mycket heterogen, där graden av exponering främst drivs av arbetsuppgifter och typen av avfall som hanteras. Ett brett spektrum av föreningar har undersökts med bland annat PBDE, dioxiner/furaner och PCB som de mest frekvent studerade. Övervikten av PCB-data återspeglar till stor del det omfattande tyska övervakningsprogrammet som följde tidigare högexponerade arbetare.

Medan vissa typer av återvinning – framförallt av e-avfall – konsekvent visar förhöjd exponering för flera typer av organiska föreningar, visar andra typer av återvinning såsom vid moderna kommunala förbränningsanläggningar, ofta exponeringsnivåer nära bakgrunden.

Tolkningen av resultaten försvåras av för de flesta ämnen avsaknad av gränsvärden för yrkesmässig exponering. Där studier inkluderar kontroller sågs ofta skillnader med återvinningsarbetare, vilket tyder på att avfallshanteringsarbete medför arbetsrelaterade hälsorisker. Hälsoeffekter är dock fortfarande lite undersökta och sparsamma eller inkonsekventa data för andra, särskilt för nyare flamskyddsmedel och organofosfatestrar.

De huvudsakliga organiska föreningarna som mättes beskrivs nedan.

4.1.3.1 Polybromerade difenyletrar (PBDE)

Exponering för PBDE rapporterades främst i återvinningsanläggningar för e-avfall. Två studier utvärderade förbränningsanläggningar och en studie fokuserade vardera på skumåtervinning och metallåtervinning (Tabell 4).

Medelvärdena för personburna luftmätningar (gas + partikel) varierade mellan 21 till 6500 ng/m³ där demonterings- och balpresstationer uppvisade de högsta värdena och exponeringen i den största anläggningen var cirka 12 gånger högre än i mindre anläggningar (185). BDE-209 var den dominerande luftburna kongenen, med medelvärdet från stationära luftmätningar (gas + partikel) på 36-175 ng/m³. BDE-209 var också dominerande i damm (16 µg/g) och armband (220 ng/armband) (193). Dessutom var damm från e-avfallsplatser anrikat med BDE-209 och BDE-153, ungefär 32–39 gånger högre än på platser utan e-avfall (188). På arbetsbänkar innehöll damm extremt höga halter av BDE-209, upp till 96 300 ng/g, där dammintag uppskattas bidra till över 60% av den totala PBDE-exponeringen (186).

Biologisk övervakning visade även förhöjd exponering hos arbetare. Arbetare inom e-avfall hade serum/plasma PBDE-koncentrationer från 1.7-89 pmol/g lipidvikt with median 8-37 pmol/g lipidvikt (Tabell 5) och uppvisade högre BDE-209-nivåer än arbetare på återvinningsföretag utan e-avfall (plasma-GM: 18 vs. 1,7 ng/g lipid) (126). Arbetare inom elektronikdemontering hade högre serum-PBDE-nivåer (median 37 pmol/g lipidvikt) jämfört med kontorister och städare (7,1 och 5,4 pmol/g lipidvikt) (182). Hos män var 2 gånger högre BDE-209 associerat med 3,1% högre total T4 (sköldkörtelhormon) och hos kvinnor var 2 gånger högre BDE-153 associerat med 10% lägre fritt T3 (126).

Arbetare vid skumåtervinning uppvisade också högre PBDE-exponering jämfört med kontrollpersoner (median 160 vs. 19 ng/g lipid) (189) (Tabell 5). Däremot var PBDE-koncentrationerna hos förbränningsanläggningsarbetare (serum/plasma median 15.9-17.7 ng/g lipid) i allmänhet på liknande nivåer med allmänbefolkningen även om vissa kongenerer (t.ex. BDE-183 nära rivningsområden) var förhöjt.

Arbetsplatsåtgärder – genom att förbättra ventilationen och implementera bättre rengöringsrutiner – minskade PBDE-nivåerna (184,190).

Tabell 4. PBDE-koncentrationer i urvalda artiklar grupperade efter avfallstyp/arbetsområde.

Avfallstyp	Matris	MEDIAN eller medelvärde (GM, AM)	Min-Max
E-avfall (ΣPBDE)	Plasma/serum	Median: 8-37 pmol/g lv (180,182) GM: 26.56 ng/g lv (188)	1.7-89 pmol/g lv (180,182)
E-avfall (PDE-209)	Plasma/serum	GM: 18 ng/g lv (126) AM: 32 ng/g lv (126) Median: <LOQ - 2.0 pmol/g lv (184,193)	<LOD-101 ng/g lv (126), <1-5.4 pmol/g lv (184)
E-avfall (ΣPBDE)	Luft- personburet (gas+partikel)	AM: 21-6500 ng/m ³ (181,185,190) GM: 60 ng/m ³ (181)	4.6-5200 ng/m ³ (181,190)
E-avfall (ΣPBDE)	Luft-stationär (gas+partikel)	Median: 120 ng/m ³ (187)	19-190 ng/m ³ (187)
E-avfall (ΣPBDE)	Luft PM2.5 (partikel)	AM: 20.3-560 ng/m ³ (169)	3.34-1595 ng/m ³ (169)
E-avfall (PDE-209)	Luft-stationär (gas+partikel)	Median: 156 ng/m ³ (186) AM: 36-175 ng/m ³ (183,186)	12-469 ng/m ³ (183,186)
Skum (ΣPBDE)	Serum	Median: 160 ng/g lv (189)	67-973 ng/g lv (189)
Förbränning (ΣPBDE)	Plasma/serum	Median: 15.9-17.7 ng/g lv (144,151) AM: 19.2-19.3 ng/g lv (144,151)	5.97-47.21 ng/g lv (144,151)
Metall (ΣPBDE)	Dammprover	x	735-51238 ng/g (191)

AM- aritmetiskt medelvärde; GM-geometriskt medelvärde; lv-lipidvikt; x-data saknas

4.1.3.2 Organofosfater (OPE)

I likhet med PBDE gjordes de flesta av studierna av OPE i återvinningsanläggningar för e-avfall (126,169,170,183,185–187). Ytterligare en studie undersökte OPE-exponering vid hantering av farligt avfall (192). Luftkoncentrationerna vid återvinning av e-avfall varierade från 10 till 190 ng/m³ (169,187). En studie rapporterade mycket högre medelvärden mellan 740 och 1000 ng/m³ beroende på anläggning (185).

I det mest förorenade området för återvinning av e-avfall (återvinning av katodstrålerör) beräknades risk för icke-cancerframkallande sjukdomar baserat på luftkoncentrationer vara 50 gånger under tröskelvärde för oro, och risk för cancer vara 25 gånger under tröskelvärde, vilket indikerar låg risk (169). I en studie med exponering uppmätt via t-shirts och armband skattades det att risken för cancer var 29 gånger respektive 16 gånger under tröskelvärde vid återvinning av katodstrålerör respektive där man finfördelade avfallet, medan risk för andra sjukdomar än cancer var två till tre gånger under motsvarande tröskelvärden (170).

Biologisk provtagning visade att OPE-koncentrationerna var högre hos e-avfallsarbetare jämfört med avfallsarbetare på ett företag utan e-avfall, med geometriska medelvärden för diphenyl phosphate (DPhP) i urin på 1,7 ng/ml jämfört med 0,95 ng/ml. Hos män var DPhP i urin associerat med minskade nivåer av testosteron och förändrade nivåer av sköldkörtelhormon (126).

Hos arbetare med farligt avfall indikerade armbandsmätningar att tris(1-chloro-2-propyl) phosphate (TCIPP) var den mest förekommande OPE för både återvinnings- och administrativ personal (ingen skillnad mellan grupper); arbetarna hade 3–12 gånger högre nivåer av tri-n-butyl phosphate (TnBP), tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (TDCIPP), och trimethylolpropane phosphate (TMPP) jämfört med administrativ personal (192).

4.1.3.3 Flamskyddsmedel (nya bromerade (NBFR), klorerade (Cl-FR), dekloraner)

Alla studier genomfördes i återvinningsanläggningar för e-avfall (170,185,187,196), och de olika NBFR och klorerade flamskyddsmedlen (Cl-FR) som uppmättes detekterades i allmänhet i alla miljöer för e-återvinning. Rapporterade luftkoncentrationer varierade från 7,6–100 ng/m³ för NBFR och 3,9–32 ng/m³ för Cl-FR (185). En studie fann att NBFR-koncentrationerna i damm från återvinning var två storleksordningar högre än de som uppmättes i damm från bostäder (187). NBFR och dekloraner detekterades även på t-shirts och armband hos arbetare som återvann e-avfall, vilket indikerar exponeringsvägar utöver inandning (170).

4.1.3.4 Polyklorerade bifenyler (PCB)

De flesta studierna baseras på arbetare på ett tyskt företag som återvann avfall kontaminerat med PCB (157–163,165–167). Bortsett från denna kohort undersökte ytterligare en europeisk studie PCB-exponering vid återvinning av e-avfall (193), en studie vid metallåtervinning (Doan et al., 2022), samt flera studier vid förbränning av fast avfall (109,110,112,113,144,155,156,173).

Mediansumman av PCB i plasma var 3,68 µg/L hos arbetare som återvann avfall kontaminerat med PCB jämfört med 0,85 µg/L bland boende i området runt företaget (167). Familjemedlemmar till arbetare hade också förhöjda PCB-nivåer genom kontaminering till hemmet från arbetskläder (161). Studier som följde arbetare många år efter att de slutade arbeta med PCB-avfall, kopplade högre PCB-koncentrationer (i jämförelse med 95 percentilen i tyska allmänbefolkningen) till kognitiva förändringar (157), depressiva symtom (158), förändrad steroidnivå (159), hyperpigmentering samt högre förekomst av akne och hudmaligniteter (baserat på få fall) hos arbetare jämfört med den allmänna befolkningen (162).

En studie baserat på återvinning av e-avfall i sex europeiska länder fann man fyra PCB-kongener (CB-118, 138, 153 och 180) i serum; alla utom CB-118 var signifikant högre hos arbetare än hos kontroller. Uppskattad PCB-exponering via intag av damm var 0,03–0,09 ng/kg kroppsvikt/dag (50:e–95:e percentilen), vilket var högre än i allmänbefolkningen (193).

I förbränningsanläggningar fann man emellertid inga signifikanta skillnader i PCB-nivåer i plasma mellan arbetare och kontroller (109,156) och PCB-koncentrationerna skilde sig inte mellan olika grupper av arbetare eller kontroller vilket tyder på ingen eller låg yrkesmässig exponering (155).

4.1.3.5 Dioxiner och furaner (PCDD/F)

Polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF) har framförallt mätts vid förbränning av fast avfall (109,110,112,113,145,146,148,152–155,164,172,175–179) och två studier mätte dem inom metallåtervinning (168,191). En av metallåtervinningsstudierna undersökte före detta arbetare och rapporterade förhöjda PCDF-koncentrationer (median 128 pg/g lipid, intervall 30–1138) jämfört med 102 icke-exponerade individer (91, 27–192), medan PCDD-koncentrationer inte var förhöjt (168). Emellertid var kontrollindividerna yngre vilket påverkar jämförelsen. Av leverenzym visade endast alaninaminotransferas ett signifikant samband (168).

I studierna av arbetare som förbränner fast avfall varierade arbetarnas toxiska ekvivalentnivåer (TEQ) i serum mellan 3–25 pg TEQ/g lipid, värden som liknar de hos närboende eller den allmänna befolkningen

(112,113,152,153,172,173,176,178). Ett fåtal studier rapporterade betydligt högre nivåer, 40–85 pg TEQ/g lipid, främst hos arbetare involverade i underhåll av ugnar, hantering av flygaska eller arbete i industriella förbränningsanläggningar (155,179). Exponering antogs huvudsakligen ske genom inandning och hudkontakt (155). Longitudinella studier visade generellt sett ingen ökning av exponeringen över tid (110), och flera rapporterade en minskning. Till exempel minskade plasmanivåerna av PCDD/F hos spanska arbetare vid förbränningsanläggningar för farligt avfall från cirka 27 pg TEQ/g lipid vid studiestart till 2–10 pg TEQ/g lipid i senare undersökningar (113) vilket tyder på förbättrad arbetsmiljö.

De flesta studier mätte PCDD/F utan att undersöka hälsoeffekter. Av de som gjorde det fann man inga samband med leverenzym, förändringar i blod, immunfunktion eller dermatologiska utfall (179). En studie rapporterade något högre undergrupper av vissa T-celler (CD3+, CD4+, CD8+ och CD4+CD45RO+) och måttligt ökade IgE- och IgM-nivåer hos förbränningsanläggningsarbetare jämfört med kontroller, även om den kliniska relevansen av dessa fynd fortfarande är oklar (146).

4.1.3.6 Övriga

Ftalater har undersökts vid metallåtervinning, där nivåerna mestadels låg under kvantifieringsgränsen (191). I en studie av avfallsarbetare (195) var mediankoncentrationerna i urin för de i EU förbjudna MEHP 5,9 ng/ml respektive MnBP 67 ng/ml men ingen normalisering för spädning av urin eller jämförelse med kontroller gjordes. Bensenexponering upptäcktes vid återvinning av spillolja; nivåerna låg dock under det yrkesmässiga gränsvärdet (197). En blandning av bensen, toluen, etylbensen och xylen (BTEX) undersöktes i deponier för fast avfall. Cancerrisken i samband med bensenexponering låg under de acceptabla gränsvärdena för fast avfall, men var inte försumbar, medan icke-cancerrelaterade hälsorisker från toluen, etylbensen och xylener var låga (198).

PAH-exponering förekom vid pappersåtervinning med de högsta nivåerna vid pappersskärning (194), och förhöjda PAH-värden återfanns vid metallåtervinning (191).

Säkerhetsföreskrifter, ventilation och PPE diskuterades i 18 studier. Bland studier som utvärderade användningen av personlig skyddsutrustning, pekade nio av studierna på otillräckligt skydd (126,127,167,170,182,183,185,186,190,193).

4.1.3.7 Sammanfattning organiska ämnen

Sammanfattningsvis uppvisade framförallt arbetare inom återvinning av e- och metallavfall samt hantering av farligt avfall förhöjd exponering för en komplex blandning av skadliga organiska ämnen, inklusive organofosfater (OPE), bromerade flamskyddsmedel, och PCB.

4.1.4 Strålning, gaser, explosiva ämnen

Analysen baserades på 15 studier publicerade mellan 1999 och 2024, med fokus på yrkesmässig exponering för strålning, gaser inklusive flyktiga organiska föreningar (VOC), explosiva ämnen och radioaktivitet inom avfallshanterings- och återvinningssektorn (Tabell 5).

Studierna var spridda geografiskt bland OECD-länderna. Länder med två studier vardera var: USA (73,107), Sydkorea (199,200), Finland (66,68), Turkiet (198,201) och Frankrike (57,120). Enstaka studier kom från Kanada (43), Norge (202), Colombia (203), Italien (197) och Spanien (86).

Alla studier gjordes inom den formella sektorn, men studiepopulationerna återspeglade ett brett spektrum av yrkesroller. De grupper som oftast studerades var komposteringsarbetare (57,68,86,203), sophämtare (43,66), deponiarbetare (66,73,198,200), arbetare som hanterar förbränningsavfall (120), återvinner skrot (107,201), spillolja (197), borrhavsavfall (60), radioaktiv betong tillsammans med kärnkraftverksavfall (200) och industriavfall (199).

När det gäller studiedesign var nästan alla (13) tvärsnittsstudier med fokus på exponeringsbedömning, och en undersökte säkerhet (200). Den vanligaste exponeringen som undersöktes var olika VOC (57,66,68,73,86,107,120,197–199,203), där en studie bedömde mikrobiella VOC (57) och två bedömde

specifika VOC, såsom bensen (197) samt bla toluen och xylen i hepatotoxiska gaser (199). Tre studier utvärderade gaser (43,60,107). Två av återvinningsstudierna bedömde strålsäkerhet (200,201). De flesta exponeringsmätningar gjordes genom luftprovtagning. Exponeringsbedömningarna baserades på simuleringsmodellering av uppskattade stråldoser (200), mätning av exponering (t.ex. vätesulfid, VOC och andra gaser) (43,57,60,66,68,86,107,120,197–199,203); och i ett fall i biologiska prov (120).

Exponeringsnivåerna varierade beroende på typ av arbetsuppgift, anläggningens utformning och exponeringsområde, där exponeringen var högst nära avfallshantering, såsom vid deponier, under underhåll och rengöring (exceltabell).

VOC varierade från 0,1 mg/m³ upp till nästan 40 mg/m³. Överlag låg exponeringen under de gränsvärden som relaterades till i studierna. Exponeringen var högre vid avfallsinsamling, -bearbetning och -sortering, där exponeringen för VOC i en studie var tre gånger högre i avfallsbehandlingsrummet (upp till 2 850 µg/m³ nära gränsen 3000 µg/m³ som författarna relaterade som gräns för besvär (204), än på deponier (640 µg/m³) (66). En fallstudie indikerade att VOC orsakade ett utbrott av toxisk hepatit vid återvinning av industriavfall (199).

För de tre studier som undersökte gaser hittades den högsta exponeringen för CO (medelvärde 26 ppm i jämförelse med OEL på 35 ppm i studien) vid sortering av avfall (CO₂, CO, NO, NO₂ mättes stationärt; (43)). Exponering för CO låg under gränsvärdet vid metallåtervinning (2.1 ppm gentemot 35 ppm OEL (107)). Norska gränsvärdet på 5 ppm för vätesulfid (H₂S) överstegs inte vid återvinning av borrhavfall, trots kortsiktiga H₂S-toppar under rengöringsprocesser för slamvatten (60). För de två strålningsstudierna låg nivåerna under de årliga dosgränserna.

Endast tre studier undersökte användning av personlig skyddsutrustning. Campo et al (197) rapporterade att alla arbetare bar skyddsutrustning (overall, handskar, hjälm och skyddsskor) för att skydda mot bensenexponering vid återvinning av spillolja och att arbetskläder byttes varje vecka eller oftare. De hade också en tvättservice. I studien som utvärderade MVOC (Minimal Volatil Organic Compounds) användes ventilerade hytter med luftfiltrering på vissa maskiner (57).

Sammanfattningsvis var det få studier som undersökt yrkesrisker från strålning, gaser och sprängämnen, men tillgänglig forskning bekräftade mestadels yrkes- och hälsorisker, där VOC och gaser verkar vara ett problem i vissa miljöer.

Tabell 5. Artiklar som ingår i exponeringsgruppen: strålning, gaser, explosiva ämnen

Ref	Författare (år)	Land	Fokus-område	Studie-design	Exponering	Huvudsakliga fynd	Säkerhet, reglering och skyddsutrustning
200	Kim 2024	Sydkorea	Betong-återvinningsg	Säkerhetsbedömning (modellering)	Radioaktivitet	Återvinning av radioaktivt betongavfall är möjligt utan att överskrida säkerhetsgränserna för strålning, om det hanteras korrekt. Anläggningsarbetare kan arbeta heltid utan att överskrida dosgränserna, men exponeringen kan minskas ytterligare om de är bättre skyddade. Lastbilschaufförer kan transportera upp till 621 laster/år utan att överskrida de regulatoriska gränserna. Deponiarbetare är säkra om täcksiktet är minst 40 cm tjockt. Återvinning av betong i vägar och byggnader innebär minimal strålningsrisk för allmänheten.	Ingen rapporterad användning.
203	López 2023	Colombia	Kompostering	Tvärsnittsstudie	Flyktiga organiska föreningar (VOC)	De högsta VOC-utsläppen inträffade mellan vecka 4 och 6 under komposteringsprocessen vilket sammanföll med toppaktivitet av mikrobiell aktivitet och temperaturer på 61–70°C. Komposteringsystem med djuravfall hade de högsta VOC-utsläppen och hälsoriskerna. Cancerrisken från bensen låg generellt under 1 (försumbar), men i höns gödselsystemet låg värdena nära 1 under några veckor.	Ingen rapporterad användning.
201	Osmanlioglu 2013	Turkiet	Metallåtervinning	Tvärsnittsstudie	Strålning	Alla uppmätta värden var under internationella säkerhets- och undantagsgränser, vilket indikerar låg strålrisk för arbetare och omgivning. Radonutandning upptäcktes men låg under interventionsnivåerna.	Ingen rapporterad användning.
73	Kitsantas 2000	USA	Avfallsdeponi	Tvärsnittsstudie	Flyktiga organiska föreningar (VOC)	Arbetare hade högre frekvens av luftvägs- och hudsjukdomar jämfört med kontrollgruppen. Rapporterade symptom korrelerade positivt med antalet kemikalier/skadliga ämnen som användes på arbetsplatsen ($r=0,351$, $p<0,01$).	Ingen rapporterad användning utom till rekommendationer.
66	Kiviranta 1999	Finland	Sophämtare	Tvärsnittsstudie	Flyktiga organiska föreningar (VOC)	VOC exponering var tre gånger högre i avfallshanteringsrummet (upp till $2850 \mu\text{g}/\text{m}^3$) än på deponier ($640 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Exponering vid avfallsinsamling var måttlig ($330 \mu\text{g}/\text{m}^3$) och mestadels från fordonsavgaser.	Ingen rapporterad användning.
43	Lavoie & Guertin 2001	Kanada	Sophämtare	Tvärsnittsstudie	Gaser	Sorteringsavdelningar hade högst exponering, särskilt för CO, i och med användning av propandrivna gaffeltruckar och minskad ventilation under vintern ($26\pm 3,4 \text{ ppm}$). Alla uppmätta värden för CO ₂ , damm, NO och NO ₂ , låg väl under gränsvärdena.	Ingen rapporterad användning.

107	Neitzel 2013	USA	Metallåtervinning	Tvårsnittsstudie	Gaser	Exponering för CO bland arbetare vid skrotåtervinningsanläggningen var minimal och låg under hygieniska gränsvärden. Den genomsnittliga CO-koncentrationen var 2,1 ppm, med en geometrisk standardavvikelse på 1,9.	Ingen rapporterad personlig skyddsutrustning eller kontroll för CO.
68	Tolvanen et. al., 2005	Finland	Kompostering	Tvårsnittsstudie	Flyktiga organiska föreningar (VOC)	Exponering för VOC var generellt låg, med totala VOCs från 0,71 till 10,10 mg/m ³ i komposthallen och 1,24 till 3,7 mg/m ³ i kontrollrummet. Alla uppmätta koncentrationer låg väl under de finska gränsvärdena (TLV). Luktmetningar visade höga nivåer av luktenheter (OU/m ³) på 23 000 vid utflödet av trumman, 6 300 vid skorstenen och 500-560 inne i komposthallen.	Ingen rapporterad användning.
86	Nadal et. al., 2009	Spanien	Kompostering	Tvårsnittsstudie	Flyktiga organiska föreningar (VOC)	Summan av alla uppmätta VOCs i sorteringskabinerna nådde 14,4 mg/m ³ , och BTEX-föreningar (bensen, toluen, etylbensen, xylener) uppgick till 8,41 mg/m ³ . De flesta individuella VOC koncentrationer låg under spanska hygieniska gränsvärden, förutom för toluen, som var märkbart högt i vissa områden.	Ingen rapporterad användning.
57	Persoons et. al., 2010	Frankrike	Kompostering	Tvårsnittsstudie	Mikrobiella flyktiga organiska föreningar (MVOC)	Totala MVOC koncentrationer varierade mellan 0,01 mg/m ³ som lägst och nästan 40 mg/m ³ som högst. De högsta värdena observerades under strimling i grönavfallsenheten (upp till ~27 mg/m ³) och under fermentering i enheten för biologiskt avfall (upp till ~40 mg/m ³). Terpenoider var vanligaste gruppen i MVOC och nådde 25 mg/m ³ under strimling av grönt avfall. Alkoholier och ketoner i enheten för biologiskt avfall nådde upp till 15 mg/m ³ respektive 3 mg/m ³ under fermentering. Vid anläggningens ytterkant var MVOC-koncentrationerna mycket lägre, vanligtvis under 0,01 mg/m ³ .	Ventilerade hytter med luftfiltrering användes på vissa maskiner, andra PPE rapporterades inte.
60	Daae et. al., 2024	Norge	Återvinning av borrhavfall	Tvårsnittsstudie	Vätesulfid (H ₂ S)	Ingen av de uppmätta personburna exponeringarna överskred det norska hygieniska gränsvärdet på 5 ppm (mätt under en arbetsdag). Dock uppmättes H ₂ S-toppar upp till 7,2–7,7 ppm under rengöringsprocesser för slamvatten vid anläggningarna 1 och 7. Vid anläggning 7 hade 9 av 13 registrerade mätningar H ₂ S-toppar över detektionsgränsen (0,1 ppm). Det totala antalet H ₂ S-toppar per arbetare varierade från 7 till 218 toppar.	Ingen rapporterad användning.

198	Durmusogl u et. al., 2010	Turkiet	Fast avfallsde poni	Tvårsnit tsstudie	Flyktiga organiska föreningar (VOC)	Genomsnittliga koncentrationerna av BTEX- föreningar på deponin var: bensen (140,3 µg/m ³), toluen (1271,7 µg/m ³), etylbensen (239,9 µg/m ³) och xylener (341,3 µg/m ³). Den uppskattade cancerrisken för bensen var 6,75E-05, vilket är under den acceptabla risknivån (1,0E-04). Icke-cancerframkallande risker för toluen, etylbensen och xylener låg också under den angivna säkerhetsnivån (1,0). BTEX-utsläpp utgör ingen hälsorisk för arbetare eller närliggande befolkningar på grund av tillräcklig luftutspädning.	Ingen rapporterad användning.
120	Maitre 2003	Frankrike	Avfallsför brännings anläggning g	Tvårsnit tsstudie	Flyktiga organiska föreningar (VOC)	VOC-nivåerna var generellt låga, jämförbara med eller bara något högre än i en typisk urban miljö, och utgjorde ingen betydande hälsorisk för arbetarna.	Ingen rapporterad användning men uppger rekommenderat andningsskydd vid underhålls- arbete.
197	Campo et. al., 2024	Italien	Återvinnin g av spillolja	Tvårsnit tsstudie	Bensen	Bensen i luft påvisades i 17 % av prover från administrativa arbetare och 44 % av prover från anläggningsarbetare, med mediannivåer <0,9 µg/m ³ . Alla bensenkoncentrationer låg väl under OEL. Bensin i urin och SPMA var 0,094 µg/L och 0,15 µg/g kreatinin samt 0,086 µg/L och <0,10 µg/g kreatinin hos arbetare respektive administrativa arbetare, och låg mestadels under sina respektive biologiska referensgränser (DFG EKA: 7,5 µg/L och 45 µg/L; ECHA BLV: 0,7 µg/L och 2 µg/g crt; ACGIH BEI för SPMA: 25 µg/g crt).	Alla arbetare bar skyddsutrustnin g (overall, handskar, hjälm och skyddsskor). Arbetskläder byts ut varje vecka eller tidigare, och en tvättsservice finns.
199	Cheong et. al., 2007	Sydkorea	Industriav fallshante ring	Fallrap port	Hepatoto xiska ångor	Studien identifierade flera VOCs i betydande koncentrationer, där pyridin (upp till 26,07 ppm), DMAc (upp till 3,52 ppm), DMF (upp till 2,35 ppm), toluen (upp till 9,127 ppm) och xylen (upp till 8,052 ppm) är särskilt anmärkningsvärda på grund av deras hepatotoxiska potential. Fynden stöder att dessa kemikalier orsakat utbrott av toxisk hepatit bland arbetare.	Ingen rapporterad användning.

4.1.5 Ergonomi, olyckor, buller, organisatoriska faktorer

Analysen baseras på 18 studier publicerade mellan 1994 och 2023 med fokus på yrkesmässig exponering för ergonomi, olyckor, buller och organisatoriska faktorer på arbetsplatser relaterade till avfall och avfallsåtervinning. Studierna var geografiskt fördelade mellan länder enligt följande: USA (107,205–207), Danmark (208), Kanada (209,210). Finland (69,70), Italien (118,211), Spanien (212), Turkiet (213), Tyskland (214), Sverige (215,216), Japan (217) och Sydkorea (218,219).

Studiegrupperna omfattade olika yrkeskategorier inom avfallssektorn och vissa studier behandlade flera typer av avfallsanläggningar och inkluderade därför olika yrkeskategorier. De grupper som oftast

studerades var; kommunala sophämtare (207,210,213), kommunala återvinningsarbetare (205,206,212), anställda på återvinningscentraler (209,216), arbetare på en avfallsinsamlings- och återvinningsanläggning (211), återvinningsarbetare på en återvinningsanläggning (217), arbetare på en anläggning för torrt avfall (69), sophämtare, mekaniker och underhållsarbetare för utrustning på ett sopinsamlingsföretag (208), återvinningsarbetare på en återvinningscentral (209), avfallsarbetare (70), sophämtare (219), anställda inom grovavfall vid kommunens renhållningsavdelning (214), informella sophämtare (218), arbetare vid en återvinningsanläggning för blybatterier (118), arbetare inom skrotåtervinning (107). De typer av avfall som hanterades var främst kommunalt fast avfall. De flesta studier var tvärsnittsstudier, två var bedömningar av yrkesmässig exponering, varav en hade upprepade bedömningar (Tabell 2). Det gjordes även retrospektiva dataanalyser och retrospektiva observationsstudier (Tabell 2).

Nio av studierna inkluderade olycksfalls- och skadefrekvenser (205–208,210,212,215,216,218). Dessutom undersökte en studie längden på sjukfrånvaron i relation till olyckor och skador (216). Fem studier studerade nivåer av bullerexponering (69,70,107,118,211).

Tre artiklar hade stress och arbetsbelastning som primärt utfall (213), varav två inkluderade relaterade biomarkörnivåer och arbetsbelastningsanalyser (214,217). En artikel utvärderade även muskuloskeletal besvär i relation till stress och arbetsbelastning (213). En studie mätte huvudsakligen arbetsställningar och posturala förändringar (209). Tre artiklar studerade muskuloskeletal besvär (213,218,219).

4.1.5.1 Olycksfall

Återvinningsarbetare hade genomgående hög olycksfallsfrekvens. Andelen anställda som drabbats av olycksfall varierade mellan 17 och 22% (208,215). Anställda på återvinningscentraler hade 3,6–5,4 gånger högre olycksfallsfrekvens jämfört med svenska yrkesverksamma generellt (216). Det fanns även en indikation på att yngre anställda (≤ 25 år) hade större risk för olycksfall ($RR=3,0$) jämfört med äldre (>55 år $RR=1,4$) (212). Sträckningar/stukningar (47,7 till 51,7 %) angavs som mest vanligt förekommande skada till följd av olycksfall (205,212).

4.1.5.2 Ergonomi

Återvinningsarbetare hade också genomgående hög förekomst av belastningsbesvär. Ländryggsmärtor förekom i frekvens från 60 till 73% (209,213,215). Skuldersmärtor var också vanligt förekommande från 46 till 79% (209,213,215). Frekventa tunga lyft (>25 kg) (215), lång tid (38% av arbetstid) med framåtböjning av bålen mer än 20° (209) och höga psykologiska krav (213) identifieras som riskfaktorer för belastningsbesvär.

4.1.5.3 Buller

Det fanns också en hög bullerexponering, samtliga studier som kontrollerat ljud uppmätte medelnivåer som översteg insatsvärdet vid daglig bullerexponeringsnivå ($L_{EX, 8h}$) på 85 dBA i någon del av produktionen.

4.1.5.4 Sammanfattning

Sammanfattningsvis visade studierna att återvinningsarbetare löper en hög risk att drabbas av skador och muskuloskeletal besvär samt att miljöerna generellt är bullriga.

Endast ett fåtal studier nämnde PPE och det förebyggande fokuset låg främst på arbetsmiljöutbildning för att minimera riskerna för skador.

Tabell 6. Artiklarna som ingår i exponeringsgruppen: ergonomi, olyckor, buller och organisatoriska faktorer

Ref	Författare (år)	Land	Fokus-område	Studiedesign	Exponering	Huvudsakliga fynd	Säkerhet, reglering och skyddsutrustning
218	Ahn 2020	Syd Korea	Avfallsåtervinning	Tvärsnittsstudie	Ergonomisk belastning	44,44% av arbetarna rapporterade >50 kg genomsnittlig insamlingsvikt. 37,04% hade drabbats av arbetsrelaterade skador. Bland dem som skadats, skadades 40% av bilolyckor och 60% av fall.	Diskuteras men inte undersökt i detalj.
205	An 1999	USA	Avfallshantering	Tvärsnittsstudie	Olyckor (lyft, knuffar, fall, trafikolyckor) och andra exponeringar (bioaerosoler, flyktiga föreningar, mikroorganismer)	Sträckningar/stukningar (47,7%) var de vanligaste skadorna, följt av blåmärken (10,3%) och skärsår (7,3%). Förare/hjälpare löpte störst risk och drabbades av över 60% av skadorna.	Ingen nationell säkerhetsstandard för avfallshanteringsarbetare. Säkerhetsprogram varierar mellan företag.
209	Asante 2018	Kanada	Avfallshantering	Tvärsnittsstudie	Kroppsställning	79% av arbetarna rapporterade muskuloskeletal smärta under senaste 12 månaderna. 73% upplevde smärta i nedre delen av ryggen, följt av axel- (70%) och övre ryggsmärta (67%). Arbetarna tillbringade 38% av sin arbetstid med böjning av bålen över 20° vilket ökade risken för ländryggsbesvär i nedre delen av ryggen. Den högsta posturala belastningen observerades vid containersortering och försorteringsarbetsstationer. Återvinningsarbetare hade en högre förekomst av muskuloskeletal sjukdom jämfört med andra branscher.	Ingen rapporterad användning av skyddsutrustning. Sorteringsuppgifter innebär hög fysisk arbetsbelastning och ergonomisk belastning.
206	Bastani 2015	USA	Avfallshantering	Retrospektiv statistisk analys.	Olika yrkesrisker inom olika avfallshanteringsprocesser	Skadefrekvensen bland sophämtare för både muskuloskeletal och hudrelaterade skador har minskat från 88 respektive 15 till 16 respektive tre skador per 1000 arbetare. Skadefrekvensen bland återvinningsarbetare för muskuloskeletal och hudrelaterade skador ökade från 13 respektive fyra skador till 14 respektive sex skador per 1000 arbetare.	Ingen rapporterad användning.
213	Bulduk 2019	Turkiet	Avfallsinsamlare	Tvärsnittsstudie	Arbetsrelaterad stress (tung lyft, repetitiva rörelser, obekväma ställningar, långa arbetsdagar och arbetskrav)	89,1% av arbetstagarna rapporterade smärta i övre ryggen, 80,9% hade smärta i axlarna, 78,7% hade handleds-/handsmärta och 73,4% hade smärta i nedre delen av ryggen. Gruppen med måttlig till svår smärta hade högre psykologiska krav $10,8 \pm 3,4$ jämfört med grupper med mild smärta $7,1 \pm 1,8$.	Diskuterat men inte undersökt i detalj.

210	Cloutier 1994	Kanada	Avfallsinsamlare	Tvårsnittsstudie	Fysisk arbetsbelastning, arbetsorganisation	Yngre arbetare (<35 år) hade fler olyckor (n=154 olyckor), än äldre arbetstagare (n=22).	Alla observerade arbetare bar skyddshandskar. Det gick inte att fastställa om arbetare som fått skärsår bar handskar vid skadetillfället.
215	Engkvist 2010	Sverige	Avfallsåtervinning	Tvårsnittsstudie	Fysisk belastning och farliga kemikalier	60% och 46% av de anställda hade symtom i länderyggen respektive axlarna under senaste 12 månaderna. 47% rapporterade lyft >25 kg en eller fler gånger om dagen. Olyckor som ledde till skador under senaste 12 månaderna rapporterades av 22%, varav 22% ledde till sjukfrånvaro.	PPE diskuterat: handskar (97%), skyddsskor (91%), hörselskydd (32%), ögonskydd (29%).
216	Engkvist 2011	Sverige	Avfallsåtervinning	Registerbaserad studie	Manuell hantering, tunga lyft, fall, halka, kollisioner och kemikalieexponering på återvinningsstationer.	De 131 rapporterade skadorna fördelades enligt: 110 olyckor; 19 sjukdomar; två pendlingsolyckor. Tiden för sjukfrånvaro från olyckor var median 16 (intervall 1–546) dagar. Anställda på återvinningscentraler hade 3,6–5,4 gånger högre olycksfrekvens jämfört med genomsnittet för den svenska arbetsstyrkan.	Ingen användning nämns. Föreslår förebyggande åtgärder inkl. arbetsplatsutbildning och skyddshandskar för hantering av glas.
207	Englehardt 2003	USA	Avfallsinsamlare	Retrospektiv observationsstudie	Muskuloskeletal och hudrelaterade skador	Studien uppskattade 3 146 totala skador årligen bland kommunala avfallsarbetare, vilket motsvarar 54 skador per 100 arbetare per år, och cirka 80 skador per 100 arbetare per år, särskilt bland sophämtare.	Ingen rapporterad användning.
208	Ivens 1998	Danmark	Hushållsavfallsinsamlare	Retrospektiv observationsstudie	Riskfyllda arbetsförhållanden	17% av anställda drabbades av en skada, varav de flesta skadorna inträffade utanför företagets område.	Ingen rapporterad användning.
219	Jeong 2016	Syd Korea	Avfallsinsamlare	Registerbaserad studie	Riskfyllda arbetsförhållanden	86,4% skadades, 11,1% och 2,5% drabbades av arbetsrelaterade sjukdomar resp. dödsfall. De flesta skador inträffade bland arbetare som var 50 år och äldre. 51,4 % av skadorna inträffade på företag med 49 anställda eller färre.	Småföretag är inte ordentligt utbildade i säkerhetsåtgärder. Författarna föreslog riktlinjer för att förebygga sjukdom och skador samt säkerhets- och hälsorekommendationer.

217	Kageyama 2022	Japan	Avfallshantering	Tvärsnittsstudie.	Fysisk arbetsbelastning och psykisk stress	Arbetare som hanterade avfall hade lägre fysisk aktivitet, lägre kroppstemperatur och högre psykisk stress jämfört med icke-avfallshanterare. Indikationer för hjärtfrekvensvariabilitet indikerade högre psykologisk belastning och stressnivåer hos avfallsarbetare.	Uniformer användes för att förhindra direkt kontakt med avfall, ytterligare användning av skyddsutrustning rapporterades inte.
211	Kaliakatos 2015	Italien	Avfallssortering	Tvärsnittsstudie	Buller	Det dagliga bullervärdet vid multimaterial-sorteringsboxen var 89,3 dB. Vid krossen mättes buller under en halvtimme av arbetsdagen till 86,1 dB.	Ingen rapporterad användning.
214	Kraft 2023	Tyskland	Avfallsinsamlare	Tvärsnittsstudie	Arbetsbelastning	Deltagarna utförde totalt 3,17 h tungt arbete, fördelat över intervaller om 16,4 min (SD 4) under skiftet. Att lyfta och bära stort avfall var de mest intensiva uppgifterna. Genomsnittligt syreupptag under skiftet var 1267 ml/min.	Ingen rapporterad användning.
212	López-Arquillos 2019	Spanien	Avfallshantering	Retrospektiv analys av olycksdata + arbetsundersökningssstudie	Yrkesrisker	Vid mindre olyckor var den vanligaste skadan stukningar (51,7%). Vid allvarliga olyckor var frakturer vanligast (44,4%). För anställda ≤25 år och >55 år var den relativa risken för olyckor 3,0 resp. 1,4.	Ingen rapporterad användning. Författarna föreslår specifika förebyggande åtgärder.
107	Neitzel 2013	USA	Metallåtervinning	Tvärsnittsstudie	Buller, luftburet damm och rök, kolmonoxid och bly	Medelexponering för TWA-buller var 81,9 dBA; 19% översteg PEL-TWA på 90 dBA och 57% översteg 85 dBA.	Användning av skyddsutrustning var generellt låg, hörselskydd och andningsskydd användes av 72% resp. 35%.
118	Rapisarda 2016	Italien	Batteriåtervinning	Tvärsnittsstudie	Buller	Den genomsnittliga L(Aeq)-nivån var 85,07±1,01 dBA. Bullernivån var högst i skär-/krossningsområdet med 85,13±2,23 dBA, och lägst vid raffinering av bly med 81,45±1,71 dBA.	Inga arbetare använde skyddsutrustning (handskar, masker, hängselbyxor eller hörselskydd).
69	Tolvane 2004	Finland	Kompostering	Exponeringsbedömning med upprepade mätningar över två mätkampanjer	Buller	Under transportbandet var genomsnittliga bullernivån 84,5 dBA (64,3 till 89,4 dBA). Nära skaksikten var bullernivån 82,6 dBA (80,2 till 83,6 dBA). Nära balpressen var bullernivån 80,8 dBA (63,5 till 82,6 dBA).	Ingen rapporterad användning av skyddsutrustning.

70	Tolvane n 2006	Finland	Komposte ring	Bedömnin g av yrkesexpo nering	Buller	Bullernivån i torkhallen översteg det finska tröskelvärde på 85 dBA. Under underhållsarbetet var bullernivån L(Aeq) i genomsnitt under 85 dBA. Den högsta ljudnivån som uppmättes i torkhallen var 92,6 dBA.	Användning av bullerskydd rekommenderas vid avfallskrossning och i torkhallen.
----	-------------------	---------	------------------	---	--------	--	---

4.1.6 Övriga studier - avfall inte specificerat

Analysen baseras på 15 studier publicerade mellan 1995 och 2021, där exponeringstypen inte specificerades. Studierna var geografiskt fördelade enligt följande: från Danmark (3 artiklar), Grekland (3), Tyskland (2), Italien (2), Schweiz (2), USA (1), Storbritannien (1) och Mexiko (1). Alla studier inkluderade formellt anställda, men studiepopulationerna återspeglade ett brett spektrum av yrkeskategorier inom avfallshanterings- och återvinningssektorn (Tabell 7).

Studiegrupperna inkluderade komposteringsarbetare, anställda vid avfallsdeponier, anställda vid pappersåtervinningsanläggningar, arbetare med farligt avfall från industrin, anställda vid en kommunal renhållningsavdelning (deponier och externa anställda), arbetare med fast kommunalt avfall, sophämtare, avfallsåtervinningsarbetare, arbetare vid en deponi för farligt avfall. De avfallstyper som hanterades av arbetarna var biologiskt avfall (kompost), papper, fast avfall och farligt avfall.

Studiedesignen i 10 studier var tvärsnittsstudier, det fanns tre prospektiva kohortstudier (220–222), en fallrapport (223) och en historisk kohortstudie med uppföljning av cancerregister (224). Utfall som undersöktes var förekomst av astma (223), incidens av cancer (224), kromosomavvikelser (225,226), gastrointestinala problem (227,228) risknivåer (229), symtom från andningsvägarna (221–223,229–233) och lungfunktion (220–222,230,233).

De viktigaste resultaten var att arbetare inom avfallshanterings- och återvinningssektorn, trots arbete med olika typer av avfall, främst exponerades via luftvägarna och hade i flera studier andningsproblem och lägre lungfunktion. Vidare rapporterades astma, signifikant ökad risk för cancer i struphuvudet och något förhöjd risk för lungcancer.

De flesta studier diskuterade inte användningen av PPE, men bland de studier som gjorde detta rapporterades bristande användning.

Tabell 7. Artiklarna som ingår i exponeringsgruppen: övriga artiklar – avfall inte specificerat

Ref	Författare (år)	Land	Fokusområde	Studiedesign	Exponering	Huvudsakliga fynd	Säkerhet, reglering och skyddsutrustning
226	Gonsebatt 1995	Mexiko	Hantering av farligt avfall	Tvårsnittsstudie	Riskfyllda arbetsförhållanden	Exponerade arbetare hade signifikant fler kromosomavvikelser än kontroller. Frekvens kromosomavvikelser ökade med exponeringens längd. Inga signifikanta skillnader observerades för systerkromatidutbyten eller replikationsindex.	Arbetare i direkt kontakt med toxiska ämnen utan att använda skyddsutrustning.
231	Gelberg 1997	USA	Fast avfallsdeponi	Tvårsnittsstudie	Damm, gaser, organiskt material, svampar, bakterier och metaller	Anställda på deponi hade signifikant högre förekomst av dermatologiska, neurologiska, hörsel- och luftvägssymtom samt halsont jämfört med anställda utanför deponin. Arbetare utanför deponin hade högre förekomst neuromuskulära symtom och skador. Luftvägssymtom kopplades till exponering för deponi även efter justering för rökning.	Hörselskydd och filtermasker användes, men ingen PPE-policy rapporterades.
227	Ivens 1997	Danmark	Sophämtare	Tvårsnittsstudie	Riskfyllda arbetsförhållanden	Sophämtare som hanterade organiskt och restavfall hade 1,45 ggr högre risk för illamående. De som hanterade blandat hushållsavfall hade 1,43 ggr högre risk. Diarré var starkast förknippad med arbetsuppgifter hos lastare (1.26) och frontrunners (1.22). Symtomen var vanligare på sommaren. Arbetarna kopplade illamående och diarré till dålig lukt från avfall.	Ingen rapporterad användning.
228	Ivens 1997b	Danmark	Avfallsarbetare	Tvårsnittsstudie	Bioaerosoler	Papperssortering var signifikant associerad med diarré (PPR=2,7) och illamående (PPR=1,8). Kvinnor rapporterade icke-signifikant fler symtom än män. Högre arbetskrav och lågt stöd var kopplat till mer symtom.	Ingen rapporterad användning.
224	Rix 1997	Danmark	Pappersåtervinning	Historisk kohortstudie med uppföljning via cancerregistret	Akrylamid, natriumhydroxid, klorerade föreningar, fettsyror och endotoxiner	Signifikant ökad risk för cancer i struphuvudet hos manliga arbetare (SIR 3,33). Något förhöjd risk för lungcancer och fördubblad risk för Hodgkins lymfom hos manliga produktionsarbetare (SIR 1,21 resp. 1,90). Kvinnliga arbetare hade fördubblad risk för tjocktarmscancer (SIR 2,29). Den totala cancerförekomsten var lägre än väntat, möjligen pga "healthy worker-effekt." Inget signifikant samband mellan anställningstid och totala cancerrisk men långtidsanställda hade något högre risk för lungcancer.	Ingen rapporterad användning.

225	Fender 1998	Tyskland	Avfallshantering	Tvårsnittsstudie	Komplexa blandningar av föroreningar	Högre frekvens kromosomavvikelser bland arbetare på avfallsdeponi jämfört med kontroller, särskilt dicentriska kromosomer (4,1 vs. 1,5 per 1000 celler) och acentriska fragment (6,9 vs. 2,8 per 1000 celler). Inga betydande skillnader i systerkromatidutbyten. Förekomst av multiavvikande celler signifikant högre i exponerade grupper.	Ingen rapporterad användning.
245	Tomei 1999	Italien	Hantering av farligt avfall	Tvårsnittsstudie	Industriellt farligt avfall	Exponerade gruppen visade högre levervärden än kontrollerna, inklusive total bilirubin, gamma-GT och ALT.	Skyddsöveraller, masker med filter, handskar och skyddsstövlar användes.
220	Steiner 2005	Schweiz	Sophämtare	Prospektiv kohortstudie	Bioaerosoler	Ingen koppling till CC16-koncentration hittades hos sophämtare.	Ingen rapporterad användning.
223	Tran 2009	Storbritannien	Pappersåtervinning	Fallstudie	Hydroxylamin som en del av 'de-inking'-process	Båda arbetarna utvecklade luftvägssymtom inom två år efter första användning av hydroxylamin. Hydroxylamin användes som ersättning för glutaraldehyd av risk för astma även om inga tidigare fall av yrkesastma hade hittats.	Beskriven i ett fall men inte undersökt i detalj.
221	Tschopp 2011	Schweiz	Sophämtare	Prospektiv kohortstudie	Bioaerosoler	Tvärtemot hypotesen var symtom som bronkit, astma och dyspné inte associerade med yrkesmässig exponering, och varken FEV1 eller FEV1/FVC minskade hos personer exponerade för bioaerosoler.	Ingen rapporterad användning.
222	van Kampe 2016	Tyskland	Kompostering	Prospektiv kohortstudie	Bioaerosoler	Kronisk exponering för bioaerosoler i komposteringsanläggningar var kopplat till signifikant högre risk för hosta med slem, vilket tyder på kronisk bronkit. Under uppföljningsperioden ökade antalet deltagare som rapporterade hosta signifikant bland kompostarbetare och avhoppare jämfört med kontrollerna. Att arbeta som kompostarbetare i minst 5 år ökade den relativa risken för hosta och hosta med slem, men kompostarbetare visade ingen högre förekomst av försämring av lungfunktionen under studieperioden. Nuvarande och tidigare kompostarbetare hade något lägre FEV1 än kontrollerna, men minskningen av lungfunktion vid uppföljning skildes sig inte mellan grupperna. Inga förändringar i antikroppskoncentrationer påträffades.	En tydlig förbättring av hälsoskyddsåtgärder observerades.

233	Vimercati 2016	Italien	Sophämtare	Tvårsnittsstudie	Bioaerosoler	Spirometri visade signifikant minskning av genomsnittligt Tiffenau-index hos exponerade arbetarna, jämfört med kontrollerna, efter justering för störfaktorer. Medelvärdena för FEV1 var lägre hos exponerade arbetarna än hos kontrollerna. Resultaten tyder på förekomsten av ett obstruktivt pulmonellt mönster.	Diskuterat men inte undersökt i detalj.
229	Kontogianni & Moussopoulos, 2017	Grekland	Avfallshantering	Tvårsnittsstudie	Damm, bioaerosoler, farligt avfall, fysikaliska risker och brandrisker	Arbetare rapporterade ofta luftvägsproblem (hosta, tryck över bröstet, nysningar, influensaliknande symtom) i relation till dammexponering. Ventilationssystem var ofta otillräckliga, vilket ledde till högre nivåer av luftburna föroreningar. Buller och fysikaliska faror var vanliga. Högsta risknivåer fanns vid materialåtervinning och på komposteringsanläggningar.	Brist på användning av skyddsutrustning och otillräcklig utbildning av arbetare ökade riskerna. Ett starkt samband hittades mellan arbetarnas "säkerhetsbeteende" och säkerhetsansvariga närvaro i anläggningen.
230	Athanasios 2010	Grekland	Avfallshantering	Tvårsnittsstudie	Bioaerosoler från hushållsavfall	Förekomsten av luftvägssymtom och nedsatt lungfunktion var högre hos kommunala avfallsarbetare än hos kontrollgrupper. Efter justering för störfaktorer var morgonhosta, hosta vid ansträngning och ont i halsen signifikant högre.	Diskuterat men inte undersökt i detalj.
232	Papageorgiou 2021	Grekland	Avfallsarbete	Tvårsnittsstudie	Föroreningar utomhus	Det fanns ingen statistiskt signifikant skillnad i lungfunktion eller luftvägssymtom mellan exponerade och kontroller.	Användning av skyddsutrustning rekommenderade, 16 arbetare (28%) använde aldrig andningsskyddsutrustning och 13 arbetare (26%) använde den ibland.

4.1.7 Blandexponeringar och cocktaileffekter

Litteratursökningen identifierade artiklar som utvärderade arbetares exponering för flera ämnen, t.ex. olika toxiska metaller eller olika bakterier och svampar. Det fanns dock ingen studie om exponering för blandningar, dvs. där de utvärderade exponeringsprofilen och /eller graden av samexponering. Det fanns enbart två studier (136,191) som utvärderade cocktaileffekter: dels en om blandning av organiska kemikalier i relation till hormonförändringar *in vitro* (191) och dels en om exponering för flera metaller *in vivo* i relation till DNA-skada/reparation (136). Den senare studien drog slutsatsen att den kombinerade effekten av metaller var större än för enskilda metaller.

4.2 Hantering av okända material

I Sverige gör avfallshanterings- och återvinningsföretag i många fall sina egna bedömningar av vilket material de tar emot för vidare behandling (egen observation av författarna). Denna bedömning görs baserat på information från företagen som skickar avfall, inklusive information om eventuell klassning av

delar av avfallet som farligt avfall, samt egna observationer och tidigare erfarenheter. Bedömningen inkluderar även mätningar på plats med hjälp av direktavläsande instrument som t. ex. röntgenfluorescens (XRF) för metaller, nära-infraröd spektroskopi (NIR) och mellan-infraröd spektroskopi (MIR) för plast, samt laboriemätningar på företagen. För avfallsförbränning tas kontrollprover, men primärt för att utvärdera hur mycket osorterat och fossilt material som förbränns. En stor utmaning är att vara förberedd på de gamla och kända toxiska ämnena som i många fall är förbjudna, ämnen som inte är förbjudna men som tros vara toxiska och kan finnas i förhöjda halter, och okända kemikalier med begränsad information om exponeringsvägar, toxikokinetik och toxicitet.

Vi identifierade dock inga vetenskapliga studier om hur företagen hanterar avfall innehållande okända material. Det fanns dock ett par studier om hur okända exponeringar kan påverka de anställda. I två studier utvärderades akuta effekter som observerats bland vissa anställda, dvs. virussjukdomar och hepatit (85), där undersökning bland anställda genomfördes för att bedöma prevalensen.

4.3 Riskhantering och riskbedömning

Resultaten av litteratursökningen visar tydligt att det finns en skillnad mellan de faktiska exponeringsriskerna inom avfallshanterings- och återvinningssektorn och den befintliga riskhanteringen i arbetsmiljön. De rapporterade fall av farliga ämnen i nivåer nära eller över gränsvärden visar på att åtgärder för att reducera dessa halter i arbetsmiljön är otillräckliga. Den genomgående bristen i användning av PPE, tyder på brist på adekvat risk- och säkerhetshantering, vilket understryker behovet av bättre förståelse och övervakning av exponerings- och hälsorisker, tillsammans med förbättringar av det systematiska arbetsmiljöarbetet. Det finns också ett problem att ungefär en fjärdedel av studierna inte specifikt nämnde användning av PPE eller andra typer av hygienåtgärder, vilket gör det svårt att bedöma om detta förekom eller inte. Den stora majoriteten av studierna var tvärsnittsstudier, och endast få longitudinella studier eller interventionsstudier, och det är därför oklart om studierna ledde till någon förbättring av risk- och säkerhetshanteringen hos de studerade företagen.

5. Diskussion och framtida forskningsbehov

Denna kunskapsöversikt av arbetsmiljön i den cirkulära ekonomin i OECD-länder identifierade inga studier om arbetsmiljön för arbetstagare inom *återanvändning* av material. Den identifierade dock en större litteratur om arbetsmiljö och hälsa bland arbetstagare inom avfallshanterings- och återvinningssektorn. De inkluderade studierna visade att exponering för bioaerosoler och vissa toxiska metaller låg nära eller överskred hygieniska gränsvärden eller rekommenderade riktvärden. För vissa organiska föreningar sågs högre nivåer jämfört med kontroller eller allmänbefolkningen. Vidare var risken för olyckor och ergonomisk belastning var förhöjd bland avfallshanterings- och återvinningsarbetare. Få studier fokuserade på yrkesmässig exponering för strålning, gaser eller explosiva ämnen, vilket gör det svårt att dra några slutsatser för den typen av exponeringar. Men med tanke på att nya kärnkraftsanläggningar troligen ska byggas och gamla tas ur bruk eller förlängs, behövs mer forskning om riskerna med denna typ av avfall. Det fanns också ett mycket begränsat antal studier om organisatoriska faktorer som påverkar arbetsförhållandena och arbetsmiljön.

Trots den ofta förhöjda och komplexa exponeringen för toxiska kemiska ämnen och fysikaliska faktorer fanns det relativt få studier om hälsoeffekter av att arbeta i avfallshanterings- och återvinningssektorn. Emellertid visade flera av dessa studier samband med avfallsrelaterad exponering och arbetsuppgifter, och vissa under rekommenderade riktvärden eller befintliga gränsvärden. Med tanke på de negativa hälsoeffekter som observerades, både akuta och kroniska, och den förväntade ökningen av ämnen för vilka vi har begränsad kunskap om, rekommenderas ytterligare studier om arbetstagarnas hälsa inom denna sektor. Det bör noteras att studierna från Sverige var få men resultaten från framförallt de nordiska länderna är någotsånär jämförbara med den svenska arbetsmiljön för avfallshantering och återvinning. Ett stort problem är den bristande arbetsmiljön, framförallt baserat på vad som rapporterats om avsaknad

eller felaktiga användningen av PPE, (och då speciellt andningsskydd), otillräcklig ventilation eller brist på andra arbetsmiljöåtgärder på många arbetsplatser, vilket understryker behovet av bättre förståelse och övervakning av exponering, tillsammans med förbättringar av risk- och säkerhetshandling i denna sektor.

Vi har identifierat följande kunskapsluckor för arbetsmiljö, arbetsförhållanden och hälsa hos avfallshandlings- och återvinningsarbetare:

- Fortsatt övervakning av exponeringar för de anställda, särskilt eftersom avfallsströmmarna ökar och snabbt förändras i innehåll, t.ex. när grön-teknik-relaterade metaller återvinns med okänd eller begränsad information om toxicitet. Antalet organiska föreningar kommer att öka, och idag kommer välkända kemikalier att följas upp av nya avfallsströmmar som innehåller nya modifierade organiska molekyler, ofta med liknande struktur som de gamla. Till exempel kan ökad återvinning av textilmaterial resultera i ökad exponering för organiska föreningar såsom bensotiazol, kinolin, nitroaniliner (234), och ha behandlats med kemikalier för skadedjursbekämpning (t.ex. DDT, Mitin eller Eulan) (235). Väldigt få studier har undersökt återvinning av plast, som förväntas innehålla många hormonstörande ämnen.

- Forskning kring avfallens komplexitet eftersom blandnings-/cocktaileffekter förväntas uppstå, men hitintills mycket sällan utvärderats. Till exempel har det för förbränningsarbetare varit ett starkt fokus på dioxinexponering, medan exponering för metaller eller kombinationen av dessa inte har studerats. Dessutom är de kemiska formerna avgörande för biotillgänglighet och därmed hälsoeffekter. Detta behöver också belysas.

- Fler undersökningar behövs om hälsoeffekter av gamla och nya avfallsmaterial- och ingående komponenter hos arbetarna, särskilt longitudinella studier, och som nämnts ovan måste cocktaileffekter belysas, eftersom exponeringen vanligtvis är komplex och kan innehålla många hälsofarliga ämnen.

- Organisatoriska faktorer i relation till hälsa och arbets kvalitet saknas i princip i den vetenskapliga litteraturen för avfallshandlings- och återvinningsarbetare. Forskning behövs också om hur arbetsförhållanden kan förbättras på individ- och arbetsplatsnivå baserat på dialog och samarbete mellan olika intressenter. Dessa studier kan företrädesvis utformas som interventionsstudier för hur man kan förbättra arbetsmiljön, inklusive effektiviteten av yrkeshygieniska åtgärder och arbetstagarnas arbetsförhållanden.

- Vidare finns det stora kunskapsluckor kring återanvändning av olika material i den cirkulära ekonomin, inklusive alla aspekter som nämnts ovan.

6. Betydelse för exponeringsövervakning

6.1 Förändringar i företagets rekryteringsbehov och skyddskrav

Beträffande rekryteringsbehov framgår det av denna granskning att det är viktigt inom avfallshandlings- och återvinningssektorn att fokusera på utbildning, anpassad till alla anställda, om riskfaktorer i arbetsmiljön och därmed sammanhängande hälsoeffekter.

Vidare upplever arbetskraftssektorn för avfallshandling och återvinning i Sverige hög omsättning av arbetskraft (236). Ett sätt att ha långtidsanställda arbetstagare, vilket i sin tur möjliggör långsiktigt arbete med förbättring av arbetsmiljön, är att etablera en karriärstege för arbetstagare inom denna sektor.

När det gäller risk- och säkerhetshandling hade många företag som studerades i denna granskning öppna och dammiga processer. Därför bör inneslutning eller inkapsling av arbetsprocessen, enligt principen om säkerhet genom design, vara den primära rekommendationen tillsammans med rekommendationer för att förbättra punktutsläpp, processventilation samt allmän ventilation i lokalerna för att minska dammexponering. Enklare och mer kostnadseffektiva rekommendationer kan innebära förändringar av arbetsmetoder och rutiner, dvs. oftare rengöring, användning av våta metoder eller dammsugning snarare än torrsopning och rengöring med tryckluft eller att förbättra hygienrutiner och implementera

arbetsrotation. Eftersom andningsskyddets effektivitet är beroende av användarens kunskap om korrekt användning, förvaring och underhåll, bör det betonas att andningsskydd är det sista valet i åtgärdsstappen och att utbildning för anställda i korrekt användning och underhåll är nödvändig om det används.

6.2 Utmaningar för gällande regelverk

Även om många länder och industrier återvinner en del avfall, kräver det radikala förändringar i hur produktion och konsumtion är organiserade, och massiva öknings av återvinningskapaciteten, för att helt sluta cirkeln mot en cirkulär ekonomi. Dessa förändringar ligger i linje med FN:s globala mål för hållbar utveckling (SDG) 12: Ansvarsfull konsumtion och produktion, vilket ålägger FN:s medlemsstater att säkerställa hållbar konsumtion och produktionsformer (237). En viktig del av detta mål är ökad återvinning; på liknande sätt lyfte den svenska Agenda 2030-delegationen fram behovet av ökad återvinning (238) och detta är en central del av den Cirkulära ekonomin (3). Dessutom är avfallshantering nära kopplad till många andra SDG, såsom SDG 8 om anständigt arbete och ekonomisk tillväxt, SDG 3 om god hälsa och välbefinnande, SDG 9 om hållbar industri, SDG 6 om rent avfall och sanitet, och SDG 14 om liv under vattenytan. Driven av dessa mål investerar därför OECD-länderna i återvinning av plast, glas, metaller och textilier. Men som framgår av denna granskning står dessa länder inför en betydande kunskapslucka om de förhållanden som arbetstagare upplever inom återvinning och de därmed sammanhängande riskerna. Följaktligen kan det finnas en ökad risk för exponeringsrelaterade sjukdomar till följd av övergången till en cirkulär ekonomi om inte åtgärder vidtas.

En ytterligare utmaning som identifierats i denna granskning är att den nuvarande arbetsmiljörégleringen inte följs på många avfalls- och återvinningsarbetsplatser, då studier från arbetssektorn visar på exponeringar för kemisk och fysisk exponering nära eller över de yrkesmässiga exponeringsgränserna (239). Därför finns det ett övergripande behov av att förbättra risk- och säkerhetshanteringen inom denna sektor. Detta är också avgörande med tanke på att det finns nya EU-direktiv som syftar till att minska arbetstagarnas exponering för asbest (240) och bly, och dessutom är det obligatoriskt i Sverige från och med den 1 januari 2025 att utföra ett lämplighetstest för andningsskydd (241). Dessutom exponeras arbetstagarna idag och kommer i allt högre grad att exponeras för kemikalier som är potentiellt hälsovådliga, men för vilka det inte finns några befintliga yrkesmässiga exponeringsgränser, och risk- och säkerhetshanteringen måste ta hänsyn till detta i sin riskbedömning. För att underlätta riskbedömningen har EU dock i flera förordningar (batterilagen, förpackningslagen; referenser) reglerat att produkter, både återvunna och återanvända, ska märkas med innehållet av farliga ämnen, vilket hjälper avfalls- och återvinningsföretag att förbereda sig för det okända.

Att notera är att vi går mot att se avfall som resurs. Detta skulle på sikt kunna innebära att många avfallsströmmar klassas om som "råmaterial". Ifall avfallsströmmar klassas om så bör detta följas av en kontroll av exponering även på arbetsplatser som inte traditionellt sägs arbeta med avfallet - utan med produktion.

6.3 Förändrat behov av medicinska kontroller

Arbete i avfallshanterings- och återvinningssektorn är enligt aktuell litteratur från OECD-länder en dokumenterad högriskmiljö för bland annat luftvägssjukdom, vissa infektioner, samt påverkan på lever och njurar (88,221,230,232,233). Det förekommer exponering för sällsynta kemikalier där hälsoriskerna är oklara, men också exponering för blandningar av vanligare kemiska och fysiska faktorer.

För vissa av dessa exponeringar krävs medicinska hälsokontroller. Men om en riskbedömning visar att det är motiverat, ska arbetsgivaren anordna medicinska kontroller för arbetstagarna även i andra fall än de som omfattas av 3–8 kap i föreskriften från Arbetsmiljöverket (AFS 2023:15). Eftersom den cirkulära ekonomin kommer att innebära nya exponeringar är det viktigt att man följer upp hälsan hos de som arbetar eller har arbetat i dessa miljöer. Vissa hälsoeffekter kan uppträda många år efter man lämnat arbetet eller vara svåra att upptäcka vid en hälsokontroll.

7. Slutsatser

Analysen av befintliga studier om exponering och hälsa vid arbete med återvinning visar på en väldigt komplex kemisk och fysikalisk exponering och vi har noterat flera kunskapsluckor som redovisas ovan.

Emellertid kan man redan nu konkludera att på grund av exponeringens komplexa natur behöver företagen vara mer proaktiva i sin riskbedömning. Riskbedömning för exponering behöver omfatta fler ämnen än de lagstadgade och man kan behöva förhålla sig mer konservativt vid jämförelse med gränsvärden. Det är särskilt viktigt att sträva efter så låg exponering som möjligt och inte bara att hålla sig under gränsvärdet för enskilda ämnen. Åtgärdsrappan ska vara en utgångspunkt för att minska exponeringen för farliga ämnen där personlig skyddsutrustning enbart ska användas när exponeringen inte kan reduceras på andra sätt med till exempel våtbeläggning, inkapsling eller förbättrad ventilation.

Hälsoeffekterna är understuderade men tyder på ökade risker för sjukdomar i flera organ. Utökade medicinska kontroller än de lagstadgade kan vara motiverat, tex för arbetare som arbetar med e-avfall, metall och biologiskt avfall. För arbetare som arbetar med plaståtervinning finns det ännu ytterst lite data.

7. Referenser

1. Kirchherr J, Reike D, Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resour Conserv Recycl* 2017;127:221–32. doi:10.1016/j.resconrec.2017.09.005
2. European Commission. The European Green Deal (COM(2019) 640 final) [Internet]. 2019 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>
3. European Commission. A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe (COM(2020) 98 final) [Internet]. 2020 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>
4. European Union. Regulation (EU) 2024/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 December 2023 on ecodesign requirements for sustainable products and repealing Directive 2009/125/EC. Official Journal of the European Union, L 15, 22 January 2024, 1–96 [Internet]. 2024 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1157/oj>
5. European Union. Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC. Official Journal of the European Union, L 15, 1–61 [Internet]. 2025 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202500040
6. Swedish Government. Cirkulär ekonomi – strategi för omställningen i Sverige [Internet]. 2023 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://www.regeringen.se/rapporter/2023/01/strategi-for-cirkular-ekonomi/>
7. Avfall Sverige. Swedish waste management [Internet]. 2023 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: https://www.avfallsverige.se/media/cwibhsx2/svensk_avfallshantering_2023_en.pdf
8. Statistics Sweden (SCB). Basfakta företag enligt Företagens ekonomi efter näringsgren SNI 2007. År 2000 – 2019 [Internet]. 2021 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://www.scb.se>
9. Eurostat. Waste statistics – electrical and electronic equipment [Internet]. 2024 [Cited 2025 april 29]. Webb sida: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics_-_electrical_and_electronic_equipment
10. European Commission. European Parliament resolution of 23 November 2023 on job creation – the just transition and impact investments (2022/2170(INI)) (P9_TA(2023)0438) [Internet]. 2023 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023IP0438>
11. Cook E, Derks M, Velis CA. Plastic waste reprocessing for circular economy: A systematic scoping review of risks to occupational and public health from legacy substances and extrusion. *Sci Total Environ* 2023;859:160385. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.160385
12. Madsen AM, Raulf M, Duquenne P, Graff P, Cyprowski M, Beswick A, Laitinen S, Rasmussen PU, Hinker M, Kolk A, Górný RL, Oppliger A, Crook B. Review of biological risks associated with the collection of municipal wastes. *Sci Total Environ* 2021;791:148287. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.148287
13. Poole CJM, Basu S. Systematic Review: Occupational illness in the waste and recycling sector. *Occup Med (Lond)* 2017;67(8):626–36. doi:10.1093/occmed/kqx153

14. Nordberg GF, Costa M, editors. *Handbook on the Toxicology of Metals*. Vol. 2: Specific Metals. 5th ed. [Internet]. Elsevier; 2022 [cited 2026 Feb 27]. Webbsida: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20190049084> doi:10.1016/C2019-0-04908-4
15. Humbal C, Gautam S, Trivedi U. A review on recent progress in observations, and health effects of bioaerosols. *Environ Int* 2018;118:189–93. doi:10.1016/j.envint.2018.05.053
16. Kim KH, Jahan SA, Kabir E, Brown RJC. A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. *Environ Int* 2013;60:71–80. doi:10.1016/j.envint.2013.07.019
17. Symeonides C, Aromataris E, Mulders Y, Dizon J, Stern C, Barker TH, Whitehorn A, Pollock D, Marin T, Dunlop S. An Umbrella Review of Meta-Analyses Evaluating Associations between Human Health and Exposure to Major Classes of Plastic-Associated Chemicals. *Ann Glob Health* 2024;90(1):52. doi: 10.5334/aogh.4459
18. European Union. Regulation (EU) 2019/1021 on persistent organic pollutants (POPs) [Internet]. 2019 [Hämtad 2026 juni 16]. Webbsida: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1021/oj>
19. Van den Berg M, Birnbaum L, Bosveld AT, Brunström B, Cook P, Feeley M, Giesy JP, Hanberg A, Hasegawa R, Kennedy SW, Kubiak T, Larsen JC, van Leeuwen FX, Liem AK, Nolt C, Peterson RE, Poellinger L, Safe S, Schrenk D, Tillitt D, Tysklind M, Younes M, Waern F, Zacharewski T. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environ Health Perspect* 1998;106(12):775-92. doi: 10.1289/ehp.98106775
20. Brenner DJ, Doll R, Goodhead DT, Hall EJ, Land CE, Little JB, Lubin JH, Preston DL, Preston RJ, Puskin JS, Ron E, Sachs RK, Samet JM, Setlow RB, Zaider M. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2003;100(24):13761-6. doi: 10.1073/pnas.2235592100
21. Guidotti TL. Hydrogen Sulfide: Advances in Understanding Human Toxicity. *Int J Toxicol* 2010;29(6):569–81. doi:10.1177/1091581810384882
22. Peters MDJ, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc* 2015;13(3):141–6. doi:10.1097/XEB.0000000000000050
23. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, Moher D, Peters MDJ, Horsley T, Weeks L, Hempel S, Akl EA, Chang C, McGowan J, Stewart L, Hartling L, Aldcroft A, Wilson MG, Garritty C, Lewin S, Godfrey CM, Macdonald MT, Langlois EV, Soares-Weiser K, Moriarty J, Clifford T, Tunçalp Ö, Straus SE. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med* 2018;169(7):467-473. doi: 10.7326/M18-0850
24. Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol* 2005;8(1):19–32. doi:10.1080/1364557032000119616
25. Breum NO, Wurtz H, Midtgaard U, Ebbehøj N. Dustiness and bio-aerosol exposure in sorting recyclable paper. *Waste Manag Res* 1999;17(2):100–8. doi:10.1034/j.1399-3070.1999.00008.x
26. Hansen KK, Schlünssen V, Broberg K, Østergaard K, Frederiksen MW, Madsen AM, Kolstad HA. Exposure levels of dust, endotoxin, and microorganisms in the Danish recycling industry. *Ann Work Expo Health* 2023;67(7):816-830. doi: 10.1093/annweh/wxad025
27. Hansen KK, Schlünssen V, Broberg K, Østergaard K, Frederiksen MW, Sigsgaard T, Madsen AM, Kolstad HA. Associations between bioaerosols, lung function work-shift changes and inflammatory markers: A study of recycling workers. *Scand J Work Environ Health* 2024;50(8):602-612. doi: 10.5271/sjweh.4187

28. Ivens UI, Breum NO, Ebbenhøj N, Nielsen BH, Poulsen OM, Würtz H. Exposure-response relationship between gastrointestinal problems among waste collectors and bioaerosol exposure. *Scand J Work Environ Health* 1999;25(3):238-45. doi: 10.5271/sjweh.430
29. Madsen AM, Frederiksen MW, Mahmoud Kurdi I, Sommer S, Flensmark E, Tendal K. Expanded cardboard waste sorting and occupational exposure to microbial species. *Waste Manag* 2019;87:345–56. doi:10.1016/j.wasman.2019.02.018
30. Madsen AM, Rasmussen PU, Delsuz MS, Frederiksen MW. A cross-sectional study on occupational hygiene in biowaste plants. *Ann Work Expo Health*. 2024;68(9):9. doi:10.1093/annweh/wxae074
31. Rasmussen PU, Phan HUT, Frederiksen MW, Madsen AM. A characterization of bioaerosols in biowaste pretreatment plants in relation to occupational health. *Waste Manag* 2021;131:237–48. doi:10.1016/j.wasman.2021.06.009
32. Rasmussen PU, Frederiksen MW, Carøe TK, Madsen AM. Health symptoms, inflammation, and bioaerosol exposure in workers at biowaste pretreatment plants. *Waste Manag* 2023;167:173–82. doi:10.1016/j.wasman.2023.05.042
33. Brągoszewska E. Exposure to Bacterial and Fungal Aerosols: Microorganism Indices in A Waste-Sorting Plant in Poland. *Int J Environ Res Public Health* 2019;16(18):18. doi:10.3390/ijerph16183308
34. Brągoszewska E. The Dose of Fungal Aerosol Inhaled by Workers in a Waste-Sorting Plant in Poland: A Case Study. *Int J Environ Res Public Health* 2019;17(1):1. doi:10.3390/ijerph17010177
35. Cyprowski M, Ławniczek-Wałczyk A, Stobnicka-Kupiec A, Gołofit-Szymczak M, Górny RL. Across-Shift Changes in Viable Nasal Bacteria among Waste-Incineration Plant Workers—A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(15):15. doi:10.3390/ijerph19158984
36. Gutarowska B, Skóra J, Stępień Ł, Szponar B, Otlewska A, Pielech-Przybylska K. Assessment of microbial contamination within working environments of different types of composting plants. *J Air Waste Manag Assoc* 2015;65(4):4. doi:10.1080/10962247.2014.960954
37. Kozajda A, Jeżak K, Sowiak M, Gutarowska B, Szadkowska-Stańczyk I. Assessment of exposure to fungi in the heavily contaminated work environment (a solid waste sorting plant) based on the ergosterol analysis. *Int J Occup Med Environ Health* 2015;28(5):5. doi:10.13075/ijom.1896.00455
38. Kozajda A, Jeżak K, Cyprowski M, Szadkowska-Stańczyk I. Inhalable dust, endotoxins and (1–3)- β -D-glucans as indicators of exposure in waste sorting plant environment. *Aerobiologia* 2017;33(4):4. doi:10.1007/s10453-017-9484-4
39. Krajewski JA, Tarkowski S, Cyprowski M, Szarapińska-Kwaszewska J, Dudkiewicz B. Occupational exposure to organic dust associated with municipal waste collection and management. *Int J Occup Med Environ Health* 2002;15(3):289-301.
40. Szulc J, Okrasa M, Majchrzycka K, Sulyok M, Nowak A, Szponar B, Górczyńska A, Ryngajłto M, Gutarowska B. Microbiological and toxicological hazard assessment in a waste sorting plant and proper respiratory protection. *J Environ Manage* 2022;303:114257. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.114257
41. Bonifait L, Marchand G, Veillette M, M'Bareche H, Dubuis ME, Pépin C, Cloutier Y, Bernard Y, Duchaine C. Workers' exposure to bioaerosols from three different types of composting facilities. *J Occup Environ Hyg* 2017;14(10):815-822. doi: 10.1080/15459624.2017.1335054
42. Lavoie J, Dunkerley CJ, Kosatsky T, Dufresne A. Exposure to aerosolized bacteria and fungi among collectors of commercial, mixed residential, recyclable and compostable waste. *Sci Total Environ* 2006;370(1):1. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.05.016

43. Lavoie J, Guertin S. Evaluation of Health and Safety Risks in Municipal Solid Waste Recycling Plants. *J Air Waste Manag Assoc* 2001;51(3):3. doi:10.1080/10473289.2001.10464278
44. Marchand G, Lavoie J, Lazure L. Evaluation of Bioaerosols in a Municipal Solid Waste Recycling and Composting Plant. *J Air Waste Manag Assoc* 1995;45(10):10. doi:10.1080/10473289.1995.10467406
45. Marchand G, Wingert L, Viegas C, Caetano L, Viegas S, Twaruzek M, Lacombe N, Lanoie D, Valois I, Gouin F, Soszczyńska E, Kosicki R, Dias M, Debia M. Assessment of waste workers occupational risk to microbial agents and cytotoxic effects of mixed contaminants present in the air of waste truck cabin and ventilation filters. *J Air Waste Manag Assoc* 2024;74(3):145-162. doi: 10.1080/10962247.2023.2299424
46. Mbareche H, Veillette M, Bonifait L, Dubuis ME, Benard Y, Marchand G, Bilodeau GJ, Duchaine C. A next generation sequencing approach with a suitable bioinformatics workflow to study fungal diversity in bioaerosols released from two different types of composting plants. *Sci Total Environ* 2017;601-602:1306-1314. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.235
47. Salambanga FRD, Wingert L, Valois I, Lacombe N, Gouin F, Trépanier J, Debia M, Soszczyńska E, Twaruzek M, Kosicki R, Dias M, Viegas S, Caetano L, Viegas C, Marchand G. Microbial contamination and metabolite exposure assessment during waste and recyclable material collection. *Environ Res* 2022;212(Pt D):113597. doi: 10.1016/j.envres.2022.113597
48. Pinto MJ, Veiga JM, Fernandes P, Ramos C, Gonçalves S, Velho MM, Guerreiro JS. Airborne microorganisms associated with packaging glass sorting facilities. *J Toxicol Environ Health A* 2015;78(11):685-96. doi: 10.1080/15287394.2015.1021942
49. Viegas C, Gomes AQ, Abegão J, Sabino R, Graça T, Viegas S. Assessment of Fungal Contamination in Waste Sorting and Incineration—Case Study in Portugal. *J Toxicol Environ Health A* 2014;77(1–3):1–3. doi:10.1080/15287394.2014.865583
50. Viegas C, Dias M, Almeida B, Carolino E, Viegas S. *Aspergillus* spp. presence on mechanical protection gloves from the waste sorting industry. *J Occup Environ Hyg* 2020;17(11–12):11–12. doi:10.1080/15459624.2020.1834113
51. Viegas C, Twaruzek M, Dias M, Carolino E, Soszczyńska E, Aranha Caetano L. Cytotoxicity of *Aspergillus* Section *Fumigati* Isolates Recovered from Protection Devices Used on Waste Sorting Industry. *Toxins* 2022;14(2):2. doi:10.3390/toxins14020070
52. Viegas S, Veiga L, Figueiredo P, Almeida A, Carolino E, Viegas C. Assessment of workers' exposure to aflatoxin B1 in a Portuguese waste industry. *Ann Occup Hyg* 2015;59(2):173-81. doi: 10.1093/annhyg/meu082
53. Viegas S, Osteresch B, Almeida A, Cramer B, Humpf HU, Viegas C. Enniatin B and ochratoxin A in the blood serum of workers from the waste management setting. *Mycotoxin Res* 2018;34(2):2. doi:10.1007/s12550-017-0302-1
54. Degois J, Simon X, Clerc F, Bontemps C, Leblond P, Duquenne P. One-year follow-up of microbial diversity in bioaerosols emitted in a waste sorting plant in France. *Waste Manag* 2021;120:257–68. doi:10.1016/j.wasman.2020.11.036
55. Demange V, Barrera C, Laboissière A, Duquenne P, Simon X, Millon L, Reboux G, Grzebyk M. Effects of plant features on symptoms and airway inflammation in compost workers followed over 18 months. *Arch Environ Occup Health* 2020;75(4):191-200. doi: 10.1080/19338244.2019.1584086
56. Duquenne P, Simon X, Koehler V, Goncalves-Machado S, Greff G, Nicot T, Poirot P. Documentation of bioaerosol concentrations in an indoor composting facility in France. *J Environ Monit* 2012;14(2):409-419. doi:10.1039/c2em10714g

57. Persoons R, Parat S, Stoklov M, Perdrix A, Maitre A. Critical working tasks and determinants of exposure to bioaerosols and MVOC at composting facilities. *Int J Hyg Environ Health* 2010;213(5):5. doi:10.1016/j.ijheh.2010.06.001
58. Schlosser O, Déportes IZ, Facon B, Fromont E. Extension of the sorting instructions for household plastic packaging and changes in exposure to bioaerosols at materials recovery facilities. *Waste Manag* 2015;46:47–55. doi:10.1016/j.wasman.2015.05.022
59. Schlosser O, Robert S, Noyon N. Airborne mycotoxins in waste recycling and recovery facilities: Occupational exposure and health risk assessment. *Waste Manag* 2020;105:395–404. doi:10.1016/j.wasman.2020.02.031
60. Daae HL, Graff P, Foss OAH, Kofoed VC, Afanou AK, Frederiksen MW, Madsen AM. A cross-sectional study on occupational exposure to microorganisms, endotoxin, hydrogen sulfide, and dust during work at drilling waste treatment plants. *Ann Work Expo Health* 2024;68(1):58-77. doi: 10.1093/annweh/wxad069
61. Eriksen E, Graff P, Pedersen I, Straumfors A, Afanou AK. Bioaerosol Exposure and *in vitro* Activation of Toll-like Receptors in a Norwegian Waste Sorting Plant. *Saf Health Work* 2022;13(1):9-16. doi: 10.1016/j.shaw.2021.09.002
62. Haldal K, Madsø L, Eduard W. Airway inflammation among compost workers exposed to actinomycetes spores. *Ann Agric Environ Med* 2015;22(2):2. doi:10.5604/12321966.1152076
63. Haldal KK, Halstensen AS, Thorn J, Djupesland P, Wouters I, Eduard W, Halstensen TS. Upper airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols. *Occup Environ Med* 2003;60(6):444-50. doi: 10.1136/oem.60.6.444
64. Haldal KK, Halstensen AS, Thorn J, Eduard W, Halstensen TS. Airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols assessed by induced sputum. *Eur Respir J* 2003;21(4):4. doi:10.1183/09031936.03.00059702
65. Haldal KK, Eduard W. Associations between acute symptoms and bioaerosol exposure during the collection of household waste. *Am J Ind Med* 2004;46(3):3. doi:10.1002/ajim.20058
66. Kiviranta H, Tuomainen A, Reiman M, Laitinen S, Nevalainen A, Liesivuori J. Exposure to airborne microorganisms and volatile organic compounds in different types of waste handling. *Ann Agric Environ Med* 1999;6(1):39–44.
67. Kontro MH, Kirsi M, Laitinen SK. Exposure to bacterial and fungal bioaerosols in facilities processing biodegradable waste. *Front Public Health* 2022;10:789861. doi:10.3389/fpubh.2022.789861
68. Tolvanen O, Nykänen J, Nivukoski U, Himanen M, Veijanen A, Hänninen K. Occupational hygiene in a Finnish drum composting plant. *Waste Manag* 2005;25(4):4. doi:10.1016/j.wasman.2005.02.011
69. Tolvanen OK. Exposure to bioaerosols and noise at a Finnish dry waste treatment plant. *Waste Manag Res* 2004;22(5):5. doi:10.1177/0734242X04045427
70. Tolvanen OK, Hänninen KI. Mechanical–biological waste treatment and the associated occupational hygiene in Finland. *Waste Manag* 2006;26(10):10. doi:10.1016/j.wasman.2005.07.020
71. Hryhorczuk D, Curtis L, Scheff P, Chung J, Rizzo M, Lewis C, Keys N, Moomey M. Bioaerosol emissions from a suburban yard waste composting facility. *Ann Agric Environ Med* 2001;8(2):177-85
72. Huhn GD, Austin C, Carr M, Heyer D, Boudreau P, Gilbert G, Eimen T, Lindsley MD, Cali S, Conover CS, Dworkin MS. Two outbreaks of occupationally acquired histoplasmosis: more than workers at risk. *Environ Health Perspect* 2005;113(5):585-9. doi: 10.1289/ehp.7484

73. Kitsantas P, Kitsantas A, Travis R. Occupational exposures and associated health effects among sanitation landfill employees. *J Environ Health* 2000;63(5):17.
74. Lal A, Akhtar J, Pinto S, Grewal H, Martin K. Recurrent Pulmonary Embolism and Hypersensitivity Pneumonitis Secondary to Aspergillus, in a Compost Plant Worker: Case Report and Review of Literature. *Lung* 2018;196(5):5. doi:10.1007/s00408-018-0142-6
75. Carducci A, Federigi I, Verani M. Virus occupational exposure in solid waste processing facilities. *Ann Occup Hyg* 2013;57(9):1115-27. doi: 10.1093/annhyg/met043
76. Casini B, Verani M, Tagliaferri E, Privitera G, Carducci A. CTX-M-15 Type Extended-Spectrum Beta-Lactamase-Producing *Enterobacter cloacae* In Bioaerosol of a Municipal Solid Waste Recycling Plant: A New Possible Reservoir of Infection? *Arch Clin Microbiol* 2015;6(1):5.
77. Del Cimmuto A, D'Acunzo F, Marinelli L, De Giusti M, Boccia A. Microbiological air quality in an urban solid waste selection plant. *Ital J Public Health* 2010;7(1):1. doi:10.2427/5742
78. Traversi D, Gorrasi I, Pignata C, Degan R, Anedda E, Carletto G, Vercellino G, Fornasero S, Bertino A, Filippi F, Gullo M, Gilli G. Aerosol exposure and risk assessment for green jobs involved in biomethanization. *Environ Int* 2018;114:202-211. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.046
79. Gladding T, Thorn J, Stott D. Organic dust exposure and work-related effects among recycling workers. *Am J Ind Med* 2003;43(6):6. doi:10.1002/ajim.10220
80. Gladding T, Coggins PC. Exposure to microorganisms and health effects of working in UK materials recovery facilities - a preliminary report. *Ann Agric Environ Med* 1997;4(1):137-141.
81. Poole CJM, Wong M. Allergic bronchopulmonary aspergillosis in garden waste (compost) collectors-occupational implications. *Occup Med (Lond)* 2013;63(7):7. doi:10.1093/occmed/kqt097
82. Agarwal V, Meier B, Schreiner C, Figi R, Tao Y, Wang J. Airborne antibiotic and metal resistance genes - A neglected potential risk at e-waste recycling facilities. *Sci Total Environ* 2024;920:170991. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.170991
83. Conza L, Pagani SC, Gaia V. Presence of *Legionella* and Free-Living Amoebae in Composts and Bioaerosols from Composting Facilities. Kwaik YA, editor. *PLoS ONE* 2013;8(7):7. doi:10.1371/journal.pone.0068244
84. Daneshzadeh Tabrizi R, Bernard A, Thommen AM, De Winter F, Oppliger A, Hilfiker S, Tschopp A, Hotz P. Surfactant protein-D and exposure to bioaerosols in wastewater and garbage workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2010;83(8):8. doi:10.1007/s00420-010-0525-3
85. Alonso E, Lopez-Etxaniz I, Hurtado A, Liendo P, Urbaneja F, Aspritzaga I, Olaizola JI, Piñero A, Arrazola I, Barandika JF, Hernáez S, Muniozguren N, García-Pérez AL. Q Fever Outbreak among Workers at a Waste-Sorting Plant. *PLoS One* 2015;10(9):e0138817. doi: 10.1371/journal.pone.0138817
86. Nadal M, Inza I, Schuhmacher M, Figueras MJ, Domingo JL. Health risks of the occupational exposure to microbiological and chemical pollutants in a municipal waste organic fraction treatment plant. *Int J Hyg Environ Health* 2009;212(6):6. doi:10.1016/j.ijheh.2009.06.002
87. Issever H, Gul H, Erelel M, Erkan F, Gungor GY. Health Problems of Garbage Collectors in Istanbul. *Indoor Built Environ* 2002;11(5):293-301. doi:10.1177/1420326X0201100506
88. Issever H, Özdilli BA, Güler S, Karsavuran AE, Gül H, Güngör Y. Respiratory functions of the people working in solid waste storage centers in Istanbul. *Nobel Med* 2011;7(1):29-36.

89. Bünge J, Antlauf-Lammers M, Schulz TG, Westphal GA, Müller MM, Ruhnau P, Hallier E. Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers. *Occup Environ Med* 2000;57(7):458-64. doi: 10.1136/oem.57.7.458
90. Bünge J, Schappler-Scheele B, Hilgers R, Hallier E. A 5-year follow-up study on respiratory disorders and lung function in workers exposed to organic dust from composting plants. *Int Arch Occup Environ Health* 2007;80(4):4. doi:10.1007/s00420-006-0135-2
91. Park D, Lee K, Ryu S, Kim S, Yoon C, Ha K. Characteristics of Particulate Matter Generated while Handling Municipal Household Waste. *J Occup Health* 2013;55(6):6. doi:10.1539/joh.13-0166-FS
92. Park DU, Ryu SH, Kim SB, Yoon CS. An Assessment of Dust, Endotoxin, and Microorganism Exposure during Waste Collection and Sorting. *J Air Waste Manag Assoc* 2011;61(4):4. doi:10.3155/1047-3289.61.4.461
93. Marth E, Reinthaler F F, Schaffler K, Jelovcan S, Haselbacher S, Eibel U, Kleinhappl B. Occupational health risks to employees of waste treatment facilities. *Ann Agric Environ Med* 1997;4(1):143–7.
94. Douwes J, Wouters I, Dubbeld H, van Zwieten L, Steerenberg P, Doekes G, Heederik D. Upper airway inflammation assessed by nasal lavage in compost workers: A relation with bio-aerosol exposure. *Am J Ind Med* 2000;37(5):459-68. doi: 10.1002/(sici)1097-0274(200005)37:5<459::aid-ajim2>3.0.co;2-j
95. Thorn J, Beijer L, Rylander R. Airways inflammation and glucan exposure among household waste collectors. *Am J Ind Med* 1998;33(5):5. doi:10.1002/(SICI)1097-0274(199805)33:5<463::AID-AJIM5>3.0.CO;2-T
96. Lugauskas A, Krikštaponis A, Šveistytė L. Airborne fungi in industrial environments – potential agents of respiratory diseases. *Ann Agric Environ Med* 2004;11:19–25.
97. Černá K, Wittlingerová Z, Zimová M, Janovský Z. Exposure to airborne fungi during sorting of recyclable plastics in waste treatment facilities. *Med Pr* 2017;68(1):1. doi:10.13075/mp.5893.00520
98. Dounias G, Kypraiou E, Rachiotis G, Tsovi E, Kostopoulos S. Prevalence of hepatitis B virus markers in municipal solid waste workers in Keratsini (Greece). *Occup Med (Lond)* 2005;55(1):1. doi:10.1093/occmed/kqi007
99. Alvarado-Esquivel C, Gutierrez-Martinez VD, Ramírez-Valles EG, Sifuentes-Alvarez A. Hepatitis E virus infection and waste pickers: A case-control seroprevalence study. *J Med Virol* 2021;93(6):6. doi:10.1002/jmv.26688
100. Health Council of the Netherlands. *Endotoxins*. The Hague: Health Council of the Netherlands; 2010.
101. Beaucham C, Ceballos D, King B. Lessons learned from surface wipe sampling for lead in three workplaces. *J Occup Environ Hyg* 2017;14(8):8. doi:10.1080/15459624.2017.1309047
102. Ceballos D, Beaucham C, Page E. Metal Exposures at three U.S. electronic scrap recycling facilities. *J Occup Environ Hyg* 2017;14(6):6. doi:10.1080/15459624.2016.1269179
103. Ceballos D, Zhou M, Herrick R. Metals and Particulates Exposure from a Mobile E-Waste Shredding Truck: A Pilot Study. *Ann Work Expo Health* 2020;64(8):8. doi:10.1093/annweh/wxaa058
104. Kilburn KH. Neurobehavioral Impairment and Symptoms Associated with Aluminum Remelting. *Arch Environ Health* 1998;53(5):329–35. doi:10.1080/00039899809605717
105. Malkin R, Brandt-Rauf P, Graziano J, Parides M. Blood lead levels in incinerator workers. *Environ Res* 1992;59(1):1. doi:10.1016/S0013-9351(05)80245-2

106. Mazzuckelli L, Methner MM. Case Studies. *J Occup Environ Hyg* 2004;1(9):9. doi:10.1080/15459620490484621
107. Neitzel RL, Crollard A, Dominguez C, Stover B, Seixas NS. A mixed-methods evaluation of health and safety hazards at a scrap metal recycling facility. *Saf Sci* 2013;51(1):1. doi:10.1016/j.ssci.2012.08.012
108. Pugh C, Cekada T, Wachter J, Marin LS. An exploratory study on occupational exposure to airborne engineered nanomaterials during the recycling operations of electronic devices. *J Nanopart Res* 2022;24(2):2. doi:10.1007/s11051-022-05423-5
109. Carmen Agramunt M. Monitoring internal exposure to metals and organic substances in workers at a hazardous waste incinerator after 3 years of operation. *Toxicol Lett* 2003;146(1):1. doi:10.1016/j.toxlet.2003.09.003
110. Gonzalez CA, Kogevinas M, Gadea E, Huici A, Bosch A, Bleda MJ, Pöpke O. Biomonitoring study of people living near or working at a municipal solid-waste incinerator before and after two years of operation. *Arch Environ Health* 2000;55(4):259-67. doi: 10.1080/00039890009603416
111. López M, Reche C, Pérez-Albaladejo E, Porte C, Balasch A, Monfort E, Eljarrat E, Viana M. E-waste dismantling as a source of personal exposure and environmental release of fine and ultrafine particles. *Sci Total Environ* 2022;833:154871. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.154871
112. Schuhmacher M, Domingo JL, Agramunt MC, Bocio A, Müller L. Biological monitoring of metals and organic substances in hazardous-waste incineration workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2002;75(7):500-6. doi: 10.1007/s00420-002-0340-6
113. Mari M, Schuhmacher M, Domingo JL. Levels of metals and organic substances in workers at a hazardous waste incinerator: a follow-up study. *Int Arch Occup Environ Health* 2009;82(4):4. doi:10.1007/s00420-008-0350-0
114. Bena A, Oreggia M, Gandini M, Bocca B, Ruggieri F, Pino A, Alimonti A, Ghione F, Farina E. Human biomonitoring of metals in workers at the waste-to-energy incinerator of Turin: An Italian longitudinal study. *Int J Hyg Environ Health* 2020;225:113454. doi: 10.1016/j.ijheh.2020.113454
115. Cappelletti R, Ceppi M, Claudatus J, Gennaro V. Health status of male steel workers at an electric arc furnace (EAF) in Trentino, Italy. *J Occup Med Toxicol* 2016;11(1):1. doi:10.1186/s12995-016-0095-8
116. Cristaudo A, Picardo M, Petrucci F, Forte G, Violante N, Senofonte O, Alimonti A, Sera F. Clinical and Allergological Biomonitoring of Occupational Hypersensitivity to Platinum Group Elements. *Analytical Letters* 2007;40(18):18. doi:10.1080/00032710701689099
117. Petrucci F, Violante N, Senofonte O, Cristaudo A, Di Gregorio M, Forte G, Alimonti A. Biomonitoring of a worker population exposed to platinum dust in a catalyst production plant. *Occup Environ Med* 2005;62(1):27-33. doi: 10.1136/oem.2004.016022
118. Rapisarda V, Ledda C, Ferrante M, Fiore M, Cocuzza S, Bracci M, Fenga C. Blood pressure and occupational exposure to noise and lead (Pb): A cross-sectional study. *Toxicol Ind Health* 2016;32(10):1729-36. doi: 10.1177/0748233715576616
119. Hanser O, Melczer M, Martin Remy A, Ndaw S. Occupational exposure to metals among battery recyclers in France: Biomonitoring and external dose measurements. *Waste Manag* 2022;150:122–30. doi:10.1016/j.wasman.2022.06.044
120. Maître A, Collot-Fertey D, Anzivino L, Marques M, Hours M, Stoklov M. Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposure to particles, metals, and organic compounds. *Occup Environ Med* 2003;60(8):8. doi:10.1136/oem.60.8.563

121. Uzu G, Sobanska S, Sarret G, Sauvain JJ, Pradère P, Dumat C. Characterization of lead-recycling facility emissions at various workplaces: Major insights for sanitary risks assessment. *J Hazard Mater* 2011;186(2–3):2–3. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.11.086
122. Castro-Mejía MA, Saldaña-Villanueva K, Méndez-Rodríguez KB, Ortega-Romero M, Barbier OC, Pérez-Vázquez FJ. Evaluation of renal function in precarious workers exposed to heavy metals in vulnerable scenarios in the metropolitan area of San Luis Potosí, México. *Environ Toxicol Pharmacol* 2024;106:104350. doi:10.1016/j.etap.2023.104350
123. Hernández-Franco P, Maldonado-Vega M, Calderón-Salinas JV, Rojas E, Valverde M. Role of Ape1 in Impaired DNA Repair Capacity in Battery Recycling Plant Workers Exposed to Lead. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(13):13. doi:10.3390/ijerph19137961
124. López-Vanegas NC, Hernández G, Maldonado-Vega M, Calderón-Salinas JV. Leukocyte apoptosis, TNF- α concentration and oxidative damage in lead-exposed workers. *Toxicol Appl Pharmacol* 2020;391:114901. doi:10.1016/j.taap.2020.114901
125. Emond C, Robin JP, Breton R, Philippe S, Zayed J. Dermal Exposure to Beryllium: A Pilot Case Study. *J Toxicol Environ Health A* 2007;70(6):6. doi:10.1080/15287390600870908
126. Gravel S, Lavoué J, Bakhiyi B, Lavoie J, Roberge B, Patry L, Bouchard MF, Verner MA, Zayed J, Labrèche F. Multi-exposures to suspected endocrine disruptors in electronic waste recycling workers: Associations with thyroid and reproductive hormones. *Int J Hyg Environ Health* 2020;225:113445. doi:10.1016/j.ijheh.2019.113445
127. Gravel S, Roberge B, Calosso M, Gagné S, Lavoie J, Labrèche F. Occupational health and safety, metal exposures and multi-exposures health risk in Canadian electronic waste recycling facilities. *Waste Manag* 2023;165:140–9. doi:10.1016/j.wasman.2023.04.026
128. Hamaguchi T, Omae K, Takebayashi T, Kikuchi Y, Yoshioka N, Nishiwaki Y, Tanaka A, Hirata M, Taguchi O, Chonan T. Exposure to hardly soluble indium compounds in ITO production and recycling plants is a new risk for interstitial lung damage. *Occup Environ Med* 2008;65(1):51–5. doi:10.1136/oem.2006.029124
129. Miyauchi H, Minozoe A, Tanaka S, Tanaka A, Hirata M, Nakaza M, Arito H, Eitaki Y, Nakano M, Omae K. Assessment of workplace air concentrations of indium dust in an indium-recycling plant. *J Occup Health* 2012;54(2):103–11. doi:10.1539/joh.11-0233-oa
130. Sato M, Yano E. The association between lead contamination on the hand and blood lead concentration: A workplace application of the sodium sulphide (Na₂S) test. *Sci Total Environ* 2006;363(1–3):1–3. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.07.009
131. Chalvatzaki E, Aleksandropoulou V, Lazaridis M. A Case Study of Landfill Workers Exposure and Dose to Particulate Matter-Bound Metals. *Water Air Soil Pollut* 2014;225(1):1. doi:10.1007/s11270-013-1782-z
132. Chalvatzaki E, Kopanakis I, Lazaridis M. Size distribution and metal composition of airborne particles in a waste management facility. *J Mater Cycles Waste Manag* 2018;20(1):1. doi:10.1007/s10163-017-0584-6
133. Díaz-Criollo S, Varona-Urbe ME, Téllez-Avila EM, Palma-Parra M, Palencia-Flórez D, Idrovo AJ. Does sulfuric acid have a ‘protective’ effect on battery recyclers exposed to lead? *Int J Environ Health Res* 2021;31(7):7. doi:10.1080/09603123.2019.1687659
134. Vergara-Murillo F, Martínez-Yanez K, Fortich-Revollo A, Paternina-Caicedo A, Johnson-Restrepo B. Biochemical and Hematological Markers in Workers with Chronical Exposure to Lead and Cadmium in Colombia. *Toxics* 2022;10(9):9. doi:10.3390/toxics10090524

135. Gerding J, Peters C, Wegscheider W, Stranzinger J, Lessmann F, Pitzke K, Harth V, Eickmann U, Nienhaus A. Metal exposure of workers during recycling of electronic waste: a cross-sectional study in sheltered workshops in Germany. *Int Arch Occup Environ Health* 2021;94(5):935-944. doi: 10.1007/s00420-021-01651-9
136. Hengstler JG. Occupational exposure to heavy metals: DNA damage induction and DNA repair inhibition prove co-exposures to cadmium, cobalt and lead as more dangerous than hitherto expected. *Carcinogenesis* 2003;24(1):1. doi:10.1093/carcin/24.1.63
137. Julander A, Lundgren L, Skare L, Grandér M, Palm B, Vahter M, Lidén C. Formal recycling of e-waste leads to increased exposure to toxic metals: an occupational exposure study from Sweden. *Environ Int* 2014;73:243-51. doi: 10.1016/j.envint.2014.07.006
138. Lovén K, Isaxon C, Ahlberg E, Bermeo M, Messing ME, Kåredal M, Hedmer M, Rissler J. Size-resolved characterization of particles >10 nm emitted to air during metal recycling. *Environ Int* 2023;174:107874. doi: 10.1016/j.envint.2023.107874
139. Gunbeyaz SA, Giagloglou E, Kurt RE, Rogge KG, Alkaner S, McKenna SA, Turan O, Lord R. Workers' exposure to dust and potentially toxic elements during steel cutting in two ship dismantling cases. *Ocean Engineering* 2023;270:113628. doi:10.1016/j.oceaneng.2023.113628
140. Lison D, Van Maele-Fabry G, Vral A, Vermeulen S, Bastin P, Haufroid V, Baeyens A. Absence of genotoxic impact assessed by micronucleus frequency in circulating lymphocytes of workers exposed to cadmium. *Toxicol Lett* 2019;303:72-77. doi: 10.1016/j.toxlet.2018.12.014
141. Mujaj B, Yang WY, Zhang ZY, Wei FF, Thijs L, Verhamme P, Staessen JA. Renal function in relation to low-level environmental lead exposure. *Nephrol Dial Transplant* 2019;34(6):941-946. doi: 10.1093/ndt/gfy279
142. Pawlas N, Olewińska E, Markiewicz-Górka I, Kozłowska A, Januszewska L, Lundh T, Januszewska E, Pawlas K. Oxidative damage of DNA in subjects occupationally exposed to lead. *Adv Clin Exp Med* 2017;26(6):939-945. doi: 10.17219/acem/64682
143. Kang MJ, Lee DY, Joo WA, Kim CW. Plasma Protein Level Changes in Waste Incineration Workers Exposed to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin. *J Proteome Res* 2005;4(4):4. doi:10.1021/pr049756d
144. Kim BH, Ikonomou MG, Lee SJ, Kim HS, Chang YS. Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, and polychlorinated biphenyls in human blood samples from Korea. *Sci Total Environ* 2005;336(1-3):1-3. doi:10.1016/j.scitotenv.2004.05.030
145. Kim BH, Lee SJ, Mun SJ, Chang YS. A case study of dioxin monitoring in and around an industrial waste incinerator in Korea. *Chemosphere* 2005;58(11):11. doi:10.1016/j.chemosphere.2004.10.041
146. Kim KW, Won YL, Ogawa Y. Associations between Blood Levels of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins/Furans and Polychlorinated Biphenyls with Immune Systems. *Toxicol Environ Health Sci* 2018;10(1):1. doi:10.1007/s13530-018-0342-8
147. Kim MK, Oh S, Lee JH, Im H, Ryu YM, Oh E, Lee J, Lee E, Sul D. Evaluation of biological monitoring markers using genomic and proteomic analysis for automobile emission inspectors and waste incinerating workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons or 2,3,7,8,-tetrachlorodibenzo-p-dioxins. *Exp Mol Med* 2004;36(5):396-410. doi: 10.1038/emmm.2004.52
148. Kim Y, Yang SH, Kim M, Shin DC. PCDD and PCDF exposures in workers and controls living near an industrial waste incinerator. *Chemosphere* 2001;43(4-7):4-7. doi:10.1016/S0045-6535(00)00459-8

149. Lee J, Kang D, Lee KH, Ichiba M, Zhang J, Tomokuni K, Hwang ES, Park CG, Ha M, Kim S, Han SB, Choi JW, Lee E, Jang JY, Strickland PT, Hirvonen A, Cho SH. Influence of GSTM1 genotype on association between aromatic DNA adducts and urinary PAH metabolites in incineration workers. *Mutat Res* 2002;514(1-2):213-21. doi: 10.1016/s1383-5718(01)00340-0
150. Lee KH, Lee J, Ha M, Choi JW, Cho SH, Hwang ES, Park CG, Strickland PT, Hirvonen A, Kang D. Influence of polymorphism of GSTM1 gene on association between glycophorin a mutant frequency and urinary PAH metabolites in incineration workers. *J Toxicol Environ Health A* 2002;65(5-6):355-63. doi: 10.1080/15287390252808028
151. Lee SJ, Ikonomou MG, Park H, Baek SY, Chang YS. Polybrominated diphenyl ethers in blood from Korean incinerator workers and general population. *Chemosphere* 2007;67(3):3. doi:10.1016/j.chemosphere.2006.09.066
152. Leem JH, Hong YC, Lee KH, Kwon HJ, Chang YS, Jang JY. Health Survey on Workers and Residents Near the Municipal Waste and Industrial Waste Incinerators in Korea. *Ind Health* 2003;41(3):3. doi:10.2486/indhealth.41.181
153. Moon CS, Chang YS, Kim BH, Shin D, Ikeda M. Evaluation of serum dioxin congeners among residents near continuously burning municipal solid waste incinerators in Korea. *Int Arch Occup Environ Health* 2005;78(3):3. doi:10.1007/s00420-005-0603-0
154. Oh E, Lee E, Im H, Kang HS, Jung WW, Won NH, Kim EM, Sul D. Evaluation of immuno- and reproductive toxicities and association between immunotoxicological and genotoxicological parameters in waste incineration workers. *Toxicology* 2005;210(1):65-80. doi: 10.1016/j.tox.2005.01.008
155. Park H, Ikonomou MG, Kim HS, Choi JW, Chang YS. Dioxin and dioxin-like PCB profiles in the serum of industrial and municipal waste incinerator workers in Korea. *Environ Int* 2009;35(3):3. doi:10.1016/j.envint.2008.10.006
156. Angerer J, Heinzow B, Reimann DO, Knorz W, Lehnert G. Internal exposure to organic substances in a municipal waste incinerator. *Int Arch Occup Environ Health* 1992;64(4):4. doi:10.1007/BF00378285
157. Fimm B, Sturm W, Esser A, Schettgen T, Willmes K, Lang J, Gaum PM, Kraus T. Neuropsychological effects of occupational exposure to polychlorinated biphenyls. *Neurotoxicology* 2017;63:106-119. doi: 10.1016/j.neuro.2017.09.011
158. Gaum PM, Gube M, Schettgen T, Putschögl FM, Kraus T, Fimm B, Lang J. Polychlorinated biphenyls and depression: cross-sectional and longitudinal investigation of a dopamine-related Neurochemical path in the German HELPCB surveillance program. *Environ Health* 2017;16(1):106. doi: 10.1186/s12940-017-0316-3
159. Gaum PM, Vida VS, Schettgen T, Esser A, Kraus T, Gube M, Lang J. Cross-Sectional and Longitudinal Effects of PCB Exposure on Human Stress Hormones in the German HELPCB Surveillance Program. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(13):4708. doi: 10.3390/ijerph17134708
160. Haase H, Fahlenkamp A, Schettgen T, Esser A, Gube M, Ziegler P, Kraus T, Rink L. Immunotoxicity Monitoring in a Population Exposed to Polychlorinated Biphenyls. *Int J Environ Res Public Health* 2016;13(3):295. doi: 10.3390/ijerph13030295
161. Kaifie A, Schettgen T, De Hoogd M, Kraus T, Esser A. Contamination pathways of polychlorinated biphenyls (PCBs) – From the worker to the family. *Int J Hyg Environ Health* 2019;222(8):8. doi:10.1016/j.ijheh.2019.08.004

162. Leijds MM, Esser A, Amann PM, Schettgen T, Gube M, Merk HF, Kraus T, Baron JM. Hyperpigmentation and higher incidence of cutaneous malignancies in moderate-high PCB- and dioxin exposed individuals. *Environ Res* 2018;164:221-228. doi: 10.1016/j.envres.2018.02.002
163. Leijds MM, Esser A, Amann PM, Schettgen T, Heise R, Fietkau K, Gube M, Merk HF, Kraus T, Baron JM. Expression of CYP1A1, CYP1B1 and IL-1 β in PBMCs and skin samples of PCB exposed individuals. *Sci Total Environ* 2018;642:1429-1438. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.136
164. Pöpke O, Ball M, Lis A. Potential occupational exposure of municipal waste incinerator workers with PCDD/PCDF. *Chemosphere* 1993;27(1-3):1-3. doi:10.1016/0045-6535(93)90294-F
165. Quinete N, Esser A, Kraus T, Schettgen T. Determination of hydroxylated polychlorinated biphenyls (OH-PCBs) in human urine in a highly occupationally exposed German cohort: New prospects for urinary biomarkers of PCB exposure. *Environ Int* 2016;97:171-9. doi:10.1016/j.envint.2016.08.028
166. Quinete N, Esser A, Kraus T, Schettgen T. PCB 28 metabolites elimination kinetics in human plasma on a real case scenario: Study of hydroxylated polychlorinated biphenyl (OH-PCB) metabolites of PCB 28 in a highly exposed German Cohort. *Toxicol Lett* 2017;276:100-7. doi:10.1016/j.toxlet.2017.05.025
167. Schettgen T, Gube M, Esser A, Alt A, Kraus T. Plasma Polychlorinated Biphenyls (PCB) Levels of Workers in a Transformer Recycling Company, their Family Members, and Employees of Surrounding Companies. *J Toxicol Environ Health A* 2012;75(8-10):8-10. doi:10.1080/15287394.2012.674905
168. Triebig G, Werle E, Pöpke O, Heim G, Broding C, Ludwig H. Effects of dioxins and furans on liver enzymes, lipid parameters, and thyroid hormones in former thermal metal recycling workers. *Environ Health Perspect* 1998;106(suppl 2):697-700. doi:10.1289/ehp.98106697
169. Balasch A, López M, Reche C, Viana M, Moreno T, Eljarrat E. Exposure of e-waste dismantlers from a formal recycling facility in Spain to inhalable organophosphate and halogenated flame retardants. *Chemosphere* 2022;294:133775. doi:10.1016/j.chemosphere.2022.133775
170. Balasch A, Peris A, Reche C, Moreno T, Eljarrat E. Dermal exposure assessment of formal e-waste dismantlers to flame retardants and plasticizers using passive sampling methodologies. *Environ Int* 2024;192:109021. doi:10.1016/j.envint.2024.109021
171. González N, Cunha SC, Monteiro C, Fernandes JO, Marquès M, Domingo JL, Nadal M. Quantification of eight bisphenol analogues in blood and urine samples of workers in a hazardous waste incinerator. *Environ Res* 2019;176:108576. doi: 10.1016/j.envres.2019.108576
172. Mari M, Borrajo MA, Schuhmacher M, Domingo JL. Monitoring PCDD/Fs and other organic substances in workers of a hazardous waste incinerator: A case study. *Chemosphere* 2007;67(3):3. doi:10.1016/j.chemosphere.2006.09.069
173. Mari M, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL. Body burden monitoring of dioxins and other organic substances in workers at a hazardous waste incinerator. *Int J Hyg Environ Health* 2013;216(6):6. doi:10.1016/j.ijheh.2013.01.003
174. Ichiba M, Ogawa Y, Mohri I, Kondoh T, Horita M, Matsumoto A, Yoshida R, Matsumoto Y, Saito H, Ohba K, Yamashita Z, Tomokuni K. Analysis of urinary metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons in incineration workers. *J Occup Health* 2007;49(2):159-64. doi: 10.1539/joh.49.159
175. Kitamura K, Kikuchi Y, Watanabe S, Waechter G, Sakurai H, Takada T. Health Effects of Chronic Exposure to Polychlorinated Dibenzo-P-Dioxins(PCDD), Dibenzofurans(PCDF) and Coplanar PCB(Co-PCB) of Municipal Waste Incinerator Workers. *J Epidemiol* 2000;10(4):4. doi:10.2188/jea.10.262

176. Kumagai S, Koda S, Miyakita T, Yamaguchi H, Katagi K, Yasuda N. Polychlorinated dibenzo- *p* -dioxin and dibenzofuran concentrations in the serum samples of workers at continuously burning municipal waste incinerators in Japan. *Occup Environ Med* 2000;57(3):3. doi:10.1136/oem.57.3.204
177. Kumagai S, Koda S, Miyakita T, Yamaguchi H, Katagi K, Ueno M. Estimation of Dioxin Exposure Concentrations and Dioxin Intakes of Workers at Continuously Burning Municipal Waste Incinerators. *J Occup Health* 2001;43(2):2. doi:10.1539/joh.43.61
178. Kumagai S, Koda S, Miyakita T, Ueno M. Polychlorinated dibenzo- *p* -dioxin and dibenzofuran concentrations in serum samples of workers at intermittently burning municipal waste incinerators in Japan. *Occup Environ Med* 2002;59(6):6. doi:10.1136/oem.59.6.362
179. Takata T. Survey on the Health Effects of Chronic Exposure to Dioxins and Its Accumulation on Workers of a Municipal Solid Waste Incinerator, Rural Part of Osaka Prefecture, and the Results of Extended Survey Afterwards. *Ind Health* 2003;41(3):3. doi:10.2486/indhealth.41.189
180. Julander A, Karlsson M, Hagström K, Ohlson CG, Engwall M, Bryngelsson IL, Westberg H, van Bavel B. Polybrominated diphenyl ethers--plasma levels and thyroid status of workers at an electronic recycling facility. *Int Arch Occup Environ Health* 2005;78(7):584-92. doi: 10.1007/s00420-005-0627-5
181. Pettersson-Julander A, Van Bavel B, Engwall M, Westberg H. Personal air sampling and analysis of polybrominated diphenyl ethers and other bromine containing compounds at an electronic recycling facility in Sweden. *J Environ Monitor* 2004;6(11):11. doi:10.1039/b408381d
182. Sjödin A, Hagmar L, Klasson-Wehler E, Kronholm-Diab K, Jakobsson E, Bergman A. Flame retardant exposure: polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. *Environ Health Perspect* 1999;107(8):643-8. doi:10.1289/ehp.99107643
183. Sjödin A, Carlsson H, Thuresson K, Sjölin S, Bergman Å, Östman C. Flame Retardants in Indoor Air at an Electronics Recycling Plant and at Other Work Environments. *Environ Sci Technol* 2001;35(3):3. doi:10.1021/es000077n
184. Thuresson K, Bergman Å, Rothenbacher K, Herrmann T, Sjölin S, Hagmar L, Paepke O, Jakobsson K. Polybrominated diphenyl ether exposure to electronics recycling workers – a follow up study. *Chemosphere* 2006;64(11):11. doi:10.1016/j.chemosphere.2006.01.055
185. Gravel S, Lavoué J, Bakhiyi B, Diamond ML, Jantunen LM, Lavoie J, Roberge B, Verner MA, Zayed J, Labrèche F. Halogenated flame retardants and organophosphate esters in the air of electronic waste recycling facilities: Evidence of high concentrations and multiple exposures. *Environ Int* 2019;128:244-253. doi: 10.1016/j.envint.2019.04.027
186. Nguyen LV, Diamond ML, Venier M, Stubbings WA, Romanak K, Bajard L, Melymuk L, Jantunen L, Arrandale V. Exposure of Canadian electronic waste dismantlers to flame retardants. *Environ Int* 2019;129:95-104. doi:10.1016/j.envint.2019.04.056
187. Stubbings WA, Nguyen LV, Romanak K, Jantunen L, Melymuk L, Arrandale V, Diamond ML, Venier M. Flame retardants and plasticizers in a Canadian waste electrical and electronic equipment (WEEE) dismantling facility. *Sci Total Environ* 2019;675:594-603. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.04.265
188. Kuo LJ, Cade SE, Cullinan V, Schultz IR. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in plasma from E-waste recyclers, outdoor and indoor workers in the Puget Sound, WA region. *Chemosphere* 2019;219:209-16. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.12.006
189. Stapleton HM, Sjödin A, Jones RS, Niehüser S, Zhang Y, Patterson DG. Serum Levels of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Foam Recyclers and Carpet Installers Working in the United States. *Environ Sci Technol* 2008;42(9):9. doi:10.1021/es7028813

190. Rosenberg C, Hämeilä M, Tornaeus J, Säkkinen K, Puttonen K, Korpi A, Kiilunen M, Linnainmaa M, Hesso A. Exposure to flame retardants in electronics recycling sites. *Ann Occup Hyg* 2011;55(6):658-65. doi: 10.1093/annhyg/mer033
191. Doan TQ, Pham AD, Brouhon JM, Lundqvist J, Scippo ML. Profile occurrences and in vitro effects of toxic organic pollutants in metal shredding facilities in Wallonia (Belgium). *J Hazard Mater* 2022;423:127009. doi:10.1016/j.jhazmat.2021.127009
192. Hammel SC, Hansen KK, Madsen AM, Kolstad HA, Schlünssen V, Frederiksen M. Organophosphate ester (OPE) exposure among waste recycling and administrative workers in Denmark using silicone wristbands. *Chemosphere* 2023;345:140449. doi:10.1016/j.chemosphere.2023.140449
193. Cseresznye A, Hardy EM, Ait Bamai Y, Cleys P, Poma G, Malarvannan G, Scheepers PTJ, Viegas S, Martins C, Porras SP, Santonen T, Godderis L, Verdonck J, Poels K, João Silva M, Louro H, Martinsone I, Akūlova L, van Dael M, van Nieuwenhuysse A, Mahiout S, Duca RC, Covaci A. HBM4EU E-waste study: Assessing persistent organic pollutants in blood, silicone wristbands, and settled dust among E-waste recycling workers in Europe. *Environ Res* 2024;250:118537. doi: 10.1016/j.envres.2024.118537
194. Chalbot MC, Vei I, Lykoudis S, Kavouras IG. Particulate polycyclic aromatic hydrocarbons and n-alkanes in recycled paper processing operations. *J Hazard Mater* 2006;137(2):2. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.04.003
195. Kolena B, Petrovicova I, Pilka T, Pucherova Z, Munk M, Matula B, Vankova V, Petlus P, Jenisova Z, Rozova Z, Wimmerova S, Trnovec T. Phthalate exposure and health-related outcomes in specific types of work environment. *Int J Environ Res Public Health* 2014;11(6):5628-39. doi: 10.3390/ijerph110605628
196. Ma Y, Konecna E, Cline-Cole R, Harrad S, Abdallah MAE. Are UK E-waste recycling facilities a source of environmental contamination and occupational exposure to brominated flame retardants? *Sci Total Environ.* 2023;898:165403. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.165403
197. Campo L, Boniardi L, Olgiati L, Polledri E, Mercadante R, Fustinoni S. Benzene Exposure in Workers From a Waste Oil Regeneration Plant During Ordinary Activities by Air and Biological Monitoring. *Med Lav* 2024;115(3):3. doi:10.23749/mdl.v115i3.15863
198. Durmusoglu E, Taspinar F, Karademir A. Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill environment. *J Hazard Mater* 2010;176(1–3):1–3. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.11.117
199. Cheong HK, Kim EA, Choi JK, Choi SB, Suh JI, Choi DS, Kim JR. Grand rounds: an outbreak of toxic hepatitis among industrial waste disposal workers. *Environ Health Perspect* 2007;115(1):107-12. doi: 10.1289/ehp.8951
200. Kim MJ, Heo Y, Cho SG, Lee SJ, Kim HR. Radiation safety assessments for radioactive concrete recycling workers and residents. *Prog Nucl Energy* 2024;168:105030. doi:10.1016/j.pnucene.2023.105030
201. Osmanlioglu AE. Characterization of Radiological Hazardous Effects of Metal Scraps in Turkey. *J Hazard Toxic Radioact Waste* 2013;17(2):2. doi:10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000140
202. Austigard ÅD, Svendsen K, Heldal KK. Hydrogen sulphide exposure in waste water treatment. *J Occup Med Toxicol* 2018;13(1):1. doi:10.1186/s12995-018-0191-z
203. López JE, Zapata D, Saldarriaga JF. Evaluation of different composting systems on an industrial scale as a contribution to the circular economy and its impact on human health. *J Air Waste Manag Assoc.* 2023;73(9):9. doi:10.1080/10962247.2023.2235299

204. Mølhave L, Bach B, Pedersen OF. Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds. *Environ Int* 1986;12(1–4):167–75. doi:10.1016/0160-4120(86)90027-9
205. An H, Englehardt J, Fleming L, Bean J. Occupational health and safety amongst municipal solid waste workers in Florida. *Waste Manag Res* 1999;17(5):369–77. doi:10.1177/0734242X9901700505
206. Bastani M, Celik N. Assessment of occupational safety risks in Floridian solid waste systems using Bayesian analysis. *Waste Manag Res* 2015;33(10):10. doi:10.1177/0734242X15594247
207. Englehardt JD, Huren An, Fleming LE, Bean JA. Analytical Predictive Bayesian Assessment of Occupational Injury Risk: Municipal Solid Waste Collectors. *Risk Anal* 2003;23(5):917–27. doi:10.1111/1539-6924.00369
208. Ivens UI, Lassen JH, Kaltoft BS, Skov T. Injuries among domestic waste collectors. *Am J Ind Med* 1998;33(2):2. doi:10.1002/(SICI)1097-0274(199802)33:2<182::AID-AJIM10>3.0.CO;2-X
209. Asante BO, Bath B, Trask C. Trunk posture assessment during work tasks at a Canadian recycling center. *Int J Ind Ergon* 2018;68:297–303. doi:10.1016/j.ergon.2018.09.001
210. Cloutier E. The effect of age on safety and work practices among domestic trash collectors in Québec. *Saf Sci* 1994;17(4):4. doi:10.1016/0925-7535(94)90030-2
211. Kaliakatsos D, Mirabelli G, Pizzuti T. Noise Risk Assessment in the Workplace: The Case of a Waste Selection Plant. *Noise Vib Worldw* 2015;46(5):5. doi:10.1260/0957-4565.46.5.8
212. Lopez-Arquillos A, Rubio-Romero JC, Carrillo-Castrillo J, Suarez-Cebador M, Reyes FG. OCCUPATIONAL ACCIDENTS IN MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT (MSW) COMPANIES. *Environ Eng Manag J* 2019;18(5):5. doi:10.30638/eemj.2019.099
213. Bulduk EÖ. Work-related stress levels and musculoskeletal disorders among municipal solid waste collectors in Ankara. *Work* 2019;63(3):3. doi:10.3233/WOR-192949
214. Kraft AM, Velasco Garrido M, Herold R, Harth V, Preisser AM. Physical workload and cardiopulmonary parameters in relation to individual capacity of bulk waste workers – a cross-sectional field-study. *J Occup Med Toxicol* 2023;18(1):1. doi:10.1186/s12995-023-00389-z
215. Engkvist IL. Working conditions at recycling centres in Sweden – Physical and psychosocial work environment. *Appl Ergon* 2010;41(3):3. doi:10.1016/j.apergo.2009.06.008
216. Engkvist IL, Svensson R, Eklund J. Reported occupational injuries at Swedish recycling centres – based on official statistics. *Ergonomics* 2011;54(4):4. doi:10.1080/00140139.2011.556261
217. Kageyama I, Hashiguchi N, Cao J, Niwa M, Lim Y, Tsutsumi M, Yu J, Sengoku S, Okamoto S, Hashimoto S, Kodama K. Determination of Waste Management Workers' Physical and Psychological Load: A Cross-Sectional Study Using Biometric Data. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(23):15964. doi: 10.3390/ijerph192315964
218. Ahn J, Lee J, Park H, Kang Y, Kang C, You YJ, Kang MY. The Health Status of Informal Waste Collectors in Korea. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(15):5363. doi: 10.3390/ijerph17155363
219. Jeong BY, Lee S, Lee JD. Workplace Accidents and Work-related Illnesses of Household Waste Collectors. *Saf Health Work* 2016;7(2):2. doi:10.1016/j.shaw.2015.11.008
220. Steiner D, Jeggli S, Tschopp A, Bernard A, Oppliger A, Hilfiker S, Hotz P. Clara cell protein and surfactant protein B in garbage collectors and in wastewater workers exposed to bioaerosols. *Int Arch Occup Environ Health* 2005;78(3):189–97. doi: 10.1007/s00420-004-0586-2

221. Tschopp A, Bernard A, Thommen AM, Jeggli S, Dumont X, Oppliger A, Hotz P. Exposure to bioaerosols, respiratory health and lung-specific proteins: a prospective study in garbage and wastewater workers. *Occup Environ Med* 2011;68(11):856-9. doi: 10.1136/oem.2010.060178
222. van Kampen V, Hoffmeyer F, Deckert A, Kendzia B, Casjens S, Neumann HD, Buxtrup M, Willer E, Felten C, Schöneich R, Brüning T, Raulf M, Büniger J. Effects of bioaerosol exposure on respiratory health in compost workers: a 13-year follow-up study. *Occup Environ Med* 2016;73(12):829-837. doi: 10.1136/oemed-2016-103692
223. Tran S, Francis H, Hoyle J, Niven R. Occupational asthma and the paper recycling industry. *Occup Med (Lond)* 2009;59(4):4. doi:10.1093/occmed/kqp024
224. Rix BA, Villadsen E, Engholm G, Lyng E. Risk of cancer among paper recycling workers. *Occup Environ Med* 1997;54(10):10. doi:10.1136/oem.54.10.729
225. Fender H. Cytogenetic investigations in employees from waste disposal sites. *Toxicol Lett* 1998;96-97(1-2):1-2. doi:10.1016/S0378-4274(98)00062-9
226. Gensebatt ME, Salazar AM, Montero R, Díaz Barriga F, Yáñez L, Gómez H, Ostrosky-Wegman P. Genotoxic monitoring of workers at a hazardous waste disposal site in Mexico. *Environ Health Perspect* 1995;103(suppl 1):111-3. doi:10.1289/ehp.95103s1111
227. Ivens UI, Ebbenhøj N, Poulsen OM, Skov T. Season, equipment, and job function related to gastrointestinal problems in waste collectors. *Occup Environ Med* 1997;54(12):12. doi:10.1136/oem.54.12.861
228. Ivens U I, Ebbenhøj N, Poulsen O M, Skov T. Gastrointestinal symptoms among waste recycling workers*. *Ann Agric Environ Med* 1997;4(1):153-7.
229. Kontogianni St, Moussiopoulos N. Investigation of the occupational health and safety conditions in Hellenic solid waste management facilities and assessment of the in-situ hazard level. *Saf Sci* 2017;96:192-7. doi:10.1016/j.ssci.2017.03.025
230. Athanasiou M, Makrynos G, Dounias G. Respiratory health of municipal solid waste workers. *Occup Med (Lond)* 2010;60(8):8. doi:10.1093/occmed/kqq127
231. Gelberg KH. Health Study of New York City Department of Sanitation Landfill Employees: *J Occup Environ Med* 1997;39(11):1103-10. doi:10.1097/00043764-199711000-00011
232. Papageorgiou CV, Savourdos P, Douna E, Georgakopoulou VE, Makrodimitri S, Dounias G. Respiratory Symptoms and Pulmonary Function of Workers in the Waste Management Industry. *Cureus* 2021;13(8):e17027. doi: 10.7759/cureus.17027
233. Vimercati L, Baldassarre A, Gatti MF, De Maria L, Caputi A, Dirodi AA, Cuccaro F, Bellino RM. Respiratory Health in Waste Collection and Disposal Workers. *Int J Environ Res Public Health* 2016;13(7):631. doi: 10.3390/ijerph13070631
234. Carlsson J, Iadaresta F, Eklund J, Avagyan R, Östman C, Nilsson U. Suspect and non-target screening of chemicals in clothing textiles by reversed-phase liquid chromatography/hybrid quadrupole-Orbitrap mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem* 2022;414(3):1403-13. doi:10.1007/s00216-021-03766-x
235. Kemikalieinspektionen (KEMI). Textil – råd till privatpersoner [Internet]. 2025 [Hämtad 2026 juni 16]. Webbsida: <https://www.kemi.se/rad-till-privatpersoner/kemikalier-i-material/textil---rad-till-privatpersoner>

236. Stajanko A, Levi M, Engfeldt M, Linder R, Leeman M, Åkerberg Krook E, Assarsson E, Enquist H, Dahlqvist C, Ek Å, Lovén K, Bodin T, Snigireva A, Grahn K, Kippler M, Rydenstrand G, Amir Taher E, Runström Eden G, Björ B, Bertilsson H, Wiebert P, Dahlman Höglund A, Modig L, Albin M, Broberg K, Dock E. Metal and dust exposure in workers from the metal recycling industry in Sweden: cross-sectional GreenMetalWaste study. *Int J Hyg Environ Health* 2026;271:114694. doi: 10.1016/j.ijheh.2025.114694
237. United Nations. The Sustainable Development Goals Report [Internet]. 2020 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/goal-12/>
238. Swedish Government. Agenda 2030 och Sverige: Världens utmaning – världens möjlighet. Rapport Stockholm mars 2019 [Internet]. 2019 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2019/03/sou-201913/>
239. Arbetsmiljöverket. Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd (AFS 2023:14) om gränsvärden för luftvägsexponering i arbetsmiljön [Internet]. 2023 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/afs-202314/>
240. European Commission. Directive (EU) 2023/2668 amending Directive 2009/148/EC on the protection of workers from asbestos exposure [Internet]. 2023 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AL_202302668
241. Arbetsmiljöverket. Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd (AFS 2023:11) om arbetsutrustning och personlig skyddsutrustning – säker användning [Internet]. 2023 [Hämtad 2026 juni 16]. Webb sida: <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/afs-202311/>
242. Li L, Zhao J. Association of urinary and blood lead concentrations with all-cause mortality in US adults with chronic kidney disease: a prospective cohort study. *Sci Rep* 2024;14(1):23230. doi:10.1038/s41598-024-73724-x
243. Rosengren E, Barregard L, Sallsten G, Fagerberg B, Engström G, Fagman E, Forsgard N, Lundh T, Bergström G, Harari F. Exposure to Lead and Coronary Artery Atherosclerosis: A Swedish Cross-Sectional Population-Based Study. *J Am Heart Assoc* 2025;14(5):e037633. doi: 10.1161/JAHA.124.037633
244. Schober SE, Mirel LB, Graubard BI, Brody DJ, Flegal KM. Blood Lead Levels and Death from All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer: Results from the NHANES III Mortality Study. *Environ Health Perspect* 2006;114(10):1538–41. doi:10.1289/ehp.9123
245. Tomei F, Leone M, Baccolo TP, Giuntoli P, Tomao E, Rosati MV. Industrial hazardous waste disposal and liver damage. *J Environ Sci Health A* 1999;34(8):8. doi:10.1080/10934529909376920

Appendix

Litteratursökning: Arbetsmiljörelaterad exponering och ohälsa i cirkulär ekonomi

2024-10-18

Informationsspecialist: Matthias Bank, Medicinska fakultetsbiblioteket, Lunds universitet

Databaser för sökning

Litteratursökningar utfördes i PubMed (National Library of Medicine), Embase (via Embase.com), Scopus och Web of Science Core Collection. Inga sökfilter för språk eller publikationsår användes.

PubMed, 2024-10-16

Inga filter har tillämpats.

#1 ("Occupational Groups"[Mesh] OR "Workplace"[Mesh] OR "Working Conditions"[Mesh] OR working condition*[tiab] OR "Occupational Exposure"[Mesh] OR occupational exposure*[tiab] OR "Occupational Health"[Mesh] OR occupational health[tiab] OR "Accidents, Occupational"[Mesh] OR "occupational accidents"[tiab:~5]) OR (workplace*[tiab] OR worker*[tiab] OR workforce*[tiab] OR professional*[tiab] OR employee*[tiab] OR "occupational environment"[tiab:~5] OR "work environment"[tiab:~5] OR work[ti])

1,514,475

OCCUPATIONAL GROUPS

#2 ("construction materials"[tiab:~5] OR "construction material"[tiab:~5] OR "Construction Materials"[Mesh] OR "construction industry"[tiab:~5] OR "building material"[tiab:~5] OR "building materials"[tiab:~5] OR "demolition waste"[tiab:~5] OR cement[tiab] OR concrete[ti] OR e-waste[tiab] OR "electronic waste"[tiab:~5] OR WEEE[tiab] OR "waste of electrical and electronic equipment"[tiab] OR "electronic recycling"[tiab:~5] OR "electronic scrap" [tiab:~5] OR "industrial recycling"[tiab:~5] OR "commercial recycling"[tiab:~5] OR garbage*[tiab] OR landfill*[tiab] OR "waste recycling"[tiab:~5] OR recycling[ti] OR metal*[tiab] OR batter*[tiab] OR "iron waste"[tiab:~5] OR "lithium"[Mesh] OR lithium[tiab] OR mercury[Mesh] OR mercury[tiab] OR heavy metal*[tiab] OR "lead"[Mesh] OR arsenic[Mesh] OR "arsenic"[tiab] OR cadmium[Mesh] OR cadmium[tiab] OR photovoltaic[tiab] OR solar cell*[tiab] OR "industry waste"[tiab:~5] OR "industrial waste"[tiab:~5] OR "production waste" [tiab:~5] OR "factory waste" [tiab:~5] OR "process waste" [tiab:~5] OR "commercial waste"[tiab:~5] OR "hazardous waste" [tiab:~5] OR waste*[ti] OR "textile waste"[tiab:~5] OR textile*[tiab] OR "biodegradable waste"[tiab:~5] OR biomass[tiab] OR perfluoroalkyl*[tiab] OR PFAS[tiab] OR bioaerosol*[tiab] OR PAHs[tiab] OR polycyclic aromatic hydrocarbon*[tiab] OR PCBs[tiab] OR PCB[tiab] OR polybrominated biphenyl*[tiab] OR PBDE*[tiab] OR "polybrominated diphenyl ether*" [tiab] OR "plastic waste"[tiab:~5] OR plastic[tiab] OR PET[tiab] OR solvents[tiab] OR volatile organic compound*[tiab] OR voc[tiab] OR bisphenol[tiab] OR phthalate[tiab] OR flame retardant*[tiab] OR rare earth element*[tiab] OR critical raw material*[tiab] OR radiation waste*[tiab] OR nuclear waste[tiab] OR asbest*[tiab] OR waste* incinerat*[tiab] OR "waste sorting"[tiab:~5] OR "wastes sorting"[tiab:~5] OR rubbish[tiab] OR "Waste Disposal Facilities"[Mesh] OR "waste facility"[tiab:~5] OR "waste facilities"[tiab:~5])

1,653,239

WASTES AND MATERIALS

#3 (health[Title] OR safety[Title] OR "safety management"[tiab:~3] OR ergonomic*[tiab] OR "Ergonomics"[Mesh] OR repetitive work[tiab] OR repetitive tasks[tiab] OR musculoskeletal[tiab] OR wmsd[tiab] OR "Musculoskeletal Diseases"[Mesh] OR body position*[tiab] OR back pain[tiab] OR shoulder*[tiab] OR "Eye Diseases"[Mesh] OR hazard*[tiab] OR exposure*[tiab] OR particle*[tiab] OR dust[tiab] OR illness[tiab] OR risk[Title] OR risks[Title] OR toxic*[tiab] OR toxin*[tiab] OR "Toxicology"[Mesh] OR accident*[tiab] OR injury[tiab] OR injuries[tiab] OR poisoning[tiab] OR "Poisoning"[Mesh] OR "Accidents, Occupational"[Mesh] OR "hypersensitivity"[Mesh] OR allerg*[tiab] OR "skin diseases"[Mesh] OR "Neoplasms"[Mesh] OR lung function[tiab] OR "Respiratory Tract Diseases"[Mesh] OR "inflammation"[Mesh] OR inflammation[tiab] OR inflammatory[tiab] OR "Nervous System Diseases"[Mesh] OR "Neurologic Manifestations "[Mesh] OR "Metals, Heavy"[Mesh] OR "lead"[Mesh] OR mercury[tiab] OR "mercury"[Mesh] OR arsenic[tiab] OR "Arsenic"[Mesh] OR lithium[tiab] OR "Lithium"[Mesh] OR cadmium[tiab] OR "cadmium"[Mesh] OR heavy metal*[tiab] OR "Cardiovascular Diseases"[Mesh] OR cardiovascular[tiab] OR myocardial infarction*[tiab] OR heart arrest*[tiab] OR cardiac arrest*[tiab] OR blood pressure[tiab] OR disease*[tiab] OR symptoms[tiab] OR neurotox*[tiab] OR cardiotox*[tiab] OR lung[tiab] OR lungs[tiab] OR asthma*[tiab] OR pulmonary[tiab] OR bronchial[tiab] OR cancer[tiab] OR cancers[tiab] OR cancerogen*[tiab] OR oncogenic*[tiab] OR tumor*[tiab] OR tumour*[tiab] OR neoplas*[tiab] OR "Urologic Diseases"[Mesh] OR renal[tiab] OR kidney*[tiab] OR nephro*[tiab] OR bladder[tiab] OR liver[tiab] OR pancrea*[tiab] OR cerebrovascular[tiab] OR cerebral[tiab] OR reproduct*[tiab] OR reprotoxic*[tiab] OR endocrine[tiab] OR infection*[tiab] OR infectious[tiab] OR gastrointestinal[tiab] OR mental health[tiab] OR depression*[tiab] OR depressive[tiab] OR suicid*[tiab] OR anxiety[tiab] OR psychiatric[tiab] OR mood disorder*[tiab] OR headache*[tiab] OR migraine[tiab] OR "Diseases Category"[Mesh] OR behavior*[tiab] OR behaviour*[tiab] OR aggressi*[tiab] OR lymphoma[tiab] OR leukemia*[tiab] OR blood[Mesh] OR blood[tiab] OR hematol*[tiab] OR hematology[Mesh])

HEALTH EFFECTS AND EXPOSURE 25,663,520

#4 (recycl*[tiab] OR "recycling"[Mesh] OR "Waste Management"[Mesh] OR "waste management"[tiab:~5] OR "wastes management"[tiab:~5] OR "circular economy"[tiab:~3] OR reprocessing[tiab] OR reuse*[tiab] OR reusing[tiab] OR upcycling[tiab] OR "green economy"[tiab:~3] OR "sustainable economy"[tiab:~3] OR "circular production" [tiab:~3] OR green transition[tiab] OR green deal[tiab])

RECYCLING INDUSTRY AND GREEN ECONOMY 210,525

#5 #1 and #2 and #3 and #4 2,217

#6 #5 NOT ("Animals"[Mesh] NOT "Humans"[Mesh]) 2,181

Scopus, 2024-10-17

Sökfilter tillämpades för publikationstyper i steg 6 och ämnesområden i steg 7.

#1 (TITLE-ABS-KEY ("occupational group*" OR workplace* OR "working condition*" OR "occupational health") OR TITLE-ABS-KEY ((occupational W/5 accident*) OR (occupational W/5 exposure) OR worker* OR workforce*) OR TITLE-ABS-KEY (employee* OR (occupational W/5 environment*) OR (work W/5 environment*)) OR TITLE (work)) 1,674,647

OCCUPATIONAL GROUPS

#2 ((TITLE-ABS-KEY((construction W/5 material*) OR (construction W/5 industry) OR (building W/5 material*) OR (demolition W/5 waste) OR cement OR e-waste* OR (electronic W/5 waste)) OR TITLE-ABS-KEY(weee OR "waste of electrical and electronic equipment" OR (electronic W/5 recycling) OR (electronic W/5 scrap) OR (industrial W/5 recycling) OR (commercial W/5 recycling)) OR TITLE-ABS-KEY(garbage* OR landfill* OR (waste W/5 recycling) OR metal* OR batter* OR (iron W/5 waste) OR lithium OR mercury OR "heavy metal*" OR arsenic OR cadmium OR photovoltaic OR "solar cell*" OR (industry W/5 waste)) OR TITLE-ABS-KEY((industrial W/5 waste) OR (production W/5 waste) OR (factory W/5 waste) OR (process W/5 waste) OR (commercial W/5 waste) OR (hazardous W/5 waste) OR (textile* w/5 waste) OR (biodegradable W/5 waste)) OR TITLE-ABS-KEY(biomass OR perfluoroalkyl* OR pfas OR bioaerosol* OR pahs OR "polycyclic aromatic hydrocarbon*" OR pcbs OR pcb OR "polybrominated biphenyl*" OR pbde*) OR TITLE-ABS-KEY("polybrominated diphenyl ether*" OR plastic OR pet OR solvents OR "volative organic compound*" OR voc OR bisphenol OR phthalate OR "flame retardant*") OR TITLE-ABS-KEY("rare earth element*" OR "critical raw material*" OR "radiation waste*" OR "nuclear waste" OR asbest* OR "waste* incinerat*" OR (waste W/5 sorting) OR rubbish) OR TITLE-ABS-KEY("waste disposal facilities" OR (waste W/5 facility) OR (waste W/5 facilities)) OR TITLE(waste OR wastes))) 8,352,609

WASTES AND MATERIALS

#3 ((TITLE(health OR safety) OR TITLE-ABS-KEY((safety W/3 management) OR ergonomic* OR "repetitive work" OR "repetitive tasks" OR musculoskeletal OR wmsd) OR TITLE-ABS-KEY("body position*" OR "back pain" OR shoulder* OR "eye disease*" OR hazard* OR exposure* OR particle* OR dust OR illness OR toxic* OR toxin* OR toxicology OR accident* OR injury OR injuries OR poisoning OR hypersensitivity OR allerg* OR "skin disease*" OR neoplas* OR "lung function") OR TITLE-ABS-KEY("respiratory tract" OR inflammation OR inflammatory OR "nervous system" OR neurologic OR "heavy metal*" OR mercury OR arsenic OR lithium OR cadmium OR cardiovascular OR "myocardial infarction*" OR "heart arrest*" OR "cardiac arrest*" OR "blood pressure" OR disease* OR symptoms OR neurotox*) OR TITLE-ABS-KEY(cardiotox* OR lung OR lungs OR asthma* OR pulmonary OR bronchial OR cancer OR cancers OR cancerogen* OR oncogenic* OR tumor* OR tumour* OR urologic OR renal OR kidney* OR nephro* OR bladder OR liver OR pancrea* OR cerebrovascular OR cerebral OR (reproduct* W/5 health) OR reprotoxic* OR endocrine) OR TITLE-ABS-KEY(infection* OR infectious OR gastrointestinal OR "mental health" OR depression* OR depressive OR suicid* OR anxiety OR psychiatric OR "mood disorder*") OR TITLE-ABS-KEY(headache* OR migraine OR behavior* OR behaviour* OR aggressi* OR lymphoma OR leukemia* OR blood OR hemato*)) 36,939,885

HEALTH EFFECTS AND EXPOSURE

#4 (TITLE-ABS-KEY (recycl* OR recycling OR (waste W/5 management) OR (wastes W/5 management) OR (circular W/3 economy) OR reprocessing OR reuse* OR reusing OR upcycling OR (green W/3 economy) OR (sustainable W/3 economy) OR (circular W/3 production) OR "green

transition" OR "green deal")) RECYCLING INDUSTRY AND GREEN ECONOMY
775,230

#5 #1 AND #2 AND #3 AND #4 4,736

#6 Limited to Article, Review, Letter 3,851

#7 Limit to subject areas: Environmental Science, Medicine, Engineering, Chemistry, Chemical Engineering, Materials Science, Energy, Social Sciences, "Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics", "Biochemistry, Genetics and Molecular Biology", "Agricultural and Biological Sciences", Earth and Planetary Sciences, Immunology and Microbiology, Multidisciplinary, Health Professions, Decision Sciences, Neuroscience, Psychology. 3,784

Web of Science Core Collection, 2024-10-17

Includerade utgåvor:

Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED): 1900 – present

Social Sciences Citation Index (SSCI): 1956 – present

Emerging Sources Citation Index (ESCI): 2019 – present

The publication types filter was applied in step 6.

#1 "occupational group*" OR workplace* OR "working condition*" OR "occupational health" (Topic) or "occupational accident*" OR "occupational exposure" OR worker* OR workforce* OR employee* OR "occupational environment" OR "work environment" (Topic) or work (Title)
976,732

OCCUPATIONAL GROUPS

#2 "construction material*" OR "construction industry" OR "building material*" OR "demolition waste" OR cement OR "e-waste" OR "electronic waste" (Topic) or weee OR "waste of electrical and electronic equipment" OR "electronic recycling" OR "electronic scrap" OR "industrial recycling" OR "commercial recycling" OR garbage* OR landfill* (Topic) or "waste recycling" OR metal* OR batter* OR "iron waste" OR lithium OR mercury OR "heavy metal*" OR arsenic OR cadmium OR photovoltaic OR "solar cell*" (Topic) or "industry waste" OR "industrial waste" OR "production waste" OR "factory waste" OR "process waste" OR "commercial waste" OR "hazardous waste" OR "textile waste" OR "biodegradable waste" (Topic) or biomass OR perfluoroalkyl* OR pfas OR bioaerosol* OR pahs OR "polycyclic aromatic hydrocarbon*" OR pcbs OR pcb OR "polybrominated biphenyl*" OR pbde* (Topic) or "polybrominated diphenyl ether*" OR plastic OR pet OR solvents OR "volatile organic compound*" OR voc OR bisphenol OR phthalate OR "flame retardant*" (Topic) or "rare earth element*" OR "critical raw material*" OR "radiation waste*" OR "nuclear waste" OR asbest* OR "waste incinerat*" (Topic) or "waste sorting" OR rubbish OR "waste disposal facilities" OR "waste facility" OR "waste facilities" (Topic) or waste OR wastes (Title)
5,600,298

WASTES AND MATERIALS

#3 health OR safety (Title) or "safety management" OR ergonomic* OR "repetitive work" OR "repetitive tasks" OR musculoskeletal OR wmsd OR "body position*" OR "back pain" OR shoulder* (Topic) or "eye disease*" OR hazard* OR exposure* OR particle* OR dust OR illness OR toxic* OR toxin* OR toxicology OR accident* OR injury OR injuries (Topic) or poisoning OR hypersensitivity OR allerg* OR "skin disease*" OR neoplas* OR "lung function" OR "respiratory tract" OR inflammation OR inflammatory OR "nervous system" OR neurologic OR "heavy metal*" OR mercury (Topic) or arsenic OR lithium OR cadmium OR cardiovascular OR "myocardial infarction*" OR "heart arrest*" OR "cardiac arrest*" OR "blood pressure" OR disease* OR symptoms OR neurotox* (Topic) or cardiotox* OR lung OR lungs OR asthma* OR pulmonary OR bronchial OR cancer OR cancers OR cancerogen* OR oncogenic* OR tumor* OR tumour* OR urologic OR renal OR kidney* OR nephro* (Topic) or bladder OR liver OR pancrea* OR cerebrovascular OR cerebral OR "reproduct* health" OR reprotoxic* OR endocrine (Topic) or infection* OR infectious OR gastrointestinal OR "mental health" OR depression* OR depressive OR suicid* OR anxiety OR psychiatric OR "mood disorder*" (Topic) or headache* OR migraine OR behavior* OR behaviour* OR aggressi* OR lymphoma OR leukemi* OR blood OR hematol* (Topic)

26,235,395

HEALTH EFFECTS AND EXPOSURE

#4 recycl* OR recycling OR "waste management" OR "wastes management" OR "circular economy" OR reprocessing (Topic) or reuse* OR reusing OR upcycling OR "green economy" OR "sustainable economy" OR "circular production" OR "green transition" OR "green deal" (Topic)
403,693

RECYCLING INDUSTRY AND GREEN ECONOMY

#5 #1 AND #2 AND #3 AND #4 1,658

#6 Limited to Article, Review Article, Early Access, Letter 1,642

Filtret för publikationstyper tillämpades i steg 17.

#1. 'named groups by occupation'/exp OR 'workplace'/exp OR 'work environment'/exp OR 'occupational exposure'/exp OR 'occupational health'/exp OR 'occupational accident'/exp
3,036,199

#2. 'working condition*':ti,ab OR 'occupational exposure*':ti,ab OR 'occupational health':ti,ab
OR ((occupational NEAR/5 accident*):ti,ab) OR workplace*:ti,ab OR worker*:ti,ab OR
workforce*:ti,ab OR professional:ti,ab OR employee*:ti,ab OR ((occupational NEAR/5
environment):ti,ab) OR ((work NEAR/5 environment):ti,ab) OR work:ti
832,843

#3. #1 OR #2 3,394,812
OCCUPATIONAL GROUPS

#4. 'building material'/exp OR 'building industry'/exp OR 'waste'/exp OR 'e-waste'/exp OR
'industrial waste'/exp OR 'waste disposal facility'/exp OR 'waste site'/exp OR 'lithium'/exp OR
'mercury'/exp OR 'lead'/exp OR 'arsenic'/exp OR 'cadmium'/exp OR 'solar cell'/exp 544,659

#5. ((construction NEAR/5 material*):ti,ab) OR ((construction NEAR/5 industry):ti,ab) OR
((building NEAR/5 material*):ti,ab) OR ((demolition NEAR/5 waste):ti,ab) OR cement:ti,ab OR 'e-
waste':ti,ab OR ((electronic NEAR/5 waste):ti,ab) OR weeee:ti,ab OR 'waste of electrical and
electronic equipment':ti,ab OR ((electronic NEAR/5 recycling):ti,ab) OR ((electronic NEAR/5
scrap):ti,ab) OR ((industrial NEAR/5 recycling):ti,ab) OR ((commercial NEAR/5 recycling):ti,ab) OR
garbage*:ti,ab OR landfill*:ti,ab OR ((waste NEAR/5 recycling):ti,ab) OR recycling:ti OR
metal:ti,ab OR metals:ti,ab OR battery:ti,ab OR batteries:ti,ab OR ((iron NEAR/5 waste):ti,ab) OR
lithium:ti,ab OR mercury:ti,ab OR 'heavy metal*':ti,ab OR arsenic:ti,ab OR cadmium:ti,ab OR
photovoltaic:ti,ab OR 'solar cell*':ti,ab OR ((industry NEAR/5 waste):ti,ab) OR ((industrial NEAR/5
waste):ti,ab) OR ((production NEAR/5 waste):ti,ab) OR ((factory NEAR/5 waste):ti,ab) OR
((process NEAR/5 waste):ti,ab) OR ((commercial NEAR/5 waste):ti,ab) OR ((hazardous NEAR/5
waste):ti,ab) OR waste:ti OR wastes:ti OR ((textile NEAR/5 waste):ti,ab) OR ((biodegradable
NEAR/5 waste):ti,ab) OR 'biomass':ti,ab OR 'perfluoroalkyl*':ti,ab OR 'pfas':ti,ab OR
'bioaerosol*':ti,ab OR 'pahs':ti,ab OR 'polycyclic aromatic hydrocarbon*':ti,ab OR 'pcbs':ti,ab OR
'pcb':ti,ab OR 'polybrominated biphenyl*':ti,ab OR 'pbde*':ti,ab OR 'polybrominated diphenyl
ether*':ti,ab OR ((plastic NEAR/5 waste):ti,ab) OR pet:ti,ab OR solvents:ti,ab OR 'volatile organic
compound*':ti,ab OR 'voc':ti,ab OR 'bisphenol':ti,ab OR 'phthalate':ti,ab OR 'flame
retardant*':ti,ab OR 'rare earth element*':ti,ab OR 'critical raw material*':ti,ab OR 'radiation
waste*':ti,ab OR 'nuclear waste':ti,ab OR 'asbest*':ti,ab OR 'waste* incinerat*':ti,ab OR ((waste
NEAR/5 sorting):ti,ab) OR ((wastes NEAR/5 sorting):ti,ab) OR rubbish:ti,ab OR ((waste NEAR/5
facility):ti,ab) OR ((waste NEAR/5 facilities):ti,ab) 1,446,177

#6. #4 OR #5 1,699,347
WASTES AND MATERIALS

#7. health:ti OR safety:ti OR risk:ti OR risks:ti OR ((safety NEAR/3 management):ti,ab) OR
ergonomic:ti,ab OR 'repetitive work*':ti,ab OR 'repetitive tasks':ti,ab OR musculoskeletal:ti,ab

OR wmsd:ti,ab OR 'body position':ti,ab OR 'back pain':ti,ab OR shoulder*:ti,ab OR hazard*:ti,ab OR exposure*:ti,ab OR particle*:ti,ab OR dust:ti,ab OR illness:ti,ab OR toxic*:ti,ab OR toxin*:ti,ab 5,901,092

#8. 'ergonomics'/exp OR 'diseases'/exp OR 'musculoskeletal disease'/exp OR 'eye disease'/exp OR 'toxicology'/exp OR 'intoxication'/exp OR 'occupational accident'/exp OR 'hypersensitivity'/exp OR 'skin disease'/exp OR 'neoplasm'/exp OR 'respiratory tract disease'/exp OR 'inflammation'/exp OR 'neurologic disease'/exp OR 'heavy metal'/exp OR 'lead'/exp OR 'mercury'/exp OR 'arsenic'/exp OR 'lithium'/exp OR 'cadmium'/exp OR 'cardiovascular disease'/exp OR 'urinary tract disease'/exp OR 'hematology'/exp

29,868,684

#9. 'accident*:ti,ab OR 'injury':ti,ab OR 'injuries':ti,ab OR 'poisoning':ti,ab OR 'allerg*:ti,ab OR 'lung function':ti,ab OR 'inflammation':ti,ab OR 'inflammatory':ti,ab OR 'mercury':ti,ab OR 'arsenic':ti,ab OR 'lithium':ti,ab OR 'cadmium':ti,ab OR 'heavy metal*:ti,ab OR 'cardiovascular':ti,ab OR 'myocardial infarction*:ti,ab OR 'heart arrest*:ti,ab OR 'cardiac arrest*:ti,ab OR 'blood pressure':ti,ab OR 'disease*:ti,ab OR 'symptoms':ti,ab OR 'neurotox*:ti,ab OR 'cardiotox*:ti,ab OR 'lung':ti,ab OR 'lungs':ti,ab OR 'asthma*:ti,ab OR 'pulmonary':ti,ab OR 'bronchial':ti,ab OR 'cancer':ti,ab OR 'cancers':ti,ab OR 'cancerogen*:ti,ab OR 'oncogenic*:ti,ab OR 'tumor*:ti,ab OR 'tumour*:ti,ab OR 'neoplas*:ti,ab OR 'renal':ti,ab OR 'kidney*:ti,ab OR 'nephro*:ti,ab OR 'bladder':ti,ab OR 'liver':ti,ab OR 'pancrea*:ti,ab OR 'cerebrovascular':ti,ab OR 'cerebral':ti,ab OR 'reproduct*:ti,ab OR 'reprotoxic*:ti,ab OR 'endocrine':ti,ab OR 'infection*:ti,ab OR 'infectious':ti,ab OR 'gastrointestinal':ti,ab OR 'mental health':ti,ab OR 'depression*:ti,ab OR 'depressive':ti,ab OR 'suicid*:ti,ab OR 'anxiety':ti,ab OR 'psychiatric':ti,ab OR 'mood disorder*:ti,ab OR 'headache*:ti,ab OR 'migraine':ti,ab OR 'behavior*:ti,ab OR 'behaviour*:ti,ab OR 'aggressi*:ti,ab OR 'lymphoma':ti,ab OR 'leukemi*:ti,ab OR 'blood':ti,ab OR 'hematol*:ti,ab 21,882,042

#10. #7 OR #8 OR #9

34,144,752

HEALTH EFFECTS AND EXPOSURE

#11. recycl*:ti,ab OR ((waste NEAR/5 management):ti,ab) OR ((wastes NEAR/5 management):ti,ab) OR ((circular NEAR/3 economy):ti,ab) OR reprocessing:ti,ab OR reuse*:ti,ab OR reusing:ti,ab OR upcycling:ti,ab OR ((green NEAR/3 economy):ti,ab) OR ((sustainable NEAR/3 economy):ti,ab) OR ((circular NEAR/3 production):ti,ab) OR 'green transition':ti,ab OR 'green deal':ti,ab 138,187

#12. 'recycling'/exp OR 'waste management'/exp

247,991

#13. #11 OR #12

337,323

RECYCLING INDUSTRY AND GREEN ECONOMY

#14. #3 AND #6 AND #10 AND #13

4,853

#15. 'animal'/exp NOT 'human'/exp

6,195,555

#16. #14 NOT #15

4,735

#17. #16 AND ('article'/it OR 'article in press'/it OR 'letter'/it OR 'review'/it)

3,922

Sammanfattning av sökning

Antal poster från alla databaser	11,529
Antal dubletter som automatiskt tagits bort i EndNote	3,894
Antal dubletter som automatiskt tagits bort i Covidence	690
Antal poster efter import till Covidence	6,945