

Versione settembre 2012

Factsheet

Stampanti laser, fotocopiatrici e toner: pericoli per la salute

Dott.sa med. Irène Kunz, dott. med. Marcel Jost,
dott. med. dott. sc. nat. Michael Koller

1. Sunto
2. Raccomandazioni della Suva
 - 2.1 Misure generali
 - 2.2 Misure in caso di forte esposizione alla polvere di toner
 - 2.3 Provvedimenti da adottare in caso di disturbi
3. Commento
 - 3.1 Emissioni causate da stampanti laser e fotocopiatrici
 - 3.2 Caratteristiche delle emissioni
 - 3.3 Conseguenze per la salute
 - 3.4 Conclusioni
4. Bibliografia

1. Sunto

Le polveri di toner emesse dalle stampanti con tecnologia laser e dalle fotocopiatrici possono causare disturbi soprattutto nei soggetti con mucose ipersensibili nelle vie respiratorie superiori e inferiori. In genere, le reazioni di ipersensibilità non specifiche dovute agli effetti irritativi di queste emissioni possono essere evitate migliorando l'igiene del posto di lavoro. Soltanto in casi rari sono state documentate delle vere e proprie allergie al toner. Gli studi epidemiologici non hanno stabilito relazioni causali certe fra queste emissioni e le malattie croniche dell'apparato respiratorio o le malattie polmonari interstiziali. In base ai risultati degli studi sperimentali e dei test sugli animali, non si esclude che le polveri di toner possano avere un effetto cancerogeno. I dati attualmente disponibili non permettono tuttavia di trarre delle conclusioni definitive, soprattutto perché non sono ancora stati svolti degli studi epidemiologici sul rapporto tra l'esposizione a polveri di toner e un maggiore rischio di tumori maligni delle vie respiratorie. A titolo preventivo, la Suva consiglia delle misure di protezione generali per ridurre il rischio di esposizione alle polveri di toner e alle particelle ultrafini nonché delle misure specifiche per contrastare gli effetti di un'elevata esposizione, ad esempio in caso di guasto dell'apparecchiatura o durante le operazioni di manutenzione e riparazione. Per i lavoratori che manifestano disturbi di origine professionale sono consigliabili degli accertamenti. La presente scheda informativa, regolarmente aggiornata in base alle nuove pubblicazioni specialistiche, propone una sintesi delle attuali conoscenze sulle polveri di toner.

Attualmente sono in corso ulteriori studi sulla tossicologia delle emissioni delle stampanti laser e delle fotocopiatrici, sia a livello sperimentale (esperimenti sugli animali, analisi in vitro di cellule umane e animali) sia a livello epidemiologico su soggetti esposti professionalmente. Anche se gli studi epidemiologici di più recente pubblicazione forniscono scarsi indizi di una grave tossicità di tali emissioni, i risultati degli studi in vitro e in vivo suggeriscono che è opportuno mettere in atto le raccomandazioni sulla protezione dei lavoratori emesse dalla Suva negli ultimi anni in virtù del principio di prevenzione.

2. Raccomandazioni della Suva

2.1 Misure generali

- Attenersi scrupolosamente alle istruzioni riportate nel manuale d'uso
- Collocare gli apparecchi in un locale ampio e ben ventilato
- Installare le apparecchiature di elevata potenza in un locale separato e installare un impianto di aspirazione locale
- Non direzionare le bocchette di scarico dell'aria verso le persone
- Eseguire regolarmente la manutenzione delle apparecchiature
- Optare per sistemi di toner chiusi
- Sostituire le cartucce del toner secondo le indicazioni del produttore e non forzare l'apertura
- Rimuovere con un panno umido le tracce di toner; lavare con acqua e sapone le parti di pelle sporche di toner; in caso di contatto con gli occhi, lavare con acqua per 15 minuti; in caso di contatto con la bocca, sciacquare abbondantemente con acqua fredda. Non utilizzare acqua calda o bollente, altrimenti il toner diventa appiccicoso
- Eliminare con molta cautela i fogli inceppati per non sollevare polvere
- Utilizzare guanti monouso per ricaricare il toner liquido o in polvere.

2.2 Misure in caso di forte esposizione alla polvere di toner (guasti, manutenzione e riparazione)

Quando si sostituiscono le cartucce di stampa o si eseguono la pulizia e la manutenzione degli apparecchi, possono verificarsi delle brevi emissioni di polvere di toner. Le persone che svolgono frequentemente queste attività sono maggiormente esposte. Devono pertanto adottare adeguate precauzioni per ridurre il rischio di inalazione. Le misure principali sono le seguenti:

- pulire gli apparecchi con un aspiratore certificato, non usare getti d'aria, evitare di soffiare nell'apparecchio
- qualora si tema una notevole emissione di polveri, garantire una buona ventilazione; utilizzare un respiratore antipolvere con livello di protezione FFP2/FFP3 e cambiarlo regolarmente dopo un periodo di poche ore se diventa umido, si danneggia o viene direttamente a contatto con la polvere di toner; indossare gli occhiali di protezione
- una volta terminata la manutenzione, pulire con un panno umido la zona attorno all'apparecchio
- indossare guanti di protezione adeguati, tenendo conto anche del tipo di detergente utilizzato.

2.3 Provvedimenti da adottare in caso di disturbi

Se i dipendenti accusano dei disturbi correlati all'ambiente di lavoro, devono essere presi sul serio. In caso di malesseri, è necessario valutare e applicare dei provvedimenti per migliorare l'igiene dell'ambiente di lavoro. Solitamente, i malesseri scompaiono o comunque si ottiene un significativo miglioramento della situazione. Se, tuttavia, i disturbi persistono anche dopo aver migliorato le condizioni di lavoro, è necessario svolgere indagini più approfondite. Se sussiste il fondato sospetto di una malattia professionale, occorre effettuare la notifica all'assicuratore LAINF competente. Per maggiori informazioni è possibile rivolgersi al Settore chimica della Divisione tutela della salute sul lavoro della Suva, Lucerna.

3. Commento

Da alcuni anni sostanze come le polveri di toner, i composti organici volatili o l'ozono che possono essere rilasciate nell'aria ambiente dalle stampanti laser e dalle fotocopiatrici vengono associate ad una serie di disturbi. Questa scheda tematica tratta delle conoscenze attuali sui rischi per la salute legati a stampanti laser, fotocopiatrici e, in particolare, ai toner.

Durante le operazioni di stampa e fotocopiatura avvengono processi chimici e fisici complessi, nei quali le componenti del toner, della carta e l'aria ambiente reagiscono sotto l'effetto della luce, delle temperature elevate e delle cariche elettriche. Queste reazioni possono liberare nell'aria composti organici volatili (COV) di diverse classi, particelle piccolissime di toner e di carta, ma anche gas. La qualità e la quantità delle sostanze emesse dipendono dal procedimento tecnico, dal tipo di toner e di carta utilizzato, dal modello e dall'età dell'apparecchio, dalla manutenzione e dalle condizioni ambientali.

Da diversi anni la Suva raccomanda alcune misure per ridurre i rischi legati a fotocopiatrici e stampanti laser. Queste raccomandazioni sono state pubblicate, ad esempio, in un'edizione delle Comunicazioni mediche della Suva del 1994. Esse si basano sulle misure che la Suva generalmente consiglia quando giungono delle richieste o delle lamentele da parte di lavoratori e in occasione delle ispezioni aziendali. Sporadicamente è stato accertato che le istruzioni per l'uso non erano chiare. In questi casi si è intervenuti contattando direttamente il produttore.

3.1 Emissioni causate da stampanti laser e fotocopiatrici

Le stampanti laser e le fotocopiatrici possono emettere piccole quantità di polvere, composti organici volatili (COV) e ozono. Grazie al progresso tecnologico (sistema di trasferimento con rulli), in molti apparecchi moderni le emissioni di ozono sono state ridotte quasi a zero.

Per quanto riguarda le polveri, queste possono essere sia di carta che di toner, anche se la percentuale delle polveri di carta è di gran lunga maggiore. I toner sono costituiti da piccolissime particelle di materia termoplastica (copolimeri stirolo-acrilici, nelle stampanti ad alto rendimento anche poliestere), che si fissano sulla carta per fusione. Come pigmento colorante, nei toner neri si utilizza il nerofumo (carbon black o nerofumo per uso industriale) o l'ossido di ferro, mentre nei toner di altri colori si ricorre a dei pigmenti organici. Oltre a questi componenti principali, i toner contengono diversi coadiuvanti come cera, acido silicico

(diossido di silicio amorfo come antiagglomerante) e, in parte, anche piccole quantità di sali metallici per controllare le proprietà elettromagnetiche. Il diametro delle particelle di toner è di 2-10 µm.

Studi recenti hanno dimostrato che le stampanti possono emettere particelle ultrafini di sostanze organiche volatili, le quali si originano nell'unità di fissaggio. In un rapporto intitolato "Measurement and characterization of UFP emissions from hardcopy devices in operation", l'Istituto Fraunhofer Wilhelm-Klauditz (WKI) afferma che, con elevata probabilità, le particelle ultrafini si formano durante il processo di stampa per effetto della temperatura e della nucleazione omogenea dei composti organici semivolatili (SVOC). Sia regolazione della temperatura che le caratteristiche chimiche dell'unità di fusione sembrano giocare un ruolo importante per la formazione delle particelle ultrafini. Queste ultime sono volatili alle alte temperature; l'Istituto Fraunhofer WKI non ha trovato elementi per ritenere che si tratti di particelle solide come il carbon black o i metalli. La quantità di particelle ultrafini dipende anche dalla quantità di carta stampata. In un'analisi dell'Università RWTH di Aquisgrana (Brand P. et al.), le dimensioni delle particelle erano di 20 - 30 nm. I risultati suggeriscono che il riscaldamento del toner nell'unità di fissaggio della stampante provoca l'evaporazione di alcuni componenti del materiale, i quali si condensano in particelle aerosol. Secondo uno studio svolto da Fiedler et al., le concentrazioni di particelle nell'aria ambiente degli uffici durante e dopo il processo di stampa sono piuttosto esigue rispetto all'aria esterna. Anche la Queensland University of Technology ha svolto vari studi scientifici sulle emissioni delle stampanti laser. I ricercatori hanno constatato, fra le altre cose, che il rilascio di particelle ultrafini varia notevolmente da una stampante all'altra. Una recente analisi ha dimostrato, ad esempio, che nei 19 uffici osservati la concentrazione media di particelle ultrafini durante l'orario di lavoro variava tra 4×10^1 e 4×10^3 per cm^3 .

I COV possono derivare dalla fusione del toner, ma anche dal riscaldamento della carta. Essi sono ad esempio lo stirolo, il toluolo, l'etilbenzolo, lo xilolo, i fenoli, le aldeidi e i chetoni. Soprattutto negli apparecchi più datati è stata accertata la presenza di benzolo.

L'analisi della composizione chimica dei toner disponibili in commercio, eseguita con diverse tecniche, ha rivelato che oltre al carbonio, al ferro e al rame sono presenti anche piccole percentuali di diversi altri elementi. Si tratta essenzialmente di tracce (quantità dell'ordine delle ppm) di titanio, cobalto, nichel, cromo, zinco, stronzio, zirconio, cadmio, stagno, tellurio, tungsteno, tantalio e piombo.

3.2 Caratteristiche delle emissioni

Tossicità

Le analisi sulla tossicità dei toner effettuate attraverso sperimentazioni sugli animali dimostrano che questi prodotti devono essere classificati nella categoria delle *polveri granulari bio-persistenti senza sostanziale tossicità specifica conosciuta (granular bioresistent particles, GBP)*. La polvere di toner contiene particelle in grado di penetrare negli alveoli. Durante il funzionamento delle stampanti è stata rilevata anche la presenza di aerosol di dimensioni inferiori ai <100 nm (particelle ultrafini).

Alcuni esperimenti sugli animali hanno rivelato che, nei topi, l'instillazione diretta di particelle di toner può provocare delle reazioni infiammatorie delle vie respiratorie e dei polmoni (Bai R. et al.). Gli studi in vitro, invece, hanno evidenziato degli effetti citotossici dovuti alle particelle di toner nei fibroblasti embrionali di topo (Dopp E. et al.).

Si è inoltre rilevato che l'accumulo di particelle di toner nel tessuto polmonare delle cavie sottoposte all'inalazione prolungata di elevate concentrazioni di toner è legato a polmoniti croniche e fibrosi.

Per quanto riguarda la tossicità delle particelle ultrafini, si rimanda alla letteratura in materia di nanoparticelle/particelle ultrafini.

Le polveri di toner sono cancerogene?

Per valutare le proprietà cancerogene di una sostanza, ci si basa sulle analisi epidemiologiche, sulla frequenza delle malattie tumorali in determinati gruppi professionali, sulle sperimentazioni con animali sottoposti ad agenti simili a quelli presenti nei posti di lavoro, sui dati sperimentali e sulle misurazioni delle sostanze presenti nell'aria ambiente. Finora, le polveri di toner sono state classificate come sostanze non cancerogene sia nell'elenco svizzero dei valori limite, sia negli elenchi dei valori limite vigenti a livello internazionale (UE; International Agency for Research on Cancer IARC; Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG; American Conference of Industrial Hygienists ACGIH).

Attualmente non esistono studi epidemiologici che indichino una relazione tra l'esposizione a polveri di toner e un maggiore rischio di tumori maligni delle vie respiratorie. In uno studio pilota sono state eseguite delle valutazioni dello stato ossidativo e della genotossicità su lavoratori che facevano uso di fotocopiatrici. I risultati evidenziano un'associazione tra la durata dell'esposizione professionale e i danni al DNA linfocitario rivelati al comet assay e la formazione di micronuclei nelle cellule della mucosa boccale (Kleinsorge et al.). L'Istituto di patologia dell'Università di Rostock ha riportato il caso di un paziente morto di tumore ai polmoni. L'uomo lavorava come tecnico addetto alle stampanti e alle fotocopiatrici e nel tumore sono state ritrovate delle particelle di toner. Ciò evidenzia la necessità di approfondire gli studi sugli effetti cancerogeni delle particelle di toner. In questo caso particolare non è tuttavia possibile stabilire una relazione causale tra le emissioni di polvere di toner e il tumore polmonare.

Gli studi in vivo con ratti e criceti sottoposti ad inalazione di polveri di toner non hanno fornito indizi relativi a potenziali effetti cancerogeni. In uno studio (F. Pott, M. Roller) condotto sui ratti si è tuttavia osservato un aumento dei tumori ai polmoni in seguito alla somministrazione per immissione diretta nella trachea di elevate dosi di diverse polveri. Tutte le polveri analizzate - ossia quelle senza rischio conosciuto - hanno provocato un aumento della frequenza dei tumori. Questo studio non ha tuttavia risposto alla domanda se tutte queste polveri - tra cui la polvere di toner - debbano essere generalmente classificate come cancerogene.

Uno studio in vitro dell'Università di Friburgo in Brisgovia ha rivelato che le polveri di toner possono avere un effetto genotossico. Come possibili cause di questo effetto genotossico sono stati presi in considerazione metalli, leghe metalliche o idrocarburi aromatici policiclici (Gminski R. et al.). Gli autori sono giunti alla conclusione che occorre proseguire la ricerca per valu-

tare la rilevanza di queste osservazioni in vitro rispetto all'esposizione professionale e non professionale alle polveri di toner.

Considerando questi dati non è da escludere un effetto cancerogeno delle polveri di toner. Perciò, in caso di potenziale esposizione a queste sostanze, è importante applicare le misure preventive raccomandate dalla Suva e da altre istituzioni.

Risultati delle misurazioni

Per valutare i potenziali effetti nocivi delle polveri di toner, è importante analizzare le emissioni effettivamente liberate nelle operazioni di copia e di stampa. Queste emissioni dipendono non solo dalla composizione del materiale del toner, ma anche da numerosi altri fattori, come il tipo di cartuccia, la temperatura d'esercizio, la velocità di copia, la durata dell'utilizzo della fotocopiatrice e molti altri.

L'Istituto professionale per la sicurezza sul lavoro BGIA, in Germania, ha effettuato misurazioni dettagliate durante il funzionamento di stampanti in bianco e nero e di stampanti a colori. Le misurazioni effettuate nei locali adibiti a ufficio hanno dimostrato che la concentrazione di polvere inalabile è tra 60 e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ circa, indipendentemente dal tipo di apparecchio in uso (stampante laser o fotocopiatrice). Le misurazioni relative alle polveri di toner, cobalto e nichel hanno dimostrato che la concentrazione di polvere nella zona di respirazione dei lavoratori è inferiore a quella rilevata nell'aria esterna. Durante l'uso, le fotocopiatrici e le stampanti rilasciano nell'aria ambiente anche composti organici volatili (COV). Le concentrazioni misurate nell'aria ambiente rientrano quasi tutte nei valori dell'inquinamento di fondo a cui è soggetta la popolazione generale e non superano quindi le concentrazioni alle quali l'uomo è esposto attraverso l'ambiente. Pertanto, sono nettamente inferiori ai valori limite di esposizione professionale definiti per le varie sostanze.

Anche gli studi più recenti con monitoraggio biologico non hanno rilevato maggiori concentrazioni di metalli pesanti e componenti di solventi nell'organismo, neppure in caso di uso intenso di fotocopiatrici e stampanti laser.

Nel 2007, l'Università di Gießen ha pubblicato i primi risultati di uno studio pilota sulle possibili relazioni tra le emissioni delle apparecchiature da ufficio, in particolare le fotocopiatrici e le stampanti laser, e i danni per la salute negli impiegati d'ufficio (studio sui toner diretto dal Prof. Dr. V.H. Mersch-Sundermann). Lo studio ha evidenziato che all'accensione delle stampanti laser, per un breve lasso di tempo (pochi minuti), la concentrazione numerica delle particelle ultrafini può crescere in misura significativa.

L'istituto federale tedesco per la valutazione dei rischi, il quale ha commissionato la ricerca, conferma che i risultati delle misurazioni non fanno temere effetti negativi sulla salute degli impiegati d'ufficio per effetto dei composti organici volatili totali (COVT). Le concentrazioni di polvere rilevate sono infatti nettamente inferiori al valore limite di esposizione professionale.

Nel 2008, l'Università di Gießen ha pubblicato ulteriori risultati dello studio pilota. Le analisi hanno rivelato che le concentrazioni di COVT raggiungono un valore massimo di 330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, senza differenze significative tra la fase di stampa e la fase di stand-by. In media, nessuna delle sostanze COV analizzate (benzolo, toluolo, etilbenzolo, propilbenzolo, xilolo o limonene)

evidenza sostanziali cambiamenti tra la prima e la seconda fase. Le concentrazioni in massa delle particelle ultrafini oscillano tra i 20 e i 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante il processo di stampa, si osserva un incremento delle concentrazioni rispetto alla fase di stand-by. In particolare, è rilevabile un forte incremento delle concentrazioni numeriche delle particelle fini e ultrafini (0,01 – 1 μm). In circa 2/3 dei locali adibiti ad ufficio si osserva un picco di emissione all'inizio del processo di stampa standard (burst iniziale), il quale induce, in parte, il moltiplicarsi delle concentrazioni numeriche delle particelle nell'aria ambiente. Il biomonitoraggio dei metalli (cadmio, cromo, nichel) non evidenzia una maggiore esposizione a queste sostanze. Nel complesso, la maggior parte dei parametri rientra nei livelli di concentrazione noti per i locali di abitazione. Pertanto, dal punto di vista quantitativo e tossicologico, non sono riscontrabili effetti significativi sull'igiene dei posti di lavoro o sulla salute dei lavoratori.

La Queensland University of Technology di Brisbane (Australia) ha pubblicato uno studio secondo il quale le stampanti laser possono essere fonte di particelle e aerosol ultrafini, con tassi di emissione che variano in base alla tipologia di apparecchio (Schripp T. et al.). Si tenga presente che non sono stati condotti studi medici. Nel rapporto finale pubblicato nel mese di dicembre 2011, Safe Work Australia (SWA) afferma che le emissioni delle stampanti laser sono costituite principalmente da composti organici volatili (COV) e semivolatili (SVOC) condensati in aerosol e ritiene che i possibili effetti sulla salute siano riconducibili più alle caratteristiche chimiche degli aerosol che alle caratteristiche fisiche delle particelle. Safe Work Australia conclude che i rischi per la salute derivanti dalle emissioni delle stampanti laser - fatta eccezione per i soggetti particolarmente sensibili - sono trascurabili.

L'emissione di particelle fini e ultrafini da parte delle stampanti laser è stata valutata in condizioni reali da Fiedler et al. I loro studi mostrano che nella pratica non è possibile ricostruire un quadro omogeneo dell'esposizione alle particelle nei locali con stampanti. Durante il processo di stampa si osserva un aumento della concentrazione numerica delle particelle nell'aria interna senza relazioni significative con le dimensioni del locale. La concentrazione numerica delle particelle torna solitamente a scendere pochi minuti dopo la stampa, in parte per la dispersione nell'aria ambiente e in parte per l'agglomerazione e la deposizione delle particelle. Gli studi hanno dimostrato che durante il funzionamento delle stampanti può essere emessa una significativa quantità di particelle fini e ultrafini ma che questa è piuttosto esigua rispetto alla concentrazione numerica delle particelle nell'aria esterna (davanti all'edificio), anche durante e dopo il processo di stampa.

3.3 Conseguenze per la salute

La letteratura scientifica riporta casi particolari e studi singoli relativi a disturbi causati dall'esposizione alla polvere di toner. Occasionalmente, nei lavoratori possono manifestarsi disturbi specifici, come prurito e irritazione cutanea, bruciore agli occhi, tosse, dispnea e mal di testa. Nei casi in cui sono stati effettuati test di ipersensibilità per dimostrare una reazione allergica alle sostanze contenute nei toner o misurazioni della funzionalità polmonare, generalmente non sono state confermate allergie. I malesseri menzionati devono essere valutati nel singolo caso come reazioni di tipo irritativo, riconducibili a cattive condizioni di lavoro o ad un'ipersensibilità individuale delle mucose. Nella letteratura scientifica sono stati descritti casi singoli di allergie a carico delle vie respiratorie superiori (rinite allergica) e delle vie respiratorie inferiori (asma bronchiale).

I rapporti pubblicati nella letteratura non scientifica a proposito di disturbi frequenti e in parte gravi sono di solito scarsamente documentati (assenza di informazioni esaurienti su predisposizioni e malattie preesistenti, mancanza di accertamenti o valutazioni dell'igiene del lavoro). Le conclusioni degli autori si basano sulle descrizioni e sulle impressioni soggettive degli impiegati oppure sono state registrate solo retrospettivamente attraverso un questionario. Attualmente, questi rapporti non consentono di dedurre una correlazione causale scientificamente ricostruibile tra l'esposizione alla polvere di toner e gli effetti sulla salute descritti.

Nel confronto con i soggetti non esposti, le analisi svolte su 600 dipendenti con oltre 20 anni di esposizione professionale (attività a contatto diretto con il toner nella produzione dello stesso, nella costruzione di fotocopiatrici e stampanti, nei lavori di manutenzione e riparazione su fotocopiatrici e stampanti) non hanno confermato alcuna correlazione rilevante tra l'esposizione al toner e le limitazioni della funzionalità polmonare (Nakadate). Allo stato attuale delle conoscenze, è poco probabile che l'esposizione alle emissioni di fotocopiatrici e stampanti laser provochi nell'uomo delle malattie polmonari interstiziali (afezioni a carico della struttura polmonare, ad esempio la pneumoconiosi).

Uno studio caso-controllo eseguito a Taiwan (Yang et al.) su 74 lavoratori esposti e 69 lavoratori non esposti non ha evidenziato una significativa associazione tra i disturbi acuti o cronici delle vie respiratorie e il lavoro con le fotocopiatrici.

Va nella stessa direzione uno studio caso-controllo svolto in Giappone su 809 soggetti esposti professionalmente alle polveri di toner e 805 soggetti non esposti. L'osservazione dei sintomi, i test di funzionalità polmonare, le analisi del sangue e i parametri biochimici non hanno rivelato differenze significative tra soggetti esposti e non esposti (Kitamura et al.).

Uno studio che ha coinvolto 33 000 addetti alla produzione di fotocopiatrici e al servizio clienti non ha rilevato un maggiore rischio di mortalità per neoplasia maligna, tumore ai polmoni, malattie delle vie respiratorie e dell'apparato cardiocircolatorio.

Negli Stati Uniti è in corso un ampio progetto di ricerca sulle copisterie, il cui scopo è individuare gli effetti sulle vie respiratorie delle particelle ultrafini nelle emissioni delle fotocopiatrici. Al momento della redazione di questa scheda tematica i risultati non sono ancora stati sottoposti a peer review.

Tra il 2007 e il 2008, l'Università di Gießen ha condotto uno studio clinico su un gruppo di persone impiegate in uffici ((occhio è cambiato)) come integrazione dei risultati delle misurazioni (si veda il relativo paragrafo). Le ricerche hanno interessato 69 persone provenienti da quattro diversi complessi di uffici. Sono stati raffrontati i risultati ottenuti su 36 persone che accusavano disturbi correlati all'ambiente di lavoro, 7 che si definivano danneggiate dall'esposizione al toner e 26 senza disturbi correlati all'ambiente di lavoro. Gli esperti hanno ricercato indizi di allergie e di eventi infiammatori. È stato sottolineato che il metodo di selezione non permette di considerare rappresentativi i risultati poiché sono stati invitati a partecipare dei soggetti in situazioni acute. Le persone con disturbi della salute correlati all'ambiente di lavoro non presentavano un tasso più elevato di malattie preesistenti. Sulla base dei parametri selezionati (CRP, ossido di azoto nell'aria espirata, anticorpi allergici) non sono stati osservati segni di reazioni infiammatorie delle vie respiratorie, di un'inflammatione sistemica o di

un'aumentata tendenza alle allergie nei dipendenti con disturbi correlati all'ambiente di lavoro. Invece, sono stati riscontrati segni di irritazione locale. Si è inoltre posto un interrogativo riguardo ad un'eventuale relazione di causa tra il manifestarsi di una maggiore sensibilità delle vie respiratorie e le emissioni liberate dalle stampanti.

Come committente dello studio, l'Istituto federale tedesco per la valutazione dei rischi ha ricordato che è difficile valutare se e in qual misura esista una correlazione tra i disturbi soggettivi, i parametri oggettivi e i valori di emissione e che, nel complesso, l'analisi clinica non indicherebbe specifici problemi di salute dovuti alle emissioni di toner. Questo studio pilota evidenzia che nelle persone impiegate in ufficio possono manifestarsi disturbi correlati all'ambiente di lavoro, ma questi disturbi possono avere le cause più disparate. Sulla scorta dello studio pilota non è possibile fare affermazioni sulla frequenza dei disturbi correlati all'ambiente di lavoro (gli autori confermano: «Il metodo di selezione non permette di considerare rappresentativi i risultati poiché sono stati invitati a partecipare dei soggetti in situazioni acute»). Dallo studio non emerge che i lavoratori con disturbi correlati all'ambiente di lavoro presentino segni di un'inflammatione delle vie respiratorie, di un'inflammatione sistemica o di più frequenti allergie.

3.4 Conclusioni

I toner sono composti da materie termoplastiche (particelle polimeriche) nelle quali sono legati i pigmenti. I diametri delle particelle variano generalmente tra i 2 e i 10 μm con valori medi di circa 5 μm . Le polveri di toner sono quindi classificabili come polveri respirabili (in grado di penetrare negli alveoli polmonari). Le particelle polimeriche non sono solubili in soluzioni acquose e quindi persistono nei fluidi e nei tessuti biologici. Sotto l'aspetto biologico hanno un comportamento pressoché inerte. Le sperimentazioni su animali esposti a concentrazioni realistiche hanno dimostrato che la tossicità di queste sostanze è scarsa. Durante il funzionamento, le fotocopiatrici e le stampanti possono emettere COV, ozono e altre sostanze come composti dello stagno e metalli pesanti. Le concentrazioni misurate nell'aria ambiente si collocano tuttavia ben al di sotto dei valori limite di esposizione professionale attualmente in vigore. Le analisi con biomonitoraggio non rilevano indizi di una maggiore contaminazione interna da metalli pesanti/solventi nelle persone che hanno un contatto frequente con le stampanti laser e le fotocopiatrici sul posto di lavoro. Non è ancora chiaro quale peso vada attribuito all'emissione transitoria di particelle ultrafini per pochi minuti all'accensione delle stampanti laser.

I rapporti finora pubblicati indicano che le persone con un'iperreattività aspecifica nasale o bronchiale possono sviluppare sintomi come starnuti, muco nasale, tosse e disturbi respiratori. Generalmente, si tratta di reazioni aspecifiche di ipersensibilità dovute agli effetti irritativi delle emissioni. È possibile prevenire queste reazioni con una migliore igiene del posto di lavoro. La letteratura documenta solo pochissimi casi di allergie delle vie respiratorie provocate dai toner. Lo studio pilota condotto dall'Università di Gießen non rileva né reazioni infiammatorie delle vie respiratorie, né reazioni infiammatorie generali e non fornisce indizi di un aumento delle allergie nei lavoratori che riconducono i propri disturbi alle emissioni di toner. Nemmeno gli studi epidemiologici più recenti evidenziano differenze significative a livello di sintomi, test di funzionalità polmonare e mortalità tra i soggetti esposti alle polveri di toner e quelli non esposti. Tuttavia si attende ancora la pubblicazione dei risultati dello studio americano sulle copisterie.

Gli studi in vitro hanno rivelato un effetto genotossico (danni al DNA e formazione di micronuclei); gli autori affermano tuttavia che, per valutare la rilevanza delle osservazioni in vitro rispetto all'esposizione professionale e non professionale alle polveri di toner, sono necessarie ulteriori ricerche. Nelle sperimentazioni su ratti e criceti con somministrazione di toner per via inalativa non si è osservato un aumento dei tumori maligni. In un esperimento sui ratti con instillazione diretta di elevate quantità di toner si è però osservato un aumento dei tumori polmonari. Anche se i dati attualmente disponibili non permettono di trarre delle conclusioni definitive, non è escluso che le polveri di toner possano avere un effetto cancerogeno. Pertanto, è opportuno applicare le misure preventive raccomandate dalla Suva e da altre istituzioni.

I valori limite di esposizione professionale non costituiscono un limite sicuro tra le concentrazioni pericolose e quelle innocue. Perciò il rispetto dei valori limite non esclude che possano manifestarsi dei disturbi. Per i dipendenti esposti a determinate sostanze occorre quindi trovare delle soluzioni individuali, come una migliore ventilazione dell'ufficio o lo spostamento della stampante e/o della fotocopiatrice in un locale separato. Inoltre, soprattutto le stampanti e i toner di vecchia generazione dovrebbero essere sostituiti con apparecchi moderni a basse emissioni o, per lo meno, sarebbe opportuno sostituire il tipo di toner (toner con certificazione di ecocompatibilità). In linea di massima, se si manifestano dei disturbi occorre verificare anche lo stato di manutenzione della fotocopiatrice. Se i disturbi persistono anche dopo avere adottato tutti i provvedimenti necessari, è bene eseguire ulteriori accertamenti relativi all'igiene del lavoro e/o consultare un medico del lavoro.

La Suva si aggiorna costantemente sullo stato della ricerca in questo campo.

4. Bibliografia

- Abraham A.G. et al.: Retrospective mortality study among employees occupationally exposed to toner. *J Occup Environ Med* 2010; 52: 1035-1041
- Bai R. et al.: Pulmonary responses to printer toner particles in mice after intratracheal instillation. *Toxicol Lett* 2010; 199: 288-300
- Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin, Institut der Ruhr - Universität Bochum: Gesundheitsgefahren durch Tonerstäube
- Brand P. et al.: Nanopartikel - Emissionen bei Laserdruckern. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 2010; 45: 351
- Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund-Dorstfeld: Kopiergeräte und Drucker im Büro
- Dopp E. et al.: Zelluläre Aufnahme und Toxizität von Tonerpartikeln in vitro. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 2009; 44: 188-189
- Evers U., Nowak D.: Erkrankungen durch Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten?; *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 2006; 66: 203-210
- Fiedler J., Kura J., Moriske H.-J., Pietsch A.: Freisetzung feiner und ultrafeiner Partikeln aus Laserdruckern unter Realraumbedingungen. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 2009; 69: 77 - 82
- Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institute (WKI): Measurement and characterization of UFP emissions from hardcopy devices in operation. www.wki.fraunhofer.de
- Gminski R., Mersch-Sundermann V.: Gesundheitliche Bewertung der Exposition gegenüber Tonerstäuben und gegenüber Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten – aktueller Erkenntnisstand; *Umwelt Med Forsch Prax* 2006; 11: 269-300
- Gminski R., Decker K., Heinz Ch., Mersch-Sundermann V.: Cytotoxic and genotoxic effects of three representative reprographic toner dusts and their dimethyl sulfoxide (DMSO) extracts on cultured human epithelial A 549 lung cells in vitro N-s. *Arch Pharmacol*, 2008; 377 Suppl. 1 : 82 – 82
- Gminski R. et al.: Genotoxic effects of three selected black toner powders and their dimethyl sulfoxide extracts in cultured human epithelial A549 lung cells in vitro. *Environ Mol Mutagen* 2011; 52: 296-309
- Hahn J.U. et al.: Kriterienkatalog zur Prüfung von Tonerstäuben; *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 2004; 64: 21 – 27

- Hänninen O. et al.: Occupational and consumer risk estimates for nanoparticles emitted by laser printers. J Nanopart Res 2010; 12: 91-99
- Herr C. et al.: Pilotstudie Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten. Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universität Giessen 2007.
- Jungnickel F., Kubina A., Fischer H.: Benzolemissionen aus Laserdruckern und Kopierern; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2003; 63: 193 – 196
- Kitamura H. et al.: Cross-sectional study on respiratory effect of toner exposed work in manufacturing plants, Japan: pulmonary function, blood cells, and biochemical markers. Hum Exp Toxicol 2009; 28: 331-338
- Kleinsorge E.C. et al.: Assessment of oxidative status and genotoxicity in photocopier operators: a pilot study. Biomarkers 2011; 16: 642-648
- Mersch-Sundermann V.H.: Pilotstudie Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten, „Tonerstudie“. Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie, Universitätsklinikum Giessen. 2007
- Mersch-Sundermann V.H. et al.: Abschlussbericht Pilotstudie Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern, und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten. Auftraggeber Bundesinstitut für Risikobewertung BfR 2008.
- Möller A., Wensing M., Pflaumbaum W., Blome H.: Untersuchung von Emissionen aus Bürogeräten; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2003; 63: 71 – 77
- Möller A. et al.: Biologische Verfahren zur Abschätzung des Gefährdungspotenzial von Tonerstäuben; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2004; 64: 13 – 20
- Nakadate T et al.: A cross sectional study of the respiratory health of workers handling printing toner dust. Occup Environ Med 2006; 63: 244-249
- Nies E., Blome H., Brüggemann-Priesshoff H.: Charakterisierung von Farbtonern und Emissionen aus Farbfotokopierern/Farblaserdruckern; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2000: 60: 435 – 441
- Safe Work Australia: Brief Review on Health Effects of Laser Printer Emissions Measured as Particles, December 2011. www.safeworkaustralia.gov.au

- Pott F., Roller M.; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Untersuchungen zur Kanzerogenität granulärer Stäube an Ratten – Ergebnisse und Interpretationen; Dortmund, 2003
- Schripp T., Mulakampilly S. J., Delius W., Uhde E., Wensing M., Salthammer T., Kreuzig R., Bahadir M., Wang L., Morawska L.: Comparison of ultrafine particle release from hard-copy devices in emission test chambers and office rooms; Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 2009; 69: 71 - 76
- Siegmann S. und Jansing P.-J.: Innenraumbelastung durch Laserdrucker und Fotokopiergeräte; Praktische Arbeitsmedizin 2005; 2: 6-11
- Smola T., Georg H. , Hohensee H.: Gesundheitsgefahren durch Laserdrucker? Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2002; 62: 295 – 301
- Thüringer Ministerium für Soziales, Familie und Gesundheit: Gefahrstoffe im Büro; 3. aktualisierte Auflage
- Verwaltungs-Berufsgenossenschaft VBG, Hamburg: Laserdrucker sicher betreiben, Ausgabe März 2006
- Yang C.Y., Haung Y.C.: A cross-sectional study of respiratory and irritant health symptoms in photocopier workers in Taiwan. J Toxicol Environ Health 2008; 71: 1314-1317