

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Zdravotní rizika vybraných složek tetovacích inkoustů

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kateřina Runkasová**  
Osobní číslo: **C22109**  
Studijní program: **B0512A130006 Analýza biologických materiálů**  
Téma práce: **Zdravotní rizika vybraných složek tetovacích inkoustů**  
Zadávací katedra: **Katedra biologických a biochemických věd**

## Zásady pro vypracování

- Zjistěte, které typy tetovacích inkoustů jsou nejčastěji používány v evropském a českém prostředí a jak jsou dostupné informace o složení a zdravotních rizicích vybraných tetovacích inkoustů. Zaměřte se zejména na informace komunikované v rámci bezpečnostních listů.
- Jednou z běžných složek tetovacích inkoustů je carbon black. Vypracujte literární rešerší věnovanou klíčovými toxikologickými vlastnostem tohoto pigmentu, zaměřte se zejména na vlastnosti, které jsou relevantní pro predikci zdravotních rizik spojených s jeho intradermální aplikací v rámci tetování.
- Shrňte aktuální poznatky o klíčových toxikokinetických dějích souvisejících s očkováním. Zvláštní pozornost věnujte roli makrofágů při fixaci pigmentů v místě tetování a při jejich distribuci do dalších tkání. Pokuste se tyto poznatky využít v rámci diskuse o možných zdravotních rizicích spojených s tetováním inkousty obsahujícími pigment carbon black.
- Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 7/2019 "Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací" v platném znění.

Rozsah pracovní zprávy: **25 s.**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Miloslav Pouzar, Ph.D.**  
Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **20. prosince 2024**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2025**

**prof. Ing. Petr Němec, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**prof. RNDr. Tomáš Roušar, Ph.D. v.r.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Zdravotní rizika vybraných složek tetovacích inkoustů

jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 16. 6. 2025

Kateřina Runkasová v. r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Miloslavu Pouzarovi, Ph.D., za odborné vedení a věcné připomínky, které významně přispěly k vypracování a odborné úrovni předkládané práce.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá zdravotními riziky vybraných složek tetovacích inkoustů, se zvláštním zaměřením na černé inkousty a jejich nejčastěji používaný pigment, carbon black. Práce zahrnuje posouzení dostupnosti a úplnosti informací obsažených v bezpečnostních listech černých tetovacích inkoustů a vyhodnocení informací dostupných v systému rychlého varování RAPEX. Dále je podrobně zpracována charakteristika pigmentu carbon black, včetně jeho chemického složení, potenciálních kontaminantů a toxikologických vlastností. V závěru práce je provedeno hodnocení zdravotních rizik spojených se subdermální aplikací tohoto pigmentu, s ohledem na současné vědecké poznatky a legislativní rámce.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

tetovací inkousty, bezpečnostní listy, carbon black, zdravotní rizika, subdermální aplikace, systém RAPEX

## **TITLE**

Health risks of selected components of tattoo inks

## **ANNOTATION**

This bachelor's thesis examines the health risks associated with selected components of tattoo inks, with specific focus on black inks and their predominant pigment, carbon black. The research involves a critical analysis of safety data sheets for commercially available black tattoo inks, as well as an evaluation of relevant notifications within the RAPEX rapid alert system. Particular attention is given to the characterization of carbon black, including chemical composition, possible contaminants, and toxicological profile. The thesis concludes with a health risk assessment related to the subdermal application of this pigment, based on current scientific evidence and existing regulatory frameworks.

## **KEYWORDS**

tattoo inks, safety data sheets, carbon black, health risks, subdermal application, RAPEX system

# OBSAH

SEZNAM GRAFŮ A TABULEK.....	1
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK.....	2
ÚVOD.....	3
1 Bezpečnostní listy.....	4
1.1 Obecné požadavky na obsah bezpečnostních listů.....	4
1.2 Údaje o složení tetovacích inkoustů v bezpečnostních listech.....	4
1.3 Hodnocení dostupnosti a obsahu bezpečnostních listů pro vybrané tetovací inkousty 7	
2 Systém RAPEX.....	9
2.1 Oznámení v systému RAPEX týkající se tetovacích a PMU inkoustů.....	10
2.2 Oznámení v systému RAPEX týkající se černých tetovacích a PMU inkoustů.....	14
2.3 Nejčastější kontaminanty černých tetovacích a PMU inkoustů.....	15
3 Carbon black.....	18
3.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti.....	18
3.2 Toxikokinetika.....	19
3.3 Akutní toxicita.....	21
3.4 Podráždění.....	21
3.4.1 Podráždění kůže.....	21
3.4.2 Podráždění očí.....	22
3.5 Kožní sensibilizace.....	22
3.6 Toxicita po opakované dávce.....	22
3.7 Genotoxicita.....	23
3.8 Karcinogenita.....	23
3.9 Reprodukční toxicita.....	24
3.10 Expoziční limity.....	24

4	Hodnocení zdravotních rizik spojených se subdermální aplikací carbon black .....	25
4.1	Mechanismus fixace pigmentu v kůži a vliv makrofágů na stabilitu tetování.....	25
4.2	Potenciální zdravotní rizika .....	26
4.3	Kvantitativní hodnocení rizik spojených se subdermální aplikací carbon black.....	28
4.3.1	Predikovaná expozice .....	28
4.3.2	Přepočet expozičního limitu na subdermální aplikaci a výpočet RCR.....	28
	ZÁVĚR .....	30
	POUŽITÁ LITERATURA.....	32

## SEZNAM GRAFŮ A TABULEK

Graf 1 Počet oznámení v systému RAPEX v letech 2005-2025 týkající se tetovacích a PMU inkoustů.....	10
Graf 2 Procentuální poměr oznámení v systému RAPEX rozdělené podle země původu výrobku v letech 2005-2025 .....	11
Graf 3 Procentuální zastoupení jednotlivých typů opatření v souvislosti s nahlášením produktu v systému RAPEX v letech 2005-2025 .....	11
Graf 4 Počet tetovacích a PMU inkoustů nahlášených v systému RAPEX s daným typem rizika v letech 2005-2025 .....	12
Graf 5 Procentuální zastoupení jednotlivých látek představujících chemické zdravotní riziko v tetovacích a PMU inkoustech nahlášených v systému RAPEX v letech 2005-2025 .....	12
Graf 6 Procentuální zastoupení černých tetovacích a PMU inkoustů v systému RAPEX v letech 2005-2025 .....	14
Graf 7 Procentuální zastoupení jednotlivých typů opatření v souvislosti s nahlášením produktu v systému RAPEX v letech 2005-2025 pro černé tetovací a PMU inkousty .....	14
Graf 8 Počet černých tetovacích a PMU inkoustů nahlášených v systému RAPEX s daným typem rizika v letech 2005-2025 .....	15
Tabulka 1 Složení vybraných černých tetovacích inkoustů.....	5
Tabulka 2 Kontaminace těžkými kovy u černých tetovacích a PMU inkoustů hlášených v systému RAPEX .....	16
Tabulka 3 Kontaminace PAH u černých tetovacích a PMU inkoustů hlášených v systému RAPEX .....	17
Tabulka 4 Přepočtení subdermálního EL a výpočet hodnoty RCR .....	29

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

SDS – bezpečnostní list

REACH – Nařízení o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek

RAPEX – Rychlý výstražný systém pro nebezpečné nepotravinářské výrobky

PMU – permanentní make-up

PAH – polycyklické aromatické uhlovodíky

PAA – primární aromatické aminy

CB – carbon black

ECHA – Evropská agentura pro chemické látky

GI – gastrointestinální

LALN – plicní lymfatické uzliny

ELF – tekutina pokrývající epitel plicní tkáně

BCOP – test zakalení a propustnosti rohovky u skotu

LLNA – lokální test lymfatických uzlin

SCE – výměna sesterských chromatid

IARC – Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny

TWA – časově vážený průměr

OSHA – Agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci

NIOSH – Národní institut pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci

CTD – Comparative Toxicogenomics Database

RCR – poměr charakterizace rizika

PE – predikovaná expozice

EL – expoziční limit

# ÚVOD

Tetování je proces, při němž dochází k injekční aplikaci tetovacího inkoustu do vnitřní vrstvy kůže zvané dermis za účelem vytvoření trvalé dekorace. V současné době se tetování stalo nejen významným kulturním a uměleckým fenoménem, ale také oblíbenou formou osobního sebevyjádření a identity. Tento trend je patrný napříč různými věkovými skupinami a společenskými vrstvami, přičemž stále více lidí vyhledává tetování jako způsob, jak zdůraznit svou individualitu nebo vzpomínku na významné životní události.

K tomu, aby bylo tetování trvalé a vizuálně atraktivní, je klíčovým faktorem kromě volby profesionálního tatéra i použití kvalitního tetovacího inkoustu. Tetovací inkousty jsou chemické směsi, které se aplikují do kůže pomocí tetovací jehly. Základní složkou každého inkoustu je pigment nebo organické barvivo, který inkoustu dodává jeho barvu, a dále pak směs kapalných látek, které umožňují aplikaci do kůže. Pro černé tetovací inkousty se jako pigment standardně využívá carbon black, jehož vlastnosti jsou podrobně popsány v dalších kapitolách této práce. Dispergačním činidlem bývá nejčastěji voda s příměsí glycerolu, etanolu či izopropylalkoholu [1].

S rostoucí popularitou tetování se zároveň zvyšuje i potřeba sledování bezpečnosti používaných tetovacích inkoustů a identifikace možných zdravotních rizik. Aplikace inkoustu do dermis může vyvolat alergické reakce, záněty nebo jiné nepříznivé zdravotní stavy. Z tohoto důvodu je důležité analyzovat složení tetovacích inkoustů, sledovat regulační opatření a hodnotit rizika spojená s jejich používáním.

Tato bakalářská práce se proto zaměřuje na komplexní hodnocení zdravotních rizik vybraných složek tetovacích inkoustů, se zvláštním důrazem na pigment carbon black, jeho charakteristiky, možné kontaminanty a toxikologické vlastnosti. Ke klíčovým zdrojům informací využitým v rámci této práce patřily bezpečnostní listy černých tetovacích inkoustů a také hlášení o nebezpečných tetovacích inkoustech v systému včasného varování RAPEX. Hlavním cílem této práce je vypracovat ucelený přehled o možných rizicích spojených se subdermální aplikací černých tetovacích inkoustů a přispět k lepšímu pochopení problematiky jejich bezpečnosti.

# 1 Bezpečnostní listy

Klíčovým nástrojem, který může spotřebitel v EU využít pro rychlé posouzení nebezpečných vlastností chemických látek a směsí, je bezpečnostní list (Safety Data Sheet – SDS). Tento dokument by měl obsahovat podrobné informace o složení výrobku, akutní i chronické toxicitě jeho jednotlivých složek, a dále zásady bezpečného používání, manipulace a skladování a také postupy první pomoci, zejména pokud výrobek obsahuje žíravé nebo vysoce dráždivé složky. Nutnost zpracovat bezpečnostní list a jeho závazná podoba je upravena příslušnými zákony. Kromě toho SDS pomáhají výrobcům chemických látek a všem, kteří s nimi nakládají, splnit právní požadavky a standardy bezpečnosti na pracovištích [2].

## 1.1 Obecné požadavky na obsah bezpečnostních listů

Výroba a nakládání s chemickými látkami, včetně tetovacích inkoustů, jsou v rámci EU regulovány nařízením REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), které vyžaduje, aby výrobci a dodavatelé produktů, obsahujících chemické látky a jejich směsí, včetně výrobců a dodavatelů tetovacích inkoustů, předložili bezpečnostní listy s popisem nebezpečných vlastností těchto látek a směsí [3]. V první sekci SDS je povinná identifikace výrobku, výrobce, kontaktní údaje a doporučené použití produktu. Pro posouzení zdravotního rizika tetovacích inkoustů by bylo žádoucí aby (i) byly bezpečnostní listy snadno dostupné a (ii) obsahovaly přesné a úplné informace o přítomných chemických látkách a jejich koncentracích a (iii) úplné a pravdivé informace o jejich nebezpečných vlastnostech a zejména o jejich toxicitě [2]. Dostupnost těchto dokumentů dále zajišťuje, že tetovací inkousty odpovídají regulacím a normám kvality.

## 1.2 Údaje o složení tetovacích inkoustů v bezpečnostních listech

Jedním z cílů práce bylo posoudit dostupnost a úplnost informací o složení nejvíce používaných tetovacích inkoustů v EU a ČR. Vzhledem k faktu, že v tetovacích studiích jsou nejčastěji využívány černé tetovací inkousty, bylo pro hodnocení dostupnosti a úplnosti informací o chemickém složení vybráno 12 inkoustů této barvy. Níže popsané inkousty byly zvoleny na základě několika kritérií – snadná dostupnost produktu, dále pak oblíbenost vyhledávání přes internetový prohlížeč (výsledky vyhledávání „černý tetovací inkoust“, „nejoblíbenější černé tetovací inkousty“, apod.) a nakonec splnění nařízení REACH.

Všechny zvolené inkousty obsahují jedinou barevnou složku, a to pigment CI 77266 (carbon black) v rozdílných koncentracích. V Tabulce 1 je u příslušného tetovacího inkoustu vždy uveden výrobce a země, ve které firma sídlí, dále pak koncentrace barevné složky a výčet ostatních složek s příslušnými koncentracemi (jsou-li v SDS uvedeny). Všechna data byla čerpána z dostupných bezpečnostních listů poskytovaných samotnými výrobci.

Tabulka 1 Složení vybraných černých tetovacích inkoustů

Tetovací inkoust	Výrobce	Barevná složka	Ostatní složky
Intenze – True Black	Intenze Product Inc., USA	CI 77266 10-30 %	Glycerol 3-7 % Akrylátový kopolymer 3-7 % Extrakt z <i>Hamamelis virginiana</i> 3-7 %
Eternal Ink – Pitch Black	Eternal Ink LLC, USA	CI 77266 1-20 %	Destilovaná voda 80-99 %
Dynamic Union Black	DYNAMIC COLOR COMPANY, USA	CI 77266 32 %	Benzylalkohol 1 % Destilovaná voda -
World Famous Tattoo Ink – Blackout	World Famous Tattoo Ink, USA	CI 77266 -	Destilovaná voda - Rosin - Extrakt z <i>Hamamelis virginiana</i> - Izopropylalkohol - Benzylalkohol -
I AM INK – BLK LNR 5	I AM INK e.U., AT	CI 77266 2,5-10 %	Propylenglykol 10-25 %
Gen-Z – True Black	Intenze Product Inc., USA	CI 77266 15-25 %	Destilovaná voda 25-45 % Extrakt z <i>Hamamelis virginiana</i> 15-25 % Akrylátový kopolymer 4-7 % Etanol 1-4 % Glycerol 1-4 %
Carbon Black Tattoo Ink – 77266	La Manufacture Berg GmbH, AT	CI 77266 5-25 %	Destilovaná voda 55-90 % Benzylalkohol 1-5 % PEG-40 hydrogenated castor oil 5-25 %
Zero – Total Black	Cosmesis s.r.l., IT	CI 77266 -	Destilovaná voda - Glycerol - Polysorbate 80 -

				Aroma	-
Xtreme – Super Black	Xtreme Ink, USA	CI 77266	0-40 %	Destilovaná voda	-
				Glycerol	0-20 %
				Etanol	2-10 %
				Polyetylen glykol	0-5 %
Cosmoink – Deep Space Black	Cosmesis s.r.l., IT	CI 77266	-	Destilovaná voda	-
				Glycerol	-
				Polysorbate 80	-
				Aroma	-
Eclipse – Black 21	Axalta Coating Systems LLC, USA	CI 77266	≤3 %	Triglycidyl isokyanurát	<6,9 %
Raw Tattoo Premium Ink – Black Out	Raw Premium Ink Supply, USA	CI 77266	25-60 %	Destilovaná voda	23-50 %
				Glycerol	0-6 %
				Etanol	2-18 %
				Polyetylen glykol	0-5 %

Ze zmíněných černých tetovacích inkoustů [4-15] celkem 3 neobsahují v příslušných bezpečnostních listech žádné údaje o koncentraci jednotlivých složek. Ve zbývajících případech je složení vždy uvedeno ve formě koncentračního rozmezí. Někteří výrobci uvádějí rozmezí koncentrací složek tak veliké, že výsledné složení tetovacího inkoustu je v podstatě nemožné odhadnout, pouze u inkoustu Dynamic Tattoo Ink – Union Black je v SDS uvedena přesná koncentrace některých složek. V případě inkoustů I AM INK – BLK LNR 5, Eternal Ink – Pitch Black a Eclipse – Black 21 v SDS chybí informace o ostatních složkách, které se v nich nacházejí, a výsledné složení se dá zjistit pouze z obalu produktu nebo webových stránek výrobce, kde ale znovu chybí jejich koncentrace. Výrobci Xtreme Ink a Raw Premium Ink Supply poskytují pouze jeden SDS pro všechny své produkty, je tedy nepřehledné, jaké složky konkrétní tetovací inkousty opravdu obsahují. Produkty Xtreme – Super Black a Raw Tattoo Premium Ink – Black Out obsahují totožný výčet složek, ale s jiným koncentračním rozmezím, je tedy nepravděpodobné, že by se jednalo o stejný produkt nabízený různými značkami.

Pro inkousty obsahující jako barevnou složku carbon black je koncentrační rozmezí tohoto pigmentu 1-60 % (viz Tab 1). V případě inkoustu Xtreme Ink – Super Black je v SDS uvedeno koncentrační rozmezí pro pigment CI77266 0-40 %, ovšem jak je zmíněno výše,

výrobce poskytuje pouze jeden SDS pro všechny své produkty, a tudíž se dá předpokládat, že daný tetovací inkoust obsahuje minimálně 1 % černého pigmentu.

Nejčastěji použité dispergační činidlo je jednoznačně destilovaná voda, která je obsažena téměř ve všech výše zmíněných produktech v rozmezí 23-99 %. Uvedena není pouze v SDS produktů Intenze Tattoo Ink – True Black, Eclipse – Black 21 a I AM INK – BLK LNR 5, kdy v prvních dvou případech se dá z koncentrací ostatních složek předpokládat, že destilovaná voda může být součástí výsledných produktů a ve třetím případě se z oficiálních webových stránek výrobce dá lehce zjistit, že v tetovacím inkoustu je destilovaná voda opravdu obsažena, ačkoliv není v bezpečnostním listu uvedena.

Z výše citovaných SDS je těžké odhadnout rizika spojená s aplikací jednotlivých tetovacích inkoustů do kůže, jelikož jsou informace o složení produktů neúplné nebo mnohdy chybí úplně. Koncentrační rozmezí složek, které inkousty obsahují, jsou v některých případech skutečně veliké a je prakticky nemožné z těchto informací zjistit výsledné složení. Informace o koncentracích jsou dle výrobců považovány za obchodní tajemství, a tudíž se přesně v SDS neuvádí.

### **1.3 Hodnocení dostupnosti a obsahu bezpečnostních listů pro vybrané tetovací inkousty**

Jak již bylo zmíněno, jedním z cílů práce nebyla pouze dostupnost, ale i úplnost informací o černých tetovacích inkoustech. Bezpečnostní listy, jejich funkce a náležitosti byly blíže rozebrány v dřívější části práce. Složení a koncentrace jednotlivých složek tetovacích inkoustů jsou součástí předchozí kapitoly.

Ve všech příslušných bezpečnostních listech je vždy uveden výrobce, identifikace a název produktu a jeho doporučené použití. Rovněž všechny bezpečnostní listy obsahují informace o první pomoci, dále manipulaci a skladování produktu a v neposlední řadě přesné datum, kdy byl SDS vystaven – v práci byly použity nejnovější dohledatelné bezpečnostní listy jednotlivých produktů, i přes to jsou mnohdy více než 4 roky staré.

Identifikace nebezpečnosti jednotlivých látek použitých v tetovacích inkoustech je taktéž ve větší či menší míře uvedena ve všech citovaných bezpečnostních listech. Pro posouzení rizik spojených se subdermální aplikací tetovacích inkoustů jsou důležité toxikologické informace. Ve více než polovině zmíněných bezpečnostních listů chybí toxikologická data úplně nebo jsou nedostatečná, výčetem se jedná o produkty: Intenze – True

Black, World Famous Tattoo Ink – Blackout, I AM INK – BLK LNR 5, Carbon Black Ink – 77266, Zero – Total Black, Xtreme – Super Black, Cosmoink – Deep Space Black, Raw Tattoo Premium Ink – Black Out.

Výrobce Intenze Product Inc. u tetovacího inkoustu „True Black“ v SDS neuvádí téměř žádné toxikologické informace, ale u produktu „Gen-Z – True Black“ stejného výrobce se přitom v bezpečnostním listu nachází rozsáhlé toxikologické informace pro všechny použité složky. Firma Cosmesis s.r.l. neuvádí ani v jednom bezpečnostním listě inkoustů „Zero – Total Black“ a „Cosmoink – Deep Space Black“ jakékoliv toxikologické údaje. U výčtu jednotlivých složek je v této sekci uvedeno pouze „neklasifikováno“.

Co se týče základních informací o produktu, výrobci a určeném použití, jsou všechny výše rozebrané bezpečnostní listy uspokojivé. Problém ovšem nastává u popisu toxikologických informací jednotlivých složek, kde jsou ve více než polovině případů nedostatky či jakékoliv informace chybí úplně. Určení rizik spojených s aplikací konkrétního tetovacího inkoustu je z těchto dat velice obtížné.

## 2 Systém RAPEX

Systém RAPEX (Rapid Alert System for non-food dangerous products) představuje důležitý nástroj EU pro zajištění bezpečnosti spotřebitelů v oblasti nepotravinářských výrobků. Byl zřízen na základě Směrnice o bezpečnosti výrobků (2001/95/ES, GPSD) a od roku 2004 umožňuje rychlou výměnu informací o výrobcích, které představují zdravotní riziko, mezi členskými státy EU (včetně Norska, Islandu a Lichtenštejnska) a Evropskou komisí. Cílem tohoto systému je zajistit, aby byly nebezpečné výrobky rychle identifikovány a staženy z trhu, případně aby byla přijata jiná odpovídající opatření.

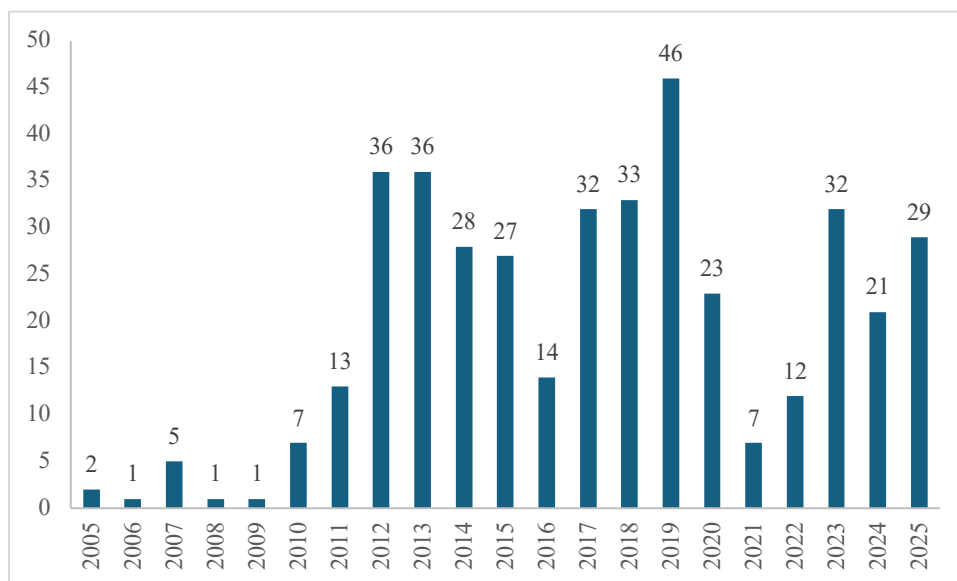
Jedním z pravidelně monitorovaných segmentů trhu jsou tetovací inkousty a inkousty pro permanentní make-up (PMU). Tyto produkty podléhají zvýšenému dohledu zejména kvůli riziku expozice chemickým látkám, které mohou způsobit zdravotní komplikace či alergické reakce.

V období mezi lety 2005 a 2015 bylo v systému RAPEX zaznamenáno celkem 125 oznámení týkajících se tetovacích a PMU inkoustů, v letech 2015 a 2025 se počet těchto hlášení téměř zdvojnásobil a dosáhl hodnoty 266. Tato oznámení dokumentují přetrvávající problémy s bezpečností těchto produktů na evropském trhu. Informace o aktuálních oznámeních jsou zveřejňovány pravidelně na týdenní bázi a poskytují cenný přehled o typech a četnosti identifikovaných rizik.

V následující části práce jsou shrnuta oznámení zaznamenaná v systému RAPEX v období let 2005-2025. Cílem této analýzy bylo stručně popsat hlášení zaznamenaná v jednotlivých letech, a to samostatně pro barevné a černé tetovací a PMU inkousty. Dále byly sledovány kategorie rizik, která jednotlivé produkty představují, a bezpečnostní opatření, jež byla po nahlášení přijata.

Vyhledávání bylo provedeno prostřednictvím zadání klíčového slova „tattoo“ do vyhledávacího pole systému. V sekci pokročilého vyhledávání bylo následně zvoleno konkrétní časové období, případně kategorie rizika či země původu výrobku, ke kterým se jednotlivá hlášení vztahovala. Všechny informace uvedené v následující části práce byly získány v databázi RAPEX [16].

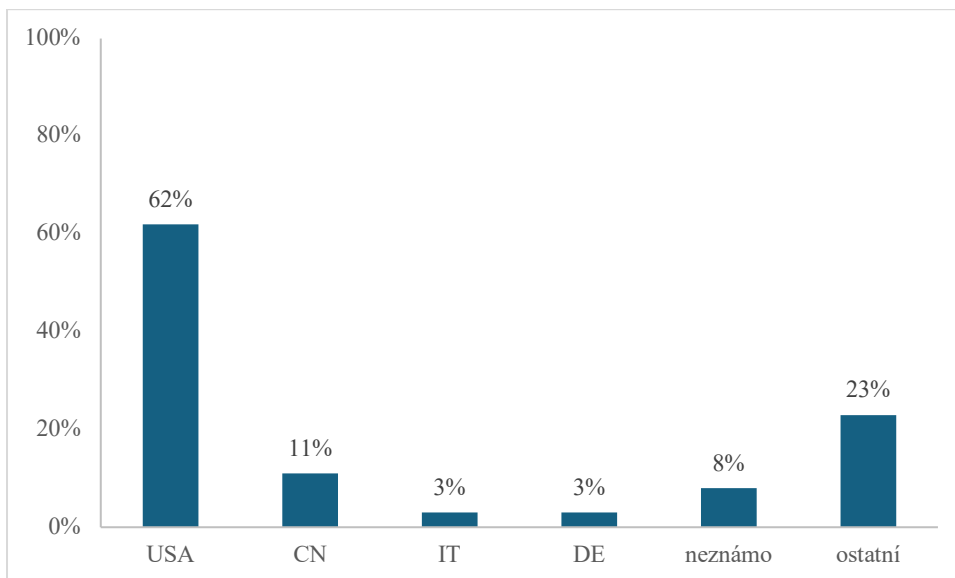
## 2.1 Oznámení v systému RAPEX týkající se tetovacích a PMU inkoustů



Graf 1 Počet oznámení v systému RAPEX v letech 2005-2025 týkající se tetovacích a PMU inkoustů

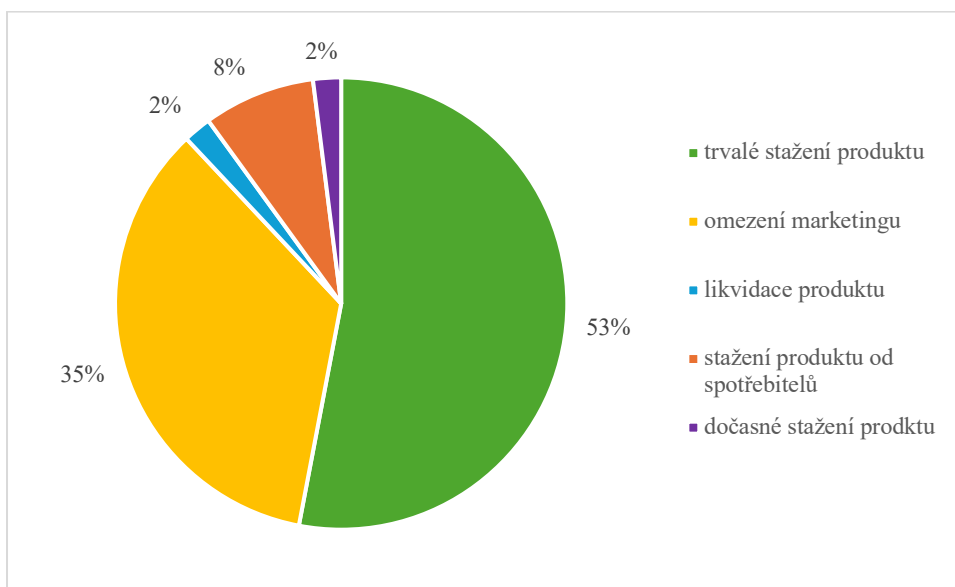
Z údajů v Grafu 1 je patrný výrazný nárůst počtu oznámení v systému RAPEX týkající se tetovacích a PMU inkoustů po roce 2011. Zvýšená četnost hlášení může být částečně vysvětlena již zmiňovanou rostoucí popularitou tetování – tím se zvyšuje poptávka po tetovacích inkoustech, přičemž cenová dostupnost se může stát rozhodujícím kritériem při výběru produktů, často na úkor jejich kvality a bezpečnosti. Tento rostoucí trend zároveň naznačuje zvýšenou pozornost regulačních orgánů a potenciální zhoršení kvality výrobků uváděných na evropský trh. Zvláště znepokojivý je počet oznámení zaznamenaných během prvních 18 týdnů tohoto roku, kdy bylo evidováno již 29 případů – tedy více, než činí celoroční součty v některých předchozích letech. Nejvyšší počet oznámení za celé sledované období bylo zaznamenáno v roce 2019, a to celkem 46 případů.

Z důvodu narůstajícího počtu oznámení v systému RAPEX bylo dne 14. prosince 2020 přijato Nařízení Komise (EU) 2020/2028, kterým se mění příloha XVII nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, pokud jde o látky v tetovacích inkoustech nebo permanentním make-upu. Toto nařízení vymezuje specifické koncentrační limity pro více než 4000 chemických látek používaných v tetovacích inkoustech, dále zakazuje uvádět na trh inkousty obsahující tyto látky v koncentracích překračujících stanovené limity a požaduje, aby výrobci na obalu výrobku uváděli, že je směs určena pro tetování nebo permanentní make-up [17].



Graf 2 Procentuální poměr oznámení v systému RAPEX rozdělené podle země původu výrobku v letech 2005-2025

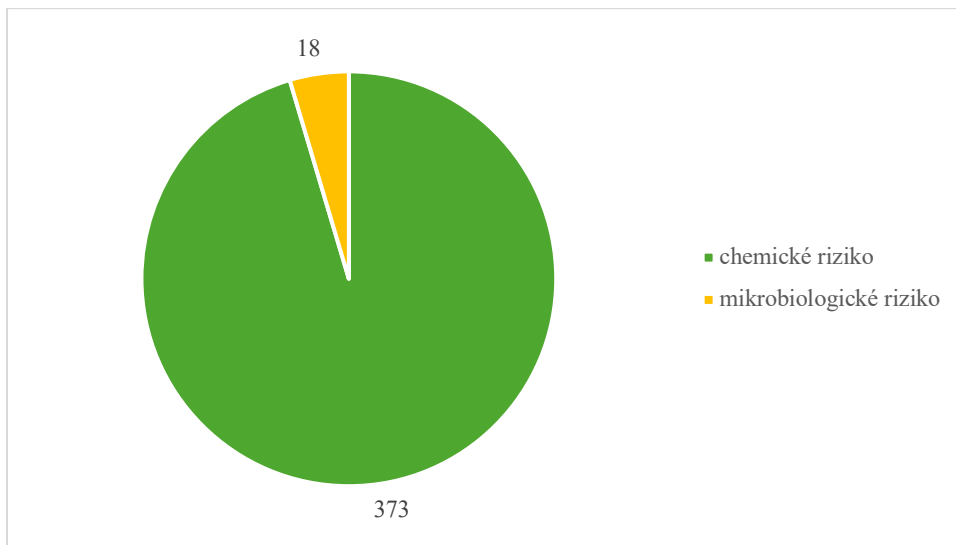
Graf 2 znázorňuje země původu tetovacích a PMU inkoustů, které byly v uvedeném období hlášeny v systému RAPEX. Největší podíl výrobků pocházelo ze Spojených států amerických (USA), a to přibližně dvě třetiny všech záznamů. Zhruba 11 % produktů bylo identifikováno jako výrobky z Číny (CN), dále se jednalo o inkousty pocházející z Itálie (IT), Německa (DE) a 8 % hlášených případů se týkalo inkoustů neznámého původu.



Graf 3 Procentuální zastoupení jednotlivých typů opatření v souvislosti s nahlášením produktu v systému RAPEX v letech 2005-2025

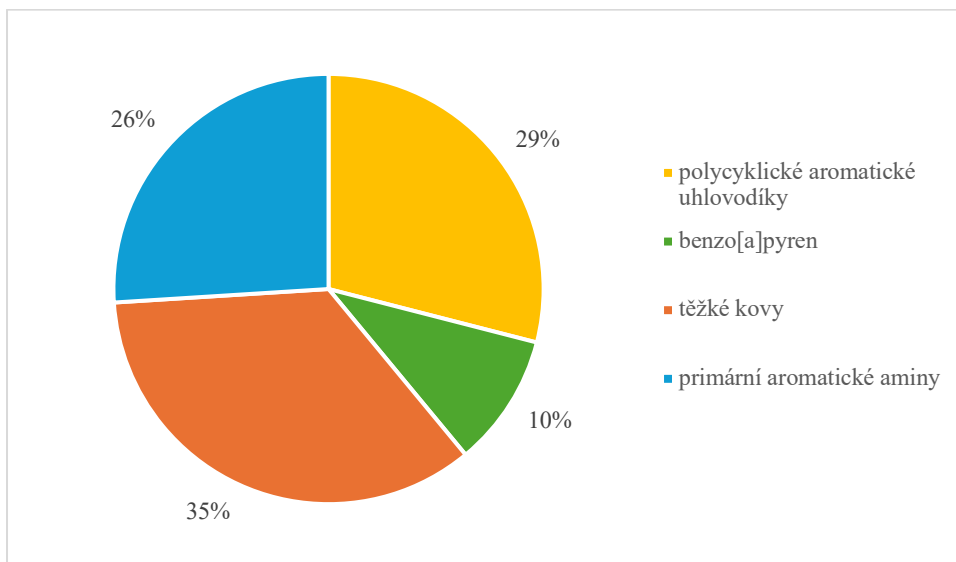
Po identifikaci rizikových produktů bylo nejčastěji přijatým bezpečnostním opatřením jejich trvalé stažení z trhu, a to ve více než polovině zaznamenaných případů. Přibližně třetina výrobců obdržela zákaz uvádět produkt na trh či pokyn k omezení jeho marketingu. Pouze malé

množství výrobců proaktivně kontaktovalo koncové spotřebitele a rizikové produkty stáhlo zpět. Nejmenší podíl mezi přijatými opatřeními představovalo dočasné stažení produktu z trhu nebo jeho úplná likvidace.



Graf 4 Počet tetovacích a PMU inkoustů nahlášených v systému RAPEX s daným typem rizika v letech 2005-2025

V období mezi lety 2005 a 2025 bylo v systému RAPEX zaznamenáno celkem 391 oznámení (data uvedená v Grafu 1 a Grafu 4) týkající se tetovacích a PMU inkoustů. Z tohoto počtu se 373 hlášení týkalo chemického rizika, zatímco zbývajících 18 případů představovalo riziko mikrobiologické povahy.



Graf 5 Procentuální zastoupení jednotlivých látek představujících chemické zdravotní riziko v tetovacích a PMU inkoustech nahlášených v systému RAPEX v letech 2005-2025

V posledních letech došlo k výraznému nárůstu počtu oznámení týkající se kontaminace tetovacích a PMU inkoustů těžkými kovy. Nejčastěji se jedná o kontaminaci arsenem a rtuť,

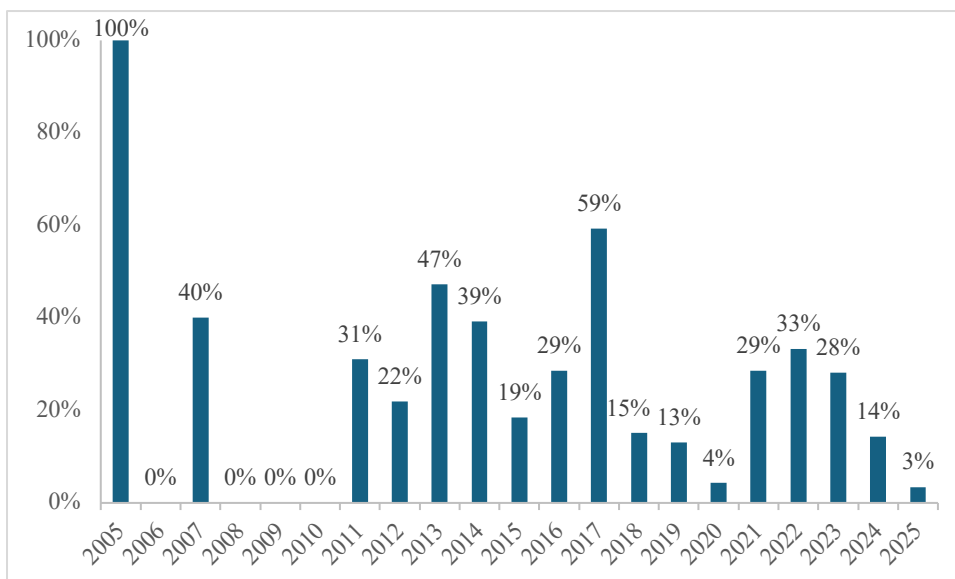
kteřé dohromady tvořĩ přĩbližně 68 % vřech tĩchto hláření. Mezi dalřĩ běžně detekované kovy patří baryum, kadmium, mĩd, olovo, nikl a zinek.

Z pohledu celkovĩho pořtu oznámenĩ evidovaných v systĩmu RAPEX tvořĩ největřĩ podĩl kontaminace polycyklickĩmi aromatickĩmi uhlovodĩky (PAH), vřetně benzo[a]pyrenu a naftalenu. Tato skupina látek představuje dohromady zhruba 39 % vřech zaznamenanĩch přĩpadů. Kontaminace PAH je typická předevřĩm pro řerné tetovací inkousty, jak bude detailněji rozebráno v následujĩcí kapitole tĩto přáće. Naopak kontaminace primářními aromatickĩmi aminy (PAA) se řastĩji objevuje u inkoustů barevnĩch.

Větřina hláření vztahujĩcĩch se k riziku mikrobiologĩkĩ povahy souvisĩ s přĩtmonostĩ bakteriálních kmenů, jež naruřují sterilitu inkoustů. V nĩkterĩch vzorcĩch byly identifikovány patogennĩ nebo potenciálně patogennĩ druhy jako *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus* řĩ *Moraxella*. V jednom zaznamenanĩm přĩpadě byla detekována také kontaminace plĩsnĩ.

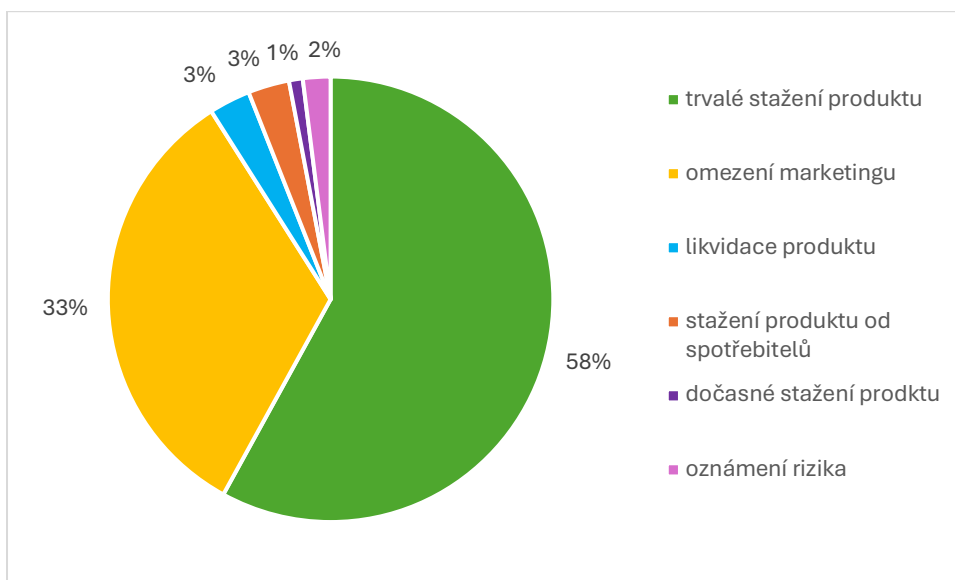
V databázi oznámenĩ systĩmu REPEX se opakovaně objevuje vřrobce Intenze Product Inc., a to mimo jinĩ i kvůli produktu „True Black“, jehož složení je uvedeno v přechozĩ kapitole. Tento vřrobek je řasto předmětem hláření z důvodu kontaminace PAH, vřetně benzo[a]pyrenu. Mezi dalřĩ řasto zmiňované vřrobce patří Eternal Ink (u nĩjž byly hlářeny inkousty vřech barev), World Famous Tattoo Ink, Dynamic (zejmėna produkt „Black Tribal“) a I AM INK, vřetně inkoustu „BLK LNR 5“, který je opěť blĩže popsán v přechozĩ kapitole.

## 2.2 Oznámení v systému RAPEX týkající se černých tetovacích a PMU inkoustů



Graf 6 Procentuální zastoupení černých tetovacích a PMU inkoustů v systému RAPEX v letech 2005-2025

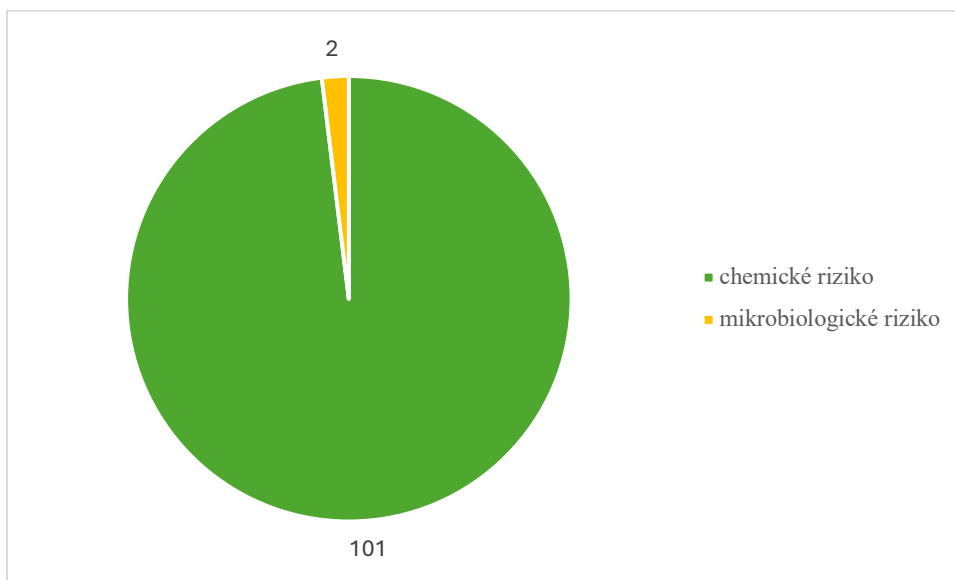
Graf 6 ilustruje procentuální zastoupení černých tetovacích a PMU inkoustů mezi všemi oznámenými případy v systému RAPEX od roku 2005. Černé inkousty představují přibližně 25 % všech hlášení za celé sledované období. Tato skutečnost může být způsobena jejich univerzálností a širokou škálou využití v tetovacích studiích.



Graf 7 Procentuální zastoupení jednotlivých typů opatření v souvislosti s nahlášením produktu v systému RAPEX v letech 2005-2025 pro černé tetovací a PMU inkousty

V porovnání s Grafem 3, který zobrazuje přijatá bezpečnostní opatření týkající se tetovacích a PMU inkoustů obecně, je v případě černých tetovacích inkoustů možné pozorovat

mírně nižší zastoupení snahy o proaktivní kontaktování koncového spotřebitele a stažení rizikových produktů zpět. Ve dvou hlášených případech bylo provedeno pouze oznámení rizika příslušným orgánům, aniž by byla přijata jiná opatření týkající se prodeje rizikového produktu. Nejčastějším přijatým bezpečnostním opatřením bylo opět trvalé stažení produktu z prodeje, následované omezením marketingových aktivit konkrétního inkoustu.



Graf 8 Počet černých tetovacích a PMU inkoustů nahlášených v systému RAPEX s daným typem rizika v letech 2005-2025

V průběhu sledovaného období byly v systému RAPEX hlášeny pouze dva tetovací a PMU inkousty černé barvy z důvodu rizika mikrobiologické povahy, a to v letech 2007 a 2009, konkrétně se jednalo o kontaminace rodem *Pseudomonas*. Zbývajících 101 oznámení se týkalo chemického rizika.

### 2.3 Nejčastější kontaminanty černých tetovacích a PMU inkoustů

V následující kapitole jsou detailně rozebrány kontaminanty černých tetovacích a PMU inkoustů, které byly hlášeny v systému RAPEX v období let 2005 až 2025. Zaznamenané případy se týkaly především kontaminace PAH, zejména benzo[a]pyrenem a naftalenem, a dále těžkými kovy. Koncentrační limity jednotlivých kontaminantů jsou stanoveny v platném nařízení REACH [3].

Tabulka 2 Kontaminace těžkými kovy u černých tetovacích a PMU inkoustů hlášených v systému RAPEX

Kontaminant – těžký kov	Počet oznámení v systému RAPEX v letech 2005-2025	Limity stanovené nařízením REACH (mg/kg)	Maximální koncentrace hlášená v systému RAPEX (mg/kg)
Olovo	18	0,7 mg/kg	41 mg/kg
Kadmium	3	0,5 mg/kg	28 mg/kg
Kobalt	2	0,5 mg/kg	26 mg/kg
Arsen	2	0,5 mg/kg	8,1 mg/kg
Zinek	2	2000 mg/kg	256 mg/kg
Nikl	1	5 mg/kg	12 mg/kg
Baryum	1	500 mg/kg	92 mg/kg

Z Tabulky 2 vyplývá, že mezi těžkými kovy kontaminujícími černé tetovací a PMU inkousty se nejčastěji vyskytuje olovo. Produkt „Tribal Black“ od výrobce Dynamic byl z důvodu kontaminace olovem hlášen opakovaně. Nejvyšší koncentrace olova byla zaznamenána u inkoustu Kuro Sumi – Black, kde činila 41 mg/kg, což představuje téměř 59násobné překročení limitu stanoveného nařízením REACH. Tentýž produkt byl rovněž hlášen kvůli vysokému obsahu kadmia (28 mg/kg) a zinku.

Nejvyšší zjištěná koncentrace kobaltu byla naměřena v PMU inkoustu Goochie „Dark Coffee“, a to 26 mg/kg. Nadlimitní hodnoty kobaltu byly rovněž zjištěny u PMU inkoustu Natural Pigment „Black Coffee“, který obsahoval 16 mg/kg kobaltu a zároveň i 12 mg/kg niklu.

Většina těžkých kovů je známa svými karcinogenními, teratogenními, mutagenními a neurotoxickými účinky. Mohou rovněž vyvolávat alergické reakce nebo způsobovat například vypadávání vlasů.

Tabulka 3 Kontaminace PAH u černých tetovacích a PMU inkoustů hlášených v systému RAPEX

Kontaminant – PAH	Počet oznámení v systému RAPEX v letech 2005-2025	Limity stanovené nařízením REACH (mg/kg)	Maximální koncentrace hlášená v systému RAPEX (mg/kg)
PAH (celkově)	74	0,5 mg/kg	62,3 mg/kg
Benzo[a]pyren	39 (ze 74)	0,005 mg/kg	0,14 mg/kg
Naftalen	20 (ze 74)	0,5 mg/kg	9,73 mg/kg

Ve sledovaném období bylo v systému RAPEX hlášeno celkem 74 černých tetovacích a PMU inkoustů z důvodu kontaminace polycyklickými aromatickými uhlovodíky. Z tohoto počtu obsahovalo 39 inkoustů benzo[a]pyren a 20 naftalen. Pro samotný naftalen není v rámci nařízení REACH stanoven specifický koncentrační limit, a proto se na něj vztahuje obecný limit pro PAH, tedy 0,5 mg/kg.

Nejvyšší koncentrace PAH byla naměřena u inkoustu Intenze – True Black, kde činila 62,3 mg/kg, což představuje přibližně 125násobné překročení limitu stanoveného nařízením REACH. Tento konkrétní inkoust byl v systému RAPEX opakovaně hlášen kvůli překročení limitů jak pro celkové PAH, tak pro benzo[a]pyren.

V inkoustu Dynamic – Black byla detekována nejvyšší koncentrace benzo[a]pyrenu, a to 0,14 mg/kg, přičemž celková koncentrace PAH v tomto výrobku činila 16,1 mg/kg. Ve výrobku Eternal Ink – Triple Black byla změřena dosud nejvyšší hlášená koncentrace naftalenu v černém tetovacím inkoustu, která činila 9,73 mg/kg.

Kromě PAH a těžkých kovů byla v jednom případě ohlášena kontaminace fenolem v koncentraci 0,3 %, a to u PMU inkoustu Dermaglo – Black a jeden výrobek neznámého původu byl hlášen z důvodu přítomnosti formaldehydu. Z uvedených údajů vyplývá, že mezi nejčastějšími kontaminanty černých tetovacích inkoustů dominují PAH (zejména benzo[a]pyren), které jsou považované za karcinogeny, a mezi těžkými kovy je nejčastějším kontaminantem olovo.

### 3 Carbon black

Carbon black (CB) [CAS. No. 1333-86-4] je od grafenu odvozená sloučenina ve formě černého jemného prášku využíváná jak v průmyslu, tak pro její sytě černou pigmentaci v kosmetice a tetovacích barvách. Jako pigment ho můžeme nejčastěji najít pod označením CI 77266, CI Pigment Black 6 nebo CI Pigment Black 7. Podle evropské databáze pro chemické sloučeniny ECHA (European Chemicals Agency) nepředstavuje žádné fyzikální, zdravotní ani environmentální riziko.

#### 3.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti

Informace o fyzikálně-chemických vlastnostech CB uvedené v Tab. 2 byly získány v databázi ECHA [18].

Tabulka 2 Fyzikálně-chemické vlastnosti CB

Forma	CB (pevné skupenství, nanoforma, bez úpravy povrchu)	CB (pevné skupenství, nanoforma, s povrchovou úpravou)	CB (pevné skupenství, prášek)
Chemické složení	Elementární uhlík > 96 %	Elementární uhlík > 80 %	Elementární uhlík > 96 %
Skupenství, barva	Pevné, černá, bez zápachu, prášková konzistence	Pevné, černá, bez zápachu, prášková konzistence	Pevné, černá, bez zápachu, prášková konzistence
Bod tání	ca. 3600 °C	ca. 3600 °C	ca. 3600 °C
Bod varu	> 300 °C	> 300 °C	> 300 °C
Hustota	1,9-2,2 g/cm <sup>3</sup>	1,9-2,04 g/cm <sup>3</sup>	1,7-1,9 g/cm <sup>3</sup>
Rozpustnost – voda	<1 mg/l	<1 mg/l	<1 mg/l
Rozpustnost biologická rozpouštědla	<1 mg/l	<1 mg/l	<1 mg/l
Rozpustnost organická rozpouštědla, tuk	<1 mg/l	<1 mg/l	<1 mg/l
Oxidační procesy	Neoxiduje podle testovací metody UN 0.1	Neoxiduje podle testovací metody UN 0.1	Neoxiduje podle testovací metody UN 0.1
Hodnota pH ve vodných disperzích	4-10	2-4	>4 ≤ 11

Disociační konstanta	Technicky nezjistitelné, protože CB je nerozpustný	Technicky nezjistitelné, protože CB je nerozpustný	Technicky nezjistitelné, protože CB je nerozpustný
Aglomerace/agregace	Velikost částic (D50) >1 μm	Velikost částic (D50) >1 μm	Velikost částic (D50) >1 μm
Fáze	amorfní	amorfní	amorfní
Chemický povrch	hydrofobní	hydrofobní	hydrofobní
Prašnost	Střední až vysoká	Střední až vysoká	Střední až vysoká

Z dostupných dat je patrné, že nanoforma bez povrchových úprav a CB ve formě prášku nebo částic mají téměř totožné fyzikálně-chemické vlastnosti, nanoforma s povrchovými úpravami se liší pouze málo. Ve všech případech se jedná o hydrofobní částice prakticky nerozpustné ve vodě, biologických rozpouštědlech, organických rozpouštědlech ani tucích, které jsou chemicky stálé a nepodléhají oxidačním procesům. Primární částice o velikosti desítek nanometrů mají tendenci aglomerovat či agregovat do klastrů, jejichž velikost přesahuje jednotky mikrometrů.

### 3.2 Toxikokinetika

Po inhalační expozici CB se kolem 91 % vdechnutých nanočástic ukládá v plicní tkáni, odkud jsou postupně eliminovány alveolárními makrofágy [19][20]. Hodnota pulmonální clearance je závislá na dávce, přičemž u vyšších dávek (300 μg/potkan) bylo pozorováno postupné zpomalení rychlosti jejich eliminace z plicní tkáně v průběhu času. Část inhalovaného CB se z organismu vyloučí trávicím (GI) traktem (asi 8,2 %) a močí (0,4 %) [20]. Potkani byli vystaveni koncentraci 15,6 mg/m<sup>3</sup> CB 6 hodin denně, 5 dní v týdnu po celkovou dobu 4 týdny a nebyla pozorována systémová absorpce ani translokace těchto částic do jiných částí organismu [21]. Při jednorázové intrapulmonální instilaci 0,3 mg CB spolu s 0,3 ml sterilním izotonickým roztokem ve formě suspence se 91 % částic ukládá v plicích a 0,4 % v lymfatických uzlinách, které jsou s plicními cestami přímo spojeny [22]. Depozice částic CB v dýchacích cestách se může lišit v závislosti na velikosti aglomerátů a je ovlivněna anatomickými a fyziologickými charakteristikami hostitele. Předchozí plicní onemocnění mohou mít na depozici též vliv [20].

Po jednorázové intrapulmonální instilaci 300 μg CB byla u potkanů po dobu 90 dnů sledována distribuce těchto nanočástic v plicích, játrech, slezině, ledvinách, srdci a plicích

lymfatických uzlinách (LALN). Akumulace nanočástic byla významná pouze v LALN, přičemž po 60 a 90 dnech byla koncentrace CB v těchto uzlinách srovnatelná s koncentrací v plicích, což naznačuje, že jsou nanočástice CB z plic odstraňovány prostřednictvím přilehlých lymfatických uzlin. Nicméně, z hlediska hmotnosti představovala akumulace CB v LALN po 90 dnech pouze přibližně 0,76 % celkového množství instilovaných nanočástic [20].

Translokace částic CB do jiných tkání po jejich inhalaci by mohla být zprostředkována proteiny, které se nachází v epitelové tekutině pokrývající povrch plicní tkáně (ELF). Po vdechnutí se nanočástice usazují na povrchu plic a přicházejí do kontaktu s frakcí ELF nazývanou plicní surfaktant, která obsahuje velké množství proteinů, jež se mohou na nanočástice vázat – to je způsobeno tím, že narozdíl od částic o velikosti mikrometrů jsou nanočástice velikostně podobné proteinům a vzniklé komplexy nanočástice-protein mohou hrát klíčovou roli při translokaci a akumulaci v jiných orgánech [23]. Při studii provedené v roce 1992 bylo navíc zjištěno, že menší částice CB (12 a 20 nm) pronikají do plicního intersticia ve větší míře než stejné množství inhalovaných částic o větší velikosti (> 200 nm) [24].

Porovnáním intracelulárního příjmu CB o průměru částic 13 a 21 nm v buněčné linii 16HBE (lidský bronchiální epitel) a lidské bronchiální fibroblastické buněčné linii MRC5 se věnuje studie z roku 2012. Výsledky ukazují, že se nanočástice akumulují ve vysokém procentu buněk (60-80 %) a to především ve formě agregátů v cytosolických vezikulech, nebyly přítomné v mitochondriích ani jádrech. Velikost nanočástic neměla na akumulaci žádný zásadní vliv [25].

U potkanů vystavených CB orálně se 99 % nanočástic vyloučí gastrointestinálním traktem a 0,5 % močí, a to během prvních 3 dnů po expozici [19]. Samicím myším ve věku 4 týdnů a 18 měsíců byla podána jednorázová orální dávka 7 mg CB. Autoři dospěli k závěru, že průchod GI traktem byl rychlejší u mladších myším. Během experimentu nebyla zaznamenána absorpce CB a veškeré částice byly z těla zvířat vyloučeny [26]. Absorpce nanočástic CB nebyla prokázána ani v případě dermální expozice, kdy testovaným materiálem byly oční linky s obsahem 12 % CI 77266 a velikostí částic CB v rozmezí 20-30 nm. Po 24 hodinách od aplikace dávky 10 mg/cm<sup>2</sup> na kůži nepronikly žádné částice do kůže ani pod její povrch [27].

Metabolismus tetovacích pigmentů je stále předmětem diskuzí. Rozsah potetované kůže se běžně u tetovaných jedinců pohybuje v rozmezí 100-300 cm<sup>2</sup>, přičemž studie provedené na prasečí kůži udávají koncentraci pigmentu od 0,6 mg/cm<sup>2</sup> až po 9,42 mg/cm<sup>2</sup> [28][29]. Taková koncentrace je považována za relativně vysokou, vzhledem k tomu, že jsou tetovací inkousty

toxikologicky nedefinované směsi a běžně nejsou k dispozici kompletní informace o jejich složení a potenciálních rizicích [30].

U některých potetovaných žen, které podstoupily mamografické vyšetření, bylo v axilárních lymfatických uzlinách zaznamenáno významné depozitum tetovacího pigmentu. Tento nález na první pohled může připomínat kalcifikaci a ovlivnit tak interpretaci mamografických nálezů. Přítomnost pigmentu CB v axilárních lymfatických uzlinách je pravděpodobně způsobena jeho migrací prostřednictvím lymfatického systému. Dosud není zcela objasněno, proč pouze některé ženy s tetováním vykazují takovou míru migrace pigmentu, že je tento nález viditelný na radiografických snímcích. K migraci mohou přispívat faktory jako je velikost tetování, jeho umístění a stáří [31].

Na základě dostupných dat lze tedy konstatovat, že při inhalační expozici CB dochází do jisté míry k translokaci do jiných částí těla a částice se poté vyloučí, případně jsou fagocytovány buňkami imunitního systému. Malá část nanočástic CB je poté depozitována v LALN. Na depozici částic CB po inhalaci by mohlo mít vliv i předchozí plicní onemocnění. Při orální nebo dermální expozici CB k absorpci nedochází. Metabolismus pigmentu po tetování zůstává nejasný a je třeba provést další výzkum.

### **3.3 Akutní toxicita**

Akutní orální toxicita CB byla hodnocena v experimentální studii provedené v roce 1978, při níž bylo 20 potkanů vystaveno dávce CB 8000 mg/kg tělesné hmotnosti. Během studie nebylo zaznamenáno žádné úmrtí zvířete, žádné klinické příznaky toxicity ani negativní účinky na zdraví zvířat [32]. Akutní toxicitu nevyvolala ani inhalace CB o koncentraci 4,6 mg/m<sup>3</sup> po dobu 4 hodin. Nedošlo k úmrtí a nebyly pozorovány negativní účinky na zdraví zvířat [33]. Carbon black tedy nelze klasifikovat jako látku vyvolávající akutní orální nebo inhalační toxicitu ve studovaných dávkách a koncentracích.

### **3.4 Podráždění**

#### **3.4.1 Podráždění kůže**

Po jednorázové aplikaci 20% nebo 27% vodné suspence CB na kůži králíků nebylo po 24 hodinách pozorovatelné žádné podráždění kůže. Negativní výsledky byly rovněž zjištěny v testu in-vitro kožní dráždivosti využívající model lidské kůže EpiskinSM při aplikaci CB dispergovaném ve slunečnicovém oleji v koncentracích 2 %, 6 % a 10 % [33]. Použití tohoto modelu rekonstruované lidské kůže pro testování podráždění však není validováno pro

nanomateriály, studie je tedy tímto limitována. Obecně se CB považuje za látku, která podráždění kůže nezpůsobuje.

### **3.4.2 Podráždění očí**

Lehké podráždění bylo zjištěno v BCOP testu oční dráždivosti využívající model izolované hovězí rohovky při aplikaci CB dispergovaném ve slunečnicovém oleji v koncentracích 2 %, 6 % a 10 % (w/w) [33]. Studie je ovšem limitována použitým systémem klasifikace podráždění a zároveň užitá hovězí rohovka nebyly validovány pro nanomateriály. Dřívější testy provedené na králících naopak žádné podráždění očí neprokázaly. Všem zvířatům bylo aplikováno 100 mg CB do spojivkového vaku levého oka. První skupině králíků bylo oko vypláchnuto po 5 minutách, druhé skupině po 24 hodinách. Oči všech zvířat byly vyšetřovány po 5 minutách, 24, 48, 72 a 96 hodinách, přičemž nebyly shledány žádné známky podráždění [33].

### **3.5 Kožní sensibilizace**

Podle Buehlerova testu provedeného v roce 2003, který byl negativní, a LLNA testu provedeného v letech 2011-2012 by bylo možné CB považovat za látku, která při kontaktu s kůží nevyvolává alergickou reakci [33] [34]. Druhá z jmenovaných studií má však spoustu nedostatků, včetně maximální použité koncentrace 5% CB. Zároveň zde není uvedeno, jestli částice CB pronikly do kůže a byly fagocytovány buňkami imunitního systému. Z těchto dat není tedy možné jednoznačně určit, zda CB způsobuje kožní sensibilitu či vyvolává alergickou reakci po kontaktu s kůží.

### **3.6 Toxicita po opakované dávce**

Během chronické inhalační expozice 30 mg/m<sup>3</sup> CB (90 dnů, 6 h/den) se v plicích potkanů zachytilo zhruba 16 mg CB. Během 14denního regeneračního období bylo 14 % zachyceného podílu z plic eliminováno. Funkce plic v provedeném experiment byla snížena a ani po krátkém regeneračním období se plně neobnovila. V plicích byly nalezeny fibroblasty a granulomy, což naznačuje zánětlivou reakci [35]. K závěru, že chronická inhalační expozice CB má negativní účinky na zdraví, došli i autoři experimentální studie, při které byli potkani vystaveni přibližně 9 mg/m<sup>3</sup> CB 6 hodin denně, 5 dnů v týdnu po dobu 13 týdnů. [36].

Patologické změny plic u myší, potkanů a křečků způsobují i opakované dávky 7 mg/m<sup>3</sup> a 50 mg/m<sup>3</sup> CB, kterým byla zvířata vystavena po celkovou dobu 13 týdnů. K regeneraci tkáně

nedošlo ani po 11 měsících od poslední expozice. Nejvyšší dávka u testovaných zvířat, při které nejsou pozorovány žádné škodlivé účinky, byla stanovena na 1 mg/m<sup>3</sup> [37] [38].

### 3.7 Genotoxicita

Autoři studie užívající ke zkoumání genotoxicity kometový test došli k závěru, že expozice nanočásticím CB vyvolává oxidační stres a jednovláknové zlomy DNA [39] [40]. Nanočástice po inhalaci navíc mohou působit genotoxicky nejen v plicích buňkách, ale například i v játrech [41]. Zlomy jednovláknové DNA v plicní tkáni jsou pozorovány již při dávce 0,018 mg CB [42].

Reverzní test genových mutací na auxotrofních kmenech bakterií (Amesův test) vyšel pozitivně pouze u CB vyrobeného před rokem 1979. Pozitivní výsledek byl však nejspíše zapříčiněn příměsí nitropyrenu [43]. Mikronukleus test využívající myší makrofágy RAW 264.7 byl negativní při koncentraci CB 1 mg/l. Mírně zvýšená frekvence vzniku mikrojader se objevila při koncentracích 3 a 10 mg/l [44]. Frekvence výskytu mikrojader závislá na dávce byla zaznamenána již v dřívějších studiích využívajících stejnou buněčnou linii [45]. Zvýšený vznik mikrojader v lidské buněčné linii plicního karcinomu A549 nastává po expozici CB o koncentraci již od 2 mg/l. Nejvyšší testovaná dávka (200 mg/l) navíc snížila růst buněk o 60 % [46]. Expozice CB nezpůsobuje výměnu sesterských chromatid (SCE) [47].

### 3.8 Karcinogenita

Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) klasifikuje CB jako potenciální lidský karcinogen (skupina 2B). Testy provedené na potkanech a myších po expozici CB inhalačně, dermálně a pomocí intratracheální a subkutánní aplikace vykazují nejasné výsledky co se potenciální karcinogenity týče. Žádná z epidemiologických studií, které byly provedené v prostředí, kde se průmyslově zpracovává CB, neposkytla dostatečné důkazy o karcinogenitě [48].

Potenciál vzniku rakoviny zvyšuje ale fakt, že v černých tetovacích barvách, kde se CB standardně využívá jako pigment, se mezi kontaminanty běžně nachází těžké kovy nebo polycyklické aromatické uhlovodíky. Konkrétně kadmium, olovo, rtuť, antimon, arsen a beryllium, které můžeme v tetovacích inkoustech často detekovat, mohou kromě rakoviny vyvolat i neurodegenerativní, kardiovaskulární nebo gastrointestinální onemocnění. Rtuť, stejně jako CB, řadíme do skupiny 2B (možné lidské karcinogeny), kadmium a jeho sloučeniny pak do skupiny 1 – lidské karcinogeny [49] [50] [51].

Maximální povolená koncentrace PAH v tetovacích inkoustech v EU na základě nařízení č. 1272/2013 je 0,5 ppm, celková koncentrace v komerčně dostupném tetovacím inkoustu však byla více než dvojnásobná, a to přesně 1,1 ppm. Ve stejném inkoustu pak bylo detekováno celkem šest různých PAH, včetně naftalenu, který je IARC řazen do kategorie 2B [52] [53]. Obecně se v běžně používaných černých tetovacích barvách pohybuje koncentrace PAH v rozmezí 0,14-201 ppm [54].

### **3.9 Reprodukční toxicita**

Inhalační expozice u myši neovlivňuje gestaci ani laktaci, pozorujeme však poškození DNA jak v játrech matek, tak potomků vystavených v prenatalním období [55]. Při hodnocení dvougenerační reprodukční toxicity se ukazuje, že významnou roli hraje dědičnost specifické alely od otce nebo matky, kteří byli dříve vystaveni nanočásticím CB. Dále je pak důležité zohlednit, zda byl potomek vystaven CB během fetálního vývoje. Generace F2 samců, jejichž otcové jsou nositelé výše zmiňované alely a byli prenatalně vystaveni CB, má statisticky signifikantně nižší produkci spermií než kontrolní skupina. Naopak F2 samci, u kterých jsou nositelkami alely matky, vykazují podobné výsledky jako kontrolní skupina [56].

Nejvyšší orální dávka CB, u které nepozorujeme žádné negativní účinky na matce ani na plodu, je u krys stanovena na 1000 mg/kg/den [42]. Z hlediska reprodukční toxicity představuje dermální a orální expozice CB malou hrozbu, nicméně je doporučeno se během gestace vyhnout inhalační expozici.

### **3.10 Expoziční limity**

Expoziční limity chemických látek jsou nejčastěji vyjádřeny pomocí TWA (časově váženého průměru). TWA vyjadřuje průměrnou povolenou koncentraci během daného časového intervalu, obvykle 8 hodin. Tento ukazatel se používá k určení bezpečné úrovně expozice, která by neměla vést k nežádoucím zdravotním účinkům. Podle OSHA (Agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci) je stanoven inhalační expoziční limit pro CB  $TWA = 3,5 \text{ mg/m}^3$ , přičemž koncentrace PAH nesmí přesáhnout  $0,1 \text{ mg/m}^3$  [57]. Tento inhalační expoziční limit je rovněž doporučován NIOSH (Národní institut pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci) [58]. Pro CB nejsou stanoveny žádné jiné expoziční limity.

## **4 Hodnocení zdravotních rizik spojených se subdermální aplikací carbon black**

Jak již bylo několikrát zmíněno, CB je jedním z nejpoužívanějších pigmentů v tetovacích inkoustech, zejména kvůli své intenzivní černé barvě. Přestože se jedná o běžně používanou látku, subdermální aplikace tohoto pigmentu, tedy jeho vpravení do dermis během tetování, vyvolává řadu otázek ohledně jeho toxikologické bezpečnosti a možných zdravotních rizik.

### **4.1 Mechanismus fixace pigmentu v kůži a vliv makrofágů na stabilitu tetování**

Po aplikaci inkoustu do kůže může část pigmentu zůstat lokalizována v dermis, kde prakticky dochází k akutní zánětlivé reakci, která je součástí přirozené obranné odpovědi organismu na cizí látku. Během této fáze jsou aktivovány různé typy imunitních buněk, především pak monocyty, které se dále diferencují na makrofágy, jejichž hlavní funkcí je fagocytóza, a na dendritické buňky, které prezentují antigen T-lymfocytům, čímž iniciují adaptivní imunitní odpověď. K dlouhodobé stabilitě tetování přispívá právě fagocytóza částic CB makrofágy.

Autoři studie z roku 2023 zabývající se v rámci experimentů in-vivo kinetikou distribuce pigmentu CB v lidské kůži došli k závěru, že částice CB se vyskytují jak uvnitř makrofágů, mastocytů a fibroblastů v dermis, tak uvnitř keratinocytů, dendritických a bazálních buněk v epidermis, a to i u tetování starších 9 let [59]. Nejnovější výzkumy také ukazují, že typ a velikost částic CB ovlivňují jejich rozložení v kůži – nanočástice jsou schopny pronikat hlouběji do dermis a jsou tak častěji fagocytovány. Tato skutečnost může mít vliv na dlouhodobý vzhled tetování a na jeho případné odstranění pomocí laseru, kdy dochází k fragmentaci částic pigmentu [60]. Tyto menší částice mohou být následně efektivněji fagocytovány a transportovány do lymfatických uzlin, případně do jiných orgánů [61]. Proces defragmentace částic tetovacího pigmentu pomocí laseru představuje nejen možnost odstranění tetování, ale zároveň i potenciální riziko systémové expozice organismu nanočásticím CB.

Při fixaci pigmentu v místě tetování tedy hrají klíčovou roli fagocytující makrofágy. Po jejich smrti jsou pigmentové částice uvolněny, ale následně jsou opět fagocytovány novými makrofágy, což prakticky vytváří cyklus zachycení – uvolnění – a opětovného zachycení pigmentu. Tento dynamický proces zajišťuje dlouhodobou stabilitu tetování. Studie naznačují,

že makrofágy jsou schopny uchovávat pigmentové částice i v klidovém stavu bez zánětlivých reakcí [62] [63].

Z hlediska zdravotních rizik je nutné brát v úvahu také schopnost makrofágů transportovat částice CB do regionálních lymfatických uzlin. Histologické analýzy lymfatických uzlin potetovaných jedinců prokázaly přítomnost pigmentu CB v těchto uzlinách, což může mít významné důsledky zejména při zánětlivých nebo onkologických procesech a zároveň může interferovat při diagnostice [64].

## 4.2 Potenciální zdravotní rizika

V předchozí kapitole věnované CB byla uvedena data z několika studií, které prokázaly, že částice CB mohou migrovat do lymfatických uzlin a případně i dalších orgánů, což může vést k chronickému zánětu a vzniku oxidačního stresu. Tyto reakce mohou být spojeny s estetickými změnami tetování a v některých případech i s klinickými problémy. Je však třeba uvést, že většina těchto studií se zaměřuje na zvířecí modely a existuje pouze omezené množství dat pocházejících ze studií na lidech.

Zánětlivé změny v místě aplikace tetovacího inkoustu mohou přetrvávat i chronicky, bez ohledu na počáteční fázi hojení. Studie zaměřené na histopatologii tetovaných oblastí ukazují, že v některých případech dochází k dlouhodobému přetrvávání infiltrátu makrofágů a lymfocytů, což značí pokračující reakci imunitního systému. Tento stav může vést nejen k diskomfortu, ale také k dermálním změnám, včetně fibróz kožních tkání nebo hyperpigmentaci [65].

V roce 2024 byla publikována studie zabývající se vlivem tetování na frekvenci vzniku nádorových onemocnění, v rámci které byla využita data z CTD (Comparative Toxicogenomics Database) [66]. CTD poskytuje informace o interakcích mezi geny a chemickými látkami, založené na studiích prováděných na lidech i zvířatech. V databázi CTD bylo do vyhledávání zadáno „polycyclic aromatic hydrocarbons“ a to z důvodu, že PAH jsou považovány za karcinogeny a jsou častými kontaminanty CB. Hledání bylo provedeno s cílem analyzovat hlavní geny, které s těmito látkami interagují, a nemoci, které jsou s nimi spojeny. Mnohé z genů, které s PAH interagují, se podílejí na metabolismu xenobiotik (např. CYP1A1, CYP1B1), řídí buněčnou smrt (např. BAX, TP53) nebo imunitní reakce (např. TNF, IL1B). Všechny tyto procesy se podílejí na vzniku a rozvoji rakoviny. K onemocněním nejčastěji spojeným s expozicí PAH, a tedy v širším slova smyslu i CB, patří jednoznačně nádor prostaty,

dále pak hepatocelulární karcinom, karcinom prsu, karcinom žaludku nebo neoplastická transformace buněk [67].

Kromě rizika spojeného s přítomností PAH v pigmentu CB je třeba zohlednit i další toxikologické aspekty, zejména degradaci pigmentu vlivem slunečního záření nebo již zmiňovaného laserového odstranění tetování. Při těchto procesech může docházet k termickému nebo fotochemickému rozkladu CB, který vede ke vzniku reaktivních produktů, včetně volných radikálů, aldehydů a dalších genotoxických látek, jako je benzo[a]pyrene či formaldehyd [68]. Tyto látky mohou přispět k oxidačnímu stresu, poškození DNA a případnému rozvoji karcinogeneze.

Dalším rizikem spojeným s tetováním je senzibilizace imunitního systému. U některých jedinců může dojít k rozvoji alergických reakcí, často zprostředkovaných T-lymfocyty. Reakce se většinou objevují brzy po tetování, ale není výjimkou ani rozvoj alergické reakce s časovým odstupem několika měsíců či let. Obvyklými symptomy jsou erytém, šupinatění kůže, případně granulomatózní záněty. Alergické reakce se častěji rozvíjejí po tetování inkousty obsahujícími organické pigmenty, ale v menší míře jsou pozorovatelné i u černých inkoustů obsahujících CB [69].

Z epidemiologického hlediska zatím neexistuje jednoznačný důkaz o přímé kauzální souvislosti mezi tetováním a rozvojem nádorových onemocnění, avšak několik studií identifikovalo korelace mezi rozsáhlým tetováním a vyšší incidencí některých typů rakoviny, zejména rakovinu kůže a lymfatického systému. Většina těchto studií ale není schopna spolehlivě vyloučit vliv zavádějících faktorů, jako je expozice UV záření, kouření nebo genetická predispozice [70].

V neposlední řadě je nutné zmínit problematiku variability složení tetovacích inkoustů na trhu. Zatímco některé produkty deklarují použití čistého CB, jiné obsahují směsi s příměsí těžkých kovů, PAH, nebo jiných organických sloučenin (viz kapitola 3). Tato nejednotnost výrazně komplikuje hodnocení rizik a znemožňuje jednotné posuzování toxikologického profilu těchto látek. Navíc trh s tetovacími inkousty je stále nedostatečně regulován, což zvyšuje riziko expozice škodlivým látkám zejména u necertifikovaných produktů [71].

### **4.3 Kvantitativní hodnocení rizik spojených se subdermální aplikací carbon black**

Ke kvantitativnímu hodnocení rizik lze využít např. ukazatel RCR (Risk Characterization Ratio), což je poměr predikované expozice (PE) a expozičního limitu (EL). Hodnoty RCR >1 ukazují na překročení příslušného expozičního limitu a lze z nich odvodit zvýšenou pravděpodobnost vzniku nežádoucích zdravotních účinků spojených s expozicí dané látky nebo směsi.

#### **4.3.1 Predikovaná expozice**

Množství CB, které se při tetování dostane do těla, závisí na několika faktorech, mezi něž patří velikost tetované plochy, koncentrace CB v použitém inkoustu, hloubka vpichu a četnost jednotlivých vpichů. Podle studie z roku 2008 odpovídá průměrná expozice CB při tetování hodnotě 2,53 mg/cm<sup>2</sup> [61]. V nejnovější studii z roku 2025 je uvedena hodnota průměrného aplikovaného množství inkoustu 10,09 mg/cm<sup>2</sup>, musíme však brát v úvahu, že se jedná o inkoust, a ne samotný pigment [72]. Když vezmeme v potaz průměrnou koncentraci CB v tetovacích inkoustech z bezpečnostních listů citovaných v první části této práce, odpovídá hodnota přibližně 25 % (m/m) CB – množství aplikovaného pigmentu subdermálně by tedy mohlo být zhruba 2,52 mg/cm<sup>2</sup>.

Průměrná velikost plochy černého tetování uváděná v literatuře odpovídá hodnotě 107,78 cm<sup>2</sup> [72]. Pokud tedy vynásobíme koncentraci pigmentu aplikovaného subdermálně během tetování celkovou plochou tetování, můžeme odhadnout predikovanou expozici na 272,68 mg CB.

#### **4.3.2 Přepočet expozičního limitu na subdermální aplikaci a výpočet RCR**

Pro hodnocení rizik spojených se subdermální aplikací pigmentu CB byl využit inhalační expoziční limit OSHA (3,5 mg/m<sup>3</sup>, 8hodinový časově vážený průměr, přičemž koncentrace PAH nesmí přesáhnout 0,1 mg/m<sup>3</sup>) [57]. Další specifické expoziční limity pro CB nejsou v současnosti k dispozici. Přímý přepočet inhalačního expozičního limitu na subdermální aplikaci je značně komplikovaný vzhledem k rozdílným mechanismům absorpce a distribuce CB. Návrh přepočtu expozičního limitu a výpočet míry rizika pro subdermální aplikaci CB při tetování byl proveden za využití umělé inteligence ChatGPT.

Průměrný objem vydýchaného vzduchu pracovníka během 8hodinové směny činí přibližně 10 m<sup>3</sup>. Maximální množství CB odpovídající příslušnému expozičnímu limitu

a množství vydýchaného vzduchu za směnu tedy odpovídá 35 mg. Pokud vezmeme v potaz, že daný expoziční limit byl určen pro pracovní expozici, kde se pravidelně střídá 8 hodin expozice a 16 hodin bez expozice a chceme tento limit použít pro expozici nepracovní, kde nefiguruje období bez expozice, musíme daný limit přepočíst s využitím korekčního faktoru 8/24. Po korekci získáme hodnotu 11,67 mg, což je maximální množství CB, které odpovídá příslušnému expozičnímu limitu při nepracovní (tedy celodenní) expozici [73].

Pokud chceme inhalační expoziční limit přepočíst na limit pro subdermální expozici, musíme následně provést korekci rozdílné biologické dostupnosti. Pro zjednodušení byla biologická dostupnost CB při inhalační expozici považována za 100 %. Pro odhad biologické dostupnosti při subdermální expozici byly použity tři různé přístupy: nejméně konzervativní přístup vycházející z transdermální biologické dostupnosti částic CB, která je prakticky nulová [33]; semikonzervativní přístup, založený na transdermální biologické dostupnosti částic TiO<sub>2</sub>, jež činí 0,19 % [74]; a velmi konzervativní přístup využívající biologickou dostupnost částic léčiv podaných intramuskulárně, která je prakticky 100 % [75].

Hodnota inhalačního expozičního limitu pro běžnou populaci byla následně dělena příslušnou biologickou dostupností pro každý z výše jmenovaných přístupů. Výsledná hodnota poměru rizika RCR byla vypočítána jako podíl PE a přepočítaného EL pro subdermální aplikaci. Veškeré spočtené hodnoty jsou prezentovány v Tabulce 4.

Tabulka 4 Přepočet subdermálního EL a výpočet hodnoty RCR

Částice	Biologická dostupnost	EL <sub>sub</sub>	Hodnota RCR
CB	<0,1 %	116,7 mg	2,34
TiO <sub>2</sub>	0,19 %	61,42 mg	4,44
Léčiva	100 %	11,67 mg	23,37

U všech zvolených přístupů je hodnota RCR >1, z čehož lze odvodit zvýšenou pravděpodobnost vzniku nežádoucích zdravotních účinků spojených s expozicí pigmentu CB. Je však důležité zdůraznit, že zvolené přístupy nejsou plně relevantní pro subdermální aplikaci pigmentu CB do dermis, a proto jsou uvedené hodnoty spíše orientační povahy. Pro přesnější vyhodnocení je nezbytné provést další výzkum toxikokinetiky pigmentu CB.

## ZÁVĚR

Předkládaná bakalářská práce se věnovala problematice zdravotních rizik spojených s tetovacími inkousty, se zvláštním zaměřením na černé tetovací inkousty, pigment carbon black a jeho subdermální aplikaci. V průběhu práce byly rozebrány klíčové aspekty týkající se složení inkoustů, dostupnosti toxikologických dat a možnosti hodnocení rizik spojených s aplikací pigmentu do dermis.

Hodnocení bezpečnostních listů černých tetovacích inkoustů ukázalo značné nedostatky v jejich dostupnosti a úplnosti poskytovaných informací. Chybí především přesná kvantifikace jednotlivých složek v inkoustech a často chybí relevantní toxikologické údaje, což ztěžuje komplexní hodnocení rizik a vytváří překážky pro regulaci tetovacích inkoustů.

Dále bylo provedeno vyhodnocení informací dostupných v systému rychlého varování RAPEX. Nejčastěji identifikovanými škodlivými látkami v černých tetovacích inkoustech jsou těžké kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky, včetně benzo[a]pyrenu, který je klasifikován jako karcinogen. Vzhledem k možnosti dlouhodobé expozice představuje přítomnost těchto kontaminantů významné zdravotní riziko.

V kapitole věnované pigmentu carbon black byly shrnuty dostupné poznatky o jeho toxikokinetice a toxicitě. Existuje zde nedostatek aktuálních a kvalitních studií hodnotících především dlouhodobé účinky subdermální aplikace tohoto pigmentu. Většina dostupných dat je zastaralá a zaměřuje se především na inhalační expozici carbon black. Karcinogenní účinky tohoto pigmentu jsou pak spojovány především s přítomností polycyklických aromatických uhlovodíků, které mohou být součástí komerčních pigmentů. Absence specifických expozičních limitů pro subdermální aplikaci komplikuje věrohodné kvantifikování rizik.

Hodnocení zdravotních rizik spojených se subdermální aplikací pigmentu carbon black bylo provedeno s využitím predikované expozice pigmentu během tetování a přepočítaného expozičního limitu pro subdermální aplikaci s užitím několika přístupů. U všech zvolených přístupů byla hodnota RCR  $>1$ , z čehož lze odvodit zvýšenou pravděpodobnost vzniku nežádoucích zdravotních účinků spojených s expozicí pigmentu carbon black. Nicméně, vzhledem k omezenosti dostupných dat a použití konzervativních předpokladů je nutné výsledky interpretovat obezřetně.

Celkově práce zdůrazňuje potřebu provádět moderní toxikologické studie zaměřené na subdermální expozici a dlouhodobé zdravotní důsledky tetování. Zajištění kompletních

a přesných informací o složení a toxikologii tetovacích pigmentů je nezbytné pro efektivní ochranu zdraví tetovaných osob i profesionálů v oboru. Výzkum v této oblasti by měl pokračovat s cílem získat kvalitnější data a podpořit tak stanovení vhodných expozičních limitů a bezpečnostních standardů.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Research on Potential Long-Term Health Effects of Tattooing*. Online. World Health Organization - International Agency for Research on Cancer. Dostupné z: <https://tattoo.iarc.who.int/background/>. [cit. 2025-04-12].
- [2] *Guidance on the Preparation of Safety Data Sheets (SDS)*. Online. *United Nations*. 2007, s. 399-415. Dostupné z: [https://unece.org/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev02/English/08e\\_annex4.pdf](https://unece.org/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev02/English/08e_annex4.pdf). [cit. 2025-04-12].
- [3] *REACH Regulation*. Online. European Commission. Dostupné z: [https://environment.ec.europa.eu/topics/chemicals/reach-regulation\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/chemicals/reach-regulation_en). [cit. 2025-04-12].
- [4] Intenze Product Inc. *Safety Data Sheet True Black*. Online. 18-02-2025. Dostupné z: [https://intezetattooink.com/pages/material-safety-data-sheets?srsId=AfmBOoqW6Qn6rUU-SfO2I3Z2u-Vg3ZCW4WmjAv07uNrUC76EOxou\\_Z2x](https://intezetattooink.com/pages/material-safety-data-sheets?srsId=AfmBOoqW6Qn6rUU-SfO2I3Z2u-Vg3ZCW4WmjAv07uNrUC76EOxou_Z2x) [cit. 2025-03-09]
- [5] Eternal Ink LLC. *Safety Data Sheet Eternal Pitch Black*. Online. 11-05-2022. Dostupné z: [https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS\\_CTL/Eternal\\_Ink/SDS\\_EU\\_Pitch\\_Black\\_-\\_Eternal\\_Ink\\_V3.pdf](https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS_CTL/Eternal_Ink/SDS_EU_Pitch_Black_-_Eternal_Ink_V3.pdf). [cit. 2025-03-09].
- [6] Dynamic Color Company. *Safety Data Sheet UNB (Union Black)*. Online. 13-4-2022. Dostupné z: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/1898/6511/files/UNB\\_Union\\_Black\\_SDS.pdf?v=1698353247](https://cdn.shopify.com/s/files/1/1898/6511/files/UNB_Union_Black_SDS.pdf?v=1698353247) [cit. 2025-03-09].
- [7] World Famous Tattoo Ink. *Safety Data Sheet Blackout*. Online. 18-06-2020. Dostupné z: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0519/3845/9805/files/Blackout\\_SDS.pdf?v=1658261324](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0519/3845/9805/files/Blackout_SDS.pdf?v=1658261324). [cit. 2025-03-09].
- [8] I AM INK e.U. *Safety Data Sheet I AM INK BLK LNR 5*. Online. 21-12-2021. Dostupné z: <https://cdn.webshopapp.com/shops/314199/files/396252353/sdb-i-am-ink-first-generation-5-blk-lnr-en.pdf>. [cit. 2025-03-09].
- [9] Intenze Product Inc. *Safety Data Sheet Gen-Z- True Black*. Online. 31-08-2023. Dostupné z: [https://www.celtic-supply.cz/user/related\\_files/019\\_true\\_black\\_gen-z\\_rev1\\_en.pdf](https://www.celtic-supply.cz/user/related_files/019_true_black_gen-z_rev1_en.pdf). [cit. 2025-03-09].

- [10] La Manufacture Berg GmbH. *Safety Data Sheet Tattoo Ink Carbon Black Ink 77266*. Online. 08-12-2023. Dostupné z: [https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS\\_CTL/Carbon\\_Black/Carbon-Black-REINVENTED-SDS.pdf](https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS_CTL/Carbon_Black/Carbon-Black-REINVENTED-SDS.pdf) [cit. 2025-04-12].
- [11] Cosmesis s.r.l. *Safety Data Sheet ZERO TOTAL BLACK*. Online. 25-10-2022. Dostupné z: [https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS\\_CTL/Zero/SDS\\_Total\\_Black\\_Ink\\_25102022\\_ENG.pdf](https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS_CTL/Zero/SDS_Total_Black_Ink_25102022_ENG.pdf) [cit. 2025-04-12].
- [12] Inkoust Xtreme. *Safety Data Sheet Inkoust Xtreme Super Black*. Online. 12-12-2019. Dostupné z: [https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS\\_CTL/Xtreme\\_Ink/XTREME\\_MSDS\\_7.0\\_Czech.pdf](https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS_CTL/Xtreme_Ink/XTREME_MSDS_7.0_Czech.pdf) [cit. 2025-04-12].
- [13] Cosmesis s.r.l. *Safety Data Sheet COSMOINK Deep Space Black*. Online. 25-10-2022. Dostupné z: [https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS\\_CTL/Cosmoink/SDS\\_Deep-Space-Black\\_ENG\\_20221025.pdf](https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS_CTL/Cosmoink/SDS_Deep-Space-Black_ENG_20221025.pdf) [cit. 2025-04-12].
- [14] Axalta Coating Systems, LLC. *Safety Data Sheet ECLIPSE BLACK 21*. Online. 28-07-2022. Dostupné z: [https://www.axalta.com/content/dam/NA/HQ/Public/Powder Coatings/Documents/SDS/Alesta P - New/PFB787S6-SDS-EN\\_ECLIPSE\\_BLACK\\_21.pdf](https://www.axalta.com/content/dam/NA/HQ/Public/Powder Coatings/Documents/SDS/Alesta_P - New/PFB787S6-SDS-EN_ECLIPSE_BLACK_21.pdf) [cit. 2025-04-12].
- [15] Raw Premium Ink Supply. *Safety Data Sheet Raw Tattoo Premium Ink Black Out*. Online. 15-01-2021. Dostupné z: [https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS\\_CTL/Raw\\_Pigments/RAW\\_EU\\_SDS.pdf](https://www.nordictattoosupplies.com/WebRoot/NTS/Shops/24052010-172317/MediaGallery/MSDS_CTL/Raw_Pigments/RAW_EU_SDS.pdf) [cit. 2025-04-12].
- [16] *Safety Gate: the EU rapid alert system for dangerous non-food products*. Online. European Commission. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/safety-gate-alerts/screen/search>. [cit. 2025-05-11].
- [17] Nařízení Komise (EU) 2020/2081, ze dne 14. prosince 2020, kterým se mění příloha XVII nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, pokud jde o látky v tetovacích inkoustech nebo permanentním

make-upu (Text s významem pro EHP). Online. 2020. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32020R2081>. [cit. 2025-06-12].

[18] ECHA CHEM. Online. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/registration-dossier/-/registered-dossier/16056/4/1>. [cit. 2025-03-01].

[19] LEE, DK.; KIM, G. a MARUTHUPANDY, M. et al. Multimodal pulmonary clearance kinetics of carbon black nanoparticles deposited in the lungs of rats: the role of alveolar macrophages. Online. *Particle and Fibre Toxicology*. 2024, č. 21. Dostupné z <https://doi.org/10.1186/s12989-024-00591-9>. [cit. 2024-11-21].

[20] CREUTZENBERG, O.; HAMMANN, V. a WOLF, S. et al. Toxicokinetic study following intratracheal instillation or oral gavage of two [7Be]-tagged carbon black samples. Online. *Part Fibre Toxicol*. 2022, č. 19. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12989-022-00504-8>. [cit. 2024-11-21].

[21] NIWA, Yasuharu; HIURA, Yumiko a IWAI, Naoharu. Inhalation Exposure to Carbon Black Induces Inflammatory Response in Rats. Online. *Circulation Journal*. 2008, č. 72, s. 144-149. ISSN 1347-4820. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1253/circj.72.144>. [cit. 2024-11-21].

[22] CREUTZENBERG, O.; POHLMANN, G.; SCHAUDIEN, D. a KOCK, H. Toxicokinetics of Nanoparticles Deposited in Lungs Using Occupational Exposure Scenarios. Online. *Front. Public Health*. 2022, č. 10. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.909247>. [cit. 2025-02-06].

[23] FERTSCH-GAPP, S.; SEMMLER-BEHNKE, M.; WENK, A. a KREYLING, WG. Binding of polystyrene and carbon black nanoparticles to blood serum proteins. Online. *Inhalation Toxicology*. 2011, č. 23, s. 468–475. ISSN 1091-7691. Dostupné z: <https://doi.org/10.3109/08958378.2011.583944>. [cit. 2025-02-06].

[24] OBERDÖRSTER, G.; FERIN, J.; GELEIN, R.; SODERHOLM, SC. a FINKELSTEIN, J. Role of the alveolar macrophage in lung injury: studies with ultrafine particles. Online. *Environ Health Perspect*. 1992, č. 97, s. 193–199. Dostupné z: <https://doi.org/10.1289/ehp.97-1519541>. [cit. 2025-02-06].

[25] BELADE, E.; ARMAND, L.; MARTINON, L.; KHEUANG, L.; FLEURY-FEITH, J. et al. A comparative transmission electron microscopy study of titanium dioxide and carbon black

- nanoparticles uptake in human lung epithelial and fibroblast cell lines. Online. *Toxicol in Vitro*. 2012, č. 26, s. 57–66. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2011.10.010>. [cit. 2025-02-06].
- [26] LEFEVRE, M. E. a JOEL, D. D. Distribution of Label after Intra-gastric Administration of <sup>7</sup>Be-Labeled Carbon to Weanling and Aged Mice. Online. *SAGE Publications*. Roč. 1986, č. 182, s. 112-119. ISSN 0037-9727. Dostupné z: <https://doi.org/10.3181/00379727-182-4>. [cit. 2025-03-09].
- [27] JOHNSON, IR. Carbon Black - In Vitro Absorption of Carbon Particles through Dermatomed Human Skin - Visualisation of Carbon Particles Using Transmission Electron Microscopy. 2013. Online. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/registration-dossier/-/registered-dossier/16056/7/2/3> [cit. 2024-11-26].
- [28] KLÜGL, I.; HILLER, K. A.; LANDTHALER, M. a BÄUMLER, W. Incidence of health problems associated with tattooed skin: a nation-wide survey in German-speaking countries. Online. 2010, s. 43-50. *Dermatology*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000292627>. [cit. 2025-03-09].
- [29] x ENGEL, E.; SANTARELLI, F.; VASOLD, R.; MAISCH, T.; ULRICH, H. et al. Modern tattoos cause high concentrations of hazardous pigments in skin. Online. 2008, č. 58, s. 228-233. *Contact Dermatitis*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.2007.01301.x>. [cit. 2025-03-09].
- [30] LAUX, P. et al. A medical-toxicological view of tattooing. Online. *The Lancet*. 2016, č. 387, s. 395-402. ISSN 0140-6736. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60215-X). [cit. 2025-03-09].
- [31] *Registration Dossier - ECHA*. Online. Carbon Black acute toxicity: oral. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/cs/registration-dossier/-/registered-dossier/16056/7/3/2>. [cit. 2024-11-26].
- [32] VINCENT, R. Research Report no. 104: Inhalation Toxicology of Urban Ambient Particulate Matter: Acute Cardiovascular Effects in Rats. Online. *Health Effects Institute*. October 2001, č. 104. Dostupné z: <https://www.healtheffects.org/system/files/Vincent.pdf> [cit. 2024-11-26].
- [33] Scientific Committee on Consumer Safety. *OPINION on Carbon Black (nano-form)*. Online.

2015. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/consumer\\_safety/docs/sc\\_cs\\_o\\_144.pdf](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sc_cs_o_144.pdf). [cit. 2025-02-06].
- [34] ECHA Information on Chemicals (2003a) - Substance CAS 1333-86-4 - Exp Key Skin sensitisation. 001. Buehler Test. Report No US-JT nr 77-0056-DKT. Dostupné z: [http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-76fd8ce3-be46-5f12-e044-00144f26965e/AGGR-fc281fd7-c69d-4c72-98fe-9e5d3b6d44f3\\_DISS-76fd8ce3-be46-5f12-e044-00144f26965e.html](http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/DISS-76fd8ce3-be46-5f12-e044-00144f26965e/AGGR-fc281fd7-c69d-4c72-98fe-9e5d3b6d44f3_DISS-76fd8ce3-be46-5f12-e044-00144f26965e.html) - AGGR- fc281fd7-c69d-4c72-98fe-9e5d3b6d44f3 Online. [cit. 2025-02-06].
- [35] CHU, C. Pulmonary toxicities from a 90-day chronic inhalation study with carbon black nanoparticles in rats related to the systemical immune effects. Online. *International Journal of Nanomedicine*. 2019, č. 14, s. 2995-3013. Dostupné z: <https://doi.org/10.2147/IJN.S198376>. [cit. 2025-02-06].
- [36] LIM, CH. Effect of Agglomeration on the Toxicity of Nano-sized Carbon Black in Sprague-Dawley Rats. Online. *Environ Health Toxicol*. 2012, č. 27. Dostupné z: <https://doi.org/10.5620/eht.2012.27.e2012015>. [cit. 2025-02-06].
- [37] ELDER, A. Effects of subchronically inhaled carbon black in three species. I. Retention kinetics, lung inflammation, and histopathology. Online. *Toxicol Sci*. 2005, č. 88. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfi327>. [cit. 2025-02-06].
- [38] CARTER, JM. A comparative dose-related response of several key pro- and antiinflammatory mediators in the lungs of rats, mice, and hamsters after subchronic inhalation of carbon black. Online. *J Occup Environ Med*. 2006, č. 48, s. 1265-1278. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/01.jom.0000230489.06025.14>. [cit. 2025-02-06].
- [39] MROZ, RM. Nanoparticle carbon black driven DNA damage induces growth arrest and AP-1 and NFkappaB DNA binding in lung epithelial A549 cell line. Online. *Physiol Pharmacol*. 2007, č. 58, s. 461–470. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18204159/>. [cit. 2025-02-06].
- [40] YANG, H. Comparative study of cytotoxicity, oxidative stress and genotoxicity induced by four typical nanomaterials: the role of particle size, shape and composition. Online. *J Appl Toxicol*. 2009, č. 29, s. 69-78. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jat.1385> [cit. 2025-02-06].
- [41] BOURDON, JA; SABER, AT a JACOBSEN, NR. Carbon black nanoparticle instillation induces sustained inflammation and genotoxicity in mouse lung and liver. Online. *Part Fibre*

*Toxicol.* 2012, č. 9, s. 1-14. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1743-8977-9-5> [cit. 2025-02-06]

[42] SABER, AT; JENSEN, K; JACOBSEN, NR a BIRKEDAL, R. Inflammatory and genotoxic effects of nanoparticles designed for inclusion in paints and lacquers. Online. *Nanotoxicology*. 2012, č. 6, s. 453-471. Dostupné z: <https://doi.org/10.3109/17435390.2011.587900>. [cit. 2025-02-06]

[43] ROSENKRANZ, H. Nitropyrenes: isolation, identificaton, and reduction of mutagenic impurities in carbon black and toners. Online. *Science*. 1980, č. 209, s. 1039-1043. Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.6996095>. [cit. 2025-02-06].

[44] DI GIORGIO, ML; DI BUCCHIANICO, S; RAGNELLI, AM; AIMOLA, P; SANTUCCI, S et al. Effects of single and multi walled carbon nanotubes on macrophages: cyto and genotoxicity and electron microscopy. Online. *Mutat Res*. 2011, č. 722, s. 20-31. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2011.02.008>. [cit. 2025-02-06].

[45] POMA, A; LIMONGI, T; PISANI, C; GRANATO, V; POMA, A et al. Genotoxicity induced by fine urban air particulate matter in the macrophages cell line RAW 264.7. Online. *Toxicol In Vitro*. 2006, č. 20, s. 1023–1029. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2006.01.014>. [cit. 2025-02-06].

[46] TOTSUKA, Y. Genotoxicity of nano/microparticles in in vitro micronuclei, in vivo comet and mutation assay systems. Online. *Part Fibre Toxicol*. 2009, č. 20, s. 6:23. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1743-8977-6-23>. [cit. 2025-02-06].

[47] KIRWIN, Y. Evaluation of the genetic activity of industrially produced carbon black. Online. *J Toxicol Environ Health*. 1981, č. 7, s. 973–989. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15287398109530039>. [cit. 2025-02-06].

[48] BAAN, Y; STRAIF, K a GROSSE, Y. Carcinogenicity of carbon black, titanium dioxide, and talc. Online. *The Lancet Oncology*. 1981, č. 7, s. 295-296. ISSN 1470-2045. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(06\)70651-9](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(06)70651-9). [cit. 2025-02-06].

[49] NEGI, Sandeep et al. Tattoo inks are toxicological risks to human health: A systematic review of their ingredients, fate inside skin, toxicity due to polycyclic aromatic hydrocarbons, primary aromatic amines, metals, and overview of regulatory frameworks. Online. *Toxicology and Industrial Health*. 2022, č. 38, s. 417 - 434. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/07482337221100870>. [cit. 2024-11-12].

- [50] BÄUMLER, Wolfgang. Chemical hazard of tattoo colorants. Online. *La Presse Médicale*. 2020, č. 49, s. 1-6. ISSN 0755-4982. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lpm.2020.104046>. [cit. 2024-11-07].
- [51] ABED, Mayyadah S.; MOOSA, Ahmed A. a ALZUHAIIRI, Mohammed A. Heavy metals in cosmetics and tattoos: a review of historical background, health impact, and regulatory limits. Online. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 2024, č. 13, s. 1-18. ISSN 2772-4166. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100390>. [cit. 2024-11-07].
- [52] NEALE, Peta A.; STALTER, Daniel; TANG, Janet Y.M. a ESCHER, Beate I. Bioanalytical evidence that chemicals in tattoo ink can induce adaptive stress responses. Online. *Journal of Hazardous Materials*. 2015, s. 192-200. ISSN 0304-3894. Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.04.051>. [cit. 2024-11-07].
- [53] Resolution ResAP (2008) 1, On requirements and criteria for the safety of tattoos and permanent make-up (superseding Resolution ResAP(2003) 2 on tattoos and permanent makeup). Dostupné z: <https://rm.coe.int/16805d3dc4> [cit. 2024-11-12].
- [54] REGENSBURGER, J et al. Tattoo inks contain polycyclic aromatic hydrocarbons that additionally generate deleterious singlet oxygen. Online. *Experimental Dermatology*. 2010, č. 8, s. 275-281. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2010.01068.x> . [cit. 2024-11-12].
- [55] JACKSON, P. Pulmonary exposure to carbon black by inhalation or instillation in pregnant mice: effects on liver DNA strand breaks in dams and offspring. Online. *Nanotoxicol*. 2012, č. 6, s. 486-500. Dostupné z: <https://doi.org/10.3109/17435390.2011.587902>. [cit. 2025-02-06].
- [56] KYJOVSKA, ZO. Aily sperm production: application in studies of prenatal exposure to nanoparticles in mice. Online. *Reprod Toxicol*. 2013, č. 36, s. 88– 97. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2012.12.005>. [cit. 2025-02-06].
- [57] CARBON BLACK. Online. Occupational Safety and Health Administration. 04-08-2024. Dostupné z: <https://www.osha.gov/chemicaldata/236>. [cit. 2025-04-12].
- [58] Carbon Black. Online. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 30-08-2019. Dostupné z: <https://www.osha.gov/chemicaldata/23https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0102.html>. [cit. 2025-04-12].

- [59] KRÖGER, M.; SCHLEUSENER, J.; LADEMANN, J.; MEINKE, M.C.; JUNG, S. et al. Tattoo Pigments Are Localized Intracellularly in the Epidermis and Dermis of Fresh and Old Tattoos: In vivo Study Using Two-Photon Excited Fluorescence Lifetime Imaging. Online. *Dermatology*. 2023, č. 239, s. 478–493. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000529577>. [cit. 2025-05-18].
- [60] GRANT, C.A.; TWIGG, P.C.; BAKER, R. a TOBIN, D.J. Tattoo ink nanoparticles in skin tissue and fibroblasts. Online. *Beilstein J. Nanotechnol.* 2015, č. 6, s. 1183–1191. Dostupné z: <https://doi.org/10.3762/bjnano.6.120>. [cit. 2025-05-18].
- [61] ENGEL, E. et al. Modern tattoos cause high concentrations of hazardous pigments in skin. Online. *Contact Dermatitis*. 2008, č. 58 (4), s. 228-233. Dostupné z: <https://doi.org/0.1111/j.1600-0536.2007.01301.x>. [cit. 2025-05-28].
- [62] STRANDT, H.; VOLUZAN, O.; NIEDERMAIR, T.; RITTER, U.; THALHAMER, J. et al. Macrophages and Fibroblasts Differentially Contribute to Tattoo Stability. Online. *Dermatology*. 2021, č. 237(2), s. 296-302. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000506540>. [cit. 2025-05-18].
- [63] BARANSKA, A. et al. Unveiling skin macrophage dynamics explains both tattoo persistence and strenuous removal. Online. *The Journal of experimental medicine*. 2018, č. 215(4), s. 1115–1133. Dostupné z: <https://doi.org/10.1084/jem.20171608>. [cit. 2025-05-18].
- [64] LEHNER, K. et al. Black Tattoos Entail Substantial Uptake of Genotoxic polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Human Skin and Regional Lymph Nodes. Online. *PLoS ONE*. 2014, č. 9 (3). Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092787>. [cit. 2025-05-28].
- [65] LAUX, P. et al. A medical-toxicological view of tattooing. Online. *Lancet*. 2016, č. 387(10016), s. 395-402. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60215-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60215-X). [cit. 2025-05-28].
- [66] DAVIS, A.P.; WIEGERS, T.C.; SCIAKY, D.; BARKALOW, F.; STRONG, M. et al. *Comparative Toxicogenomics Database*. Online. 30-04-2025. Dostupné z: <https://ctdbase.org>. [cit. 2025-05-18].
- [67] ELLWANGER, J.H. a CHIES, J.A.B. Toxicogenomics supports carcinogenic action of tattoo ink components. Online. *Gene Reports*. 2024, č. 37, s. 1115–1133. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.genrep.2024.102079>. [cit. 2025-05-18].

- [68] VASOLD, R.; NAARMANN, N. a ULRICH, H. Tattoo Pigments Are Cleaved by Laser Light-The Chemical Analysis In Vitro Provide Evidence for Hazardous Compounds. Online. *Photochemistry and Photobiology*. 2004, č. 80 (2), s. 185-190. Dostupné z: <https://doi.org/10.1562/2004-05-17-RA-170>. [cit. 2025-05-27].
- [69] SERUP, J.; KLUGER, N. a BÄUMLER, W. *Tattooed Skin and Health*. Online. 48. 2015. ISBN 978-3-318-02777-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/isbn.978-3-318-02777-8>. [cit. 2025-05-27].
- [70] KLUGER, N. a KOLJONEN, V. Tattoos, inks, and cancer. Online. *Lancet Oncology*. 2012, roč. 13 (4), s. 161-168. Dostupné z: [https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(11\)70340-0/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(11)70340-0/abstract). [cit. 2025-05-27].
- [71] European Chemicals Agency (ECHA). Annex XVII restriction report: Substances in tattoo inks and permanent make-up. Online. *Official Journal of the European Union*. 2020. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R2081&qid=1613559372862&from=DE> [cit. 2025-05-27].
- [72] KOCHS, S. et al. At\_BioV: tattoo ink exposure and biokinetics of selected tracers in a short-term clinical study of 24 subjects. Online. *Archives of Toxicology*. 2025, č. 99 (4), s. 1341-1354. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00204-025-03959-8>. [cit. 2025-05-28].
- [73] OSHA. Surface Contaminants, Skin Exposure, Biological Monitoring and Other Analyses. Online. 2014. Dostupné z: [https://www.osha.gov/otm/section-2-health-hazards/chapter-2?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.osha.gov/otm/section-2-health-hazards/chapter-2?utm_source=chatgpt.com). [cit. 2025-06-07].
- [74] MIQUEL-JEANJEAN, C.; CRÉPEL, F.; RAUFAST, V.; PAYRE, B.; DATAS, L. et al. Penetration Study of Formulated Nanosized Titanium Dioxide in Models of Damaged and Sun-Irradiated Skins. Online. *Photochemistry and Photobiology*. 2014, roč. 88, č. 6, s. 1513-1521. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2012.01181.x>. [cit. 2025-06-07].
- [75] BOLGER, G.T. *Reference Module in Biomedical Sciences*. Online. Elsevier, 2018. ISBN 9780128012383. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11099-2>. [cit. 2025-06-07].

