

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**UGOTAVLJANJE NASTANKA POTENCIALNO TOKSIČNIH
SNOVI MED POSTOPKI VARJENJA V IZBRANEM
PODJETJU**

FILIP JERAM

VELENJE, 2025

FAKULTETA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**UGOTAVLJANJE NASTANKA POTENCIALNO TOKSIČNIH
SNOVI MED POSTOPKI VARJENJA V IZBRANEM
PODJETJU**

FILIP JERAM

Varstvo okolja in ekotehnologija

Mentorica: doc. dr. Anja Bubik

Somentor: dr. Peter Trop

VELENJE, 2025

Številka: 726-16/2024-2
Datum: 5. 11. 2024

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Fakultete za varstvo okolja **Filip Jeram** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Ugotavljanje nastanka potencialno toksičnih snovi med postopki varjenja v izbranem podjetju

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Determining the formation of potentially toxic substances during welding procedures in the selected company

Mentorica: **viš. pred. dr. Anja Bubik**

Somentor: **dr. Peter Trop**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom FVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat FVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Fakulteta za varstvo okolja
Trg mladosti 7 | 3320 Velenje
t: 03 898 64 10 | e: info@fvo.si
www.fvo.si





Izjava o avtorstvu

Podpisani Filip Jeram, z vpisno številko 34190010, študent dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor diplomskega dela z naslovom Ugotavljanje nastanka potencialno toksičnih snovi med postopki varjenja v izbranem podjetju, ki sem ga izdelal pod mentorstvom doc. dr. Anje Bubik in somentorstvom dr. Petra Tropa.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili FVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili FVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na FVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Katja Ramšak;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani FVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne _____

podpis avtorja/ice

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici, doc. dr. Anji Bubik, in somentorju, dr. Petru Tropu, univ. dipl. inž. kem. tehnol., za neprecenljivo pomoč, strokovno vodenje in podporo skozi celoten postopek nastajanja diplomskega dela. Neizmerno sem hvaležen tudi svojim najbližjim, ki so me med študijem podpirali, razumeli in spodbujali.

IZVLEČEK

Varjenje, ki je ena izmed ključnih tehnik v kovinsko-predelovalni industriji, vključuje visoke temperature, sproščanje plinov in delcev, ki škodljivo vplivajo na zdravje delavcev. Diplomsko delo raziskuje nastanek potencialno toksičnih snovi med postopki varjenja v izbranem podjetju, z namenom ocene tveganj za poslabšanje zdravja varilcev zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem na delovnem mestu. Primerja izpostavljenost nevarnim snovem pri metodah varjenja MIG in TIG. Izvedene so bile meritve prisotnosti kovinskih delcev (Cr, Ni, Cu, Mn) in plinov (CO, CO₂, NO, NO₂) na delovnem mestu v obdobju petih let. Analiza rezultatov potrjuje, da so bili varilci pri obeh metodah varjenja izpostavljeni nevarnim plinom in prahu, ki lahko povzročijo dolgotrajne zdravstvene posledice. Pri metodi MIG so bile zaznane višje vrednosti nekaterih toksičnih snovi. Rezultati opozarjajo na potrebo po nadaljnjem izboljšanju zaščitnih ukrepov, kot so učinkovitejši sistemi prezračevanja in uporaba osebne varovalne opreme ter redno spremljanje in prilagajanje delovnih pogojev.

Ključne besede: varjenje, TIG, MIG, varilec, zdravje, izpostavljenost, toksične snovi

ABSTRACT

Welding, one of the key techniques in the metal-processing industry, involves high temperatures, as well as the release of gases and particles that adversely affect workers' health. This thesis investigates the formation of potentially toxic substances during welding processes in a selected company, aiming to assess the risks to welders' health due to exposure to chemical substances in the workplace. It compares exposure to hazardous substances in MIG and TIG welding methods. Measurements were conducted over a five-year period to determine the presence of metal particles (Cr, Ni, Cu, Mn) and gases (CO, CO₂, NO, NO₂) in the workplace. The analysis of the results confirms that welders in both welding methods were exposed to hazardous gases and dust that could lead to long-term health effects. Higher levels of certain toxic substances were detected in the MIG method. The results underscore the need for further improvement of protective measures, such as more effective ventilation systems, the use of personal protective equipment, and regular monitoring and adaptation of working conditions.

Keywords: welding, TIG, MIG, welder, health, exposure, toxic substances

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA.....	IV
IZVLEČEK.....	V
ABSTRACT.....	VI
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
1 UVOD.....	1
1.1 Opis problematike.....	1
1.2 Namen in cilji diplomskega dela.....	1
1.3 Hipoteze.....	2
2 VARJENJE.....	3
2.1 Varjenje po metodi MIG.....	4
2.2 Varjenje po metodi TIG.....	5
2.3 Primerjava varjenja po metodi MIG in TIG.....	6
3 IZPOSTAVLJENOST VARILCEV MED VARJENJEM.....	7
3.1 Posledice na zdravje.....	8
3.1.1 Težave z dihalni.....	8
3.1.2 Srčno-žilne bolezni.....	8
3.1.3 Nevrološke motnje.....	8
3.1.4 Poškodbe oči in kože.....	9
3.1.5 Drugi učinki na zdravje.....	9
3.2 Tehnike in naprave za zmanjšanje sproščanja toksičnih snovi.....	10
3.3 Slovenski in mednarodni standardi, ki urejajo izpostavljenost nevarnim snovem.....	11
4 MATERIALI IN METODE.....	12
5 REZULTATI Z RAZPRAVO.....	16
5.1 Varjenje po metodi MIG.....	17
5.2 Varjenje po metodi TIG.....	19
5.3 Ugotovitve.....	24
6 SKLEPI.....	25
7 POVZETEK.....	26
7.1 Summary.....	27
8 LITERATURA IN VIRI.....	28
9 PRILOGE.....	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Varjenje	3
Slika 2: Varjenje po metodi MIG	4
Slika 3: Varjenje po metodi TIG	5
Slika 4: Primer uporabe nadtlačne zaščitne maske varilca med postopkom varjenja	10
Slika 5: Merilna naprava za osebno vzorčenje.....	14
Slika 6: Izpostavljenost obravnavanih toksičnih snovi pri varjenju po metodi MIG	18
Slika 7: Izpostavljenost obravnavanih toksičnih snovi pri varjenju po metodi TIG	20
Slika 8: Inhalabilni prah pri varjenju po metodi MIG in TIG	21
Slika 9: Alveolni prah pri varjenju po metodi MIG in TIG	21
Slika 10: Inhalabilni mangan pri varjenju po metodi MIG in TIG	22
Slika 11: Alveolni mangan pri varjenju po metodi MIG in TIG	22

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kovine in možni škodljivi učinki na zdravje	9
Preglednica 2: Parametri oziroma potencialne škodljive snovi pri posamezni metodi varjenja	16
Preglednica 3: Obravnavane toksične snovi pri varjenju po metodi MIG in njihove vrednosti pri posamezni meritvi	17
Preglednica 4: Obravnavane toksične snovi pri varjenju po metodi TIG in njihove vrednosti pri posamezni meritvi	19

1 UVOD

1.1 Opis problematike

Varjenje je ena izmed ključnih tehnoloških operacij v kovinsko-predelovalni industriji, ki omogoča povezovanje različnih kovinskih materialov in s tem bistveno prispeva k razvoju sodobnih industrijskih procesov. Kljub temu pa varjenje ni brez tveganj, saj vključuje nastajanje visokih temperatur, kemijskih reakcij in sproščanje plinov ter delcev, ki so lahko škodljivi za zdravje delavcev. Čeprav se v sodobnih delovnih okoljih uporabljajo različni zaščitni ukrepi, ostaja varilec izpostavljen potencialno nevarnim substancam.

Med varjenjem nastanejo številne snovi, ki vključujejo toksične pline, kot so ogljikov monoksid, dušikovi oksidi in ozon, ter kovinske delce in prah, ki lahko vstopijo v dihala varilcev. Dolgotrajna izpostavljenost tem snovem lahko vodi do resnih zdravstvenih težav, vključno z respiratornimi boleznimi, zastrupitvami s težkimi kovinami ter povečanim tveganjem za razvoj rakavih obolenj (Medmrežje 1). Raziskave kažejo, da so varilci kljub uporabi zaščitnih sredstev in prilagojenim delovnim prostorom še vedno izpostavljeni škodljivim vplivom teh snovi (Evropska komisija, 2018).

1.2 Namen in cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je potrditi, da je lahko varjenje izredno škodljivo za varilca, če se pri delu ne izvajajo osnovni ukrepi varnega in zdravega dela, če se razmere dela redno ne preverjajo ter če se ne sledi tehnološkemu napredku. Delavec je v tem primeru izpostavljen prahom in plinom, ki vsebujejo toksične snovi z vplivom na zdravje zaposlenega.

Izpostavljenost delavcev toksičnim snovem bom ocenil glede na podatke izvedenih meritev. Primerjal sem na osnovi meritev, kjer sem pridobil rezultate izpostavljenosti delavca nevarnim toksičnim snovem glede na zavezujoče mejne vrednosti v Sloveniji pri varjenju po metodi MIG in metodi TIG ter na podlagi rezultatov skušal določiti, pri kateri metodi varjenja je večje tveganje za nastanek zdravstvenih okvar pri delavcu. Pri varjenju se lahko vzorčijo tudi šestvalentne kromove spojine, nerjavečega jekla in tudi ozon, ki nastaja zaradi UV sevanja. Vzorčenje snovi je različno. Kovine in prah se vzorči na kvarčne filtre. Pline CO, CO₂, NO merimo z avtomatskim merilnim sistemom Horiba, NO₂ se vzorči na cevko z zeolitom. Ozon se vzorči na poseben impregniran filter, vendar se zaenkrat pri varjenju v izbranem podjetju ni izmeril nad mejo določljivosti.

Cilj diplomskega dela je ugotoviti potencialno nevarnost za zdravje zaposlenih ob izvajanju postopkov varjenja. Vodilo naloge bodo podatki s terena o izvedenih in analiziranih meritvah izbranega podjetja, glede na mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost. Na podlagi izmerjenih in analiziranih mejnih vrednosti prisotnih toksičnih snovi želim ugotoviti, katera od metod – varjenje po metodi TIG ali varjenje po metodi MIG – je za varilca manj toksična in posledično manj škodljiva.

Diplomsko nalogo sestavljata teoretični in eksperimentalni del. V teoretičnem delu naloge bom predstavil varjenje na splošno in podrobneje opisal dve najpogostejši metodi varjenja – TIG in MIG. Opisal bom tudi vpliv varjenja na delavca in njegovo zdravje. Vpliv na zdravje zaposlenega bom opisal s pomočjo uporabljene literature. Na koncu bom na osnovi pridobljenih rezultatov s terena predstavil sklepe, ki bodo pokazali, katera metoda varjenja je za delavca bolj škodljiva. Podatke o izmerjenih koncentracijah bom primerjal glede na odstotek mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost teh potencialno toksičnih snovi.

1.3 Hipoteze

Delovni hipotezi, ki sem si ju zastavil ob začetku izdelave diplomskega dela, sta:

- H1: Pri varjenju po TIG in MIG metodi nastajajo škodljivi plini ter prah, ki vplivajo na zdravje delavcev.
- H2: Pri varjenju TIG nastaja več toksičnih snovi in prahu kot pri varjenju MIG.

2 VARJENJE

Varjenje je postopek, kjer se spajata dva ali več delov osnovnega materiala v nerazdružljivo celoto s pomočjo toplote, pritiska, kombinacijo obeh skupaj z ali brez dodanega materiala (Slika 1). Kakovost in dimenzije zvarnih spojev so odvisni od obremenitev, katerim bo varjena konstrukcija izpostavljena. Pri varjenju je izrednega pomena varivnost materiala, ki nam pove, kako se bo material obnašal med varjenjem. Na varivnost vplivajo material, oblika in dimenzije varjenca (Tušek, 2014).

Poznamo več vrst varjenja: varjenje z mehansko energijo (s pritiskom, trenjem, ultrazvokom, eksplozivno in difuzijsko) in talilno varjenje, ki se deli na električno varjenje (elektrotoporovno in obločno) in varjenje s kemično energijo (plamensko in aluminotermično) (Tušek, 2014).

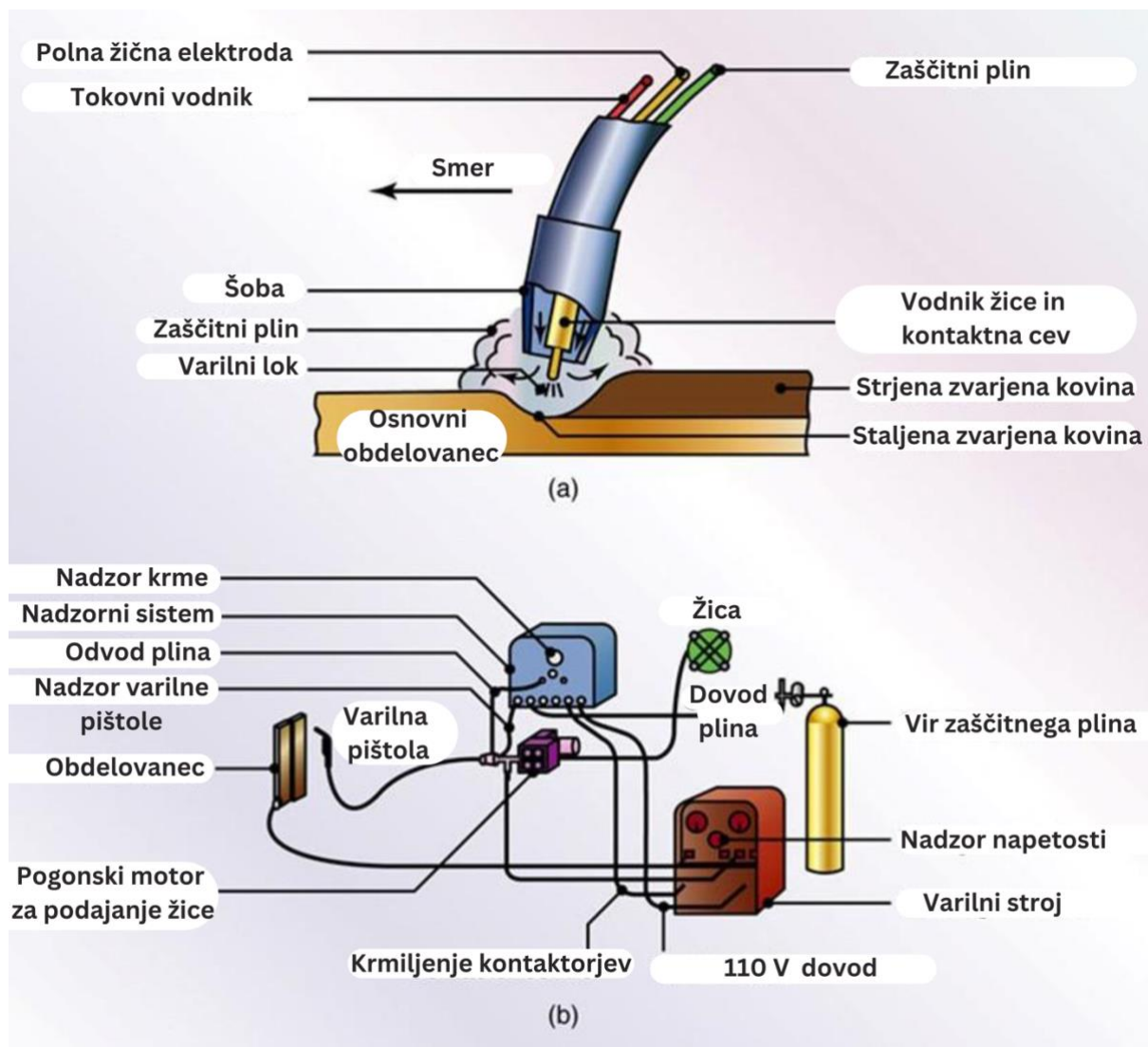


Slika 1: Varjenje
(Vir: Medmrežje 4)

Med postopkom varjenja se med zvarnimi robovi z dodajanjem materiala ustvari tekoča varilna talina. Za zagotovitev trajnosti in kakovosti zvara je potrebno zvar zaščititi pred oksidacijo in vplivi zraka iz okolice. To dosežemo s pomočjo zaščitnega plina ali žlindre, ki varuje tekoči zvar. Plin se dovaja skozi gorilnik, oplačene elektrode pa imajo običajno plašč, ki se skupaj s taljenjem elektrode stopi in ustvari zaščitno žlindro nad zvarom. Najpogostejši materiali, ki se jih vari s tem postopkom, so kovine, aluminij in različne vrste jekel (konstrukcijsko, CrNi ipd.). Prav tako je možno variti umetne materiale, pri čemer se kot toplotni vir uporablja vroč zrak ali električni upor (Medmrežje 1).

2.1 Varjenje po metodi MIG

Varjenje po metodi MIG (ang. *metal inert gas*) je elektroobločen postopek varjenja s taljivo elektrodo, ki med varjenjem kemično ne reagira s talino vara in zato ne tvori žilindre in oksidov. (Weman in Linden, 2006). Pri MIG metodi varjenja se uporablja enosmerni varilni tok, ki teče iz vira varilnega toka skozi kontaktno šobo na žico, iz žice pa prek obloka v osnovni material oziroma varjenec (Slika 2). Nanj je pripeta delovna masa in krog je sklenjen. Dodatni materiali so v obliki žice, navite na kolut, ki so lahko masivne ali strženske. Zaščitni plin prihaja iz jeklenke ob vklopu elektromagnetnega ventila, ki se odpre tik pred začetkom postopka (Tušek, 2014, in Dolžan 2020).

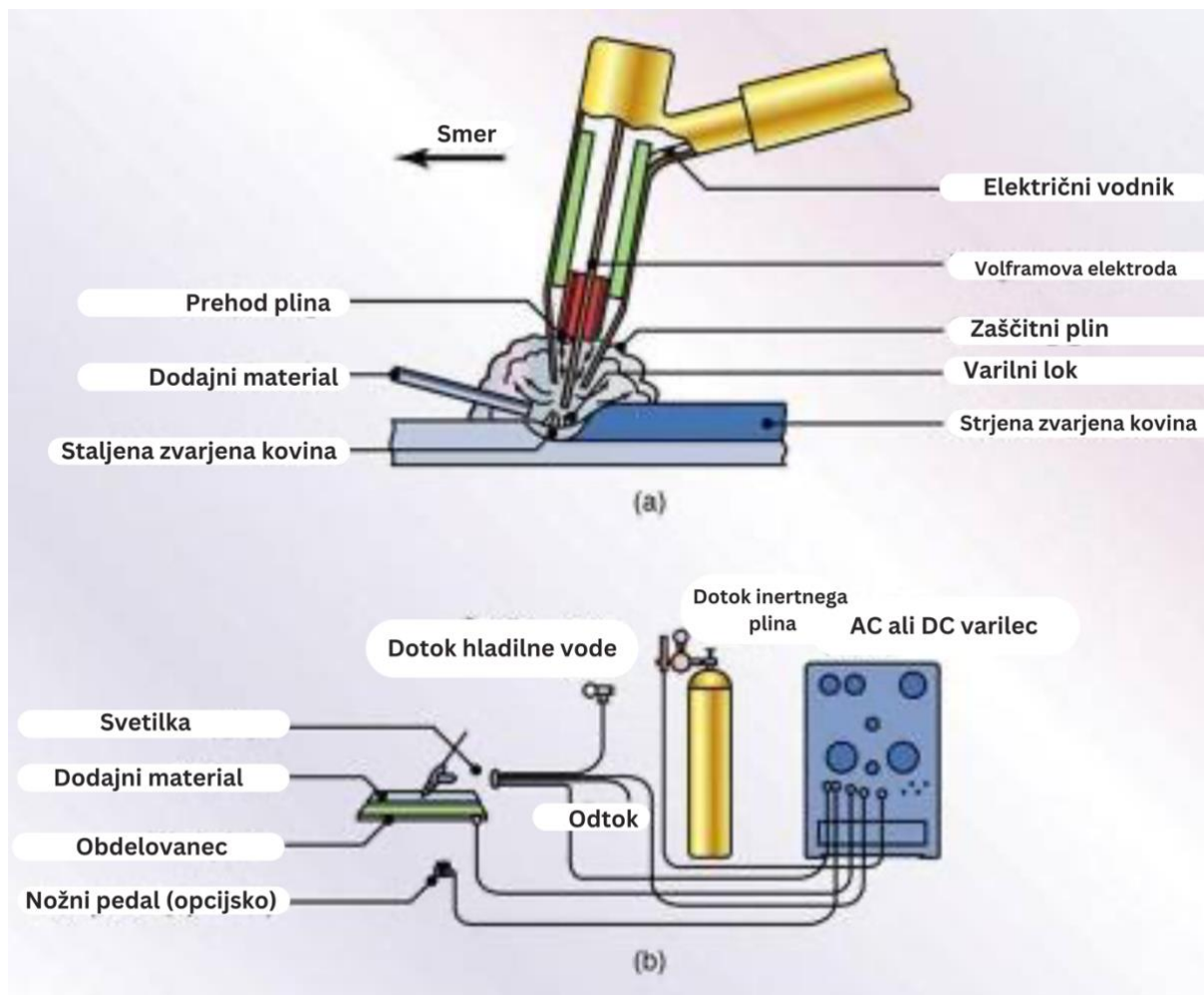


Slika 2: Varjenje po metodi MIG
a) Podrobna predstavitev varilne pištole in b) prikaz celotnega postrojenja
(Prirejeno po: Medmrežje 5)

2.2 Varjenje po metodi TIG

Varjenje po metodi TIG (ang. *tungsten inert gas*) je elektroobločen postopek obločnega varjenja z zaščito nevtralnega plina z netaljivo volframovo elektrodo (Slika 3). Najpogosteje se uporablja za varjenje visokolegiranih jekel, nerjavnih jekel in barvnih kovin. Pri varjenju po metodi TIG se električni oblok uporablja za segrevanje in taljenje osnovnega dodanega materiala. Oblok gori med elektrodo in varjencem. Pri tem postopku je elektroda najpogosteje iz volframa, legirana pa s torijem, cirkonom in drugimi legirnimi elementi. Postopek poteka brez dodanega materiala, obstaja pa možnost dodanega materiala v obliki varilne žice (Tušek, 2011).

Prednosti TIG varjenja so velika koncentracija energije obloka, možnost varjenja skoraj vseh kovin in zlitin, možnost avtomatizacije varjenja, brez škodljivih ostankov na varjencu in visoka kakovost zvarov. Slabosti pa se kažejo v tem, da je oprema za varjenje draga, izraža nižjo produktivnost, težje se izvaja na prostem, zahteva visoko izurjenost varilcev, zaščitni plin pa je drag (Tušek, 2014).



Slika 3: Varjenje po metodi TIG
a) Podrobna predstavitev varilne pištole in b) prikaz celotnega postrojenja
(Prirejeno po: Medmrežje 6)

Pri TIG varjenju je mogoče variti kovine in zlitine z zelo visokimi tališči, saj ta postopek dosega temperature tudi do šest tisoč stopinj. Žlahtni plin, ki se uporablja pri TIG varjenju, ščiti var pred atmosferskimi vplivi in oksidacijo, hkrati pa metoda v primerjavi z obločnim varjenjem z oplaščenimi elektrodami omogoča boljši nadzor nad varom. To zagotavlja trdnjše in kakovostnejše zware, obenem pa pri TIG varjenju ni izgub materiala. TIG varjenje slovi kot najkakovostnejša metoda, saj omogoča, da ima var skoraj enako sestavo kot osnovni material, je zelo odporen proti koroziji in ni dovzeten za razpoke niti ob dolgotrajni uporabi. Čeprav je TIG varjenje zahtevno in zahteva kratko razdaljo obloka, omogoča vrhunske rezultate: močne, natančne in visoko kakovostne zware. Uporablja se pri varjenju cevovodov, v orodjarstvu in je ključen v sodobnem letalstvu ter vesoljskem programu. Pogosto se uporabljajo tudi v industrijah, kjer so potrebni posebni higienski standardi – na primer v kozmetični in živilski industriji (Tušek, 2014, in Medmrežje 2).

2.3 Primerjava varjenja po metodi MIG in TIG

Razlika med MIG in TIG varjenjem je v tem, da je MIG postopek enostavnejši kot TIG postopek, ki zahteva več izkušenj. TIG postopek je natančnejši, saj s tem postopkom varijo tanjše materiale in pločevine. Razlika je tudi ta, da za MIG postopek uporabljamo neoplaščeno elektrodo, ki jo nato talimo v zvar, pri TIG postopku pa se uporabi netalečo volframovo elektrodo, ki se ne izrabi tako preprosto in material za zvar dodajamo sproti (Podjetje Kovinc, 2019).

MIG varjenje zaradi višje temperature in večje talilne cone sprošča več plinov, kot so ogljikov monoksid, ozon in dušikovi oksidi. Prav tako nastaja več prahu, zlasti pri varjenju z materiali, kot je nerjaveče jeklo. Po drugi strani pa TIG varjenje, čeprav omogoča bolj nadzorovano taljenje, prav tako proizvaja škodljive pline, predvsem zaradi uporabe visokotemperaturnega obloka, vendar je količina prahu praviloma manjša (Kotecki, 2003).

3 IZPOSTAVLJENOST VARILCEV MED VARJENJEM

Varjenje je pomemben vir emisij strupenih hlapov in plinov. Varilci so izpostavljeni varilnim hlapom, ki kljub mehanizaciji in avtomatizaciji procesa naraščajo. Zdravstveni vidiki so pri tem procesu zapleteni in v teku so številne raziskave, ki želijo oceniti učinke izpostavljenosti varilca tipičnim varilnim hlapom in plinom (Popović in drugi, 2014).

Varilni hlapi so aerosoli, ki vsebujejo kovine sestavljene iz delcev, ki nastanejo s kompleksnim izparevanjem – kondenzacijsko-oksidacijski procesi med varjenjem. Običajno so premajhni, da bi jih videli s prostim očesom. Omenjen dim pride v telo varilca prek dihalnih organov. Hlapi lahko povzročijo kratkotrajne bolezni, kot so povišana telesna temperatura, kar vodi tudi do dolgotrajnih poškodb pljuč in nevroloških motenj, kot sta pljučni rak in Parkinsonova bolezen (Spear, 2004).

Varilci so dodatno izpostavljeni tudi onesnaževalom v obliki plinov, ki vključujejo ogljikov dioksid, ogljikov monoksid, dušikove okside, žveplov dioksid in ozon. Varilni dim je sestavljen iz delcev kovinskih oksidov in plinov, ki nastanejo pri varjenju in jih varilci zlahka vdihnejo. Količina in kemična sestava delcev in hlapov sta odvisni od varilnih postopkov, kemične sestave zaščitnih plinov, polnil, dodatnega in osnovnega materiala. Prav tako sta pomembna čas in resnost izpostavljenosti (Spear, 2004).

Delavci so toksičnim snovem izpostavljeni prek vdihavanja, zaužitja in stika kože s hlapi. Na kožo lahko vplivajo neposredno v obliki draženja in alergijskih učinkov, ali pa se absorbirajo skozi kožo in povzročijo poškodbe pljuč ali druge zdravstvene posledice. Absorpcija kože je povečana z majhnimi delci in z urezninami ali drugimi poškodbami (Popović in drugi, 2014).

Veliko varilcev doživi vrsto bolezni dihal, kar vključuje bronhitis, siderozo, astmo in možno povečanje incidence pljučnega raka (Antonini in drugi, 2010, ter Antonini in drugi, 2003).

Kljub temu, da nekatera podjetja že upoštevajo priporočila in uporabljajo zaščito, kot sta odvajanje zraka ali uporaba zaščitne opreme, se vsem negativnim učinkom vendarle ne morejo izogniti. Pri spremljanju izpostavljenosti varilca različnim potencialno zdravju nevarnim snovem pri varjenju se najpogosteje merijo koncentracije inhalabilne in alveolarne frakcije prahu, kovin v inhalabilni frakciji prahu (Cr, Ni, Cu, Mn, V, Sn), kovin v alveolarni frakciji prahu (Cu, Ni, Mn, V) ter plinov CO, CO₂, NO in NO₂.

Inhalabilna frakcija pomeni del celotne suspendirane snovi, ki jo delavec vdihne skozi nos ali usta iz območja vdihavanja. Nalaga se v zgornjih dihalnih poteh in se zelo lahko izloča iz organizma, na primer z dihanjem ali izkašljevanjem (Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, 2006).

Alveolarna frakcija pomeni del vdihnjene suspendirane snovi, ki jo delavec vdihne skozi nos ali usta iz območja vdihavanja in ki vsebuje dovolj majhne delce, da pridejo v alveole – pljučne mešičke (Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, 2006).

Učinki varilnega dima na zdravje so precej različni, saj so odvisni od sestave kovin, talil, uporabljenih čistilnih sredstev itd. Strupeni plini in hlapi ne vplivajo na zdravje delavcev takoj, ampak pri dolgi kronični izpostavljenosti povzročajo resno škodo zdravju.

3.1 Posledice na zdravje

Varjenje predstavlja vrsto tveganj za zdravje, ki jih ni mogoče prezreti. Gre za proces, kjer se varilci izpostavljajo različnim škodljivim snovem in dejavnikom, kar lahko privede do resnih dolgoročnih zdravstvenih posledic. Zaradi tega je nujno, da se zavedamo teh nevarnosti in sprejmemo ustrezne varnostne ukrepe. Tukaj navajamo glavne posledice, ki jih lahko ima varjenje na zdravje, še posebej, če so varilci vsakodnevno izpostavljeni varilnim hlapom in sevanju.

3.1.1 Težave z dihal

Varilni hlapi vsebujejo mešanico kovinskih delcev in nevarnih plinov, kot so ogljikov monoksid, ozon in dušikovi oksidi. Dolgotrajna izpostavljenost takim hlapom lahko vodi v razvoj kroničnih obolenj dihal, med katerimi so najpogostejši kronični bronhitis, astma, zmanjšanje pljučne funkcije in povečano tveganje za pljučnico. (Lebar, 2019). Še posebej ogroženi so varilci, ki delajo z nerjavnim jeklom, saj se pri tem sproščajo hlapi s kromom in nikljem, ki imata kancerogene lastnosti. To povečuje tveganje za razvoj pljučnega raka, še posebej, če se izpostavljenost nadaljuje več let brez ustrezne zaščitne opreme (Medmrežje 2).

Obstajata dve kategoriji škodljivih učinkov na zdravje, ki so posledica varilnega dima: akutni oziroma kratkoročni in kronični oziroma dolgoročni učinki na zdravje dihal. Akutni učinki na zdravje dihal so:

- Draženje zgornjih dihalnih poti, ki vodijo do pljuč. Če je varilec ekstremno izpostavljen ozonu, lahko to povzroči tudi pljučni edem.
- Začasno zmanjšanje pljučne funkcije na skupno pljučno kapaciteto.
- Vročica zaradi izpostavljenosti vdihavanja kovinskih hlapov, ki se začne nekaj ur po začetku izpostavljenosti in traja še nekaj časa po tem, ko varilec ni več izpostavljen.
- Glavoboli, omotica in slabost.
- Zadušitev zaradi pomanjkanja kisika, ki jo lahko povzroči kopičenje zaščitnih plinov.
- Akutna iritativna povzročena astma, ki se zgodi v redkih primerih.

Kronični učinki na zdravje dihal so:

- Kronična obstruktivna pljučna bolezen, ki je povezana z izpostavljenostjo varilnemu dimu, vendar se dokazi iz študij razlikujejo.
- Pljuča varilcev, je izraz, ki pomeni, da se kovine odlagajo v pljučih zaradi predhodne izpostavljenosti varilnemu dimu.
- Poklicna astma, ki je povezana z izpostavljenostjo posebnim kovinam (na primer kromu, niklju ali kobaltu).
- Pljučni rak, ki je povezan z izpostavljenostjo posebnim kovinam (na primer kromu ali niklju) (Evropska komisija, 2018).

3.1.2 Srčno-žilne bolezni

Poleg težav z dihal imajo lahko varilni hlapi negativen vpliv tudi na srčno-žilni sistem. Fini delci, ki nastajajo pri varjenju, lahko prodrejo globoko v pljuča in nato v krvni obtok. S tem lahko povzročijo oksidativni stres in vnetne reakcije v telesu, kar povečuje tveganje za bolezni srca in ožilja. Pri daljši izpostavljenosti obstaja večja verjetnost za razvoj bolezni, kot so srčni infarkt, možganska kap in arterioskleroza. To je še posebej problematično, ker srčno-žilne bolezni pogosto ostajajo prikriti, dokler že ne pride do večje škode (Medmrežje 2).

3.1.3 Nevrološke motnje

Nekateri postopki varjenja, zlasti tisti, ki vključujejo mangan, lahko povzročijo nevrološke težave. Mangan se ob vdihavanju absorbira v telesu in sčasoma vpliva na živčni sistem.

Kronična izpostavljenost manganovim hlapom je povezana z motnjami v gibanju, tresavico in simptomi, podobnimi Parkinsonovi bolezni. Te težave se lahko postopoma stopnjujejo, kar pomeni, da simptomi lahko postanejo opazni šele po daljši izpostavljenosti. To poudarja pomen rednega spremljanja zdravja varilcev in zmanjševanja stikov s škodljivimi snovmi, kadar je le mogoče (Medmrežje 9).

3.1.4 Poškodbe oči in kože

Med varjenjem se ustvarja močno UV-sevanje, ki ima škodljiv vpliv na kožo in oči. Neposredna izpostavljenost UV-žarkom brez zaščitnih očal lahko povzroči fotokeratitis, boleče vnetje roženice, ki je znano tudi kot »varilčevska slepota«. Poleg tega UV-sevanje poškoduje kožo in lahko sčasoma vodi do razvoja kožnega raka. Uporaba ustrezne zaščitne opreme, kot so zaščitne očala, rokavice in oblačila, je ključnega pomena za preprečevanje teh poškodb (Medmrežje 2).

Varjenje torej predstavlja večplastno nevarnost za zdravje, in sicer tako akutno kot kronično. Za varilce je zato pomembno, da uporabljajo ustrezno zaščitno opremo, izvajajo preventivne zdravstvene preglede in delajo v ustrezno prezračenih prostorih. Tako lahko zmanjšajo tveganje za nastanek resnih bolezni in ohranijo svoje zdravje tudi na dolgi rok. (Kumar in Mistry, 2015).

3.1.5 Drugi učinki na zdravje

Poleg vseh naštetih učinkov lahko izpostavljenost varilnemu dimu povzroči tudi kronično vnetje in oslabitev imunološkega odziva. Prav tako izpostavljenost varilnemu dimu povzroči ototoksične učinke, saj se delavcem, ki so izpostavljeni manganu in hrupu, sluh poslabša hitreje, kot delavcem, ki so izpostavljeni samo manganu. Ototoksičnost pomeni strupeno delovanje na receptorje in živce v notranjem ušesu. Če je varilec v stiku s potrošnim materialom, se lahko to kaže tudi na koži, saj lahko dobi alergijski kontaktni dermatitis, ki ga povzroči izpostavljenost niklju ali kromu. Izpostavljenost lahko povzroči še učinke strupenosti za razmnoževanje, depresijo ali spolno disfunkcijo (Evropska komisija, 2018). Iz Preglednice 1 razberemo, kako spojine vplivajo na varilčevo zdravje.

Preglednica 1: Kovine in možni škodljivi učinki na zdravje

Simbol	Polno ime	Učinek spojin, ki vsebujejo element, na zdravje
Cu	baker	Strupen pri vdihavanju.
Mn	mangan	Strupen pri vdihavanju in lahko škoduje plodnosti ali nerojenemu otroku.
Ni	nikelj	Lahko povzroči raka.
Cr	krom	Lahko povzroči raka.
Co	kobalt	Sum povzročitve raka.

(Vir podatkov o učinkih na zdravje – Medmrežje 3)

Zaradi UV-sevanja, ki izvira iz varilnega obloka ter deluje na molekule kisika in dušika v ozračju, nastaja plinasta frakcija varilnega dima. Pri tem nastajajo ozon, dušikov oksid in dušikov dioksid. Nastajanje ogljikovega monoksida in ogljikovega dioksida pa povzroča ogljik v železovih zlitinah (Evropska komisija, 2018).

3.2 Tehnike in naprave za zmanjšanje sproščanja toksičnih snovi

Za zmanjšanje izpostavljenosti delavcev toksičnim snovem pri varjenju se uporabljajo različne tehnike in naprave. Ključni ukrepi vključujejo ustrezno ventilacijo, ki je lahko lokalna (lokalni odvod dima) ali splošna (celovita izmenjava zraka v prostoru), ter različne vrste filtrov in čistilnih sistemov, ki zmanjšujejo koncentracijo nevarnih snovi v zraku. Uporaba zaščitnih plinov, kot sta argon in helij, lahko zmanjša nastanek škodljivih oksidov, saj preprečuje stik vroče kovine s kisikom. Mobilne enote za odsesavanje dima so prenosljive naprave, ki omogočajo lokalno odstranjevanje dimnih plinov neposredno na mestu varjenja. Poleg teh se uporabljajo tudi robotski varilni sistemi, ki zmanjšujejo izpostavljenost varilcev toksičnim snovem, saj omogočajo avtomatizacijo procesa (American Welding Society).

Pri varjenju je ključnega pomena uporaba osebne zaščitne opreme, saj ščiti varilce pred neposredno izpostavljenostjo toksičnim snovem in drugimi nevarnostmi. Uporaba kakovostnih varilnih mask z vgrajenimi filtri za delce in pline pomaga preprečiti vdihavanje nevarnih dimov in hlapov (Slika 4). Zaščitne rokavice so potrebne za zaščito pred opeklinami, urezninami in izpostavljenostjo kemikalijam, medtem ko varilna očala ali zaščitni ščitniki za obraz varujejo oči pred močnim svetlobnim sevanjem in iskrami. Pravilna izbira in uporaba osebne zaščitne opreme bistveno zmanjšata tveganje za zdravstvene težave, povezane z varjenjem (European Agency for Safety and Health at Work - EU-OSHA).



Slika 4: Primer uporabe nadtladne zaščitne maske varilca med postopkom varjenja
(Vir: Medmrežje 7)

Za varno izvajanje varilnih del je potrebno upoštevati določene postopke in smernice, ki zmanjšujejo tveganje za nastanek nesreč in zdravstvenih težav. Pomembno je izvajanje rednih inšpekcijskih pregledov opreme in prostorov za zagotovitev ustreznega delovanja in varnosti. Varilna dela morajo potekati v dobro prezračenih prostorih, z ustrezno ventilacijo in uporabo naprav za odsesavanje dima. Priporočljivo je tudi, da so varilci ustrezno usposobljeni in seznanjeni s tveganji ter pravilno uporabo osebne zaščitne opreme. Pomembno je upoštevati tudi pravila glede skladiščenja nevarnih materialov in redno izvajati ocenjevanje tveganj (International Institute of Welding).

3.3 Slovenski in mednarodni standardi, ki urejajo izpostavljenost nevarnim snovem

V Sloveniji je področje izpostavljenosti nevarnim snovem na delovnem mestu urejeno z različnimi predpisi in standardi, pri čemer izstopa Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), ki določa obveznosti delodajalcev glede zagotavljanja varnega delovnega okolja. Zakon predpisuje ocenjevanje tveganj, izvajanje preventivnih ukrepov ter uporabo ustrezne osebne zaščitne opreme.

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (ul. 72/21 in 29/24) določa minimalne zahteve za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem, ki se nahajajo v delovnem okolju ali so posledica katerekoli dejavnosti, ki vključuje kemične snovi. Pravilniku so dodane 4 priloge. V prilogi 1 podaja Seznam zavezujočih mejnih vrednosti za poklicno izpostavljenost in v prilogi 2 Zavezujoče biološke mejne vrednosti - BAT vrednosti. Seznam zavezujočih mejnih vrednosti, določa mejne vrednosti izpostavljenosti določenim nevarnim snovem, pri postopkih varjenja so to prah, ogljikov dioksid, mangan, baker in nikelj.

Na mednarodni ravni so pomembni standardi, kot je ISO 15011 in se nanaša na meritve izpostavljenosti dimom pri varjenju, ter smernice organizacij, kot sta Ameriški nacionalni inštitut za varnost in zdravje pri delu (NIOSH) in Agencija za varnost in zdravje pri delu (OSHA), ki določajo priporočene mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost nevarnim snovem. Ti standardi in smernice omogočajo oblikovanje varnostnih praks in ocenjevanje tveganj v skladu z najboljšimi mednarodnimi praksami (Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), ISO 15011).

4 MATERIALI IN METODE

V empiričnem delu sem zbral podatke o prisotnosti prahu in plinov, jih vzorčil, analiziral njihovo količino glede na mejno vrednost poklicne izpostavljenosti in naredil primerjavo pridobljenih podatkov. Na terenu sem po predpisanem postopku, ki ga izvaja izbrano podjetje, vzorčil prahe in pline, katerim je delavec izpostavljen, ter napravili analizo le-teh. Na terenu sem izvedel vzorčenje določenih inhalabilnih frakcij prahu (Cr, Ni, Cu, Mn, V, Sn), določenih kovin v alveolarni frakciji prahu (Cu, Ni, Mn, V) ter plinov CO, CO₂, NO in NO₂.

Koncentracijo frakcij prahu v delovnem okolju s kvarčnimi filtri različnih velikosti sem vzorčil tako, da sem najprej želeno velikost prašnih delcev zbral na filtru iz odgovarjajočega materiala in količino na filtru določil gravimetrično. Filtre sem moral pred tehtanjem kondicionirati v tehtalnem prostoru vsaj 48 ur, nato sem jih stehtal in vsakega položil v označeno kartušo s kovinsko mrežico in jo zaprl. Pri tehtanju sem vklopil napravo za odpravljanje statike. Vzorčil sem skladno z navodili standarda EN 482:2021. Za alveolarni prah sem uporabljal črpalko in vzorčevalnik GK-2.69 s filtrom premera 37 mm s pretokom 4,2 l/min. Za meritve inhalabilnega oziroma lesnega prahu sem uporabil vzorčevalnik GSP 3,5 s filtrom premera 37 mm s pretokom 3,5 l/min.

Vzorčenje se sklicuje na:

- SIST EN 482:2021 - Izpostavljenost na delovnem mestu - Splošne zahteve za izvajanje meritev kemičnih agensov,
- SIST EN 689:2018 - Izpostavljenost na delovnem mestu - Merjenje izpostavljenosti pri vdihavanju kemičnih agensov - Strategija preskušanja skladnosti z mejnimi vrednostmi za poklicno izpostavljenost,
- SIST EN 1076:2010 - Izpostavljenost na delovnem mestu - Postopki za merjenje plinov in par z vzorčevalniki s črpanjem - Zahteve in preskusne metode,
- SIST EN 14042:2003 - Zrak na delovnem mestu - Vodilo za uporabo postopkov za oceno izpostavljenosti kemičnim in biološkim agansom,
- EN 13936:2014 - Workplace exposure - Procedures for measuring a chemical agent present as a mixture of airborne particles and vapor - Requirements and test methods,
- EN ISO 13137 - Workplace atmospheres - Pumps for personal sampling of chemical and biological agents - Requirements and test methods,
- EN 1232:1997 - Workplace atmospheres - Pumps for personal sampling of chemical agents - Requirements and test methods,
- SIST ISO 15767:2012 - Zrak na delovnem mestu - Pregled in opis napak pri tehtanju zbranih aerosolov,
- IFA 6068:2015: Alveolengangige Fraktion,
- BIA 7284:2003: Einatembare Fraktion,
- IFA 7630:2011: Holzstaub.

Koncentracije CO, NO, NO₂ in CO₂ v delovnem okolju z avtomatskim merilnim sistemom Horiba sem vzorčil tako, da sem ob začetku in koncu meritve najprej preveril tesnost sistema. Kontrolno merilnika sem izvršil s certificiranim referenčnim materialom - plinsko mešanico, in tudi z ničelnim plinom. Izmerjeno vrednost sem zapisal in jo upošteval pri izračunu koncentracije. Izmerjena vrednost testnega plina sme odstopati do 5 % od certificirane vrednosti. Izmerjena vrednost ničle sme odstopati do 5 % mejne vrednosti posameznega parametra. Vzorčil sem v fiksni točki in v coni dihanja izvedenih meritev. Čas vzorčenja za dolgotrajno izpostavljenost mora biti vsaj 2 uri.

Vzorčenje se sklicuje na:

- SIST EN 482:2012+A1 – Izpostavljenost na delovnem mestu – Splošne zahteve za izvajanje meritev kemičnih agensov,
- SIST EN 689:2018 – Izpostavljenost na delovnem mestu - Merjenje izpostavljenosti pri vdihavanju kemičnih agensov - Strategija preskušanja skladnosti z mejnimi vrednostmi za poklicno izpostavljenost,
- SIST EN 1076:2010 – Izpostavljenost na delovnem mestu – Postopki za merjenje plinov in par z vzorčevalniki s črpanjem – Zahteve in preskusne metode,
- SIST EN 14042:2003 – Zrak na delovnem mestu – Vodilo za uporabo postopkov za oceno izpostavljenosti kemičnim in biološkim agensom,
- EN 13936:2014 – Workplace exposure – Procedures for measuring a chemical agent present as a mixture of airborne particles and vapor – Requirements and test methods,
- IFA 9050:2013 – Infrarot spektroskopije.

Koncentracije kovin in polkovin v delovnem okolju sem vzorčil tako, da sem želeno velikost prašnih delcev zbral na filtru iz odgovarjajočega materiala. Vsebnost kovin na filtru sem določil z atomsko emisijsko spektrometrijo. Pod pripravo na vzorčenje spada najprej čiščenje kartuš, nato pa priprava filtra za vzorčenje. Postopek vzorčenja je potekal skladno z dokumenti, ki se sklicujejo na spodnje zakonitosti. Analizo izvede usposobljeno osebje po določenem postopku.

Vzorčenje se sklicuje na:

- SIST EN 482:2021 – Izpostavljenost na delovnem mestu – Splošne zahteve za izvajanje meritev kemičnih agensov,
- SIST EN 689:2018 – Izpostavljenost na delovnem mestu – Merjenje izpostavljenosti pri vdihavanju kemičnih agensov – Strategija preskušanja skladnosti z mejnimi vrednostmi za poklicno izpostavljenost,
- SIST EN 1076:2010 – Izpostavljenost na delovnem mestu – Postopki za merjenje plinov in par z vzorčevalniki s črpanjem – Zahteve in preskusne metode,
- SIST EN 14042:2003 – Zrak na delovnem mestu – Vodilo za uporabo postopkov za oceno izpostavljenosti kemičnim in biološkim agensom,
- EN 13936:2014 – Workplace exposure – Procedures for measuring a chemical agent present as a mixture of airborne particles and vapor – Requirements and test methods,
- ESO ISO 13137 – Workplace atmospheres – Pumps for personal sampling of chemical and biological agents – Requirements and test methods,
- EN 1232:1997 - Workplace atmospheres – Pumps for personal sampling of chemical agents – Requirements and test methods,
- EN ISO 10882-1:2011 – Health and safety in welding and allied processes – Sampling of airborne particles and gases in the operator's breathing zones – Part 1: Sampling of airborne particles,
- SIST ISO 15202-1:2020 – Zrak na delovnem mestu – Določevanje kovin in polkovin v lebdečih delcih z atomsko emisijsko spektrometrijo z induktivno sklopljeno plazmo – 1. del: Vzorčenje,
- SIST ISO 15202-2:2020 - Zrak na delovnem mestu – Določevanje kovin in polkovin v lebdečih delcih z atomsko emisijsko spektrometrijo z induktivno sklopljeno plazmo – 2. del: Priprava vzorcev,
- SIST ISO 15202-3:2005 - Zrak na delovnem mestu – Določevanje kovin in polkovin v lebdečih delcih z atomsko emisijsko spektrometrijo z induktivno sklopljeno plazmo – 3. del: Analiza.

Nabor meritev sem določil glede na vrsto varjenja in uporabljenih materialov pri delu. V veliko pomoč pri praktičnem delu naloge mi je bilo opravljanje praktičnega dela študija v podjetju, ki se ukvarja z meritvami kemijskih škodljivosti na delovnem mestu. V času prakse sem spoznal posamezne postopke vzorčenja. Osebno vzorčenje na delovnem mestu varilca (Slika 5) je potekalo po protokolu. Delavec pooblaščen za izvajanje meritev je varilcu namestil potrebno

merilno opremo, ki jo je nosil 120 minut (čas, potreben za vzorčenje). Merilna oprema je sestavljena iz vzorčevalne glave, cevke in črpalke. V vzorčevalni glavi se nahaja filter, ki smo ga v laboratoriju pod določenimi pogoji stehali in shranili v za to ustrezno posodico, v kateri je bil shranjen vse do pričetka izvajanje meritev, ko smo ga namestili v vzorčevalno glavo. Merilno opremo namestimo na za to ustrezen pas. Vzorčevalno glavo namestimo čim bližje dihalnemu organu delavca, črpalko pa na ledveni del. Vzorčevalna glava in črpalka sta povezani s cevko. Po končanem dvournem vzorčenju, črpalki sta črpali 4,2 l/min in 3,5 l/min, smo izklopili delovanje črpalk, filter odstranili iz vzorčevalne glave in ga shranili v za to ustrezni posodici ter dostavili v laboratorij za nadaljnjo analizo, ki jo izvede usposobljeno osebje po internem postopku za delo podjetja pooblaščenega za izvajanje analiz.



Slika 5: Merilna naprava za osebno vzorčenje
(Prirejeno po: Medmrežje 8)

Za delo na terenu se predhodno pripravijo tudi vzorčevalni listi, ki se kasneje v laboratoriju dopolnijo s podatki o opravljenih analizah. Opravi se izračun izpostavljenosti glede na mejne vrednosti skladno s Pravilnikom o varovanju pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu. Izmerjeni parametri so zajemali inhalabilne in alveolarne frakcije prahu ter koncentracije posameznih kovin (Cr, Ni, Cu, Mn) in plinov (CO, CO₂, NO, NO₂). V diplomskem delu sem predstavil pet meritev kemijskih škodljivosti na delovnem mestu pri postopkih varjenja po metodi varjenja MIG in po metodi varjenja TIG v izbranem podjetju. Obravnavane meritve so bile izvedene med letoma 2018 in 2023 pri različnih obravnavanih postopkih varjenja. V času izvajanja meritev kemijskih škodljivosti na delovnem mestu so bili izmerjeni normalni pogoji dela, ustrezna temperatura na delovnem mestu, vlaga in gibanje zraka ter osvetljenost. Opravljal sem vse meritve, ki ne vključujejo laboratorijske analize, ki jo za podjetje opravlja akreditiran laboratorij.

Izračun izpostavljenosti se izvede na način, da vrednost I predstavlja primerjavo med preračunano povprečno koncentracijo na 8 ur in mejno vrednostjo za povprečno izpostavljenost. Povprečna koncentracija, ki ji je delavec izpostavljen oziroma izpostavljenost, E , se izračuna po naslednji enačbi:

$$E = \frac{\sum c_i \times t_i}{8}$$

Kjer velja:

c_i – izmerjena koncentracija pri posameznem opravilu in

t_i – čas opravljanja posameznega opravila.

Indeks izpostavljenosti I je definiran kot vsota kvocientov izpostavljenosti in pripadajoče mejne vrednosti. Izračuna se po naslednji enačbi:

$$I = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{MV_i}$$

Vrednost I_{KTV} predstavlja primerjavo med izmerjeno koncentracijo in mejno vrednostjo za kratkotrajno izpostavljenost. I_{KTV} se izračuna po naslednji enačbi:

$$I_{KTV} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{KTV_i}$$

Če je $I > 1$ ali $I_{KTV} > 1$, se mora poiskati razlog preseganja mejne vrednosti in čimprej se morajo izvesti ustrezni omilitveni ukrepi za izboljšanje situacije.

5 REZULTATI Z RAZPRAVO

V času študija in opravljanja praktičnega dela sem se srečal z veliko informacijami o vplivih toksičnih snovi na zdravje posameznika. Svoje znanje na tem področju sem želel nadgraditi, zato sem si izbral obravnavo delovnega procesa varjenja, posledica katerega je nastanek varilnega plina, v katerem se nahajajo snovi, ki lahko negativno vplivajo na zdravje posameznika. Uvodoma sem se seznanil s teoretičnimi osnovami postopka varjenja in v nadaljevanju pridobil podatke izvedenih meritev pri posameznih postopkih varjenja. V diplomskem delu sem raziskoval nastanek in koncentracijo potencialno toksičnih snovi, ki se sproščajo med postopki varjenja v kovinsko-predelovalni industriji, s poudarkom na metodah MIG in TIG. Osredotočil sem se na analizo izpostavljenosti varilcev toksičnim snovem, ki predstavljajo zdravstvena tveganja. Predstavil sem pet meritev kemijskih škodljivosti na delovnem mestu pri postopkih varjenja po metodi varjenja MIG in po metodi varjenja TIG v izbranem podjetju.

Preglednica 2 prikazuje, katere parametre oziroma potencialne škodljive snovi sem spremljal pri posamezni metodi varjenja.

Preglednica 2: Parametri oziroma potencialne škodljive snovi pri posamezni metodi varjenja

Metoda MIG	
Prašni delci	inhalabilni plini
	alveolni plini
	Cr (I)
	Pb (I)
	V-spojine (I)
	Mn (I)
	Co (I)
	Cu (I)
	Ni (I)
	Mn (A)
	Ni (A)
	V-spojine (A)
	Cu (A)
	Co (A)
Plini	CO
	CO ₂
	NO
Metoda TIG	
Prašni delci	inhalabilni plini
	alveolni plini
	Cr (I)
	V-spojine (I)
	Mn (I)
	Ni (I)
	Mn (A)
	Ni (A)
	V-spojine (A)
Plini	CO ₂
	CO
	NO
	NO ₂

5.1 Varjenje po metodi MIG

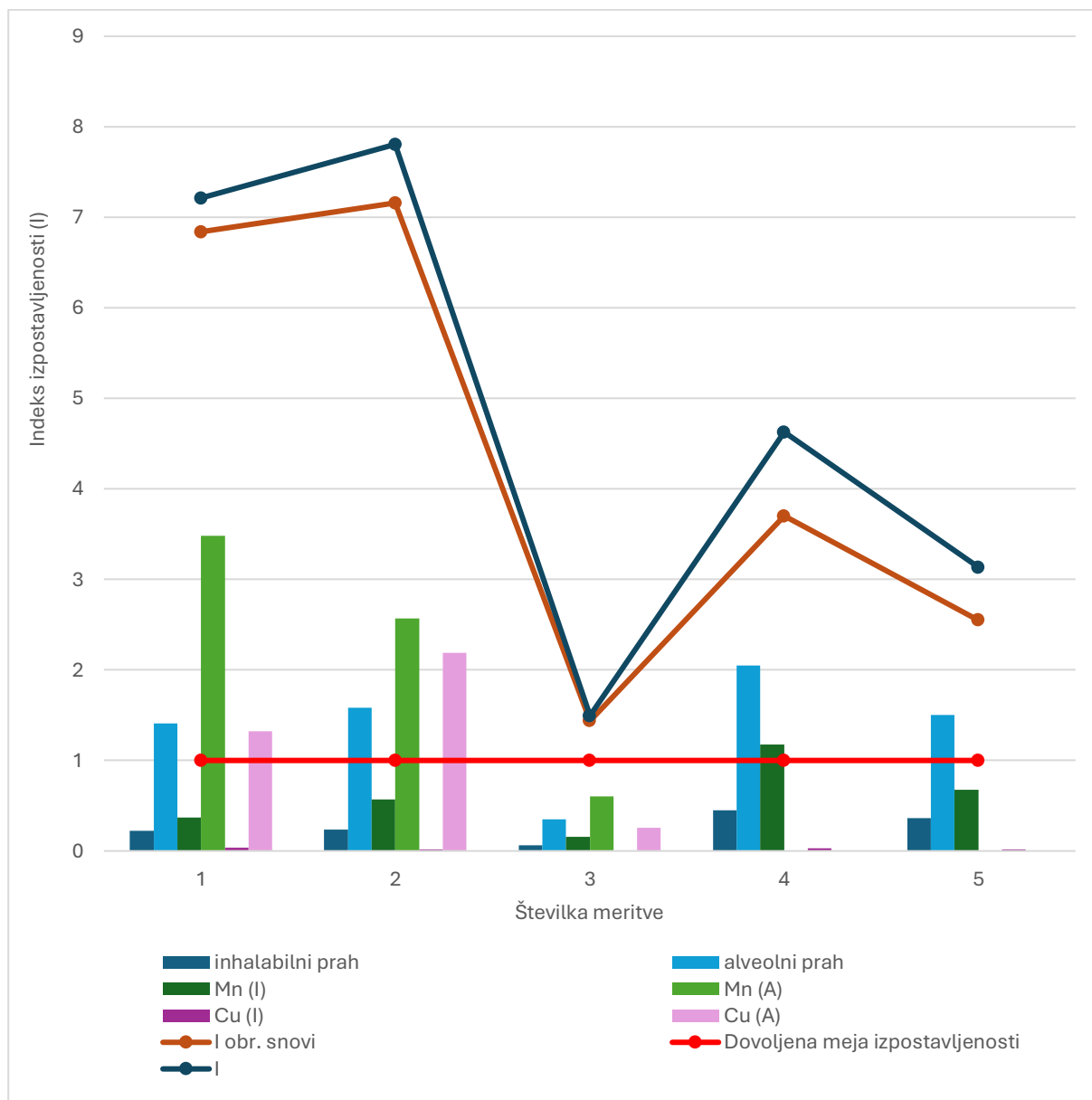
Pri analizi rezultatov izmerjenih vrednosti kemijskih škodljivosti na delovnem mestu, ki nastajajo pri varjenju po metodi MIG, sem ugotovil, da so delavci na delovnem mestu prekomerno izpostavljeni vplivom prisotnih kemičnih snovi v zraku, ki lahko negativno vplivajo na njihovo zdravje (Slika 6). Rezultate sem vrednotil v skladu s Pravilnikom o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Ur. list RS 72/21, 29/24). Največji delež celotne izpostavljenosti predstavljajo mangan, baker in prah (inhalabilni in alveolarni). V vseh analiziranih primerih te tri snovi predstavljajo več kot 80 % celotne izračunane izpostavljenosti. V vseh primerih je bila izračunana prekomerna izpostavljenost delavcev kemičnim snovem na delovnem mestu pri varjenju po metodi MIG. Pri štirih od petih opravljenih meritvah pa je bila presežena dovoljena meja izpostavljenosti tudi pri posameznih parametrih, in sicer inhalabilnemu prahu, manganu in bakru. Zgolj v enem primeru izvedenih meritev posamezni izmerjeni parametri niso bili prekoračeni, kljub vsemu pa je bila prekoračena celokupna izpostavljenost.

Toksične snovi pri varjenju po metodi in njihove vrednosti pri posamezni meritvi, ki so bile obravnavane, prikazuje Preglednica 3.

Preglednica 3: Obravnavane toksične snovi pri varjenju po metodi MIG in njihove vrednosti pri posamezni meritvi

	Številka meritve				
	1	2	3	4	5
Inhalabilni prah	0,221	0,235	0,065	0,447	0,360
Alveolni prah	1,406	1,585	0,351	2,048	1,504
Mangan (I)	0,369	0,567	0,158	1,179	0,674
Mangan (A)	3,481	2,566	0,605	0	0
Baker (I)	0,037	0,014	0,004	0,027	0,014
Baker (A)	1,325	2,192	0,254	0	0

Na Sliki 6 so grafično predstavljeni zbrani podatki obravnavanih toksičnih snovi, ki nastajajo pri varjenju po metodi MIG. Vidni so parametri, ki predstavljajo več kot 80 % izpostavljenosti delavca toksičnim snovem. To so mangan (temno zelen, zelen), baker (temno roza, roza) in prah (temno moder, moder). Posamezni stolpci prikazujejo indeks izpostavljenosti obravnavanih snovi. Oranžna črta predstavlja vsoto indeksov izpostavljenosti obravnavanih snovi. Vsoto indeksa izpostavljenosti vseh izmerjenih parametrov predstavlja temno modra črta. Podatki so prikazani na meritvah v Prilogah 1–10.



Slika 6: Izpostavljenost obravnavanih toksičnih snovi pri varjenju po metodi MIG

Pri meritvi 3 pri varjenju po metodi MIG je opazno zmanjšan indeks izpostavljenosti nevarnim toksičnim snovem glede na preostale meritve. Glede na opis delovnega opravila predpostavljam, da je to posledica testiranja opravljenih zvarov, saj pri testiranju delavec ni izpostavljen nevarnim toksičnim snovem.

5.2 Varjenje po metodi TIG

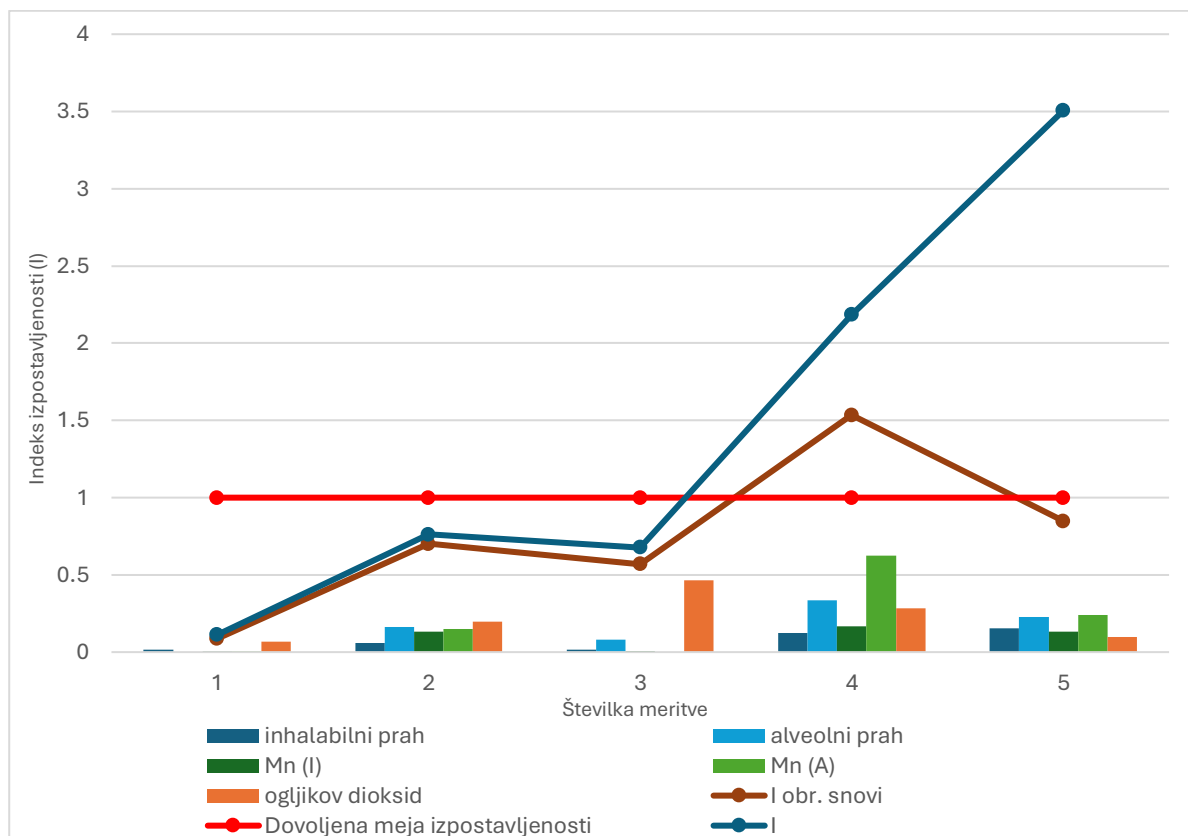
Pri analizi rezultatov izmerjenih vrednosti kemijskih škodljivosti na delovnem mestu, ki nastajajo pri varjenju po metodi TIG, sem ugotovil, da so delavci na delovnem mestu prekomerno izpostavljeni vplivom prisotnih kemičnih snovi v zraku, ki lahko negativno vplivajo na zdravje delavca (Slika 7). Rezultate sem vrednotil v skladu s Pravilnikom o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu (Ur. list RS 72/21, 29/24). Največji delež celotne izpostavljenosti predstavljajo mangan, ogljikov dioksid in prah. V vseh analiziranih primerih te tri snovi predstavljajo več kot 70 % celotne izračunane izpostavljenosti. V treh od petih opravljenih meritvah ni bila prekoračena nobena mejna vrednost posameznega parametra, kakor tudi ne izračunana celokupna izpostavljenost kemičnim snovem na delovnem mestu. Pri meritvi 4 (Priloga 9) prav tako ni prekoračena nobena mejna vrednost posameznega parametra, je pa prekoračena izračunana celokupna izpostavljenost. Pri peti meritvi je zaznana povečana prisotnost niklja, prekoračena je dovoljena mejna vrednost. Ker je šlo v tem primeru izvajanja meritev za kombinacijo varjenja in brušenja obdelovanca, bi lahko predpostavljali, da je k večjemu deležu niklja prispevalo to dodatno opravljeno delovno opravilo.

Toksične snovi pri varjenju po metodi TIG in njihove vrednosti pri posamezni meritvi, ki so bile obravnavane, prikazuje Preglednica 4.

Preglednica 4: Obravnavane toksične snovi pri varjenju po metodi TIG in njihove vrednosti pri posamezni meritvi

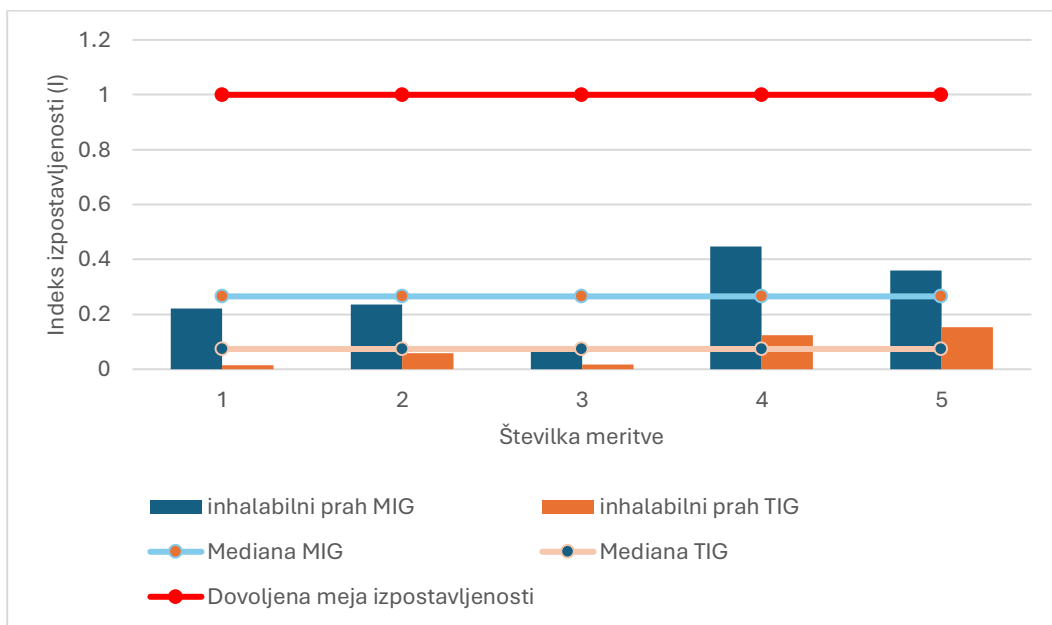
	Številka meritve				
	1	2	3	4	5
Inhalabilni prah	0,015	0,059	0,017	0,125	0,153
Alveolni prah	0	0,164	0,080	0,337	0,228
Mangan (I)	0,001	0,131	0,007	0,167	0,132
Mangan (A)	0,003	0,148	0,000	0,623	0,239
Nikelj (I)	0,01	0,031	0,010	0	1,094
Nikelj (A)	0	0	0	0,216	1,325
Ogljikov dioksid	0,068	0,199	0,466	0,283	0,097

Na Sliki 7, kjer so prav tako slikovno predstavljeni zbrani podatki obravnavanih toksičnih snovi, ki nastajajo pri posameznih postopkih varjenja, so vključeni parametri, ki predstavljajo več kot 70 % izračunane vrednosti izpostavljenosti delavca toksičnim snovem pri varjenju po metodi TIG. To so mangan (temno zelen, zelen), ogljikov dioksid (oranžen) in prah (inhalabilni (temno moder) in alveolni (moder)). Posamezni stolpci prikazujejo indeks izpostavljenosti obravnavanih snovi. Oranžna črta predstavlja vsoto indeksov izpostavljenosti obravnavanih snovi. Vsoto indeksa izpostavljenosti vseh izmerjenih parametrov predstavlja temno modra črta. Podatki so prikazani na meritvah v Prilogah.

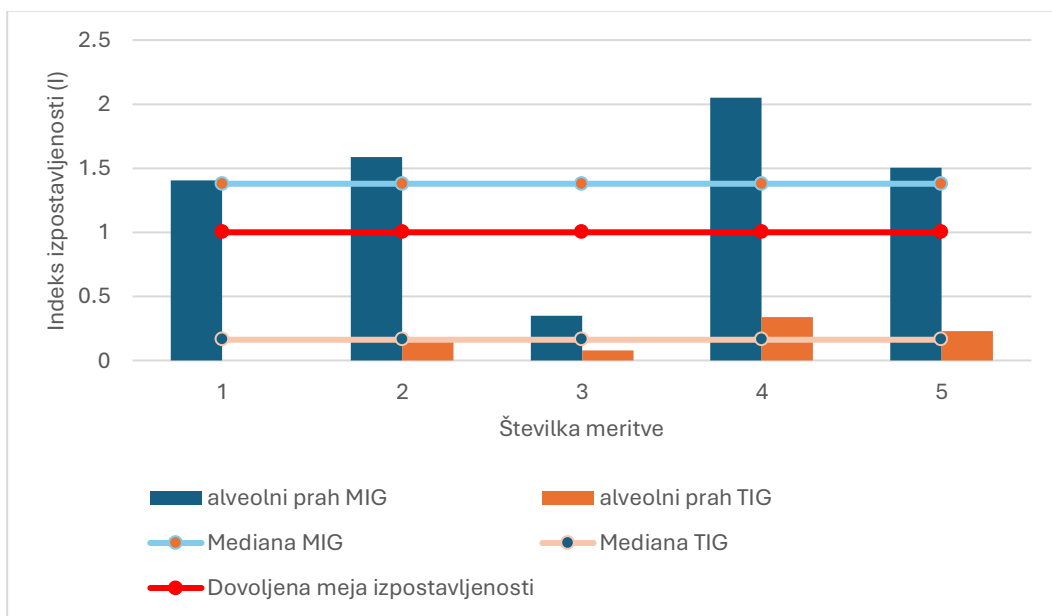


Slika 7: Izpostavljenost obravnavanih toksičnih snovi pri varjenju po metodi TIG

V spodnjih štirih slikovnih prikazih sem primerjal posamezne parametre med postopkoma varjenja po metodi MIG in TIG. Na Sliki 8 sem primerjal inhalabilni prah, na Sliki 9 alveolni prah, na Sliki 10 inhalabilni mangan in na Sliki 11 alveolni mangan. Na slikah je z rdečo barvo označena dovoljena meja izpostavljenosti.



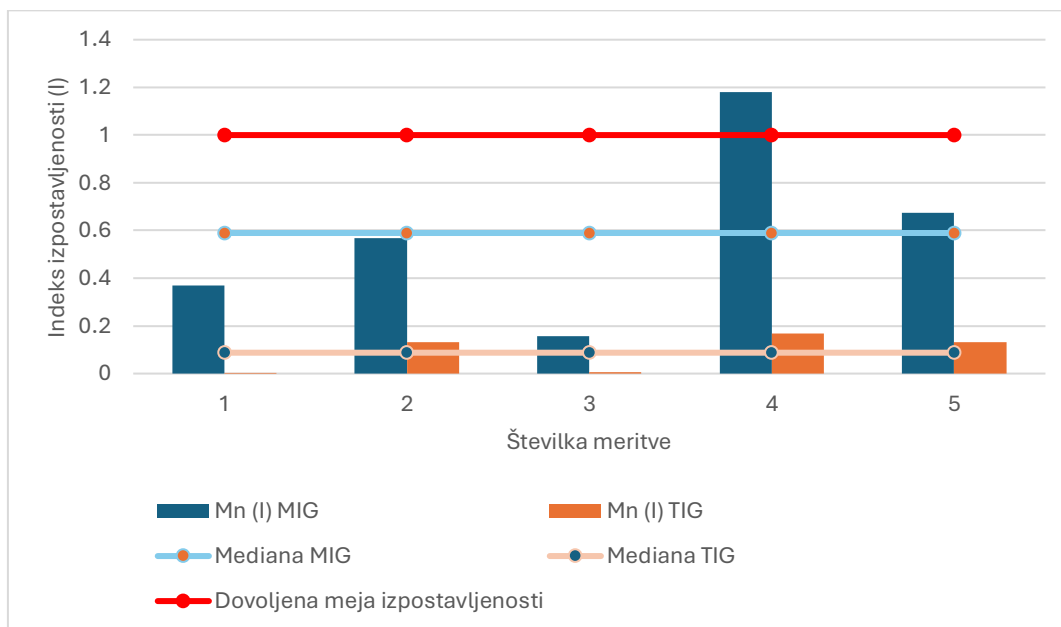
Slika 8: Inhalabilni prah pri varjenju po metodi MIG in TIG



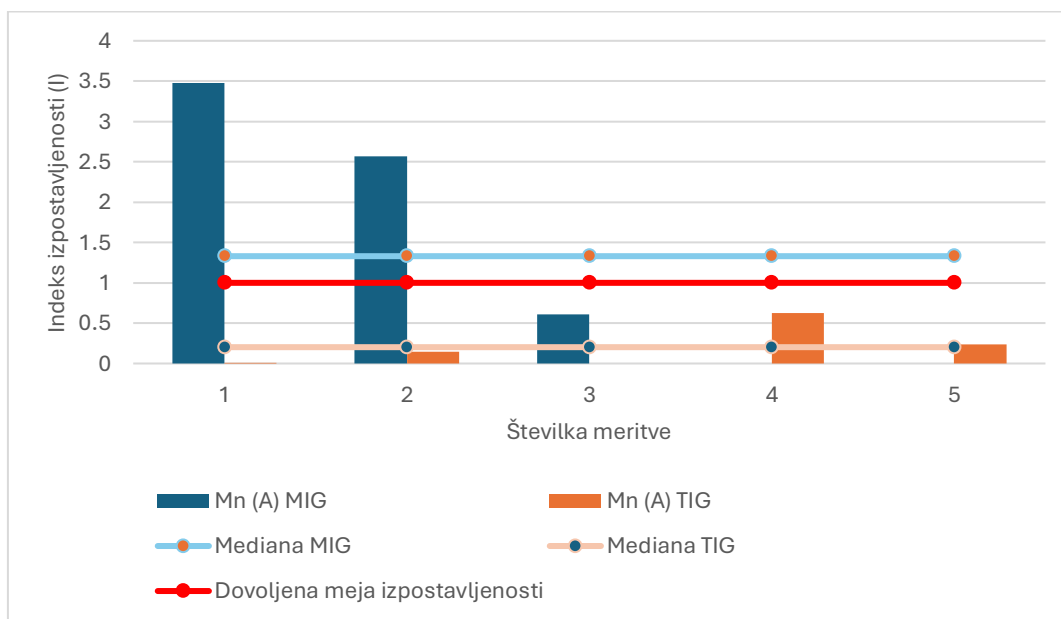
Slika 9: Alveolni prah pri varjenju po metodi MIG in TIG

Sliki 8 in 9 natančneje prikazujeta izpostavljenost delavca inhalabilnemu in alveolnemu prahu pri postopkih varjenja po metodi MIG in TIG. Na Sliki 8 vidimo, da je izpostavljenost delavca inhalabilnemu prahu pri varjenju po metodi MIG mnogo višja, kakor po metodi TIG. Meritve inhalabilnega prahu so dosegale raven do tretjine mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost.

Rezultati meritev aleolnega prahu pri varjenju po metodi MIG, ki so prikazani na Sliki 9, prikazujejo prekoračeno mejno vrednost za poklicno izpostavljenost v štirih od petih meritev.



Slika 10: Inhalabilni mangan pri varjenju po metodi MIG in TIG



Slika 11: Alveolni mangan pri varjenju po metodi MIG in TIG

Sliki 10 in 11 natančneje prikazujeta izpostavljenost delavca inhalabilnemu in alveolnemu manganu pri postopkih varjenja po metodi MIG in TIG. Na Sliki 10 vidimo, da je izpostavljenost delavca inhalabilnemu manganu pri varjenju po metodi MIG pri štirih od petih meritev pod dovoljeno mejo izpostavljenosti. Rezultati meritev alveolnega mangana, ki so prikazani na Sliki 11, pa kažejo, da je pri varjenju po metodi MIG dvakrat prekoračena mejna vrednost za poklicno izpostavljenost.

Jeram, F.: Ugotavljanje nastanka potencialno toksičnih snovi med postopki varjenja v izbranem podjetju. FVO, Velenje, 2025.

Če primerjamo zadnje štiri slike, ki prikazujejo določeno obdobje delovnega procesa, se izpostavljenost delavcev ni zmanjšala. Delo varilca po posamezni metodi je tako raznoliko, da je v obdobju nekaj let težko zagotoviti popolnoma identične pogoje, na primer enak material, enak dodajni material in ostale razmere. Rezultati meritev prikazujejo razmere, ki veljajo na delovnem mestu, kjer delavec izvaja delovno opravilo, ustrezni zaščitni ukrepi pa zmanjšujejo izpostavljenost delavca toksičnim snovem.

5.3 Ugotovitve

Na osnovi dobljenih rezultatov ugotavljam, da je v obeh primerih, tako pri varjenju po metodi MIG kakor pri varjenju po metodi TIG, delavec, ki izvaja postopke varjenja, izpostavljen kemičnim snovem na delovnem mestu. Največji doprinos k izpostavljenosti predstavljata prah in mangan. Tako imajo največji vpliv na izpostavljenost delavca kemičnim snovem na delovnem mestu prašni delci. Zaposlene lahko pri izvajanju postopkov varjenja ustrezno zaščitimo z uporabo ustrezne zaščitne maske in ustrezno projektiranim lokalnim odsesavanjem. Na takšen način lahko zmanjšamo celokupno izpostavljenost delavcev kemičnim snovem na delovnem mestu. Seveda pa je potrebno poskrbeti, da je osebna varovalna oprema – zaščitna maska – ustrezno izbrana, in da delavca seznanimo s pravilno uporabo in njeno namestitvijo. Lokalno odsesavanje pri obeh metodah varjenja ni primarna odločitev. Z lokalnim odsesavanjem pri postopkih varjenja po metodi MIG in TIG se lahko zgodi, da v kolikor je to premočno, hkrati odsesavamo tudi za delo potrebne zaščitne pline (argon, aktivni dioksid in kisik), posledica pa so nekakovostni zvari.

Pri izvedbi raziskave sem se soočil z določenimi omejitvami, ki vključujejo dostopnost specifičnih podatkov o trenutnih koncentracijah nekaterih kemikalij in omejeno število meritev zaradi zahtevnosti postopka vzorčenja in analiziranja. Poleg tega je vzorec omejen na eno podjetje, kar lahko vpliva na reprezentativnost oz. posplošitev ugotovitev na širšo populacijo varilcev. Na podlagi ugotovitev te raziskave predlagam, da se v prihodnje izvede obsežnejša študija, ki bi vključevala večje število vzorcev, širši nabor varilnih postopkov in primerjavo izpostavljenosti v različnih industrijskih panogah. Nadaljnje raziskave bi lahko zajemale tudi dodatne toksične snovi, ki se sproščajo pri drugih načinih varjenja, ter vplive dolgotrajne izpostavljenosti varilcev na zdravje. Uvedba dodatnih ukrepov, kot so pogostejše merjenje in prilagoditev prezračevanja ter še pogostejša uporaba osebne zaščitne opreme bi lahko pomembno prispevala k zmanjšanju zdravstvenih tveganj na področju varjenja.

Ko v izbranem podjetju pride do primera, da rezultati pokažejo prekoračene mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost, delodajalec izvede določene ukrepe, kot so splošno in lokalno prezračevanje in v nadaljevanju zaščita delavca z uporabo osebne varovalne opreme z vgrajenimi filtri za delce in pline, ki so določeni glede na rezultat meritev. V podjetju skozi leta s ponovitvijo periodičnih meritev preverjajo učinkovitost izbranih ukrepov.

Diplomsko delo prinaša nova spoznanja o varilnih postopkih in zdravstvenih tveganjih ter prispeva k boljšemu razumevanju potreb po varnostnih ukrepih na delovnem mestu.

6 SKLEPI

Na podlagi rezultatov sem lahko preveril predhodno postavljeni delovni hipotezi:

H1: Pri varjenju po TIG in MIG metodi nastajajo škodljivi plini ter prah, ki vplivajo na zdravje delavcev.

H2: Pri varjenju TIG nastaja več toksičnih snovi in prahu kot pri varjenju MIG.

Opravljen praktični del diplomskega dela poda rezultate, s katerimi lahko na osnovi analize izpostavljenosti kemičnim snovem pri postopkih varjenja ugotovljamo, da so delavci le-tem izpostavljeni tako pri postopku MIG kot tudi pri postopku TIG. Skupna izračunana izpostavljenost presega dovoljeno izpostavljenost pri 8-urnem opravljanju dela. Rezultati nakazujejo, da je nujno redno izvajanje ukrepov, s katerimi zmanjšamo izpostavljenost delavca kemičnim snovem. Posledično tako zmanjšujemo tveganje za nastanek zdravstvenih okvar. Iz navedenega lahko potrdim, da je **H1 potrjena**. V času izvajanja meritev sem spoznal, da je varjenje po postopku TIG bolj natančno in se uporablja pri natančnejših postopkih varjenja. Postopek je zahtevnejši in primeren za postopke varjenja, kjer je potrebno natančno delo.

Analiza rezultatov tako posameznih parametrov kakor izračunane celokupne izpostavljenosti kemičnim snovem na delovnem mestu pa je podala sledeče ugotovitve. Zaposleni pri postopkih varjenja po metodi TIG ni izpostavljen prekoračenim mejnim vrednostim posameznih parametrov, prav tako v treh primerih tudi ni bila prekoračena celotna izračunana izpostavljenost. V primeru meritve 4 je bila skupna izpostavljenost zaposlenega delavca presežena z ozirom na zavezujoče mejne vrednosti. V meritvi 5 pa je bila prekoračena mejna vrednost prisotnosti niklja v alveolarni frakciji. Po podrobnejšem pregledu postopka dela delavca na omenjenem delovnem mestu je bilo ugotovljeno, da je le-ta poleg varjenja opravljal še postopke brušenja, kar lahko doprinese omenjeni prekoračitvi mejne vrednosti. Pri varjenju po metodi MIG pa iz analize rezultatov ugotovimo, da so prekoračene mejne vrednosti posameznih parametrov (prah, mangan, baker) kakor tudi izračunana celokupna izpostavljenost. Postavljeno **H2** je na osnovi dobljenih rezultatov **ovržena**.

7 POVZETEK

V diplomskem delu sem raziskoval nastanek toksičnih snovi pri postopkih varjenja z metodama MIG in TIG v izbranem podjetju. Varjenje predstavlja eno izmed najpogostejših tehnoloških operacij v kovinsko-predelovalni industriji, vendar ob tem nastajajo snovi, kot so kovinski delci in plini, ki lahko ogrožajo zdravje delavcev. Zaradi tega je ključnega pomena razumevanje izpostavljenosti varilcev tem snovem in učinkovitosti zaščitnih ukrepov.

Cilj raziskave je bil primerjati izpostavljenost varilcev toksičnim snovem pri dveh metodah varjenja ter določiti, katera od metod predstavlja večje tveganje za zdravje. Za preverjanje postavljenih hipotez sem izvedel obsežne meritve prisotnosti toksičnih kovinskih delcev (Cr, Ni, Cu, Mn) in plinov (CO₂, NO, NO₂) v delovnem okolju ter jih primerjal z mejnimi vrednostmi poklicne izpostavljenosti. Rezultati analiz so potrdili, da varjenje po obeh metodah presega mejne vrednosti izpostavljenosti, pri čemer so največjo obremenitev za delavca predstavljali mangan, baker in prah pri MIG, ter mangan, ogljikov dioksid ter prah pri TIG metodi. Pridobljeni rezultati so pokazali, da je povprečna izpostavljenost pri metodi MIG višja, kar je ovrгло drugo hipotezo, ki je predvidevala večjo škodljivost TIG metode. Vendar tudi metoda TIG ni povsem brez tveganj, saj je bilo v specifičnih okoliščinah opaženo preseganje mejnih vrednosti za določene toksične snovi, kot je nikelj.

V diplomskem delu prav tako obravnavam vplive dolgotrajne izpostavljenosti toksičnim snovem na zdravje varilcev. Pri dolgotrajni izpostavljenosti tem snovem lahko pride do respiratornih težav, povečanega tveganja za srčno-žilne bolezni, nevroloških motenj ter poškodb oči in kože zaradi izpostavljenosti varilnemu dimu in UV-sevanju. Zdravstvena tveganja so še posebej izrazita pri neustrezni uporabi osebne varovalne opreme in nezadostnemu prezračevanju delovnega okolja, zato v diplomskem delu izpostavljamo pomen celovitih zaščitnih ukrepov, kot so pravilno nameščeni in redno vzdrževani lokalni odsesovalni sistemi, pravilna uporaba kakovostne zaščitne opreme ter redno izobraževanje varilcev o pomembnosti teh ukrepov. Pomemben je reden nadzor nad izvajanjem ukrepov, s katerimi zmanjšujemo izpostavljenost delavcev nevarnim toksičnim snovem, saj lahko le tako zagotovimo njihovo uporabno vrednost. K temu spada redno čiščenje odsesovalnega sistema in nadzor delovanja, pravilna in redna uporaba osebne varovalne opreme in izobraževanje delavcev o pomembnosti uporabe le-te.

Zaključki raziskave opozarjajo na nujnost rednega opravljanja meritev izpostavljenosti, prilagajanja delovnih pogojev in nadgradnje varnostnih praks, zlasti v delovnih okoljih, kjer varjenje predstavlja glavno dejavnost. Je prispevek k boljšemu razumevanju izpostavljenosti nevarnim snovem v industriji ter nudi smernice za nadaljnji razvoj ukrepov, ki bi lahko dolgoročno zmanjšali zdravstvena tveganja in izboljšali varnost v kovinsko-predelovalni industriji.

7.1 Summary

In this thesis, we investigated the formation of toxic substances during MIG (Metal Inert Gas) and TIG (Tungsten Inert Gas) welding methods in a selected company. Welding is one of the most common technological operations in the metal-processing industry, but it produces substances such as metal particles and gases that can endanger workers' health. Therefore, understanding welders' exposure to these substances and the effectiveness of protective measures is crucial.

The aim of the research was to compare welders' exposure to toxic substances during both welding methods and to determine which method poses a greater health risk. To test the hypotheses, extensive measurements were conducted to assess the presence of toxic metal particles (Cr, Ni, Cu, Mn) and gases (CO₂, NO, NO₂) in the working environment, comparing the results with occupational exposure limit values. The analysis confirmed that welding with both methods exceeds exposure limit values, with manganese, copper, and dust presenting the highest burden for workers during MIG welding, and manganese, carbon dioxide, and dust during TIG welding. The results showed that the average exposure with the MIG method is higher, refuting the second hypothesis, which assumed greater harmfulness of the TIG method. However, the TIG method is not entirely without risks, as exceedances of limit values for certain toxic substances, such as nickel, were observed under specific conditions.

The thesis thoroughly examines the effects of prolonged exposure to toxic substances on welders' health. Prolonged exposure to these substances can lead to respiratory problems, increased risk of cardiovascular diseases, neurological disorders, and damage to the eyes and skin due to exposure to welding fumes and UV radiation. Health risks are particularly pronounced in cases of improper use of personal protective equipment and insufficient workplace ventilation. Therefore, the thesis emphasizes the importance of comprehensive protective measures, such as properly installed and regularly maintained local exhaust systems, correct use of high-quality protective equipment, and regular training of welders on the importance of these measures. Regular monitoring of the implementation of measures, including regular cleaning and inspection of exhaust systems, proper and consistent use of personal protective equipment, and worker education about its importance, is essential to ensure their effectiveness.

The conclusions of the research highlight the necessity of regular exposure measurements, adaptation of working conditions, and upgrading of safety practices, particularly in work environments where welding is the primary activity. This contributes to a better understanding of exposure to hazardous substances in the industry and provides guidelines for further development of measures that could reduce health risks and improve safety in the metal-processing industry in the long term.

8 LITERATURA IN VIRI

1. Antonini, J. M. in drugi. (2003). Pulmonary Effects of Welding Fumes: Review of Worker And Experimental Animal Studies. American Journal of Industrial medicine. Dostopno prek: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12645092/>.
2. Antonini, J. M. in drugi. (2010). *Pulmonary Responses to Welding Fumes: Role of Metal Constituents*. Journal of Toxicology and Environmental health. Dostopno prek: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14681078/>.
3. American Welding Society. Dostopno prek: <https://www.aws.org/standards-and-publications/> (6. 10. 2024).
4. Dolžan, A. (2020). *Kaj je MIG MAG varjenje in kakšne so njegove prednosti?* Dostopno prek: <https://www.sqs.si/kaj-je-mig-mag-varjenje-in-kaksne-so-njegove-prednosti/>.
5. European Agency for Safety and Health at Work - EU-OSHA. (2017). *Welding Health and Safety*. Dostopno prek: <https://osha.europa.eu/en/themes/dangerous-substances/practical-tools-dangerous-substances/welding-health-and-safety>
6. Evropska komisija. Odbor višjih inšpektorjev za delo – SLIC. (2018). *Smernice za nacionalne inšpektorje za delo o obravnavanju tveganj za zdravje zaradi varilnega dima*. Dostopno prek: <https://zssszaupnikvzd.si/wp-content/uploads/2023/02/SLIC-varilni-plin-CHEMEX-Welding-Fume-Guidance-SL.pdf> (13. 11. 2024).
7. International Institute of Welding. Dostopno prek: <https://iiwelding.org> (6. 11. 2024).
8. Kotecki, D. J. (2003). *Gas Metal Arc Welding (GMAW) & Gas Tungsten Arc Welding (GTAW): Processes and Applications*. Welding Journal.
9. Kumar, P. in Mistry, J. (2015). *Impact of Welding Processes on Environment and Health*. International Journal of Advanced Research in Mechanical Engineering & Technology. Dostopno prek: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d0848b8c3bc952fdbd21ce3bf2a4f03f5d6caf1>.
10. Lebar, R. (2019). *Varilci – naj vam bo vaše zdravje na prvem mestu!* Varilna tehnika. Dostopno prek: <https://www.i-var.si/media/datoteke/VT/VARILNA%20Tehnika%202019.pdf>.
11. Medmrežje 1: <https://www.virs.si/abc-varjenja> (5. 11. 2024).
12. Medmrežje 2: <https://www.kovinc.si/wiki/tig-varjenje> (6. 11. 2024).
13. Medmrežje 3: *Hazardous substances in welding and allied processes* – BGI 593, Spiegel, Ciobanu 2008. Dostopno prek: <https://docplayer.net/100418094-Bgi-593-hazardous-substances-in-welding-and-allied-processes-vmbg-vereinigung-der-metall-berufsgenossenschaften-bg-information.html>.
14. Medmrežje 4: <https://www.kovinc.si/wp-content/uploads/2019/03/mig-varjenje-5.jpg>.
15. Medmrežje 5: <https://www.kovinc.si/wp-content/uploads/2019/11/mig-mag-varjenje-2.jpg>.
16. Medmrežje 6: <https://www.kovinc.si/wp-content/uploads/2019/11/tig-varjenje-400x329xc.jpg>.
17. Medmrežje 7: https://www.teminsa.com/37800-large_default/6604-1-PANTALLA-DE-SOLDADURA-DACAR-DC2--RESPIRADOR-MOTORIZADO-DACAIr.jpg.
18. Medmrežje 8: https://www.researchgate.net/figure/Personal-dust-sampler-14_fig1_291340136.

19. Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve. (2006). *Praktične smernice za mejne vrednosti za nevarne kemične snovi*. Ljubljana. Dostopno prek: <http://www.osha.mddsz.gov.si/resources/files/pdf/prakticne-smernice-kemija.pdf>.
20. Popović, O. in drugi. (2014). *Fume and gas emission during arc welding: Hazards and recommendation*. Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 37. Dostopno prek: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114004018>.
21. Podjetje Kovinc. (2019). *Kako poskrbeti za varnost pri varjenju?* Dostopno prek: <https://www.kovinc.si/varjenje/varnost-pri-varjenju>.
22. Rak, I. (2008). *Tehnologija varjenja*. Ljubljana: Modrijan.
23. Safety and Health Magazine. *Study of Welders links manganese fume exposure to Parkinson's-like symptoms*. Medmrežje 9: <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/15142-study-of-welders-links-manganese-fume-exposure-to-parkinsons-like-symptoms> (5. 11. 2024).
24. Spear, J. E. (2004). *Welding Fume and Gas Exposure*. JE Spear Consulting. Dostopno prek: <https://www.jespear.com/articles/welding.pdf>.
25. Tušek, J. (2011). *Praktične in računske vaje iz tehnike spajanja*. Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.
26. Tušek, J. (2014). *Varjenje in sorodne tehnike spajanja materialov v neločljivo zvezo*. Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.
27. Weman, K. in Linden, G. (2006). *MIG welding guide*. Woodhead publishing in materials. Dostopno prek: https://books.google.si/books?hl=sl&lr=&id=mr5QAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=mig+welding&ots=-G626rD9hj&sig=nLzJDTxt8OIAe1DLKQVDSLhsjt4&redir_esc=y#v=onepage&q=mig%20welding&f=false.
28. Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1). (2011). Dostopno prek: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO5537>

Jeram, F.: Ugotavljanje nastanka potencialno toksičnih snovi med postopki varjenja v izbranem podjetju. FVO, Velenje, 2025.

9 PRILOGE

Priloga 1: Meritev MIG varjenja 1

ODDELEK		PRIPRAVA OBEŠAL						Toplotne razmere	
PROSTOR		VARILNICA						T_z (°C)	18,6
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		VARILCI						v_z (m/s)	0,06
OZNAKA MERITVE		MM6						RV (%)	70,9
DELOVNA OPRAVILA		MIG VARJENJE							
DATUM MERITEV		9. 06 .2022							
ZAČETEK MERITEV		09:39:59							
KONEC MERITEV		11:40:06							
SUROVINE V DEL. PROCESU		Argon, Korgon, CO2, HTW 50, Jadran S, Alunox AX CuSi3							
Motnje v času vzorčenja		-							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		Lokalno odsesavanje je obratovalo na maksimalni stopnji. Vir: delavec							
Čas izpostavljenosti delavca na izmeno		7,5	h/8 h						
Vrsta vzorčenja		osebno/aktivno							
Uporaba osebne varovalne opreme		Vizir, zaščitni plašč in zaščitne rokavice							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		Delavec je v času meritve zvaril 18 kom. obešal za lakiranje ohišja. Vir: delavec.							
Opombe		Zunanji izvajalec							
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I_{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]		[mg/m³]			
CO2	124-38-9	9000	18000	2035	±	322	1908	0,212	0,113
CO	630-08-0	23	117	1,067	±	0,06	1,001	0,044	0,009
NO	10102-43-9	2,5	5	0,14	±	0,012	0,132	0,053	0,028
inhalabilni prah	-	10	20	2,36	±	0,5	2,21	0,221	0,118
alveolni prah	-	1,25	2,5	1,88	±	0,44	1,76	1,406	0,75
Cr (I)	7440-47-3	2	2	<0,0063			<0,0059		
Pb (I)	7439-92-1	0,1	0,4	0,00234	±	0,00048	0,00219	0,022	0,006
V-spojine (I)	-	0,03	0,03	<0,0002			<0,00019		
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,079	±	0,015	0,074	0,369	0,049
Co (I)	7440-48-4	0,01	0,02	<0,0003			<0,00028		
Cu (I)	7440-50-8	1	2	0,039	±	0,0077	0,0366	0,037	0,02
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	0,00231	±	0,00053	0,00216	0,043	0,023
Mn (A)	7439-96-5	0,05	0,4	0,186	±	0,04	0,174	3,481	0,464
Ni (A)	7440-02-0	0,006	0,048	<0,001			<0,0009		
V-spojine (A)	0	0,005	0,005	<0,0001			<0,00009		
Cu (A)	7440-50-8	0,01	0,02	0,0141	±	0,0031	0,0133	1,325	0,707
Co (A)	7440-48-4	0,005	0,04	<0,0003			<0,00028		
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								7,213	2,287

Priloga 2: Meritev MIG varjenja 2

ODDELEK		VZDRŽEVANJE						Toplotne razmere	
PROSTOR		KLJUČARSKA DELAVNICA						T_z (°C)	21,9
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		VZDRŽEVALEC						v_z (m/s)	0,3
OZNAKA MERITVE		MM1						RV (%)	54,5
DELOVNA OPRAVILA		MIG VARJENJE							
DATUM MERITEV		9. 06. 2021							
ZAČETEK MERITEV		08:47:29							
KONEC MERITEV		10:18:35							
SUROVINE V DEL. PROCESU		CORGON 1,2 mm ŽICA							
Motnje v času vzorčenja		Ni bilo zaznanih motenj							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		Lokalno odsesavanje je obratovalo kot običajno. Vir: delavec.							
Čas izpostavljenosti delavca na izmeno		7,5	h/8 h						
Vrsta vzorčenja		Oseбно/aktivno							
Uporaba osebne varovalne opreme		-							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		Delavec je v času meritve varil konstrukcijo za elektro omaro, tirnico za viseči transporter in testiral skupaj 15 metrov zvara. Vir: delavec.							
Opombe									
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]		[mg/m³]			
CO2	124-38-9	9000	18000	2003	±	316	1877,466	0,209	0,111
CO	630-08-0	23	117	4,95	±	0,28	4,637	0,202	0,042
NO	10102-43-9	2,5	5	<0,14			<0,13	0,026	0,014
inhalabilni prah	-	10	20	2,5	±	0,6	2,347	0,235	0,125
alveolni prah	-	1,25	2,5	2,1	±	0,5	1,9807	1,585	0,845
Cr (I)	7440-47-3	2	2	<0,0033			<0,0031	0,001	0,001
Pb (I)	7439-92-1	0,1	0,4	<0,0039			<0,0037	0,019	0,005
V-spojine (I)	0	0,03	0,03	<0,0003			<0,00028	0,005	0,005
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,121	±	0,012	0,1135	0,567	0,076
Co (I)	7440-48-4	0,01	0,02	<0,0011			<0,001	0,05	0,028
Cu (I)	7440-50-8	1	2	0,0148	±	0,0022	0,0138	0,014	0,007
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	<0,0016			<0,0015	0,015	0,008
Mn (A)	7439-96-5	0,05	0,4	0,137	±	0,013	0,1283	2,566	0,342
Ni (A)	7440-02-0	0,006	0,048	<0,001			<0,0009	0,075	0,01
V-spojine (A)	0	0,005	0,005	<0,0001			<0,00009	0,009	0,01
Cu (A)	7440-50-8	0,01	0,02	0,0234	±	0,0023	0,0219	2,192	1,169
Co (A)	7440-48-4	0,005	0,04	<0,0004			<0,00038	0,038	0,005
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								7,806	2,804

Priloga 3: Meritev MIG varjenja 3

ODDELEK		ENERGETIKA						Toplotne razmere	
PROSTOR		DELAVNICA ENERGETIKE						T_z (°C)	23,7
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		VARILCI						v_z (m/s)	0,25
OZNAKA MERITVE		MM2						RV (%)	49,6
DELOVNA OPRAVILA		MIG VARJENJE							
DATUM MERITEV		9. 06. 2021							
ZAČETEK MERITEV		11:17:06							
KONEC MERITEV		12:18:35							
SUROVINE V DEL. PROCESU		Argon, CO2, EVB 50, Jadran S, HTW-50, Tinol žica Sn60/Pb40, Cinol pasta							
Motnje v času vzorčenja		Ni bilo zaznanih motenj							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		Lokalno odsesavanje je obratovalo na maksimalni stopnji.							
Čas izpostavljenosti delavca na izmeno		2	h/8 h						
Vrsta vzorčenja		osebno/aktivno							
Uporaba osebne varovalne opreme		vizir, zaščitni plašč in zaščitne rokavice							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		Delavec je v času meritve varil timice za verigo in testiral. Skupaj je porabil 11 metrov zvara. Vir: delavec.							
Opombe									
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]			[mg/m³]		
CO2	124-38-9	9000	18000	1114	±	176	278,543	0,031	0,062
CO	630-08-0	23	117	1,64	±	0,09	0,411	0,018	0,014
NO	10102-43-9	2,5	5	<0,14			<0,04		
inhalabilni prah	-	10	20	2,59	±	0,61	0,6475	0,065	0,129
alveolni prah	-	1,25	2,5	1,76	±	0,42	0,439	0,351	0,702
Cr (I)	7440-47-3	2	2	0,003	±	0,0008	0,0007	0	0,001
Pb (I)	7439-92-1	0,1	0,4	<0,0021			<0,0005		
V-spojine (I)	0	0,03	0,03	<0,0002			<0,00005		
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,13	±	0,01	0,0317	0,158	0,079
Co (I)	7440-48-4	0,01	0,02	<0,0006			<0,00015		
Cu (I)	7440-50-8	1	2	0,016	±	0,002	0,0041	0,004	0,008
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	0,0016	±	0,0005	0,0004	0,008	0,016
Mn (A)	7439-96-5	0,05	0,4	0,121	±	0,012	0,0303	0,605	0,303
Ni (A)	7440-02-0	0,006	0,048	<0,001			<0,0003		
V-spojine (A)	0	0,005	0,005	<0,0002			<0,00005		
Cu (A)	7440-50-8	0,01	0,02	0,01	±	0,001	0,0025	0,254	0,509
Co (A)	7440-48-4	0,005	0,04	<0,001			<0,0003		
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								1,495	1,824

Priloga 4: Meritev MIG varjenja 4

ODDELEK		ENERGETIKA						Toplotne razmere	
PROSTOR		DELAVNICA ENERGETIKE						T_z (°C)	24,5
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		VARILCI						v_z (m/s)	0,18
OZNAKA MERITVE		MM2						RV (%)	62,9
DELOVNA OPRAVILA		MIG VARJENJE							
DATUM MERITEV		20. 09. 2018							
ZAČETEK MERITEV		11:16:00							
KONEC MERITEV		13:16:00							
SUROVINE V DEL. PROCESU		Argon, CO2, EVB 50, Jadran S, HTW-50, Tinol žica Sn60/Pb40, Cinol pasta							
Motnje v času vzorčenja		Ni bilo zaznanih motenj.							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		lokalno odsesavanje							
Čas izpostavljenosti delavca na izmeno		7	h/8 h						
Vrsta vzorčenja		osebno/aktivno							
Uporaba osebne varovalne opreme		vizir							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		V času meritve je delavec zavaril štiri palete za tečaje pomivalnih strojev dimenzij 600 x 800 x 175. Vir: delavka.							
Opombe									
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]		[mg/m³]			
CO2	124-38-9	9000	18000	6394	±	1010	5595	0,622	0,311
CO	630-08-0	23	117	8,1	±	0,45	7	0,304	0,06
NO	10102-43-9	2,5	5	<0,14			<0,04		
inhalabilni prah	-	10	20	5,11	±	1,2	4,47	0,447	0,224
alveolni prah	-	1,25	2,5	2,92	±	0,26	2,56	2,048	1,024
Cr (I)	7440-47-3	2	2	<0,0024			<0,0021		
Pb (I)	7439-92-1	0,1	0,4	<0,012			<0,011		
V-spojine (I)	7440-62-2	0,03	0,03	<0,0024			<0,0021		
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,2695	±	0,0419	0,2358	1,179	0,147
Co (I)	7440-84-4	0,01	0,02	<0,0024			<0,0021		
Cu (I)	7440-50-8	1	2	0,0309	±	0,0048	0,027	0,027	0,014
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	<0,0024			<0,0021		
Mn (A)									
Ni (A)									
V-spojine (A)									
Cu (A)									
Co (A)									
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								4,627	1,780

Jeram, F.: Ugotavljanje nastanka potencialno toksičnih snovi med postopki varjenja v izbranem podjetju.
FVO, Velenje, 2025.

Priloga 5: Meritev MIG varjenja 5

ODDELEK		CENTRALNA DELAVNICA					Toplotne razmere		
PROSTOR		VARILNO MESTO-CENTRALNA DELAVNICA					T _z (°C)	22,4	
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		VARILCI					v _z (m/s)	0,13	
OZNAKA MERITVE		MM1					RV (%)	59,3	
DELOVNA OPRAVILA		MIG VARJENJE							
DATUM MERITEV		21. 09. 2018							
ZAČETEK MERITEV		07:29:28							
KONEC MERITEV		09:29:28							
SUROVINE V DEL. PROCESU		Argon, CO2, EVB 50, Jadran S, HTW 50							
Motnje v času vzorčenja		Ni bilo zaznanih motenj.							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		lokalno odsesavanje							
Čas izpostavljenosti delavca na izmeno		7	h/8 h						
Vrsta vzorčenja		osebno/aktivno							
Uporaba osebne varovalne opreme		vizir z vpihom svežega zraka							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		V času meritve je delavec zavaril dve paleti za tečaje pomivalnih strojev dimenzij 600 x 800 x 175 in en zaboj dimenzij 1050 x 550 x 540 (zabojnik za odpadno pločevino. Vir: delavka.							
Opombe									
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]			[mg/m³]		
CO2	124-38-9	9000	18000	3470	±	548	3036	0,337	0,169
CO	630-08-0	23	117	4,04	±	0,23	3,539	0,154	0,030
NO	10102-43-9	2,5	5	<0,14			<0,04		
inhalabilni prah	-	10	20	4,11	±	0,36	3,6	0,360	0,180
alveolni prah	-	1,25	2,5	2,15	±	0,51	1,88	1,504	0,752
Cr (I)	7440-47-3	2	2	0,0033	±	0,001	0,0028	0,001	0,001
Pb (I)	7439-92-1	0,1	4	0,006	±	0,001	0,005	0,050	0,001
V-spojine (I)	7440-62-2	0,03	0,03	<0,00089			<0,00078		
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,1541	±	0,024	0,1348	0,674	0,084
Co (I)	7440-84-4	0,01	0,02	<0,00089			<0,00078		
Cu (I)	7440-50-8	1	2	0,0155	±	0,0024	0,014	0,014	0,007
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	0,0023	±	0,0007	0,002	0,040	0,020
Mn (A)									
Ni (A)									
V-spojine (A)									
Cu (A)									
Co (A)									
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov							3,135	1,245	

Priloga 6: Meritev TIG varjenja 1

ODDELEK		Nova orodja - hala 1						Toplotne razmere	
PROSTOR		Glavna varilnica						T_z (°C)	20,5
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		S3						v_z (m/s)	0,08
OZNAKA MERITVE		MM3						R_v (%)	52
DATUM MERITVE		12. 05. 2023				ZAČETEK MERITVE			09:26:21
IZPOSTAVELJNOST NA IZMENO		4 h				KONEC MERITVE			11:31:28
						SKUPAJ PAVZE			00:00:00
						ČAS VZORČENJA			02:05:07
DELOVNA OPRAVILA		VARJENJE							
SUROVINE V DEL. PROCESU		Argon, dodatni material 45303 W, kovinski obdelovanci							
Motnje v času vzorčenja		-							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		Lokalno odsesavanje (od spodaj, od strani in od zgoraj) je delovalo na stopnji 3/5. Okno je bilo odprto na nagib. Vir: delavec.							
Uporaba osebne varovalne opreme		-							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		V času meritve je delavec varil 4 komade matrice (delovni nalog 5V1-91687). Pri tem je porabil približno 40 dag dodatnega materiala 45303 W (nastavitev aparata: 84 A). Vir: delavec.							
Opombe									
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]			[mg/m³]		
ogljikov dioksid	124-38-9	9000	18000	1218	±	50	609	0,068	0,068
ogljikov monoksid	630-08-0	23	117	0,713	±	0,051	0,356	0,015	0,006
dušikov oksid	10102-43-9	2,5	5	<0,14			<0,07		
inhalabilni prah	-	10	20	0,296	±	0,078	0,148	0,015	0,015
alveolni prah	-	1,25	2,5	<0,1			<0,05		
Cr (I)	7440-47-3	2	2	<0,0059			<0,003		
V-spojine (I)	-	0,03	0,03	<0,0002			<0,0001		
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,00047	±	0,00011	0,00023	0,001	0
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	0,00104	±	0,00024	0,00052	0,01	0,01
Mn (A)	7439-96-5	0,05	0,4	0,000292	±	0,000074	0,000146	0,003	0,001
Ni (A)	7440-02-0	0,006	0,048	<0,0005			<0,00025		
V-spojine (A)	0	0,005	0,005	<0,0001			<0,00005		
NO2*	10102-44-0	0,96	1,91	<0,073			<0,037		
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								0,112	0,100

Priloga 7: Meritev TIG varjenja 2

ODDELEK		VARILNICA - GORILCI						Toplotne razmere	
PROSTOR		MIZA 1						T_z (°C)	21,1
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		VARILEC						v_z (m/s)	0,1
OZNAKA MERITVE		MM2						R_v (%)	63
DATUM MERITVE		9. 06. 2023				ZAČETEK MERITVE			10:25:15
IZPOSTAVELJNOST NA IZMENO		7,5 h				KONEC MERITVE			12:27:40
						SKUPAJ PAVZE		00:00:00	
						ČAS VZORČENJA		02:02:25	
DELOVNA OPRAVILA		TIG VARJENJE IN OBČASNO BRUŠENJE S KOTNO BRUSILKO							
SUROVINE V DEL. PROCESU		INOX, dodajni material šipka 310, argon							
Motnje v času vzorčenja		-							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		Lokalno odesesvanje ni obratovalo.							
Uporaba osebne varovalne opreme		-							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		Navarjanje na cev premera 160 mm, 11 krogov (cca. 95 A). Vir: delavec.							
Opombe		Varil je en delavec, običajno varijo od 3 do 4 varilci.							
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]			[mg/m³]		
ogljikov dioksid	124-38-9	9000	18000	1912	±	78	1793	0,199	0,106
ogljikov monoksid	630-08-0	23	117	0,744	±	0,053	0,697	0,03	0,006
dušikov oksid	10102-43-9	2,5	5	<0,14			<0,13		
inhalabilni prah	-	10	20	0,63	±	0,13	0,59	0,059	0,032
alveolni prah	-	1,25	2,5	0,218	±	0,062	0,205	0,164	0,087
Cr (I)	7440-47-3	2	2	<0,006			<0,0056		
V-spojine (I)	-	0,03	0,03	<0,0002			<0,00019		
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,028	±	0,0054	0,0263	0,131	0,018
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	0,00164	±	0,00038	0,00154	0,031	0,016
Mn (A)	7439-96-5	0,05	0,4	0,0079	±	0,0017	0,0074	0,148	0,02
Ni (A)	7440-02-0	0,006	0,048	<0,001			<0,0009		
V-spojine (A)	0	0,005	0,005	<0,0001			<0,00009		
NO2*	10102-44-0	0,96	1,91	0,106	±	0,014	0,1	0,104	0,056
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								0,762	0,285

Priloga 8: Meritev TIG varjenja 3

ODDELEK		ORODJARNA						Toplotne razmere	
PROSTOR		VARILNICA						T_z (°C)	20,7
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		-						v_z (m/s)	0,13
OZNAKA MERITVE		MM4						RV (%)	67,4
DATUM MERITVE		29. 10. 2018				ZAČETEK MERITVE			08:00:00
IZPOSTAVELJNOST NA IZMENO		4,5 h/8 h				KONEC MERITVE			10:00:00
						SKUPAJ PAVZE		00:00:00	
						ČAS VZORČENJA		02:00:00	
DELOVNA OPRAVILA		TIG VARJENJE							
SUROVINE V DEL. PROCESU		OCR 1.2379, ARGON, CORGON							
Motnje v času vzorčenja		Ni bilo zaznanih motenj.							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		Vpih zraka je bil nastavljen na stopnjo 6, odsesavanje pa na stopnjo 3.							
Uporaba osebne varovalne opreme		-							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		Navarjanje ene rezilne matrice (1 h), varjenje raznih ograjic za orodje (1 h).							
Opombe		od 8:44:15 do 8:47:15 test samo dihanje							
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]			[mg/m³]		
ogljikov dioksid	124-38-9	9000	18000	7449	±	1177	4190	0,466	0,233
ogljikov monoksid	630-08-0	23	117	2,01	±	0,11	1,131	0,049	0,010
dušikov oksid	10102-43-9	2,5	5	<0,14			<0,08	0,032	0,016
inhalabilni prah	-	10	20	0,3	±	0,07	0,17	0,017	0,009
alveolni prah	-	1,25	2,5	0,18	±	0,04	0,1	0,080	0,040
Cr (I)	7440-47-3	2	2	<0,00089			<0,0005	0,000	0,000
V-spojine (I)	7440-62-2	0,03	0,03	<0,00089			<0,0005	0,017	0,017
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,00226	±	0,00039	0,0013	0,007	0,001
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	<0,00089			<0,0005	0,010	0,005
Mn (A)	7439-96-5	0,05	0,4	?	?	?	?	?	?
Ni (A)	7440-02-0	0,006	0,048	<0,0005	?	?	?	?	?
V-spojine (A)	0	0,005	0,005	<0,0001	?	?	?	?	?
NO2*	10102-44-0	0,96	1,91	<0,073	?	?	<0,037	?	?
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								0,678	0,330

Priloga 9: Meritev TIG varjenja 4

ODDELEK		TEHNIČNE DELAVNICA CENTRIFUG 1						Toplotne razmere	
PROSTOR		VARILNI PROSTOR						T_z (°C)	21,4
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		RAZVOJNI VZDRŽEVALEC						v_z (m/s)	0,2
OZNAKA MERITVE		MM3						RV (%)	30
DATUM MERITVE		26. 11. 2020				ZAČETEK MERITVE			11:28:00
IZPOSTAVELJNOST NA IZMENO		7,5 h/8 h				KONEC MERITVE			13:28:00
						SKUPAJ PAVZE			00:00:00
						ČAS VZORČENJA			02:00:00
DELOVNA OPRAVILA		VARJENJE							
SUROVINE V DEL. PROCESU		ARGON, STARGON, C18 VARILNA ŽICA INETIG INOX 316 LSI							
Motnje v času vzorčenja		Ni bilo zaznanih motenj.							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		Ventilator v steni je obratoval na stopnji 5 od 5, lokalno odsesavanje iz komor.							
Uporaba osebne varovalne opreme		-							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		Delavec je v času meritve porabil cca. 2 m žice, ročno popravilo 13 koles. Vir: delavec.							
Opombe									
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m³]		[mg/m³]			[mg/m³]		
ogljikov dioksid	124-38-9	9000	18000	2714	±	429	2544	0,283	0,151
ogljikov monoksid	630-08-0	23	117	0,85	±	0,05	0,801	0,035	0,007
dušikov oksid	10102-43-9	2,5	5	0,17	±	0,01	0,16	0,064	0,034
inhalabilni prah	-	10	20	1,33	±	0,32	1,2488	0,125	0,067
alveolni prah	-	1,25	2,5	0,45	±	0,11	0,4208	0,337	0,18
Cr (I)	7440-47-3	2	2	0,038	±	0,0037	0,0356	0,018	0,019
V-spojine (I)	1314-62-1	0,03	0,03	<0,0002			<0,00019	0,003	0,003
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,0355	±	0,0035	0,0333	0,167	0,022
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,01	???	±	0,0003	???	0	0
Mn (A)	7439-96-5	0,05	0,4	0,0332	±	0,0032	0,0312	0,623	0,083
Ni (A)	7440-02-0	0,006	0,048	0,0014	±	0,0003	0,0013	0,216	0,029
V-spojine (A)	1314-62-1	0,005	0,005	<0,0001			<0,00009	0,009	0,01
NO2*	10102-44-0	0,96	1,91	0,31	±	0,04	0,2904	0,303	0,162
VSOTA I - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								2,183	0,767

Priloga 10: Meritev TIG varjenja 5

ODDELEK								Toplotne razmere	
PROSTOR		VARILNICA; DESNA STRAN						T_z (°C)	18,6
OZNAKA SKUPINE DELAVCEV		-						v_z (m/s)	0,05
OZNAKA MERITVE		MM1						R_v (%)	37
DATUM MERITVE		21. 02. 2019				ZAČETEK MERITVE			11:35:00
IZPOSTAVELJNOST NA IZMENO		7 h/8 h				KONEC MERITVE			14:35:00
						SKUPAJ PAVZE			00:00:00
						ČAS VZORČENJA			02:00:00
DELOVNA OPRAVILA		TIG VARJENJE IN OBČASNO BRUŠENJE S KOTNO BRUSILKO							
SUROVINE V DEL. PROCESU		INOX cev in žica za dodajanje Buhler EAS 2-IG							
Motnje v času vzorčenja		Ni bilo zaznanih motenj.							
Prezračevanje prostora v času vzorčenja		Lokalno; napa v sredini prostora, ki je obratovala na maksimalni stopnji.							
Uporaba osebnih varovalne opreme		varilna maska							
Podatek o kapaciteti proizvodnje v času meritve in vir podatka		Varjenje in opravljanje testa enega obdelovanca.							
Opombe		V času meritev je varilec varil INOX cev za testiranje in dodajal žico premera 2 in 2,4 mm, dolžine 1000 mm.							
SNOV	CAS	MV	KTV	C - Izmerjena koncentracija			E - 8h-TWA	I	I _{KTV}
		[mg/m ³]		[mg/m ³]			[mg/m ³]		
ogljikov dioksid	124-38-9	9000	18000	996	±	157	872	0,097	0,055
ogljikov monoksid	630-08-0	23	117	1,121	±	0,063	0,981	0,043	0,01
dušikov oksid	10102-43-9	2,5	5	0,359	±	0,03	0,314	0,126	0,072
inhalabilni prah	-	10	20	1,751	±	0,158	1,5318	0,153	0,088
alveolni prah	-	1,25	2,5	0,326	±	0,078	0,29	0,228	0,13
Cr (I)	7440-47-3	2	2	0,121	±	0,012	0,1057	0,053	0,06
V-spojine (I)	1314-62-1	0,03	0,03	0,001	±	0	0,0005	0,015	0,018
Mn (I)	7439-96-5	0,2	1,6	0,03	±	0,003	0,0264	0,132	0,019
Ni (I)	7440-02-0	0,05	0,1	0,063	±	0,006	0,05	1,094	0,625
Mn (A)	7439-96-5	0,05	0,4	0,014	±	0,001	0,01	0,239	0,034
Ni (A)	7440-02-0	0,006	0,048	0,009	±	0,001	0,01	1,325	0,189
V-spojine (A)	1314-62-1	0,005	0	<0,001			<0,0009		
NO2*	10102-44-0	0,96	1,91	<0,298			<0,26		
VSOTA / - ob upoštevanju zavezujočih MV in MV iz tujih predpisov								3,505	1,300