

Dokument: SASAK-RAP-E1-0002-02

Arbejdsmiljø og eksternt miljø ved sammenføjning af aluminium.

SASAK
Projekt E1 – Miljø og sikkerhed

Erik Beck Hansen
Kim Hurup
Jan Thernøe

FORCE Instituttet, november 2000

Indholdsfortegnelse

1	Svejsning	3
1.1	Arbejds miljørisici.....	3
1.1.1	Luftforurening	4
1.1.2	Svejserøg.....	6
1.1.3	Optisk stråling	12
1.1.4	Støj	17
1.1.5	Risiko ved strømpåvirkning	18
1.1.6	Eksplodingsfare	18
1.2	Foranstaltninger mod arbejdsmiljøpåvirkninger ved svejsning	19
1.2.1	Luftforurening	19
1.2.2	Åndedrætsværn.....	22
1.2.3	Beskyttelse mod optisk stråling.....	24
1.2.4	Foranstaltninger mod elulykker	25
1.3	Miljøforhold ved svejseprocesser til aluminium	26
1.3.1	TIG-svejsning af aluminium	26
1.3.2	MIG-svejsning af aluminium	29
1.3.3	Lasersvejsning.....	31
2	Limning	32
2.1	Arbejds miljørisici.....	32
2.2	Arbejds miljøforanstaltninger generelt.....	32
2.3	Limtyper og limformer	34
2.4	Limeprocessens deloperationer.....	38
2.4.1	Forbehandling af emner	39
2.4.2	Klargøring af lim og påføringsudstyr	40
2.4.3	Påføring af lim.....	40
2.4.4	Samling af emner og hærdning af lim	41
2.4.5	Efterbearbejdning af de limede emner	41
2.4.6	Rengøring af påføringsudstyr	41
2.4.7	Håndtering af limaffald	41
3	Eksternt miljø ved sammenføjning af aluminium.....	42
3.1	Luftforurening	42
3.1.1	Begreber, definitioner og forklaringer	43
3.1.2	Emission	44
3.1.3	Massestrøm.....	45
3.1.4	Immision.....	46
3.1.5	B-værdi (bidragsværdi)	46
3.1.6	Massestrømsgrænser, emissionsgrænser og B-værdier.....	47
3.1.7	Hovedgruppe 1	47
3.1.8	Emissionsbegrænsning	47
3.1.9	Hovedgruppe 2.....	48
3.2	Affald og spildevand.....	48
4	Referenceliste.....	49

Arbejds miljø og eksternt miljø ved sammenføjning af aluminium.

Arbejds miljø

Dette afsnit beskriver arbejds miljøforhold, regler og krav i forbindelse med *svejsning og limning* af aluminium.

Afsnittet er målrettet mod sammenføjning af aluminium og indeholder derfor primært arbejds miljøregler m.v., som har direkte relevans for dette område. Af hensyn til den praktiske anvendelighed er der dog i et begrænset omfang medtaget mere generelle oplysninger om miljøforhold i forbindelse med de beskrevne processer.

1 Svejsning

1.1 ARBEJDS MILJØRISICI

De væsentligste arbejds miljørisici ved *svejsning* i aluminium er *luftforureningen* og den *optiske stråling* (svejselys). På begge disse områder kan svejsning i aluminium stille særlige krav til beskyttelseforanstaltninger i forhold til arbejde i andre materialer.

Procesudstyret kan desuden være omfattet af regler for *elsikkerhed* og *sikkerhed ved gasflasker/anlæg*.

Arten og graden af arbejds miljørisici ved svejsning i aluminium afhængig af den anvendte svejseproces er vist i tabel 1.

Tabel 1 Generel oversigt over arbejds miljørisici ved svejsning i aluminium

Proces	Arbejds miljørisici							
	<i>Luftforurening</i>	<i>Optisk stråling</i>	<i>Støj</i>	<i>El-sikkerhed</i>	<i>Gas anlæg</i>	<i>Magnetfelt</i>	<i>Brand</i>	<i>Ergonomi</i>
<i>MIG-svejsning</i>	xxxx	xxxx	xx (a)	x (a)	x (a)		x (a)	xx (d)
<i>TIG-svejsning</i>	xx(x)	xxx	xx	x (a)	x (a)		x (a)	xx (d)
<i>Plasmasvejsning</i>	xxx	xxx		x (a)	x (a)		x (a)	xx (d)
<i>CO₂-lasersvejsning</i>	xx	xxx		x (a)			x (a)	
<i>YAG-lasersvejsning</i>	xx	xxxx		x (a)			x (a)	
<i>Modstandssvejsning</i>			xx (a)	x (a)		x (c)		
<i>Friction stir</i>			x (b)					

- x : Lille påvirkning/risiko ved normale sikkerhedsforanstaltninger
- xx : Kan være et arbejdsmiljøproblem
- xxx : Væsentligt arbejdsmiljøproblem; Foranstaltninger påkrævet
- xxxx : Stor risiko for uacceptabel påvirkning; særlige foranstaltninger påkrævet

(a)(b)(c) Materialet har ingen betydning for risikoen, dvs. forholdene ved svejsning i aluminium er de samme som ved tilsvarende svejsning i andre materialer.

Støjniveauet foreligger ikke oplyst

Risikoen ved magnetfelter fra modstandssvejsmaskiner er ikke dokumenteret

Ved manuel svejsning: overhyppighed af ergonomiske skader (ryg, ben) i erhvervsgruppen ”svejsere”

1.1.1 LUFTFORURENING

Svejsning i aluminium kan udvikle røg samt forskellige gasarter, herunder specielt ozon.

Mængden og sammensætningen af forureningen er bestemt af den aktuelle proces, procesparametrene, tilsatsmaterialet, grundmaterialelegering og den eventuelle beskyttelsesgas. Det store antal procesvariable betyder, at der inden for samme hovedproces kan forekomme endog meget store variationer i både mængde og sammensætning af forureningen.

Tabel 2 viser en almen oversigt over arten af forureninger ved forskellige processer til svejsning i aluminium samt forureningsmængderne vægtet relativt.

Tabel 2: Generel oversigt over luftforureningens art og mængde ved svejsning i aluminium.

Proces	Luftforurening		
	Svejserøg	Ozon (O ₃)	Nitrøse gasser (NO+NO ₂)
MIG-svejsning	xxx	xxxxx	x(x)
TIG-svejsning		xx(x)	x
Plasma-svejsning		xxx	x
CO ₂ -lasersvejsning	xx	x	(x)
YAG-lasersvejsning	xx	x	(x)
Modstandssvejsning			
Friction stir	*		

x : Lav forureningsdannelse – normalt ikke kritisk.

xx : Forureningsdannelse med arbejdsmiljømæssig betydning

xxx : Kraftig forureningsdannelse; risiko for uacceptabel påvirkning

xxxxx : Meget kraftig forureningsdannelse; stort risiko for uacceptabel påvirkning; særlige foranstaltninger påkrævet

() : Variationsområde

* : Ingen data

Det fremgår af tabellen, at ozondannelsen ved MIG-svejsning i aluminium kan være ekstrem kraftig. Ozondannelsen ved MIG-svejsning i aluminium er normalt langt større end ved svejsning i andre materialer som f.eks. rustfrit stål. Ved MIG-svejsning i aluminium må operatøren derfor ofte beskyttes med åndedrætsværn udover procesventilation. MIG-svejsning i aluminium medfører samtidig røg.

TIG- og plasmasvejsning i aluminium udvikler ligeledes ozon, mens i betydelig mindre mængde end MIG-svejsning. Ozonmængden ved TIG/plasma-svejsning i aluminium er endvidere ofte mindre end ved f.eks. TIG-svejsning i rustfrit stål ved samme strømstyrke. Røgd udviklingen ved normalt ubetydelig.

1.1.2 SVEJSERØG

Svejsrerøg er små faste partikler, der dannes ved kondensering og størkning af fordampet materiale fra svejseprocessen. Temperaturen ved smeltesvejsprocesserne er så høj - typisk 5000-20000 °C - at der sker en fordampning fra tilsatsmaterialedråber og smeltebad. En del af disse dampe undslipper til luften, hvor de kondensere og størkner til partikler. I dannelsesfasen sker der normalt samtidig en oxidering ved reaktion med luftens oxygen, dvs. *svejsrerøgparkiklerne består overvejende af metaloxider.*

Undersøgelser har vist, at langt den største del af røgen dannes ved fordampning fra tilsatsmaterialedråber, mens fordampning fra smeltebadet kun bidrager meget lidt til røgdannelsen. Dette er årsagen til, at f.eks. TIG- og plasmasvejsning kun giver en ubetydelig røgdudvikling sammenlignet med MIG- og elektrodesvejsning. Normalt bidrager fordampning fra smeltebadet mindre end 1% til røgdudviklingen ved MIG-svejsning.

Røgdudvikling. *Den typiske røgemission ved MIG-svejsning af aluminiumlegeringer med Ar gasbeskyttelse er vist i tabel 3.*

Tabel 3 Typiske røgemissioner ved MIG-svejsning i aluminium

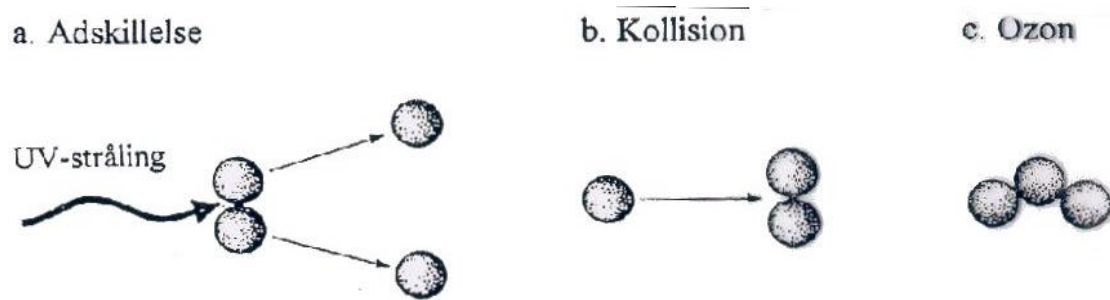
Proces	Materiale	Tråd dia. mm	Strømstyrke amp	Røg g/min
MIG	AlSi 5	1,6	150-280	0,2- 0,9
Ar	Al 99,5	1,6	150-280	0,2-1,2
	AlMg 5	1,6	150-280	0,4-1,6
	AlMg4,5Mn	1,6	150-280	0,6-1,3
	AlZn4,5Mg 1	1,6	150-280	1,2-1,8

1.1.2.1 Gasarter

Svejsprocesser i aluminium kan danne ozon (O₃), samt i mindre omfang nitroxe gasser (NO_x) og carbonmonoxid (CO) - se tabel 2. **Arbejdsmiljømæssigt** er ozon langt den vigtigste gasart, og samtidig den forurening, der i praksis udgør det største ventilations-tekniske problem ved MIG-, TIG- og plasmasvejsning i aluminium. I forhold til det **eksterne miljø** har gasmængderne ingen betydning . Tabel 4 viser eksempler på typiske *ozonemissioner*, dvs. ozonmængder, ved MIG- og TIG-svejsning i Aluminium. Eksempler på den typiske *ozoneksponering* ved aluminiumsvejsning, dvs. ozonkoncentrationen i indåndingszonen ved operatøren, er tilsvarende vist i tabel 4.

Ozon

Ozon er en tre-atomig form af oxygen, der kan dannes i luften omkring svejsestedet på grund af UV-stråling fra lysbuen. Gasarten dannes ved en spaltning (fotodissociation) af de normale to-atomige oxygenmolekyler i luften - figur 1. Da ozondannelsen skyldes strålingen kan gasarten udvikles i en større zone omkring svejsestedet i modsætning til dannelsen af svejserøg.



Figur 1 Ozon dannes ved bl.a. TIG- og MIG-svejsning på grund af UV-strålingen.

a) UV-stråling adskiller oxygenmolekyler i frie oxygenatomer. b) de frie atomer kolliderer med andre oxygenmolekyler og resulterer i c) ozon.

Den optiske stråling (UV-stråling, synligt lys og IR-stråling) fra svejselysbuer er forårsaget af en eksitering af atomer i lysbuen (bueplasmaet). Bueplasmaet består af stoffer fra beskyttelsesgassen, grund- og tilsatsmaterialet, der er dissocieret og eksiteret (ioniseret). Når de eksiterede atomer falder tilbage til grundtilstanden, udsendes der energi i form af optisk stråling på bølgelængder, der er karakteristiske for de enkelte grundstoffer (stoffernes spektrallinier/båndspektrum).

Ovennævnte forklarer, hvorfor den samme proces ved svejsning i forskellige materialer, eller ved ændring af beskyttelsesgas eller tilsatsmateriale, kan resultere i markante forskelle i ozonmængden.

Stoffer som Ar, Si og Al giver en meget intensiv kortbølget UV-stråling, hvilket er en af årsagerne til, at MIG-svejsning i aluminium generelt medfører langt større ozondannelse end

f.eks. MAG-svejsning i stål ved samme strømstyrke. Svejsning i materialer legeret med Si bevirker tilsvarende en kraftig forøget ozondannelse. F.eks. er ozonemissionen ved MIG-svejsning i AlSi 5 legering 3-4 gange større end ved svejsning i AlMg 5.

b. Ozondekomponering. Ozon dekomponerer meget let til oxygen. Bindingsenergien for det ene oxygenatom i ozonmolekylet er meget lav, hvilket betyder, at oxygenatomer let frigøres fra ozonmolekyler. Ozonmolekyler har derfor en meget lille stabilitet og er stærkt oxiderende.

Dannelses- og dekomponeringsmekanismerne for ozon bevirker, at der er to karakteristiske forhold knyttet til ozoneksponering ved svejsning:

Ozon udvikles i en zone omkring svejsestedet i modsætning til f.eks. røg og NO_x. Målinger har vist, at ca. halvdelen af ozondannelsen ved beskyttelsesgasprocesser dannes i luften 10-20 cm omkring lysbuen (nærzonen). På grund af termikken vil denne ozon hurtig transporteres opad og spredes i en større kegleformet usynlig ozonfane over og omkring svejsestedet.

I området uden for varmluftfanen (dvs. fjernzonen) dannes der også ozon, selv om koncentrationen her er betydeligt lavere.

Den relativt store zone med ozonforurening betyder, at *procesventilation skal have en stor indfangningszone*, dvs. indrettes som *lavtryksventilation med store luftmængder*, hvis den skal have en virkning overfor ozon. Denne form for udsugning, som typisk udføres med svingarme eller sugeskabinetter, kan normalt kun benyttes på faste arbejdspladser.

Den dannede ozon nedbrydes meget hurtigt til oxygen. Når svejsningen ophører, stopper ozondannelsen, og den ozon, der er dannet, dekomponerer meget hurtig tilbage til oxygen. Normalt forsvinder ozonen i luften på mindre end et minut efter svejsningens ophør - ofte på få sekunder.

Ozon er derfor kun et problem under svejsning, og kun for selve svejseren samt eventuelle medhjælpere tæt ved svejsestedet.

Ozon vil således ikke opkoncentrere i værkstedsluft. *Målt som gennemsnit for en arbejdsdag vil ozoneksponeringen ved svejsning normalt være meget lille – generelt mindre end ozonkoncentrationen i udendørsluften. Grænseværdien for ozon er imidlertid fastsat som en loftværdi (0,1 ppm L) og ozonproblemet ved MIG-, TIG og plasmavejsning i aluminium skyldes, at der under svejsning kan forkomme kortvarige ozoneksponeringer, som overstiger denne værdi.*

c. Ozon ved MIG- og TIG-svejsning i aluminium.

I tabel 4 og 5 er der sammenstillet eksempler på ”typiske” emissionsdata og eksponeringsdata for ozon i forbindelse med MIG og TIG-svejsprocesser i aluminium. Data er baseret på en scanning af FORCE Institutets virksomhedsmålinger og forskningsresultater siden 1985 samt data fra forskellige andre større arbejdsplads- og laboratorieundersøgelser.

Tabel 4 Typiske ozonmissioner ved aluminiumsvejsning

Proces	Materiale	Tråd dia. mm	Ozon ml/min (range)	Bemærkning
TIG	Al 99,5	-	0,2 – 0,5	Strømart:AC
	AlMg 2,5	-	0,2 – 0,4	
MIG	AlSi 5	1,2	25 – 50	
		1,6	20 – 40	
	Al 99,5	1,2	15 – 35	
	AlMg 3	1,2	10 – 25	
	AlMg 5	1,2	2 – 15	

Tabel 5 Typiske ozoneksponeringer (range) under aluminiumsvejsning

Proces	Materiale	Ozoneksponering ppm (typisk range) *	Bemærkning
TIG	Al-legeringer	0,04-0,13	Svenske industrimålinger**
		0,01-0,04	Tyske industrimålinger**
MIG	Al-legeringer	0,08-0,45	Svenske industrimålinger **
		0,1-0,4	Tyske industrimålinger **
	AlSi	1,2-7,8	Kontrollerede lab. test. UK
		0,05-0,6	Div. arbejdspladsmålinger
	Al 99,5	0,2-0,6	Kontrollerede lab. test. UK
	AlMg	0,1-0,2	Tyske industrimålinger **
		0,04-2,5	Kontrollerede lab. test. UK
0,05-2		FORCE industrimålinger	

* Grænseværdi: 0.1 ppm (L)

** Svenske og tyske eksponeringsdata refererer generelt til *middelværdier* i svejseperioder, dvs. ikke direkte til eksponeringen *under* svejsning.

Nitrøse gasser

Nitrøse gasser er en fællesbetegnelse for en gruppe stoffer der også kaldes kvælstofilter. Der findes en række forskellige, men der er kun fastsat grænseværdier for nitrogenoxid (NO) og nitrogendioxid (NO₂). Gasarterne dannes ved opvarmning af luftlaget tæt ved lysbuen gennem en kemisk reaktion mellem luftens nitrogen og oxygen.. Da dannelsen kræver høj temperatur er koncentrationerne relativt lave ved svejsning og *uden væsentlig arbejdsmiljømæssig betydning*. NO_x-udviklingen kan øges noget, hvis der suges luft ind i bueplasmaet, f.eks. hvis der svejses med for lang lysbue eller der opstår turbulens i udstrømningen af beskyttelsesgassen.

Ved TIG og MIG-svejsning i aluminium er de nitrøse gasser helt overvejende NO₂, da evt. NO straks omdannes til NO₂ ved kemisk reaktion med ozonen omkring lysbuen.

Carbonmonoxid

Carbonmonoxid (CO, kulilte) dannes i mindre mængder ved elektrodesvejsning, men mængden er normalt uden arbejdsmiljømæssig betydning.

1.1.2.2 Grænseværdier for luftforurening ved Aluminiumsvejsning

For at sikre mod sundhedsskadelig luftforurening i arbejdsmiljøet har Arbejdstilsynet fastsat vejledende grænser for den tilladelige forurening i luften. Grænseværdierne (GV) er samlet i tabeller i:

At-vejledning C.0.1, Oktober 2000:

Grænseværdier for stoffer og materialer [1]

Grænseværdien for et stof er den maksimale forureningskoncentration, der må forekomme i indåndingsluften på arbejdspladsen. Grænseværdierne er generelt fastsat som gennemsnitskoncentrationer for en arbejdsdag. For enkelte stoffer med akut virkning er grænseværdien dog fastsat som en loftværdi (GV-L), dvs. en koncentration der på intet tidspunkt må overskrides.

Tabel 6 viser grænseværdierne for stoffer, der kan indgå i forureningen fra svejsning af aluminium. Værdierne er baseret på Arbejdstilsynets seneste anvisning. Grænseværdilisten revideres jævnligt.

Tabel 6. Arbejdstilsynets grænseværdier for typiske stoffer i forureningen fra svejsearbejde i aluminium.

Stof	CAS-nr. *	Beregnet som	Grænseværdi (1996)	
			mg/m ³	ppm **
Aluminiumrøg	-	Al	5	
Manganrøg	-	Mn	0,2	-
Magnesiumoxid	1309-48-4	Mg	6	
Silicium	7440-21-3	Si	10	
Mineralsk støv, inert, respirabel (restrøg)			5.0	
Ozon, loftværdi	10028-15-6	O ₃	0.2 (L)	0.1(L)
Nitrogenoxid	10102-43-9	NO	30	25
Nitrogendioxid, loftværdi	10102-44-0	NO ₂	4 ***	2 ***
Carbonmonoxid	630-08-0	CO	29	25

*) Internationalt identifikationsnummer

** Parts pr. million: volumenkoncentration, svarende til antal cm³ gas pr. m³ luft.

***) Grænseværdien Ved flammeretning samt manuel flamme- og plasmaskæring med store brændere eller med store effekter på ikke stationære arbejdssteder, gælder dog en grænseværdi på 2 ppm (inegn loftværdi) indtil 1. Oktober 2001..

Grænseværdierne i Vejledning C.0.1. oktober 2000 er vejledende. Efter reglerne i vejledningen er det ikke tilstrækkeligt kun at overholde grænseværdierne. Det er et overordnet At-krav, at:

- koncentrationen af luftforureninger skal være så lav som muligt.
- unødige påvirkninger af forureninger skal undgås.

Luftforureningen skal derfor altid nedbringes så meget, som det er rimeligt under hensyntagen til de tekniske muligheder, **herunder ved foranstaltninger i form af ventilation og substitution.**

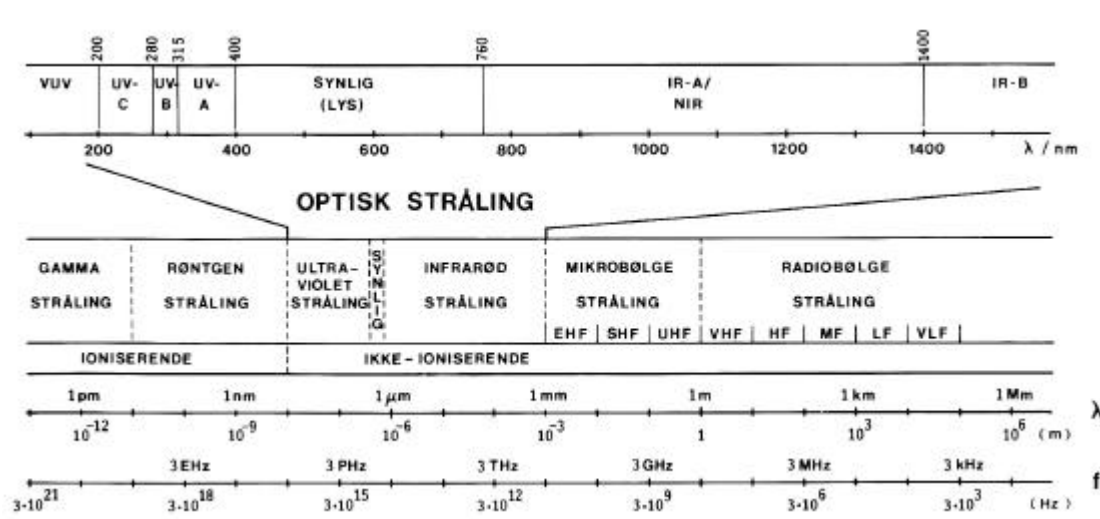
Grænseværdierne er endvidere fastsat for stoffer enkeltvis. Luftforureningen fra svejsning består imidlertid af en blanding af flere forskellige stoffer. Efter Arbejdstilsynets regler skal der ved vurdering af forureningen fra svejsning derfor mindst regnes med en **sammenlagt (additiv) virkning af stofferne i forureningen**. Beregningsreglerne fremgår af anvisning 3.1.0.2.

1.1.3 OPTISK STRÅLING

Som nævnt kan den optiske stråling ved svejsning af aluminium være et stort arbejdsmiljømæssigt problem. Ud over at danne ozon kan den give en lang række skader på øjne og hud, som er særligt udtalt ved svejsning i aluminium.

Optisk stråling generelt

Elektromagnetisk stråling kan inddeles i to delområder, ioniserende stråling og ikke ioniserende stråling. Ioniserende stråling, som gamma- og røntgenstråling har tilstrækkelig energi til løsriver elektroner fra (ionisere) atomer eller molekyler. Optisk stråling er ikke ioniserende stråling og omfatter lys, ultraviolet stråling og infrarød stråling. Se figur 2.[3]



Figur 2. Det elektromagnetiske spektrum

Ultraviolet stråling

Ultraviolet (UV) stråling har bølgelængder mellem 100 nm og 400 nm. Stråling med bølgelængder under 200 nm absorberes næsten fuldstændigt af almindelig luft, og det ultraviolette spektrum regnes derfor normalt som bølgelængdeområdet 200 nm til 400 nm. I medicinsk sammenhæng inddeles UV området i UV-C (200 nm til 280 nm), UV-B (280 nm – 315 nm) og UV-A (315 nm til 400 nm). Se figur 2.

Lys

Den del af optisk stråling som menneskets øje kan opfatte, den synlige stråling, kaldes lys. Lys omfatter stråling med bølgelængder mellem ca. 400 nm og 760 nm. Lysets farve er bestemt af bølgelængden.

Infrarød stråling

Infrarød stråling (IR) har bølgelængder mellem 760 nm og 1 mm. Den kaldes også for varmestråling. Det infrarøde spektralområde inddeles i IR-A (760 nm), IR-B (1400 nm til 3.0 µm) og IR-C (3.0 µm til 1 mm). Det er hovedsageligt IR-A området som er af arbejdshygienisk betydning.

Øjen- og hudskader forårsaget af optisk stråling

Øjenskader

UV stråling absorberes helt eller delvist i øjets forreste dele (bindehinden, hornhinden og linsen), mens lys og IR-A strålingen trænger frem til øjets bagside (nethinden), hvor det absorberes. Vi kan kun opfatte lyset, ikke IR-A strålingen. IR-B og IR-C stråling absorberes i øjets forreste del, ligesom UV stråling. Absorptionen i øjets bestanddele afhænger således af strålingens bølgelængde. Se figur 3.[3]. Strålingens skadevirkning, i et bestemt væv, afhænger derfor generelt af :

Absorptionen af den(de) pågældende bølgelængder

Strålingen irradians (effekt)

Eksponeringstiden

UV-C og UV-B stråling kan forårsage bindehinde- og hornhindekatar. Denne skade, som er fotokemisk, kaldes populært svejseøjne eller sneblindhed. Skaden optræder ikke umiddelbart, men først nogle timer efter eksponeringen. Symptomerne er rødmen af øjet, tåreflåd, og en fornemmelse af ”grus” i øjnene, samt at man bliver meget følsom for lys. Skaden er reversibel og heles normalt i løbet af 48 timer. Behandlingen foretages med smertestillende øjendråber eller creme. Den strålingsdosis som er nødvendig for fremkalde svejseøjne, afhænger af strålingens bølgelængde og øjet er mest følsom over for bølgelængden 270 nm.

UV-B stråling kan give tidlig grå stær i linsen. UV-A strålingen kan give akutte øjenskader hvis strålingsintensiteten er meget stor. Hvis linsen efter en operation er erstattet af en kunstig linse, kan UV-A strålingen skade nethinden, fordi den naturlige linses filtrerende virkning for UV-A stråling ikke længere er til stede.

Lys og IR-A stråling, der trænger frem til øjets nethinde, kan forvolde en varig synsnedsættelse. Skaden på nethinden kan enten være fotokemisk eller termisk afhængig af bølgelængden.

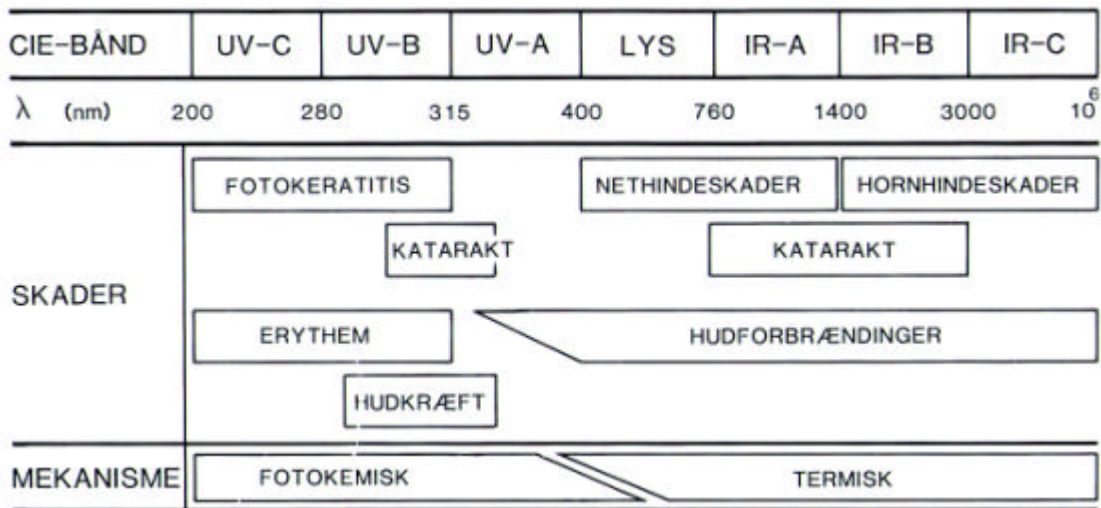
For såvel fotokemiske som termiske skader på nethinden er virkningen størst for blå og violet lys. Den fotokemiske effekt er kendt som "blålys" effekten. Den er kumulativ over en arbejdsdag, dvs. den skadelige virkning adderes i løbet af en arbejdsdag. Skaden som opstår hvis en tærskeldosis (termisk) på nethinden overskrides, er normal ikke synlig før efter nogle timer. Ved fotokemiske skader er temperaturstigningen ubetydelig ($< 1^{\circ}\text{C}$).

Hudskader

Hudskader omfatter erythem (solskoldning), termiske hudforbrændinger og eventuelt udvikling af hudkræft. Se figur 3.

Termiske skader forårsaget af optisk stråling ses sjældent ved svejsning.

UV-C og særligt UV-B stråling kan give skader på hudens DNA-molekyler, og da disse indeholder cellernes genetiske informationer, kan strålingen danne forandringer i disse. Med andre ord, strålingen kan fremkalde hudkræft.



Figur 3. Skader på øjne og hud som funktion af bølgelængde

Vejledende grænseværdier

I Danmark er der ikke fastsat grænseværdier for optisk stråling. Arbejdstilsynet anvender vejledende de grænseværdier, der er fastsat af American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)[2]. De anvendes også i de andre nordiske lande, samt i de fleste EU-lande.

De regler som gælder med hensyn til optisk stråling og valg af beskyttelsesglas, er beskrevet i AMI –rapport nr. 31/1990 [3], DS/EN 169 [4].

Af disse udledes:

Grænseværdi for UV-stråling set over en arbejdsdag (8 timer). **0.1 W/m^2**

Grænseværdi for blålysskader set over en arbejdsdag. **$E_b \cdot t \leq 1 \text{ J/m}^2$**

Grænseværdi for IR-A-stråling set over en arbejdsdag. **1 W/m^2**

Denne grænseværdi er for langtidseksponering af IR-stråling

Grænseværdi for synligt lys ved svejsning er dækket under DS/EN 169 [4] valg af øjenværn. Dog skal det bemærkes at de anbefalinger som gives med hensyn til tæthed af svejseglasser, er

meget konservative og vil resultere i et meget mørkt glas. Det er almindeligt accepteret at vælge et glas som giver komfortable synsbetingelser, samt hensigtsmæssig arbejdsafstand fra lysbuen. Undersøgelser har påvist at man ikke kan vælge "et for lyst glas", og dermed risiko for øjenskader, idet man vil få komfortable synsbetingelser inden der er risiko for skader.

Det skal i denne sammenhæng bemærkes at den modtagne stråling i høj grad er afhængig af afstanden fra strålingskilden. Med god sikkerhed kan man antage at strålingsintensiteten falder med kvadratet på afstanden. Det vil sige dobbelt afstand giver en stråling som er fire gange mindre.

Optisk stråling ved svejsning i aluminium

Stråling fra svejselysbuer har typisk et stort indhold af UV stråling. Strålingens spektrale fordeling afspejler de materialer der indgår i lysbuen, især tilsatsmateriale og beskyttelsesgas.

Strålingens styrke afhænger især af strømstyrken, men også af andre svejseparametre. Der er endvidere forskel på spektralfordelingen af strålingen fra forskellige svejseprocesser. F.eks. er den mest intense UV-stråling den fra MIG/MAG svejsning, specielt i aluminium og pulssvejsning (især synergisk puls). Risikoen for svejseøjne og hudforbrændinger er ved disse processer meget stor, ofte overskrider grænseværdierne for UV-stråling på mindre end 1 sekund, den såkaldte sikkerhedstid. Se tabel 7. Dette er meget afhængigt af hvilken aluminiumslegering som svejses, idet 5000 serien giver størst risiko for svejseøjne, hvorimod 4000 serien giver de største ozonmængder.

Tabel 7 Typiske sikkerhedstider i sekunder

Proces	Afstand (m)	Strømstyrke (A)		
		100	200	300
MIG	0,5	6,0	1,5	0,7
1000 serien	2,0	96	24	11
MIG	0,5	6,0	1,5	0,7
4000 serien	2,0	96	24	11
MIG	0,5	1,2	0,3	0,1
5000 serien	2,0	19	4,8	2,1
TIG	0,5	5,0	1,3	-
4000 serien	2,0	80	20	-
TIG	0,5	1,8	0,4	-
5000 serien	2,0	28	7,1	-

		CO ₂ laser svejsning 7,0 kW
Laser	0,5	100
5000 serien	2,0	1600
Solen	-	3000

Optisk stråling ved lasersvejsning

Alle lasere, som anvendes i Danmark, er underlagt bestemmelserne i standarden ”Safety of laser products - EN 60825”(IEC 825) [5], som er gældende i det meste af den vestlige verden samt Japan, dog undtaget USA (i USA anvendes ANSI 136) [6]. Denne standard fastslår, at alle laserprodukter på nær klasse 1 skal være mærket med et klassifikationsnummer, sikkerhedsklasse (klasse 1, 2, 3A, 3B og 4, se bilag B). Klassifikationsnummeret fortæller om laserens ”potentielle mulighed” for at give øjen- og hudskader ud fra gældende grænseværdier.

Skader på huden indtræffer først ved højere effekter sammenlignet med øjenskader, og vi vil derfor koncentrere os om risikoen for øjenskader. Lasere op til og med klasse 3A vurderes i standarden som sikre mod øjenskader.

Standarden indeholder vejledende grænseværdier for okular eksponering af laserstråler (bestråling af øjet). Grænseværdierne tager udgangspunkt i øjets maksimale pupilstørrelse, som er fastsat til Ø7 mm. Det tilhørende pupilareal $(7/2 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \pi = 3.85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ anvendes til at udregne energitætheden gennem øjet til nethinden for en laserstråle. Eksponeringstiden er afgørende, og der er i standardsammenhæng vedtaget en eksponeringstid for synligt lys på 0.25 sekund (aversions respons for øjet) og 100 sekunder for IR-stråling.

USA har et tilsvarende klassifikationssystem, med nøjagtig de samme sikkerhedsklasser, men deres placering i klasserne er lidt mere lempelige i klassificering af 3A lasere end EN60825. Dette betyder, at en laser placeret som klasse 3A efter den amerikanske standard, **måske** kan blive placeret i klasse 3B efter EN 60825. Klasse 3B lasere vurderes efter EN 60825 som værende skadelig for øjnene, og kan i visse tilfælde give anledning til varige øjenskader.

1.1.4 STØJ

Kraftig støj eller lang tids ophold i støjfyldt miljø kan forårsage en nedsættelse af hørelsen. Støj kan endvidere give tinnitus og stresspåvirkninger. Hørenedsættelsen skyldes en beskadigelse af sanseorganet i det indre øre. En høreskade er permanent.

Det højest tilladte støjniveau på arbejdspladsen er 85 dB(A) tidsvægtet over en 8 timers arbejdsdag. [7] [8] [9]

Ved svejsearbejde er det sjældent selve svejseprocessen, der medfører kraftig støj. Dog kan der ved pulssvejsning og kortbuesvejsning optræde støjniveauer over 85 dB(A).

Støjniveauet på arbejdspladsen er imidlertid normalt forårsaget af andre arbejdsprocesser, ikke mindst slibning, som giver et meget højt støjniveau.

Kan støjniveauet ikke mindskes via metoder eller processer, skal de støjende arbejdsprocesser isoleres således, at andre beskæftigede ikke generes af støjen. Dette kan ske ved at afskærme processerne og/eller foretage akustiske reguleringer af overfladerne i arbejdslokalet. Hvis støjniveauet ikke kan reduceres til under 85 dB(A) ved hjælp af disse tiltag, skal der benyttes godkendt høreværn.

1.1.5 RISIKO VED STRØMPÅVIRKNING

En strømgennemgang gennem kroppen kan være farlig. Hvis strømmen passerer hjerteregionen, kan det medføre hjertestop og død. Strømmen kan også påvirke musklerne, så der opstår krampe, eller man får et ”elektrisk stød”. Det kan i visse situationer føre til, at man kommer til skade, f.eks. ved fald fra stillads eller lignende.

Det er både styrken og varigheden af den strøm, der går gennem kroppen, der har betydning for, hvor farlig påvirkningen er. Et ”elektrisk stød”, som varer 1 sekund eller derover, kan være livsfarligt, selv om strømstyrken er meget lille.

Det har stor betydning, om strømmen er jævnstrøm eller vekselstrøm. **Vekselstrøm er farligere end jævnstrøm.** Et menneske kan normalt tåle en strømpåvirkning af jævnstrøm, som er 3 til 5 gange større end vekselstrøm ved 50 Hz. Dette hænger sammen med at huden har en kapacitiv virkning, hvilket vil sige at huden bliver bedre ledende ved vekselstrøm.

1.1.6 EKSPLOSIONSFARE

Da aluminium oxider relativt hurtigt, kan der ved en uheldig kombination af partikelstørrelser og oxygen (atmosfære) forekomme en risiko for eksplosion. Partikelstørrelsen skal dog være relativ lille (under 500 µm) . Fyrværkeri er et eksempel på en kontrolleret anvendelse af dette fænomen.

Ved svejsning og en eventuelt efterbearbejdning med vinkelsliber, forekommer der partikler som f.eks svejserøg og slibepartikler.

Da svejserøg består af oxideret grundmateriale, vil svejserøg ikke udgøre en eksplosionsfare, da røgen jo er oxideret, og derfor ikke reaktiv.

Slibestøv fra f.eks vinkelsliber opnår ikke de samme temperaturer som svejserøg, og kunne derfor tænkes at udgøre en potentiel risiko. Denne risiko vil dog i praksis begrænses af, at

slibepartiklerne også vil oxidere under afkølingen fra en relativt høj temperatur, på deres vej ud til filteret.

Eksplodingsfaren er primært relateret til aluminiumsforarbejdning såsom aluminiumskabel-fremstilling og metallsliberier. Derfor har mange metallsliberier allerede installeret eksplosionssikre filtre, mens der til dato ikke er rapporteret om eksplosioner på grund af aluminiumstøv i svejseværksteder.

1.2 FORANSTALTNINGER MOD ARBEJDSMILJØPÅVIRKNINGER VED SVEJSNING

1.2.1 LUFTFORURENING

Det er et generelt At-krav, at der **altid** skal træffes effektive foranstaltninger mod luftforureningen ved svejsning. Luftforureningen skal bekæmpes ved:

- **Substitution**, dvs. ved erstatning af processer og materialer med mindre farlige, hvor det er teknisk muligt.
- **Ventilation** i form af punktudsugning, som fjerner forureningen direkte ved dannelsesstedet, og ved
- **indkapsling** af processen eller materialet således at andre beskæftigede ikke påvirkes unødigt.
- **Personlige værnemidler** Kan være en nødløsning såfremt ovenforstående foranstaltninger ikke giver tilstrækkelig beskyttelse.

Ventilation

Luftforurening ved svejsning skal fjernes så tæt ved udviklingsstedet som muligt ved brug af procesudsugning i form af **punktudsugning** eller lokaludsugning. Udsugningsluften skal føres til det fri, dvs. **luften må ikke recirkuleres**. Desuden kan det være nødvendigt også at supplere med **almen rumventilation og indblæsning af erstatningsluft** i værkstedet.

AT-reglerne om ventilation ved svejsning, herunder kravene om etablering af punktudsugning, samt regler for indretning, kontrol og vedligeholdelse af ventilationen, er angivet i:

At-meddelelse nr. 2.09.2, november 1999:

Svejsning, skæring mv. i metal

[10]

samt

At-meddelelse nr. 1.01.8, september 1999:

Ventilation på faste arbejdssteder

[11]

Punktudsugningssystemer

Punktudsugning er ventilation, der er beregnet til at indfange forureningen direkte ved dannelsesstedet, før den når indåndingszonen eller spredes i lokaleluften. Dette kan forsynes med en kontrol anordning som giver et signal ved utilstrækkelig funktion.

Ventilationsteknisk opdeles punktudsugningssystemer til svejsning ofte efter ventilatorens undertryk i to typer:

- **Lavtrykssystemer**
- **Højtrykssystemer**

Lavtrykssystemer er kendetegnet ved, at ventilatoren kun yder et meget lille undertryk (sugevacuum). Det er derfor nødvendigt at anvende store slange- og kanaldimensioner for at opnå lille luftmodstand. På grund af de store slanger er lavtryksanlæg især egnet til faste arbejdspladser, hvor indfangningsdelen typisk udformes som en svingarm med sugetragt, et sugekabinet eller et sugebord.

Fordelen ved lavtrykssystemer er, at der kan udsuges **store luftmængder** med en lille motoreffekt. I lavtryksanlæg til svejsning er udsugningsluftmængden typisk 500-3000 m³/h per svejsested, afhængig af indfangningsdelens udformning. Udsugningen kan derfor indfange forureningen fra et stort arbejdsfelt. Det betyder bl.a. at udsugningen er egnet til processer, hvor der dannes ozon.

Ulempen ved lavtrykssystemer er den begrænsede fleksibilitet, der betyder, at svejsearbejde normalt skal foregå på mindre arbejdsområder, f.eks. i svejsekabiner.

Højtrykssystemer anvender ventilatorer med et meget højt undertryk (sugevacuum).

Fordelen ved højtrykssystemerne er, at der kan suges gennem lange slanger med lille diameter. Det betyder, at udsugningen kan gøres meget fleksibel med små flytbare sugehoveder, som kan anvendes ved svejsning på store arbejdsarealer og emner.

Ulemper ved denne type systemer er imidlertid, at der normalt arbejdes med meget **små udsugningsluftmængder**. For højtrykssystemer til svejsning er luftmængden per sugested typisk 100-350 m³/h. Det betyder, at sugefeltet er meget lille, og sugehovedet skal derfor flyttes hyppigt og placeres meget omhyggeligt i forhold til svejsestedet, hvis forureningen skal indfanges effektivt. Det lille sugefelt betyder samtidigt, at *udsugningen normalt ikke kan fjerne ozon effektivt*.

Punktudsugningssystemet kan – kan afhængig af ventilatortypen - udformes som:

Fleksible udsugningssystemer

Flytbare sugemundstykker tilsluttet flekslange

Fordele: Systemet er meget fleksibelt og kan anvendes på store emner og på skiftende svejsesteder.

Ulemper: Den lille udsugningsluftmængde betyder, at sugefeltet er meget begrænset. HT-udsugning med små sugehoveder kan derfor generelt ikke fjerne ozon effektivt, dvs. **systemet er uegnet til ozonbekæmpelse ved MIG- og TIG-svejsning i aluminium.**

Løsningen kan benyttes til udsugning af røg ved f.eks. elektrodesvejsning. Benyttes systemet til udsugning af røg ved MIG-svejsning i aluminium, må operatøren samtidig beskyttes mod ozon med godkendt åndedrætsværn.

Udsugningsarme

Fordele: Stor udsugningsluftmængde, dvs. relativ stor indfangningszone. Systemet er derfor **velegnet til udsugning af bl.a. ozon ved TIG- og MIG-svejsning i aluminium.**

Ulemper: Svingarmsystemer er kun egnet til faste arbejdspladser.

Udsugning integreret i svejseudrustningen

Fordele: Udsugningen følger svejsestedet, dvs. flytning af sugemundstykket kræver ikke en separat arbejdsoperation af operatøren.

Ulemper: Sugefeltet er meget lille. Systemet kan medvirke til at fjerne røg, men kan generelt **ikke fjerne al ozon**, dvs. systemet er ikke egnet til MIG-svejsning i aluminium uden samtidig brug af åndedrætsværn mod ozon. Svejsepistolen bliver betydeligt tungere og større. Sammen med vægten og stivheden af sugeslangen kan det gøre svejsepistolen vanskelig at håndtere i varierende svejsestillinger ved manuel svejsning. Sugemundstykkets størrelse kan desuden begrænse anvendeligheden og udsynet til svejsefugen, hvis pladsforholdene er snævre. Der er samtidig risiko for, at udsugningen kan påvirke beskyttelsesgasdækningen.

Faste udsug

Udsugningsborde og udsugningskabinetter

Fordele: Meget høj effektivitet overfor såvel røg som ozon ved korrekt dimensionering af udsugningsluftmængden.

Ulemper: Kan kun anvendes på faste arbejdssteder og normalt kun ved svejsning af mindre emner. Kræver stor udsugningsluftmængde.

En **udsugningshætte** over svejsezonen kan være en løsningsmulighed ved maskinelle svejseopstillinger, herunder i forbindelse med robotsvejsning. Sugehættens åbningsflade bør være større end arbejdsarealet. Løsningen må *ikke* anvendes ved manuel svejsning, da operatøren vil have indåndingszonen mellem svejsested og udsugningsåbningen.

Svejseborde med udsugning nedad gennem en rist i bordet må frarådes af flere årsager. Dels kræver den nedadrettede udsugning en stor lufthastighed ved svejsestedet for at indfange forureningen, og dels kan sugevirkningen begrænses af emnet, fordi det ligger mellem sugefladen og svejsestedet. Da den termiske opadrettede lufthastighed i svejsezonen er i størrelsesordenen 0.5-1.0 m/s, og sugehastigheden aftager stærkt med stigende afstand til bordfladen, skal der udsuges uforholdsmæssigt store luftmængder for at indfange forureningen. Den høje sugehastighed betyder samtidig, at der kan være risiko for at påvirke beskyttelsesgasdækningen ved TIG- og MIG-svejsning.

1.2.1.1 Typiske udsugningsluftmængder ved punktudsugning til svejsning

De udsugningsluftmængder der i praksis benyttes for de forskellige punktudsugningsløsninger til svejsning er typisk:

Udsugningsarme (lavtryk)	600 - 1500 m ³ /h
Udsugningsarme (højtryk)	100 - 350 m ³ /h
Flytbare sugemundstykker (højtryk)	100 - 250 m ³ /h
Udsug på MIG/MAG-pistoler	40 - 80 m ³ /h
Udsugningskabinetter	1000 - 3000 m ³ /h

1.2.2 ÅNDEDRÆTSVÆRN

Hvis luftforureningen ved svejsning ikke kan fjernes tilstrækkelig effektivt med ventilation eller andre foranstaltninger skal der bruges godkendt CE-mærket åndedrætsværn. Reglerne for brug og valg af åndedrætsværn er nærmere beskrevet i:

<i>At-meddelelse nr. 4.09.1, oktober 1999: Åndedrætsværn</i>	[12]
<i>At-vejledning D5.1, juli 2000: Trykluft til åndedrætsværn</i>	[13]
BSR 1 vejledning nr. 4.09.101: Vejledning om åndedrætsværn	[14]

Generelt gælder:

Der må kun anvendes godkendte CE-mærkede åndedrætsværn.

Valget af åndedrætsværn skal ske under hensyntagen til

- **forureningens art (partikler/gasarter) og koncentration**
- **arbejdets varighed**
- **arbejdets art og arbejdsbetingelserne**

Der er to hovedtyper af åndedrætsværn: **Luftforsynede åndedrætsværn** og **filtrerende åndedrætsværn**. Begge typer findes med flere forskellige former for masker, hætter og skærme. De mest anvendte typer åndedrætsværn til svejsning er:

- Filtrerende ansigtsmaske (hel eller halvmasker)
- Filtrerende åndedrætsværn med turboenhed
- Luftforsynet svejsevisir

I filtrerende ansigtsmasker og turboudstyr renses den omgivende luft ved at passere gennem et eller flere filtre af forskellig type. Filtertyperne opdeles i partikelfiltre, gasfiltre og kombinationsfiltre. Filtrene skal være mærket med type og klasse efter den forurening, de beskytter imod. Luftforsynede svejseværn får normalt tilført luft fra en kompressor. Luften skal nødvendigvis være ren, dvs. renset til en luftkvalitet, der er egnet til åndedrætsformål.

Filtrerende ansigtsmasker kan være til engangsbrug eller flergangsbrug. Filtrerende ansigtsmasker kan fås til beskyttelse både mod partikler og mod gasarter og dampe. Da denne type maske medfører åndingsmodstand, må kun *anvendes højst 3 timer om dagen og ikke uafbrudt (3-timers reglen)*. Masken består helt eller delvist af filtermateriale, og flere af masketyperne er forsynet med en udåndingsventil. Funktionsprincippet er, at brugeren selv suger luften gennem filtrene, hvorved luften renses for forureninger. Da filtret er en fast del af masken skal hele masken skiftes, når filterkapaciteten er opbrugt.

Turboudstyr er en betegnelse for åndedrætsværn med filter, hvor brugeren ikke selv skal suge luften gennem filtrene. I turboudstyr blæses eller suges luften gennem filtret og føres ind i åndedrætsværnet ved hjælp af en batteridrevet ventilator.

Turboudstyr er altid forsynet med partikelfilter og kan desuden forsynes med filtre mod gasarter. I turboudstyr skal filtrene også udskiftes regelmæssigt, når filterkapaciteten er opbrugt.

I turboudstyr er der ingen åndingsmodstand og 3-timers reglen gælder derfor **ikke** for disse udstyr. Det skal bemærkes, at turboudstyr ofte forveksles med luftforsynede åndedrætsværn, men da luften tages fra omgivelserne og renses i filtre, er turboudstyr ikke et luftforsynet åndedrætsværn. Turboudstyr beskytter f.eks. ikke mod iltmangel.

Luftforsynede svejsevisir får tilført luft fra en kompressor eller en større trykbeholder gennem en slange. Åndedrætsværnet kan bestå af en svejsehjelm indrettet med lufttilførsel, eller der kan anvendes udstyr med dobbeltvisir, hvor det inderste visir er et gennemsigtigt luftforsynet visir og det yderste en normal svejseværn. Fordelen ved dobbeltvisir er, at visiret også beskytter mod forurening, når svejseværnen er slået op. Luftforsynede åndedrætsværn er **ikke** omfattet af 3-timers reglen.

Luftforsynet åndedrætsværn og turboudstyr må benyttes hele dagen med pauser, hvis længder og antal afhænger af arbejdsbelastningen og generne.

Luftforsynet åndedrætsværn skal altid anvendes, når forureningens sammensætning og koncentration ikke er kendt, eller hvis der ikke findes filtre, der er godkendt til forureningen. Luftforsynet åndedrætsværn skal desuden bruges, når der er risiko for iltmangel.

1.2.3 BESKYTTELSE MOD OPTISK STRÅLING

Det er nødvendigt at beskytte øjne og hud effektivt. Der skal anvendes svejseglas (beskyttelsesfilter) med passende tæthedsgrad. Svejseglas beskytter effektivt mod UV-stråling. Tæthedsgraden (glassets "mørkhed") angiver, hvor meget lys der trænger igennem glasset. Tæthedsgraden skal vælges således at man får komfortable synsbetingelser ved svejsning. Det kan derfor være nødvendigt at anvende svejseglas med forskellige tæthedsgrader, hvis man har skiftende og/eller varierende svejseopgaver. Reflekser fra blanke metaloverflader kan øge risikoen for skadelig stråling betydeligt, især fra aluminium og rustfrit stål, som kan reflektere op til 70%-80 % af UV-strålingen. Også bagfra kommende stråling, og stråling fra andre svejsere skal tages i betragtning. Den intense UV-stråling medføre endvidere dannelse af store mængder ozon. I modsætning til den intense UV-stråling

og synlig stråling er den infrarøde stråling fra lysbuesvejsprocesser normalt ikke noget arbejdshygienisk problem.

Generelt set må optisk stråling fra svejsprocessen ikke genere andre personer, hvorfor det ofte vil være en god ide at anvende en eller anden form for afskærmning. Dette kan være flytbare skærme, eller svejsegardiner.

Overordnet kan opstilles følgende tommelfingerregler:

Ultraviolet stråling skyldes først fremmest stråling fra de metalatomer og -ioner der indgår i elektrodematerialet. Beskyttelsesgassen og emnet har meget ringe indflydelse.

Synlig stråling skyldes såvel stråling fra elektrodematerialet som beskyttelsesgassen. Yderligere observeres stråling fra luftens bestanddele (ilt, kvælstof).

Nær-infrarød stråling skyldes overvejende stråling fra beskyttelsesgassens bestanddele, i mindre omfang elektrodematerialet.

Laserstråling

Ved lasersvejsning af aluminium anvendes klasse 4 lasere af typen Nd-YAG laser og CO₂-laser. Det vil sige at strålingen fra disse lasere er yderst skadelig for øjet, og egnede beskyttelsesbriller skal anvendes. Der er også risiko for hudforbrændinger, idet strålingen er varmestråling (IR-stråling).

Udover selve laserstrålingen, kan der optræde sekundær stråling fra plasmadannelsen ved svejsning. Denne stråling er afhængig af beskyttelsesgas og grundmateriale, præcis som ved lysbuesvejsning.

Valget af øjenbeskyttelse afhænger af lasertypen. Strålingen fra lasere er karakteriseret ved et meget lille bølgelængde område, og derfor vil valget af øjenbeskyttelse nøje afhænge af denne bølgelængde. [15]

1.2.4 FORANSTALTNINGER MOD ELULYKKER

Ved svejsning kan man i mange tilfælde komme i elektrisk forbindelse med den ene leder (elektrode eller emne). Der skal træffes foranstaltninger, som forhindrer, at man kommer til at være en del af det elektriske kredsløb. Udstyret skal samtidig være indrettet, så det forhindrer en farlig strømpåvirkning. Dette sker ved at begrænse maskinernes maksimale tomgangsspænding.

1.2.4.1 Indretning af svejsemaskiner

For at hindre elulykker skal svejsemaskiner og svejseudstyr være udført med beskyttelsesforanstaltninger efter forskrifterne i *Stærkstrømsreglementet* [16] og *Stærkstrømsbekendtgørelsen* [17].

På svejsemaskiner må tomgangsspændingen (spændingsforskellen mellem tilslutningskablerne, når der ikke svejses) ikke overstige visse grænser. De maksimalt tilladte tomgangsspændinger afhænger af de forhold der arbejdes under, og man skelner mellem normal og forøget risiko, maskinelt udstyr og særlige processer.

1.2.4.2 Øvrige foranstaltninger

Returledningen bør fastgøres direkte på emnet, og skal være kraftig nok til at kunne bære strømmen. Ellers vil strømmen søge andre veje, f.eks. gennem stilladser og kranwirer. Ophængning af ledninger på konstruktioner o.l. bør fortages med isolerende materiale

Elektriske svejsemaskiner kan ligesom alt andet eludstyr udgøre en risiko for livsfarlig strømpåvirkning, hvis det ikke er indrettet, installeret og vedligeholdt forskriftsmæssigt, og benyttes korrekt.

Svejsemaskinen og svejseudstyret skal med jævne mellemrum kontrolleres af en kyndig person. Alle svejsekabler og kabelsamlinger skal være helisolerede. Hvis isoleringen ødelægges, skal den straks repareres. Beskyt kablerne mod slid og overlast, og afbryd altid svejsemaskinen ved flytning af kabler, hvis det er muligt.

Flyt aldrig kabler ved at lægge dem over skulderen. Hvis de er spændingsførende, og der er en isolationsfejl, kan det være livsfarligt.

1.3 MILJØFORHOLD VED SVEJSEPROCESSER TIL ALUMINIUM

1.3.1 TIG-SVEJSNING AF ALUMINIUM

Luftforurening

Den vigtigste luftforurening ved TIG-svejsning af aluminium er **ozon**. Røgudviklingen er normalt uden arbejdshygienisk betydning.

Mængden af ozon afhænger primært af Al-legeringen, strømstyrken og beskyttelsesgas. Ozonmængden øges med strømstyrken indtil et vist punkt, hvorefter nettoproduktionen af ozon reduceres. Årsagen er en øget dannelse af nitrogenoxid ved høje strømstyrker. Maksimalpunktet er normalt omkring 150-200 amp, men afhænger bl.a. af gasflow, gaskopstørrelse m.v. Eksempler på ozonemissioner er vist i tabel 8.

Det skal bemærkes, at TIG-svejsning i aluminium medfører betydeligt mindre ozon end TIG-svejsning i f.eks. rustfrit stål, primært fordi aluminium normalt svejses med vekselstrøm.

Tabel 8. Typisk ozonemission ved TIG-svejsning af aluminium

Materiale	Gas	Amp	Ozon ml/min (range)
AlSi	Ar	50-200 (AC)	0,2 – 2
Al 99,5	Ar	50-150 (AC)	0,2 - 0,5
AlMg 2,5	Ar	100-180 (AC)	0,2 - 0,4

Ozoneksponeringen ved TIG-svejsning afhænger – udover af selve ozonemissionen – i høj grad af operatørens positionering i forhold til nærzone-ozonen. Det er karakteristisk for TIG-svejsarbejde, at operatøren ofte har indåndingszonen meget tæt ved svejsestedet i afstande på 15-30 cm. I denne zone kan der forekomme høje ozonkoncentrationer, og selv om svejseværnet yder en vis beskyttelse, er der stor risiko for kortvarige kraftige ozoneksponeringer over grænseværdien. **I de fleste arbejdsituationer med TIG-svejsning i aluminium er det derfor påkrævet at træffe foranstaltninger til beskyttelse mod ozon.**

Forureningsbekæmpelse

Da ozon kan dannes i en større zone omkring lysbuen, må udsugning ved TIG-svejsning tilsvarende have en stor indfangningszone, hvis ozonen skal fjernes effektivt.

Udsugningsløsninger til TIG-svejsning i aluminium bør i videst muligt omfang baseres på punktudsug med stor udsugningsluftmængde og sugeåbning, dvs. **udsugningskabinetter** eller **udsugningsarme af lavtrykstypen**. Ved brug af denne type punktudsugning er der efter AT retningslinjerne ikke krav om åndedrætsværn.

Punktudsugning på TIG-brænderen har *ingen* effekt på operatørens ozoneksponering.

Flytbare sugemundstykker af højtrykstypen kan - ved korrekt brug - bevirke en mindre reduktion af operatørens ozoneksponering, men i praksis er ozonreduktionen ubetydelig.

Efter AT-retningslinierne for TIG-svejsning skal der derfor benyttes godkendt åndedrætsværn mod ozon, hvis ventilationen er baseret på disse højtrykssystemer.

Optisk stråling

Den optiske stråling fra TIG-svejsning er afhængig af grundmaterialet og beskyttelsesgassen, samt tilsatsmaterialet hvis dette benyttes. Specielt vil tilførsel af materiale i lysbuen påvirke den spektrale fordeling.

Spektret ved svejsning af AlMg er karakteriseret ved tre intense spektrallinier i UV-området (280 nm, 310 nm og 385 nm), en intens synlig spektrallinie (520 nm) samt flere mindre intense i NIR området. Spektrallinien ved 280 nm skyldes alene indholdet af magnesium. Dette er uheldigt, da det ligger meget tæt på det område, hvor øjet er mest følsomt (270 nm) med hensyn til udvikling af svejseøjne. Den synlige spektrallinie ved 520 nm skyldes også magnesiumindholdet, og giver lysbuen et kraftigt grønt skær. I det infrarøde område kan nævnes en argon linie ved 880 nm (beskyttelsesgassen).

Ved svejsning i AlSi legeringer, er der ikke intense spektrallinier ved 270 nm, hvilket vil sige at risikoen for svejseøjne er meget mindre end ved svejsning i AlMg legeringer.

Beskyttelse af øjne og hud mod UV-stråling, foretages ved hjælp af de almindelige personlige værnemidler, såsom skærm og arbejdstøj. Dog skal man være meget opmærksom på, at ekstra beskyttelse i form af f.eks. handsker og halsbeskyttelse. Med hensyn til beskyttelse af øjnene, vil de almindelige svejseglasser yde fuld beskyttelse mod svejseøjne. I denne forbindelse skal man være opmærksom på bagfra kommende stråling fra f.eks. andre svejsere eller reflektioner, også kan give anledning til eksponering af UV-stråling. Denne risiko kan elimineres ved at anvende et par "slibebriller" med sidebeskyttelse af polycarbonat. "Slibebriller" af polycarbonat er i øvrigt en god ide også til beskyttelse af evt. medhjælpere.

Grænseværdien for synligt lys ved svejsning er dækket under DS/EN 169 "Valg af øjenværn" [4]. Dog skal det bemærkes at de anbefalinger som gives med hensyn til tæthed af svejseglasser, er meget konservative og vil resultere i et meget mørkt glas. Det er almindeligt accepteret at vælge et glas som giver komfortable synsbetingelser, samt hensigtsmæssig arbejdsafstand fra lysbuen. Undersøgelser har påvist at man ikke kan vælge "et for lyst glas", og dermed risiko for øjenskader, idet man vil få ukomfortable synsbetingelser inden der er risiko for skader.

I modsætning til den intense UV-stråling og synlig stråling er den infrarøde stråling fra lysbuesvejsprocesser normalt ikke noget arbejds-hygienisk problem.

1.3.2 MIG-SVEJSNING AF ALUMINIUM

Luftforurening

MIG-svejsning i aluminium udvikler røg og ozon. Specielt ozondannelsen er særdeles kraftig, og betydelig større end ved svejsning i andre materialer (MIG-aluminium medfører langt de største ozonemissioner på svejseområdet).

Ozonemissionen afhænger primært af grundmateriale og tilsatstrådlegering, hvor legeringer med Si og Mn giver de maksimale ozondannelser og AlMg-legeringer de laveste. Derudover indvirker de øvrige procesparametre som strømstyrke, lysbuespænding, gasflow mv. på mængden af ozon. Den typiske ozonemission ved MIG-svejsning i aluminium er sammenfattet i tabel 9.

Tabel 9. Eksempler på ozonemissionen ved MIG-svejsning af aluminium

Materiale	Tråd mm	Gas	Amp	Ozon ml/min (range)
AlSi5	1,2	Ar	150-300	25- 50
	1,6	Ar	150-350	20- 40
Al99,5	1,2	Ar	225	35
AlMg3	1,2	Ar	225	20
AlMg5	1,2	Ar	150-300	2-15

Forureningsbekæmpelse

Ozondannelsen ved MIG-svejsning i aluminium gør det nødvendig, at anvende punktudsug med stor udsugningsluftmængde, dvs. **udsugningskabinetter** eller **udsugningsarme af lavtrykstypen** med udsugningsluftmængde på 1000 m³/h eller mere. Ved anvendelse af denne type punktudsugning er der efter AT retningslinieren ikke krav om åndedrætsværn.

Ved brug af punktudsugningsløsninger baseret på højtryksudsugning med små luftmængder herunder flytbare sugemundstykker med flekslange - skal der samtidig benyttes godkendt åndedrætsværn mod ozon.

Optisk stråling

Med elektrodetyperne AlMg5 og argon som beskyttelsesgas, er svejsning i aluminium karakteriseret ved for en given strømstyrke at give den største irradians, både i det ultraviolette, synlige og infrarøde område, og dermed også totalt set, sammenlignet med svejsning i ulegeret stål. Samtidigt er denne lysbue mere stabil end ved svejsning i stål.

Spektret er karakteriseret ved tre intense spektrallinier i UV-området (280 nm, 310 nm og 385 nm), en intens synlig spektrallinie (520 nm) samt flere mindre intense i NIR området. Spektrallinien ved 280 nm skyldes alene magnesiumindholdet. Dette er uheldigt, da det ligger meget tæt på det område hvor øjet er mest følsomt (270 nm) med hensyn til udvikling af svejseøjne. En synlig spektrallinie ved 520 nm skyldes også magnesiumindholdet, og giver lysbuen et kraftigt grønligt skær. I det infrarøde område kan nævnes en argon linie ved 880 nm (beskyttelsesgassen).

Dette medfører bl.a. at hvis der svejses med 200 A, og lysbuen betragtes uden beskyttelse i en afstand på 50 cm, overskrides grænseværdien for svejseøjne for en arbejdsdag på blot 0.3 sekund. Her er altså tale om en stor risiko, hvis lysbuen tændes mange gange i løbet af en arbejdsdag (f.eks. ved ophæftning).

Med elektrodetyperne AlSi5 og argon som beskyttelsesgas konstateres ikke nogle markante spektrallinier ved i 270nm – 280 nm området. Der konstateres også en relativt stor spektral irradians i det kortbølgede UV-område (UV-C), hvilket kan give anledning til dannelse af store mængder ozon.

Beskyttelse af øjne og hud mod UV-stråling, fortages ved hjælp af de almindelige personlige værnemidler, såsom skærm og arbejdstøj. Dog skal man være meget opmærksom på at ekstra beskyttelse i form af f.eks. handsker og halsbeskyttelse. Med hensyn til beskyttelse af øjnene, vil de almindelige svejseglasser yde fuld beskyttelse mod svejseøjne. I denne forbindelse skal man være opmærksom på, at bagfra kommende stråling, f.eks. fra andre svejsere eller refleksioner, også kan give anledning til eksponering af UV-stråling. Denne risiko kan elimineres ved at anvende et par ”slibebriller” med sidebeskyttelse af polycarbonat . ”Slibebriller” af polycarbonat er i øvrigt en god ide også til beskyttelse af evt. medhjælpere.

Grænseværdien for synligt lys ved svejsning er dækket under DS/EN 169 ”Valg af øjenværn” [4]. Dog skal det bemærkes at de anbefalinger som gives med hensyn til tæthed af svejseglasser, er meget konservative og vil resultere i et meget mørkt glas. Det er almindeligt accepteret at vælge et glas som giver komfortable synsbetingelser, samt hensigtsmæssig arbejdsafstand fra lysbuen. Undersøgelser har påvist at man ikke kan vælge ”et for lyst glas”, og dermed risiko for øjenskader, idet man vil få ukomfortable synsbetingelser inden der er risiko for skader.

I modsætning til den intense UV-stråling og synligt stråling er den infrarøde stråling fra lysbuesvejsprocesser normalt ikke noget arbejdshygienisk problem.

1.3.3 LASERSVEJSNING

CO₂-Lasersvejsning

Den primære stråling fra CO₂-laseren har en bølgelængde på 10.600nm, og denne bølgelængde absorberes i alle materialer (på nær nogle få som man laver optik til CO₂-lasere af). Derfor kan tilstrækkelig øjenbeskyttelse opnås med relativt enkle beskyttelsesglas, idet selv helt klare glas giver fuld beskyttelse, f.eks. ”slibebriller” i polycarbonat.

Den sekundære stråling fra plasmadannelsen ved lasersvejsning af 5000 serien (AIMg = største risiko for svejseøjne) legeringer viser en spektral fordeling som ligner den for lysbueprocesserne, dog ligger irradiansen lavere, typisk en faktor 100 i forhold til MIG-svejsning. Der er dog stadig tale om høje strålingsniveauer, specielt af UV-stråling, hvorfor der kan være risiko for svejseøjne. Denne risiko er kun til stede, såfremt der ikke anvendes beskyttelsesbriller mod den primære stråling, idet de også vil beskytte mod svejseøjne. Da der altid skal anvendes beskyttelse mod den primære stråling, er risikoen for svejseøjne yderst minimal.

Nd-YAG Lasersvejsning

Den primære stråling fra Nd-YAG laseren har en bølgelængde på 1.064 nm. Denne bølgelængde kan transmitteres i mange transparente materialer, f.eks. glas og plast, men også øjets glaslegeme, og dermed nå frem til nethinden. Derfor vil øjenbeskyttelse til denne type laser stille krav om et filtermedie, som absorberer laserstrålingen. Ved meget høje lasereffekter kan en dæmpningsgrad på 10⁶ eller 10⁷ komme på tale.

Den sekundære stråling fra Nd-YAG lasersvejsning er meget lav, og uden arbejdshygienisk betydning.

2 Limning

2.1 ARBEJDSMILJØRISICI

Limning omfatter en række deloperationer, som kan medføre en risiko for sundhedsskadelige påvirkninger og arbejdsskader, hvis der ikke tages de nødvendige forholdsregler.

De vigtigste arbejdsmiljøpåvirkninger og risici er knyttet til luftforurening med dampe af opløsningsmidler og andre stoffer i lime og hjælpestoffer, og til hudkontakt med lim og hjælpestoffer.

Omfanget af risikoen afhænger af, hvor sundhedsskadelige stoffer, der arbejdes med, hvor massiv kontakten med stofferne er, hvor længe den varer, og hvor hyppigt den gentages.

Undertiden benyttes flygtige og brændbare stoffer, og det medfører principielt en risiko for brand eller eksplosion.

På mange områder har det ingen betydning for risikoen, om man limer aluminium eller andre metaller. Sundhedsrisikoen ved et bestemt limprodukt er ikke afhængig af, hvad der limes med det, men hvordan man limer med det. Efter omstændighederne kan ikke blot selve limeoperationen, men også en eventuel senere bearbejdning af den limede samling indebære en sundhedsrisiko.

I nogle tilfælde, hvor der stilles særlig store krav til styrken og holdbarheden af limsamlinger i aluminium, kan man være nødt til at benytte forbehandlingsprocesser, hvor der indgår forbindelser af chrom (VI). Sådanne forbindelser anses for at være kræftfremkaldende, og det indebærer en forøget risiko for sundhedsskadelig påvirkning.

Også nogle lime kan indeholde eller afgive små mængder af stoffer, som anses for at være kræftfremkaldende.

2.2 ARBEJDSMILJØFORANSTALTNINGER GENERELT

Luftforurening skal imødegås ved at fjerne forureningen ved kilden. Lim og hjælpestoffer med indhold af flygtige stoffer bør kunne påføres helt eller delvis indkapslet under ventilation. Hvor det ikke er muligt, må operatøren sikres mod dampe ved at styre luftstrømningen omkring arbejdsområdet, så den rene luft passerer fra operatøren via limeområdet til udsugningsstedet. Det må sikres, at anden rumventilation, åbne porte, døre og vinduer, ikke forstyrrer procesventilationen.

Hvis forureningen ikke kan fjernes tilstrækkelig effektivt med ventilation, skal der benyttes åndedrætsværn. Oplysninger og regler om åndedrætsværn findes i “åndedrætsværn” [12].

Hudkontakt kan undgås ved brug af egnede engangshandsker, eventuelt suppleret med særligt arbejdstøj. Hvis der er risiko for stænk af tyndtflydende produkter, skal der benyttes egnede øjenværn.

Engangshandsker er fremstillet af plast, men plast kan være gennemtrængelig for opløsningsmidler og andre stoffer i limene. Forskellige plasttyper har forskellige egenskaber i den henseende, men mange fabrikanter af engangshandsker har resistenstabeller som viser, hvor mange minutter en given handske holder til et bestemt stof.

Forholdet kompliceres af, at en plasthandske kan være tæt for to bestemte stoffer hver for sig, men gennemtrængelig for en blanding af dem. Limleverandørerne og BST kan undertiden oplyse om egnede handsker til bestemte produkter. Hvor der ikke findes eksperimentelle data, kan man i et vist omfang forudsige plasttypers gennemtrængelighed for stofblandinger på baggrund af stoffernes opløselighedsparametre [18].

Også indretningen af værkstedet har betydning for risikoen ved limning. Arbejdsstedet bør være ryddeligt og renholdt for at undgå kontakt med spildt lim. Hensigtsmæssigt udstyr og instruktion i arbejdsmetoder er en god hjælp, men et godt supplement er afdækning med eksempelvis kraftigt papir eller pap på steder, hvor limen håndteres. Ved spild kan afdækningen fornys, så redskaber og arbejdstøj ikke smøres ind i lim.

Der bør være særlige affaldsbeholdere til lim, handsker, klude og redskaber inden for rækkevidde ved hvert arbejdssted, så affald kan fjernes fra arbejdsområdet, så snart det opstår. Beholderne bør være forsynet med låg, som kan betjenes uden at tilsmudse ydersiden med lim.

Lime og hjælpestoffer skal opbevares forsvarligt, så emballagen ikke er udsat for beskadigelse, og så ukyndige ikke har adgang.

Ved risiko for øjenkontakt skal der benyttes øjenværn. Information og bestemmelser om øjenværn kan findes i “øjenværn” [19].

I “bekendtgørelse om arbejde med kodenummererede produkter” [20] er der bestemmelser om sikkerhedsforanstaltninger ved arbejde med de produkter, som er MAL-kodemærket. For produkter uden MAL-kodemærkning kan der søges oplysninger i leverandørbrugsanvisningen, og eventuelt må BST konsulteres.

Brand og eksplosion skal forebygges ved at undgå antændelseskilder i området, og afhængigt af de faktiske stoffer og produkter må der eventuelt vælges særlig gulvbelægning og værktøj, så gnistdannelse forebygges. Vær også opmærksom på, at statisk elektricitet kan udgøre en

risiko. Brandfarlige opløsningsmidler er omfattet af reglerne i “bekendtgørelse om brandfarlige væsker” [21].

2.3 LIMTYPER OG LIMFORMER

På grund af den store forskellighed mellem de forskellige produkter er det vanskeligt at give entydige udsagn om arbejdsmiljøpåvirkninger og risici, men der dog kan gives nogle meget generelle retningslinier.

Limene inddeles hyppigt i typer efter basiskomponentens kemiske sammensætning, for eksempel epoxy, polyuretan og acrylat. Hver af disse betegnelser omfatter imidlertid lime med meget forskellige egenskaber. Man ser også limene klassificeret efter deres indhold af opløsningsmidler, men også her er der en stor spændvidde i miljømæssig henseende.

Limens form har også betydning på miljøpåvirkning og risiko. Enkomponentlim skal ikke blandes og medfører mindre risiko end tokomponentlim, alt andet lige. Lim i filmform giver ikke den samme risiko ved hudkontakt som flydende lim, alt andet lige.

Nedenfor gives en kort, meget generel oversigt over miljøegenskaber ved udvalgte lime, som kan være relevante til limning af aluminium. Tilsvarende gives en generel oversigt for udvalgte organiske opløsningsmidler, da de kan indgå i lim, og ofte bruges til affedning og rengøring. Oversigterne er ikke udtømmende, og kan ikke dække alle varianter eller alle miljøaspekter for de omtalte lime og opløsningsmidler.

Anaerobe lime

Enkomponente lime baseret på methacrylater og acrylater, med indhold af blandt andet acrylsyre og organisk peroxid. Acrylater og methacrylater kan have en karakteristisk lugt. Da fordampeligheden af de indgående stoffer er relativt lav, er luftforurening sjældent noget problem, når limen benyttes i små mængder. Ved hudkontakt er der risiko for udvikling af allergisk kontakteksem, ligesom der kan optages skadelige stoffer gennem huden.

For at kunne lime på aluminium er det som regel nødvendigt at bruge en primer (aktivator). Primerens hovedbestanddel kan være organiske opløsningsmidler, som giver luftforurening. Det aktive stof i primeren kan være aminer, som er sundhedsskadelige og let optages gennem huden.

Primere med organiske opløsningsmidler er omfattet af reglerne i “At-bekendtgørelse om stoffer og materialer med over 0,5% flygtige opløsningsmidler” [22].

Epoxylime

Tokomponentlime, som består af en epoxyharpiks og en hærder. Ved at bruge en hærder, som først aktiveres ved forhøjet temperatur, kan de to komponenter leveres færdigblandet, så limen fremstår som et enkomponentprodukt. Epoxylime findes i et meget stort antal varianter med meget forskellige egenskaber.

Blandt de forskellige stoffer, som kan indgå ved fremstilling af epoxyharpikser, er epichlorhydrin, som anses for at være kræftfremkaldende. I den færdige harpiks findes epichlorhydrin i princippet ikke i fri tilstand, men bundet til andre stoffer.

Der findes epoxyharpikser med molekylvægt fra nogle få hundrede g/mol til flere tusinde g/mol. Harpikser med lav molekylvægt er flydende, mens harpikser, der består af lange, tunge molekyler med høj molekylvægt, er tyktflydende eller faste.

Især lavmolekylær epoxyharpiks er kraftigt allergifremkaldende og lokalirriterende ved hudkontakt. Højmolekylær epoxyharpiks er ikke lokalirriterende, og mindre kraftig allergifremkaldende end den lavmolekylære. Der er imidlertid et lille indhold af lavmolekylære epoxyforbindelser også i højmolekylær epoxyharpiks.

I nogle produkter indgår reaktive opløsningsmidler, som indeholder epoxygrupper, fordi man herved kan fortynde produktet uden at få det fordampningssvind, som et ikke reaktivt opløsningsmiddel ville give. Reaktive opløsningsmidler kan være letfordampelige, og medfører da risiko for allergi også ved indånding.

Der findes flere typer af hærder til epoxylime. Især aliphatiske aminer og syreanhydrider er lokalirriterende, og ved hudkontakt udgør det en særlig risiko sammen med en så stærkt allergifremkaldende stofgruppe som epoxyharpiks. Hærderne kan også indeholde sundhedsskadelige stoffer, som kan optages gennem huden.

Arbejde med epoxylime er omfattet af reglerne i "bekendtgørelse om epoxyharpikser og isocyanater" [23], som blandt andet omfatter et krav om brug af handsker.

Polyurethanlime

Findes i en mængde varianter med meget forskellige egenskaber, både som tokomponente, og som enkomponent fugthærdende lime. Harpiksen består af en polyol tilsat aminer og/eller tinsalte som katalysator, som hærdes med en isocyanathærder. Polyurethanharpikser med aminer indebærer en forøget risiko for allergisk kontakteksem. Isocyanatdampe virker stærkt irriterende på åndedrætsorganerne og kan give kemisk forårsaget bronkitis, allergisk astma, vand i lungerne og kronisk nedsat lungefunktion. Isocyanatdampe kan ikke lugtes, før koncentrationen er langt over det acceptable niveau.

Selv ganske små mængder isocyanat kan give gener, som undertiden først viser sig nogle timer efter eksponeringen. De første symptomer er ofte tør hals og hoste.

Blandt de forskellige isocyanater, som kan indgå i produktionen af hærder, er MDI, TDI, HDI og IPDI. Hærder baseret på MDI og IPDI bør foretrakkes, da de er mindre letfordampelige end HDI og TDI. Isocyanaterne er som regel præpolymeriseret i hærderen for at nedsætte antallet af fri isocyanatgrupper, hvorved risikoen reduceres. Ved varmhærdning kan der dog afgives isocyanatholdige dampe, som gør ventilation påkrævet. Opvarmning af hærde polyurethanlim medfører også risiko for dannelse af isocyanater og nedbrydningsprodukter herfra. Frigivelsen kan dels ske fra det område, der direkte opvarmes, men også fra tilstødende områder, hvor varmen spredes til. Frigivelsen af isocyanater starter allerede ved temperaturer på 150-200°C.

TDI anses for at være kræftfremkaldende og er omfattet af reglerne i "bekendtgørelse om forebyggelse af kræftisiko" [24].

Arbejde med Polyurethanlime er omfattet af reglerne i "bekendtgørelse om epoxyharpikser og isocyanater" [23], som blandt andet omfatter et krav om brug af handsker.

SGA-lime (Second Generation Acrylics)

Tokomponente lime baseret på methacrylater, som ved sammenkobling med forskellige forbindelser har fået gode sejhedsegenskaber. SGA-lime kan hærdes ved iblanding af en pastaformet hærder. En anden mulighed er at påføre limen på den ene overflade, og en hærdelak på den anden; hærden sker da ved sammenlægning af de to flader. Limene er tolerante for lettere forurening af overfladerne.

SGA-lime har en stærk lugt af acrylater. Dampene irriterer øjne og åndedrætsorganer, og ved indånding kan de give hovedpine og åndedrætsbesvær. Hudkontakt giver irritation, og ved gentagne påvirkninger kan der udvikles allergisk kontakteksem.

Hærdelakken kan indeholde organiske opløsningsmidler, som giver luftforurening.

SGA-lime er omfattet af reglerne i "bekendtgørelse om stoffer og materialer med over 0,5% flygtige opløsningsmidler" [22].

Siliconelime

Findes som tokomponente og enkomponent fugthærdende typer, hvor de sidste er mest udbredt. Limene består af de organiske siliciumforbindelser siloxaner og silaner, og en organisk tinforbindelse som katalysator. Ved hærden fraspalter de enkomponente lime eddikesyre, amin, alkohol eller oxim, afhængig af limsystemet. Især ved brug af større mængder lim giver fraspaltningen en luftforurening, som kræver ventilation.

Der findes også produkter med indhold af toluen til at nedsætte viskositeten. Luftforureningen herfra kræver ventilation, og produkterne er omfattet af reglerne i “bekendtgørelse om stoffer og materialer med over 0,5% flygtige opløsningsmidler” [22].

Lim i fast form

Lim i folieform betegnes film, mens betegnelsen tape som regel er forbeholdt et bæremateriale i folieform (backing) med en film på den ene eller begge sider. I forhold til flydende eller pastøse lime er det former, som væsentlig mindsker risikoen ved hudkontakt, og som gør det lettere at arbejde med produkterne på en sikker måde.

Hæftelime har karakter af fast lim, men er permanent klæbrige. De kendes eksempelvis som dobbeltklæbende tape. Mens hæftelime hæfter til overfladen alene ved tryk, kræver andre tapeformer aktivering med varme eller med opløsningsmidler, og dermed efter omstændighederne ventilation.

Enkelte lime kan fås i pulverform. Som sådan er de mindre risikable ved hudkontakt, men støvdannelse kan medføre luftforurening. Til massefabrikation af småemner kan man presse pulveret til varmhærdbare preforms, og på den måde opnå miljøvenlighed ved håndteringen.

De omtalte limtypers egenskaber er sammenfattet i den **meget generelle** tabel 10.

Tabel 10: Arbejdsmiljømæssige egenskaber for udvalgte limtyper og –former, generelt.

Limtype

Stigende risiko



Anaerobe lime	X		
	X		
Aktivatorer herfor	X		
	X		X
Epoxylim, lavmolekylær, tyndtflydende	X		
	X		(X)
Epoxylim, højmolekylær, pastøs	X		
	X		
Epoxylim, højmolekylær, film	X		
	X		
Polyurethanlim, 2 komponent	X		
	X	X	(X)
Polyurethanlim, 1 komponent fugtighedshærdende	X	X	
	X	(X)	
SGA-lime	X		
	X		X
Siliconelime	X		
	X		

Forklaring:

1. linie: Hudkontakt	
2. linie: Luftforurening	

Organiske opløsningsmidler

Organiske opløsningsmidler kan medføre alvorlig risiko for påvirkning af arbejdsmiljøet. Ved hudkontakt virker de affedtende og udtørrende på huden, og de kan give anledning til eksemmer. Huden bliver dermed mere gennemtrængelig for kemiske stoffer, og både de organiske opløsningsmidler selv og eventuelle stoffer i limeprodukter optages således lettere gennem huden.

Normalt sker optagelsen dog især ved indånding af de flygtige dampe. Opløsningsmidlerne optages især i fedtholdigt væv, blandt andet i hjernen. Udskillelsen fra det fedtholdige væv er ofte så langsom, at der sker en ophobning i kroppen fra arbejdsdag til arbejdsdag.

Påvirkningerne viser sig som træthed, hovedpine, svimmelhed, nedsat reaktionsevne og eventuelt beruselse. Større belastninger kan give bevidstløshed og skader på nyrer og lever. De organiske opløsningsmidler er desuden alle i større eller mindre grad irriterende for hud, øjne og luftveje.

Ved længere tids udsættelse for organiske opløsningsmidler er der risiko for udvikling af hjerneskade, der viser sig ved hukommelses- og koncentrationsbesvær, unormal træthed og irritabilitet. Desuden er der mistanke om risiko for skader på nyrer, lever, forplantningsevne og/eller fosterskader.

Valg af opløsningsmiddel er et kompromis mellem tekniske og miljømæssige egenskaber. Der kendes ingen opløsningsmidler, som ikke kan give langtidsvirkninger, men ethanol, højt kogende benzin uden indhold af benzen og ethylacetat er eksempler på opløsningsmidler, som formentlig indebærer relativt mindre risiko for langtidsvirkninger.

Organiske opløsningsmidler er omfattet af reglerne i "bekendtgørelse om stoffer og materialer med over 0,5% flygtige opløsningsmidler" [22].

Flere chlorerede opløsningsmidler, eksempelvis dichlormethan og trichlorethen, anses for at være kræftfremkaldende og er som sådan desuden omfattet af reglerne i "bekendtgørelse om forebyggelse af kræftisiko" [24].

2.4 LIMEPROCESSENS DELOPERATIONER

I et forsøg på at få et overblik over sammenhængen mellem mulige arbejdsmiljøpåvirkninger og risici og limningens deloperationer kan man med fordel se nærmere på de enkelte operationer og deres varianter.

Limning omfatter i princippet følgende deloperationer:

- Forbehandling af emner
- Klargøring af lim og påføringsudstyr
- Påføring af lim
- Samling af emner og hærdning af lim
- Efterbearbejdning af de limede emner
- Rengøring af påføringsudstyr
- Håndtering af affald

De metoder og stoffer, der benyttes til de enkelte deloperationer, kan have afgørende betydning for arbejdsmiljøpåvirkninger og risici. Det er derfor nødvendigt også at se på operationernes varianter. I den følgende gennemgang er hovedvægten lagt på arbejdsmiljømæssige forhold, hvorfor den ikke må ses som en anvisning for limearbejde.

2.4.1 FORBEHANDLING AF EMNER

Mekanisk forbehandling kan ske ved slibning, for eksempel med vinkelsliber eller rystepudser. Andre muligheder er børstning med roterende trådbørster af plast med aluminiumoxidkorn i, eller sandblæsning med korund. Alle metoderne giver partikulær luftforurening og støj, og ved manuel slibning kan vibrationer give gener. Hvor der kan slynges partikler ud ved slibning eller børstning, skal der benyttes øjenværn og efter omstændighederne åndedrætsværn.

Ved sandblæsning skal der anvendes luftforsynet åndedrætsværn og særlig beskyttelsesdragt, medmindre der blæses i en lukket handskekabine. Oplysninger om foranstaltninger ved sandblæsning kan findes i "sandblæsning" [25].

Affedtning med organiske opløsningsmidler giver gasformig luftforurening, og især ved manuelle metoder er der risiko for hudkontakt. Hvis der benyttes et brændbart opløsningsmiddel, kan det medføre risiko for brand eller eksplosion. Håndtering af rene væsker indebærer principielt risiko for hudkontakt.

Alkalisk affedtning foretages med vandige opløsninger af ikke flygtige stoffer, til aluminium typisk natriumcarbonat, natriumphosphater og natriummetasilicat. Der kan benyttes dypning eller spuling. Spuling sker næsten altid i lukkede anlæg med conveyor, hvor eventuelle aerosoler ikke bør udgøre nogen risiko. Hudkontakt kan være et risikomoment ved vedligeholdelse af sådanne anlæg.

Ætsning, og eventuelt anodisering, sker i vandige opløsninger af ikke flygtige stoffer. Principielt må der ikke forekomme kontakt med badene, men ved håndtering og vedligeholdelse kan specielt hudkontakt ikke udelukkes som et risikomoment.

Ved særlig store krav til styrken og holdbarheden af limsamlinger i aluminium benyttes undertiden forbehandlingsprocesser, hvor der indgår forbindelser af chrom (VI), som anses for at være kræftfremkaldende.

Forbehandling med chrom (VI) forbindelser er derfor omfattet af reglerne i “bekendtgørelse om forebyggelse af kræftisiko” [24].

2.4.2 KLARGØRING AF LIM OG PÅFØRINGSUDSTYR

Arbejdet med at klargøre lim og eventuel primer kan være meget eller lidt omfattende. I sin enkleste form kan det for en enkomponent lim bestå i at bryde en emballage, der kan benyttes direkte til påføringen. Der er langt mere håndtering, når limens to komponenter pumpes fra spande eller tromler, så der kan blandes den nødvendige mængde lim til at komme i et påføningsudstyr.

Ved enhver håndtering af limen, hvadenten det sker manuelt eller mekaniseret, er der principielt en risiko for hudkontakt, men manuelle metoder indebærer den største risiko.

I det tilfælde, hvor der benyttes primer med indhold af organiske opløsningsmidler, kan der være risiko for luftforurening og eventuelt brand. Hovedparten af de relevante limtyper til aluminium udgør næppe nogen væsentlig risiko for luftforurening ved denne operation.

2.4.3 PÅFØRING AF LIM

I nogle tilfælde opnår man bedre limninger ved at prime overfladen inden limning. Primere er tyndtflydende væsker, som kan påføres med pensel, rulle eller sprøjte. Hvis primeren indeholder opløsningsmidler, giver det særlig risiko for luftforurening, ligesom det kan medføre risiko for brand og eksplosion, hvis opløsningsmidlet er brændbart. Sprøjtning med epoxy- eller isocyanatholdige produkter må kun ske i lukkede systemer, i sprøjteboks eller sprøjtekabine.

Når primeren er tør, kan limen påføres. Risikoen for miljøpåvirkning er meget afhængig af påføringsteknikken. Manuel påføring med pensel, rulle eller spatel giver størst risiko for hudkontakt, og efter omstændighederne også for indånding af dampe, hvis operatøren læner sig ind over emnet under påføringen.

Ekstrudering med fugepistol, eller maskinelt, eventuelt kombineret med valsepåføring, er metoder, som mindsker risikoen for kontakt med produkterne.

Lim i filmform klippes til den ønskede form og lægges på emnet. Ved masseproduktion kan film og tape leveres konfektioneret, så håndteringen bliver minimal.

2.4.4 SAMLING AF EMNER OG HÆRDNING AF LIM

Hvis ikke emnerne er selvfikserende, er fiksturer som regel nødvendige. Risikoen består overvejende i hudkontakt, men den kan elimineres med hensigtsmæssigt udformede fiksturer og løfteværktøjer. Værktøjer bør udformes, så der ikke kommer lim på dem. Hvis det ikke kan undgås, bør de udformes med udskifteligt beskyttelsespapir eller lignende, så limen kan fjernes uden påvirkning af arbejdsmiljøet.

Under hærdeningen kan der afgives dampe, afhængigt af limtypen. Det er særlig udtalt ved varmhærdning, hvor eksempelvis nogle polyurethanlime kan afgive isocyanater, og derfor kræver effektiv ventilation. Det gælder generelt, at ventilation ofte vil være nødvendig, hvor store mængder lim hærdes i rum, som også benyttes til andre formål.

2.4.5 EFTERBEARBEJDNING AF DE LIMEDE EMNER

Ideelt skal limsamlingen være udformet, så der ikke er behov for efterbearbejdning. Hvor det er nødvendigt at efterbearbejde, skal det gøres, så der ikke kommer støv fra hærdet lim, og så limen ikke opvarmes kraftigt. Specielt polyurethanlime må ikke blive varmere end 200°C for ikke at afgive isocyanater, hvorfor der skal tages hensyn til det også i forbindelse med eventuelle arbejder, som ikke har nogen tilknytning til limningen.

Luftforurening må anses for det væsentligste risikomoment ved efterbearbejdning.

2.4.6 RENGØRING AF PÅFØRINGSUDSTYR

Ved påføring direkte fra emballagen kan man undvære særligt påføringsudstyr.

Pensler, spartler m.v. fra manuel påføring kan med fordel kasseres. Maskinelt blande- og påføringsudstyr skal rengøres som nødvendigt for at undgå tilstopning med hærdet eller tørret lim. Oftest sker det ved at pumpe opløsningsmiddel igennem, indtil limkomponenterne er fjernet. På typer monteret med engangsblanderør kan man ved kortere stop nøjes med at afmontere røret og kassere det.

Rengøring indebærer risiko for såvel hudkontakt som luftforurening. Man kan her overveje at substituere de traditionelle opløsningsmidler med mindre skadelige typer, i det omfang, de er velegnede og effektive, og deres egenskaber er veldokumenterede.

2.4.7 HÅNDTERING AF LIMAFFALD

Limaffald er spild, rester, brugt engangsværktøj, papir og klude, engangshandsker, kasseret arbejdstøj og tom emballage. Håndtering af affald skal tilrettelægges, så det ikke udgør nogen risiko for personer eller miljøet. Affald med indhold af flygtige stoffer skal opbevares, så det ikke forurener luften i arbejdslokalerne eller giver anledning til brandfare, for eksempel i særlige affaldsbeholdere med lokaludsugning. Affald med ikke hærdede rester af epoxy- eller polyurethanlim skal opbevares i særligt mærkede affaldsbeholdere.

3 Eksternt miljø ved sammenføjning af aluminium

Beskyttelsen af det eksterne miljø sker overordnet gennem "miljøbeskyttelsesloven" [26], som har karakter af en rammelov, under hvilken der gives anordninger eller love med krav til blandt andet etablering og drift af virksomheder, fastsættelse af normer for emissioner, og håndtering og deponering af affald. Anden lovgivning, der har miljøbeskyttelse som formål, men som vedrører et specielt område, for eksempel lov om kemiske stoffer og produkter [27], går forud for miljøbeskyttelsesloven på grund af dennes generelle karakter.

De omtalte love og anordninger regulerer anvendelsen af stoffer og produkter i almindelighed, både til erhvervsformål og til privat anvendelse.

Når kemiske stoffer og produkter skal anvendes erhvervs-mæssigt, er brugen, udover den generelle regulering, tillige omfattet af "arbejds-miljøloven" [28]. Det skyldes, at miljøbeskyttelseslovens beskyttelsesobjekt er miljøet udenfor virksomheden, hvorfor de ansatte i virksomheden må beskyttes gennem anden lovgivning.

De væsentligste påvirkninger af det eksterne miljø ved sammenføjning af aluminium er knyttet til:

- Luftforurening
- Affald og spildevand

Afhængigt af virksomhedsstørrelse og produktionsmængde og af, om aktiviteten er optaget på listen over særligt forurenende virksomheder [29], eller på listen over anmeldelsespligtige virksomheder [30], skal virksomheden godkendes eller anmeldes til myndighederne. Anmeldelser og ansøgninger om godkendelse skal sendes til kommunalbestyrelsen.

3.1 LUFTFORURENING

Regler om luftforurening findes i "Vejledning nr. 6 af 1990 Begrænsning af luftforurening fra virksomheder", "Luftvejledningen". [31]

Denne vejledning bygger på det hovedprincip, at der skal ske forureningsbekæmpelse ved kilden i det omfang, det er teknisk gennemførligt og økonomisk muligt for den enkelte virksomhed. Det kan ske enten i form af renere teknologi eller gennem rensning. Selve vejledningen omfatter ikke svejserøg, og der er derfor udfærdiget et supplement til vejledningen: Vejledning nr. 13, 1997: "Begrænsning af luftforurening fra virksomheder, der udsender svejserøg" [32]. Denne vejledning omfatter dog kun svejsning i ulegeret og rustfrit stål for en række nærmere angivne svejsemetoder. For andre metaller, f.eks. aluminium, anvendes "luftvejledningen".

Vejledningens angivelser er ikke bindende, men tjener som retningslinier for myndigheder, virksomheder og rådgivende firmaer. Myndighederne bør dog altid tage udgangspunkt i vejledningen, når der skal stilles krav til virksomheders udledning af stoffer til luften, men kan, når særlige forhold af teknisk eller økonomisk art kan begrunde det, fravige vejledningen.

Vejledningens grænseværdier er udarbejdet med udgangspunkt i udenlandske retningslinier, især TA-Luft [32]. Det skal dog bemærkes, at nogle grænseværdier - især B-værdier - afviger væsentligt fra værdier i TA-Luft. En meget lav B-værdi er udtryk for, at stoffet, ud fra den viden som findes i dag, må anses for så farligt, at substitution bør finde sted.

Arbejdstilsynets grænseværdier for farlige stoffer sætter øvre grænser for stofkoncentrationer i arbejdsmiljøet, normalt for en 8 timers periode. B-værdierne i luftvejledningen er fastlagt under hensyn til, at også særlig følsomme befolkningsgrupper skal kunne leve med dem som konstant belastning over 24 timer i døgnet, og er i øvrigt defineret på en anden måde. B-værdierne er derfor lavere end Arbejdstilsynets grænseværdier.

3.1.1 BEGREBER, DEFINITIONER OG FORKLARINGER

I vejledningen anvendes tre forskellige typer grænseværdier. Der er to grænseværdier, der refererer til stoffer eller stofklasser, og de benyttes til at afgøre, i hvilket der skal gennemføres rensesforanstaltninger. Det drejer sig om:

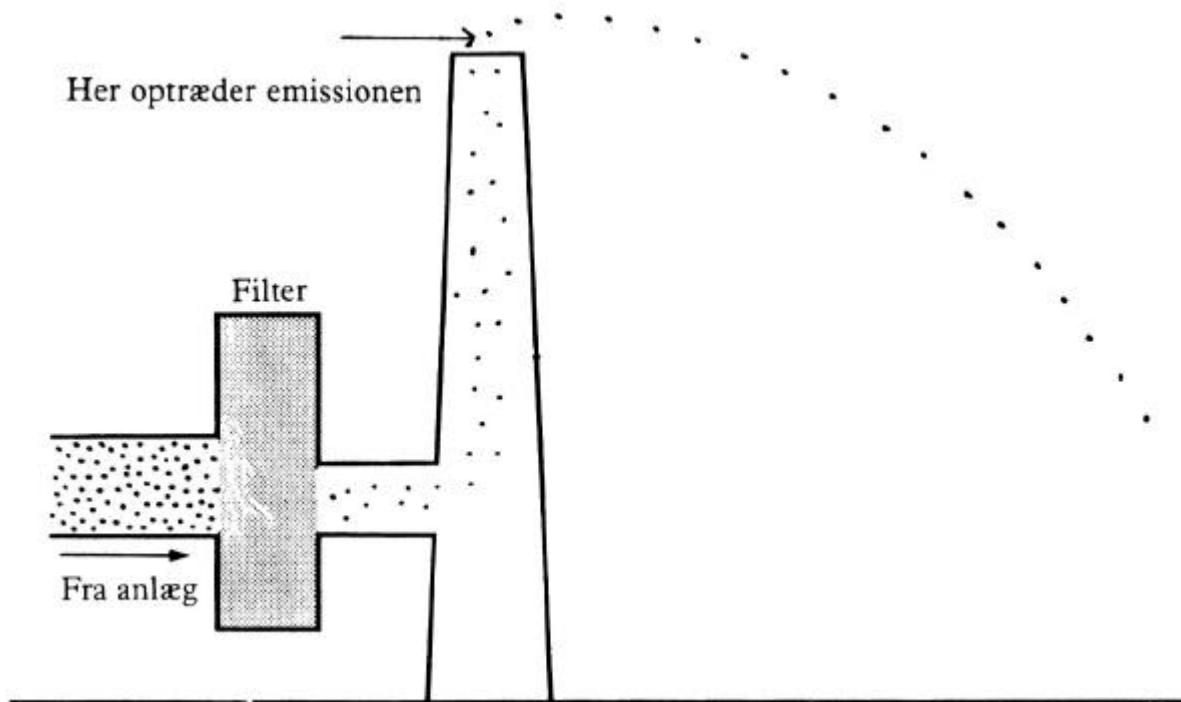
Emissionsgrænser, som er en grænse for koncentrationen af forurening i den luft, som virksomheden udsender gennem et afkast.

Massestrømsgrænser, som er en grænse for, om der skal iværksættes rensesforanstaltninger, således at emissionsgrænsen overholdes.

Den sidste grænseværdi knytter sig til hvert stof.

B-værdien vedrører koncentrationen i omgivelserne, og benyttes ved fastlæggelse af skorstenshøjder.

3.1.2 EMISSION

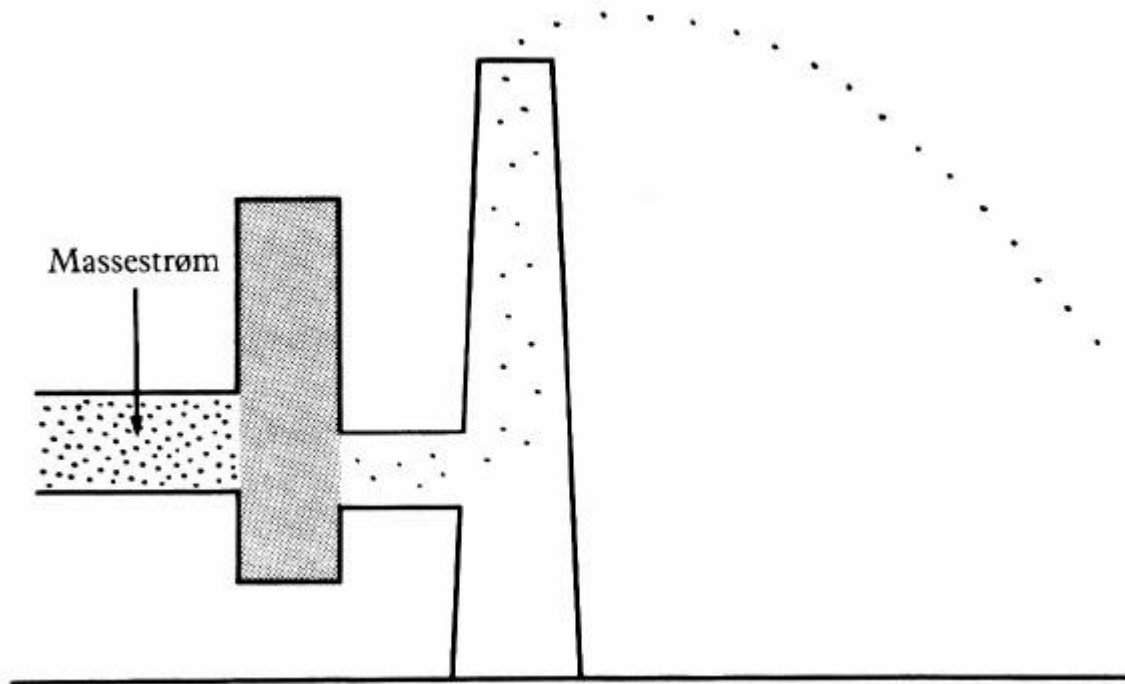


Figur 4. [31]

Grænsen gælder for et enkelt afkast og angives i mg /norm.m³ (se fig.4), d.v.s. som den totale udsendelse af forurenende stoffer i en tidsperiode, hvor anlægget er i drift, divideret med antallet af kubikmeter udsendt (emitteret) gas omregnet til referencetilstanden (0° C, 101,3 kPa, tør gas) i den samme periode. Vejledningens emissionsgrænser, der gælder for hvert afkast indenfor virksomhedens område, er månedsmiddelværdier.

Den enkelte virksomhed bør ikke kunne overholde emissionsgrænserne ved "fortynding", d.v.s. ved brug af uforholdsmæssig stor luftmængde, f.eks. fortynding med rumluft.

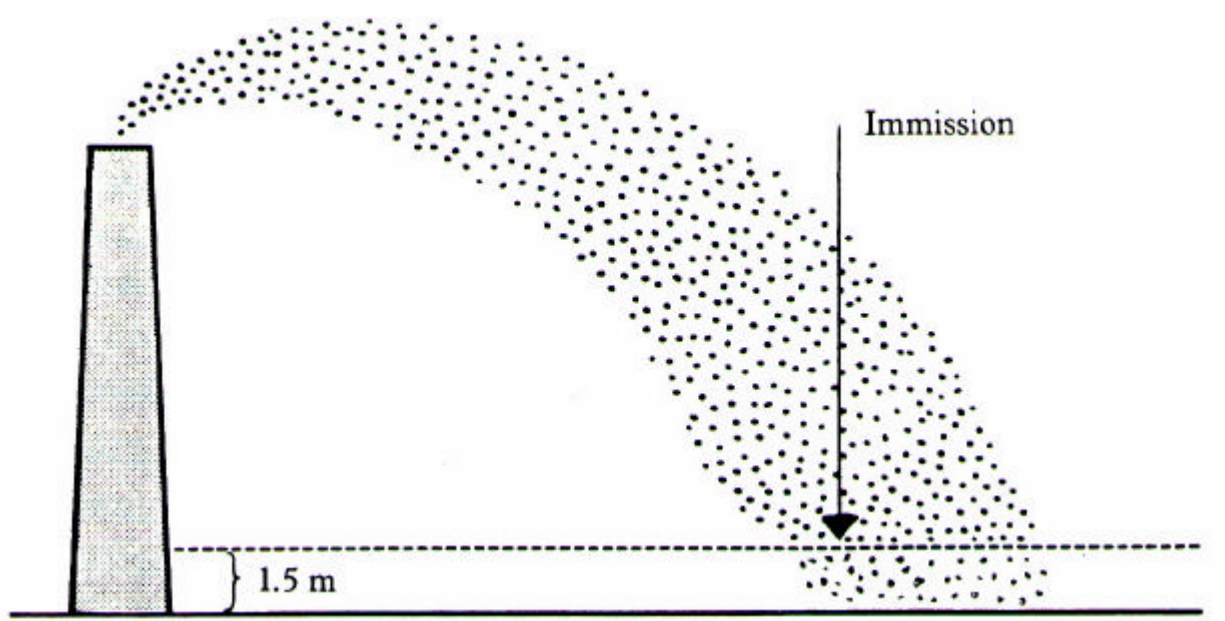
3.1.3 MASSESTRØM



Figur 5. [31]

Herved forstås den mængde stof pr. tidsenhed som ville udgøre hele virksomhedens udledning af et givet stof eller en stofklasse, såfremt der ikke foretages emissionsbegrænsning. Massestrømmen fastlægges altså inden egentlige rensningsanlæg, men efter procesanlæg. Massestrømmen midles over et skift (7 timer) (se fig.5).

3.1.4 IMMISION



Figur 6. [31]

Herved forstås forekomst i udendørs luft af forurenende stoffer i fast, flydende eller gasformig tilstand ved jordoverfladen - normalt i ca. 1,5 meters højde over denne (se fig.6).

3.1.5 B-VÆRDI (BIDRAGSVÆRDI)

Den enkelte virksomheds maksimalt tilladelige bidrag til tilstedeværelsen af forurenende stoffer i luften som imission betegnes B-værdi. B-værdien anvendes ved den beregning, der skal foreligge for ethvert afkast, som udsender forurenende stoffer til luften. I disse beregninger forudsættes B-værdien at være en middelværdi over en time, der ikke må overskrides mere end 1% af tiden, det vil sige højst 7 timer af en måneds samlede timer. De anførte B-værdier for støv gælder kun partikler $< 10 \mu\text{m}$. For alle B-værdier gælder, at ny viden om stoffernes toksikologiske virkning kan føre til ændrede B-værdier.

B-værdier for stoffer optaget under tabel 11, [31]

I vejledningen opdeles de forurenende stoffer i to hovedgrupper.

Tabel 11. Stofinddeling

Hovedgruppe	Stofgruppe	Klasse
1. Særligt farlige	kun én	
2. farlige	uorganisk støv af farlig art	I,II og III
	NO _x	
	SO ₂	
	Damp- eller gasformige uorganiske stoffer	I,II,III og IV
	Organiske stoffer	I,II og III
	Støv i øvrigt	

3.1.6 MASSESTRØMSGRÆNSER, EMISSIONSGRÆNSER OG B-VÆRDIER

3.1.7 HOVEDGRUPPE 1

Indplacering af farlige stoffer i hovedgruppe 1 sker enten på basis af deres giftighed, langtidsvirkninger på helbredet og/eller uacceptable virkninger i naturen. For disse stoffer er der fastsat B-værdier, afhængigt af den fareklasse, som stofferne henføres til efter mærkningsbestemmelserne. For meget giftige stoffer (mærket med Tx) er der anvendt en B-værdi på 0,0001 mg/m³, og for giftige stoffer (mærket med T) er der anvendt en B-værdi på 0,001 mg/m³. Endelig er der for sundhedsskadelige stoffer (mærket Xn) anvendt en B-værdi på 0,01 mg/m³. Meget potente biologisk aktive stoffer bør som udgangspunkt betragtes som hovedgruppe 1 stoffer.

3.1.8 EMISSIONSBEGRÆNSNING

Tabel 12. Massestrøms- og emissionsgrænser for hovedgruppe 1.

Hovedgruppe 1 B-værdi mg/m ³	Massestrømsgrænse g/h	Emissionsgrænse mg/norm.m ³
< 10 ⁻³	0,5	0,1- 0,5
> 10 ⁻³	25	1 - 5

Nogle stoffer er dog så betænkelige, at særligt lave emissionsgrænser yderligere bør anvendes. Det gælder PCB, hvor en emissionsgrænse på 0,0001 mg/norm.m³ bør anvendes.

3.1.9 HOVEDGRUPPE 2

Til hovedgruppe 2 henføres andre sundheds- eller miljøskadelige stoffer end hovedgruppe 1 stoffer. Hovedgruppe 2 stoffer er opdelt i 6 stofgrupper, og nogle stofgrupper er igen opdelt i klasser.

1. Uorganisk støv af farlig art (klasser I,II og III)
2. NO_x
3. SO₂
4. Damp- eller gasformige uorganiske stoffer.
(Klasse I,II,III og IV) (bortset fra NO_x og SO₂)
5. Organiske stoffer (Klasse I,II og III)
6. Støv i øvrigt

3.1.9.1 Svejsrerøg fra svejsning i aluminium

Aluminium hører til hovedgruppe 2, klasse 3 ”uorganisk støv af farlig art”, med følgende grænser.

Tabel 13

Massestrømsgrænse g/h	Emissionsgrænse mg/norm.m ³	Hovedgruppe 2 B-værdi mg/m ³
25	5	0,01

Typisk emission Worst-case) fra f.eks. MIG-svejsning af aluminium i 4000 eller 5000 legering er 10 mg/sek, hvoraf 50% er Al, hvilket svarer til en massestrøm på 18 g/h ved 100 % intermittens. Typisk benyttes en intermitensfaktor på 25%, hvilket svarer til en massestrøm på 4,5 g/h. Massestrømsgrænsen er i dette tilfælde overholdt, og der skal derfor ikke etableres filtrerende foranstaltning. Hvis antallet af arbejdsstationer eller intermittensen øges skal dette tages i betragtning. F.eks. vil 6 arbejdsstationer med onevstående emission, udløse et filter krav.

3.2 AFFALD OG SPILDEVAND

Reglerne for behandling af affald i forhold til det eksterne miljø findes i ”bekendtgørelse om affald” [34]. Reglerne for spildevand udledt til kloak er lokalt bestemte, idet de forskellige kommuner har regler, som afhænger af det lokale rensningsanlægs kapacitet. For spildevand udledt direkte til recipient er det amterne, som fastsætter kravene.

4 Referenceliste

At-Vejledning, At-anvisning og At-meddelelse henviser til arbejdsinsynets regler og retningslinier.

- [1] At-Vejledning C.0.1. Oktober 2000:
Grænseværdier for stoffer og materialer
- [2] ACGIH 1995-1996. Threshold Limit Values (TLV's) Biological Exposure Indices.
- [3] AMI-rapport nr. 31/1990
Lys, Ultraviolet og infrarød stråling
- [4] DS/EN 169
Øjenværn
Filtre til svejsning og beslægtede processer
Transmissionsegenskaber og anbefalet anvendelse.
- [5] EN 60825. Safety of laser products
- [6] ANSI Z.136.1, American National Standard for Safe Use of Lasers
- [7] Arbejdsinsynets bekendtgørelse nr. 801 af 04.10.1993
Bekendtgørelse om støjgrænser på arbejdspladsen
- [8] At-meddelelse nr. 4.06.1, september 1995:
Støj på arbejdspladsen
- [9] At-meddelelse nr.4.09.5, oktober 1985:
Høreværn
- [10] At-meddelelse nr. 2.09.2,november 1999:
Svejsning, skæring m.v. i metal
- [11] At-meddelelse nr. 1.01.8, september 1999:
Ventilation på faste arbejdssteder
- [12] At-meddelelse nr. 4.09.1,oktober 1999:
Åndedrætsværn
- [13] At-vejledning D5.1, juli 2000:
Trykluft til åndedrætsværn.
- [14] BSR 1 vejledning nr. 4.09.101, marts 1994:
Vejledning om åndedrætsværn

- [15] EN 207. Personal eye-protection – Filters and eye protection against laser radiation
- [16] Strækstrømreglementet
- [17] Stærkstrømbekendtgørelsen
- [18] ASTM STP 989, 1988.
- [19] At-meddelelse nr. 4.09.3, oktober 1985
Øjenværn
- [20] Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 302 af 13. maj 1993
Bekendtgørelse om arbejde med kodenumererede produkter
- [21] Justitsministeriets bekendtgørelse nr. 161 af 26. april 1985
Bekendtgørelse om brandfarlige væsker, med ændringer 29-04-1987.
- [22] Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 52 af 13. januar 1998
Bekendtgørelse om materialer med indhold af flygtige organiske stoffer herunder organiske opløsningsmidler.
- [23] Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 199 af 26. marts 1985
Bekendtgørelse om epoxyharpikser og isocyanater m.v., samt
Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 779 af 15. oktober 1999
Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om epoxyharpikser og isocyanater m.v.
- [24] Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 140 af 17. februar 1997
Bekendtgørelse om foranstaltninger til forebyggelse af kræftisikoen ved arbejde med stoffer og materialer, med ændringer 16-12-1997, 15-12-1999 og 15-06-2000.
- [25] At-vejledning D.2.1, marts 2000
Sandblæsning
- [26] Lovbekendtgørelse nr. 698 af 22. september 1998
Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, med ændringer 16-12-1998, 02-06-1999 og 31-05-2000.
- [27] Lovbekendtgørelse nr. 21 af 16. januar 1996
Bekendtgørelse af lov om kemiske stoffer og produkter.
- [28] Lovbekendtgørelse 784 af 11/10-99"
Bekendtgørelse af lov om arbejdsmiljø.
- [29] Bekendtgørelse nr. 794 af 9. december 1991
Godkendelse af listevirksomhed
- [30] Bekendtgørelse nr. 367 af 10. maj 1992

Anmeldeordning for anden virksomhed end listevirksomhed, med ændring 04-06-1993.

- [31] Begrænsning af luftforurening fra virksomheder
Vejledning nr. 6, 1990 Miljøstyrelsen
- [32] Begrænsning af luftforurening fra virksomheder, der udsender svejserøg
Vejledning nr. 13, 1997 Miljøstyrelsen
- [33] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. TA-Luft 1986
3., überarbeitete und erweiterte auflage
Die Deutsche Bibliothek- CIP-Einheitsaufnahme
- [34] Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 619 af 27. juni 2000
Bekendtgørelse om affald.