

# Projekt vedrørende emissioner og relevante vilkår for filtrering ved laserskæring, plasmaskæring og flammeskæring

Lars K. Gram, Jan Thernøe  
FORCE Technology

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>7</b>
<b>2 GRÆNSEVÆRDIER</b>	<b>8</b>
2.1 ULEGERET STÅL (KONSTRUKTIONSSTÅL)	8
2.2 LEGERET STÅL (RUSTFRIT STÅL)	8
2.3 OVERSIGT OVER GRÆNSEVÆRDIER I TOTAL RØG FOR SKÆRING I LEGERET OG ULEGERET STÅL	10
2.4 INTERMITTENS	10
<b>3 RØGEMISSIONER FRA SKÆREPROCESSER</b>	<b>12</b>
3.1 PLASMASKÆRING	12
3.2 LASERSKÆRING	13
3.3 FLAMMESKÆRING	13
3.4 SAMMENFATNING - TILGÆNGELIGE TROVÆRDIGE DATA	13
<b>4 MODEL FOR PLASMASKÆRING - BEREGNING AF RØGEMISSION SOM FUNKTION AF PLADETYKKELSEN</b>	<b>15</b>
<b>5 VILKÅR</b>	<b>16</b>
5.1 PLASMASKÆRING, TØR SKÆRING	16
5.2 PLASMASKÆRING, HALVTØR SKÆRING	16
5.3 PLASMASKÆRING, VANDNEDDYKKET SKÆRING	16
5.4 LASERSKÆRING MED O <sub>2</sub>	17
5.5 LASERSKÆRING MED N <sub>2</sub>	17
5.6 FLAMMESKÆRING	17
<b>6 REFERENCER</b>	<b>18</b>
Bilag A	
Bilag B	
Bilag C	



# Forord

Miljøstyrelsens Industri & Transport ved hr. Jørn L. Hansen har bedt FORCE Technology om at opstille grove intervaller for emissioner ved plasma-, laser- og flammeskæring med henblik på at kunne stille enkle vilkår vedr. rensningsforanstaltninger.



# 1 Indledning

FORCE Technology har opstillet grove intervaller for emissioner ved plas-ma-, laser- og flammeskæring med henblik på at kunne stille enkle vilkår vedr. rensningsforanstaltninger.

Det er aftalt, at der kun leveres de data, der er umiddelbart tilgængelige og troværdige. Der er ikke gennemført en grundig litteraturundersøgelse eller målinger for at frembringe data. Som de fremgår af dataoversigterne, mangler der da også en del data ved skæring i forskellige pladetykkelser og ved særlige betingelser.

Med henblik på at udvide datamaterialet er der udviklet en formel til beregning af det materiale, der forsvinder ved plasmaskæring. Samtidig er der indhentet data for, hvor stor en procentdel af det tabte materiale, der ender i røgen. Hvis det havde været muligt at finde flere %-data, ville vi have kunnet påvise en sammenhæng, og dermed beregne emissioner udelukkende ud fra pladetykkelsen.

Data er præsenteret ved de konditioner, der er indhentet (pladetykkelser m.v.) og så endvidere præsenteret i et skema, hvor data er "ekspanderet til at dække alle pladetykkelser og tilhørende vilkår. Ekspansionen af skemaet er foretaget på baggrund af vore svejseeksperterers viden. Samtidig er der konsekvent taget udgangspunkt i de maksimale emissioner fra litteraturen. Resultatet vil uden tvivl være at nogle få virksomheder kan blive pålagt rensning med filter, uden at massestrømsgrænsen er overskredet.

Virksomheder der har mistanke om, at de ikke overskrider massestrømsgrænsen, selvom skemaet anbefaler vilkår om rensning, kan undersøge den konkrete massestrøm med målinger, og på den måde undgå vilkåret, hvis massestrømsgrænsen dermed ikke er overskredet.

I rapporten er massestrømsgrænser, emissionsgrænseværdier og B-værdier diskuteret, især for rustfrit stål, hvor grænseværdierne er omsat til total røgmængde ud fra viden om de forskellige skæreprocessers afgivelse af henholdsvis  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  og Ni. Dette er gjort, fordi alle data er i total røgmængde, der ikke umiddelbart kan sammenlignes med grænseværdier for summen af  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  og Ni.

## 2 Grænseværdier

Rapport om udledning af svejserøg til omgivelserne [1] debatterer hvilke massestrømsgrænser, emissionsgrænser og B-værdier, der bør benyttes ved svejsning i ulegeret stål og i rustfrit stål.

I det følgende antages det, at de samme grænseværdier kan benyttes til skæring i ulegeret stål og rustfrit stål.

### 2.1 Ulegeret stål (konstruktionsstål)

B-værdi vejledningen [3] anfører følgende for ulegeret stål:

#### **Svejsning i ulegeret stål**

*I svejserøgsvejledningen er svejserøg ved svejsning i ulegeret stål klassificeret som uorganisk støv af farlig art med følgende grænseværdier:*

- *En massestrømsgrænse på 25 g/h*
- *En emissionsgrænse på 5 mg/normal-m<sup>3</sup> og*
- *En B-værdi på 0,004 mg/m<sup>3</sup>*

*Ved overholdelse af retningslinierne i svejserøgsvejledningen er det sikret, at disse værdier overholdes.*

*Rensning er ikke nødvendig, hvis*

1. *der på en virksomhed svejdes med lav intermittens, d.v.s. at der kun svejdes i små korte perioder, således at det kan dokumenteres, at massestrømmen af svejserøg er lavere end 25 g/h. Virksomheden bør så indrettes og drives, så B-værdien kan overholdes.*
2. *der på en virksomhed svejdes med lav intermittens, d.v.s. at der kun svejdes i små korte perioder, således at det kan dokumenteres, at emissionskoncentrationen er lavere end 5 mg/normal-m<sup>3</sup>. Virksomheden bør så indrettes og drives, så B-værdien kan overholdes.*

Ovenstående er for svejsning i ulegeret stål, men det antages, at disse grænseværdier direkte kan overføres til skæring i ulegeret stål, hvor røgen vil indeholde de samme komponenter eksklusiv tilslagsmaterialer ved svejsningen.

Massestrømsgrænsen for skæring i ulegeret stål bør derfor være 25 g røg/h.

### 2.2 Legeret stål (rustfrit stål)

B-værdi vejledningen [3] anfører følgende for ulegeret stål:

#### **Svejsning i legeret stål**

*I svejserøgsvejledningen er svejserøg ved svejsning i legeret stål klassificeret som et hovedgruppe 1 stof med følgende grænseværdier:*

- *en massestrømsgrænse på 0,5 g svejserøg/h målt som summen af Cr i oxidationstrinnet +6 og Ni.*
- *en emissionsgrænse på 0,1-0,5 mg svejserøg/normal-m<sup>3</sup> målt som summen af Cr i oxidationstrinnet +6 og Ni og*
- *en B-værdi på 0,0001 mg/m<sup>3</sup> for den del af svejserøgen, der består af summen af Cr i oxidationstrinnet +6 og Ni.*

*Ved overholdelse af retningslinierne i svejserøgsvejledningen er det sikret, at disse værdier overholdes.*

*Rensning er ikke nødvendig, hvis*

1. der på en virksomhed svejdes med lav intermittens, d.v.s. at der kun svejdes i små korte perioder, således at det kan dokumenteres, at massestrømmen, målt som summen af Cr i oxidationstrinnet +6 og Ni, er lavere end 0,5 g/h. Virksomheden bør så indrettes og drives, så B-værdien overholdes.
2. der på en virksomhed svejdes med lav intermittens, d.v.s. at der kun svejdes i små korte perioder, således at det kan dokumenteres, at emissionskoncentrationen, målt som summen af Cr i oxidationstrinnet +6 og Ni, er lavere end 0,25 mg/ normal-m<sup>3</sup>. Virksomheden bør indrettes og drives, så B-værdien kan overholdes.

For ulegeret stål er massestrømsgrænsen ikke defineret som den totale emitterede mængde røg, men som den totale emitterede mængde Cr<sup>VI</sup> og Ni. Det er derfor nødvendigt at kende skærerøgens indhold i procent af disse to stoffer.

I Rapport om udledning af svejserøg til omgivelserne [1] angives følgende procenter for de 2 stoffer for en række svejseprocesser:

Tabel 1

Svejseproces i rustfrit stål	Cr <sup>VI</sup> i % af røg	Ni i % af røg	Sum af Cr <sup>VI</sup> og Ni i % af røg
MMA svejsning:	4	1,5	5,5
MAG svejsning:	0,9	4,25	5,15
FCA svejsning:	1,5	2,9	4,4
Gennemsnit	2,1	2,9	5,0

I Procesventilation ved svejsning og skæring af rustfrit stål [2] angives følgende procenter for skæring i rustfrit stål:

Tabel 2

Skæreproces i rustfrit stål	Cr <sup>VI</sup> i % af røg	Ni i % af røg	Sum af Cr <sup>VI</sup> og Ni i % af røg	Sum af Cr <sup>VI</sup> og Ni i % af røg Maks.værdier
Plasmaskæring	0,02 - 0,05	3,6 - 5,7	3,6 - 5,8	5,8
Laserskæring	0,25 - 0,75	3,1 - 8,0	3,4 - 8,8	8,8
Flammeskæring	*	*	*	*
Gennemsnit	0,14 - 0,4	3,4 - 6,9	3,5 - 7,3	7,3

\* Der kan ikke flammeskæres i rustfrit stål

Som det ses, dannes der væsentlig mindre Cr<sup>VI</sup> ved skæring end ved svejsning.

I de følgende beregninger af massestrømme benyttes de i tabel 2 angivne maksimale værdier, som afspejler en worst-case situation. Samtidig ses det, at gennemsnitsværdien for plasmaskæring og laserskæring ikke kan benyttes - det er nødvendigt at benyttes separate værdier for de to typer skæring.

B-værdi vejledningen [3] angiver en massestrømsgrænse på 0,5 g/h, en emissionsgrænse på 0,1-0,5 mg/m<sup>3</sup>(n,t) og en B-værdi på 0,0001 mg/m<sup>3</sup> for summen af Cr<sup>VI</sup> og Ni, hvilket kan omregnes til resulterende grænseværdier for total emitteret røgmængde med udgangspunkt i røgens andel af Cr<sup>VI</sup> og Ni:

Tabel 3

Skæreproces i rustfrit stål	Sum af Cr <sup>VI</sup> og Ni Maks. værdi i % af røg	Massestrøms-grænse for total røg g/h	Emissions-grænse for total røg mg/m <sup>3</sup> (n,t)	B-værdi for total røg mg/m <sup>3</sup>
Plasmaskæring:	5,8	8,6	1,7 - 8,6	0,0017
Laserskæring:	8,8	5,7	1,1 - 5,7	0,0011
Flammeskæring:	*	*	*	*
Gennemsnit	7,3	6,9	1,4 - 7,2	0,0014

\* Der kan ikke flammeskæres i rustfrit stål.

B-værdivejledningen [3] redegør ikke for, hvorfor emissionsgrænsen er opgivet som et interval, når Luftvejledningen [4] angiver en emissionsgrænse på 0,25 mg/m<sup>3</sup> for hovedgruppe 1 stoffer med en B-værdi under 0,001 mg/m<sup>3</sup>, som er gældende for både Cr<sup>VI</sup> og Ni.



## 2.3 Oversigt over grænseværdier i total røg for skæring i legeret og ulegeret stål

Tabel 4

Skæreprøces	Massestrømsgrænse for total røg g/h	Emissionsgrænse for total røg mg/m <sup>3</sup> (n,t)	B-værdi for total røg mg/m <sup>3</sup>
<b>Ulegeret stål</b>			
Plasmaskæring:	25	5	0,004
Laserskæring:	25	5	0,004
Flammeskæring:	25	5	0,004
Gennemsnit	25	5	0,004
<b>Legeret stål (rustfrit stål)</b>			
Plasmaskæring:	8,6	1,7 - 8,6	0,0017
Laserskæring:	5,7	1,1 - 5,7	0,0011
Flammeskæring:	*	*	*
Gennemsnit	6,9	1,4 - 7,2	0,0014

\* Der kan ikke flammeskæres i rustfrit stål.

## 2.4 Intermitterens

I Luftvejledningen [4] angives følgende vedr. intermitterens:

*B-værdien kan lempes for virksomheder, der udsender Hovedgruppe 1-stoffer og træstøv eller  $\alpha$ -kvarts fra hovedgruppe 2, hvis virksomhedens emission er intermitterende. Hvis den intermitterende drift er jævnt fordelt over døgnet og hele året, kan der anvendes en B-værdi for den intermitterende drift benævnt  $B_i$ . Denne værdi bestemmes ved formel 2:*

Formel 2

$$B_i = \frac{B \times 8760}{T_i}$$

*hvor B er stoffets B-værdi, og  $T_i$  er den samlede tid pr. år for den intermitterende drift målt i timer.*

*Hvor driften ikke er jævnt fordelt, anvendes formel 3:*

Formel 3

$$B_{ik} = \frac{B \times 8760}{T_i \times 2}$$

*hvor  $B_{ik}$  er den intermitterende korrigerede værdi, der er korrigeret ved at dividere med 2.*

*Såfremt B-værdien lempes efter disse regler, skal virksomhedens godkendte driftstid fremgå af kravene til virksomheden.*

Ovenstående definitioner og anvendelse af intermitterensbegrebet kan ikke umiddelbart benyttes for skæreprøcesser, hvorfor vi i denne sammenhæng har valgt at definere intermitterens på samme måde, som den anvendes i Rapport om udledning af svejserøg til omgivelserne [1] og i Svejsvejledningen [5]:

Svejsetid defineres i Svejsvejledningen [5] som *både lysbuetiden og den tid der medgår til at forberede selve svejsningen, herunder udskiftning af elektroder.*

For skæreprøcesser defineres intermitterens som den andel af virksomhedens normale arbejdstid, hvor der skæres. Hvis der skæres med flere skærehoveder i samme maskine, eller hvis der er flere maskiner til rådighed, skal hvert skærehoved medregnes i skæretiden. Intermitterensen kan således godt være større end 100%.

Eksempel: En virksomhed har en flammeskæreautomat med 3 skærehoveder. Den gennemsnitlige skæretid pr. skærehoved pr. arbejdsdag vurderes at være ca. 1,5 time. Normal arbejdstid er 7,5 time. Intermittensen bliver derved:

$$\textit{Intermittens} = \frac{1,5 \cdot 3}{7,5} \cdot 100 = 60\%$$

Når en emission angives i g/h ved 100% intermittens, skal dette tal korrigeres for virksomhedens intermittens ved at beregne denne og gange emissionen med intermittensen (og dele med 100), inden emissionen sammenholdes med massestrømsgrænsen.

## 3 Røgemissioner fra skæreprocesser

Der er generelt søgt data i FORCE Technologys interne database over røgemissioner samt i kendt umiddelbart tilgængeligt litteratur, jf. referencelisten i kapitel 6.

### 3.1 Plasmaskæring

Emissionen fra plasmaskæring er stor i forhold til emissionen fra flammeskæring og laserskæring. Emissionen kan reduceres meget væsentligt (med en faktor 100), hvis der skæres under vand (kræver særligt udstyr). Udføres skæringen med pladen 50 mm over et vandbassin ('halvtør skæring'), vil det reducere emissionen med en faktor 10.

Plasmaskæring kan udføres med forskellige plasmagasser. Luft er billigst, men det er også den gas, som giver den største emission. Ren oxygen eller nitrogen giver 20% lavere emission, både ved skæring af konstruktionsstål og rustfrit stål. Nitrogen/hydrogenblandinger giver formentlig noget lavere emission, men der er ikke fundet data.

Ligesom for laser- og flammeskæring er der en del spredning af emissionsmåleresultaterne, men den er mindre, og den kan i nogen grad relateres til pladetykkelsen.

Udtrykt som masse pr. tidsenhed falder emissionen med stigende pladetykkelse; det har formentlig sin forklaring i, at tykkere plader skæres med lavere skærehastighed. Udtrykt som masse pr. snitmeter er emissionen stigende med pladetykkelsen.

De bedste af de tilgængelige data stammer fra reference [8]:

Tabel 5

Røgemission ved plasmaskæring af konstruktionsstål og rustfrit stål [g/min]						
Skræremetode:	Tør		Halvtør		Vandneddykket	
	min	max	min	max	min	max
Konstruktionsstål, 8 mm	20	26	2,0	4,0	0,1	0,4
Rustfrit stål, 8 mm	30	40	3,6	4,6	0,2	0,5
Rustfrit stål, 35 mm	1,8	3,4	0,1	0,3	0,02	0,02

Halvtør skæring: Vandbassin 50 mm under pladen.

O<sub>2</sub> som plasmagas ved tør skæring af 8 mm konstruktionsstål gav 20% lavere emission end med luft som plasmagas.

N<sub>2</sub> som plasmagas ved tør skæring af 8 og 35 mm rustfrit stål gav 20% lavere emission end med luft som plasmagas.

Ved halvtør og våd skæring var emissionen også lavere med disse gasser end med luft.

Tabel 6

Røgemission i % af den bortskårne materialemasse			
Skræremetode:	Tør	Halvtør	Vandneddykket
Konstruktionsstål, 8 mm, v = 3,5 m/min	5	0,5	0,05
Rustfrit stål, 8 mm, v = 3,5 m/min	7	0,7	0,07
Rustfrit stål, 35 mm, v = 0,375 m/min	1	0,1	0,01

Halvtør skæring: Vandbassin 50 mm under pladen.

I kapitel 4 er det forsøgt at udvikle en model til beregning af røgemissionen ved plasmaskæring alene på baggrund af pladetykkelsen, men som det fremgår af kapitel 4, er det ikke lykkedes.

### 3.2 Laserskæring

Fra reference [14]:

Ved laserskæring i lavt legeret stål (konstruktionsstål) med tykkelse indtil 20 mm vil emissionen være mindre end 15 mg/s, når der skæres med max. 3 kW.

For skæring af rustfrit stål er der stor spredning af måleværdierne; ved skæring af indtil 6 mm pladetykkelse er der angivet emissioner mellem 0 og 65 mg/s. Der er en tendens til stigende emission (udtrykt som masse pr. tidsenhed), når pladetykkelsen stiger.

Resultaterne stammer fra flere forskellige målinger, hvor måleopstilling, målemetoder, skæredata m.v. må antages at have været forskellige.

Fra FORCE's uofficielle emissionsdatabase:

Suppleres der med data fra denne database, bekræftes ovenstående stort set:

Konstruktionsstål 2,1 - 12,5 mg/s (skæregas oxygen)

Rustfrit stål 5 - 83 mg/s (skæregas oxygen)

Skæring med nitrogen giver lavere emission; i 2 mm rustfrit stål er emissionen således under 10% af emissionen med oxygen (reference [11]). Der savnes data for andre pladetykkelser.

### 3.3 Flammeskæring

Fra reference [9]:

Røgemissionen ved flammeskæring er stærkt varierende og uden entydig indvirkning af pladetykkelse, gastype eller overfladebehandling. Ved målinger udført af FORCE ved skæring af plader mellem 10 og 50 mm tykkelse er der fundet røgemissioner mellem 10 og 33 mg/s.

I reference [15] er der fundet emissioner mellem 10 og 50 mg/s ved skæring i tykkelser mellem 10 og 100 mm uden klar afhængighed af pladetykkelse eller skæregas.

### 3.4 Sammenfatning - tilgængelige troværdige data

Tabel 7 Oversigt over skæreemissioner ved 100% intermittens

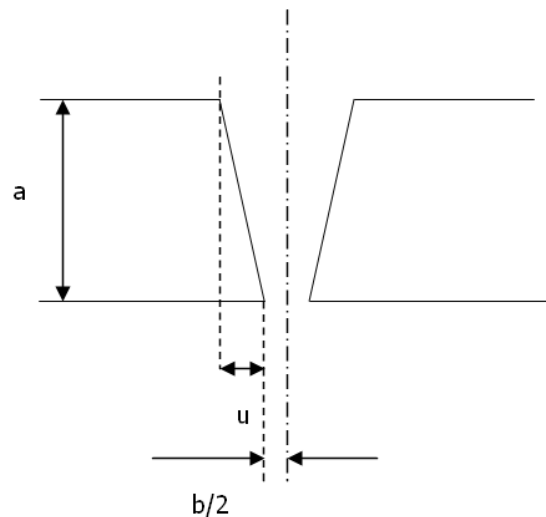
		Ulegeret stål	Ulegeret stål	Rustfrit stål	Rustfrit stål
Proces/materialetykkelse	Enhed	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
<b>Plasma, Luft, tør</b>					
8 mm	g/h	1.200	1.560	1.800	2.400
35 mm	g/h	72	133	108	204
<b>Plasma, O2 eller N2, tør</b>					
8 mm	g/h	960	1.248	1.440	1.920
35 mm	g/h	58	106	86	163
<b>Plasma, Luft, halvtør</b>					
8 mm	g/h	120	240	216	276
35 mm	g/h	3,3	16	6,0	18
<b>Plasma, O2 eller N2, halvtør</b>					
8 mm	g/h	96	192	173	221
35 mm	g/h	2,7	13	4,8	14
<b>Plasma, Luft, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	6,0	24	12	30
35 mm	g/h	0,60	0,96	1,2	1,2
<b>Plasma, O2 eller N2, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	4,8	19	9,6	24
35 mm	g/h	0,48	0,77	0,96	0,96
<b>Flamme</b>					
10-50 mm	g/h	36	119	*	*
10-100 mm	g/h	36	180	*	*
<b>Laser, O2</b>					
indtil 20 mm, max 3 kW	g/h		54		
indtil 6 mm	g/h			0,0	234
Generelt	g/h	7,6	45	18	299
<b>Laser, N2</b>					
2 mm, 10 % af O2	g/h	0,76	4,5	1,8	30

**Rød** farve betyder, at massestrømsgrænsen er overskredet.

**Grøn** farve betyder, at massestrømsgrænsen ikke er overskredet.

## 4 Model for plasmaskæring - beregning af røgemission som funktion af pladetykkelsen

Figur 1 Snitgeometri ved plasmaskæring



Plasmaskæring giver et snit med skrå sider, se skitsen. Arealet  $A$  af snittet i en plade med tykkelse  $a$  er

$$A = ab + ua \Leftrightarrow A = (u+b)a$$

For  $u$  gælder  $u = 1 + 0,03a$  (ISO 9013), hvilket indsættes:

$$A = a(1 + 0,03a + b)$$

Ved skæring med god snitkvalitet antages  $b =$  dysediameter. Af skæretabel fra SAF Nertajet 200 kan udledes flg. udtryk for dysediameteren, og dermed for  $b$ :

$$\text{Pladetykkelse indtil 30 mm: } b = 1 + 0,05 a$$

$$\text{Pladetykkelse } \geq 30 \text{ mm: } b = 2,5 \text{ mm.}$$

Eksempel:

$$a = 35 \text{ mm, mat. rustfrit stål.}$$

$$\text{Fugeareal } A = 35(1 + 0,03 \times 35 + 2,5) = 159,25 \text{ mm}^2.$$

1000 mm snitlængde  $\Rightarrow$   $159 \text{ cm}^3$  materiale, og med  $m_f = 8,03$  for rustfrit stål er massen  $1.279 \text{ g/m}$ .

Iflg. reference [8] er emissionen ved luftskæring  $11 \text{ g/m}$ , svarende til  $0,86\%$  af det bortskårne materiale, d.v.s. inden for de grænser, som er opgivet i referencen.

Da der kun er ganske få oplysninger om den procentvise andel af det totale tab af materiale ved plasmaskæringen, er det vurderet, at modellen ikke kan benyttes til at beregne den totale røgmængde ud fra pladetykkelsen alene.

## 5 Vilkår

I det følgende gives en række generelle forslag til vilkår, som i det store hele vil være retfærdige i forhold til de reelle emissioner. I det omfang virksomhederne har specielle forhold eller har udført særlige tiltag for at mindske forureningen, anbefales det at gennemføre en måling af den reelle massestrøm, inden det besluttes at montere et filter.

Når der i de følgende tabeller anføres under vilkår, menes følgende, som er hentet fra Svejsevejledningen [5]:

<i>Filter</i>	<i>Rensning med et filter, der er i stand til at tilbageholde mindst 99% af svejserøgen. Afkast føres over tag på en sådan måde, at der kan ske fri fortynding. Kravet om fri fortynding kan fx. opfyldes ved at afkastet føres 1 m over det sted på tagfladen, hvor det er placeret.</i>
<i>Afkast 3 meter</i>	<i>Afkast føres 3 meter over tagryg og skal være opadrettet.</i>
<i>Fri fortynding</i>	<i>Afkast føres over tag på en sådan måde, at der kan ske fri fortynding. Kravet om fri fortynding kan fx. opfyldes ved, at afkastet føres 1 m over det sted på tagfladen, hvor det er placeret.</i>

### 5.1 Plasmaskæring, tør skæring

Materiale	Pladetykkelse	Intermittens	Vilkår
Ulegeret stål	< 30 mm	> 3%	Filter
Ulegeret stål	< 30 mm	< 3%	Afkast 3 meter
Ulegeret stål	> 30 mm	> 15%	Filter
Ulegeret stål	> 30 mm	< 15%	Afkast 3 meter
Rustfrit stål	< 30 mm	alle	Filter
Rustfrit stål	> 30 mm	> 7%	Filter
Rustfrit stål	> 30 mm	< 7%	Afkast 3 meter

### 5.2 Plasmaskæring, halvtør skæring

Ved halvtør skæring menes processer, hvor der skæres over et vandbad, eller hvor skæringen omgives af et vandgardin.

Materiale	Pladetykkelse	Intermittens	Vilkår
Ulegeret stål	< 30 mm	> 15%	Filter
Ulegeret stål	< 30 mm	< 15%	Afkast 3 meter
Ulegeret stål	> 30 mm	> 200%	Filter
Ulegeret stål	> 30 mm	< 200%	Afkast 3 meter
Rustfrit stål	< 30 mm	> 4%	Filter
Rustfrit stål	< 30 mm	< 4%	Afkast 3 meter
Rustfrit stål	> 30 mm	> 60%	Filter
Rustfrit stål	> 30 mm	< 60%	Afkast 3 meter

### 5.3 Plasmaskæring, vandneddykket skæring

Ved vandneddykket skæring menes processer, hvor selve skærehovedet er neddykket i et vandbad. Kræver specielt udstyr.

Materiale	Pladetykkelse	Intermittens	Vilkår
Ulegeret stål	< 30 mm	> 110%	Filter
Ulegeret stål	< 30 mm	< 110%	Afkast 3 meter

Ulegeret stål	> 30 mm	alle	Afkast 3 meter
Rustfrit stål	< 30 mm	> 35%	Filter
Rustfrit stål	< 30 mm	< 35%	Afkast 3 meter
Rustfrit stål	> 30 mm	alle	Afkast 3 meter

#### 5.4 Laserskæring med O<sub>2</sub>

Materiale	Pladetykkelse	Intermittens	Vilkår
Ulegeret stål	alle	> 55%	Filter
Ulegeret stål	alle	< 55%	Afkast 3 meter
Rustfrit stål	alle	> 2%	Filter
Rustfrit stål	alle	< 2%	Afkast 3 meter

#### 5.5 Laserskæring med N<sub>2</sub>

Materiale	Pladetykkelse	Intermittens	Vilkår
Ulegeret stål	alle	> 550%	Filter
Ulegeret stål	alle	< 550%	Afkast 3 meter
Rustfrit stål	alle	> 45%	Filter
Rustfrit stål	alle	< 45%	Afkast 3 meter

#### 5.6 Flammeskæring

Materiale	Pladetykkelse	Intermittens	Vilkår
Ulegeret stål	alle	> 22%	Filter
Ulegeret stål	alle	< 22%	Afkast 3 meter



## 6 Referencer

- [1] Rapport om udledning af svejserøg til omgivelserne, Jens Erik Jelnes, Dansk Teknologisk Institut, Miljøteknik Tåstrup, Februar 1992
- [2] Procesventilation ved svejsning og skæring i rustfrit stål, E. Beck Hansen og N.O. Breum, Arbejds miljøfondet, 1998
- [3] B-værdivejledningen, Vejledning nr. 2, 2002, Miljøstyrelsen
- [4] Luftvejledningen, Vejledning nr. 2, 2001, Miljøstyrelsen
- [5] Begrænsning af luftforurening fra virksomheder der udsender svejserøg
- [6] Haferkamp, H. et al.: Ermittlung der Schadstoffemission beim thermischen Trennen nach dem Laserprinzip, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund 1991
- [7] Römer, M. et al.: Generation of emissions during laser cutting and welding in comparison to other cutting and welding techniques. In: Proceedings Industrial Laser Safety Forum '95, Copenhagen, Denmark, 1995, s. 131-138
- [8] von Brömssen, B. et al.: Emission av rök, kväveoxider och buller vid plasmaskäring i rostfritt stål och konstruktionsstål, IVF 1994 (IVF-skrift 94824)
- [9] Beck Hansen, E. m.fl.: Flammeskæring med naturgas, propan og acetylen, Rapport 87.51, FORCE Technology
- [10] Beck Hansen, E. Undersøgelse af røg- og gasemissioner ved MAG-svejsning og flammeskæring på primede plader
- [11] Siggaard, U.: Luftforureningen ved laserskæring af ulegeret- og rustfrit stål, fra ATV-SEMAPP, Miljø og sikkerhed ved laserbearbejdning, 23. januar 1997
- [12] Lillienberg, L., von Brömssen, B.: Emissions in smoke and to water, including hexavalent chromium, from plasma cutting of stainless steel, IIS/IIW- 1365-97
- [13] Rasmussen, C. J.: CO<sub>2</sub>-laserskæring under vand, FORCE Technology 1996, ikke publiceret
- [14] Rasmussen, C. J.: Forureningsemmissioner ved CO<sub>2</sub>-laserbearbejdning, FORCE Technology 1999, ikke publiceret
- [15] Press, H.: Erstehung luftverunreinigender Stoffe beim Arbeiten mit Brenngasen und Sauerstoff, Schweissen und Schneiden, 1982, H2, p. 68-72

# Bilag 1 Oversigt over data ved forskellig intermittens.

**Rød** farve betyder at massestrømsgrænsen er overskredet.

**Grøn** farve betyder at massestrømsgrænsen ikke er overskredet.

**Oversigt over skære emissioner ved 10 % intermittens (1 skærested)**

Proces/materialetykkelse	Enhed	Ulegeret stål		Rustfrit stål	
		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
<b>Plasma, Luft, tør</b>					
8 mm	g/h	120	156	180	240
35 mm	g/h	7,2	13	11	20
<b>Plasma, O2 eller N2, tør</b>					
8 mm	g/h	96	125	144	192
35 mm	g/h	5,8	11	8,6	16
<b>Plasma, Luft, halvtør</b>					
8 mm	g/h	12	24	22	28
35 mm	g/h	0,33	1,6	0,60	1,8
<b>Plasma, O2 eller N2, halvtør</b>					
8 mm	g/h	10	19	17	22
35 mm	g/h	0,27	1,3	0,48	1,4
<b>Plasma, Luft, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	0,60	2,4	1,2	3,0
35 mm	g/h	0,060	0,10	0,12	0,12
<b>Plasma, O2 eller N2, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	0,48	1,9	1,0	2,4
35 mm	g/h	0,048	0,077	0,10	0,10
<b>Flamme</b>					
10-50 mm	g/h	3,6	12	*	*
10-100 mm	g/h	3,6	18	*	*
<b>Laser, O2</b>					
indtil 20 mm, max 3 kW	g/h		5,4		
indtil 6 mm	g/h			0,0	23
Generelt	g/h	0,76	4,5	1,8	30
<b>Laser, N2</b>					
2 mm, 10 % af O2	g/h	0,076	0,45	0,02	0,30

**Oversigt over skære emissioner ved 25 % intermittens (1 skærested)**

Proces/materialetykkelse	Enhed	Ulegeret stål		Rustfrit stål	
		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
<b>Plasma, Luft, tør</b>					
8 mm	g/h	300	390	450	600
35 mm	g/h	18	33	27	51
<b>Plasma, O2 eller N2, tør</b>					
8 mm	g/h	240	312	360	480
35 mm	g/h	14	27	22	41
<b>Plasma, Luft, halvtør</b>					
8 mm	g/h	30	60	54	69
35 mm	g/h	0,83	3,9	1,5	4,5
<b>Plasma, O2 eller N2, halvtør</b>					
8 mm	g/h	24	48	43	55
35 mm	g/h	0,67	3,1	1,2	3,6
<b>Plasma, Luft, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	1,5	6,0	3,0	7,5
35 mm	g/h	0,15	0,24	0,30	0,30
<b>Plasma, O2 eller N2, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	1,2	4,8	2,4	6,0
35 mm	g/h	0,12	0,19	0,24	0,24
<b>Flamme</b>					
10-50 mm	g/h	9,0	30	*	*
10-100 mm	g/h	9,0	45	*	*
<b>Laser, O2</b>					
indtil 20 mm, max 3 kW	g/h		14		
indtil 6 mm	g/h			0,0	59
Generelt	g/h	1,9	11	4,5	75
<b>Laser, N2</b>					
2 mm, 10 % af O2	g/h	0,19	1,1	0,11	1,9

**Oversigt over skære emissioner ved 50 % intermittens (1 skærested)**

Proces/materialetykkelse	Enhed	Ulegeret stål		Rustfrit stål	
		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
<b>Plasma, Luft, tør</b>					
8 mm	g/h	600	780	900	1.200
35 mm	g/h	36	66	54	102
<b>Plasma, O2 eller N2, tør</b>					
8 mm	g/h	480	624	720	960
35 mm	g/h	29	53	43	82
<b>Plasma, Luft, halvtør</b>					
8 mm	g/h	60	120	108	138
35 mm	g/h	1,7	7,8	3,0	09
<b>Plasma, O2 eller N2, halvtør</b>					
8 mm	g/h	48	96	86	110
35 mm	g/h	1,3	6,3	2,4	7,2
<b>Plasma, Luft, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	3,0	12	6,0	15
35 mm	g/h	0,30	0,48	0,60	0,60
<b>Plasma, O2 eller N2, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	2,4	10	4,8	12
35 mm	g/h	0,24	0,38	0,48	0,48
<b>Flamme</b>					
10-50 mm	g/h	18	59	*	*
10-100 mm	g/h	18	90	*	*
<b>Laser, O2</b>					
indtil 20 mm, max 3 kW	g/h		27		
indtil 6 mm	g/h			0,0	117
Generelt	g/h	3,8	23	9,0	149
<b>Laser, N2</b>					
2 mm, 10 % af O2	g/h	0,38	2,3	0,45	7,5

**Oversigt over skære emissioner ved 75 % intermittens (1 skærested)**

Proces/materialetykkelse	Enhed	Ulegeret stål		Rustfrit stål	
		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
<b>Plasma, Luft, tør</b>					
8 mm	g/h	900	1.170	1.350	1.800
35 mm	g/h	54	99	81	153
<b>Plasma, O2 eller N2, tør</b>					
8 mm	g/h	720	936	1.080	1.440
35 mm	g/h	43	80	65	122
<b>Plasma, Luft, halvtør</b>					
8 mm	g/h	90	180	162	207
35 mm	g/h	2,5	12	4,5	14
<b>Plasma, O2 eller N2, halvtør</b>					
8 mm	g/h	72	144	130	166
35 mm	g/h	2,0	9,4	3,6	11
<b>Plasma, Luft, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	4,5	18	9,0	23
35 mm	g/h	0,45	0,72	0,90	0,90
<b>Plasma, O2 eller N2, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	3,6	14	7,2	18
35 mm	g/h	0,36	0,58	0,72	0,72
<b>Flamme</b>					
10-50 mm	g/h	27	89	*	*
10-100 mm	g/h	27	135	*	*
<b>Laser, O2</b>					
indtil 20 mm, max 3 kW	g/h		41		
indtil 6 mm	g/h			0,0	176
Generelt	g/h	5,7	34	14	224
<b>Laser, N2</b>					
2 mm, 10 % af O2	g/h	0,57	3,4	1,0	17

**Oversigt over skære emissioner ved 100 % intermittens (1 skærested)**

Proces/materialetykkelse	Enhed	Ulegeret stål		Rustfrit stål	
		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
<b>Plasma, Luft, tør</b>					
8 mm	g/h	1.200	1.560	1.800	2.400
35 mm	g/h	72	133	108	204
<b>Plasma, O2 eller N2, tør</b>					
8 mm	g/h	960	1.248	1.440	1.920
35 mm	g/h	58	106	86	163
<b>Plasma, Luft, halvtør</b>					
8 mm	g/h	120	240	216	276
35 mm	g/h	3,3	16	6,0	18
<b>Plasma, O2 eller N2, halvtør</b>					
8 mm	g/h	96	192	173	221
35 mm	g/h	2,7	13	4,8	14
<b>Plasma, Luft, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	6,0	24	12	30
35 mm	g/h	0,60	0,96	1,2	1,2
<b>Plasma, O2 eller N2, vandneddykket</b>					
8 mm	g/h	4,8	19	9,6	24
35 mm	g/h	0,48	0,77	0,96	0,96
<b>Flamme</b>					
10-50 mm	g/h	36	119	*	*
10-100 mm	g/h	36	180	*	*
<b>Laser, O2</b>					
indtil 20 mm, max 3 kW	g/h		54		
indtil 6 mm	g/h			0,0	234
Generelt	g/h	7,6	45	18	299
<b>Laser, N2</b>					
2 mm, 10 % af O2	g/h	0,76	4,5	1,8	30