



Nr U 6365
November 2020

Test av MDU för dikväveoxid från Medclair

Effektivitets- och användbarhetstest

På uppdrag av Medclair

Kåre Tjus



Författare: Kåre Tjus

På uppdrag av:

Medclair **Fotograf:**

Medclair

Rapportnummer: U

6365

© IVL Swedish Environmental Research Institute 2020

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.,

P.O Box 210 60, S-100 31 Stockholm,

Sverige Telefon +46-(0)10 788 65 00

// www.ivl.se

Denna rapport har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s reviderade och godkända ledningssystem.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1 Test av Medclair MDU	5
1.1 Introduktion	5
1.2 Experimentkonfiguration	5
1.3 Energimätningen	6
2 Mätning av utgående dikväveoxid efter destruktion i MDU	9
3 Mätning av buller och temperatur	10
3.1 Temperaturmätning i rummet	11
3.2 Diskussion av resultaten	11
4 Allmänt omdöme	12
5 Bilaga 1 Protokoll för energimätningar	13

Sammanfattning

Under tre dagar testades prestandan hos en MDU, en mobil destruktionsenhet, för dikväveoxid vid IVL.

Dikväveoxid, med den kemiska formeln N_2O , används ofta som smärtlindring vid medicinska tillämpningar. Den har dock också en allvarlig effekt på miljön som en växthusgas, och därför är det viktigt att minimera användningen och destruera den när det är möjligt. Medclair har konstruerat en katalytisk enhet, MDU, som kan sönderdela kväveoxid till syre och kvävgas. IVL har mätt destruktions effektiviteten för N_2O , energiförbrukningen samt buller- och temperaturförändringar i rummet genom att simulera de förhållanden som uppstår under förlossning och tandvård.

Resultatet visade att destruktions effektiviteten av lustgas alltid var högre än 99,9 %. Bullernivån var under 35 decibel. Energiförbrukningen beräknades ligga i intervallet mellan 3,1 kWh och 14,2 kWh per kg N_2O , beroende på hur många patienter och förlossningar som äger rum. Ingen märkbar temperaturökning i rummet märktes under testperioden.

1 Test av Medclair MDU

1.1 Introduktion.

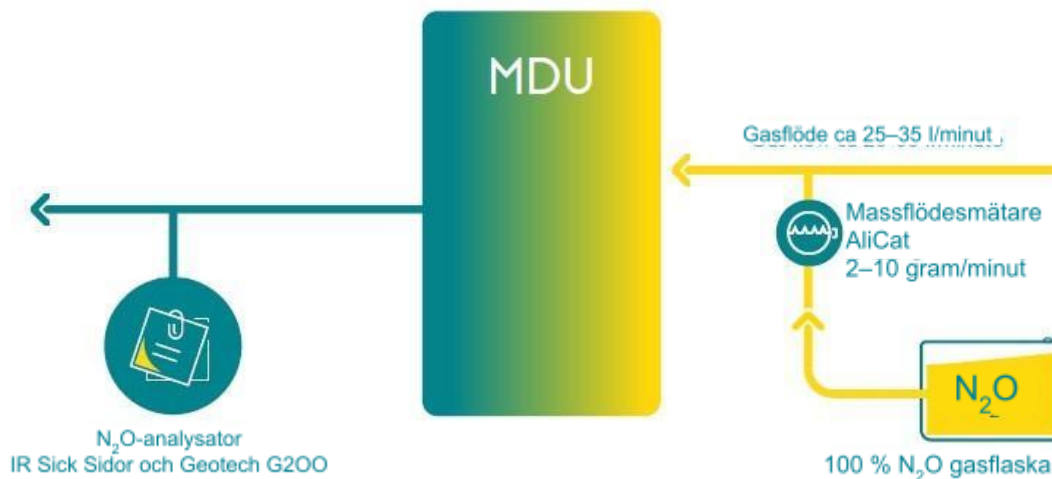
IVL har, på uppdrag av Medclair, genomfört en undersökning av funktionen hos en katalytisk destruktionsenhet för dikväveoxid, MDU, under perioden 25 till 27 augusti 2020.

1.2 Experimentkonfiguration

MDU-utrustningen (augusti 2020) från Medclair var i drift på IVL:s anläggning i tre dagar. Under denna tid utvärderades effektiviteten för destruktion av dikväveoxid och dikväveoxidutsläpp, energiförbrukning samt buller och temperaturökning i rummet under simulerad dikväveoxidförsörjning med simulerade tandvårds- och förlossningsförhållanden.

Dikväveoxidutsläpp från MDU-utrustningen mättes direkt i utloppsgasen med hjälp av två enskilda mätinstrument: IR Sick Sidor och Geotech G200. Effektiviteten för destruktion av dikväveoxid beräknades utifrån en utsläppsmätning och en känd matning till enheten. Enheten matades med ett konstant gasflöde på 25–30 l/min av omgivande luft. För att simulera förhållanden som påminde om användning under tandvårds- och förlossningsförhållanden matades ren dikväveoxid till matningsströmmen. Dikväveoxidmatningen kontrollerades genom en "regulator" och mättes med en Alicat massflödesmätare (med en noggrannhet på 0,2 %). Tillsatsen av dikväveoxid hölls mellan 2 och 10 gram/minut och beskrivs närmare i de olika kapitlen. Figur 1 beskriver experimentkonfigurationen.

Experimentkonfiguration Experimental setup



Figur 1. Experimentkonfiguration och drift av MDU.

1.3 Energimätningen

Det krävs energi för att värma upp katalysatorn till en temperatur mellan 400–600 °C och för att bibehålla temperaturen i between-mode och under drift. Den katalytiska nedbrytningen av dikväveoxid är en exoterm reaktion som minskar energiförbrukningen för uppvärmning under drift med upp till 100 %, beroende på inloppskoncentrationen. Under drift tillför energin från sönderdelningen av dikväveoxidenergi så att driftsenergin är lägre än between-mode-energin – ju högre dikväveoxidhalten är, desto lägre är energiförbrukningen. När värmaren är helt avstängd, behövs fortfarande lite energi för att upprätthålla elektronisk kontroll osv.

För att täcka olika driftsvariationer identifierades vissa driftlägen och dessa beskrivs kort nedan:

Tandvård

Två typiska tandvårdsscenarier identifierades och efterliknades, ett med en lägre koncentration på 5 g N₂O/ minut och ett med en högre koncentration på 8 g N₂O/ minut. Under tandvård varar ett typiskt ingrepp i omkring 30 minuter och N₂O-tillförseln är ganska konstant.

Förlossning

Typisk användning av N₂O vid förlossning inkluderar både höga koncentrationer och perioder med uppehåll. För att simulera detta, matades en koncentration på 8,5 g N₂O till maskinen i intervaller om 3 minuter, följda av 3 minuters uppehåll under en period på totalt 90 minuter.

Between-mode

Mellan förlossningar och tandvårdsbehandlingar måste maskinen hålla katalysatorn uppvärmd för att vara redo vid nästa ingrepp. Detta läge beräknades på timbasis.

Viloläge

Under längre tid utan drift (nätter och helger) är det ur ett energiförbrukningsperspektiv fördelaktigt att använda viloläget. Strömförbrukningen under användning av viloläge mättes och beräknades på timbasis.

Uppstart

När viloläget aktiveras, krävs en uppstart för att värma upp katalysatorn till driftstemperatur. Vid uppstart tar det cirka 45 minuter innan maskinen kan användas.

Energiförbrukningen mättes med en vanlig energimätare som placerades mellan MDU-uttaget och ett 220 V-vägguttag. Tabellen nedan visar den uppmätta energiförbrukningen för olika driftlägen och fall baserad på energimätningarna som visas i bilaga.1. Den genomsnittliga energiförbrukningen beräknades utifrån energiförbrukningen under den typiska driftstiden.

I tabell 1 nedan är energiförbrukningen för driftlägena beräknad utifrån våra mätningar, se bilaga 1.

Tabell 1 Energiförbrukning för de olika driftlägena

Driftläge	Typisk drifttid [timmar]	Strömförbrukning [Watt]	Uppmätt energianvändning per typisk drifttid [Wattimme]
Tandvård 5g N₂O /minut i 30 minuter	0,5	82	41
Tandvård 8g N₂O/minut 30 minuter	0,5	44	22
Förlossning 8,5 g N₂O/minut 45 minuter + 45 minuter uppehåll	1,5	149	223
Between-m ode 1 timme	1	240	240
Viloläge 1 timme	1	29	29
Uppstart 45 minuter	0,75	436	233

2 Mätning av utgående dikväveoxid efter destruktion i MDU

För driftlägen då dikväveoxid tillsattes, översteg reduktionen av dikväveoxid alltid 99,9 % under den tre dagar långa utvärderingen.

Tabell 2 Utloppskoncentrationer av dikväveoxid

		N₂O tillsatt per minut [gram]	Flöde in i MDU, [l/minut]	Uppskattad koncentration [ppm]	Utloppskoncentration N₂O mätt med SICK* [ppm]	Utloppskoncentration N₂O mätt med Geotech G200* [ppm]
Betwee n-mod e 1	13.10 till 13.46 25 augusti	0	19,5	0	Ingen mätning	Ingen mätning
Simulera d tandvård 1	14.14 till 14.46 25 augusti	5	19,5	141 000	<100	Ingen mätning
Simulera d tandvård 2	10.39 till 11.07 26 augusti	8,30	24,25	188 000	<100	Ingen mätning
Simulera d förlossni ng	13.35 till 15.16 26 augusti	8,81	28,67	169 000	<100	<15

Betwee n-mod e 2	9.30 till 10.39 26 augusti	0	Ingen mätning	0	Ingen mätning	Ingen mätning
------------------------	---	---	------------------	---	------------------	------------------

- Observera att detektionsgränsen för SICK Sidor-analysatorn är 100 ppm, mätintervallet är 0–20 000 ppm och Geotech G200 har ett intervall på 0–1 000 ppm och en gräns på 10 ppm.

Värdena ovan är medelvärden för den tre dagar långa körningen.

3 Mätning av buller och temperatur

MDU-enheten placerades i ett tyst rum med en volym på 60 m^3 (20 m^2 golvyta) och ventilationen i rummet var cirka $70 \text{ m}^3 / \text{ timme}$. Bullret mättes före och efter att MDU-enheten slogs på och med den fullt uppvärmda maskinen påslagen. Mätningen gjordes på en meters avstånd runt maskinen.

Tabell 3 Uppmätt buller från MDU

	Meter från maskinen	Decibel uppmätt
MDU avstängd	1	29,4
MDU på	1	33,5
MDU på	1	33,4
MDU på	1	33,3
MDU på	1	33,5
MDU på	1	32,8
MDU på	1	33,3
MDU på	1	32,7
MDU på	1	32,4
MDU på	1	32,8
MDU på	0,5	32,5

MDU avstängd		29, 5
--------------	--	----------

3.1 Temperaturmätning i rummet

När MDU-enheten var helt uppvärmd tillfördes 3,5 g dikväveoxid per minut i drygt 2 timmar (rumsvolymen var 60 m³ och ventilationen i rummet var 70 m³ / timme.). Luftflödet genom MDU-enheten var konstant 30 liter per minut. Temperaturen i rummet övervakades före och under tillförsel av dikväveoxid till MDU-enheten. Ingen väsentlig temperaturökning observerades.

Tabell 4 Uppmätt temperatur i rummet

Tid	Tillförd N ₂ O g/minut	Temperatur i rummet °C
10.30	0	20,5
10.37	0	20,6
11.29	3,5	21,2
12.12	3,5	20,9
13.47	3,5	20,7

3.2 Diskussion av resultaten

N₂O, dikväveoxid, i rummet övervakades under en kortare period med G200 och visade sig ligga under detektionsgränsen på 10 ppm. Dikväveoxid mättes också direkt vid MDU-enhetens utlopp och var alltid lägre än 100 ppm (under detektionsgränsen) med Sick och lägre än 15 ppm med Geotech G200. Detta innebär att reningen är bättre än 99,9 %.

Utifrån experimenten kan energibehovet per kg destruerad kväveoxid beräknas för olika driftsfall. I beräkningarna antas att 65 % av all dikväveoxid samlas upp av den mask som används av tandvårdspatienter och under förlossning och att 35 % går ut i rummet.

- 1) Det antas att två tandvårdsbehandlingar äger rum dagligen, fem dagar i veckan, och att MDU-enheten startar automatiskt klockan 07.00 och stängs av klockan 16.00 och att den är i viloläge på natten och på helgerna.

- 2) Det antas att fem tandvårdsbehandlingar äger rum dagligen, fem dagar i veckan, och att MDU-enheten startar automatiskt klockan 07.00 och stängs av klockan 16.00 och att den är i viloläge på natten och på helgerna.
- 3) Det antas att MDU används för förlossningar med periodisk tillförsel av dikväveoxid fyra gånger om dagen med en total tid på 90 minuter (45 minuter på och 45 minuter av) varje gång. Utrustningen är tillgänglig 24 timmar om dygnet, sju dagar i veckan.

Tabell 5 Antagande av energiförbrukning i olika fall

Uppskattat fall	Mängd N ₂ O [kg/vecka]	Uppsamlad N ₂ O 65 % av tillförd [kg/vecka]	Energiförbrukning [kWh/vecka]	destruerad N ₂ O [kWh/kg]
Två tandvårdsbehandlingar per dag (30 minuter per behandling), fem dagar i veckan, 5 g N ₂ O/minut	1,50	0,98	13,82	14,18
Fem tandvårdsbehandlingar per dag (30 minuter), fem dagar i veckan, 8 g N ₂ O/minut	6,00	3,90	12,17	3,12

Förlossningar, fyra perioder per dag (45 minuters aktivitet per period), sju dagar i veckan, 8g N₂O/minut	10,08	6,5 5	36,48	5,57
---	--------------	------------------	--------------	-------------

4 Allmänt omdöme

Utrustningen är liten och praktisk och lätt att flytta tack vare bra hjul. Den uppvisade inget störande ljud och ingen märkbar temperaturökning under experimenten. Reningen av dikväveoxid var mycket hög och stabil under experimenten. Energiförbrukningen per kg dikväveoxid är mellan 1,5 och 7 kWh/kg, per kg koldioxidekvivalent motsvarar detta mellan 5 och 24 kWh/ton avskild koldioxidekvivalent, när N₂O är lika med 298 kg koldioxid vid multiplikation med 100.

MDU har tidigare testats i en verklig miljö för fem år sedan, och den gången klagade man på temperaturökningar och buller – det verkar som att dessa problem nu har blivit åtgärdade.

5 Bilaga 1 Protokoll för

energimätningar

Tabell 6 Mätningar av energiförbrukning

Tidpunkt	Tidsperiod för uppmätt energiförbrukning [Minuter]	Beräknad genomsnittlig energiförbrukning [Watt]	Energi för specificerad tidpunkt [Wh]	Tid vid mätning
Upstart + Between-mode (45 + 52 minuter)	97		550	11.33 till 13.10 25 augusti
Between-mode	36	267	160	13.10 till 13.46 25 augusti
Simulerad tandvårdsbehandling, 5 g/minut, mätt under 24 av	22	82	30	14.14 till 14.46 25 augusti

totalt 30 minuter				
Viloläge + Uppstart + Between-mode	1 123	46	86 9	14.46 25 augusti till 9.30 26 augusti
Between-mode	69	22 6	26 0	9.30 till 10.39 26 augusti
Simulerad tandvårdsbehand ling, 8 g/minut, mätt under 28 av totalt 30 minuter	28	44	21	10.39 till 11.07 26 augusti

Simulerad förlossning, 8g/minut, 15 gånger med 3 minuters tillförsel och 15 gånger med 3 minuters uppehåll	101	14 9	250	13.35 till 15.16 26 augusti
Viloläge	103 9	29	500	15.26 26 augusti till 8.45 27 augusti
Uppstart 45 minuter	32	43 6	233	8.46 till 9.18 27 augusti



IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.

P.O. Box 210 60 // S-100 31 Stockholm //

Sverige Tfn +46 (0)10 788 65 00 //

www.ivl.se