



# **Syrgasburar i djursjukvården**

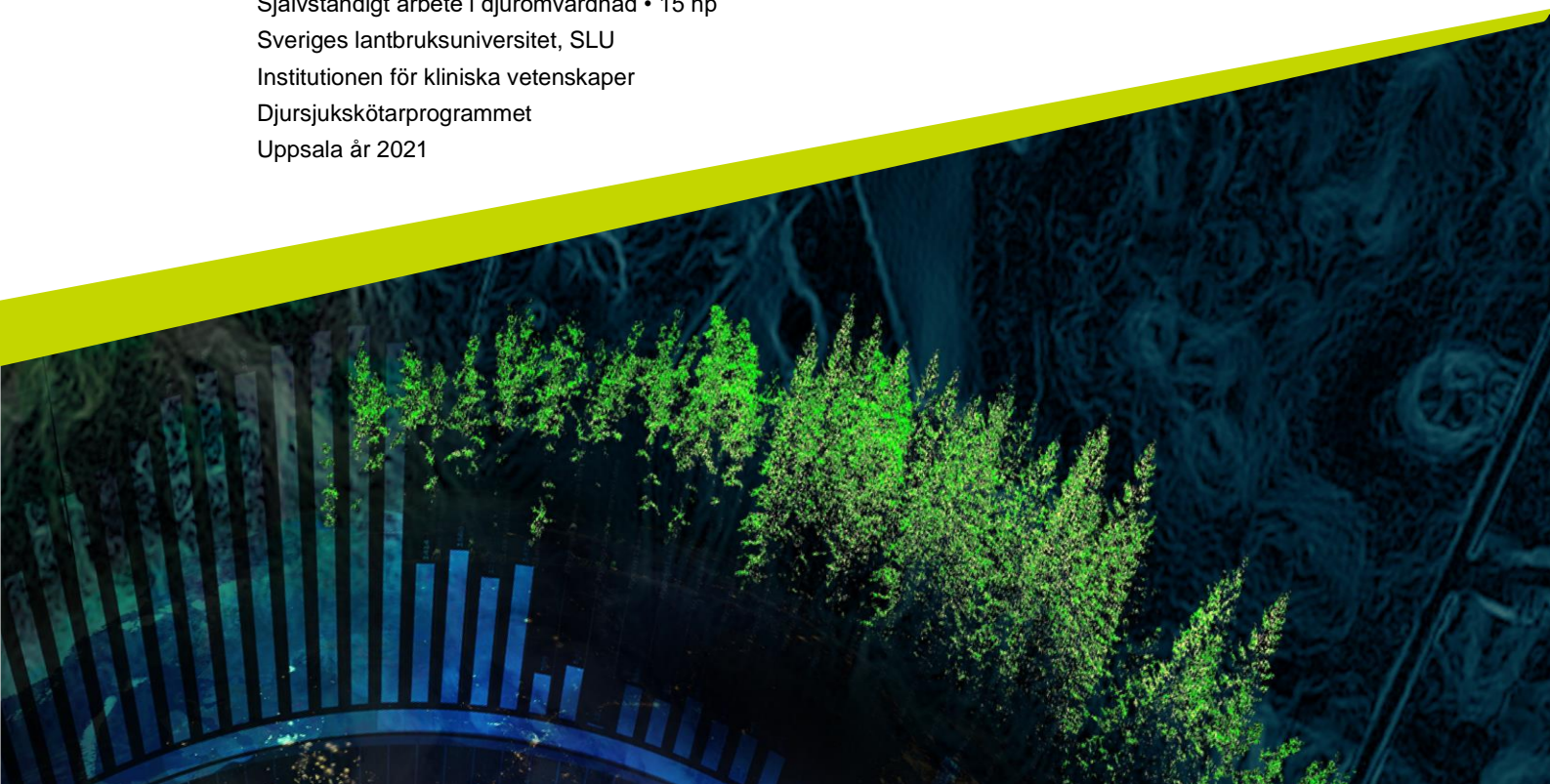
– en jämförande studie av två syrgasburar med avseende på syrgaskoncentration

---

*Oxygen Cages in Small Animal Care: A Comparative Study of Two Oxygen Cages Regarding Oxygen Levels*

Frida Johansson och Cora Samoila

Självständigt arbete i djuromvårdnad • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för kliniska vetenskaper  
Djursjukskötprogrammet  
Uppsala år 2021





# Syrgasburar i djursjukvården – en jämförande studie av två syrgasburar med avseende på syrgaskoncentration

*Oxygen Cages in Small Animal Care: A Comparative Study of Two Oxygen Cages Regarding Oxygen Levels*

Frida Johansson och Cora Samoila

**Handledare:** Sara Oltegen, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper

**Bitr. handledare:** Kristoffer Dreimanis, Universitetsdjursjukhuset vid SLU

**Examinator:** Anna Bergh, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i djuromvårdnad

**Kurskod:** EX0994

**Program/utbildning:** Djursjukskötprogrammet

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för kliniska vetenskaper, avdelningen för djuromvårdnad

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2021

**Omslagsbild:** SLU

**Nyckelord:** djuromvårdnad, dyspné, luftfuktighet, smådjur, syrgasterapi, temperatur

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

Avdelningen för djuromvårdnad

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

## Sammanfattning

Syrgasterapi är en viktig behandling för att stabilisera patienter med andningssvårigheter eftersom låga nivåer av syre i blodet kan orsaka skada på inre organ. Syftet med denna studie var att jämföra två olika syrgasburar med avseende på syrgaskoncentration, temperatur och luftfuktighet. Ett fokus var att mäta hur syrgaskoncentration i syrgasburar påverkas när burarnas dörrar öppnas. Ett annat fokus var betydelsen av andra komponenter i syrgasburars miljö, såsom temperatur och luftfuktighet, vilket undersöktes genom en litteraturgranskning. Denna kandidatuppsats inom djuromvårdnad kombinerar en granskning av befintlig vetenskaplig litteratur med en praktisk studie av två olika syrgasburar.

Trots mångfaldig litteratur inom ämnet syrgasterapi finns det mycket få studier utförda på de olika sätten att administrera syrgas till smådjur. Syrgasburarna är en metod med stor brist på vetenskaplig litteratur. Mer forskning skulle hjälpa djurhälsopersonal att ta informerade beslut vid val mellan olika metoder av syrgasterapi.

I litteratur beskrivs det att syrgasburar kan användas för att leverera syrgas på ett noninvasivt sätt, med minimal patienthantering. En syrgasterapimetod anpassad för att undvika stress hos patienter föredras då andningspåverkade patienter löper hög risk för allvarliga komplikationer. Trots avsaknad av studier inom veterinärmedicin nämns det ofta i litteratur att temperatur och luftfuktighetsgrad påverkar patienters metabolism och luftvägar. Det diskuteras att syrgasburar ibland misslyckas med att bibehålla optimala nivåer av temperatur och luftfuktighet, vilket kan leda till komplikationer såsom hypertermi och ökade stressnivåer. Dessutom saknas forskning som visar vad de optimala nivåerna är för olika patienter i syrgasbur.

Eftersom det sker en minskning av syrgaskoncentration när burens dörr öppnas, begränsas ofta den fysiska kontakten med patienter. Denna studie analyserade syrgaskoncentrationen i två olika burar efter att dörren varit öppen under olika långa tidsperioder. Med start på 40% syrgaskoncentration sjönk Syrgasbur 1 till 37%, 35% respektive 32% efter att burens dörr öppnades under 10, 20 respektive 35 sekunder. Syrgasbur 2 sjönk till 28%, 25% respektive 24% efter samma tidsperioder. Det konstaterades att de två burarnas utformning möjligen påverkade hur snabbt syrgaskoncentrationen sjönk. Tiden som krävdes för burarna att nå 40% syrgaskoncentration igen efter att dörrarna stängdes, var signifikant kortare jämfört med tiden att fylla upp burarna med syrgas från rumsluft. Den kliniska relevansen av denna tidsskillnad kan diskuteras, då tiden för att fylla burarna från rumsluft till 40% syrgaskoncentration var mindre än tre minuter för båda fabrikat. Resultaten visade att syrgaskoncentrationen inte sjunker drastiskt när dörren till burens dörr öppnas i 10 sekunder och därför kan uppfyllnad av syrgasbur innan en patients ankomst övervägas. Dock bör ekonomiska aspekter och miljöaspekter tas i beaktning, eftersom syrgasburar använder en ansevärd mängd syrgas.

Resultaten av denna experimentella studie bör ses som ett exempel och inte som representativt för syrgasburar på grund av det begränsade antalet syrgasburar i studien. Däremot är resultaten relevanta för en bättre uppfattning av hur syrgasburarna fungerar och att skillnader kan finnas mellan olika fabrikat. Ytterligare forskning inom syrgasburar och hur dess miljö påverkar patienter av olika djurslag skulle hjälpa djurhälsopersonal att använda syrgasburar mer effektivt.

*Nyckelord:* djuromvårdnad, dyspné, luftfuktighet, smådjur, syrgasterapi, temperatur

## Abstract

Oxygen therapy is critical in stabilizing patients with respiratory distress, as low levels of oxygen in the bloodstream can cause permanent organ damage. The aim of this study was to compare two different oxygen cages regarding oxygen levels, temperature, and air humidity. One focus was measuring how the levels of oxygen in oxygen cages are affected upon opening the cages' doors. Another focus was on how other elements in the oxygen cages' environment, such as temperature and air humidity can affect a patient, which was investigated through a literature review. This bachelor's thesis in veterinary nursing combines a literature review with an experimental study on two different oxygen cages.

Despite an abundance of literature on the topic of oxygen therapy, there are very few studies conducted on the various methods of oxygen supplementation for veterinary patients. Furthermore, literature rarely includes the study of oxygen cages and there is a lack of experimental studies on such devices. More research would help the animal health personnel to take informed decisions when choosing between the different methods of oxygen therapy.

According to literature, oxygen cages can provide supplemental oxygen in a non-invasive way, with minimum patient handling. Stress-free oxygen therapy is preferred on dyspnoeic patients due to their high risk of respiratory complications. Several review articles assert that temperature and humidity levels are important for the patient's metabolism and airways, despite the lack of scientific studies on veterinary patients. It is discussed that oxygen cages can fail in maintaining optimal levels in temperature and humidity, which can lead to complications like hyperthermia or increased stress levels. Yet no studies were found which show what the optimal levels are for different kinds of patients in oxygen cages.

Often the contact with patients in oxygen cages is limited due to the risk of lowering oxygen levels upon opening the cage's door. The present experimental study analysed the oxygen levels in two different cages, after opening their doors for different amounts of time. Starting at 40% oxygen concentration, Cage 1 had 37%, 35%, 32% respectively, left after the door was opened for 10, 20, 35 seconds, respectively. Cage 2 however dropped to 28%, 25%, 24% respectively, after the same time intervals. It can be assumed that cage design affects how fast the oxygen levels decrease. The time required for the cages to reach 40% again, after the doors were closed, was significantly shorter than the time required to fill up the cages from room oxygen levels. Nevertheless, the clinical significance of this time difference can be discussed, as filling the cages from room oxygen levels to a 40% oxygen concentration took less than 3 minutes for both models. The results show that oxygen levels do not drop drastically upon opening the cage for 10 seconds, and therefore preparing the oxygen cage before the patient's arrival can safely be considered. However, financial and environmental aspects should be considered while taking such a decision, as oxygen cages use a considerable amount of oxygen.

The results of this experimental study should be seen as an example and not representative for oxygen cages, as the study was conducted on a limited number of cages. Nevertheless, the findings are relevant for a better understanding of how oxygen cages work and the potential variance in oxygen levels between different models. Further research, both on the oxygen levels but also on the effects of the cages' environment on different patients, would provide the animal health personnel with a more effective employment of oxygen cages.

*Keywords:* animal care, dyspnoea, humidity, oxygen therapy, temperature

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>9</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>10</b>
<b>Förkortningar.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Inledning.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Syfte och frågeställningar .....</b>	<b>15</b>
<b>3. Litteraturbakgrund .....</b>	<b>16</b>
3.1. Syrgasterapi .....	17
3.1.1. Syrgastotoxicitet.....	20
3.1.2. Temperatur .....	21
3.1.3. Luftfuktighet .....	22
<b>4. Material och metod.....</b>	<b>24</b>
4.1. Litteratursökning .....	24
4.2. Praktiska studien .....	24
4.2.1. Datainsamling .....	26
4.2.2. Dataanalys .....	29
<b>5. Resultat.....</b>	<b>30</b>
5.1. Tidsåtgång för burens uppfyllnad till 40% syrgaskoncentration enligt burens övervakningssystem och externa mätaren .....	30
5.2. Syrgaskoncentrationen i burarna efter dörröppning .....	33
5.3. Tidsåtgång för återuppfyllnad till 40% syrgaskoncentration efter burens dörröppning .....	34
5.4. Jämförande av burarnas P2 .....	37
5.5. Temperatur och luftfuktighet.....	39
<b>6. Diskussion.....</b>	<b>40</b>
6.1. Metoddiskussion.....	40
6.1.1. Litteratursökning .....	40
6.1.2. Utrustning i praktiska studien.....	40
6.2. Resultatdiskussion.....	42

6.2.1.	Miljön i syrgasburar .....	42
6.2.2.	Praktiska studien.....	46
<b>7.</b>	<b>Konklusion .....</b>	<b>50</b>
	<b>Referenser.....</b>	<b>51</b>
	<b>Tack .....</b>	<b>54</b>
	<b>Bilaga 1. Jämförelser mellan P1 och P2 i Syrgasbur 1 angående syrgaskoncentrationerna efter burens dörröppning i olika tidsperioder.....</b>	<b>55</b>
	<b>Bilaga 2. Jämförelser mellan P1 och P2 i Syrgasbur 2 angående syrgaskoncentrationerna efter burens dörröppning i olika tidsperioder.....</b>	<b>57</b>
	<b>Bilaga 3. Jämförelser mellan P1 och P2 i Syrgasbur 1 angående tidsåtgång för återuppfyllnad efter burens dörröppning i olika tidsperioder .....</b>	<b>59</b>
	<b>Bilaga 4. Jämförelser mellan P1 och P2 i Syrgasbur 2 angående tidsåtgången för återuppfyllnad efter burens dörröppning i olika tidsperioder .....</b>	<b>61</b>
	<b>Bilaga 5. Jämförelser mellan syrgasburarnas P2 .....</b>	<b>63</b>



## Tabellförteckning

Tabell 1. Vanliga orsaker till dyspné. Efter Brendan M. Corcoran, föreläsning på World Small Animal Veterinary Association, World Congress 2008 (Länk). .....	17
Tabell 2. Medelvärden (m) och standardavvikelser ( $\sigma$ ) för tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% till 40%. P1 är burarnas vänstra sida. P2 är burarnas högra sida.....	30
Tabell 3. Medelvärden (m) och standardavvikelser ( $\sigma$ ) för syrgaskoncentrationer efter burarnas dörröppning under tre olika tidsperioder (T1, T2, T3), på vänstra sidan (P1) och högra sidan (P2) .....	33
Tabell 4. Medelvärden (m) och standardavvikelser ( $\sigma$ ) för tidsåtgången för återuppfyllnad till 40% (39% på Syrgasbur 2 vänstra sidan, P1) syrgaskoncentration efter burarnas dörröppning under tre olika tidsperioder (T1, T2, T3), på vänstra sidan (P1) och högra sidan (P2) .....	34

## Figurförteckning

- Figur 1. Plas-Labs, Intensive care veterinary incubator ICS-DT/TS (Foto: Cora Samoila, 2021).....25
- Figur 2. Snyder Mfg. Co., self-contained ICU for small animals (Foto: Cora Samoila, 2021).....26
- Figur 3. Den externa mätaren placerad på P1 i Syrgasbur 2 (Foto: Cora Samoila, 2021).....28
- Figur 4. Tidsåtgången för uppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration i Syrgasbur 1, på den vänstra sidan (P1). Grön plott är värden enligt den interna mätaren. Blå plott är värden enligt den externa mätaren.....31
- Figur 5. Tidsåtgången för uppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration i Syrgasbur 1, på den högra sidan (P2). Grön plott är värden enligt den interna mätaren. Blå plott är värden enligt den externa mätaren.....31
- Figur 6. Tidsåtgången för uppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration i Syrgasbur 2, på den vänstra sidan (P1). Grön plott är värden enligt den interna mätaren. Blå plott är värden enligt den externa mätaren.....32
- Figur 7. Tidsåtgången för uppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration i Syrgasbur 2, på den högra sidan (P2). Grön plott är värden enligt den interna mätaren. Blå plott är värden enligt den externa mätaren.....32
- Figur 8. Medelvärden för syrgaskoncentrationer efter burarnas dörröppning under tre olika tidsperioder (T1, T2, T3). Orange stapel är burarnas högra sida (P2). Blå stapel är burarnas vänstra sida (P1).....33
- Figur 9. Syrgasbur 1. Tidsåtgången (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% syrgaskoncentration efter burens dörröppning vid varje tidsperiod (T1, T2, T3). Ljusblå, orange och ljusgrön representerar burens högra sida, P2. Mörkblå, brun, mörkgrön representerar burens vänstra sida, P1. Grå linje är tidsåtgången (medelvärden) för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration .....35
- Figur 10. Syrgasbur 2. Tidsåtgången (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% (39% på vänstra sidan) syrgaskoncentration efter burens dörröppning vid varje tidsperiod tidsperiod (T1, T2, T3). Ljusblå, orange och ljusgrön representerar burens högra sida, P2. Mörkblå, brun, mörkgrön representerar burens vänstra sida, P1. Grå linje är tidsåtgången (medelvärden) för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration.....35

Figur 11. Syrgasbur 1. Tidsåtgången (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% syrgaskoncentration efter burens dörröppning vid varje tidsperiod (T1, T2, T3). K0 är medelvärden för tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration. Orange stapel är burens högra sida (P2). Blå stapel är burens vänstra sida (P1) .....	36
Figur 12. Syrgasbur 2. Tidsåtgången (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% (39% på vänstra sidan) syrgaskoncentration efter burens dörröppning vid varje tidsperiod (T1, T2, T3). K0 är medelvärden för tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration. Orange stapel är burens högra sida (P2). Blå stapel är burens vänstra sida (P1).....	37
Figur 13. Syrgaskoncentrationer (medelvärden) efter burarnas dörröppning i de olika tidsperioderna (T1, T2, T3). Orange stapel är högra sidan i Syrgasbur 1. Blå stapel är högra sidan i Syrgasbur 2 .....	38
Figur 14. Tidsåtgång (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% syrgaskoncentration efter burarnas dörröppning i de olika tidsperioderna (T1, T2, T3). Orange stapel är högra sidan i Syrgasbur 1. Blå stapel är högra sidan i Syrgasbur 2. K0 är medelvärden för tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration .....	38

## Förkortningar

FiO <sub>2</sub>	Fraktion inandad syre
HFNC	High flow nasal cannula
K0	Syrgaskoncentration 21%
K1	Syrgaskoncentration 40%
K2	Syrgaskoncentration 39%
KOL	Kroniskt obstruktiv lungsjukdom
P1	Standardiserad plats 1 (burens vänstra sida)
P2	Standardiserad plats 2 (burens högra sida)
PaO <sub>2</sub>	Partialtryck av syre i arteriellt blod
ROS	Reactive Oxygen Species
T1	En tidsperiod där burens dörr öppnas i 10 sekunder
T2	En tidsperiod där burens dörr öppnas i 20 sekunder
T3	En tidsperiod där burens dörr öppnas i 35 sekunder

# 1. Inledning

Syrgasterapi är en vanlig och viktig förekommande behandling på djursjukhus vid det akuta mottagandet samt vid den fortsatta omvårdnaden av andningspåverkade patienter. Dyspné innebär andningssvårigheter och en patient kan visa tecken som takypné, andning genom munnen eller vidgade näsborrar (Boyle 2012). Dyspné uppkommer vid olika respiratoriska tillstånd där otillräckligt syre kommer fram till lungorna (till exempel obstruktion eller andra luftvägsproblem) eller otillräckligt syre diffunderar ut i blodet trots funktionella luftvägar (till exempel problem på alveolär-kapillär nivå) (Sumner & Rozanski 2013).

Patienter som lider av dyspné samt otillräcklig syresättning bör få syrgas administrerat omgående (Waddell 2016). Syrgas administreras för att stabilisera patienter inför vidare diagnostik samt som en del av behandlingen. Mindre fysisk hantering kan vara en viktig del i att minimera stress då stress kan bidra till att patienters tillstånd försämras (Sumner & Rozanski 2013). Det är därför viktigt att administrera syrgas på ett sätt som tolereras av patienten som behandlas. Exempelvis tolererar vissa patienter inte syrgasmask under längre tid (Mazzafarro 2009).

Syrgasburar möjliggör minimal patienthantering vid syrgasadministrering och säkerställer samtidigt en ökad koncentration syre i inandningsluften, medan patienter aklimatiserar sig till sin nya omgivning. Syrgasburar är en noninvasiv behandling som erbjuder ett utrymme med möjlighet att monitorera miljöfaktorer såsom syrekoncentration, luftfuktighet, temperatur och eliminationen av utandad CO<sub>2</sub> (Miller & Smarick 2012).

En nackdel med syrgasburar som diskuteras i litteratur är att den önskade syrgaskoncentrationen i utrymmet omedelbart sjunker till rummets syrgaskoncentration vid öppnande av dörr till syrgasburen och att det kan försämra patientens tillstånd. Den fysiska kontakten med patienterna blir därför begränsad (Boyle 2012; Reminga & King 2016). Däremot finns det till författarnas vetskap inga konkreta studier kring hur syrgaskoncentrationen påverkas när dörren till syrgasburen hålls öppen under en viss period. Kunskap om detta kan vara till praktisk nytta för djursjukskötare i den kliniska verksamheten genom en ökad

förståelse för korrelation mellan förlust av syre och tid burdörren står öppen. Det här kandidatarbetet kommer genom en praktisk studie undersöka hur mycket syrekoncentrationen sjunker när burarnas dörrar öppnas i olika långa tidsperioder. Genom litteratur utforskas hur andra aspekter såsom temperatur, luftfuktighetsgrad och ljudföroreningar kan påverka en patient som genomgår syrgasterapi. Resultat från den praktiska studien och litteraturgranskningen används för att resonera kring för- och nackdelar med att förfylla en syrgasbur inför mottagandet av patienter. Ämnet valdes för att öka kunskap kring olika metoder av syrgasterapi samt syrgasburars användning och således underlätta valet av syrgasterapimetod i det kliniska arbetet.

## 2. Syfte och frågeställningar

### *Syfte*

Syftet med detta kandidatarbete är att genom en praktisk studie jämföra två olika fabrikat av syrgasburar från olika tillverkare. Arbetet undersöker hur lång tid det tar att uppnå 40% syrgaskoncentration i burarna, samt mängd syrgas en uppfylld syrgasbur förlorar när dörren till buren hålls öppen under tre olika tidsperioder. Genom att jämföra burarnas interna mätare med fristående externa mätare för syrgaskoncentration, luftfuktighet och temperatur, undersöks eventuella skillnader.

Kandidatarbetet undersöker även hur miljön i syrgasburar kan påverka en patient. Detta görs genom en granskning av litteratur som fokuserar på betydelsen av miljöaspekter såsom syrgaskoncentration, temperatur, luftfuktighetsgrad och ljudföroreningar.

Resultat från den praktiska studien och litteraturgranskningen används för att undersöka för- och nackdelar med förfyllning av syrgasbur innan patientankomst.

### *Frågeställningar*

- Vilken vetenskaplig evidens föreligger för betydelsen av syrekoncentration, ljudföroreningar, luftfuktighet och temperatur för en andningspåverkad patients hälsa/återhämtning när den vårdas med syrgasterapi?
- Hur påverkas syrgaskoncentrationen när dörren till buren öppnas i två typer av syrgasburar när dörren till burarna hålls öppna under tre olika tidsperioder?
- Hur väl stämmer syrgasburarnas interna mätare överens med externa mätningar?
- Vilka för- och nackdelar finns det med att starta upp syrgasburen inför mottagandet av patienten vid användandet av två olika syrgasburar?

### 3. Litteraturbakgrund

Dyspné är ett tillstånd där djuret har svårt att andas eller har en ansträngd andning (Fonfara et al. 2011). En patient med dyspné kan visa tecken som takypné, andning genom munnen eller vidgade näsborrar (Boyle 2012). Vid undersökning kan andra tecken förekomma såsom onormala andningsmönster, bleka eller cyanotiska slemhinnor, onormala ljud eller biljud från lungorna. Om några eller fler av tecknen observeras kan en pulsoximeter användas för en mer objektiv bedömning (Reineke 2015). Pulsoximetern mäter saturationen av hemoglobin i blodet och erbjuder ett noninvasivt sätt att monitorera en patients syrestatus. Pulsoximetern placeras på ett rakat eller hårlöst område utan pigmentering exempelvis i läppen eller trampdynan (Tseng & Waddell 2000).

En patients andningsmönster kan ge en uppfattning om underliggande problem. I en studie av Sigrist et al. (2011) undersöktes olika parametrar och hur de korrelerade med var de respiratoriska problemen var lokaliserade. Studien utfördes på 176 katter och hundar som kom in till akutmottagningen på ett universitetsdjursjukhus med kliniska tecken på respiratoriska problem. Studien visade en signifikant koppling mellan asynkron andning (bröstet rör sig utåt och buken rör sig inåt under inspiration), minskade lungljud vid auskultation och kombinationen av dessa med sjukdom i pleura hos både hund och katt. Ytterligare kopplades expiratorisk dyspné till problem i nedre luftvägarna hos katt och inspiratorisk dyspné kopplades till problem i övre luftvägarna hos hund. Hos både hund och katt kunde inspiratoriska ljud kopplas till problem i övre luftvägarna (Sigrist et al. 2011).

Dyspné kan bero på flera olika orsaker och grundorsaken bestämmer hur djuret skall behandlas (*Tabell 1*). Fonfara et al. (2011) nämner att det därför är viktigt att fastställa orsaken tidigt så att korrekt behandling kan sättas in. Det kan dock vara svårt att göra en grundlig undersökning på dessa djur om de är kraftigt respiratoriskt påverkade (Fonfara et al. 2011). Tseng & Waddell (2000) uppger att stressa djuret i detta läge kan vara livsfarligt då djuret snabbt kan dekompensera, vilket kan leda till andningsstillestånd. Vidare anger författarna att i många fall kan patienten stabiliseras med syrgasterapi innan en mer grundlig undersökning påbörjas (Tseng



& Waddell 2000). Riktigt svåra fall kan behöva akuta åtgärder där patienten intuberas eller en tracheostomi utförs (Sumner & Rozanski 2013).

Tabell 1. Vanliga orsaker till dyspné. Efter Brendan M. Corcoran, föreläsning på World Small Animal Veterinary Association, World Congress 2008 ([Länk](#)).

Övre luftvägar	Nedre luftvägar	Lunga	Övriga
-Trubbnosyndrom	-Tracheal kollaps	-Broncho-pneumoni	-Lungödem
-För lång mjuk gom	-Hypoplastisk trachea	-Lungfibros	-Pleural effusion
-Larynx pares	-Corp al i luftvägar	-Lungblödning	-Trauma
	-Kattastma	-Lungneoplasi	

Hypoxemi ses ofta i samband med dyspné. Hypoxemi innebär en onormalt låg syresättning av arteriellt blod. Ett flertal orsaker kan ligga bakom en hypoxemi såsom hypoventilation, ventilation-perfusion mis-match, otillräckligt inandad syre och intrapumonell shuntning (Tseng & Drobotz 2004). Mazzaferro (2015) uppger att arteriellt blodprov är den mest optimala metoden för att mäta syresaturationen, men det innebär också en mer invasiv och stressande procedur för patienten (Mazzaferro 2015). Tseng & Waddell (2000) uppger att i många fall av hypoxemi är syrgasterapi effektivt men i de fall då en patient ej svarar på behandling kan intubering krävas.

Hypoxemi kan i sin tur leda till otillräcklig syresättning av vävnaden dvs hypoxi (Tseng & Drobotz 2004). Orsaker bakom tillståndet kan vara en minskad saturation av hemoglobin på grund av ett lågt partialtrycksyre ( $\text{PaO}_2$ ), ett minskat blodflöde till vävnad eller en minskad förmåga att transportera syre i blodet (Sjaastad et al. 2016). En liten del av det arteriella syret transporteras obundet i plasma medan majoriteten transporteras bundet till hemoglobin och förs på detta vis ut i kroppens vävnader (Mazzaferro 2009). Tseng & Drobotz (2004) beskriver att hos patienter med ett ökat syrebehov och dålig cirkulation ämnar syrgasterapi att maximera saturationen av hemoglobin för att kunna öka levererat syre ut i vävnaden. Boyle (2012) nämner att syrgasterapi även rekommenderas till andra typer av sjukdomstillstånd såsom sepsis, hypertermi, anemi, chock, pulmonell hypertension, kramp och skalltrauma.

### 3.1. Syrgasterapi

Det finns olika sätt att administrera syrgas. Nedan följer en kort beskrivning över de olika metoderna.

#### *Flow-by*

Flow-by innebär en enkel slang genom vilken syre levereras. I en studie på 20 friska sederade hundar användes ett flöde på 3L/minut och slangen placerades 2 cm från

nosen. Studien visar att alla hundar hade ett högre PaO<sub>2</sub> efter behandling med flow-by. Medelvärdet för PaO<sub>2</sub> i rumsluft var 82.4 mmHg och medelvärdet för PaO<sub>2</sub> vid behandling var 182.2 mmHg (Wong et al. 2019). Mazzaferro (2009) hävdar att metoden tolereras väl av de flesta men ur ett ekonomiskt perspektiv ej passar till långtidsanvändning då metoden avger mycket syre till den kringliggande miljön.

### *Syrgasmask*

En syrgasmask sitter tätt omkring patientens nos men ska ej sluta så tätt att patienten riskerar att återandas koldioxid (Waddell 2016). I studien av Wong et al. (2019) visade de att en syrgasmask ökade PaO<sub>2</sub> hos alla hundar jämfört med rumsluft när de använde ett flöde på 3L/minut. Medelvärdet för syrgasmask var 371.3 mmHg medan medelvärdet för rumsluft var 82.4 mmHg. De visade också att PaO<sub>2</sub> under behandling med mask var högre än vid behandling med flow-by (Wong et al. 2019). Tseng & Drobotz (2004) beskriver att metoden med fördel kan används under fysisk undersökning och behandling då det snabbt kan sättas igång, den kräver ingen vidare utrustning och begränsar inte åtkomsten till djuret. Waddell (2016) rekommenderar även metoden till den liggande patienten, exempelvis vid sedering eller uppvakning efter anestesi. Vidare nämns dock att masken kan utgöra ett stressmoment och skall endast användas till dem som accepterar det.

### *Oxygen hood*

En *oxygen hood* innebär att patienten bär en krage där öppningen täcks med plastfolie och en slang genom vilken syre kan levereras stoppas in vid nacken och sätts fast. En glipa lämnas i plastfolien för att kunna ventileras ut varm fuktig luft och koldioxid som bildas (Tseng & Drobotz 2004). En humanstudie undersökte hur noninvasiv syrgasterapi via *oxygen hood* och mask påverkade graden av intubering av patienter med *Acute Respiratory Distress Syndrome* och kunde se att patienter som behandlats med *oxygen hood* intuberades i lägre grad än patienter behandlade med mask. Övergången från mask till *oxygen hood* visades också minska takypné (Patel et al. 2016). En annan studie utförd på 19 människor som undersökte en *oxygen hood* kom fram till att ett flöde av 30 L/min kan förväntas leverera adekvat syremängd och elimination av koldioxid. Dock behövs ytterligare studier kring hur individuella skillnader kan påverka vilket flöde som är optimalt (Davidson & Bennett 2004). Enligt Mazzaferro (2009) förespråkas en tät monitorering av djuret då det skall finnas risk för ackumulation av koldioxid, hypertermi och hög luftfuktighet. De beskriver att en *oxygen hood* inte kräver mycket utrustning, lämnar åtkomst till patienten och är ekonomisk (Mazzaferro 2009).

### *Syrgasgrimpa och syrgassond*

Syrgassonden kan placeras i båda eller ena näsborren genom att föras in tills den distala änden är i höjd med inre ögonvrån och sedan sys på plats (Mosing 2016).

En studie från 2002 utförd på 8 friska sederade hundar hittade ingen skillnad i  $\text{FiO}_2$  eller  $\text{PaO}_2$  mellan unilateral nasal kateter och bilateral nasal kateter med samma flöde. Dock uppvisade patienterna obehag när ett flöde på 100 mL/kg/min användes i en enskild nasal kateter. Studien visade att bilateral nasal kateter kan användas för att öka patientens komfort eftersom flödet blir uppdelat mellan de två katetrarna. Vidare uppger de att bilateral nasal kateter uppnådde ett medelvärde på nästan 0.8  $\text{FiO}_2$  när flöden på 200 mL/kg/min användes i vardera kateter, ett värde som visats orsaka syretoxicitet vid användning under lång tid (Dunphy et al. 2002).

En syrgasgrimma är adapterad från humanvården och de två utskotten förs in ca 1 cm i nashålan, dock kan dessa kortas vid behov. Grimman fästs sedan bakom huvudet och en tejp kan placeras över nosen för att stabilisera (Tseng & Drobatz 2004). En studie undersökte effekten av *High Flow Nasal Cannula* (HFNC) på oxygenering hos brakycefala hundar med tecken på övre luftvägsobstruktion och hypoxemi efter generell anestesi. De visade att metoden verkade minska allvarlighetsgraden av dyspné (Jagodich et al. 2020).

De båda metoderna erbjuder ett relativt billigt sätt att administrera syre och ger tillgång till djuret utan att avbryta syrgasbehandlingen (Tseng & Drobatz 2004). Mazzaferro (2009) uppger att en krage bör användas för att patienter ej skall komma åt syrgassonden samt att patienter med syrgasgrimma bör observeras under behandlingen då syrgasgrimman lätt kan rubbas ur position. Fortsatt nämner de att syrgas bör fuktas då torr syrgas misstänks orsaka irritation och torr nässlemhinna.

### *Syrgasburar*

Robben & Eveland-Baker (2012) beskriver syrgasburen som ett verktyg som används på många djursjukhus intensivvårdsavdelningar för att kunna förse patienten med en mer optimal miljö på ett enkelt sätt. Personalen har möjlighet att kontrollera syrgaskoncentration, temperatur och luftfuktigheten i utrymmet och samtidigt administrera syre till patienten utan att orsaka ytterligare stress. Möjlighet finns även att monitorera koldioxidnivån i buren. Syrgasburarna har sensorer som ger möjlighet att styra burens miljö men det är väsentligt att personal övervakar buren och patienten. Enligt Robben & Eveland-Bakers översiktsartikel (2012) misslyckas ibland burarna att bibehålla de inställda parametrarna trots aktiverad *Climate Control*. En komplikation till följd av höga temperaturer och luftfuktighet i burar är värmeslag (Miller & Smarick 2012). För att sänka temperaturen i utrymmet kan kylklampar läggas in, dock inte i direkt kontakt med patienten då detta utgör en risk för perifer vasokonstriktion som kan förvärra hypertermin (Mazzaferro 2009; Reminga & King 2016).

Enligt Reineke (2015) är en fördel med syrgasburarna möjligheten att genomföra syrgasterapi med minimal patienthantering. Att vara något avskild från omgivande miljö kan vara positivt för till exempel den stressade katten. Vidare uppger de att stress snabbt kan leda till apné och hjärtstopp hos en katt med dyspné. Det kan därför vara fördelaktigt att placera katten i en syrgasbur innan någon manipulation (Reineke 2015). Waddell (2016) uppger i en översiktsartikel att katterna föredrar en miljö där de kan distansera sig och separera sig från stressorer vilket bidrar till att katten delvis stabiliseras innan undersökning och behandling när de får den möjligheten.

En faktor som nämns mycket i litteraturen om syrgasburar är att syrgaskoncentrationen i buren omedelbart sjunker till rummets koncentration när burens dörr öppnas. För att undvika detta minimeras den fysiska kontakten med patienten som kan resultera i suboptimal patientmonitorering (Boyle 2012; Reminga & King 2016). Mazzaferro (2009) diskuterar att syrgasburarnas åtkomstpunkter (hål i burarna avsedda för slangar) tillåter användandet av pulsoximeter, EKG och blodtryck för att monitorera patienten genom burens dörr. Även visuell monitorering är möjlig, exempelvis av andningsmönster. Dock bör försiktighet iakttas hos djur med övre luftvägsobstruktion, då onormala biljud från luftvägarna kan vara svåra att höra genom burdörren (Mazzaferro 2009).

*The World Health Organisation* rekommenderar att ljudnivåerna i sjukvårdsmiljöer skall ligga under 40 dBA (WHO 1999). I en kvantitativ studie av Peixoto et al. (2011) undersöktes ljudnivåerna inuti barnkuvöser i två olika rum. Efter 261 timmar av mätningar i kuvöserna konkluderades att ljudnivåerna inuti barnkuvöserna kraftigt översteg föreskrifternas rekommendationer. Genomsnittet för kuvöserna var 79.7 dBA i Rum A och 74.3 dBA i Rum B. Källorna för höga ljudnivåer var kuvösernas maskineri, öppna kuvösdörrar vid undersökning, larm från olika utrustning och personalens konversationer. Pinheiro et al. (2011) undersökte ljudnivåerna på en human intensivvårdsavdelning. Kontinuerliga mätningar gjordes i 168 timmar och studien visade att ljudnivåerna på neonatala intensivvårdsavdelningen varierade mellan 47.7 dBA och 105.5 dBA. Ljudnivåerna på en djursjukhusintensivvårdsavdelning översteg kraftigt rekommendationerna enligt en kvantitativ studie av Dornbusch et al. (2020). Mätningar gjordes i 41 dagar och ljudnivåer låg på 76.97 dBA i medelvärde, 76.13 dBA i medianvärde, samt 86.54 dBA i maxvärde.

### 3.1.1. Syrgastoxicitet

Risker med syrgasterapi bör observeras. Enligt en översiktsartikel av Kallet och Matthay (2013) kan långvarig behandling med ett högt inandat syre orsaka *hyperoxic acute lung injury* (HALI), ett tillstånd som ofta leder till döden.

Författarna uppger att ett PaO<sub>2</sub> över 450 mmHg eller ett FiO<sub>2</sub> på 0.6 och längden på en behandling står i direkt proportion till allvarlighetsgraden av HALI. Fortsatt beskriver författarna att syre skapar fria radikaler som kallas *Reactive Oxygen Species* (ROS) som förstör cellerna. ROS produceras i stora mängder som följd av hyperoxin. I en normalt oxygenerad patient balanseras ROS med en försvarsmekanism av antioxidanter men vid hyperoxi överväldigar ROS denna försvarsmekanism. Försvarsmekanismen fungerar på det sätt att antioxidanta enzymer och andra icke-enzymatiska faktorer samarbetar för att reducera ROS till vatten. Vidare uppges att ROS kan orsaka cellmembransruptur, enzymatisk dysfunktion och skador på mitokondrier och DNA genom att fånga elektroner från proteiner och lipider i sin omgivning. Dessa skador leder slutligen till celledöd (Kallet & Matthay 2013).

En systematisk granskning och metaanalys av mer än 16 000 akut sjuka vuxna inom humanvården fann bevis för att användning av liberal syrgasadministrering kunde orsaka skada. En trolig koppling mellan liberal syrgasadministrering och ökad mortalitet noterades. I studien innebar liberal syrgasadministrering ett FiO<sub>2</sub> med medianvärdet 0.52 under en median längd på åtta timmar jämfört med en konservativ syrgasadministrering där medianvärdet på FiO<sub>2</sub> var 0.21 (Chu et al. 2018). Enligt Mazzaferro (2009) är risken för syrgastoxicitet vid syrgasterapi relativt liten då de flesta metoder har svårt att uppnå ett inandat syre på mer än 60% men att det bör uppmärksammas för de metoder som har möjligheten att nå sådana värden.

### 3.1.2. Temperatur

Patienter på intensivvårdsavdelningen har ofta en rubbad homeostas som kan påverka kroppens förmåga att till termoreglering (Wehausen 2016). Homeostas innebär balans i kroppsfunctionerna och är beroende av funktionella regleringsmekanismer. Termoregleringen är en av hypotalamus viktigaste funktioner och den försäkrar en jämvikt mellan kroppens värmeproduktion och värmeförlust. Processen påverkas av sjukdom i kroppen men också av miljön där patienten befinner sig (Lagutchik 2002).

Obekväma miljötemperaturer kan påverka patienten psykiskt och fysiskt. Dålig aptit, rastlöshet, påverkad andning, onormal kroppstemperatur är exempel på symtom som kan tyda både på sjukdom och felaktig miljötemperatur. Detta orsakar svårigheter i att diagnostisera, vårda och behandla patienten. Ett viktigt steg i undersökningen av en patient med hög kroppstemperatur är att skilja hypertermi från feber. Både hypertemi och feber innebär en högre kroppstemperatur, men oftast används begreppet "hypertermi" i samband med miljöfaktorer medan feber syftar på patofysiologiska förändringar (Wehausen 2016).

En vanlig orsak till hypertermi hos patienter som vårdas på intensivvårdsavdelningen uppges vara miljön i buren ofta i kombination med värmeterapi och användning av filter (Lagutchik 2002; Reminga & King 2016). En miljö med hög luftfuktighet och temperatur minskar kroppens förmåga att reglera sin temperatur och djuret kan fort bli drabbad av värmeslag (Hemmelgarn & Gannon 2013). Flämtning, en viktig funktion som hypotalamus aktiverar för att sänka kroppens temperatur, är inte önskvärd hos en andningspåverkad patient. Den kan höja risken för hypoxemi genom en minskning av inandad luft (Orton 2002).

En retrospektiv studie (Bruchim et al. 2006) som tittade på 54 hundar med värmeslag konkluderade att hypertermi ökar riskerna för olika sjukdomstillstånd såsom trombocytopeni (45 av 54 hundar), *DIC* - disseminerad intravasal koagulation (28 av 54 hundar), akut njursvikt (18 av 54 hundar). Mortaliteten i denna studie var 50%.

Hypotalamus reagerar också på lägre miljötemperatur och som följd aktiveras vasokonstriktion, piloerektion och huttring (Wehausen 2016). En longitudinell studie från 1999 undersökte sambandet mellan lägre miljötemperatur och ökad morbiditet vid human kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL). Data angående lungfunktion och andra symtom samlades dagligen under ett år från 76 KOL-patienter. Data korrelerades med miljötemperaturerna både inomhus och utomhus. Författarna sammanfattade att försämrad lungfunktion och symtomintensifiering kunde kopplas till lägre miljötemperaturer. En sänkning på 45 mL i medianvärde för *forced expiratory volume in one second* konstaterades under veckan med lägsta temperaturer jämfört med varmaste veckan. En sänkning på 74 mL i medianvärde för *forced vital capacity* konstaterades under veckan med lägsta temperaturer jämfört med varmaste veckan. Trots att dessa siffror visar en liten minskning i lungfunktion vid lägre miljötemperaturer är minskningen signifikant för en patient som redan har en försämrad lungfunktion (Donaldson et al. 1999).

Enligt flera översiktsartiklar är det fördelaktigt att vårda djuren i en neutral miljö på 22°C och luftfuktighet mellan 40-60% som stödjer kroppens termoregulering (Camps-Palau et al. 2000; Tseng & Drobatz 2004).

### 3.1.3. Luftfuktighet

Enligt Court et al. (1985) finns det tre nyckelkomponenter för en optimal syrgasterapi: högre syrehalt i inandad luft, återfuktande av luftvägar och aerosolterapi. De tre komponenterna hjälper till att höja syretrycket i blod och samtidigt upprätthålla en gynnsam miljö i lungorna (Court et al. 1985).

Den optimala luftfuktigheten för en veterinärintensivvårdsavdelning uppges ligga mellan 30-60% (Robben & Eveland-Baker 2012). Enligt Arundel et al. (1986) kan såväl en för låg som en för hög luftfuktighet påverka hälsan negativt. Författarna uppger i sin översiktsartikel där luftfuktighetens påverkan på människor undersöktes, att den optimala luftfuktigheten ligger mellan 40%-60%. Luftfuktighet under 40% kan leda till luftvägsinflammation, starkare allergiska och astmatiska reaktioner och högre ozonnivåer i rummet. Vidare uppges att luftfuktighet över 60% kan påverka hälsan negativt genom en ökning i mängden kvalster och svamp samt nivåerna av formaldehyder och andra kemikalier i rummet (Arundel et al. 1986).

Låg luftfuktighet kan leda till inflammation i luftvägarna enligt en översiktsartikel från 2007 där författarna sammanfattade observationer på människor gällande luftfuktighetens påverkan på luftvägarna. Dehydrering av luftvägsepitel leder till skador (epitelavskalning, leukocytläckage, mastcellsdegranulering, etc.) som orsakar inflammation. Även nedre luftvägsinflammation har kopplats till låg luftfuktighet (Naclerio et al. 2007).

En kvantitativ studie inom humanvården från 2013 undersökte intranasal fuktighet vid användning av syrgasgrimma utan bubbelfuktare. Tolv personer fick syrgasterapi med syrgasgrimma och 3 olika syrgasflöden. Minskningen av intranasal fuktighet var signifikant vid alla flöden: den sjönk från  $40.3 \pm 8.7\%$  till  $35.3 \pm 5.8\%$  vid 1L/min syrgasflöde, till  $32 \pm 5.6\%$  vid 2L/min syrgasflöde och till  $29.0 \pm 6.8\%$  vid 3L/min syrgasflöde (Dellweg et al. 2013).

Olika dilemman uppstår när luftfuktigheten ska höjas vid syrgasterapi. Enligt en studie från 2020 medför bubbelfuktaren syrgasläckage i systemet. Studien sammanfattade att patienten får signifikant mindre av den önskade mängden syre när syrgasgrimma med bubbelfuktare används. Mätningar gjordes på 64 monteringar där mängden inställt syre jämfördes med den mängd syre som faktiskt kommer ur grimman. Syreläckagets källa var bubbelfuktarens *pressure relief valve*. Syrgasgrimmans storlek påverkade mängden läckage och det visade sig att mindre grimmor gav upphov till större läckage. Därmed kan inte läckaget alltid kompenseras genom att höja syrgasflödet och de små patienterna kan få signifikant mindre syrgas än de behöver (Murphy et al. 2020). Enligt Tseng & Drobatz (2004) kan en syrgasgrimma med ett syrgasflöde över 2 L/min orsaka negativa effekter på djurets luftvägar.

## 4. Material och metod

Frågeställningarna besvarades genom en granskning av litteratur och en praktisk studie på en intensivvårdsavdelnings syrgasburar. Mätningarna från praktiska studien användes för att besvara frågeställningarna angående syrgaskoncentration, hur väl syrgasburarnas interna mätare stämmer överens med den externa mätaren och för- och nackdelar med att starta upp syrgasburen inför mottagandet av patient. En sökning och sammanställning av vetenskaplig litteratur utfördes för att besvara frågeställningen gällande hur miljön i syrgasbur påverkar patienten.

### 4.1. Litteratursökning

Ett större antal sökningar gjordes med mycket sökträffar som var irrelevanta för ämnet. Vetenskapliga studier användes i den mån det gick men då antalet studier var väldigt begränsat användes också översiktsartiklar och kursböcker.

Databaserna Web of Science, Primo, PubMed och Google Scholar användes i litteratursökningen med olika kombinationer av sökorden: oxygen cage, dyspnea, dyspnoea, cat, dog, small animal, oxygen therapy, incubator, Snyder, Plas-Labs, oxygen, humidity, temperature, NICU, ICU, oxygen supplementation, hypoxemia, hypoxia, respiratory distress, climate control, nebulization therapy. Ytterligare litteratur hittades genom genomgång av referenslistor i den funna litteraturen.

I första hand användes vetenskaplig litteratur som behandlar djuromvårdnad av smådjur gällande användningen av syrgasburar och relevansen av miljöanpassning i dessa. Då forskningen i skrivande stund var väldigt begränsad tillkom även annan litteratur som behandlade andra sätt att administrera syrgas. Även litteratur inom humanvården granskades och 10 artiklar användes i studien. Slutligen valdes totalt 43 artiklar.

### 4.2. Praktiska studien

Praktiska försök genomfördes på ett större djursjukhus i Sverige under våren 2021. Mätningar på två olika fabrikat av syrgasbur gjordes för att undersöka hur lång tid



det tog att fylla syrgasburarna från rumsluft till 40% syrgaskoncentration, hur syrgaskoncentrationen inuti burarna påverkades när burarnas dörrar öppnades under olika tidsperioder och hur snabbt burarna återgick till 40% syrgaskoncentration efter de varit öppna i de olika tidsperioderna.

Externa syrgaskoncentrationsmätare, luftfuktighetsmätare och temperaturmätare användes för att jämföra mot syrgasburarnas egna övervakningssystem, samt för att se om mätningar skiljer sig på olika platser i buren. Mätningarna användes för att kontrollera hur väl syrgasburarnas miljöreglering stämmer överens med externa mätningarna.

### *Plas-Labs, Intensive care veterinary incubator ICS-DT/TS*

Denna bur är en syrgasbur byggd för intensivvård av djur efter kuvös-konceptet. Genom en *touch-screen* kan man ställa in fler önskade parametrar: syrgaskoncentration, temperatur, luftfuktighet. Buren har HEPA-filter (*high efficiency particulate arresting-filter*), nebulisator, och åtkomstpunkter för både droppslang och EKG sladdar. Det finns även fler tillbehör tillgängliga såsom till exempel dubbelgolv. Syrgasutfarten är placerad i det främre vänstra hörnet i den övre delen av buren.

Enligt tillverkaren är buren bra på att reglera och behålla den önskade miljön för att bäst vårda kritiskt sjuka patienter. Det finns däremot ingen information om studier på hur snabbt och hur mycket miljön ändras när man öppnar buren.

Denna bur kommer härnäst kallas Syrgasbur 2.



Figur 1. Plas-Labs, Intensive care veterinary incubator ICS-DT/TS (Foto: Cora Samoila, 2021)

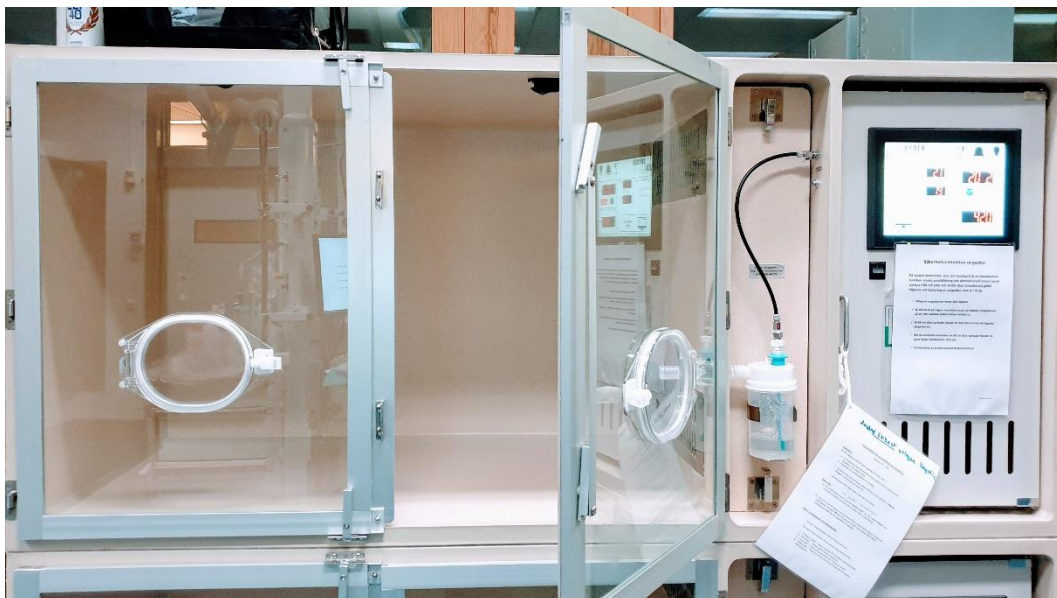
### *Snyder Mfg. Co., self-contained ICU for small animals*

Denna bur är en intensivvårdsenhet för administration av syre och en kontrollerad miljö. Enheten har kolmonoxidfilter, värme- och kylningsfunktion, luftfuktare, återcirkulationsfläkt och syrekoncentrationsmätare. En *touch-screen* möjliggör reglering av syrekoncentration, temperatur och luftfuktighet. Buren har åtkomstpunkter för droppslangar och andra övervakningssladdar. Syrgasutfarten är placerad i det främre högre hörnet i den nedre delen av buren.

Enligt tillverkaren kan buren tillförlitligt justera syrekoncentration, luftfuktighet, temperatur och golvtemperatur. En *touch-screen* för god överblick och kontroll av miljöparametrar finns med möjlighet att koppla till dator eller surfplatta.

Ingen information om studier utförda på buren finns tillgängligt.

Denna bur kommer härnäst kallas Syrgasbur 1.



Figur 2. Snyder Mfg. Co., self-contained ICU for small animals (Foto: Cora Samoila, 2021)

#### 4.2.1. Datainsamling

Den externa mätare som användes i denna studie var en portabel syrgasmätare från Teledyne Analytical instruments av modell MX300. Mätarens pålitlighet utvärderades genom att testas mot utomhusatmosfären som skall ligga på 21% (Sjaastad et al. 2016). För att undersöka mätarens kalibreringstid mättes rumsluften i lokalen (20,9%-21%) därefter ställdes mätaren in i en miljö med 40% syrekoncentration för att sedan tas ut i rumsluft. Tiden för mätaren att återgå till den ursprungliga syrekoncentrationen mättes. Kalibreringstiden applicerades inte i studien. Temperatur- och luftfuktighetsmätaren jämfördes mot två temperatur- och luftfuktighetsmätare av annan modell. Modellen som användes i denna studie var

en digital temperatur/hygrometer i miniformat inköpt på *Teknik Proffset* ([länk till mätaren](#)). Mätningstillfällen för syrgasburarnas interna mätare för syrgaskoncentration, temperatur och luftfuktighet kunde inte fastställas.

Gällande Syrgasbur 1 som har två dörrar genomfördes alla mätningar med öppnandet av endast en av dörrarna, i detta fall den högra dörren närmast displayen.

I enlighet med rekommendationer gällande gnistbildning/brandrisk stängdes syrgasen av när burarnas dörrar öppnades och slogs återigen på när burarna stängts. Detta gjordes av den person som öppnade och stängde syrgasburen.

#### *Tidsperioder*

Tre tidsperiod som speglar öppning av buren när en patient sätts in bestämdes genom att simulera insättning av olika patienter i bur med hjälp av attrapper för att skapa en generell uppfattning om tidsåtgång. Första tidsperioden, T1=10 sekunder, bestämdes genom att simulera överföring av patient från famn till syrgasbur. Den andra tidsperioden, T2=20 sekunder, bestämdes genom att simulera överföring av patient från sin egen bur till syrgasbur. Den tredje tidsperioden, T3=35 sekunder, bestämdes genom simulering av överföring av patient från famn till syrgasbur och koppling till intravenös vätsketerapi i befintlig infart. Alla simuleringar utfördes 10 gånger på både Syrgasbur 1 och Syrgasbur 2, sedan togs ett medelvärde fram för varje tidsperiod. Medelvärdet avrundades till närmaste heltal.

#### *Uppfyllnad med syrgas*

För att ta reda på hur lång tid det tar för syrgasburarna att fyllas till 40% syrgaskoncentration, som kommer kallas K1, gjordes 5st mätningar vardera på två standardiserade platser i båda burarna: burarna delades på mitten och mätningarna gjordes i den tredimensionella mittpunkten på varje burhalva. Den vänstra burhalvan kommer kallas P1 och den högra kommer kallas P2. Mätaren placerades ut i avstängd bur och syrekoncentrationen mättes för att få ett grundvärde, som kommer kallas K0 och låg på 21%, sedan startades syrgasburen och tiden till K1 mättes med tidtagarur. Under detta försök användes både den externa mätaren och burens interna mätare.

#### *Försök med tidsperioder*

I försöken med tidsperioderna användes endast värden från den externa syrgasmätaren.

I Syrgasbur 2 fördelas syret mycket långsammare till den vänstra sidan efter att burens dörr öppnats, och följaktligen bestämdes gränsen K2=39% syre för P1 i stället för K1 vid alla mätningar som rör tidsperioderna. Skillnaden mellan K1 och K2 ansågs vara av låg klinisk relevans.



Figur 3. Den externa mätaren placerad på P1 i Syrgasbur 2 (Foto: Cora Samoila, 2021)

Syrekoncentrationen mättes för att undersöka hur mycket den sjönk från K1/K2 när burens öppnades för att sätta in en patient, samt hur snabbt koncentrationen steg till K1/K2 igen när burens stängdes efter att patienten sattes in. Dörren öppnades på ett sätt såsom personalen gör i den kliniska verksamheten. En annan person mätte varje tidsperiod.

Fem mätningar för hur mycket syrekoncentrationen sjunker gjordes på P1 och P2 vardera, i båda fabrikat av burarna per tidsperiod. Fem mätningar för hur snabbt syrekoncentrationen återgår till K1/K2 gjordes på P1 och P2 vardera, i båda fabrikat av burarna per tidsperiod. Under försöken med tidsperioder användes endast den externa mätaren.

Det blev 60 enskilda mätningar per bur, dvs totalt 120 mätningar för alla tre tidsperioder och båda burar.

Burarna var inställda för att nå och bibehålla 40% syrgaskoncentration under alla försök.

#### *Temperatur och luftfuktighet*

Temperatur och luftfuktighet jämfördes bara vid K1/K2 för att kunna undersöka skillnader mellan burarnas interna mätare och externa mätare. Externa mätare ställdes på P1 och P2 samtidigt. *Climate Control* var inaktiverad då försöken utfördes på burarna utan patienter, och funktionen är beroende av inlagd patient som påverkar miljön i burens.

#### 4.2.2. Dataanalys

För att testa om statistiskt signifikanta skillnader fanns mellan burarnas syrgasmätare och den externa mätaren, räknades medelvärden och standardavvikelser för syrgaskoncentrationsmätningar på P1, P2 samt värden som burens display visade vid varje mätning.

För att jämföra skillnader mellan syrgaskoncentrationer på P1 och P2 efter att burarnas dörrar öppnas i de tre olika tidsperioderna, räknades medelvärden och standardavvikelser för dessa mätningar.

Följande medelvärden och standardavvikelser räknades för tidsåtgången till buruppfyllnad till K1/K2 på P1 samt P2: tid från K0, tid efter dörröppning i T1, tid efter dörröppning i T2, tid efter dörröppning i T3.

Medelvärden och standardavvikelsena som räknades för varje syrgasburs P2 användes för att jämföra burarna mellan varandra.

Oparade t-tester i verktyget Epitools användes för att räkna  $p$ -värden. Gränsen för signifikans var  $p < 0.05$ . Korrigeringar för multipla jämförelser gjordes med Bonferroni-test vid statistiska test som involverade de 3 tidsperioderna. Den nya signifikansgränsen blev  $\alpha < 0.0166$  och värdet användes för 11 statistiska test.

Verktyget Excel användes för att presentera data grafiskt. Avrundningar till närmaste heltal gjordes för data som presenteras grafiskt.

## 5. Resultat

### 5.1. Tidsåtgång för burens uppfyllnad till 40% syrgaskoncentration enligt burens övervakningssystem och externa mätaren

Vid analys av tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% syrgaskoncentration (K0) till 40% syrgaskoncentration (K1) jämfördes burarnas övervakningssystemens värden mot den externa mätarens värden. Enligt medelvärden nådde Syrgasbur 2 K1 snabbare än Syrgasbur 1. På den vänstra sidan i båda burarna nådde den interna mätaren K1 snabbare än den externa mätaren, medan på den högra sidan av burarna nådde den externa mätaren K1 snabbare än den interna (*Tabell 2*).

*Tabell 2. Medelvärden (m) och standardavvikelse (σ) för tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% till 40%. P1 är burarnas vänstra sida. P2 är burarnas högra sida*

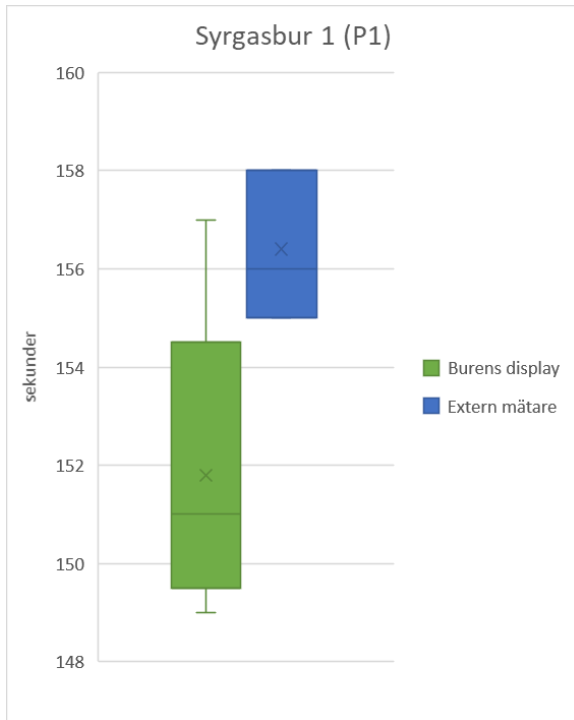
Mätningställe	m (s)	σ
Syrgasbur 1 P1	156.4	1.5165
Syrgasbur 1 intern mätare	151.8	3.1144
Syrgasbur 1 P2	148.6	1.1401
Syrgasbur 1 intern mätare	149.4	0.5477
Syrgasbur 2 P1	134.6	7.4027
Syrgasbur 2 intern mätare	111	0.7071
Syrgasbur 2 P2	108	2.8284
Syrgasbur 2 intern mätare	111.8	1.0954

#### *Syrgasbur 1*

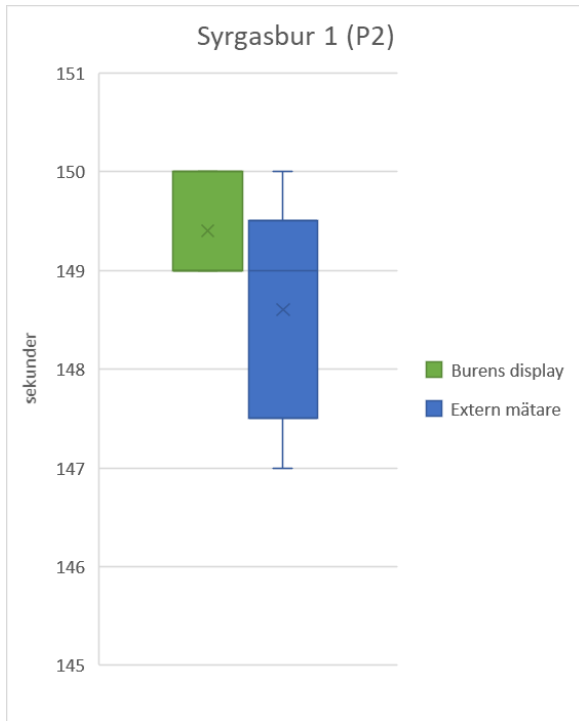
Det fanns en statistiskt signifikant skillnad ( $p=0.0179$ ) mellan burens interna mätare jämfört med den externa mätarens tid för P1. Däremot var skillnaden mellan burens interna mätare och den externa mätarens tid för P2 icke signifikant ( $p=0.195$ ). *Figur 4* och *Figur 5* visar skillnaderna i grafisk form.

#### *Syrgasbur 2*

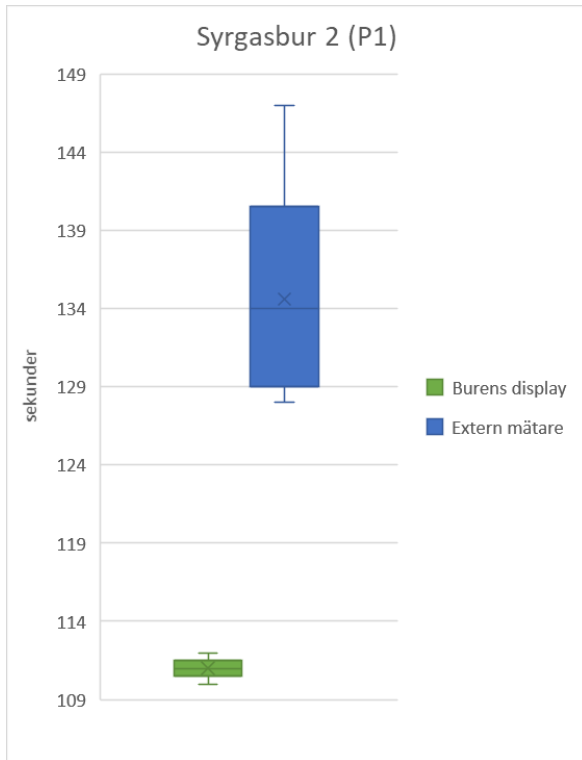
Det fanns statistiskt signifikanta skillnader mellan burens interna mätare jämfört med den externa mätarens tid, både för P1 ( $p=0.0001$ ) och P2 ( $p=0.0231$ ). I *Figur 6* och *Figur 7* visas grafiskt skillnaderna mellan värden.



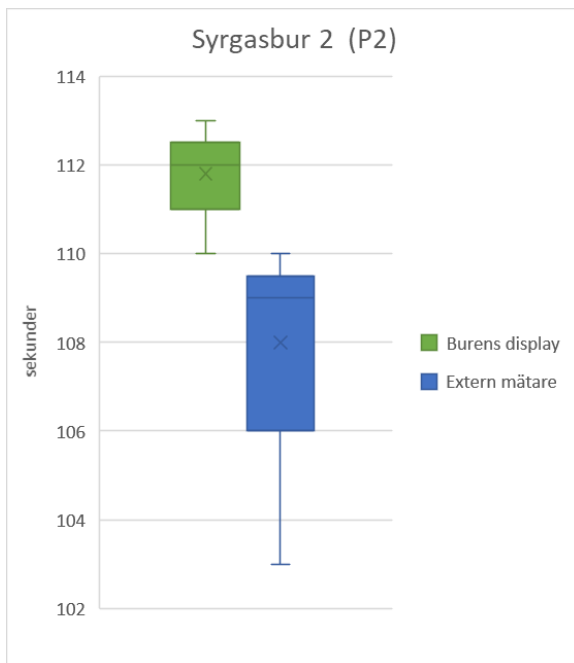
Figur 4. Tidsåtgången för uppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration i Syrgasbur 1, på den vänstra sidan (P1). Grön plott är värden enligt den interna mätaren. Blå plott är värden enligt den externa mätaren



Figur 5. Tidsåtgången för uppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration i Syrgasbur 1, på den högra sidan (P2). Grön plott är värden enligt den interna mätaren. Blå plott är värden enligt den externa mätaren



Figur 6. Tidsåtgången för uppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration i Syrgasbur 2, på den vänstra sidan (P1). Grön plott är värden enligt den interna mätaren. Blå plott är värden enligt den externa mätaren



Figur 7. Tidsåtgången för uppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration i Syrgasbur 2, på den högra sidan (P2). Grön plott är värden enligt den interna mätaren. Blå plott är värden enligt den externa mätaren

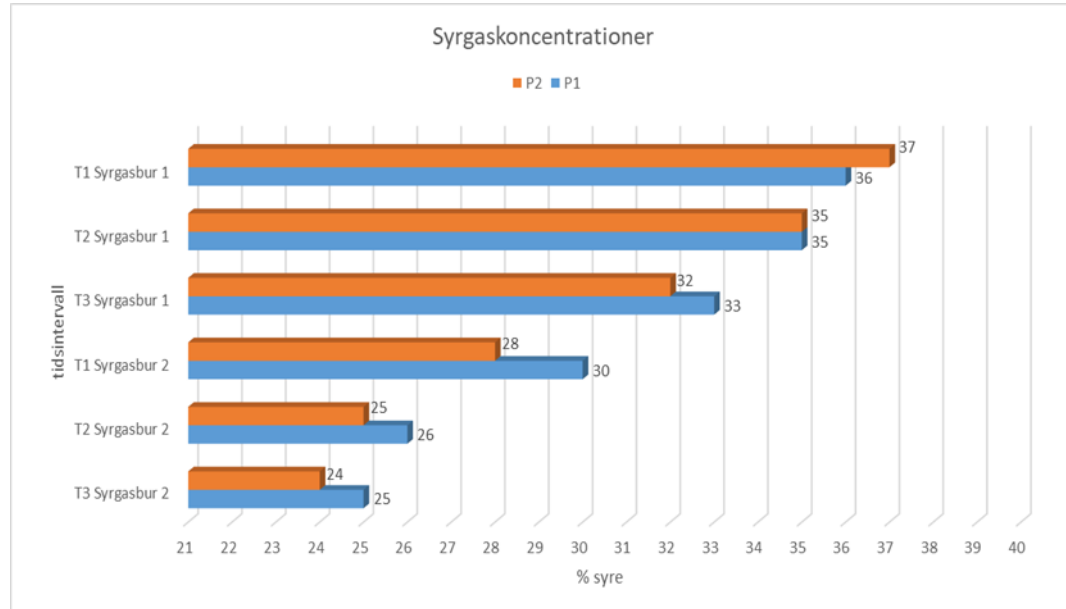


## 5.2. Syrgaskoncentrationen i burarna efter dörröppning

Medelvärden och standardavvikelser räknades för syrgaskoncentrationerna (enligt externa mätaren) på P1 och P2 efter att burens dörr öppnades i tre olika tidsperioder: T1=10 sekunder, T2=20 sekunder, T3=35 sekunder (Tabell 3). Vid varje tidsperiod sjönk syrgaskoncentrationen snabbare i Syrgasbur 2 än i Syrgasbur 1 (Figur 8).

Tabell 3. Medelvärden ( $m$ ) och standardavvikelser ( $\sigma$ ) för syrgaskoncentrationer efter burarnas dörröppning under tre olika tidsperioder (T1, T2, T3), på vänstra sidan (P1) och högra sidan (P2)

Mätningställe	$m$ (%)	$\sigma$
Syrgasbur 1 T1, P1	36.28	0.719
Syrgasbur 1 T1, P2	36.88	0.2167
Syrgasbur 1 T2, P1	34.6	0.5385
Syrgasbur 1 T2, P2	34.78	0.4658
Syrgasbur 1 T3, P1	33.02	0.6058
Syrgasbur 1 T3, P2	32.32	0.5167
Syrgasbur 2 T1, P1	29.76	0.8619
Syrgasbur 2 T1, P2	28.42	1.1777
Syrgasbur 2 T2, P1	25.84	0.6767
Syrgasbur 2 T2, P2	25.38	0.7563
Syrgasbur 2 T3, P1	25.46	0.6188
Syrgasbur 2 T3, P2	24.18	0.2863



Figur 8. Medelvärden för syrgaskoncentrationer efter burarnas dörröppning under tre olika tidsperioder (T1, T2, T3). Orange stapel är burarnas högra sida (P2). Blå stapel är burarnas vänstra sida (P1)

### Syrgasbur 1

Vid jämförelser av syrgaskoncentrationerna på P1 och P2, var skillnaderna statistiskt icke signifikanta efter att burens dörr öppnades i 10 sekunder ( $p=0.1118$ ), i 20 sekunder ( $p=0.5874$ ) och i 35 sekunder ( $p=0.0849$ ).

Se *Bilaga 1* för att jämföra värden på P1 och P2 i Syrgasbur 1.

### Syrgasbur 2

Skillnaderna mellan syrgaskoncentrationerna på P1 och P2, var statistiskt icke signifikanta vid öppnandet av burens dörr i 10 sekunder ( $p=0.0742$ ) och vid öppnandet i 20 sekunder ( $p=0.3405$ ). Däremot var skillnaden statistiskt signifikant vid öppnandet av burens dörr i 35 sekunder ( $p=0.0030$ ). Efter korrigering för multipla jämförelser med Bonferroni-test var signifikansnivån för detta test  $\alpha < 0.0166$ , vilket inte förändrade signifikansen.

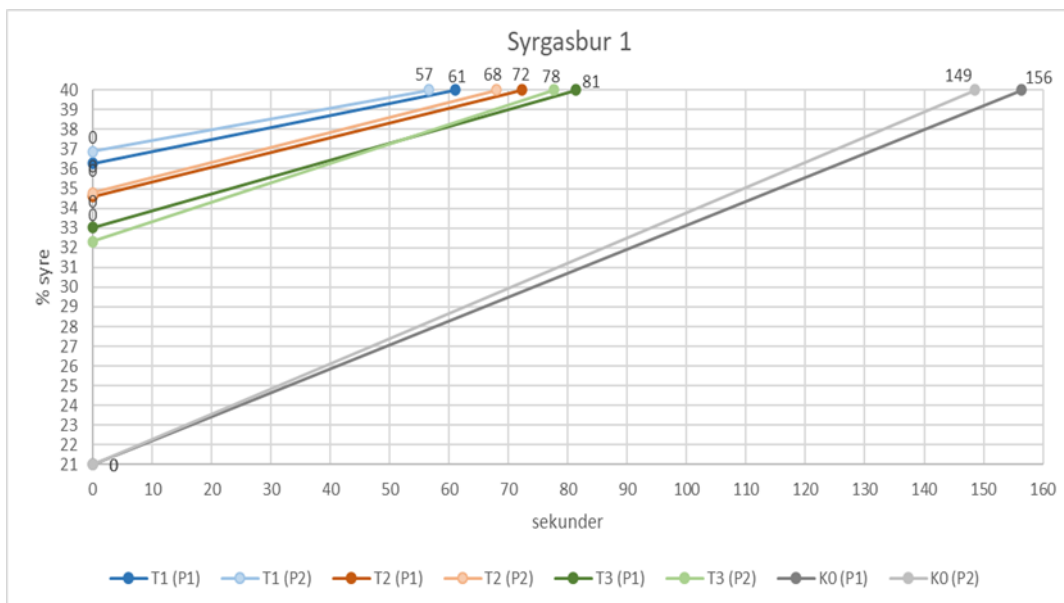
Se *Bilaga 2* för att jämföra värden på P1 och P2 i Syrgasbur 2.

## 5.3. Tidsåtgång för återuppfyllnad till 40% syrgaskoncentration efter burens dörröppning

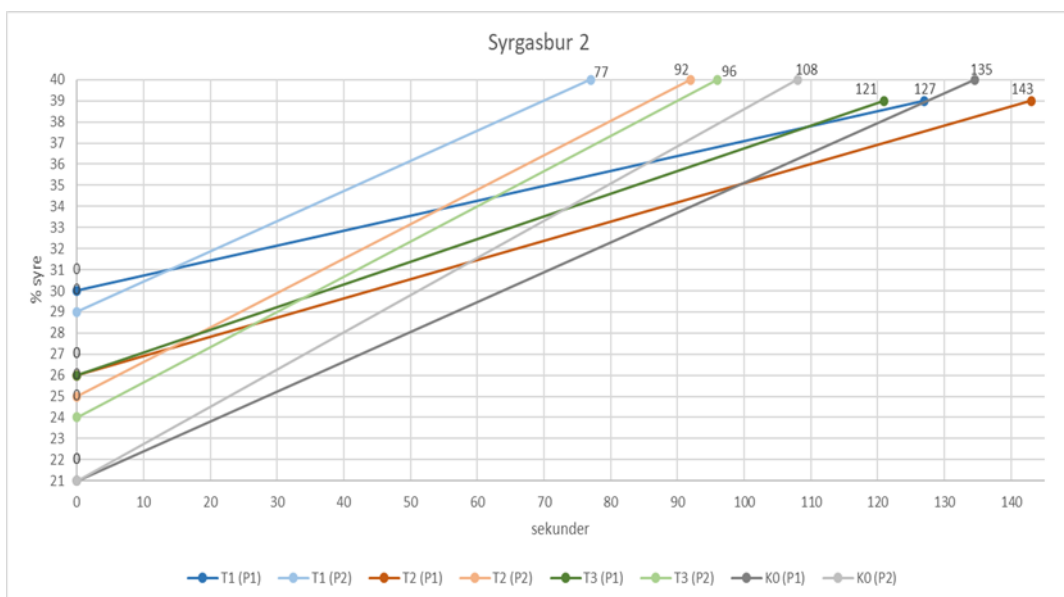
Medelvärden och standardavvikelse räknades för tidsåtgången tills burens syrgaskoncentration återgick till K1/K2 på P1 samt K1 på P2, efter att burens dörr öppnades vid varje tidsperiod. Vid alla tidsperioderna tog det mindre tid för Syrgasbur 1 att åter nå K1 än det tog Syrgasbur 2 (*Tabell 4*). För Syrgasbur 1 var tidsåtgången för buruppfyllnad från K0 tydligt längre än tidsåtgången efter att dörren öppnades (*Figur 9*). För Syrgasbur 2 var skillnaderna mindre tydliga och syret fördelades mycket långsammare till burens vänstra sida (P1) (*Figur 10*).

*Tabell 4. Medelvärden ( $m$ ) och standardavvikelse ( $\sigma$ ) för tidsåtgången för återuppfyllnad till 40% (39% på Syrgasbur 2 vänstra sidan, P1) syrgaskoncentration efter burarnas dörröppning under tre olika tidsperioder (T1, T2, T3), på vänstra sidan (P1) och högra sidan (P2)*

Mätningställe	$m$ (s)	$\sigma$
Syrgasbur 1 T1, P1	61	2.6457
Syrgasbur 1 T1, P2	56.6	3.0066
Syrgasbur 1 T2, P1	72.2	2.9495
Syrgasbur 1 T2, P2	68	3.0822
Syrgasbur 1 T3, P1	81.4	3.0495
Syrgasbur 1 T3, P2	77.6	3.4351
Syrgasbur 2 T1, P1	127.2	20.9212
Syrgasbur 2 T1, P2	77	5.5226
Syrgasbur 2 T2, P1	142.6	27.0148
Syrgasbur 2 T2, P2	91.8	5.0199
Syrgasbur 2 T3, P1	120.6	22.1878
Syrgasbur 2 T3, P2	95.8	5.263



Figur 9. Syrgasbur 1. Tidsåtgången (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% syrgaskoncentration efter burens dörröppning vid varje tidsperiod (T1, T2, T3). Ljusblå, orange och ljusgrön representerar burens högra sida, P2. Mörkblå, brun, mörkgrön representerar burens vänstra sida, P1. Grå linje är tidsåtgången (medelvärden) för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration

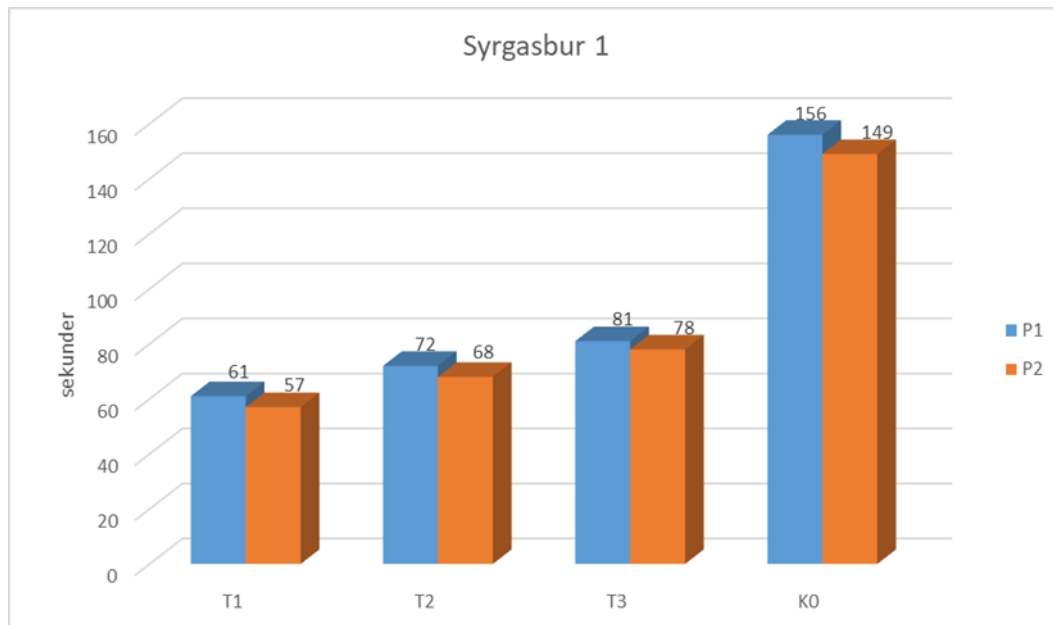


Figur 10. Syrgasbur 2. Tidsåtgången (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% (39% på vänstra sidan) syrgaskoncentration efter burens dörröppning vid varje tidsperiod tidsperiod (T1, T2, T3). Ljusblå, orange och ljusgrön representerar burens högra sida, P2. Mörkblå, brun, mörkgrön representerar burens vänstra sida, P1. Grå linje är tidsåtgången (medelvärden) för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration

Se Bilaga 3 och Bilaga 4 för låddiagram med jämförelser mellan värden på P1 och P2 för varje bur.

### Syrgasbur 1, P2

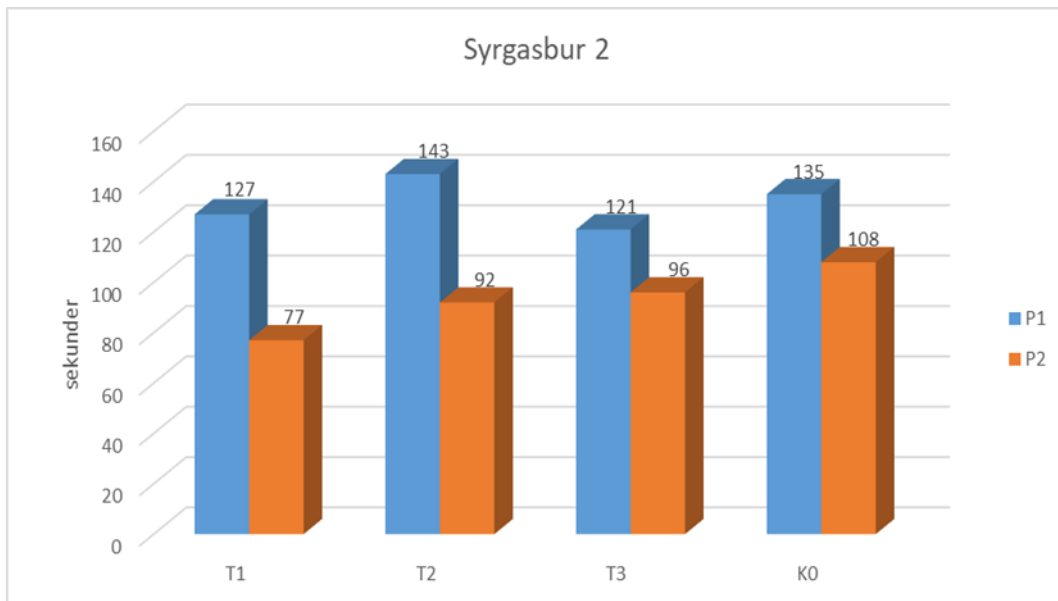
Skillnaden mellan tidsåtgången för buruppfyllnad från K0 och buruppfyllnad efter att burens dörr öppnades (på P2), var statistiskt signifikant vid alla tre tidsperioderna ( $p < 0.0001$ ) (Figur 11). Efter korrigering för multipla jämförelser med Bonferroni-test var signifikansnivån för dessa test  $\alpha < 0.0166$ , vilket inte förändrade signifikanserna.



Figur 11. Syrgasbur 1. Tidsåtgången (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% syrgaskoncentration efter burens dörröppning vid varje tidsperiod (T1, T2, T3). K0 är medelvärden för tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration. Orange stapel är burens högra sida (P2). Blå stapel är burens vänstra sida (P1)

### Syrgasbur 2, P2

Skillnaden mellan tidsåtgången för buruppfyllnad från K0 och buruppfyllnad efter att burens dörr öppnades (på P2), var statistiskt signifikant vid T1 ( $p < 0.0001$ ), T2 ( $p < 0.0001$ ) och T3 ( $p = 0.0020$ ) (Figur 12). Efter korrigering för multipla jämförelser med Bonferroni-test var signifikansnivån för dessa test  $\alpha < 0.0166$ , vilket inte förändrade signifikanserna.

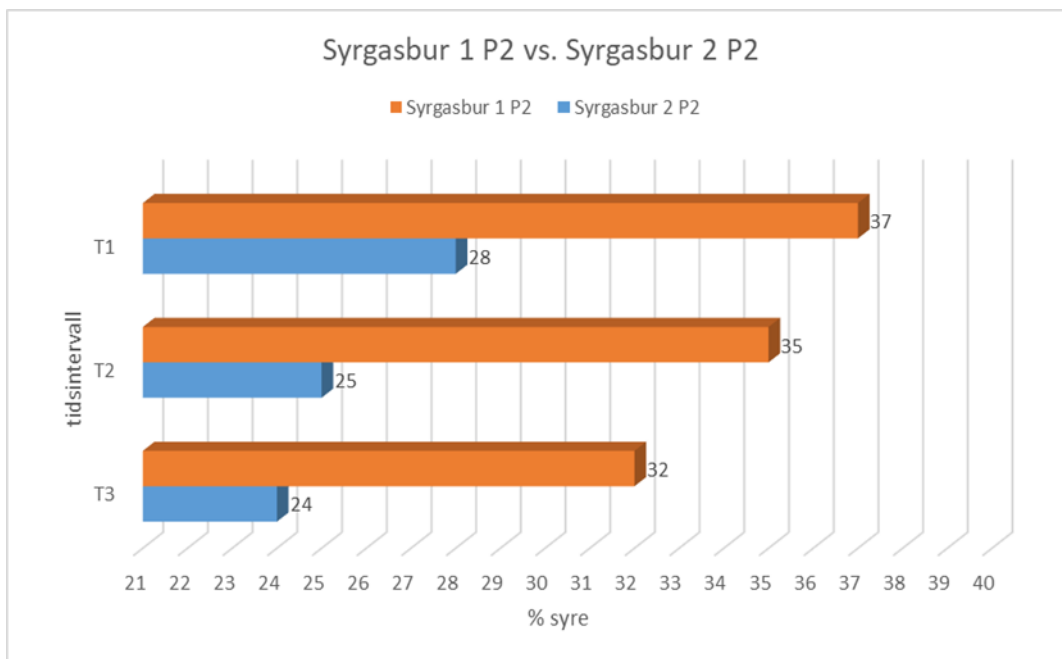


Figur 12. Syrgasbur 2. Tidsåtgången (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% (39% på vänstra sidan) syrgaskoncentration efter burens dörröppning vid varje tidsperiod (T1, T2, T3). K0 är medelvärden för tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration. Orange stapel är burens högra sida (P2). Blå stapel är burens vänstra sida (P1)

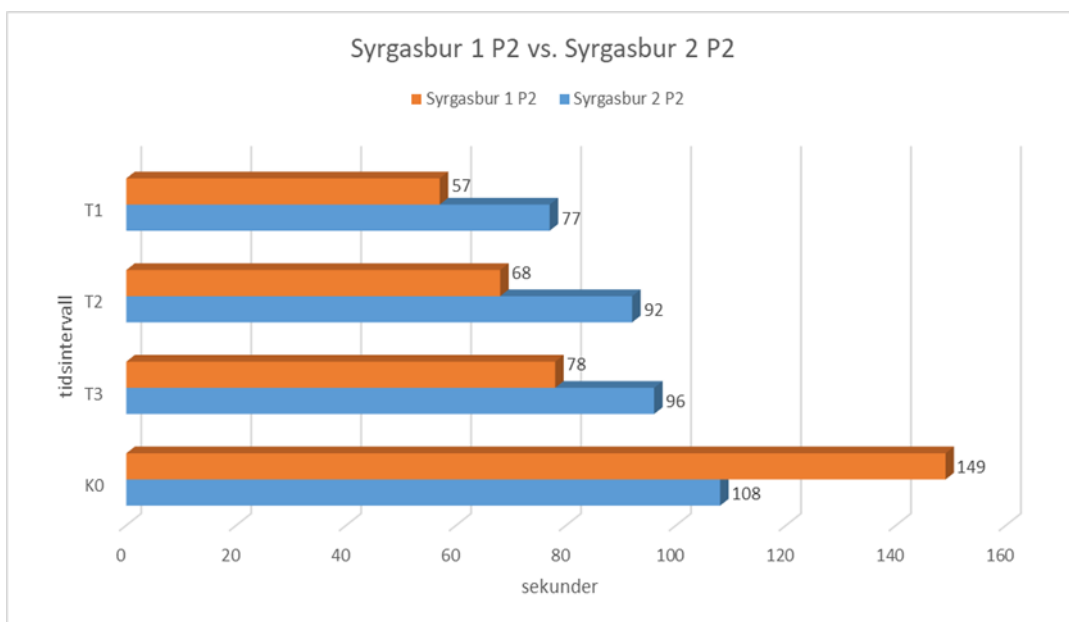
## 5.4. Jämförande av burarnas P2

En statistiskt signifikant skillnad fanns mellan burarna ( $p < 0.0001$ ) vid jämförande av hur mycket syrgaskoncentrationen sjunker på P2 vid öppnandet av burarnas dörrar under alla de 3 olika tidsperioderna (Figur 13). Burarnas P2 jämfördes även angående tidsåtgången för buruppfyllnad från K0 till K1, samt tidsåtgången för återuppfyllnad till K1 efter dörröppning vid varje tidsperiod. Det fanns en statistiskt signifikant skillnad ( $p < 0.0001$ ) mellan burarna (Figur 14).

Efter korrigering för multipla jämförelser med Bonferroni-test var signifikansnivån för dessa test  $\alpha < 0.0166$ , vilket inte förändrade signifikanserna.



Figur 13. Syrgaskoncentrationer (medelvärden) efter burarnas dörröppning i de olika tidsperioderna (T1, T2, T3). Orange stapel är högra sidan i Syrgasbur 1. Blå stapel är högra sidan i Syrgasbur 2



Figur 14. Tidsåtgång (medelvärden) för återuppfyllnad till 40% syrgaskoncentration efter burarnas dörröppning i de olika tidsperioderna (T1, T2, T3). Orange stapel är högra sidan i Syrgasbur 1. Blå stapel är högra sidan i Syrgasbur 2. K0 är medelvärden för tidsåtgången för buruppfyllnad från 21% till 40% syrgaskoncentration

Se Bilaga 5 för låddiagram med jämförelser mellan värden för burarnas P2.

## 5.5. Temperatur och luftfuktighet

Burarnas övervakningssystem visade alltid samma värden som externa mätare för temperatur och luftfuktighet under de olika tillfällen där syrgaskoncentration mättes. *Climate Control* aktiverades aldrig då försöken utfördes utan patienter i syrgasburarna.

## 6. Diskussion

### 6.1. Metoddiskussion

#### 6.1.1. Litteratursökning

Litteraturen utgörs av originalstudier, översiktsartiklar och böcker inom veterinärmedicin. Det finns mycket få publicerade artiklar om syrgasburar och deras miljö därför inkluderades humanstudier samt studier om andra typer av syrgasterapi. Det är osäkert om resultat från humanstudier direkt kan appliceras på smådjur och det kan troligen förekomma artskillnader som påverkar diskussionen av information från litteraturbakgrunden. Det är också osäkert om studier angående olika syrgasterapier direkt kan appliceras på syrgasburar eftersom sätten att leverera syre skiljer sig åt. Det hade varit önskvärt att använda artiklar direkt kopplade till smådjur och syrgasburar men fler studier inom området behövs.

#### 6.1.2. Utrustning i praktiska studien

Den externa syrgasmätarens kalibreringstid testades genom att flyttas från 40% syrgaskoncentration till rumsluft. Det tog ca 7 sekunder för värdet som mätaren visade att sjunka från 40% till 22% och ytterligare 143 sekunder till 21%. Detta ger uppfattningen om att mätaren har något svårt att finjustera vid lägre koncentrationer. Metoden som användes för att undersöka kalibreringstid var bristfällig. För att ytterligare undersöka kalibreringstid kunde mätaren tagits från rumsluft och ställts in i en miljö på 40%. Tiden för mätaren att uppnå 40% hade mätts och sedan jämförts med föregående metod. Om båda dessa mätningar gjorts hade det varit möjligt att se om mätaren visade samma svårigheter att finjustera vid höga syrekoncentrationer som vid låga. Kalibreringstiden användes inte i studien eftersom det ej var praktiskt möjligt då syrekoncentrationen inuti burarna fluktuerade för snabbt.

Endast en extern mätare användes under studien vilket betyder att alla mätningar var separata. P1 och P2 mättes därför ej samtidigt. Eftersom skillnader kan uppstå mellan varje mätning är detta en brist i studien. Flera externa mätare som används samtidigt vore önskvärt då fler platser inuti buren skulle mätts samtidigt och



eventuella skillnader i syrgaskoncentration mellan de olika platserna skulle kunna påvisas.

### *Syrgasburarna*

De syrgasburar som användes i studien var av äldre årsmodell då Syrgasbur 2 köptes in 2011 och Syrgasbur 1 köptes in 2015. Ingen information gällande senaste servicetillfälle fanns tillgängligt. Det är möjligt att burarnas ålder och utebliven service påverkat resultaten i denna studie. Om nyare modeller av syrgasburar hade använts eller om service nyligen ägt rum är det möjligt att resultaten blivit annorlunda. Ytterligare undersöktes endast en bur av vardera fabrikat. Eventuella variationer mellan burar av samma märke och modell har inte undersökts och kan vara en svaghet i studien.

Syrgasen som levererades till syrgasburarna går från en central plats ut till hela djursjukhuset. Det är tänkbart att syret fördelas olika beroende på hur det används i byggnaden. Hur detta påverkar leveransen av syre till syrgasburarna och huruvida detta har en inverkan på resultatet gällande tid bör tas i beaktning. Om syretrycket är minskat till syrgasburen kan det spekuleras att det tar längre tid för buren att fylla upp till den önskade syrgaskoncentrationen.

Studiens begränsningar gjorde det omöjligt att göra försök på syrgasburarna med ineliggande patienter. *Climate Control* kunde inte testas eftersom funktionen är beroende av patienter i utrymmen som påverkar burarnas miljö. Detta insågs efter att studien påbörjades. När det finns ineliggande patienter höjer de temperaturen och luftfuktighetsgraden i utrymmet genom sin metabolism. Buren mäter kontinuerligt förändringarna och slår på ventilationen när de inställda parametrarna överstigs. För att kunna testa *Climate Controls* funktion krävs det försök med djur av olika storlekar som har olika påverkan på miljön. Därmed användes litteraturen i stället för att undersöka betydelsen av miljöfaktorerna som förekommer i syrgasburar. Eftersom studier genomförda på syrgasburar inte kunde hittas, undersöktes betydelsen av faktorer såsom syrgaskoncentration, temperatur, luftfuktighet och ljudföroreningar separat.

### *Syrgasbur 2 P1*

Vid återuppfyllnad av bur efter burens dörr öppnats togs beslutet att använda K2 för Syrgasbur 2. Detta för att när burens egna mätare nått 40% slår den av syretillförseln. Koncentrationen av syre sjunker allteftersom och buren börjar då pumpa in syre igen. Den externa mätaren nådde ej upp till 40% innan syrgastillförseln slogs av och det krävdes att buren pumpade in syre en eller fler gånger för att mätaren skulle nå upp i lämplig procenthalt. Gränsen 39% syrgaskoncentration för P1 bestämdes då det tog den externa mätaren så lång tid att

uppnå 40% att det inte gynnade studien att vänta den tiden. Det tog den externa mätaren runt 2 minuter att uppnå 39% syrgaskoncentration vilket är en tid som skulle vara någorlunda jämförbar med resultaten från burens P2. Den 1% skillnaden bedömdes inte vara kliniskt relevant och värdet 39% användes på P1 för Syrgasbur 2, medan buren var fortsatt inställd på 40%. Trots valet att använda värdet 39% på P1 under tidsperioderna kan stora skillnader fortfarande ses i tiderna för återuppfyllnad, på grund av hur många gånger buren behövde pumpa in syrgas i buren. Dessa resultat kräver därför en försiktig tolkning och är en svaghet i studien. Ett intressant resultat var att samma problem inte sågs när buren skulle uppnå 40% syrgaskoncentration från K0 utan endast efter dörren blivit öppnad. Värdenas opålitlighet på P1 för Syrgasbur 2 ledde till valet att bara använda P2-värden för att jämföra burarna mellan varandra. Vidare studier för att undersöka huruvida syrekoncentrationen hade stabiliserats efter att syrgasburen varit igång under en längre period samt hur små skiftningar i syrgaskoncentration skulle påverka en patient hade varit intressant att se.

## 6.2. Resultatdiskussion

### 6.2.1. Miljön i syrgasburar

#### *Syrgasburar i jämförelse med andra metoder*

Syrgasburarna, som kan nå och bibehålla den önskade syrgaskoncentrationen om de hålls stängda, kan vara fördelaktiga för mindre patienter som är i behov av noninvasiv syrgasterapi (Waddell 2016). Dock innebär en syrgasbur ett begränsat utrymme och det inte alltid möjligt för en patient att använda på grund av deras storlek. Det finns flertalet andra metoder att ta till. En syrgassond eller syrgasgrimpa kan vara alternativa metoder. En syrgassond kan leverera en hög mängd syre och bilaterala katetrar kan användas för ökad komfort utan att behöva minska flöden (Dunphy et al. 2002). I en studie av Jagodich et al. (2020) visade de att syrgasgrimman kunde minska dyspné hos patienter med symtom av övre luftvägsobstruktion. De såg även att syrgasgrimman verkar passande till brakycefala patienters ansiktsform till skillnad från en översiktsartikel av Waddell (2016) som uppger att syrgasgrimman inte kan anpassas väl till de brakycefala patienterna. Individuella skillnader kan alltid förekomma och det är viktigt att kunna anpassa syrgasterapin efter patientens förutsättningar. Eftersom syrgassonden kan vara svår att placera på patienter med korta och trånga näshålor (Waddell 2016), såsom brakycefala patienter, kan syrgasgrimman vara ett alternativ att ha i åtanke. Syrgasgrimman kan också övervägas även när syrgasbur finns tillgänglig då Humm & Kellett-Gregory (2016) uppger att syrgasburarna ökar risken för hypertermi hos brakycefala raser. En fördel med alla dessa metoder är att personal inte behöver hålla i utrustningen såsom i fallen av syrgasmask och flow-by vilket kan göra dem

mer behändiga när personal inte kan avvaras. Kontinuerlig monitorering bör dock ske för att se till att syrgasterapin fungerar efter förväntan.

Flow-by och syrgasmask är möjligen inte lämpade till långtidsbehandling. Det krävs personal som håller utrustningen på plats (så länge patienten inte är liggande) och är ej ekonomiskt fördelaktigt då syre ödslas till omgivande miljö, framförallt vid flow-by (Mazzaferro 2009). Metoderna kan däremot lämpa sig desto bättre till akutsituationer då utrustningen är mycket simpel och det går att sätta i gång snabbt.

På en klinik där en syrgasbur ej finns att tillgå är en enklare lösning att använda sig av en *oxygen hood*. Patel et al. (2016) såg i sin studie en positiv effekt i användning av *oxygen hood* över syrgasmask hos humana patienter med *Acute Respiratory Distress Syndrome*. Något att ha i åtanke är att *oxygen hoods* som används inom humanvården är mer avancerade. *Oxygen hoods* består av en transparent huva som täcker hela patientens huvud med en försegling av gummi runt halsen. Hur mycket veterinärvårdens simplare *oxygen hood* skiljer sig från humanvårdens är inte studerat. I studien av Davidson & Bennett (2004) som gjordes inom humanvården kom de fram till en rekommendation på 30 L/min i syrgasflöde. Skillnader i både storlek och funktion mellan människa och djur gör det svårt att direkt applicera detta resultat inom veterinärvården. Fler studier inom optimala flöden för smådjur behövs.

### *Syrgastoxicitet*

Syrgasburar kan uppnå en hög syrgaskoncentration (Waddell 2016) och risker med för höga syrgaskoncentrationer har observerats. En systematisk granskning och metaanalys som utfördes inom humanvården visade att ett högt  $FiO_2$  kunde orsaka skada och bör därför undvikas om möjligt (Chu et al. 2018). Den praktiska studien visade en skillnad emellan burarnas interna mätare och den externa mätaren under uppfyllnad från K0 till 40% syrgaskoncentration. Den största skillnaden upptäcktes på P1 på Syrgasbur 2 där syret fördelades långsammare och det tog den externa mätaren ca 24 sekunder att nå upp i samma koncentration som den interna mätaren. Denna skillnad är dock inte så omfattande att det inte skulle gå att förlita sig på att studiens båda burars interna mätare visade ett ungefärligt rätt värde under studien. Detta är ett betryggande resultat då personal ej skall behöva oroa sig över falska värden och därmed risken för syrgastoxicitet. Dock bör burarnas interna mätares pålitlighet kontrolleras regelbundet. Ytterligare kan användning av pulsoximetri och arteriella blodgaser för monitorering i samband med syrgasbehandling vara ett sätt förebygga skadliga konsekvenser.

För att kunna undvika syrgastoxicitet är det viktigt att vara medveten om vilka syrgaskoncentrationer som kan vara skadliga. Detta är dock inte helt enkelt. Ett

flertal humana studier har gjorts men på grund av fysiologiska skillnader mellan djur och människa är det möjligt att det ej går att säga vilka syrgaskoncentrationer är skadliga för djur. Samtidigt kan dessa resultat användas som riktlinjer för vidare studier inom veterinärvården. Inom veterinärmedicin har flera översiktsartiklar kopplat syrgastoxicitet till ett PaO<sub>2</sub> över 450 mmHg eller ett FiO<sub>2</sub> på mer än 0.6 under en längre tidsperiod (Mazzaferro 2009; Kallet & Matthay 2013). Flertalet översiktsartiklar refererar också till en studie från 1899 där patologiska effekter av olika koncentrationer av syre undersöktes på möss. Studien visade att mössen inte upplevde några onormala symtom i en genomsnittlig syrekoncentration på 41.6% efter experimentets åtta dagar. När en genomsnittlig syrgaskoncentration på 73.6% användes dog en av två möss efter fyra dagar medan den andra överlevde experimentets åtta dagar. Samma resultat sågs med en genomsnittlig syrgaskoncentration på 79.9% (Smith 1899). Trots att studien påvisar att en hög syrgaskoncentration kan ha en negativ inverkan på ett djurs hälsa är studien mycket gammal och fler uppdaterade studier kring olika syrgaskoncentrationers effekt på smådjur hade varit önskvärdt. Däremot kan nya studier vara svåra att utföra ur ett djuretiskt perspektiv eftersom djuren far illa. Nyttan studierna kan ha för den större djurpopulationen behöver vägas mot lidandet av de få.

#### *Andra miljöaspekter*

Studiens syrgasburars interna mätare för temperatur och luftfuktighets jämfördes med externa mätare på P1 och P2 samtidigt. De visade alltid samma värde som externa mätare, vid inaktiverad *Climate Control*. Enligt Tseng & Drobatz (2004) är syrgasburarnas *Climate Control* ett bra alternativ när en specifik miljötemperatur eftertraktas för vissa patienter, vilket även kan hjälpa de lindrigt hypoterma eller lindrigt hyperterma patienterna att nå normotemperatur. Däremot uppges det att burarna ibland misslyckas bibehålla de inställda parametrarna (Robben & Eveland-Baker 2012). Informationen kunde inte verifieras genom studien i detta arbete och inga studier som undersöker detta hittades. Studier med inläggande patienter krävs för att utforska *Climate Controls* pålitlighet.

Syrgasburarna har också möjlighet att förse en högre luftfuktighet genom att spara på fukten som kommer från patientens andning. I vissa fall kan en bubbelfuktare användas. Beroende på patientens påverkan på miljön i syrgasburen, kan burens sänka eller höja nivån av luftfuktighet när *Climate Control* aktiveras. Det är viktigt att alltid använda *Climate Control* för att undvika risken för hypertermi eller en obekvämlig luftfuktighetsnivå. Patientens andning höjer alltid luftfuktigheten i en bur och ventilationen är därför en viktig komponent i burens design. Högre luftfuktighet innebär en högre temperatur och enligt Lagutchik & Ford (2012) kan en patient raskt gå in i ett allvarligt tillstånd i en miljö med hög luftfuktighet. Dessutom löper patienterna med övre luftvägsproblem betydligt större risk för hypertermi (Humm

& Kellett-Gregory 2016). I studien av Bruchim et al. (2006) var mortaliteten 50% bland hundar med värmeslag. Möjlighet för bra ventilation är därför viktig i patientens bur. För att minimera riskerna bör externa mätare användas för att monitorera temperaturen, luftfuktigheten och CO<sub>2</sub>-nivåerna, något som också rekommenderas i litteraturen. Trots att litteraturen rekommenderar en temperatur på 22°C och en luftfuktighet mellan 40-60% (Camps-Palau et al. 2000; Tseng & Drobatz 2004) kunde inte vetenskapliga studier som visar detta hittas. Dessutom diskuteras inte skillnaderna i olika djurslags behov. Enligt studien av Donaldson et al. (1999) kan lägre miljötemperatur förvärra en försämrad lungfunktion. Studien var utförd på människor med KOL, men på grund av likheterna mellan djurens och människornas lungor kan resultatet anses användbart inom smådjursmedicin. Dock gör avsaknaden av studier som undersöker den optimala miljön för djur i syrgasburar att djurhälsopersonalen behöver reglera miljön i burarna efter egna erfarenheter och observationer.

Enligt Tseng & Drobatz (2004) kan torra slemhinnor, mer trögflytande slem, degeneration av luftvägsepitel, ökad risk för infektion och sämre mukociliär rening ses som följd när syrgas passerar luftvägarna utan att fuktas vid syrgasterapi med syrgasgrimmor på smådjur. Detta stämmer överens med observationerna på människor som Naclerio et al. (2007) diskuterar i sin artikel. I studien av Dellweg et al. (2013) visades det att torr syrgasterapi med syrgasgrimmor signifikant minskar fuktigheten i människornas luftvägar. Trots artskillnaderna kan detta vara användbart för djurhälsopersonalen vid genomförande av syrgasterapi. Det är viktigt att undvika luftvägsinflammation hos en andningspåverkad patient i och med att många syrgasterapimetoder är i direkt behov av funktionella luftvägar för att verka. Inflammation i luftvägarna kan förvärra patientens tillstånd genom en minskning i luftvolymen som andas in och därmed höja risken för hypoxemi. Däremot blir det svårt att dra slutsatser kring hur patientens luftvägar påverkas av låg fuktighet i syrgasburar eftersom syrgas i syrgasburar levereras ut i utrymmet och inte direkt i näshålan. Sierra & King (2015) har kopplat hög luftfuktighet till komplikationer i djurets luftvägar. Författarna uppger att hög luftfuktighet kan öka slemproduktionen i luftvägarna och således höjs risken för obstruktion och hypoxemi som följd (Sierra & King 2015). Luftfuktigheten i syrgasburar bör monitoreras noggrant för att undvika både för höga och för låga nivåer.

I studien av Peixoto et al. (2011) har ljudnivåerna i barnkuvöser visats överstiga WHO:s rekommendationer. Förutom ljudet som skapas av kuvösens maskineri skapas samtidigt eko från patientens muttrande eller andning (Peixoto et al. 2011). Ljud från intensivvårdsavdelningen har också påvisats överstiga rekommendationerna - både i humanvården (Pinheiro et al. 2011) och i veterinärvården (Dornbusch et al. 2020). Resultaten från dessa studier kan

appliceras på syrgasburar som i likhet med kuvöserna har mekanismer som skapar en kakofoni av ljud i utrymmet: maskineri, ventilation, syrgastillförsel, eko. Dessutom kommer en mångfald ljud från avdelningen. Detta kan orsaka ytterligare stress för vissa patienter i syrgasburar som redan är påverkade av sjukdom, vistelsen i en ny miljö och avsaknad av djurägare. Det är därför viktigt att kontinuerligt monitorera patientens beteende och andningsmönster.

## 6.2.2. Praktiska studien

### *Skillnader i syrgaskoncentration*

Skillnader mellan den externa mätaren och burarnas interna mätare under uppfyllnad från K0 påvisades. Det sågs en statistiskt signifikant skillnad hos P1 på Syrgasbur 1 samt både P1 och P2 hos Syrgasbur 2. Betydelsen av detta resultat för den kliniska verksamheten är möjligen ej så markant men det kan ge en ökad förståelse för att syrgaskoncentrationen kan skilja sig åt mellan olika platser inuti buren. Detta demonstreras tydligt i Syrgasbur 2 där 40% syrgaskoncentration nåddes både snabbare (P2) och långsammare (P1) än vad burens interna mätare angav. För att ytterligare demonstrera skillnader i koncentration mellan olika platser inuti buren, och inte bara gentemot burens egna mätare, visade både Syrgasbur 1 och 2 att det tog längre tid för P1 att uppnå samma koncentration som P2 enligt den externa mätaren under alla mätningar. Den minsta tidsskillnaden mellan P1 och P2 var 3 sekunder i Syrgasbur 1 och den längsta var 51 sekunder i Syrgasbur 2. Trots tidsskillnaderna mellan P1 och P2 var skillnaden i syrgaskoncentrationerna inte så omfattande och P1 nådde konsekvent en syrgaskoncentration som översteg 30% när P2 uppnått 40%. I studien av Dunphy et al. (2002) som undersökt  $FiO_2$  och  $PaO_2$  vid behandling med syrgassond på hund, kan det ses att ett  $FiO_2$  på över 30% höjer  $PaO_2$ . Utifrån detta kan det spekuleras att den kliniska relevansen för skillnaderna mellan P1 och P2 i syrgasburarna är relativt låg. Dock kan olika sjukdomstillstånd påverka syrebehovet på olika sätt vilket gör det svårt att dra slutsatser kring vilken syrgaskoncentration som behövs vid behandling för att ha en terapeutisk effekt.

Det är möjligt att syrgaskoncentrationen skiljer sig mer eller mindre mellan andra platser i syrgasburarna än vad resultatet i detta arbete visar. Det finns flera aspekter att bygga vidare på. I en situation där en patient befinner sig i ett hörn av syrgasburen kan risken finnas att patienten ej blir behandlad med önskad mängd syrgas om syrgasen fördelar sig mycket ojämnt. Fortsatt gjordes mätningarna i denna studie endast på en bestämd höjd och möjligheten finns att syrgasfördelningen skiljer sig i ett höjdplan. Även patientens rörelse kan tänkas påverka fördelningen av syre och huruvida rörelsen skulle resultera i en jämnare syrekoncentration i buren hade varit intressant att se i vidare studier.

I litteraturen har det varit mycket omdiskuterat huruvida syrgasburar direkt sjunker till samma koncentration som rumsluft när dörren öppnas (Goulding 2002; Boyle 2012; Reminga & King 2016). Studier som underbygger påståendet saknas. Till skillnad från litteraturen visar resultatet av denna studie att det antagandet inte stämmer. Det var möjligt att öppna de syrgasburar som undersökts i denna studie under korta stunder utan att förlora all syrgas. Dock skilde sig detta åt emellan burarna och det kan diskuteras huruvida utformning och årsmodell hade en inverkan på resultaten. Studien visade att dörren till Syrgasbur 1 kunde öppnas i upp till 35 sekunder utan att syrgaskoncentrationen sjönk under 30%. Syrgasbur 2 kunde öppnas i upp till 10 sekunder och syrgaskoncentrationen låg på ungefär 30%. Efter öppning i 20 sekunder och 35 sekunder var syrekoncentrationen mycket närmare 21% i Syrgasbur 2. I studien av Dunphy et al. (2002) som undersökte syrgassond på hund, visade de att ett högre  $FiO_2$  är kopplat till ett högre  $PaO_2$ . I rumsluft var  $FiO_2$  20.2% och  $PaO_2$  i genomsnitt 89.0. När en unilateral syrgassond användes med ett flöde på 50mL/kg/min var  $FiO_2$  i genomsnitt 29.8% och  $PaO_2$  i genomsnitt 146.6. Detta stämmer överens med en översiktsartikel (Burrows 1981) som hävdar att en syrgaskoncentration på minst 30% är nog för att behandla hypoxi. Om detta resultat appliceras inom studien i detta arbete kan ett  $FiO_2$  på 30% ha en positiv inverkan på en patients  $PaO_2$ . Därför bör öppnandet av syrgasburens dörr under en kort stund inte medföra alltför stora konsekvenser. Dock kan behovet av mängden kompletterande syre skilja sig mellan olika patienter och vidare studier angående anpassade syrgasnivåer beroende på sjukdomstillstånd behövs.

Syrekoncentrationen visade sig sjunka snabbare i en av burarna och anledningen till det kan möjligen bero på att de två burarna som användes i studien var konstruerade på olika sätt. Syrgasbur 2 hade endast en dörr som tog upp hela främre delen av buren och var något större än Syrgasbur 1. På Syrgasbur 1 var den främre delen av buren uppdelad i två dörrar som kunde öppnas var för sig. Under studien öppnades endast en av dessa dörrar. Huruvida utformningen av buren hade inverkan på burens förmåga att bibehålla sin syrgaskoncentration är inte studerat, men då det sågs en större förlust av syrgas i Syrgasbur 2 kan det argumenteras för att så är fallet. Eftersom syrgasutfarten var lokaliserad på en kortsida i båda burarna kan även detta haft en inverkan på syrefördelningen inuti buren. Det kan spekuleras kring om detta var orsaken till att en burhalva nådde önskad syrgaskoncentration snabbare än den andra.

#### *För- och nackdelar med att starta upp syrgasburen inför mottagandet av patient*

En fråga som diskuterats är huruvida det är fördelaktigt att starta upp en syrgasbur innan en patients ankomst. Enligt resultaten av denna studie fyller de två undersökta burarna på med syrgas relativt snabbt, Syrgasbur 2 ca 2 minuter och Syrgasbur 1 ca 2,5 minuter. När dörren sedan öppnas sjunker syrekoncentrationen men den är

fortsatt högre än rumsluft. Detta bidrar till en kortare tid för buren att återigen fyllas med 40% syrgaskoncentration då buren ej behöver börja om från K0. Detta kan ses på Syrgasbur 1 och för P2 hos Syrgasbur 2. Resultaten på P1 för Syrgasbur 2 var mycket varierande och tiden för att fylla upp buren efter dörren öppnats var på P1 mycket lik tiden att fylla buren från K0. Men som tidigare diskuterats var syrekoncentrationen mycket skiftande på P1 för Syrgasbur 2 och tolkning av dessa resultat bör ske med försiktighet.

Tiden som tjänades in genom att ha förfyllt buren var högst under T1. För att jämföra de båda burarna på P2, tjänade Syrgasbur 1 in 97 sekunder och Syrgasbur 2 tjänade in 31 sekunder. Till skillnad från T3 där Syrgasbur 1 tjänade in 71 sekunder och Syrgasbur 2 tjänade in 12 sekunder. Om patienten endast skall sättas in snabbt och inga andra åtgärder behöver göras i samband såsom att koppla dropp, kan det löna sig att ha förfyllt de båda burarna ett par minuter innan patientens ankomst. Däremot om dörren till syrgasburen behöver stå öppen en längre stund kan det vara onödigt att förfylla Syrgasbur 2. För Syrgasbur 1 som tar lite längre tid att fylla upp till 40% syrgaskoncentration kan det löna sig då det kortar ner tiden med över en minut även när dörren varit öppen i 35 sekunder. När en patient sätts in i en förfylld bur förkortas tiden där syrgaskoncentrationen är under 30% vilket är den gräns som enligt Burrows (1981) behövs för att uppnå en terapeutisk effekt. Avsaknaden av andra studier som undersöker sådana aspekter gör det svårt för denna studie att analysera resultaten i ett mer omfattande perspektiv.

Syrgasburarna är en stor investering och förutom deras kostnad är syrgasförbrukningen hög enligt flera översiktsartiklar (Tseng & Drobotz 2004; Waddell 2016). Från ett hållbarhetsperspektiv bör därför personalen ta ansvar för när och hur syrgasburarna används. Eftersom syrgastillförseln stängs av automatiskt när den interna mätaren anger den inställda syrekoncentrationen kommer syrgaskoncentrationen sedan sjunka till dess att den når en inställd minimigräns, innan syrgastillförseln återigen slås på. I denna studie undersöktes inte hur väl burarna höll 40% syrgaskoncentration när buren var stängd och inga konkreta studier gällande detta kunde hittas. Det kan därför vara svårt att uttala sig om vilken ekonomisk förlust det förbrukade syret innebär samt om hur den miljömässiga hållbarheten påverkas. Mer forskning inom ämnet är önskvärt för att öka effektiviteten i användandet av syrgasburar.

Syrgasburarnas användning bidrar också till ökade ljudföroreningar. Situationen där syrgastillförseln behövs slås på med jämna mellanrum för att bibehålla 40% syrgaskoncentration kan ge en negativ inverkan genom en ökad ljudnivå för både personal och patienter. Som tidigare diskuterats överstiger ljudnivåerna på en intensivvårdsavdelning rekommendationerna från WHO (Dornbusch et al. 2020). Med tanke på detta bör användningen av syrgasburen utan patient närvarande



minskas vilket gör förfyllning av bur innan patientens ankomst till en nackdel. Samtidigt förkortar den förfyllda burens tiden patienten som ska behandlas i syrgasburen utsätts för oväsen. Det kan vara positivt för den andningspåverkade patienten eftersom ljudnivåerna inuti burarna också misstänks överstiga de rekommenderade nivåerna, enligt tidigare diskussion. Stress bör undvikas hos patienter med dyspné (Reineke 2015) och trots avsaknaden av studier som undersöker stressnivåer för patienter i syrgasburar, är det fördelaktigt för djurhälsopersonalen att jobba i förebyggande syfte.

## 7. Konklusion

Syrgasburarna används ofta för att behandla andningspåverkade patienter med fördelar såsom möjligheten att administrera syrgas med minimal patienthantering och möjligheten att reglera miljön i buren. Dock saknas studier som visar vad den optimala miljön är. Enligt vissa översiktsartiklar kan en termoneutralmiljö och luftfuktighet mellan 40-60% stödja metabolismen och luftvägarnas funktion. Samtidigt diskuteras inte skillnaderna mellan olika djurslag. På grund av bristen på vetenskapliga studier inom området kan den vetenskapliga evidensen för betydelsen av miljöns temperatur och luftfuktighet, samt för olika syrgasterapimetodernas effektivitet anses låg inom veterinärmedicinen.

Syrgasburarna är inte en riskfri administrationsmetod och nackdelar som felaktig miljö eller obekväma ljudnivåer har diskuterats. En annan nackdel som förekommer i litteraturen är att den önskade syrgaskoncentrationen omedelbart sjunker när dörren till syrgasburen öppnas. Vid undersökning av två olika fabrikat av syrgasburar har den praktiska studien i detta arbete visat att syrgaskoncentrationen i burarna inte sjunker direkt till rummets syrgaskoncentration när burarnas dörrar öppnas. En av burarna i studien behöll över 30% syrgas efter att dörren var öppen i 35 sekunder. I den andra buren sjönk syrgaskoncentrationen under 30% redan efter 10 sekunder. Det verkar alltså som att burarnas olika design kan spela roll för hur snabbt syrgaskoncentrationen sjunker, men personalen kan fortfarande öppna syrgasburarna utan att riskera förlora all syrgas.

Resultatet visar att båda burarna i studien kan uppnå 40% syrgaskoncentration på mindre än 3 minuter. Trots statistiskt signifikanta skillnader mellan burarnas interna mätare och externa mätare, ansågs skillnaderna ha mindre klinisk relevans då de låg på mindre än en halv minut. Inga skillnader förekom mellan burarnas interna mätare för temperatur och luftfuktighet jämfört med externa mätare. Angående tiden det tar för syrgasburarna att åter nå den önskade syrgaskoncentrationen efter att burarnas dörrar har öppnats, har studien visat att hos vissa fabrikat tar det betydligt mindre tid än att fylla upp burarna från rumsluftnivå. Att starta upp syrgasburen inför patientmottagande kan därför vara fördelaktigt. Dock kan detta vara mindre effektivt från ett ekonomiskt och hållbarhetsperspektiv.

Vidare forskning skulle hjälpa djurhälsopersonal att ta bättre informerade beslut vid val mellan olika metoder av syrgasterapi och samtidigt använda syrgasburarna mer effektivt.

## Referenser

- Arundel, A.V., Sterling, E.M. & Biggin, J.H. (1986). Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environmental Health Perspectives*, 65, 351–361. <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/pdf/10.1289/ehp.8665351>
- Boyle, J. (2012). Oxygen Therapy. I: Creedon, J.M.B. & Davis, H. (red.) *Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 263–273.
- Bruchim, Y., Klement, E., Saragusty, J., Finkelstein, E., Kass, P. & Aroch, I. (2006). Heat Stroke in Dogs: A Retrospective Study of 54 Cases (1999–2004) and Analysis of Risk Factors for Death. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20 (1), 38–46. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2006.tb02821.x>
- Burrows, C.F. (1981). Veterinary intensive care. *Journal of Small Animal Practice*, 22 (5), 231–252. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1981.tb00605.x>
- Camps-Palau, M., Marks, S. & Cornick, J. (2000). Small animal oxygen therapy. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian*, 21 (7), 587–598
- Chu, D.K., Kim, L.H.-Y., Young, P.J., Zamiri, N., Almenawer, S.A., Jaeschke, R., Szczeklik, W., Schünemann, H.J., Neary, J.D. & Alhazzani, W. (2018). Mortality and morbidity in acutely ill adults treated with liberal versus conservative oxygen therapy (IOTA): a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 391 (10131), 1693–1705. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30479-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30479-3)
- Court, M.H., Dodman, N.H. & Seeler, D.C. (1985). Inhalation Therapy : Oxygen Administration, Humidification, and Aerosol Therapy. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 15 (5), 1041–1059. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(85\)50109-6](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(85)50109-6)
- Davidson, G. & Bennett, M. (2004). Effect of oxygen flow on inspired oxygen and carbon dioxide concentrations and patient comfort in the Amron™ oxygen hood. *South Pacific Underwater Medicine Society Journal*, 34 (2), 68–74 <https://www.researchgate.net/publication/223131726>
- Dellweg, D., Wenzel, M., Hoehn, E. & Bourgund, O. (2013). Humidification of Inspired Oxygen Is Increased With Pre-nasal Cannula, Compared to Intranasal Cannula. *Respiratory care*, 58 (8), 1323–1328. <https://doi.org/10.4187/respcare.02215>
- Donaldson, G.C., Seemungal, T., Jeffries, D. j & Wedzicha, J. a (1999). Effect of temperature on lung function and symptoms in chronic obstructive pulmonary disease. *European Respiratory Journal*, 13 (4), 844. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3003.1999.13d25.x>
- Dornbusch, J., Boston, S. & Colee, J. (2020). Noise levels in an academic veterinary intensive care unit. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 30 (6), 632–637. <https://doi.org/10.1111/vec.12997>
- Dunphy, E.D., Mann, F.A., Dodam, J.R., Branson, K.R., Wagner-Mann, C.C., Johnson, P.A. & Brady, M.A. (2002). Comparison of unilateral versus bilateral nasal catheters for oxygen administration in dogs. *Journal of*

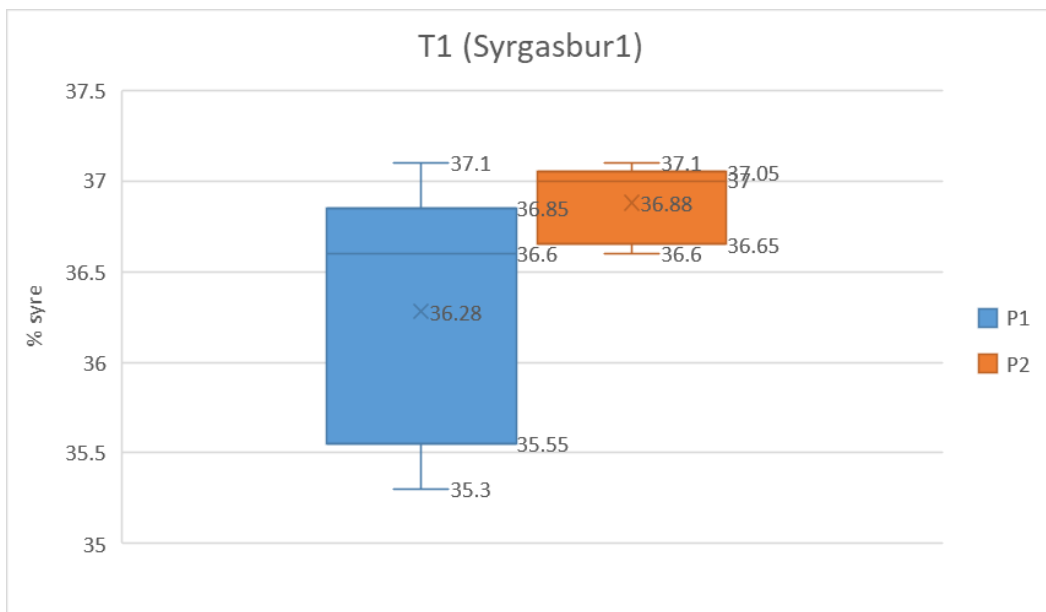
- Veterinary Emergency and Critical Care*, 12 (4), 245–251. <https://doi.org/10.1046/j.1435-6935.2002.t01-1-00049.x>
- Fonfara, S., de la Heras Alegret, L., German, A.J., Blackwood, L., Dukes-McEwan, J., M. Noble, P.-J. & Burrow, R.D. (2011). Underlying diseases in dogs referred to a veterinary teaching hospital because of dyspnea: 229 cases (2003–2007). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 239 (9), 1219–1224. <https://doi.org/10.2460/javma.239.9.1219>
- Goulding, C. (2002). Breath of life: Oxygen therapy. *Veterinary Nursing Journal*, 17 (4), 137-140. <https://doi.org/10.1080/17415349.2002.11013200>
- Hemmelgarn, C. & Gannon, K. (2013). Heatstroke: Thermoregulation, Pathophysiology, and Predisposing Factors. *Emergency Medicine Compendium*, 35 (7). <https://www.vetfolio.com/learn/article/heatstroke-thermoregulation-pathophysiology-and-predisposing-factors>
- Humm, K. & Kellett-Gregory, L. (2016). Monitoring small animal patients in the intensive care unit. *In Practice*, 38 (S4), 12–17. <https://doi.org/10.1136/inp.i5503>
- Jagodich, T.A., Bersenas, A.M.E., Bateman, S.W. & Kerr, C.L. (2020). Preliminary evaluation of the use of high-flow nasal cannula oxygen therapy during recovery from general anesthesia in dogs with obstructive upper airway breathing. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 30 (4), 487–492. <https://doi.org/10.1111/vec.12971>
- Kallet, R.H. & Matthay, M.A. (2013). Hyperoxic Acute Lung Injury. *Respiratory Care*, 58 (1), 123–141. <https://doi.org/10.4187/respcare.01963>
- Lagutchik, M.S. (2002). Fever in the ICU patient. I: Raffe, M. & Wingfield, W. (red.) *The veterinary ICU book*. Teron NewMedia
- Mazzaferro, E.M. (2009). Chapter 19 - Oxygen Therapy. I: Silverstein, D.C. & Hopper, K. (red.) *Small Animal Critical Care Medicine*. Saint Louis: W.B. Saunders, 78–81. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-2591-7.10019-0>
- Mazzaferro, E.M. (2015). Chapter 14 - Oxygen Therapy. I: Silverstein, D.C. (red.) *Small animal critical care medicine*. Second edition. Saint Louis, Missouri: W.B. Saunders. 77–80. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-0306-7.00014-3>
- Miller, M.D. & Smarick, S.D. (2012). The small animal emergency room. I: Creedon, J.M.B. & Davis, H. (red.) *Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 11–23
- Mosing, M. (2016). General principles of perioperative care. I: Duke-Novakovski, T., de Vries, M. & Seymour, C. (red.). *BSAVA manual of canine and feline anaesthesia and analgesia*. Third edition. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association. 21.
- Murphy, M.L., Hodgson, D.S. & Bello, N.M. (2020). Accuracy of oxygen delivery through bubble humidifiers and nasal catheters. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 47 (3), 356–367. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2020.01.004>
- Naclerio, R.M., Pinto, J., Assanasen, P. & Barody, F.M. (2007). Observations on the ability of the nose to warm and humidify inspired air. *Rhinology*, 45 (2), 102-111 [http://www.rcot.org/pdf/Observations\\_on\\_the\\_ability.pdf](http://www.rcot.org/pdf/Observations_on_the_ability.pdf)
- Orton, E.C. (2002). Respiratory System. I: Raffe, M. & Wingfield, W. (red.) *The Veterinary ICU Book*. Jackson Hole, Wyoming: Teron NewMedia, 281–297
- Patel, B.K., Wolfe, K.S., Pohlman, A.S., Hall, J.B. & Kress, J.P. (2016). Effect of Noninvasive Ventilation Delivered by Helmet vs Face Mask on the Rate of Endotracheal Intubation in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 315 (22), 2435. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.6338>
- Peixoto, P.V., Balbino, F.S., Eliana Moreira Pinheiro, V.C. & Kakehashi, T.Y. (2011). Internal noise levels in neonatal intensive care unit incubators. *Acta*

- Paulista De Enfermagem*, 24 (3), 359–364. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002011000300009>
- Pinheiro, E.M., Guinsburg, R., Nabuco, M.A. de A. & Kakehashi, T.Y. (2011). Noise at the Neonatal Intensive Care Unit and inside the incubator. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 19 (5), 1214–1221. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692011000500020>
- Reineke, E.L. (2015). Evaluation and triage of the critically ill patient. I: Silverstein, D.C. (red.) *Small animal critical care medicine*. Saint Louis, Missouri: Elsevier, 1–5
- Reminga, C. & King, L.G. (2016). Oxygenation and ventilation. I: Kirby, R. & Linklater, A. (red.) *Monitoring and Intervention for the Critically Ill Small Animal: The Rule Of 20*. Blackwell: John Wiley & Sons, Incorporated, 109–136
- Robben, J.H. & Eveland-Baker, J.A. (2012). ICU design. I: Creedon, J.M.B. & Davis, H. (red.) *Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 24–47
- Sierra, L.K. & King, L.G. (2015). Artificial airway management. *Advanced monitoring and procedures for small animal emergency and critical care*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 318–340
- Sigrist, N.E., Adamik, K.N., Doherr, M.G. & Spreng, D.E. (2011). Evaluation of respiratory parameters at presentation as clinical indicators of the respiratory localization in dogs and cats with respiratory distress. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 21 (1), 13–23. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2010.00589.x>
- Sjaastad, Ø.V., Hove, K. & Sand, O. (red.) (2016). *Physiology of domestic animals*. Third edition. Oslo: Scandinavian Veterinary Press. 526–545
- Smith, J.L. (1899). The pathological effects due to increase of oxygen tension in the air breathed. *The Journal of Physiology*, 24 (1), 19–35. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1516623/> [2021-04-20]
- Sumner, C. & Rozanski, E. (2013). Management of Respiratory Emergencies in Small Animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 43 (4), 799–815. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.03.005>
- Tseng, L.W. & Drobatz, K.J. (2004). Chapter 29 - Oxygen Supplementation and Humidification. I: King, L.G. (red.) *Textbook of Respiratory Disease in Dogs and Cats*. Saint Louis: W.B. Saunders, 205–213. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-8706-3.50033-5>
- Tseng, L.W. & Waddell, L.S. (2000). Approach to the patient in respiratory distress. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 15 (2), 53–62. <https://doi.org/10.1053/svms.2000.6805>
- Waddell, L.S. (2016). Oxygen Therapy. *CliniciansBrief.com*. 43–48. [https://files.brief.vet/migration/article/29316/ask\\_oxygen-therapy-29316-article.pdf](https://files.brief.vet/migration/article/29316/ask_oxygen-therapy-29316-article.pdf)
- Wehausen, C. (2016). Temperature. I: Kirby, R. & Linklater, A. (red.) *Monitoring and Intervention for the Critically Ill Small Animal: The Rule Of 20*. Blackwell: John Wiley & Sons, Incorporated, 303–318
- Wong, A.M., Uquillas, E., Hall, E., Dart, C.M. & Dart, A.J. (2019). Comparison of the effect of oxygen supplementation using flow-by or a face mask on the partial pressure of arterial oxygen in sedated dogs. *New Zealand Veterinary Journal*, 67 (1), 36–39. <https://doi.org/10.1080/00480169.2018.1528903>
- WHO (1999). Guidelines for community noise. (WHO document, April 1999). Geneva: World Health Organisation. <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf>

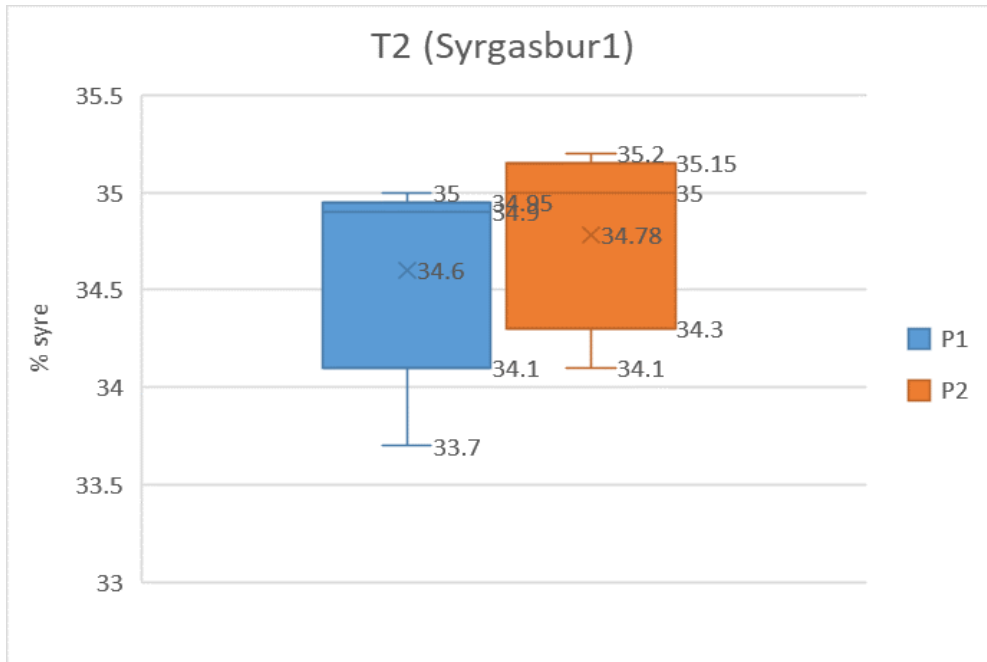
# Tack

Vi vill rikta ett stort tack till personalen på intensivvårdsavdelningen för att vi fick utföra vår studie hos dem samt till Kristoffer Dreimanis för hans bidrag till den praktiska studien. Vi vill också tacka vår handledare Sara Oltegen för hennes fantastiska engagemang och insiktsfulla kommentarer. Sist men inte minst tackar vi skrivgruppen för stöd i skrivandet.

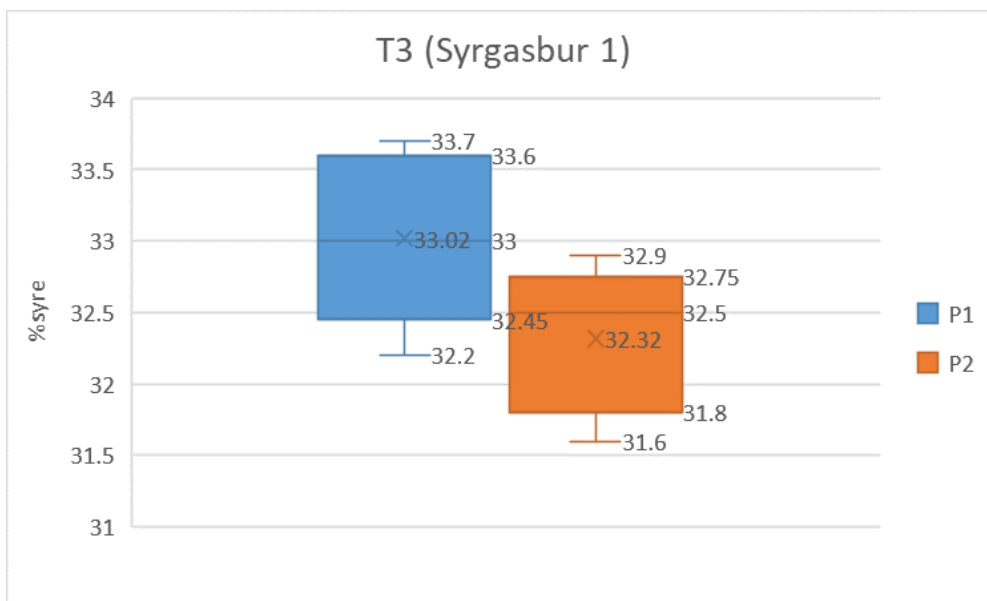
# Bilaga 1. Jämförelser mellan P1 och P2 i Syrgasbur 1 angående syrgaskoncentrationerna efter burens dörröppning i olika tidsperioder



*Syrgaskoncentrationen i Syrgasbur 1 efter dörröppning i 10 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.*



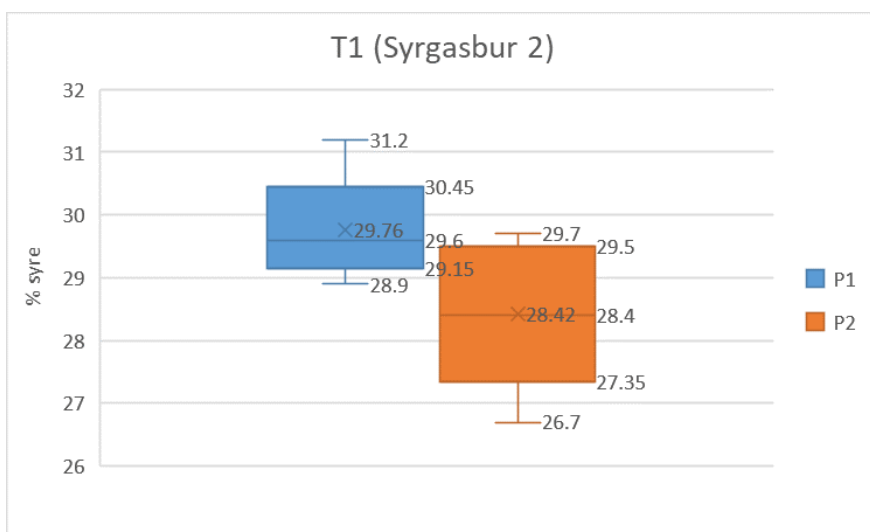
Syrgaskoncentrationen i Syrgasbur 1 efter dörröppning i 20 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.



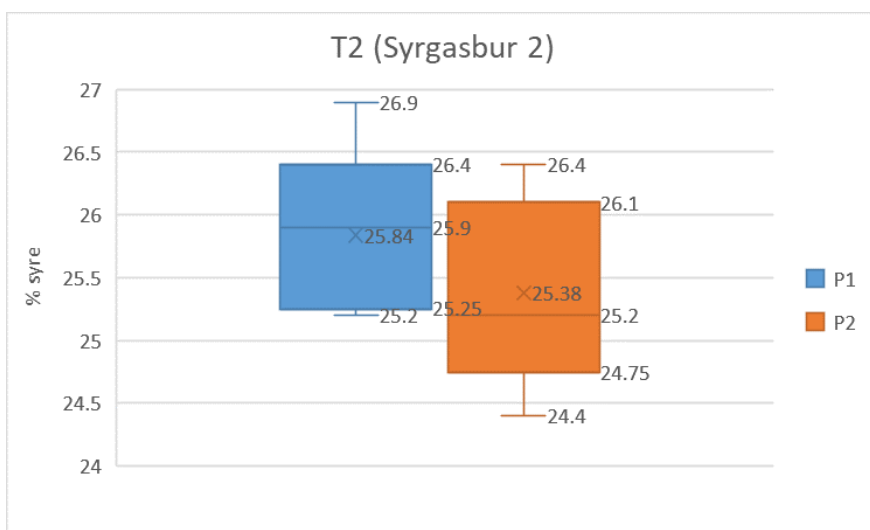
Syrgaskoncentrationen i Syrgasbur 1 efter dörröppning i 35 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.



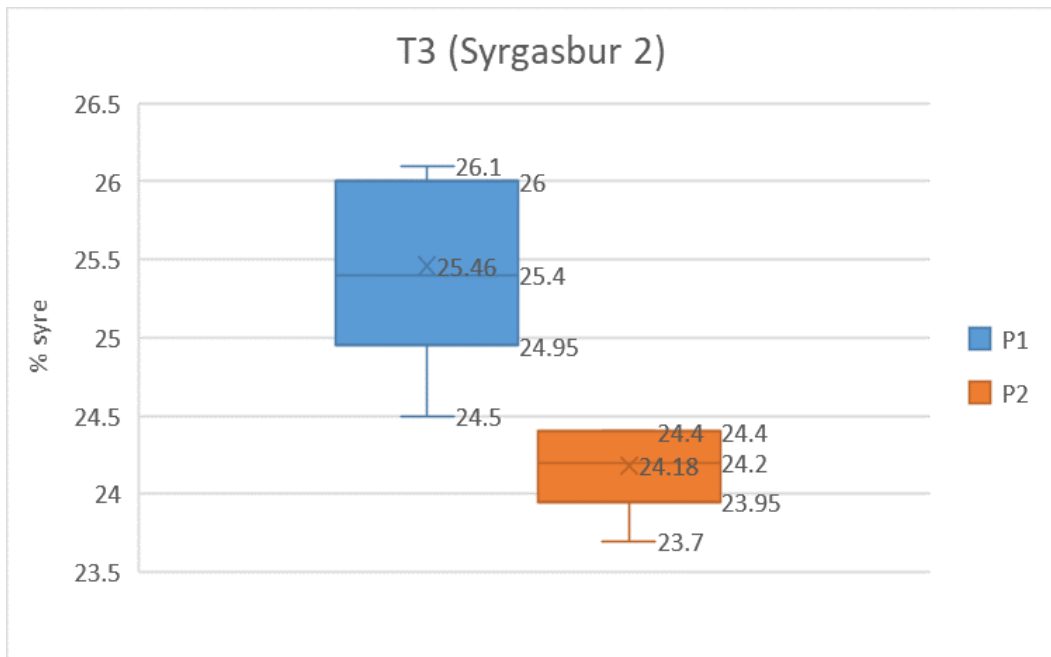
## Bilaga 2. Jämförelser mellan P1 och P2 i Syrgasbur 2 angående syrgaskoncentrationerna efter burens dörröppning i olika tidsperioder



Syrgaskoncentrationen i Syrgasbur 2 efter dörröppning i 10 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.

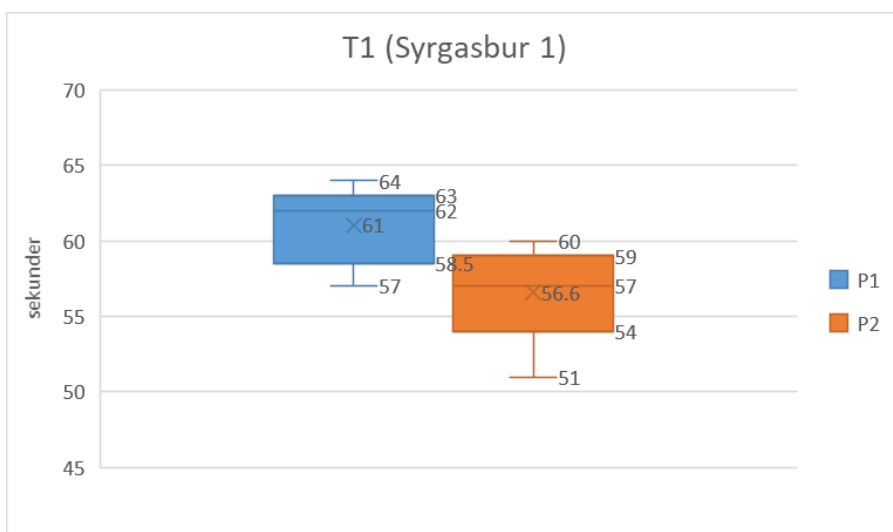


Syrgaskoncentrationen i Syrgasbur 2 efter dörröppning i 20 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.

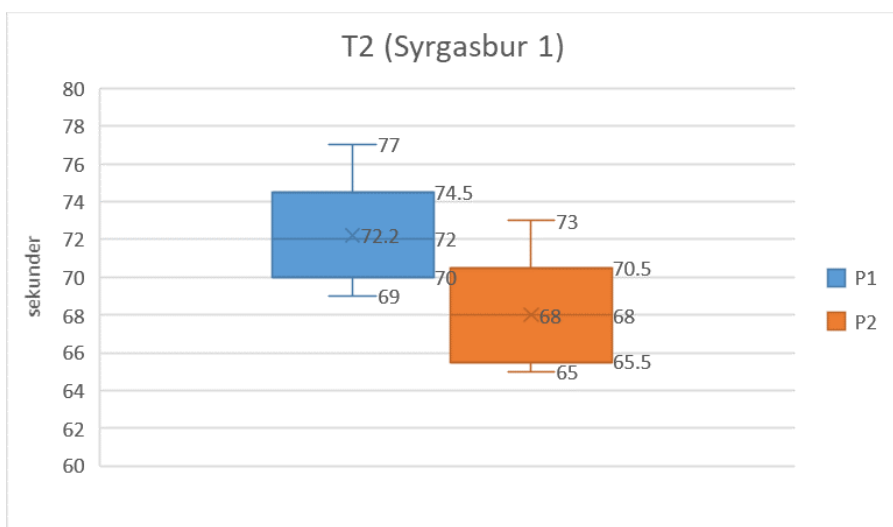


Syrgaskoncentrationen i Syrgasbur 2 efter dörröppning i 35 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.

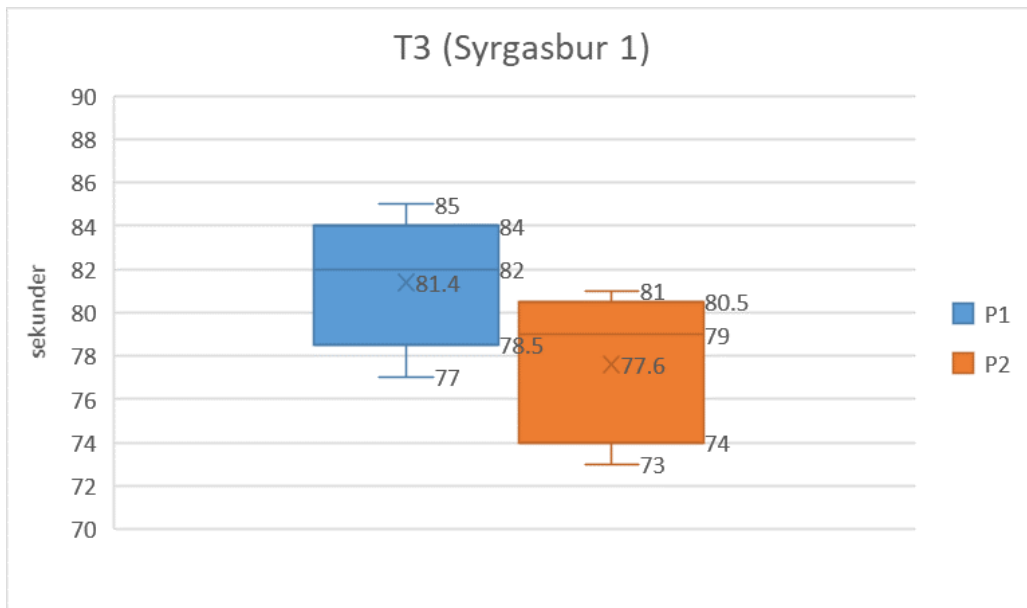
### Bilaga 3. Jämförelser mellan P1 och P2 i Syrgasbur 1 angående tidsåtgång för återuppfyllnad efter burens dörröppning i olika tidsperioder



Tidsåtgången till 40% syre i Syrgasbur 1 efter dörröppning i 10 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.

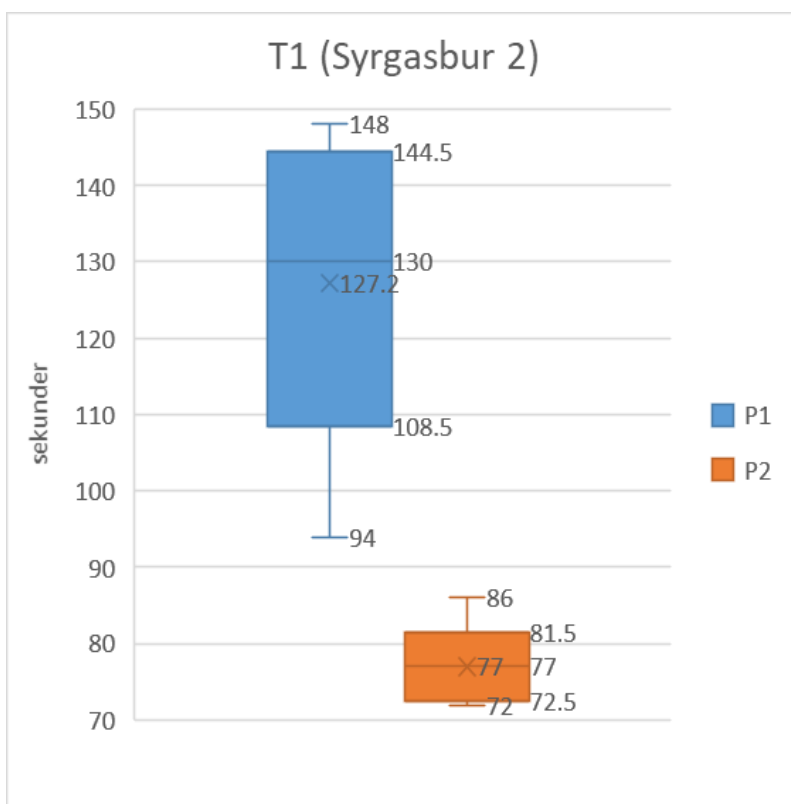


Tidsåtgången till 40% syre i Syrgasbur 1 efter dörröppning i 20 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.

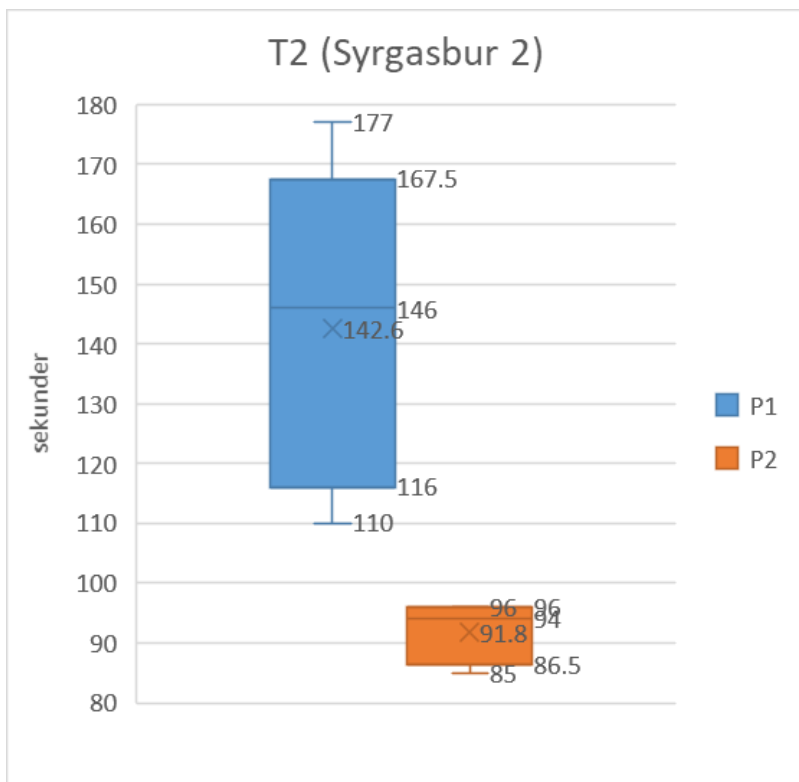


*Tidsåtgången till 40% syre i Syrgasbur 1 efter dörröppning i 35 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.*

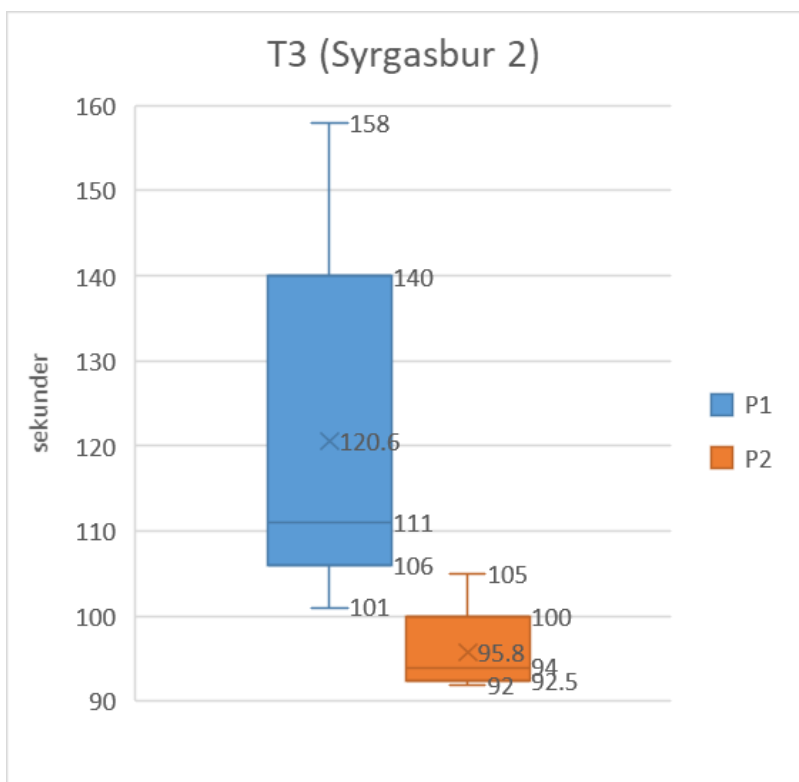
## Bilaga 4. Jämförelser mellan P1 och P2 i Syrgasbur 2 angående tidsåtgången för återuppfyllnad efter burens dörröppning i olika tidsperioder



*Tidsåtgången till 40% syre i Syrgasbur 2 efter dörröppning i 10 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.*

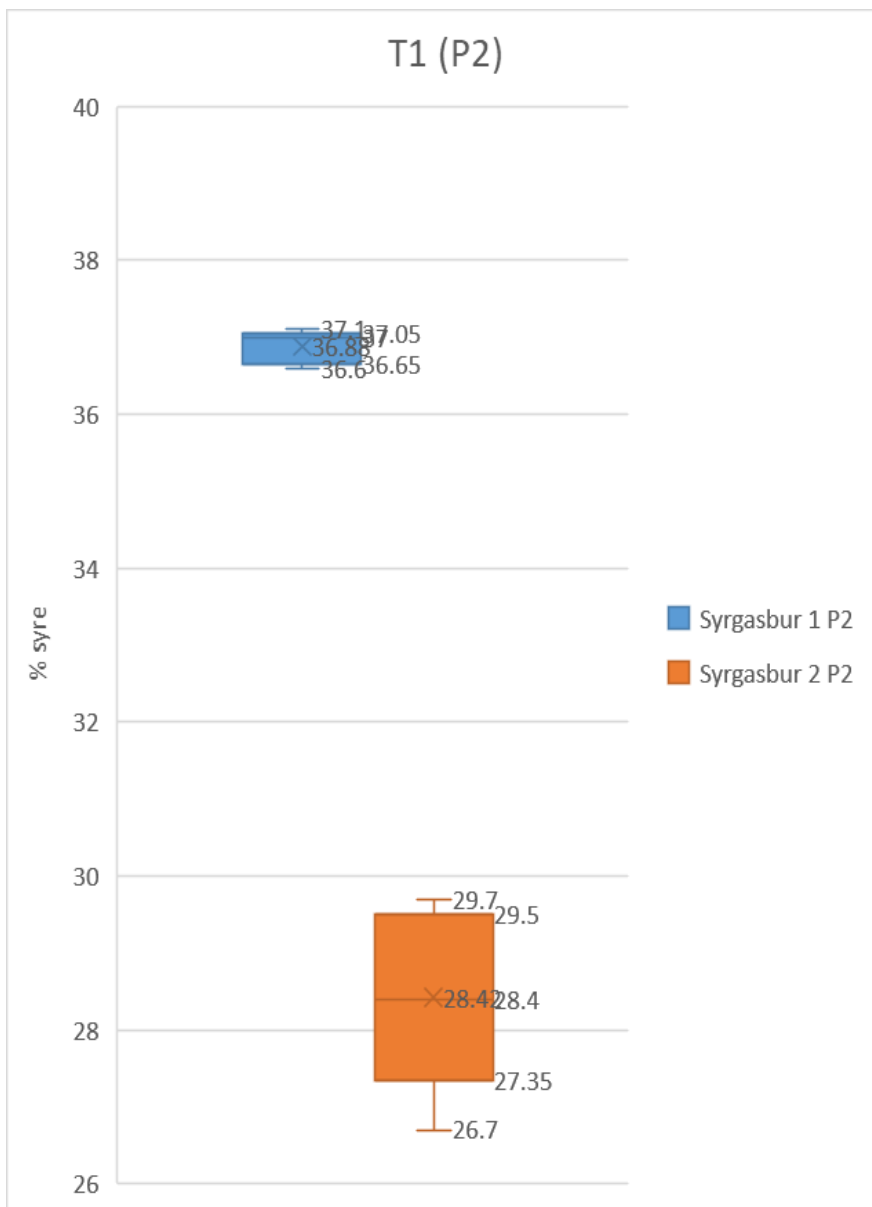


Tidsåtgången till 40% syre i Syrgasbur 2 dörroppning i 20 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.

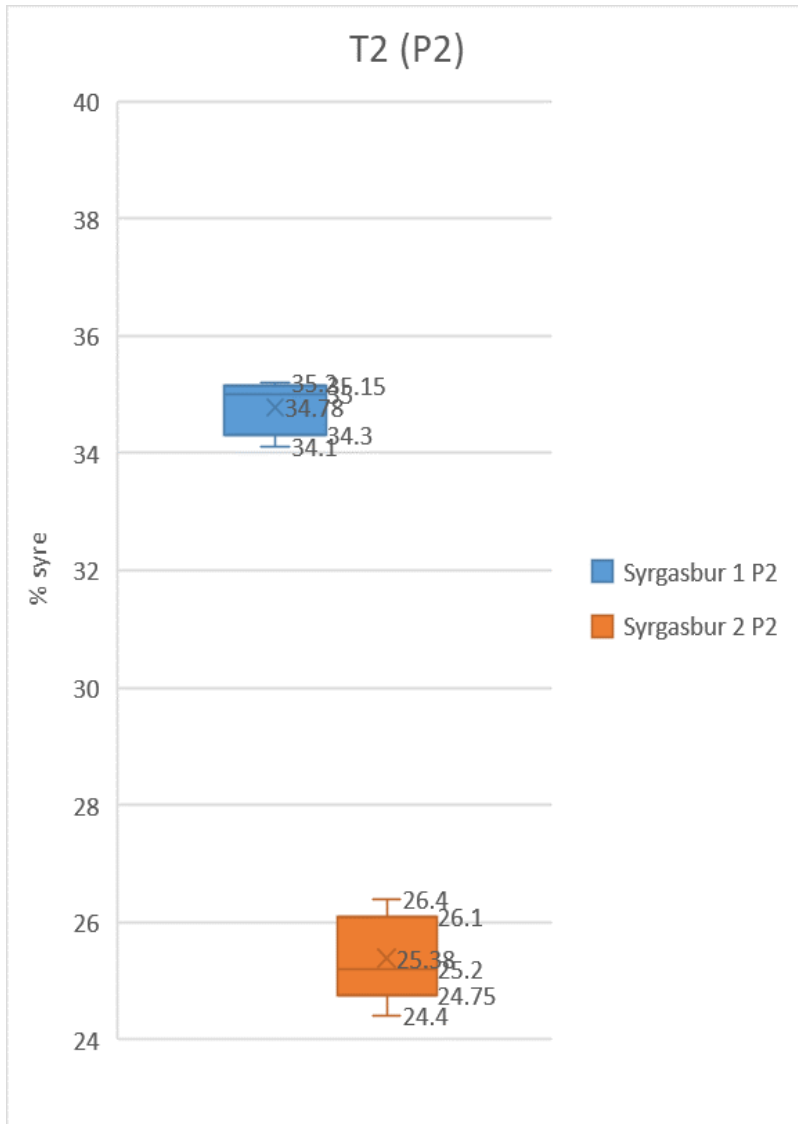


Tidsåtgången till 40% syre i Syrgasbur 2 efter dörroppning i 35 sekunder. Blå plott är värden på P1. Orange plott är värden på P2.

## Bilaga 5. Jämförelser mellan syrgasburarnas P2

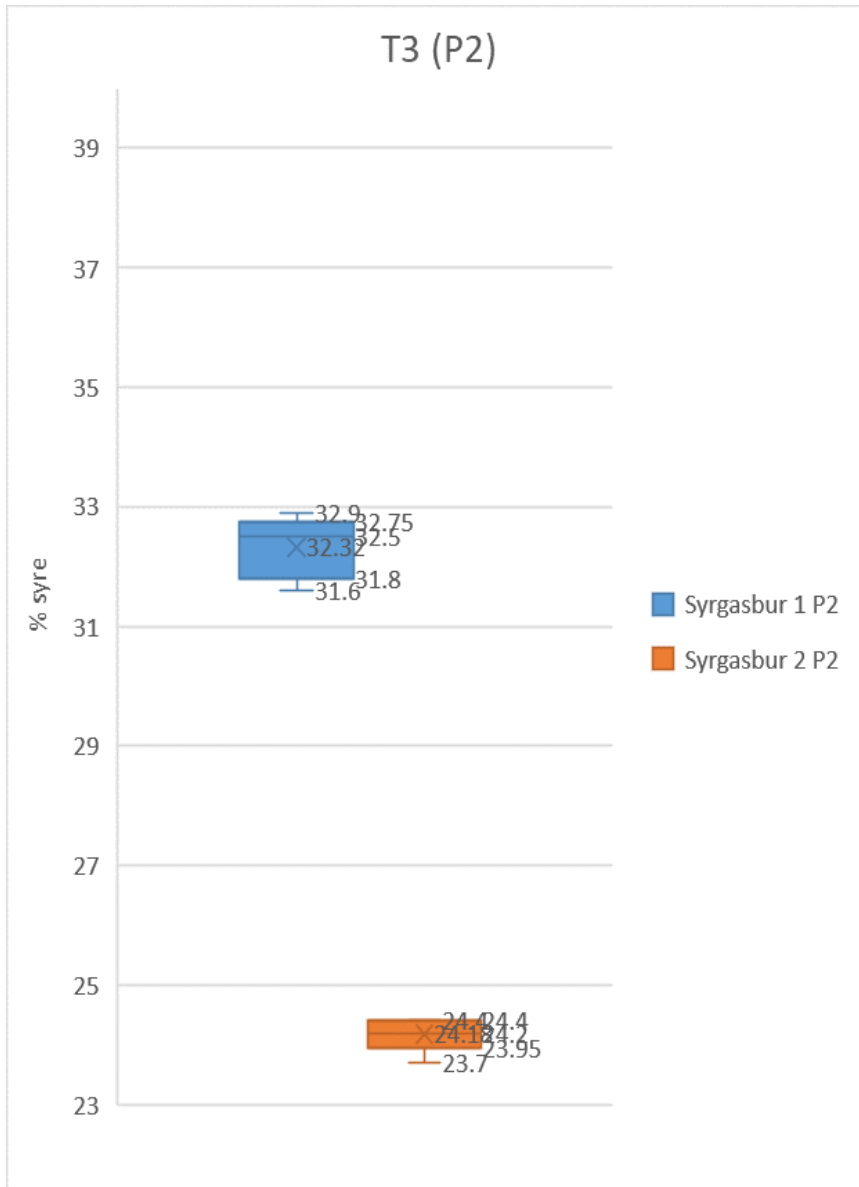


Syrgaskoncentrationen på P2 efter burens dörröppning i 10 sekunder. Blå plott är värden för Syrgasbur 1. Orange plott är värden för Syrgasbur 2 värden.

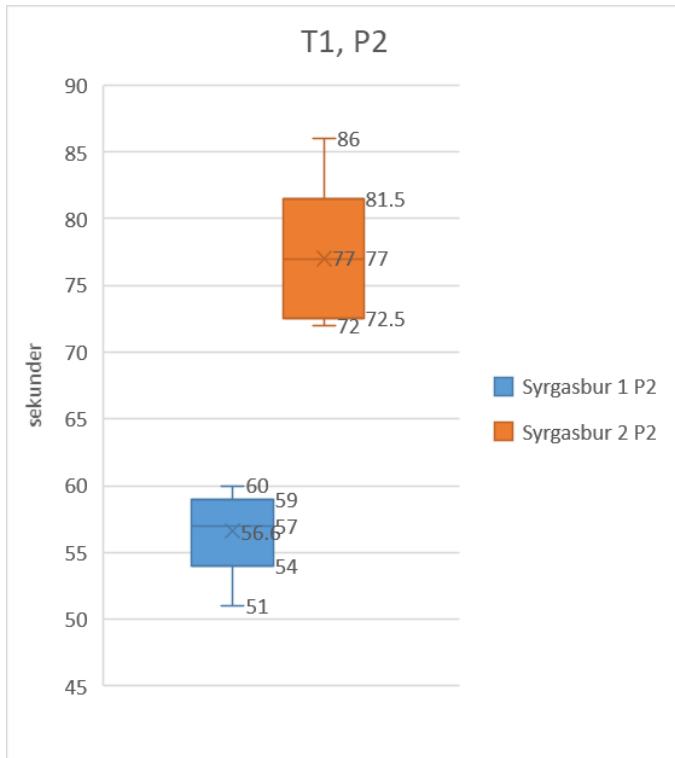


*Syrgaskoncentrationen på P2 efter burens dörröppning i 20 sekunder. Blå plott är värden för Syrgasbur 1. Orange plott är värden för Syrgasbur 2.*

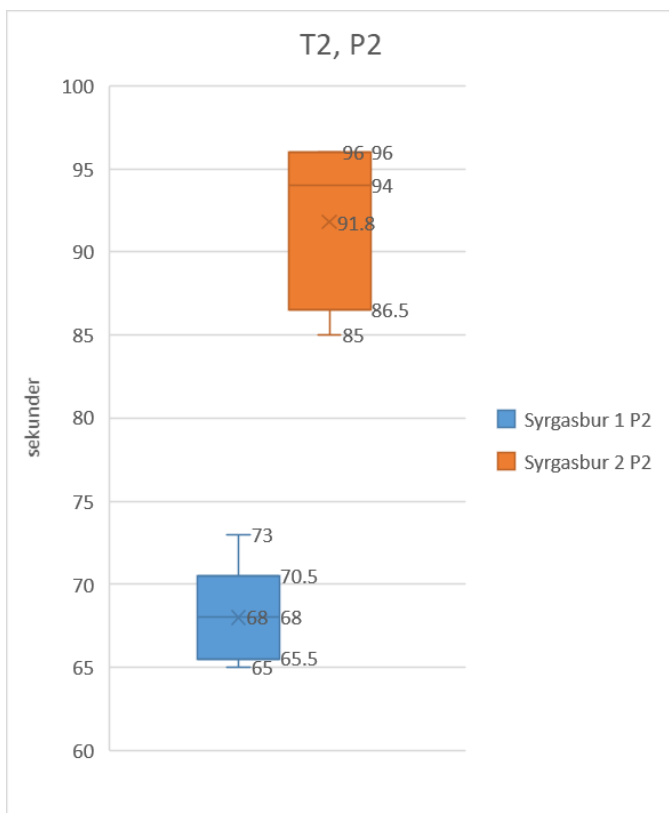




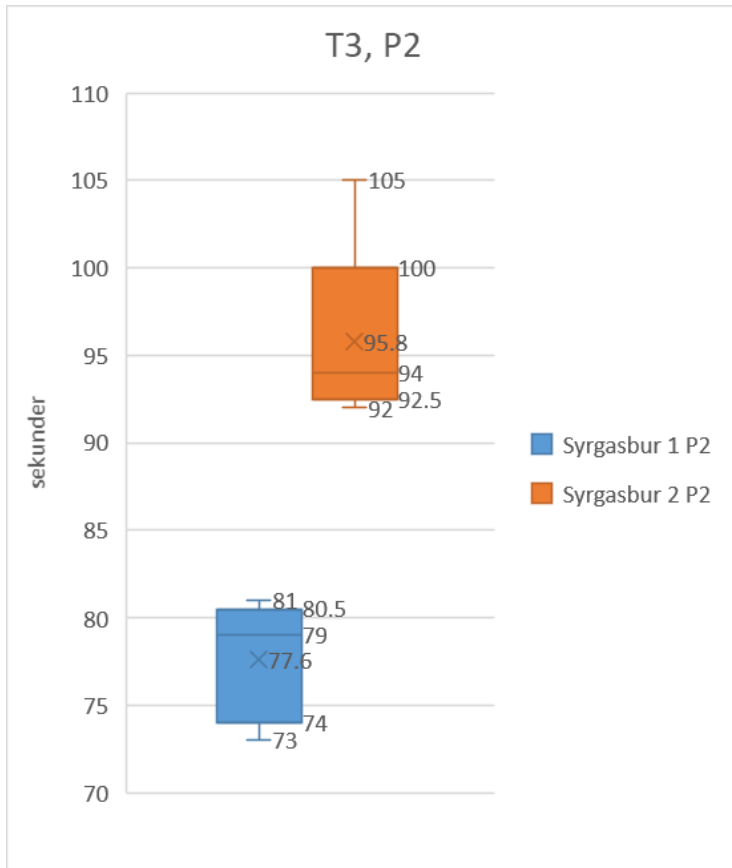
Syrgaskoncentrationen på P2 efter burens dörröppning i 35 sekunder. Blå plott är värden för Syrgasbur 1. Orange plott är värden för Syrgasbur 2.



*Tidsåtgången tills P2 återgår till 40% syre efter burens dörröppning i 10 sekunder. Blå plott är värden för Syngasbur 1. Orange plott är värden för Syngasbur 2 värden.*



*Tidsåtgången tills P2 återgår till 40% syre efter burens dörröppning i 20 sekunder. Blå plott är värden för Syngasbur 1. Orange plott är värden för Syngasbur 2.*



*Tidsåtgången tills P2 återgår till 40% syre efter burens dörröppning i 35 sekunder. Blå plott är värden för Syrgasbur 1. Orange plott är värden för Syrgasbur 2.*