



CHALMERS



Tekniska krav och möjligheter med drönartransport av prover inom sjukvården

Technical requirements and possibilities with drone transport of samples in the healthcare sector

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

MARKUS EKSTRÖM, CHRISTOFFER JOHNSON

EXAMENSARBETE 2019

Drönare inom sjukvården

En studie om tekniska krav och möjligheter med drönartransport inom
Västra Götalandsregionen

MARKUS EKSTRÖM, CHRISTOFFER JOHNSON



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
avdelningen för produktutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2019

Drönare inom sjukvården

En studie om tekniska krav och möjligheter med drönartransport inom Västra Götalandsregionen

Markus Ekström, Christoffer Johnsson

© Markus Ekström, Christoffer Johnsson, 2019.

Handledare: Magnus Kristiansson, Innovationsplattformen Västra Götalandsregionen

Examinator: Mats Alemyr, Chalmers Tekniska Högskola

Examensarbete 2019

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

avdelningen för produktutveckling

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Omslag: Drönare Wingcopter 178(Deutsche Post AG,2018). Återgiven med tillstånd.

Typeset in L^AT_EX

Göteborg, Sverige 2019

Drönare inom sjukvården

En studie om tekniska krav och möjligheter med drönartransport inom Västra Götalandsregionen

MARKUS EKSTRÖM, CHRISTOFFER JOHNSON

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola

Sammanfattning

Den här rapporten undersöker möjligheter att implementera obemannade flygfarkoster, även kallat drönare, för transport av medicinska prover inom sjukvården. Rapporten är utförd åt Innovationsplattformen i Västra Götalandsregionen med syfte att undersöka hur en jämlikare vård kan skapas genom att effektivisera blododlingstransporter med hjälp av drönare.

Kartläggning av dagens transportsystem, transporttider, körrutter och hantering av blodprov har utförts och analyserats för att uppmärksamma att vården inte är jämlik på grund av stora tidsskillnader för patienter mellan Södra Älvsborgs länssjukhus och Alingsås lasarett.

En jämförelse mellan dagens transportsystem och ett teoretiskt system har gjorts för att påvisa att nästan helt jämlik vård kan uppnås med ett kompletterande drönartransportsystem. För att finna en lämplig drönare för blododlingstransport mellan Alingsås lasarett och Södra Älvsborgs länssjukhus konstruerades en kravspecifikation. Specifikationen baserades på bland annat noggrann analys av väderhistorik, erfarenheter från liknande projekt, fakta från dagens transportsystem och lagkrav. Till följd av kravspecifikationen genomfördes en marknadsundersökning och rankning av befintliga drönare, därefter utsågs en teoretiskt lämpad drönare.

Det påvisades att det kan dröja upp till 52 timmar längre att påbörja analys av en blododling som tagits på Alingsås lasarett jämfört med Södra Älvsborgs länssjukhus. Det beror dels på öppettiderna av mikrobiologiska laboriet på Södra Älvsborgs länssjukhus och för få dagliga blododlingstransporter. Näst intill jämlik vård kan åstadkommas genom att enbart implementera drönare. Vidare kan genomsnittlig ledtid minskas för både Södra Älvsborgs länssjukhus och Alingsås lasarett genom förlängda öppettider.

Abstract

This report examines the possibilities of implementing unmanned aerial vehicles, also called drones, for the transport of medical samples in the healthcare sector. The report is made for Innovationsplattformen in the Västra Götaland region with the aim of investigate how a more coequal healthcare can be created by rationalize blood culture transport through drones.

Information has been collected and analysed about the current transport system, lead time within it, driving routes and management of blood culture samples. This resulted into the fact that the care is not coequal and how large time differences it can be for patients between Södra Älvsborgs länssjukhus and Alingsås hospital.

A comparison has been made between the current transport system and a theoretical system to demonstrate that almost coequal care can be achieved with a complementary drone transport system. To find a potential drone suitable for transport of blood culture samples between Alingsås hospital and Södra Älvsborgs länssjukhus, a requirement specification was produced. The specification is based on, among other things, careful analysis of weather history, experiences from similar projects, facts from today's transportation system and legal requirements. Due to the requirements a market research and ranking of existing drones was carried out, after which a theoretically suitable drone was appointed.

The report shows that it can take up to 52 hours longer to begin analysis of a blood culture taken at Alingsås hospital compared to Södra Älvsborgs länssjukhus. This is partly due to the opening hours of the microbiological laboratory at Södra Älvsborgs länssjukhus and to few daily blood culture transports. Almost coequal healthcare can be achieved through simply implementing drones. Further average lead time can be reduced by extended opening hours.

Förord

Det här examensarbetet är skrivet av studenterna Markus Ekström och Christoffer Johnsson från högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet innefattar 15 högskolepoäng och har pågått från februari 2019 till juni 2019. Rapporten är framtagen i samarbete med Innovationsplattformen Västra Götalandsregionen. Vi vill tacka Magnus Kristiansson för förtroendet att utföra det här arbetet. Samt för hans engagemang och hjälp. Vi vill också säga tack till vår examinator Mats Alemyr för bra stöttning och vägledning genom hela projektet.

Vidare vill vi tacka Claes Henning, Mikael Svensson, Patrik Alexandersson och personalen på Everdrone för givande diskussioner, material och framförallt deras spetskompetens inom berörda områden.

Markus Ekström, Christoffer Johnsson, Göteborg, Maj 2019

Innehåll

Figurer	xi
Tabeller	xii
1 Introduktion	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Mål	2
1.4 Frågeställningar	2
1.5 Avgränsningar	3
2 Teori	4
2.1 Tillståndet sepsis och behandlingar	4
2.2 Sjukvårdens transportsystem för prover idag	6
2.3 Drönare och dess implementering	6
2.3.1 Användning av drönare inom sjukvården	9
2.4 Risker med drönare och riskanalysverktyg	10
2.4.1 Felträdsanalys - FTA	11
2.4.2 Händelseträdsanalys - ETA	11
2.5 Påverkan av blododlingar vid olika temperaturer samt vid flygning	11
2.6 Väderhistorik	12
3 Metod	14
3.1 Projektplanering	14
3.2 Datainsamling	14
3.2.1 Väderdata	14
3.2.2 Insamling av data för dagens transportsystem	15
3.2.3 Insamling av data för drönarflygrutt och körschema	15
3.3 Beräkning ledtider	15
3.4 Kravspecifikation	16
3.5 Marknadsundersökning	16
3.6 Referenslösning	16
3.7 Riskanalys	17
3.8 Jämförelse av transporttider och körschema	17
3.8.1 Transporttider	17
3.8.2 Körschema	17
4 Resultat	18
4.1 Dagens transportsystem	18

4.2	Resultat av intervju	20
4.3	Analys av väder	21
4.3.1	Lufttemperatur	21
4.3.2	Vindhastighet, vindby och vindriktning	22
4.3.3	Nederbörd	23
4.4	Resultat av ny luftburen transportväg	24
4.5	Kravspecifikation	26
4.6	Marknadsanalys	27
4.7	Val av referenslösning	27
4.8	Resultat av risker med drönartransport	29
4.9	Resultat av jämförelse mellan drönare och dagens transportsystem	32
4.9.1	Resultat av körschema med drönartransport	32
4.9.1.1	Körschema med batteribyte	33
4.9.1.2	Körschema med laddning	34
4.9.2	Resultat av skillnad mellan dagens transportsystem och drönar- transportsystem	35
5	Diskussion	38
5.1	Metoddiskussion	38
5.2	Resultatdiskussion	39
5.2.1	Insamlad data	39
5.2.2	Drönartransportsystem	40
5.2.3	Jämlik vård	40
6	Slutsats och Rekommendation	42
6.1	Slutsats	42
6.2	Rekommendationer för fortsatt arbete	43
	Referenser	44
A	Bilagor	I
A.1	Gantt-schema	I
A.2	Rankningsmatris	II
A.3	Körschema transportbil	III
A.4	Urladdningstider	IV
A.5	Intervju vårdpersonal	V
A.6	Lufttemperatur	VI
A.7	Vind	VIII
A.8	Vindriktning	IX
A.9	Nederbördskategori Borås	X
A.10	Nederbördskategori Alingsås	XI
A.11	Kravspecifikation	XII
A.12	Marknadsundersökning	XIII
A.13	Körschema drönare	XIV

Figurer

2.1	Blododlingsflaskor. Författarnas egna bild.	5
2.2	Illustrerar en multirotor. Max Pixel,2016. CC-0	7
2.3	Illustrerar modellen fast vinge. Lehmann Aviation,2016. CC BY-SA 4.0. . .	7
4.1	Figur visar antalet levererade blododlingsflaskor från Alingsås lasarett. Författarnas egna bild.	19
4.2	Figur visar ledtider från urladdning till ankomst mikrobioliska SÄS. Författarnas egna bild.	20
4.3	Figur illustrerar mest förekommande vindriktning (Lantmäteriet,2019). Omarbetad. CC-0.	23
4.4	Visar fördelning av nederbördstyp i Borås respektive Alingsås. Författarnas egna bild.	24
4.5	Beskriver flygrutt till Alingsås(Lantmäteriet,2019). Omarbetad. CC-0. . . .	24
4.6	Beskriver flygrutt in till Borås(Lantmäteriet,2019). Omarbetad. CC-0. . . .	25
4.7	Visualiserar flygrutt mellan Borås och Alingsås(Lantmäteriet,2019). Omarbetad. CC-0.	25
4.8	Högst upp från vänster visas: Wingcopter 178(Deutsche Post AG,2018), Muas V4.0(MonashUAS,2018), DeltaQuad Pro(Vertical technologies DeltaQuad,2019), NMS M600 Pro(DJI,2019), Zipline(Zipline,2018). Återgivna med tillstånd.	28
4.9	Beskriver riskscenariot kraschlandning. Författarnas egna bild.	29
4.10	Redogör händelsesträd. Författarnas egna bild.	31
4.11	Visar jämförelse av ledtider. Författarnas egna bild.	35
4.12	Visar jämförelse av ledtider. Författarnas egna bild.	36

Tabeller

4.1	Rankning av drönarplattformar	27
4.2	Fall 1. 0 m/s motvind.	32
4.3	Fall 2. 15 m/s motvind.	32
4.4	Körschema med batteribyte vardagar.	33
4.5	Jämförelse av ledtider mellan bil och drönare.	35
4.6	Jämförelse av ledtider mellan bil,drönare och ingen transport.	36

1

Introduktion

I det här kapitlet kommer projektet att beskrivas och definieras.

1.1 Bakgrund

Sverige har som mål att erbjuda en jämlik sjukvård enligt hälso- och sjukvårdslagen (HSL, SFS 2017:30) 1§ kap 3. Det innebär bland annat att alla patienter ska få samma kvalitativa vård oavsett vart de befinner sig i Sverige. Med en sjukvård som idag är organiserad i flera nivåer sker omfattande transporter i båda riktningarna av prover, transfusionsblod och organ för transplantation mellan vårdcentraler, närsjukhus, länsjukhus och regionsjukhus. Dessa transporter uppkommer bland annat för att analyser av vissa prover hänvisas till de sjukhus som har rätt utrustning och kompetens. Ett medicinskt område som berörs av detta är sepsisdiagnostik. Analys av blododlingar för sepsisdiagnostik påbörjas på flera närsjukhus och måste vid påvisad bakterieväxt transporteras till mikrobiologiska laboratorier för vidare analys. Med ett transportsystem som inte erbjuder direkt leverans när vidare analys erfordras försenar det möjligheten till anpassad antibiotikabehandling och bidrar till överanvändning av bredspektrumantibiotika.

Inom Västra Götalandsregionen (VGR) finns det utlokaliserade blododlingsskåp på Alingsås lasarett, Uddevalla sjukhus, Östra sjukhuset, Mölndals sjukhus och Kungälv's sjukhus, utöver de som har mikrobiologiska laboratorier. Bilar transporterar blododlingar från sjukhus med blododlingsskåp till mikrobiologiska laboratorier på Södra Älvsborgs Länsjukhus Borås (SÄS), Norra Älvsborgs Länsjukhus (NÄL) och Sahlgrenska Universitetssjukhuset (SU) med specifika upphämtningstider. Prover som inte hinner komma med vid denna upphämtning måste således vänta tills nästa upphämtning som kan vara senare på dagen, nästa dag eller efter helgen. Det medför förlängda provsvar som kan vara vitala för patientens hälsa och medicinering. Däremot om blododling utförs på de sjukhus med mikrobiologiska laboratorier, som kan analysera blododlingarna efter påvisad bakterietillväxt, tillkommer ingen transporttid. Istället kan provet analyseras direkt efter det att blododlingsskåpet givit signal av påvisad bakterietillväxt, förutsatt att personal finns tillgänglig. Alltså belyser det här hur svarstiderna varierar beroende på vilket sjukhus patienten befinner sig på vid undersökning av misstänkt sepsis. Det är inte i enlighet med målet om vård på lika villkor oberoende bostadsort.

I takt med att drönare börjar bli allt vanligare har nu tekniken börjat appliceras inom bland annat sjukvård, då för att underlätta och förbättra transporter mellan sjukhus. Bland annat har tekniken prövats i Schweiz där systemet påvisat dess potentialer och framgångar enligt Swiss post(Wertheimer, 2018). För att stötta målet med jämlik vård undersöks nu möjligheterna att implementera drönare i VGR. Denna idén förvaltas via Innovationsplattformen för VGR och har stöd från övriga intressenter i sjukvården. För att bemöta frågor kring tekniska krav, potentialer, vinster och risker med ett drönartransportsystem tillsattes detta projekt.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att åt Innovationsplattformens vägnar göra en analys och ta fram ett underlag om hur möjligheterna ser ut att implementera drönartransporter i dagens sjukvård inom VGR. Själva undersökningen tjänar ett större syfte som är att arbeta för en jämlik vård och ökad patientsäkerhet. Det här projektets huvudsyfte är att analysera vilka egenskaper en drönare behöver för att klara transporter med långa distanser mellan främst SÄS och Alingsås lasarett, men även analysera vilka förbättringar som kan skapas för en jämlik vård och vilka vinster i patientsäkerhet som kan uppnås med ett drönartransportsystem.

1.3 Mål

Målet med projektet är att finna ett effektivare transportsystem av blododlingar för att bidra till jämlikare vård. Det kommer göras genom framtagning av underlag där analys och jämförelse av körrutter, resurser samt tidsbesparing görs mellan befintligt transportsystem och med kompletterande eller ersättande drönartransportsystem. En teknisk kravspecifikation av en teoretiskt lämpad drönare kommer tas fram samt ett teoretiskt körschema.

1.4 Frågeställningar

- Vilka körrutter, resurser och tidsförlopp har dagens transportsystem för transportering av blododlingar med påvisad bakterietillväxt från sjukhus med blododlingsskåp till mikrobiologiska laboratorier?
- Vilka egenskaper krävs hos en drönare för att transportera blododlingar mellan Alingsås lasarett och SÄS i form av en kravspecifikation.
- Hur kan ett drönartransportsystem designas för att ersätta eller komplettera dagens transportsystem av blododlingar när det gäller logistik, belastningar och säkerhet?
- Vilka skillnader finns mellan ett drönartransportsystem och dagens transportsystem ur ett tids-och patientsäkerhetsperspektiv?

1.5 Avgränsningar

- Projektet berör enbart blododlingar med påvisad bakterietillväxt som behöver transporteras till mikrobiologiskt laboratorium.
- Projektet kommer inte optimera befintliga drönares konstruktion, utan enbart undersöka och jämföra befintlig teknologi.
- För beräkningar av flygtider och körscheman kommer enbart teoretiska värden användas då praktiska flygtester inte är möjligt i dagsläget.
- Projektet fokuserar enbart på transportsystem mellan Alingsås lasarett och Södra Älvsborgs länssjukhus i Borås.
- Hänsyn kommer ej tas till drönarens landningsplats och överlämnande av prover vid beräkning av tidsbesparingar. Istället avgränsas beräkningarna till avståndet mellan sjukhusen och inte till en definierad plats.

2

Teori

I följande kapitel kommer djupare teori beskrivas om tillståndet sepsis. Kapitlet berör även drönare i olika sammanhang, risker och väder.

2.1 Tillståndet sepsis och behandlingar

Tillståndet sepsis uppstår när en infektion har spridit sig i kroppen och får immunförsvaret att överreagera och på så sätt försätter kroppen i en livshotande situation. Via Sepsisfonden(2019a) fås en förklaring om hur förloppet går till. Immunförsvaret friger en mängd ämnen som leder till att vätska börjar läcka ut ur blodkärlen. Det medför att blodtrycket sjunker och kroppen får svårt att förse vitala organ med syre. Bland annat kan viktiga organ som hjärta, njurar och lungor ta skada. I vissa fall kan olika kroppsdelar få betydande vävnadsskador och kan då behöva amputeras. Tidsaspekten är vital när sepsis uppstår. Inom ett par timmar kan den som insjuknat avlida. Det är därför mycket viktigt att antibiotikabehandling påbörjas inom en timme efter att tillståndet visat sig, eftersom det ökar sannolikheten att den drabbade överlever med 79.9 procent enligt Kumar et al(2006). Samt att för varje timme som patient med septisk chock inte får effektiv antibiotikabehandling kan mortaliteten öka med 7.6 procent

Sepsisfonden(2019b) beskriver även att antalet som drabbas av sepsis är närmare 40 000 personer om året efter en ny studie. Det påvisar att tillståndet är relativt vanligt förekommande. Enligt studie av Mellhammar et al(2016) finns det inga märkbara säsongsvariationer på när personer blir uppmärksammade med sepsis. Mellhammar et al(2016) diskuterar också i sin studie hur antibiotikaresistensen hos bakterier eventuellt kommer medföra en ökad frekvens av sepsisfall. Folkhälsomyndigheten(2017) har som uppdrag och mål att främja rörelse mot effektiv och rationell behandling med antibiotika, för att minska överkonsumtion och säkerställa att enbart rätt antibiotika används vid rätt tillfälle. Resistens är ett problem som även Folkhälsomyndigheten beskriver som oroväckande och kommer medföra stort lidande och höga kostnader för sjukvården, då infektioner blir svårare eller omöjliga att bota.

Sjukvården använder idag antibiotika med brett spektrum när det är svårt att fastställa vilken typ av bakterie som orsakar sepsis menar läkaren Magnus Rasmussen vid en föreläsning på Lunds Universitet inspelat av UR(2019). Med bredspektrumantibiotika är det då större chans att rätt bakterie kan bekämpas, då denna typ av antibiotika slår ut flera olika typer av bakterier. Däremot finns det nackdelar med denna typ av antibiotika. Bland annat kan bakterier utveckla resistens mot bredspektrumantibiotika om det används för frekvent. Skulle bakterierna bli resistenta i framtiden kommer det bli svårt att bota svårt sjuka personer som är i behov av antibiotika med brett spektrum. Även

icke önskvärda bieffekter kan uppstå med användning av bredspektrumantibiotika. Enligt Daitch et al(2018) bidrar den ökande resistensen hos bakterier framför allt till felaktig antimikrobiell behandling av patienter med bakteriemi. Daitch et al(2018) beskriver även i sin slutsats hur felaktig behandling är en oroväckande ökande trend som bör motarbetas genom att förebygga resistensutvecklingen hos bakterier genom att inte överdosera antibiotika. Målet är därför att snabbt kunna använda antibiotika med smalt spektrum som enbart är riktat mot den typ av bakterie som ska bekämpas. Men det förutsätter som beskrivits ovan att rätt bakterie är identifierad och resistensbestämd. Bakteriediagnostiken utförs på mikrobiologiskt laboratorium, där blododlingar med påvisad bakterietillväxt analyseras.

För att initiera den bakteriologiska diagnostiken måste bland annat blododling påbörjas. För att det ska ske måste blod lämnas av patienten med misstänkt sepsis. Blodet tillsätts i speciella blododlingsflaskor, se figur 2.1. En blododlingsflaska väger cirka 77 gram. Rutinmässigt tas två flaskpar per patient, alltså 4 flaskor totalt.



Figur 2.1: Blododlingsflaskor. Författarnas egna bild.

Därefter placeras flaskorna i ett blododlingskåp för bakterietillväxt. Efter viss bakterietillväxt signalerar skåpet att respektive flaska med tillväxt kan plockas ut för vidare analys. Patientens fyra flaskor kan signalera vid olika tidpunkter. Efter signal behöver blododlingen föras till ett mikrobiologiskt laboratorium för att påbörja den bakteriella diagnostiken.

De sjukhus, som i detta fall är SÄS, Näl och SU, har sådana laboratorier och kan således påbörja diagnostiken omgående. För sjukhus som inte har möjlighet till det måste därmed transportera den eller de blododlingsflaskor som signalerat till antingen SÄS, Näl eller SU. Det medför varierande svarstider beroende på vilket sjukhus patienten befinner sig på.

2.2 Sjukvårdens transportsystem för prover idag

Dagens blododlingstransport sker med skåpbil. Transportbilen har ett körschema för dagen, se exempel i bilaga A.3, med flera olika adresser där olika sorters gods skall lämnas eller hämtas. Således kör inte transportbilen enbart blododlingar utan den tar även med sig flera olika sorters prover, där proverna och blododlingarna är samlade i en eller flera transportlåda/-or. Bilen kör också till flera olika destinationer under samma leverans för att utföra diverse ärenden såsom att hämta post, riskavfall och boklådor. För att inte påverka vårdpersonalens arbete i laboratoriet hämtar och lämnar föraren transportlådor direkt i laboratoriet.

Transporterna måste följa folkhälsomyndighetens föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng (FOLK6224-12:2019). Transportlådan måste klara av att hålla prover inom angivna temperaturer för att säkerställa kvaliteten. Transportlådor som används idag är av frigolit, där frigoliten agerar isolering mot varierande temperaturer i omgivningen.

2.3 Drönare och dess implementering

Drönare, även kallat obemannad luftfarkost eller UAV (Unmanned Aerial Vehicle), är ett samlingsnamn för motorförsedda luftfartyg utan pilot ombord, enligt Nationalencyklopedin(NE, 2019). Dessa kan flyga autonomt eller fjärrstyras. En drönare kan ha olika antal motorer, vanligt förekommande är tricopter med tre motorer, quadcopter med fyra motorer och hexacopter med sex motorer. Hur drönaren är utformad beror på vilket användningsområde farkosten ska användas inom. NE(2019) beskriver vidare att drönare används i stor utsträckning inom militären för övervakning. I takt med att teknologin blivit mer tillgänglig har det medfört ett ökat intresse inom hobbyverksamhet. Drönare inom kommersiell verksamhet börjar också bli ett faktum.

Områden där det anses att drönaren kan göra stor nytta är vid räddningsinsatser, inspektion, övervakning och leverans av livsnödvändiga artiklar som medicin, vaccin och prover menar Howell(2018). Områden som idag kräver stora ekonomiska och logistiska resurser vilket kan minskas genom användandet av drönare men framförallt kan det vara livsavgörande för människor i akut behov av hjälp. Drönaren berörs varken av blockerade vägar eller trafikköer beskriver Knight, Tucker och Bresnahan(2017). De har även kort inställningstid vid exempelvis utryckning och är tillgängliga dygnet runt vilket kan ha stor betydelse vid nödsituationer.

Beroende på ändamål finns det olika varianter och utformning av drönare, nedan beskrivs de mest förekommande varianterna baserat på Chapmans(2016) sammanställning.

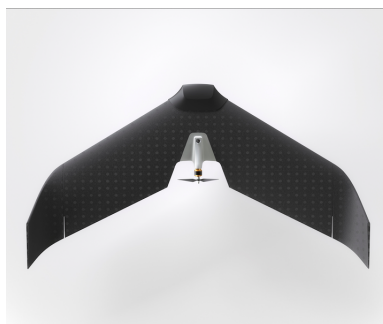
- *Multirotor*: vanligaste drönaren på marknaden. Figur 2.2 visar hur den flyger likt en helikopter med hjälp av horisontellt placerade rotorblad, start och landning sker vertikalt. Används vid kortare flygningar där uppgiften kräver bra manövreringsegenskaper med hög precision och vid flygning i trängre utrymme då den oftast

är mindre storleksmässigt än varianterna *tiltrotor* och *fast vinge* som beskrivs nedan. Multirotor används mycket inom fotografering, underhållsarbete och övervakning.



Figur 2.2: Illustrerar en multirotor. Max Pixel, 2016. CC-0

- *Fast vinge*: Flyger likt ett flygplan med vingar och rotorbladen vertikalt placerade, se figur 2.3. Varianten används vid framförallt längre flygningar, den kan flyga upp till 10 gånger längre än en multirotor, flyga på högre höjd samt utnyttjar dess batterikapacitet på ett effektivare sätt, enligt UAV Systems International(2019). Drönaren används ofta vid exempelvis kartläggning av skogs- och åkermark, samt transport av gods. Nackdelen med *fast vinge* är att det oftast krävs en landningsbana samt någon form av anordning för att få upp den i luften. Därmed är den inte lämplig vid helt autonom flygning eller vid start och landning i trånga utrymmen.



Figur 2.3: Illustrerar modellen *fast vinge*. Lehmann Aviation, 2016. CC BY-SA 4.0.

- *Tiltrotor*: Är en kombination av en *fast vinge* och *multirotor*. Det är fördelaktigt eftersom start och landning sker vertikalt likt en helikopter. I luften kan den hovra stillastående för att sedan rotera motorerna och flyga som ett flygplan. Den används med fördel vid längre flygningar samt när det är ont om utrymme vid start och landning. Det finns även varianter som har motorer som är fast riktade i vertikalt och horisontellt läge. Således kan de horisontella användas för lodrätt start och landning, medan de vertikala styr framdrivningen horisontellt.

Det finns olika möjligheter att driva en drönare, bland annat diskuterar Drone Industry Insights(DRONEII) i ("Drone Energy Sources – Pushing the Boundaries of Electric Flight", 2017) nedanstående alternativ:

- *Batterier*: Flygtid varierar beroende på drönarmodell och storlek. Batteritiden påverkas negativt av kyla, vindmotstånd, bärlast. Fördelen är att små, lätta och kompakta elektriska motorer kan användas vilket gör att storleken och vikten på drönaren hålls nere. Elektrisk försörjning ger snabb respons vilket gör att drönaren kan manövrera med hög precision.
- *Försörjning med bränslecell*: Blir allt mer intressant då det möjliggör långa flygtider utan några direkta föroreningar samtidigt som de är ljudlösa. Teknologin är ny och under utveckling, men den förekommer på marknaden och långa flygningar har påvisats.
- *Förbränningsmotor*: Tillåter längre flygningar i stark vind med högre bärkraft, längre flygtid än elektriskt drivna. Mest fördelaktigt är att använda gas på grund av lägre vikt än flytande bränsle, däremot blir bensindrivna drönare lättare under flygning vilket tillåter längre flygsträcka. Nackdelar är hög ljudnivå, föroreningar samt långsammare respons än batteridrift och kan därmed inte manövrera med lika bra precision.
- *Hybrid*: En kombination av batteridrift och förbränningsmotor. Kan då använda den snabba respons som fås av elektriska motorer i kombination med förbränningsmotorns fördelar. Inte lika förekommande men används vid längre flygningar som kräver hög lyftkraft, långa distanser och god manövrerbarhet.

Drönarbranschen är idag under stark utveckling enligt en rapport av DRONEII(The European Drone Industry",2018a). Många nya aktörer inom både mjukvarusystem och hårdvara etablerar sig på marknaden med sina koncept. Men även företag som erbjuder professionella drönartjänster blir allt vanligare. Företagen arbetar ständigt för att uppnå längre flygtid och kunna transportera större och tyngre gods. Rapporten beskriver hur fördelningen såg ut 2018 när det gäller andel drönares huvuduppgifter för olika kommersiella användare som deltog i undersökningen. På grund av att drönarna blir bättre och bättre uppstår ständigt nya användningsområden. År 2018 bestod 5 procent av de kommersiella användarnas drönare av logistiklösningar och transport. Det absolut största användningsområdet är undersökningar och kartläggning av områden.

När det kommer till utvecklingen av användningsområden med drönare under de kommande 12 månaderna, efter att undersökningen utfärdades 2018, spådde drönartjänstföretagen, samt hårdvaru- och mjukvaruföretagen, att logistikområdet kommer att öka med cirka 10-11 procent. Men även att användningsområdet för utryckningstjänster kommer att växa med ungefär en tredjedel. Det område som framför allt kommer öka mest är kartläggning, lantbruk och inspektion av konstruktioner samt vatten- och energinstallationer. Rapporten av DRONEII redogör även vart resurser framför allt kommer att läggas inom de närmsta 12 månaderna, från att undersökningen utfördes 2018. För drönartjänstföretagen, samt hårdvaru- och mjukvaruföretagen hänvisas de mesta resurserna till utvecklingen av mjukvara och hårdvara, samt försäljning och marknadsföring.

2.3.1 Användning av drönare inom sjukvården

Intresset för att komplettera och effektivisera dagens transport av framförallt medicin, blod och vaccin är stort internationellt. Det görs flera framgångsrika projekt av blod- och medicintransporter i bland annat Schweiz, Rwanda, Tanzania och USA, vilka beskrivs nedan.

Drönarföretaget *Matternet* har utfört över 3000 lyckade flyguppdrag över städerna Berne, Lugano och Zurich i Schweiz. Företaget har endast en registrerad olycka. Olyckan var att en kortslutning i drönaren fick nödsystemet att lösa ut. Det medförde att fallskärmen löste ut och drönaren nödlandade i Lake Zurich enligt Wertheimer(2019). Transporttiden är ungefär fem gånger så snabb gentemot traditionell transport vilket sparade värdefull tid för personal och patient, Wertheimer(2018). Företaget har också inlett ett samarbete med UPS, United Parcel Service of America, som beskrivs i ("UPS partners with Matternet",2019), och ska utföra leveranser av läkemedel i Raleigh, North Carolina.

Zipline är ett väletablerat amerikanskt drönarföretag som levererar medicinprodukter till befolkningen i Rwanda och Ghana. Sedan lanseringen 2016 har dem utfört livsavgörande medicintransporter varje dag och har en kapacitet att utföra 500 leveranser per dag. De har gjort 12 133 leveranser och företaget ser ett stort behov av drönartransport("We're providing 11,000,000 people",2019).

Det tyska drönarföretaget *Wingcopter* har i samarbete med bland annat DHL utfört leveranser av läkemedel under en 6 månadersperiod i Tanzania. Transporten var totalt 60 kilometer och flögs på cirka 40 minuter. Totalt flögs 2200 kilometer och ungefär 2000 flygminuter blev analyserade under projektet *Deliver Future*, baserat på ("Revolutionising the delivery",2018).

2.4 Risker med drönare och riskanalysverktyg

I och med att drönare är en flygfarkost innefattas dem ofta av många risker. Främst för att om en sådan farkost skulle haverera i luften kan konsekvenserna bli allvarliga. Framför allt om den skulle falla mot marken okontrollerat. Via en riskbedömning av National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine(2018) konstaterar de att riskerna bör utvärderas utifrån potentiella olyckor en drönare kan åstadkomma, samtidigt som drönare också kan reducera olyckor eller öka säkerheten. Alltså att en drönare kan rädda liv genom bland annat akuta uttryckningar, övervakning av olycksplatser och transport av akuta medicinska artiklar. Men om en drönare okontrollerat störtar mot marken kan den även utsätta människor på marken för fatala risker. Idag har människor accepterat att till exempel ambulanshelikoptrar och såväl kommersiella flygplan som hobbyflygplan flyger inom urban miljö. Dessa har däremot betydligt högre risk att skada människor på marken än vad en mindre drönare har menar National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine(2018). Alltså, för att drönare ska kunna bli etablerade i framtiden behövs en noggrann identifiering av risker och välgörande. Eftersom att de tillsammans kan jämföras mot de risker som dagens samhälle accepterar i dagsläget när de kommer till bland annat flygplan, helikoptrar, bilar och motorcyklar.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine(2018) diskuterar också hur det finns en konservativ kultur inom bland annat den amerikanska flygkommittén Federal Aviation Administration(FAA) på grund av rädslan att göra ett misstag vid implementering av nya risker, som till exempel införandet av autonoma drönare. Istället är undvikande av nya risker oftast belönande inom FAA och för de som skulle tillåtit drönare, som senare resulterat i en olycka skulle kunna skada sina karriärer inom FAA. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine(2018) rekommenderar bland annat att det är värdefullt att göra nettoriskanalyser som väger för och nackdelar, ändra inställningen från konservativt tänkande till att se möjligheter, samt att det kan vara nyttigt att göra separata riskbedömningar för speciella drönaroperationer. På så sätt kan de med låg risk få ett godkännande att utföra flygningar. Det här är viktigt för att största delen av osäkerheten kring alla risker idag är att det utförts för få praktiska flygningar och därav saknas relevant beslutsdata om riskernas betydelse.

När det kommer till risker för kollision med luftburna fordon har Aviation Safety Network (ASN, 2016) samlat pålitlig information via officiella källor, så som myndigheter, om olyckor som rör flygolyckor och säkerhetsproblem. ASN har även sammanställt olyckor som misstänker eller säkerställt kollision mellan drönare och flygtrafik. Denna sammanställning utformas i en databas av ASN(2019) innehållande 7030 stycken rapporter angående någon form av tillbud beträffande drönare och flygtrafik. Av dessa så har 21 stycken olycksrapporter misstänkt att drönare varit involverade i en kollision, varav 11 stycken är bekräftade. Ett av fallen ledde till dödlig utgång och inträffade 1997.

2.4.1 Felträdsanalys - FTA

Felträdsanalys är ett sätt att undersöka vilka faktorer som ligger till grund för ett olycksfall. Utgående från en topphändelse som till exempel ett olycksscenario eller fel frammanför underliggande orsaker eller samband som kan leda till topphändelsen, menar Tague(2005). Detta repeteras för varje händelse som kan leda till topphändelsen. Strukturen blir då en trädstruktur som förgrenar ut sig via olika logiska samband mellan händelserna. De logiska kopplingarna består oftast av "OCH" alternativt "ELLER" och beskriver om två händelser måste ske för att fel uppstår (OCH-samband), eller om de kan ske var för sig och fel ändå uppstår(ELLER-samband). Dessa samband kan tecknas med olika figurer i trädstrukturen. Målet med denna FTA är att finna de grundläggande felen och belysa dem för att göra tidiga ändringar i till exempel design av ett system. På så sätt kan framtida olyckor eller fel förhindras.

2.4.2 Händelseträdsanalys - ETA

Händelseträdsanalys använder ungefär samma logik som felträdsanalys, men utgår istället från en händelse som förgrenar sig i olika konsekvenser menar Sutton(2014). Händelseträdsanalys används inom riskanalys för att uppskatta vilka konsekvenser en viss händelse kan få på ett system. På så sätt ges en övergripande bild av var förmildringsåtgärder kan behövas. Analysen börjar med en inledande händelse, till exempel ett olycksfall, för att sedan grenar ut i olika efterföljande sekvenser. Varje sekvens innehåller någon form av system som kan påverka händelsen antingen positivt eller negativt. Ett sånt system är förslagsvis ett säkerhetssystem som förmildrar olyckan genom ett lyckat ingripande. Men om säkerhetssystemet misslyckas att fullgöra sitt ingripande blir konsekvensen troligen värre. Syftet med efterföljande sekvenser är alltså att undersöka vad som kan förstora eller förminska den slutgiltiga konsekvensen av den inledande händelsen. Olika scenarier analyseras beroende på om efterföljande system fungerar eller inte, tillslut fås vilken konsekvens den inledande händelsen får på hela systemet baserat på säkerhetssystemens lyckande eller misslyckande.

2.5 Påverkan av blododlingar vid olika temperaturer samt vid flygning

Blododlingsflaskorna ska enligt en rutinmall för medicinavdelningen på SU(Nilsson, Mared, 2017) förvaras i rumstemperatur efter urtagning från blododlingskåp och således även under transport till mikrobiologiskt laboratorium. I. Bengtsson, legitimerad biomedicinsk analytiker på Sahlgrenska Universitetssjukhuset(personlig kommunikation, 8 mars 2019) beskriver att för höga temperaturer kan ge fortsatt tillväxt av bakterier i flaskan vilket kan få till följd att bakterierna dör. För låga temperaturer skadar inte bakterierna men skulle kunna skada själva blododlingsflaskan. Mindre skakningar, eller skakningar motsvarande att blododlingsflaskan faller i marken har sällan betydelse så länge flaskan är intakt.

Det finns även fler faktorer som kan påverka blodet och dess innehållande substanser. En vetenskaplig artikel av Amurkele et al(2017) beskriver hur blodprover påverkades av flygning med en gasdriven drönare under tre timmar. De faktorer som främst analyserades i studien var hur en omgivande temperatur på 32°C och luft med relativt låg luftfuktighet

under en längre flygtid på 3 timmar påverkar blodet i proverna. Även vibrationer från motorn togs i beaktande. Proverna låg i ett nät som absorberade en del av vibrationerna, samt så förvarades proverna i en box utrustad med kylaggregat. Blodproverna som flögs jämfördes sedan med sina dubbletter som förvarats i en bil med en genomsnittstemperatur på 26°C. Resultatet av studien var att 17 av 19 testade blodprover hade liten eller ingen förändring jämfört med de som förvarats i bilen. Det fanns viss ändring i glukos och potassium, men den skillnaden påstods bero på den i genomsnitt 2.5°C temperaturdifferens mellan de flygna proverna och stationärt placerade i bilen, samt temperaturdifferensens duration. Slutsatsen av studien blev således att påverkan på blodprover vid flygning med den använda drönaren och dennes specialbyggda kylbox var försumbar.

2.6 Väderhistorik

Vid insamling av väderdata används utplacerade väderstationer som kan mäta lufttemperatur, vind och nederbörd. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut(SMHI) har utlokaliserade mätstationer som samlar in och lagrar väderdata dygnet runt.

Från SMHI(“Hur mäts vind?”,2012) fås en förklarande bild om hur de registrerar vind. Väderstationerna samlar in och analyserar olika typer av vinddata, såsom vindhastighet, vindbyar och vindriktning. Vindmätaren bör enligt föreskrifter placeras på tio meters höjd samt med ett avstånd till närmaste objekt som bör vara tio gånger objektets höjd. Mätaren placeras förslagsvis högst upp på en mast för att säkerställa föreskrifterna. Vindhastighet anges i medelvind och byvind. Byvind avser det högst momentana mätvärdet över en period av 1 timme. Medelvind består av medelvärdet från de momentana vindhastigheterna mätt över 10 minuter. Vid mätning av vind kan en helt optimal placering av mätaren vara svår att åstadkomma för alla stationer och därmed medföra viss skillnad mellan uppmätta värden och det verkliga förhållanden.

För att mäta nederbörd beskriver SMHI(“Hur mäts nederbörd?”,2018) tekniken de använder för att samla in relevant data. Nederbörd delas in i olika underkategorier som till exempel regnskurar, duggregn, ishagel och snöblandat regn. Insamling av denna typ av data sker både manuellt och automatiskt, vilken metod som används beror på var väderstationen är lokaliserad i landet. Vid SMHIs automatstationer används en vägande nederbördsmätare av märket Geonor. Två kedjor samt en givare bestående av en sträng håller upp mätkärl. Nederbördsmängd i kärlet mäts genom att beräkna kärlets tyngd och sedan omvandla det till en volym. För att förhindra att is bildas i det automatiska kärlet används frostskyddsvätska som får snö att smälta. För att vätska inte ska avdunsta under mätning appliceras en tunn oljefilm som gör avdunstningen mer eller mindre försumbar. Däremot finns alltid risken att snön kan täppa till inloppsröret och blockerar mätaren på automatiska mätare. De kan stå utan tillsyn längre perioder och för att förhindra händelsen används en temperaturreglerad uppvärmning av inloppsröret.

Flest felkällor uppkommer vid mätning av nederbörd. Det finns många faktorer som kan påverka resultatet där vind är absolut svårast att hantera. En del av nederbörden kan blåsa förbi mätaren vilket leder till att mindre nederbörd fångas upp i kärlet än vad som faktiskt hamnar på marken. Vidhäftning och avdunstning är också felkällor men med mycket liten påverkan. Avdunstning medför en underskattning av ungefär 10-15 millimeter per år och vidhäftning beräknas ge en missvisning med 15-20 millimeter per år.

Lufttemperatur mäts vanligen med automatiska stationer beskriver SMHI (“Hur mäts lufttemperatur?”, 2018). För att få så enhetliga mätningar som möjligt bör temperaturen mätas 1,5-2 meter över marken på en öppen plats med kort gräs. Idag är det vanligaste instrumentet för insamling av temperaturdata elektroniska mätare. Mätningen sker genom att resistansen i en platinatråd ingjuten i en glaskropp förändras vid temperaturskillnad. Resistansen ökar vid ökad temperatur. Sensorn är kopplad till en mätenhet där temperaturvärden beräknas. Lufttemperaturmätning ger sällan mer fel än några tiondels grader enligt SMHI men att vid drastiska temperaturförändringar kan missvisningar överstiga en grad.

3

Metod

För att besvara projektets frågeställningar behövde flertalet metoder användas. Mycket data samlades in för att kartlägga dagens transportsystem men även för att designa ett drönantransportssystem. Via denna data kunde även en kravspecifikation skapas. Därefter gjordes en marknadsanalys för att undersöka om tekniken idag finns för att passa kravspecifikationen. Genom de olika drönarna som studerades kunde en referenslösning framtas. Referenslösningen är den drönare som bäst uppfyller kravspecifikationen. Den drönaren kommer ligga till grund för beräkningar av flygtider och logistikschema. Efter referenslösningen analyserades risker och konsekvenser för drönantransporten. Slutligen kunde nya ledtider beräknas för att kunna skapa en jämförelse mellan dagens transportsystem och ett drönantransportssystem. Hur samtliga metoder ovan utfördes kommer i det här kapitlet beskrivas utförligare.

3.1 Projektplanering

Projektplaneringen skedde genom en kontinuerligt uppdaterad veckoplanering, uppföljning av utförda aktiviteter gjordes av arbetet vid varje veckoslut. Långtidsplanering skedde via ett Gantt-schema, se bilaga A.1.

3.2 Datainsamling

För att samla in data till projektet har olika metoder tillämpats beroende på vad för typ av data som skulle samlas. De olika datatyperna med respektive metod presenteras i det här avsnittet.

3.2.1 Väderdata

Väderdata samlades in via en öppen databas som SMHI erhåller (Ladda ner meteorologiska observationer", 2019). Från denna tjänst kunde väderhistorik från automatiska väderstationer hämtas och senare granskas. Väderhistorik som behandlats i projektet var *Lufttemperatur(Dygn)*, *Vindriktning* och *Vindhastighet(h)*, *Byvind,max(h)* samt *Nederbördstyp(Dygn)*. Vad som var relevant data för projektet var framför allt spridningen av mätdata. För att evaluera spridningen framtogs medelvärden, samt maximum- och minimumvärden. Dessa kunde sedan användas till att sätta rimliga nivåer på tekniska krav för drönaren.

3.2.2 Insamling av data för dagens transportsystem

Via C.Henning, överläkare och docent vid mikrobiologiska laboratoriet på SÄS Borås erhöles körscheman för dagens transporter mellan Alingsås sjukhus och SÄS Borås (personlig kommunikation, 6 Februari 2019). Dessa kunde även M.Svensson, processledare/tf sektionsschef för Regionservice intyga att de var giltiga (personlig kommunikation, 28 Februari 2019). Utöver körschema utgav även Henning vid ett senare tillfälle urladdningsrapporter för perioden 2018/12/31 - 2019/02/19 för bakterieodlingsskåpet av modellen BacAlert. Skåpet är placerat på Alingsås lasarett och i denna laborationsutrustning odlas blododlingsprov från patienter på Alingsås lasarett.

3.2.3 Insamling av data för drönarflygrutt och körschema

För att kartlägga önskemål om ett nytt körschema för drönartransporter intervjuades en anonym person vid mikrobiologiska laboratoriet på SÄS. Projektgruppen var intresserad om hur kontinuerliga inleveranser påverkade det dagliga arbetet, hur och när de får proverna levererade till sig idag jämfört med vad körschemat säger, samt om det finns några tider att förhålla sig till mer än öppettiderna. Dessa frågor besvarades utifrån en semistrukturerad intervju. För att få en god uppfattning om metoden studerades en vetenskaplig artikel av Di-CiccoBloom och Crabtree(2006) som belyser metoden. Således skapades en intervju där förutbestämda frågor besvarades och följdfrågor framtofs under intervjun beroende på svaret från personen som blir intervjuad.

För att kunna rita ut en potentiell flygrutt kartlade projektgruppen tätorter, vägar, luft-rumsbegränsningar och relevanta områden längs sträckan Borås till Alingsås. På så sätt kunde en teoretisk flygrutt som ansågs säker men också tidseffektiv framställas.

3.3 Beräkning ledtider

Via urladdningsrapporter kunde en beräkning av ledtider utföras. Beräkningen gjordes för en blododlingsflaska åt gången. Först jämfördes tidpunkten då flaskan plockades ur vid Alingsås lasarett och vid vilken tidpunkt närmaste leverans var enligt körschemat. Denna tidsdifferensen adderades med tiden det tar från att leveransbilen lämnar Alingsås lasarett tills godset är tillhanda hos mikrobiologiska laboratoriet på SÄS, se Ekvation 1 nedan. På så sätt erhöles den totala ledtiden för varje blododlingsflaska. Det här blev således transportledtiden idag. Beräkningen för varje flaska utfördes i programvaran Microsoft Excel.

$$\text{Total ledtid flaska } xx = (\text{datum \& klockslag leverans} - \text{datum \& klockslag urladdning av odling}) + \text{transporttid} \quad (\text{Ekvation 1})$$

På samma sätt som ovan räknades nya ledtider ut för systemet med drönare. I det fall där ingen transport behövs så räknades ledtiden ut genom att addera tiden det tar för laboratoriepersonal att erhålla blododlingsflaskan från sitt egna blododlingsskåp med eventuell tid till öppning hos mikrobiologiska laboratoriet. Om blododlingsflaskan sålunda plockas ur under arbetstid och kan hämtas direkt så tillkommer inte denna eventuella tid till öppning.

3.4 Kravspecifikation

En kravspecifikation togs fram för att fastställa önskvärda och nödvändiga egenskaper hos en lämpad drönare. Behoven som fastställdes framkom genom teori, insamlad mätdata, lagkrav samt erfarenheter från likartade projekt. Önskvärda egenskaper viktades med hänsyn till hur betydelsefulla de ansågs vara och till vilken grad de fördelaktigen ska försöka uppfyllas. Viktningen utfördes av projektgruppen själva efter egen uppfattning efter att ha studerat liknande drönarsystem. Skalan som användes vid viktningen var 1-5, där 1 väger minst och 5 väger mest. Som kravställare användes VGR och produktplanering. Produktplanering innebär projektgruppens krav för att drönaren skall klara av de tekniska förutsättningarna som benämns i denna studien.

3.5 Marknadsundersökning

För att finna en drönare som är lämpad för transport av blododling analyserades och jämfördes olika typer av befintliga drönare inom olika kategorier som ansågs vara relevanta för den här typen av blodtransport. Information samlades in via internet-sökningar, personlig kommunikation med drönarföretag och ur underlag från liknande projekt. En sammanställning utförd av DRONEII(2018b) användes för att effektivt finna etablerade drönarföretag. Sammanställningen visar ett stort antal drönarföretag och det här projektets undersökning fokuserade framförallt på drönare som landar och startar vertikalt. Relevanta företag i sammanställningen beaktades. Sedan valdes vissa drönarmodeller ut för att bli inlagda i projektgruppens egna sammanställning, eftersom många drönarplattformar har liknande egenskaper. Det som var intressant var mångfalden av varianter, på grund av att marknadsundersökningens syfte var att finna en referenslösning och inte välja ut en specifik drönare som ska användas i framtiden.

Drönare vars tekniska föreskrifter inte varit tillräckliga för att besvara alla kategorier men som projektgrupp fortfarande ansett vara relevanta för uppdraget har tagits med i undersökningen för att inte utesluta potentiella drönare i ett för tidigt skede.

3.6 Referenslösning

Potentiella farkoster togs fram i marknadsundersökningen. För att generera en referenslösning jämfördes kandidater som framkommit ur marknadsundersökningen mot den framtagna kravspecifikationen och rankades sedan mot varandra. Den som uppfyllde eller motsvarade flest krav och önskemål valdes som referenslösning. I bilaga A.2 visas vilka kategorier som studerades. Referenslösningen utgör en väl fungerande grundmodell för den här typen av flygning. Körschema samt flygtider baserades på referensens tekniska specifikationer. Om ingen drönare hade motsvarat kravspecifikationen hade körschema och tider baserats utifrån framtagna målvärden ur kravspecifikation.

3.7 Riskanalys

Riskanalys av ett drönartransportsystem har gjorts via metoderna felträdsanalys och händelseträdsanalys. Riskidentifiering har framför allt skett via brainstorming av projektgrupp. Projektgruppen gör även vissa antaganden om hur det framtida systemet kan se ut i det generella fallet, eftersom det idag saknas ett befintligt system som kan utvärderas.

3.8 Jämförelse av transporttider och körschema

Nedan beskrivs metoderna för framtagning av tekniskt underlag för jämförelsen av transporttider respektive körscheman.

3.8.1 Transporttider

En analys av hur lång tid det tar att transportera proverna med bil jämfört med drönare gjordes för att ta reda på tidsmässig besparing. Jämförelse utfördes baserat på referensens tekniska specifikationer. Två fall jämfördes, *fall 1* och *fall 2*, där *fall 1* innebar noll meter per sekund motvind medan *fall 2* innebar 15 meter per sekund motvind. Det ger en uppfattning om tidsbesparing i optimala vindförhållanden jämfört med svåra förhållanden, det i sin tur medför ett förväntat tidsspann som drönartransporten kan antas ta. Tid för att lasta och lossa bil respektive drönare är inte medräknat utan enbart tiden det tar att köra respektive flyga mellan sjukhusen.

3.8.2 Körschema

För att kunna erbjuda snabbare ledtider vid sepsisbehandling för patienter på Alingsås lasarett är det viktigt att kontinuerligt kunna skicka iväg positiva blododlingar för analys flera gånger per dag oberoende veckodag. Därför togs hänsyn i körschemat till hur länge drönaren behöver stå stilla efter varje transport för att bli driftklar och flyga tillbaka för att mottaga nästa leverans.

Det finns två alternativ för drönaren att erhålla full laddkapacitet efter en flygning. Dessa är laddning av batteri eller byte av batteri. Tidsmässig analys och jämförelse gjordes mellan alternativen för att sedan jämföras med biltransport. Ett körschema per alternativ gjordes och baserades på att drönaren flyger i 15 meter per sekund motvind för att på så sätt få fram minsta antalet leveranser per dag vid mest utmanande väderförhållanden.

4

Resultat

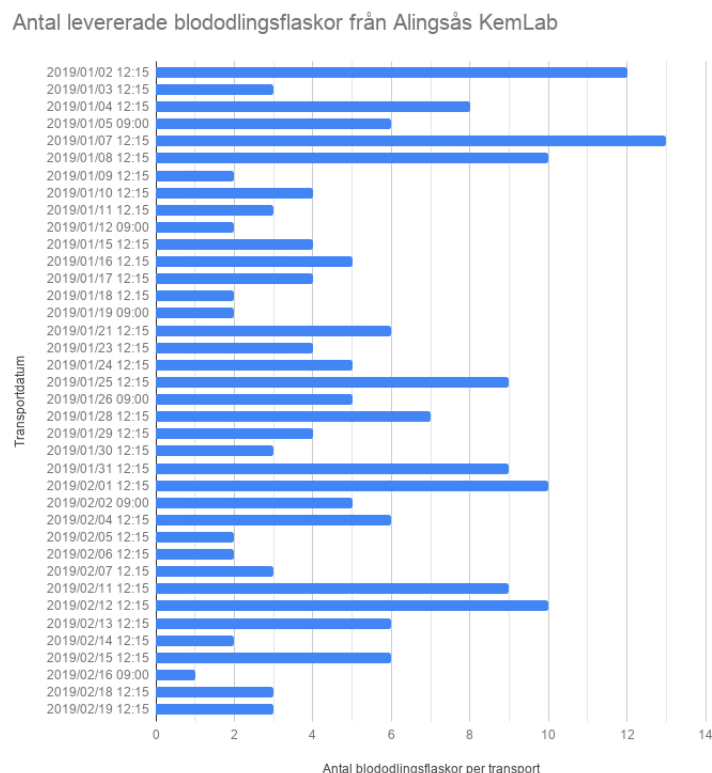
I detta kapitel presenteras de resultat som framkommit under projektets gång.

4.1 Dagens transportsystem

Dagens transport av blododlingar mellan Alingsås lasarett och SÄS sker med skåpbil. Transporterna sköts på vardagar av Regionsservice och på lördagar av PostNord enligt M.Svensson(Personlig kommunikation,13 april 2019), processledare/tf sektionschef på Regionsservice. På söndagar går inga reguljära provtransporter. Upphämtning av transportlådor vid laboratoriet på Alingsås lasarett sker en gång dagligen klockan 12.15 på veckodagar och på lördagar avgår en transport klockan 09.00. Transporten tar ungefär 75 minuter på vardagar och 90 minuter på lördagar enligt C.Henning(Personlig kommunikation, 23 april 2019), tills dess att godset finns hos mikrobiologiska laboratoriet på SÄS, dock beroende på trafiksituation och väder. Öppettider hos mikrobiologiska laboratoriet på SÄS är 07:30-16:30 på vardagar, 08:00-13:00 på lördagar och 09:00-13:00 på söndagar.

En ojämlikhet som uppmärksammas med dagens transportsystem är när en patients blododling visar positivt resultat på Alingsås lasarett efter att dagens transport avgått. Därmed skickas blododlingen med nästkommande transport till SÄS, vilket kan vara dagen efter eller efter helgen. Det innebär förlängd väntetid för patienten som i sin tur medför förlängd tid till att smalspektrumantibiotika kan sättas in. För patienters blododlingsflaskor på SÄS är ledtiden cirka 15 minuter från urladdning till ankomst hos mikrobiologiska laboratoriet, enligt Henning(Personlig kommunikation, 23 april 2019). Förutsatt att det är under bemannade öppettider.

Resultatet av kartläggningen på antalet levererade blododlingsflaskor från Alingsås Kem Lab till mikrobiologiska laboratoriet på SÄS visas i figur 4.1. På x-axeln visas antal blododlingsflaskor och längs diagrammets y-axel erhålls det datum som transport utfördes från Alingsås, samt vid vilken tidpunkt. Alla datum som erhåller klockslaget 12:15 är vardagar och alla som erhåller 09:00 är lördagar. Totalt antal fraktdagar som analyserats är 38 dagar och ligger inom datumintervallet 2:a januari till 19:e februari 2019.

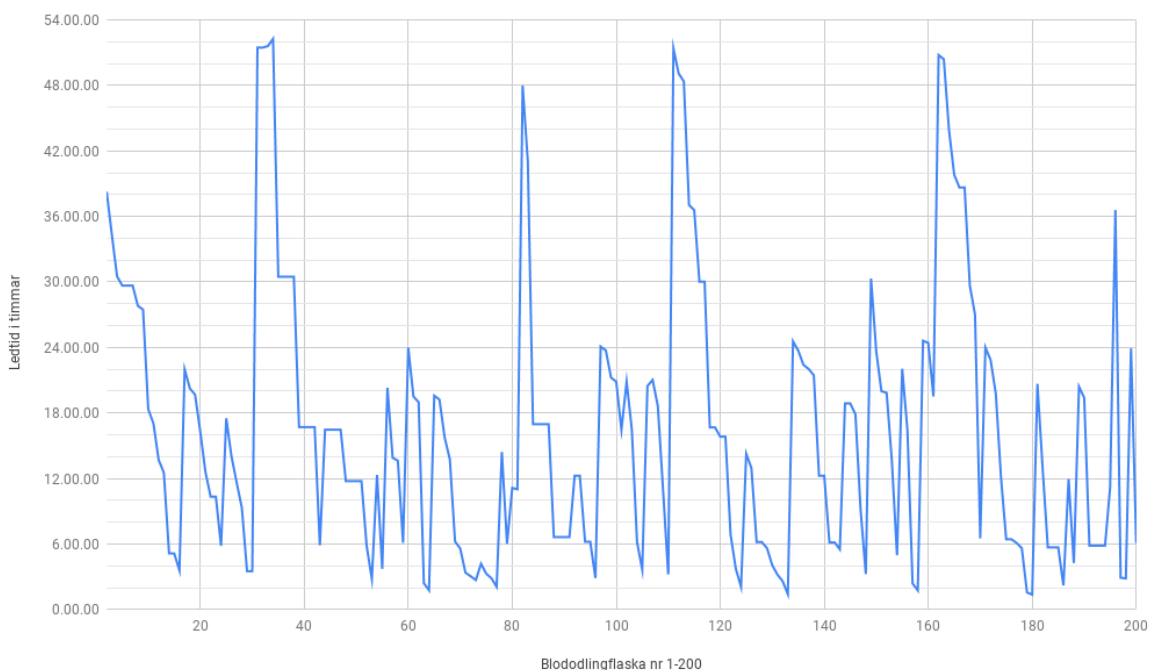


Figur 4.1: Figur visar antalet levererade blododlingsflaskor från Alingsås lasarett. Författarnas egna bild.

Från figur 4.1 kan det konstateras att det maximala antalet prover som skickats vid en frakt skedde den 7:e januari och innehöll 13 blododlingsflaskor. I jämförelse skickades som minst en flaska lördagen den 16 februari. Spridningen är relativt stor på antal per dag. Det genomsnittliga antalet flaskor som skickas varje vardag uppgår till 5 stycken. Under lördagar skickas i genomsnitt 4 stycken per dag.

Resultat över hur ledtiderna varierar mellan varje transporterad blododlingsflaska presenteras i form av en graf, se figur 4.2. Tiden avser den tid det tar från att blododlingen laddats ur från blododlingsskåpet tills dess att den anlänt in till laboratoriet på mikrobiologen SÄS Borås. I bilaga A.4 visas ett urklipp på 30 stycken av de 200 Excel-beräkningarna med mer detaljerad information kring varje blododlingsflaska. Ledtiden sträcker sig från 1 timme 22 minuter till 52 timmar 16 minuter. Från grafen kan ett mönster tydas med kraftiga ledtidökningar följt av en period med lägre ledtid. Dessa toppar är blododlingsflaskor som urladdats på helgerna och som inte skickas före måndag 12:15. De högsta topparna är de blododlingar som urladdats på lördagar kort efter att Postnord gjort sin hämtning vid 09:00, medan de lägsta ledtiderna fås från urladdningarna som sker kort innan upphämtning oavsett dag.

Ledtider från urladdning till ankomst mikrobiologen SÄS



Figur 4.2: Figur visar ledtider från urladdning till ankomst mikrobiologiska SÄS. Författarnas egna bild.

Som riktlinjer erhålls medelvärde, medianvärde och standardavvikelse från grafen i figur 4.2. Dessa är 16 timmar 22 minuter i medelvärde med en standardavvikelse på 12 timmar 27 minuter och mediantiden är 14 timmar 9 minuter.

4.2 Resultat av intervju

Här presenteras ett sammanfattat resultat av intervjun med en anonym person från laboratoriet på mikrobiologen SÄS, personen i fråga har god erfarenhet av hanteringen av blododlingar. Hela intervjun finns i bilaga A.5.

Från intervjun kan det fastslås att frekventa inleveranser med fasta tider är önskvärt. Men även oregelbundna inleveranser stör inte det dagliga flödet. Omständigheterna vid oregelbundna inleveranser liknar istället de som mikrobiologen på SÄS själva har. Alltså att deras egna blododlingskåp signalerar oregelbundet och därefter analyserar laborationspersonalen de blododlingsflaskorna så fort möjlighet finns. Någonting mer som var önskvärt är att blododlingsflaskor anländer under natten eller morgonen för att finnas tillgängliga för laborationspersonalen direkt när de börjar sin arbetsdag. På så vis kan de enklare planera sin arbetsdag.

När det kommer till lastning och lossning sker de i dagsläget av personal från Regionsservice som också transporterar proverna. På så sätt kan laborationspersonalen använda sin tid på enbart värdeadderande saker som bland annat analysering av prover. Därför framkom det i intervjun att om en drönare ska utföra vissa transporter erfordras det någon form av automatiskt system som kan lossa och lasta drönaren.

Slutligen framgick det vilken tid blododlingsflaskorna senast kan inkomma för att bli omhändertagna. Denna tid är senast en halvtimme innan stängning. Men ett önskemål var att få proverna som senast 15:30 på vardagar, vid 12:00 på lördagar och mellan 10:00-11:00 på söndagar.

4.3 Analys av väder

För att uppskatta förväntade väderförhållanden som drönaren kan flyga i har lufttemperatur, vind, och nederbördsdata analyserats. Temperaturdata är analyserat från år 1961-2018 och vind har analyserats mellan år 1995-2018. Nederbördsdatan som undersökts är mellan 1961-2012. Nederbörd och lufttemperatur är hämtat från Borås väderstation, vind är hämtat från närmast närliggande, Rångedala, på grund av att väderstationen i Borås inte samlar vinddata. Nederbördsdata har även hämtats från Alingsås väderstation, däremot samlar inte väderstationen vind-, och temperaturdata.

4.3.1 Lufttemperatur

Lufttemperaturen är analyserad över 24 timmar, stationen mäter temperaturen två gånger per dygn som då gäller 12 timmar. Av de två mätvärdena sparas det maximala respektive minimala värdet varje dygn.

I bilaga A.6 visualiseras statistik över lägsta temperaturer uppmätta mellan år 1961-2018. Utifrån grafen ses en ökning av temperaturen. En noggrannare analys gjordes därmed mellan år 2000-2018, och sedan år 2008-2018. Ur graferna ses att temperaturen understiger -15°C vid några tillfällen men att en betydande del ligger mellan -10°C och -15°C . Mellan år 2010 - 2018 har det varit under -15°C 50 dagar av 3255 dagar.

Maximalt uppmätt temperatur mellan år 1961-2018 var $33,7^{\circ}\text{C}$ och inträffade 1976. För att få en bättre uppfattning om hur ofta temperaturen förväntas överstiga 30°C i närtid analyseras data mellan år 2008-2018, se bilaga A.6. Som ses i grafen varierar temperaturen oftast mellan 0°C till 30°C , vid ett fåtal tillfällen har det överstigit 30°C den senaste åren. Med avseende på den globala uppvärmningen finns också risk att det kan ske mer frekvent i framtiden.

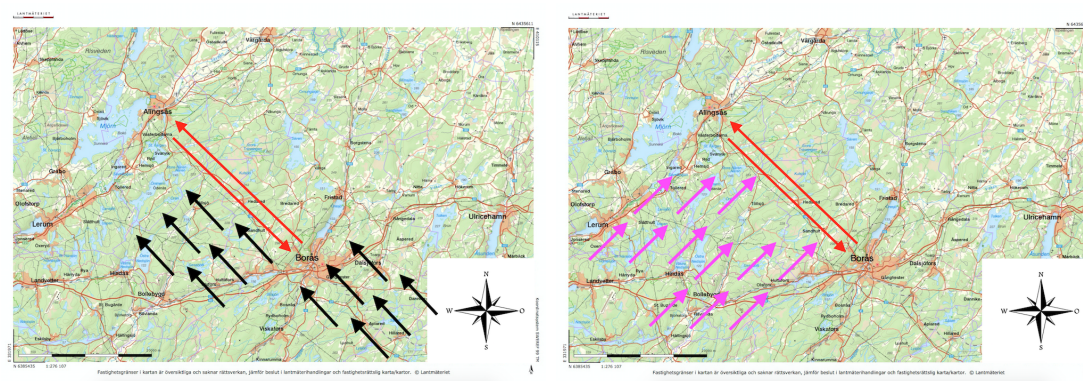
Med beaktande av statistiken görs bedömningen att drönaren bör klara att flyga i lufttemperaturer mellan -15°C till $+35^{\circ}\text{C}$ för att möjliggöra transport i så stor utsträckning som möjligt.

4.3.2 Vindhastighet, vindby och vindriktning

I bilaga A.7 visas byvind och vindhastighet vid Rångedala väderstation. Vid uppmätning har mätstationen skapat ett medelvärde av vindhastigheter uppmätta under tio minuter. Det har skett varje respektive var tredje timme. Diagrammet för vindhastighet visualiserar mätdata från år 1995 till 2018. Några få toppar ur diagrammet visar på vindhastigheter runt 11 meter per sekund till 13 meter per sekund. Det högst exakta uppmätta värde är 13,6 meter per sekund. Vad som kan konstateras är att vindhastigheten har en tämligen stor spridning, men med relativt låg genomsnittshastighet. Medelhastigheten från samtliga mätpunkter är 2,48 meter per sekund. Den datan som sträcker sig över 23 år pekar på att drönaren måste klara vindhastigheter till och med 13,6 meter per sekund. En gardering mot osäkerheter medför att drönare ska klara vindhastigheter till 15 meter per sekund.

Resultatet för vindbyar uppmätta från Rångedalas mätstation sträcker sig också från år 1995 till 2018. Vindbyarna motsvarar den momentant högsta vindhastigheten under en timme. Vindbyarna har en betydligt större spridning med hastigheter upp till max 28,8 meter per sekund. Från diagrammet kan det tydas att starka vindbyar från 20 meter per sekund till 28,8 meter per sekund inträffar sällan på det 23 åriga intervallet. Det har blåst 20 meter per sekund eller mer 43 dagar av dessa 23 år, vilket tyder på att det inträffar mycket sällan. Eftersom det är något som inträffar sällan är det inga omständigheter som drönare anses flyga i. Det inträffar däremot mer frekvent vindbyar mellan 15 meter per sekund och 20 meter per sekund, vilket istället medför att drönaren bör klara att motstå de byvindshastigheter.

Cirkeldiagrammet i bilaga A.8 presenterar resultatet av vilken vindriktning som i största del förväntas inkomma på drönaren under sträckan Alingsås till Borås, samt omvänt. Skillnaden är marginell mellan vissa vindriktningar, men de mest dominanta riktningarna är västsydväst och sydsydost. Det som vidare kan tolkas ur diagrammet är att nordnordväst och ostnordost står för relativt liten andel av vindriktningen. För att klargöra det bättre delades vindriktningarna in i fyra delar. Då från nord till ost, ost till syd, syd till väst, samt väst till nord. Resultatet blev att majoriteten av antalet gånger de blåser är vindriktningen mellan väst och öst, då med procentuell andel 64 procent. Framförallt i form av sydvästlig vind med andel 34 procent, tätt följt av sydostlig vind med andel 30 procent. Detta illustreras i figur 4.3, där de svarta pilarna motsvarar sydostlig vind och de lila sydvästlig vind. Således förväntas till största grad sidovind från sydväst. Men även direkt mot- eller medvind från sydost. Drönaren, alternativt flygvägarna, behöver dock ändå konstrueras för att klara alla typer av vindriktningar lika bra då andelen gånger de blåser från andra håll är väsentligt hög.

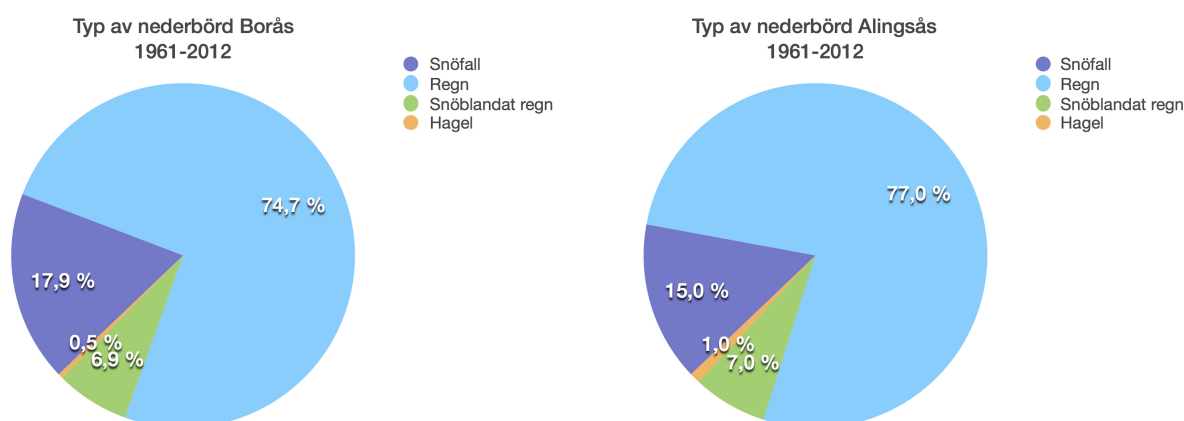


Figur 4.3: Figur illustrerar mest förekommande vindriktning (Lantmäteriet, 2019). Omarbetad. CC-0.

4.3.3 Nederbörd

Nederbördsdata är analyserat från Borås och Alingsås. Insamling har skett över 24 timmar och alla typer av nederbörds kategorier samt huvudkategorier för Borås visas i bilaga A.9 respektive bilaga A.10 för Alingsås.

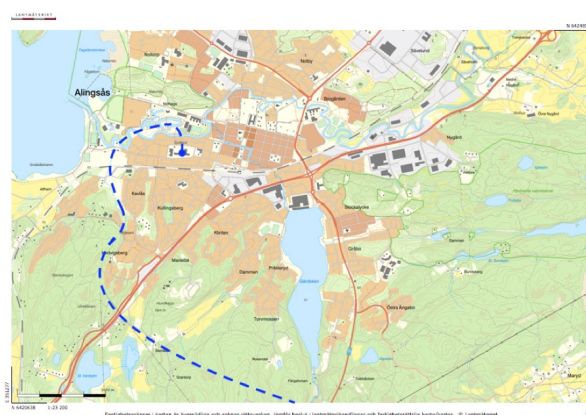
Figur 4.4 nedan visar vilken typ av nederbörd och till hur stor del en viss kategori inträffat sedan år 1961. Från början av 1961 till slutet av 2012 har det påvisats 10724 nederbördsdagar i Borås och 7845 nederbördsdagar i Alingsås av 18992 möjliga. Kategorierna i diagrammet har sammanslagits av flera olika underkategorier, se bilaga A.9 och A.10. Från figur 4.4 ses det tydligt att regn är mest förekommande nederbördsform och har inträffat 74,67 procent i Borås respektive 77 procent i Alingsås. Snöfall har förekommit mer i Borås (17,97 procent) än i Alingsås (15 procent), det har inträffat betydligt färre gånger än regn men fortfarande så pass mycket att det anses som vanligt väderförhållande. Snöblandat regn är en intressant kategori eftersom det är ett förhållande som kan vara problematiskt för drönaren att flyga i. Det blir tyngre än regn och snö vilket kan påverka flygkapaciteten samtidigt som risken för nedisning av drönaren ökar. Kategorin har förekommit 6,68 procent i Borås och 7 procent i Alingsås. Snöblandat regn anses inte som vanligt förekommande väder men fortfarande så pass frekvent och riskfyllt att det måste beaktas. Hagel har inte förekommit enligt väderdatan ofta i vare sig Borås eller Alingsås. Beroende på haglets storlek och intensitet finns risken att drönaren inte kan utföra transporter. Enligt statistiken är det ett ovanligt väderförhållande och sätts därmed inte som ett krav för drönaren att flyga i. Skulle det uppkomma under dagtid då drönaren transporterar prover bör alternativa transportmedel, såsom bil, finnas tillgängligt. Utefter resultatet måste drönaren klara att flyga i regn, snöfall och snöblandat regn.



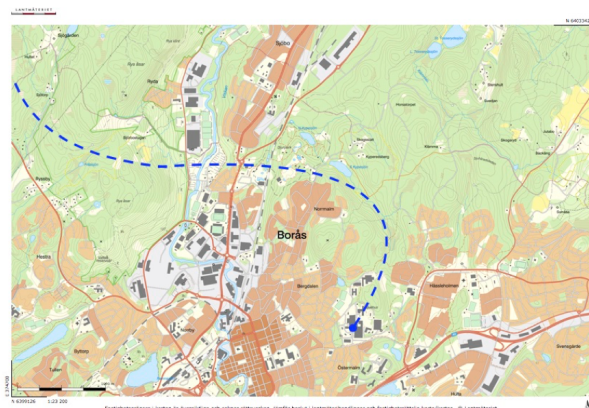
Figur 4.4: Visar fördelning av nederbördstyp i Borås respektive Alingsås. Författarnas egna bild.

4.4 Resultat av ny luftburen transportväg

Målet med den teoretiskt framtagna flygrutten är att till största mån flyga över glesbebyggda områden för att minska risken för personskada vid olycksfall, dessutom reduceras ljudnivån till närliggande bebyggelse. Rutten är dragen så att drönaren flyger utanför stadskärnorna och områden där många människor vistas. Rutten är utritad med hänsyn till förbjudna flygzoner enligt Luftfartsverket (LFV,2019). Det råder flygförbud 1000 meter runt SÄS på grund av helikopterflygplats, flygning får däremot ske inom området men måste då vara i samråd med berörd helikopterflygplats enligt LFV(2019). Totala sträckan är beräknad till cirka 39 kilometer. Figur 4.5 visualiserar flygrutten till och från Alingsås lasarett, som synes går den sydväst om tätbebyggelse och anländer från norr till lasarettet. Motsvarande ses i figur 4.6 hur rutten till och från Borås är dragen norr om stadskärnan och tätbebyggelse, vidare anländer drönaren från nordost till sjukhuset.

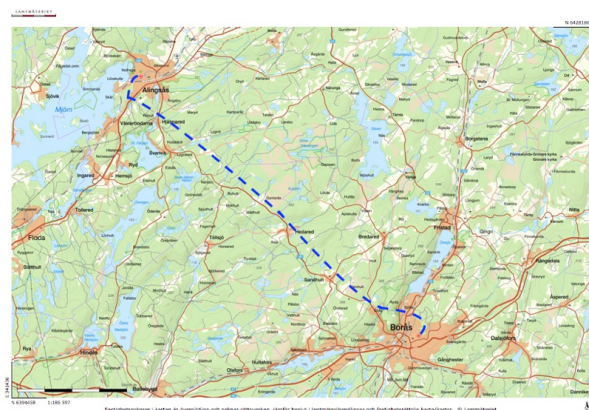


Figur 4.5: Beskriver flygrutt till Alingsås(Lantmäteriet,2019). Omarbetad. CC-0.



Figur 4.6: Beskriver flygrutt in till Borås(Lantmäteriet,2019). Omarbetad. CC-0.

I figur 4.7 ses hur färdvägen går längs länsväg 180 med hänsyn till närliggande bebyggelse. Fördelen med att flyga längs länsväg 180 är att det blir lättare att hämta drönaren om den måste landa på grund av tekniska problem eller svåra väderförhållanden. En säker landningsplats som är skyddad av exempelvis stängsel tillsammans med en omslutan- den landingsplattform som skyddar drönaren mot väder och skadegörelse kan placeras halvvägs mellan Alingsås och Borås. Den kan användas om drönaren stöter på problem halvvägs av transportsträckan. Är den tillräckligt nära antingen Borås eller Alingsås kan den återvända men har den kommit halvvägs kan det finnas risk för att den inte kan ta sig hela vägen tillbaka vilket leder till en oberäknelig landningsplats. Mellanstationen tillåter en förutbestämd landning som möjliggör enkel upphämtning av varor och drönare.



Figur 4.7: Visualiserar flygrutt mellan Borås och Alingsås(Lantmäteriet,2019). Omar- betad. CC-0.

4.5 Kravspecifikation

Efter analys av väderdata, flygrutter, säkerhetsföreskrifter om drönare samt diskussion med drönarföretag och berörd personal kunde krav och önskemål för en optimal drönare sammanställas i en kravspecifikation, se bilaga A.11. Kravspecifikationen är framtagen för att tydliggöra vilken prestanda och kapacitet en drönare bör uppfylla för att klara av att utföra transport mellan Alingsås lasarett och SÄS Borås. Kravspecifikationen är teoretiskt gjord och inga faktiska provflygningar eller tester ligger till grund för besluten. Nedan kommer vissa krav och önskemål från kravspecifikationen i bilaga A.11 att beskrivas utförligare.

- Punkt 3, *Underhåll*. Underhållsarbete är satt att utföras av externt företag av anledningen att vårdpersonal samt övrig personal behöver fokusera på sitt arbete, samtidigt som utbildning krävs för att hantera en drönare. Troligtvis formas ett avtal där underhållsarbete ingår vid köp av transporttjänst.
- Punkt 5, *Storlek på drönare*, är satt som ett önskemål med hög uppfyllandegrad där drönaren fördelaktigen är maximalt 2000 millimeter i diameter. Större drönare medför att större landningsområde krävs samtidigt som hanteringen av drönaren blir svårare. En person bör klara av att flytta farkosten vid underhållningsarbete, överstiger den önskemålet börjar hantering bli omständigare. Större drönare har också större vindfång vilket gör landning och start mer riskfyllt. Ur marknadsföring, se bilaga A.12, framgår det att storleken varierar mellan 710-2600 millimeter i diameter där majoriteten är under 2000 millimeter. Därmed anses 2000 millimeter vara ett bra riktvärde eftersom det medför enkel hantering, mindre vindfång och mindre landningsyta samtidigt som endast ett fåtal drönare i marknadsundersökningen inte uppfyller måttet.
- Punkt 6, *Vikt på drönare*, är satt som ett önskemål med hög uppfyllandegrad. Det är fördelaktigt om vikten kan vara relativt låg för att minska skadan vid kraschlandning (utan säkerhetssystem). Vidare innebär låg vikt minskad hastighet på drönaren vid nödlandning med säkerhetssystem (exempelvis med fallskärm) som också leder till lägre risk för person-, och materialskada. Dock är hastigheten beroende på fallskärmens storlek. Som nämnts ovan ska en person klara hantera drönaren. Med beaktande av tidigare nämnda faktorer är målvärdet satt till 12 kilo inklusive last, alltså bör drönaren väga mindre än 9,5 kilo utan last för att uppfylla målvärdet.
- Punkt 9, *Standarder och lagkrav*, i kravspecifikation innefattar de lagar som transportstyrelsen (TSFS 2017:110) har framtagit för flygning av obemannade flygfarkoster. Det är upp till utvecklare och beställare att säkerställa att uppdaterad information och reglemente följs.
- Punkt 13, *Politiska och sociala kompetenser*, enligt trafikbullerförordningen (SFS 2015:216) bör inte ljudnivån från flygfarkoster överstiga 55 dBA FBN 70 dBA vid en bostadsbyggnads fasad. En studie utförd av NASA Langley Research Center (2019) beskriver hur ljudet från en drönare upplevs mer störande än ljudet från bilar. Alltså är då viktigt att ta hänsyn till tillåtna bullervärden för att inte påverka människor i dess omgivning negativt.

4.6 Marknadsanalys

Via resultatet av marknadsanalysen i bilaga A.12, insågs att varianterna *fast vinge* och *tiltrotor* är mest lämpad för långa och vädermässigt krävande flygningar. Varianten *multitrotor* utför vanligtvis kortare distanser med lägre bärlast och är därmed mer lämpad för transporter i urban miljö.

Det finns många drönare som har potential att utföra den här typen av uppdrag. I dagsläget utförs många forskningsprojekt och tester inom medicintransport. Det har medfört att få företag har färdigutvecklade drönare med konkreta tekniska specifikationer. I de fall då drönaren saknat fullständiga specifikationer, som i de flesta fall berör väderbeständighet, vindresistens och bärlast, har kontaktförsök gjorts med berörd part. Utvecklaren har då ofta haft svårt att ge definitiva svar och menar att farkosten är under utveckling och att prestandan hela tiden blir bättre. Samtidigt bygger många av företagen kundanpassade lösningar och drönare.

Företag såsom Wingcopter, Matternet och Zipline, se marknadsundersökning, bilaga A.12, är väletablerade företag som utfört många transportflygningar och har beprövade drönare på marknaden och kan därmed uppfylla många kategorier. Däremot bör inte andra mindre företag/utvecklare bortses då de flesta strävar efter att utveckla en robust drönare för just transport av sjukvårdsprodukter.

4.7 Val av referenslösning

Via matrisen i bilaga A.2 kan ett resultat erhållas angående vilka drönarplattformar som i dagsläget har bäst potential att klara transportuppdragen. Däremot är flertalet av de undersökta drönarna under utveckling och på så vis saknar de tekniska specifikationer. Därför har de drönare som idag erhåller tillgänglig information också setts som mer relevanta, förutsatt att de uppfyller de kriterier som projektgruppen fastställt. För att sammanställa alla drönares specifikationer har beteckningarna IOK(Inte okej), OK(okej) och IU(ingen uppgift) använts. Sammantaget utifrån denna jämförelse framtogs de topp tre lämpligaste som visas i tabell 4.1 nedan. Lämpligast ansågs vara de drönare som hade flest antal OK. Bilder på vardera drönare visas i figur 4.8

Tabell 4.1: Rankning av drönarplattformar

Ranking	Drönarplattform
1	Wingcopter 178/Heavy lift
2	Muas V4.0
3	Vertical technologies DeltaQuad Pro / NMS M600 PRO / Zipline



Figur 4.8: Högst upp från vänster visas: Wingcopter 178(Deutsche Post AG,2018), Muas V4.0(MonashUAS,2018), DeltaQuad Pro(Vertical technologies DeltaQuad,2019), NMS M600 Pro(DJI,2019), Zipline(Zipline,2018). Återgivna med tillstånd.

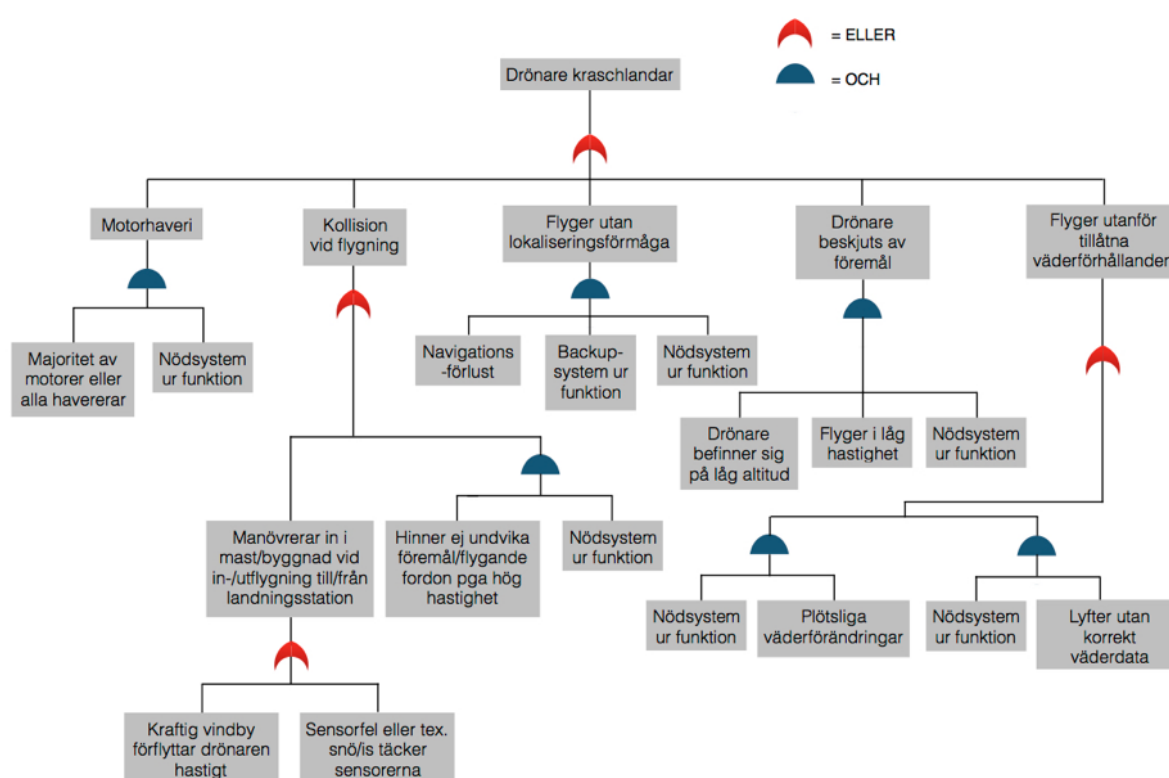
Vad som kan tolkas ur resultatet är att Wingcopter anses som mest lämplig utifrån projektets kravspecifikation. Genom att studera matrisen i bilaga A.2 framgår även att Wingcopter är den enda drönarplattformen som överlägset uppfyller krav och önskemål bäst. Information saknas däremot om automatiserad laddning samt hur väl tekniken är anpassad för transportstyrelsens föreskrifter. Nästa plattform som uppfyller näst mest kriterier är Muas V4.0. Denna plattform är inte lika väl anpassad för varierande klimat och därmed inte regntålig, samt saknar information om vilka byvindshastigheter och temperaturintervall som är möjliga att flyga i. Däremot för att få tekniken regntålig anser projektgruppen som ett mindre problem som kan lösas utan större ingrepp i designen. Utöver det var denna plattform en toppkandidat i tävlingen *UAV Challenge 2018-Medical Express Challenge* och ansågs vara mycket bra trots att inget tävlingslag lyckades fullfölja tävlingen helt, enligt tävlingsarrangörerna(Day 5 of UAV Challenge 2018 -no overall winner in Medical Express", 2018) .

Slutligen delar tre drönarplattformar tredjeplatsen som mest lämplig. Dessa tre modeller skiljer sig väsentligen tekniskt. Vertical technologies DeltaQuad Pro har en fast vinge men landar och startar vertikalt. NMS M600 PRO är en multirotor och har således inga vingar. Slutligen kommer Zipline som använder en uppskjutningsramp för att starta då denna modell har en fast vinge men kan ej starta vertikalt. Landningen sker sedan via en speciell anordning som fångar in drönaren. Zipline har många utförda flygtimmar och påvisat god leveransförmåga.

Det som kan konstateras av detta resultat är att Wingcopter är den som i dagsläget kan möta dagens krav bäst och kommer därför vara den drönarplattform som följande resultat i rapporten baseras på.

4.8 Resultat av risker med drönartransport

Genom att studera riskscenarion som ansågs få störst negativa konsekvenser valdes scenariot där drönaren kraschlandar. Från det här scenariot skapades en FTA som syns i figur 4.9. Bemärkelsen *Drönare kraschlandar* betyder i det här fallet att drönaren okontrollerat störtar mot marken utan någon som helst förmåga att bromsa. En kraschlandning anses vara allvarlig enligt projektgruppen, då en sådan kan skada någon eller något som befinner sig på marken, men även patientprover eller hela drönaren kan gå förlorad.



Figur 4.9: Beskriver riskscenariot kraschlandning. Författarnas egna bild.

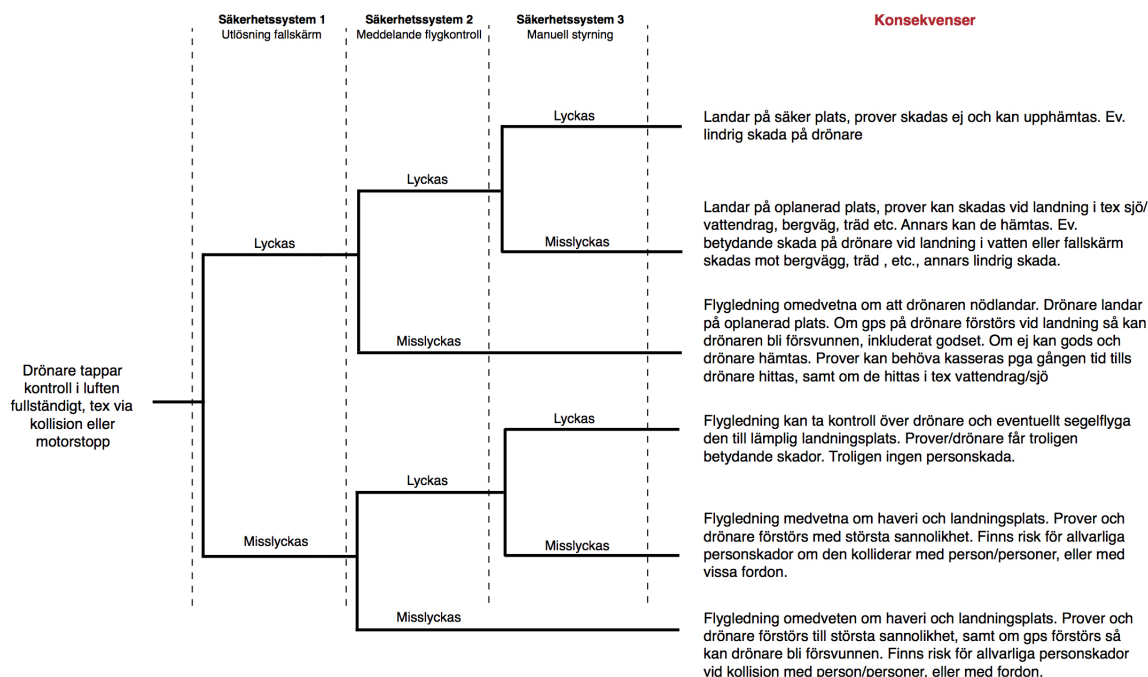
Oberoende drönarplattform delades kraschlandningen upp i fem potentiella huvudhändelser som individuellt kan utlösa en kraschlandning. Samtliga utom en erfordrar att nödsystemet är ur funktion. Det nödsystem som projektgruppen förhållit sig till är någon form av bromsförmåga, som till exempel en fallskärm som löser ut om drönaren skulle okontrollerat börja störtar. Det fallet som inte baseras på om nödsystemet fungerar är kollision vid in- eller utflygning till landningsstation. Anledningen är att på denna höjden som beräknas vara cirka 0-10 meter så är sannolikheten betydande att en fallskärm inte hinner lösa ut och bromsa drönaren innan den når marken.

Beteckningen *motorhaveri* i projektgruppens FTA avser alla typer av händelser som får motorerna att stanna. Det kan vara fel som uppstår i själva motorerna, alternativt att batteriet är urladdat och motorerna således stannar. *Kollision vid flygning* avser alla typer av luftburna kollisioner, kan till exempel vara kollision med fåglar, övrig lufttrafik som flygplan och hobbyflyg, men även hinder som telemaster eller byggkranar. *Drönare beskjuts av föremål* syftar till att drönaren utsätts för till exempel stenkastning eller beskjutning av lättare typ av vapen som luftgevär, paint ball-gevär alternativt soft airgun. Anledningen av att projektgruppen fokuserar mestadels på dessa typer av vapen är att de är licensbefriade, enligt Polisen(2019). Således är det troligare att personer har dessa tillgängliga. Men även att dessa vapen kan avlossas utan större konsekvenser och risktänk, det kan medföra att personer bland annat kan börja skjuta mot drönaren för att den till exempel är störande, inkräktande eller anses underhållande att skjuta mot. För att det ska vara möjligt måste drönare flyga på en låg höjd och relativt låg hastighet för att sannolikheten att träffa ska anses vara betydande. Exakta höjdintervall kan inte konstateras, men en uppskattning är att låg höjd är under 50 meter. Låg hastighet uppskattas till 0-50 kilometer per timme.

Händelsen *flyger utan lokaliseringsförmåga* syftar till att drönaren förlorat all sin lokaliseringsförmåga och navigation, det kan medföra att den flyger åt fel håll och tillslut förburkat all batterieffekt. Det förutsätter även att ett backup-system som exempelvis kan starta om navigationssystemet, nödlanda drönaren eller landa på närmsta definierad landningsplats är ur funktion.

Sista händelsen *flyger utanför tillåtna väderförhållanden* avser att drönaren flyger i ett klimat som är utanför de vädermässiga gränsvärden som drönaren klarar av att flyga i. Flygning utanför dessa gränsvärden kan äventyra drönarens funktioner och kan leda till manövreringsproblem. Att drönare befinner sig i ett sådant klimat kan ske via att transport påbörjas på grund av felaktig väderdata eller fel i system, men även genom att vädret plötsligt förändras under flygtiden.

Resultatet av händelseträdsanalysen syns nedan i figur 4.10. Händelsen som utvärderas anses vara den som är mest vital för att undersökning av konsekvenser. Händelsen är att drönaren på något sätt tappar manövreringsförmåga i luften vilket resulterar i att den inte kan flyga. Från det här scenariot framkom det 6 stycken olika konsekvenser beroende på säkerhetssystemens lyckade eller misslyckade ingripande.



Figur 4.10: Redogör händelseträd. Författarnas egna bild.

Vid utformning av analys förutsattes att drönaren har tre säkerhetssystem, vilket kan tydas i figuren. Säkerhetssystem 1 är primärt och ska startas först. Det här systemet avgör om drönaren kommer att bromsas med hjälp av en fallskärm. Säkerhetssystem 2 innebär att operativ drönarövervakare/drönartjänstföretag får information om att drönaren fått problem och kommer att nödlanda eller störta. Det triggar nästa säkerhetssystem som innefattar att en operatör kan ta kontroll över drönaren och på så vis kunna förmildra utloppet av olyckan. Förmildring sker alltså genom att operatören på något sätt kan styra undan drönaren från bland annat folkmassor, byggnader, vägar och sjöar.

Det sammantagna resultatet av riskanalyserna tyder på att ett säkerhetssystem som exempelvis fallskärm är vitalt för att förhindra olyckor och minska konsekvenser av olyckor. Någon form av kommunikation vid olycka till operativ drönarpilot eller företag som tillhandahåller transporttjänsten är också betydelsefullt för utgången av en olycka. Möjlighet att manuellt manövrera drönaren vid ett olycksscenario är också väsentligt.

När det gäller förebyggande åtgärder bör de fem huvudhändelserna som beskrivs i felträdsanalysen att undersökas. Potentiell åtgärd är att ha en välutvecklad självdiagnostisering som drönaren går igenom innan start. Där kontrolleras att vitala system som sensorer, väderdatan, backup-system och exempelvis motorer fungerar innan drönaren lyfter. För att förebygga att drönaren beskjuts bör drönaren hålla en hastighet över 50 kilometer i timmen och flyga över 50 meters höjd vid områden som anses riskfyllda. Utöver det bör drönaren ha en landningsplats som inte är för nära objekt som drönaren kan kollidera med vid eventuell kastvind under start och landning.

4.9 Resultat av jämförelse mellan drönare och dagens transportsystem

Följande kapitel behandlar skillnader mellan ett transportsystem baserat på drönare och dagens transportsystem. För resultatet av drönarens ledtider vid jämförelsen visas först resultat av inverkan av två olika väderförhållanden och två olika körscheman.

4.9.1 Resultat av körschema med drönartransport

Först presenteras två fall där tiden beräknas för att avklara transportsträckan en väg. Sedan presenteras körscheman efter dessa tider. Dessa körscheman är baserade på att enbart en drönare används. Leverans till mikrobiologiska laboriet på Södra Älvsborgs länssjukhus kan med hänsyn till att sista leveransen ska anlända senast en halvtimme innan stängning ske mellan klockan 07.30 och 16.00 på vardagar. På lördagar kan leverans ske mellan klockan 08.00 och 12.30, samt mellan klockan 09.00 och 12.30 på söndagar. Drönaren kan flyga i en hastighet av 150 kilometer per timme i 0 meter per sekund motvind enligt Wingcopters tekniska specifikationer ("Specifications". 2018). I 15 meter per sekund motvind kan den flyga i 96 kilometer per timme. Utefter uttritad flygrutt beräknas sträckan till 39 kilometer. Bilen utför sträckan Alingsås lasarett till Södra Älvsborgs länssjukhus på 75 minuter.

Fall 1: Transporttiden för drönaren i 0 meter per sekund beräknas till 16 minuter som ses i tabell 4.2. Det leder till en transporttid som är ungefär fem gånger så snabb som bil.

Tabell 4.2: *Fall 1. 0 m/s motvind.*

Fall 1		
Drönare		Bil
Vindstyrka	0 m/s	75 minuter
Sträcka	39 km	
Operativ hastighet drönare	150 km/h	
Hastighet vid 0m/s motvind	150 km/h	
Transporttid	16 minuter	

Fall 2: Transporttiden vid 15 meter per sekund motvind blev 25 minuter som visas i tabell 4.3. Det medför att transporten blir ungefär 3 gånger så snabb jämfört med bilen.

Tabell 4.3: *Fall 2. 15 m/s motvind.*

Fall 2		
Drönare		Bil
Vindstyrka	15 m/s	75 minuter
Sträcka	39 km	
Operativ hastighet drönare	150 km/h	
Hastighet vid 15m/s motvind	96 km/h	
Transporttid	25 minuter	

4.9.1.1 Körschema med batteribyte

Tabell 4.4 illustrerar hur ett körschema kan se ut då byte av batteri används för att göra drönaren startklar. Körschemat är baserat på att transporten tar 25 minuter enligt *fall 2* som beskrevs tidigare. Det finns olika typer av automatiska stationer för byte och laddning av batteri på marknaden, ett byte beräknas ta ungefär två minuter menar E.Granberg (Personlig kommunikation, 5:e april 2019), Technical Developer på Everdronne. Maximalt går det att genomföra nio leveranser på en arbetsdag. Genom att avgå med ett intervall på 60 minuter från Alingsås blir väntetiden till transport maximalt 60 minuter mellan klockan 07.00 till 15.00. Urladdas en blododlingsflaska för att transporteras efter klockan 15.30 blir väntetiden 15 timmar. Men det innebär ändå en förkortad väntetid med 9 timmar jämfört med dagens system där sista frakten för dagen går 12:15 och nästa frakt är 12:15 dagen efter.

Tabell 4.4: Körschema med batteribyte vardagar.

Körschema med batteribyte vardagar		
Alingsås		Borås
Avgår 06.30		06.55
	Batteribyte 2 min	
07.25		Avgår 07.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 07.30		07.55
	Batteribyte 2 min	
08.25		Avgår 08.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 08.30		08.55
	Batteribyte 2 min	
09.25		Avgår 09.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 09.30		09.55
	Batteribyte 2 min	
10.25		Avgår 10.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 10.30		10.55
	Batteribyte 2 min	
11.25		Avgår 11.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 11.30		11.55
	Batteribyte 2 min	
12.25		Avgår 12.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 12.30		12.55
	Batteribyte 2 min	
13.25		Avgår 13.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 13.30		13.55
	Batteribyte 2 min	
14.25		Avgår 14.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 14.30		14.55
	Batteribyte 2 min	
15.25		Avgår 15.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 15.30		15.55

På helger är öppettiderna för klinisk mikrobiologi SÅS 08.00 - 13.00 lördag och 09.00 - 13.00 söndag. Körschema för lördag ses i bilaga A.13, det är möjligt att utföra fem leveranser med sista leveransen så sent som möjligt för att få med sent inkommande prov. Med söndagens öppettider går det att göra fyra leveranser, schemat ses i bilaga A.13.

4.9.1.2 Körschema med laddning

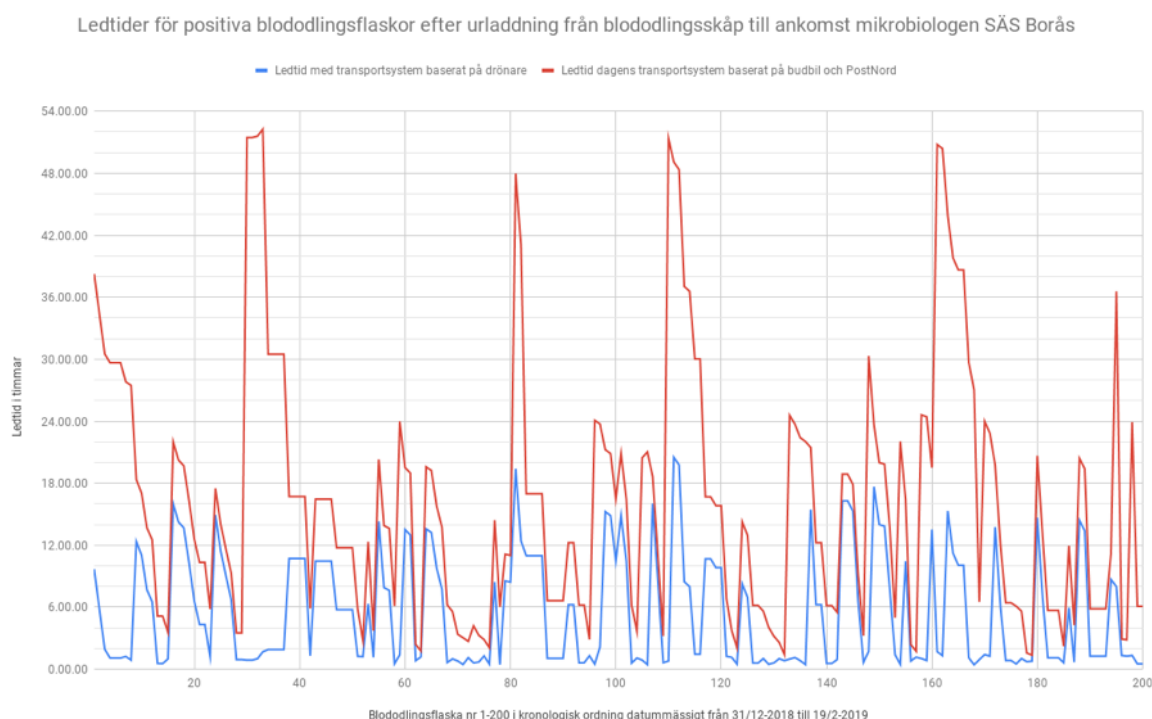
Likt körschemat för batteribyte så baseras också körschemat med batteriladdning på att transporten tar 25 minuter enligt *fall 2* som beskrevs tidigare. Att ladda ett batteri från lägsta tillåtna nivå till full kapacitet beräknas till ungefär 60 minuter enligt E.Granberg (Personlig kommunikation, 5:e april 2019). Om batteriet ska laddas efter varje flygning kan ett transportschema se ut enligt det som visas i bilaga A.13. Fyra leveranser går då att genomföra under en arbetsdag.

I bilaga A.13 beskrivs hur ett körschema för lördag och söndag kan se ut. Det går då att göra två leveranser där sista leveransen avgår så sent som möjligt för att inkludera så många prov som möjligt den dagen.

Att byta batteriet istället för att ladda batteri innebär fler antal leveranser per dag och därmed anses det mest lämpligt. Enligt figur 4.1 körs maximalt 13 prover per dag och 5 stycken i genomsnitt. Utifrån körschema ovan kan drönaren utföra 10 leveranser med 2.5 kilo gods per leverans. Drönaren bör klara att leverera 10 blododlingsflaskor per flygning enligt kravspecifikation, se bilaga A.11, vilket resulterar i att två flygningar erfordras. Det finns alltså möjlighet att använda drönaren till att skicka andra medicinska artiklar då en blododling endast väger 77 gram. Om det finns artiklar som inte måste anlända under arbetstid finns möjligheten att låta drönaren utföra leveranserna dygnet runt. Det medför högre utnyttjande av systemet samtidigt som budbilen hanterar färre artiklar. För att åstadkomma det är det förmånligt att byta batteri istället för att ladda eftersom det medför fler leveranser per dag. Det skulle i sådana fall medföra inköp av två batteristationer och minst tre batterier. Det innebär eventuellt en större investering men systemets fulla potential kan utnyttjas istället för drönaren står outnyttjad 6 timmar per arbetsdag. Oavsett metod kan fler leveranser utföras jämfört med dagens system av en leverans per dag.

4.9.2 Resultat av skillnad mellan dagens transportsystem och drönartransportsystem

Nedan i figur 4.11 visas en jämförelse av nya ledtider baserat på att en drönare levererar samtliga blododlingsflaskor som studerades i kapitel 4.1. Ledtiderna är beräknade utifrån körschemat för vardagar och helger med batteribyte som presenterades i föregående kapitel. Via diagrammet är det tydligt att de stora topparna, som uppkom vid biltransport, med ledtider runt 52 timmar har reducerats, samt att ledtiden generellt är lägre. Exakt jämförelse av ledtidernas medelvärde, median, standardavvikelse till medelvärde, maximum och minimum visas i tabell 4.5.



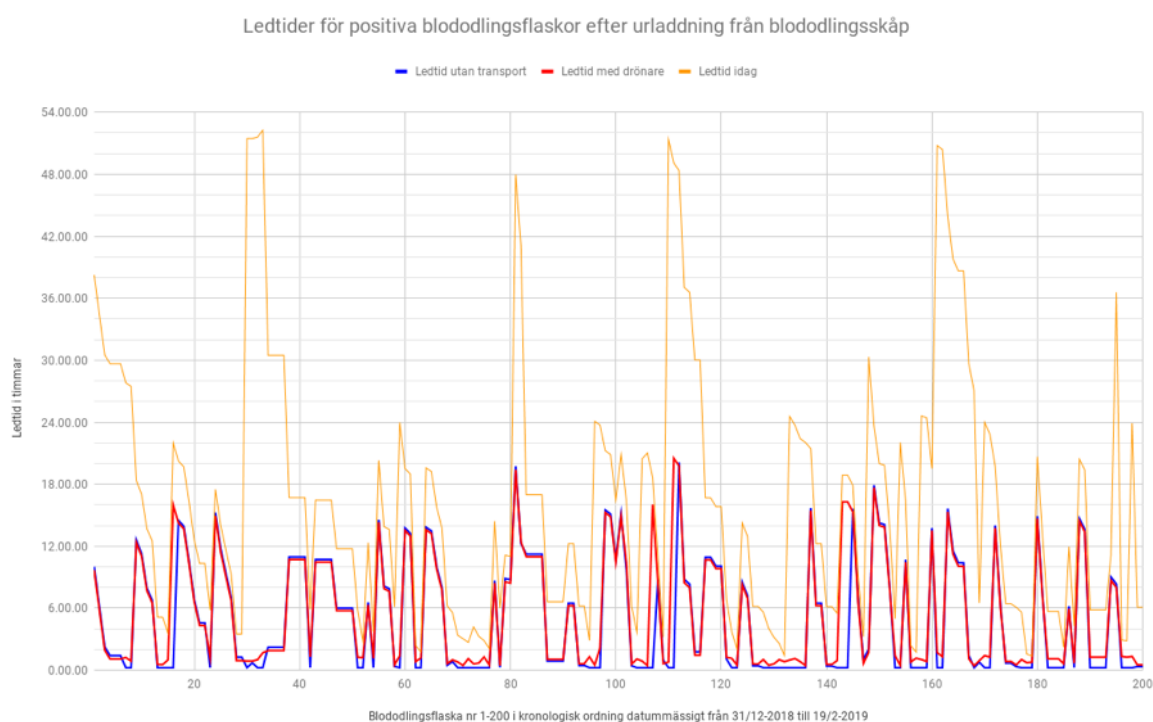
Figur 4.11: Visar jämförelse av ledtider. Författarnas egna bild.

Tabell 4.5: Jämförelse av ledtider mellan bil och drönare.

Transportsystem	Ledtid medel	Ledtid median	Standardavvikelse från medel	Ledtid max	Ledtid min
Med bil (dagens)	16h 22min	14h 9min	12h 27min	52h 16min	1h 22min
Med drönare	5h 30min	1h 43min	5h 27min	20h 31min	0h 26min

Jämförelse av de nya ledtidernas förbättring jämfört med hur det skulle se ut om Alingsås lasarett skulle haft ett eget mikrobiologiskt laboratorium med samma förutsättningar som SÄS presenteras i figur 4.12. I det här diagrammet jämförs ledtider med *drönartransport*, *ingen transport* samt *biltransport*. *Ingen transport* är motsvarande att Alingsås hanterar sina positiva blododlingar likt SÄS gör, alltså har en ledtid på 15 minuter från urladdning till ankomst laboratorium. Samt har samma öppettider som klinisk mikrobiologi SÄS.

Det som kan tydas är att ledtider för drönare som fraktar blododlingsflaskor till SÄS har i största grad samma ledtid som om Alingsås själva skulle haft ett laboratorium. De liknande ledtiderna som uppstår av båda varianterna är på grund av öppettiderna. Alltså kan projektgruppen konstatera att värden, enbart på grund av ledtider, skulle vara näst intill jämlik för patienter som kommer till Alingsås lasarett respektive SÄS. Genomsnittlig jämförelse av ledtiderna visas i tabell 4.6. Eftersom oavsett om Alingsås lasarett skulle skicka iväg sina blododlingsflaskor med drönare eller analysera de själva skulle de ta näst intill samma tid. På så sätt skulle transporter med drönare motsvara att Alingsås själva kan analysera sina prover på samma sätt och villkor som SÄS gör.



Figur 4.12: Visar jämförelse av ledtider. Författarnas egna bild.

Tabell 4.6: Jämförelse av ledtider mellan bil, drönare och ingen transport.

Transportsystem	Ledtid medel	Ledtid median	Standardavvikelse från medel	Ledtid max	Ledtid min
Med bil (dagens)	16h 22min	14h 9min	12h 27min	52h 16min	1h 22min
Med drönare	5h 30min	1h 43min	5h 27min	20h 31min	0h 26min
Ingen transport	4h 57min	1h 21min	5h 31min	20h 07min	0h 15min

Jämförelse av patientpåverkan av de i dagsläget längre ledtider för patienter vid Alingsås lasarett jämfört med SÄS kan via teorin begrundas. Enligt teorin avgör läkare själva idag vilken typ av bredspektrumantibiotika som bör behandla patienten tills dess att bakterieart och resistens är bestämd. För de patienter som har längre ledtider, som i det här fallet är de på Alingsås lasarett, kan behöva inta bredspektrumantibiotikan under längre tid. I vissa fall två dygn mer än för patienter på SÄS med samma misstanke om sepsis. Det kan för patienten medföra onödiga biverkningar jämfört med om ledtiden varit kortare innan rätt antibiotika kan sättas in. Samt i mycket kritiska tillfällen där patienter med septisk chock inte får effektiv behandling kan mortaliteten öka med 7.6 procent per timme. I sådana lägen är tiden mycket kritisk. Skulle bakterieresistensen öka i Sverige skulle det medföra att sepsis blir mer svårbehandlat och läkare löper större risk att ge felbehandling. Då extra lång ledtid är ett faktum för patienter på Alingsås lasarett, bidrar det till överkonsumtion av bredspektrumantibiotikan, vilket i sin tur påverkar till en ökande bakterieresistens i Sverige. Således blir vinsten av ett drönartransportsystem jämfört med dagens transportsystem att onödig konsumtion av antibiotika minskas, men även att patienter kan få en effektivare sjukvård med eventuellt mindre biverkningar.

5

Diskussion

I detta kapitel förs diskussion om använda metoder och de resultat som framtagits.

5.1 Metoddiskussion

Projektets arbetsgång planerades från ett schema som veckovis beskrev respektive veckas arbetsuppgifter. Till en början låg fokus på att definiera och kartlägga problemet som skulle undersökas, inkluderat mycket datainsamling. Det insågs under arbetets gång att komplexiteten på problemet var stor. Det medförde att tydliga avgränsningar fick sättas upp för att erhålla någon rimlighet och djup i studien. Tanken med drönartransport är att de ska vara tillämplbart mellan flera olika sjukhus inom VGR, samt att flera olika medicinska gods ska kunna transporteras. Men att studera hela systemet skulle bli för komplext. Därför valdes efter diskussion med innovationsplattformen just sträckan mellan Alingsås och Borås, samt blododlingar för undersökning av sepsis som fraktgods. Eftersom då kunde en djupare analys göras på denna sträcka, för att sedan använda data från denna undersökningen för att avgöra hur tillämplbart ett liknande system hade varit mellan andra sjukhus.

En svårighet som projektgruppen upplevde under arbetets gång var insamlingen av data. För att kunna få verifierad data för att svara på frågeställningarna krävdes mycket sökande för att hitta lämpliga personer eller företag att kontakta. Mycket tid har gått till att skapa ett stort kontaktnät, där vissa delar ändå inte bidragit till projektets resultat. Även problem med att upprätta första kontakten har varit svårt då många företag, framför allt drönartillverkare, är lokaliserade utomlands och på så vis försvåras kommunikationen. Framför allt användes mailkontakt och många svar uteblev från drönartillverkare vilket senare ledde till saknade specifikationer i marknadsundersökningen. Däremot kunde de svar som erhöles ligga som grund till konstaterandet att tekniken idag är tillräckligt bra för att bygga drönare som kan passa behovet här i Sverige. Då syftas det främst på modellen Wingcopter som är överlägset starkast av de kommersiella drönarna som var med i studien.

När det kommer till riskbedömningar valde projektgruppen att kolla på hur en olycka kan inträffa och vad för konsekvenser som kan förväntas, då via felträdsanalys och händelseträdsanalys. Ett val som gjordes här var att undersöka den mest kritiska incidenten som ansågs vara att drönaren vid transport havererar på något sätt. En djupare riskanalys hade vart möjligt att utföra baserat på exempelvis försvinnande av patientuppgifter i samband med att drönare förloras på något sätt, eller hur utebliven leverans påverkar patient.

Vad gäller de framräknade ledtiderna är de beräknade över en relativt kort period. Det har medfört frågor avseende säsongsvariationer av sepsis. Men enligt studien av Mellhammar

et al(2016) som benämndes i kap 2.1 hittades inga märkbara säsongsvariationer när personer blir uppmärksammade att ha sepsis. Baserat på given information anses analyserad period vara tillräcklig för att få en uppfattning om belastningen på transportsystemet. Ledtiderna kan däremot påverkas av semestrar och extra helgdagar. Projektgruppen har inte hunnit undersöka det men risken finns att större spridning av ledtiderna kan förekomma.

5.2 Resultatdiskussion

Diskussion om resultatet kommer föras kring insamlad data, det framtagna drönartransportsystemet och jämlik vård.

5.2.1 Insamlad data

Det här projektet har utförts för att undersöka ett framtida transportsystem baserat på leveranser med drönare. Eftersom det idag inte finns ett sådant system att utvärdera har insamlad data och beräkningar varit teoretiska. Det kan påverka resultatets praktiska tillförlitlighet i verkligheten. Men för att kompensera för eventuella skillnader mellan verklighet och teori har projektgruppen varit konservativa med bland annat tekniska specifikationer i kravspecifikationen, samt vid beräkning av flygtid mellan Alingsås och Borås. Dock för att verifiera resultaten bör testflygningar utföras.

Kravspecifikationen ger en indikation på vad en drönaren förväntas uppnå i tekniska specifikationer. Det som anses vara utmanande är väderparametrarna. Sverige har ett betydligt omväxlande klimat när det kommer till vind, temperatur och nederbörd. Framför allt mellan årets säsonger. Därför lades stor vikt vid att analysera väderdatan. Väderstatistik har hämtats från en expertmyndighet och utan jämförelse eller beaktande av andra distributörer. SMHI användes då de har lång erfarenhet av väderanalys och anses tillförlitliga. SMHI påpekar däremot att vissa felkällor förekommer vid inhämtning av väder. Projektgruppen har beaktat SMHI:s påpekade felkällor och har därför gjort konservativa val i kravspecifikationen när det kommer till vindhastigheter och lufttemperatur i kravspecifikationen. Gällande nederbörd har ingen justering gjorts. Istället ansågs en liten variation av mängden nederbörd inte påverkar drönarsystemet, eftersom det är typ av nederbörd och frekvensen som är intressant. Kravspecifikationen är även baserad på att enbart en drönare ska användas. Vid fall där fler används kan bärlasten minskas vilket kan öppna upp för fler dugliga drönarmodeller. Framför allt då mindre bärlast påverkar en drönares flygdistanst positivt.

För att beräkna flygdistanst användes utritad flygrutt. På så sätt kunde flygtiden beräknas. Flygtid räknades även ut beroende på drönarens hastighet. Det som inte togs i åtanke var eventuell tilläggstid för vertikal start och landning. Men istället räknade projektgruppen med att det blåser 15 meter per sekund motvind under flygningen till och från Borås, på så sätt kan projektgruppen försäkra sig om att den uträknade ledtiden erhåller marginaler som kan förkortas. Det är då förutsatt att godslastning och godsavlämning sker effektivt och relativt autonomt.

5.2.2 Drönartransportsystem

Körschemat i avsnitt 4.9.1 är avsett för en drönare, skulle den av någon anledning inte kunna utföra transporten måste alternativa färdmedel sättas in. Det kan både bli kostsamt och resultera i förlängda väntetider för patient. Därför är det viktigt att optimera systemet för att erhålla redundans och tillförlitlighet. Det finns olika alternativ för att öka tillförlitligheten hos systemet, det kan göras genom att använda två eller fler drönare av samma typ. Då fallerar inte systemet om en drönare blir obrukbar. Alternativt används två eller fler drönare med lägre lastkapacitet. De måste då flyga samtidigt för att erhålla önskad kvantitet av godsmängd. Fördelen med ett sådant system är att risken för att hela leveransen uteblir minskar samtidigt som det kan vara mer kostnadseffektivt.

Ytterligare ett alternativ för att öka tillgänglighet kan vara att använda olika drönare. En som inte uppfyller kravspecifikationen fullt ut vad gäller väderparametrar och lastkapacitet tillsammans med en mer robust drönare som uppfyller kravspecifikationen. Vid normala väderförhållanden kan då den mindre drönaren utföra leveranser. Vid de tillfällen då väderförhållanden är sämre än normalt kan den kraftfullare ta vid. Beroende på hur kraftfull drönare som används finns möjligheten att utföra långdistans-leveranser till exempelvis Sahlgrenska i Göteborg för att utvidga systemet ännu mer.

Sträckan Alingsås till Borås är relativt lång och om tekniska problem uppstår halvvägs är det inte garanterat att drönaren kan återvända till startposition eller hinna till ankomstplats innan svårare problem uppstår. Det kan då vara bra att överväga att placera en mellanstation på halva sträckan som drönaren kan landa säkert och skyddat på för att inte riskera att den landar i oöverskådad terräng. Förslagsvis installeras en mellanstation längs länsväg 180 för att underlätta för budbil att hämta proverna och säkerställa leveransen. En mellanlandningsstation skulle även kunna främja för möjligheten att använda mindre drönare som mellanlandar för batteribyte halvvägs för att sedan fortsätta transporten.

Vilket alternativ som anses lämpligast är alltså en diskussionsfråga angående transportsystemets tillförlitlighet och kostnad. Det som projektgruppen påvisat via denna studie är att i dagsläget skulle en drönare klara av att utföra dagens transporter av blodoldlingsflaskor. Med kravspecifikationen som framtagits kan även drönarplattformar specialbyggas för att passa just ändamålet för sjukvården inom VGR.

5.2.3 Jämlik vård

Denna studie har påvisat att det går att åstadkomma en mer jämlik vård med hjälp av drönare. Däremot är den inte helt jämlik, kommer patienten direkt till SÄS blir dess prov behandlat inom 15 minuter efter att signal givits, förutsatt att det är under öppettiderna. Befinner sig patienten på Alingsås lasarett inkluderas alltid en viss ledtid i form av logistik och transport av provet till SÄS. Efter stängning av mikrobiologiska SÄS behandlas proven på lika villkor oberoende vilket sjukhus de signalerar på.

Det finns möjlighet att minska ledtiden en aningen genom att flyga med flera drönare tätt inpå varandra. Men istället för att minska ledtiden ytterligare under dagtid kan det vara strategiskt att öka öppettiderna på mikrobiologiska laboratoriet på SÄS. Förlängda öppettider i kombination med att drönaren flyger dygnet runt medför väsentligt lägre medelvärde av ledtiderna. Dagens ojämna ledtider beror på laboratoriets öppettider, kan

de förlängas alternativt ha öppet dygnet runt kan de ojämnheter reduceras.

En alternativ metod till förlängda öppettider är att placera en mindre laborationsutrustning på Alingsås lasarett. Det finns en laborationsutrustning på marknaden som kräver minimal utbildning av personal och kan analysera blodprover med påvisad sepsis helt automatiskt. Maskinen heter Accelerate Pheno, Accelerate Diagnostics(2019), den kan analysera ett prov på 7 timmar. Dygnetrunt-verksamhet kan erbjudas om drönaren utför leveranser under dagtid och det som kommer in efter avslutat skift kan då analyseras i Accelerate Pheno-maskinen.

6

Slutsats och Rekommendation

I det här avsnittet redogörs slutsatser och rekommendationer för vidare arbete.

6.1 Slutsats

Den här studien har gett klarhet i att dagens transportsystem har långa ledtider för blododlingar, främst på grund av att transport mellan Alingsås och Borås enbart sker en gång varje vardag och lördag. Den här studien har även visat via en potentiell flygrutt, teknisk kravspecifikation och med potentiell drönare av modell Wingcopter heavy lift att ledtiden kan bli näst intill jämlik mellan patienter på SÄS och Alingsås lasarett. Förutsatt att drönaren flyger efter uppsatt logistikschema och körrutt kan dagens fraktbehov för blododlingsflaskor hanteras. Studien har även påvisat vilka faktorer som kan påverka att en olycka sker, men även faktorer som kan ha inverkan för att förmildra konsekvenser när en olycka skett.

En jämförelse har gjorts mellan dagens transportsystem och ett framtida baserat på drönare. Idag är ledtiden i genomsnitt 16 timmar 22min för patienter på Alingsås lasarett och 4 timmar 57min om lasarettet själva haft ett mikrobiologisk laboratorium likt SÄS. Med drönartransporter blir ledtiden 5 timmar 30min. Det viktiga är däremot att dagens transportsystem har stor spridning i jämförelse och erhåller inte sällan ledtider runt 50 timmar. Drönartransport ger avsevärt mindre spridning där maximal ledtid uppgår till cirka 20 timmar. Ledtidernas spridning för drönartransportsystemet följer spridningen för det scenario när ingen transport behövs. Alltså krävs det en förändring i öppettider för att minska ledtiderna ännu mer oavsett om det är drönartransport eller ingen transport som används. Alternativt använda en Accelerate Pheno då laboratoriet är stängt.

Det har konstaterats att förlängda ledtider kan medföra en ökande bakterieresistens på grund av överanvändning av antibiotika. Det kan skapa försvårande möjligheter att bota svårt sjuka patienter i framtiden. Idag kan det finnas risk att patienter vid Alingsås lasarett som får sina blododlingar transporterade upplever extra biverkningar på grund av förlängda ledtider. I vilken omfattning det här sker bör studeras djupare.

Det genomförs många lyckade projekt med drönartransport över hela världen. Det finns ett utbud av potentiella drönare samt företag på marknaden som teoretiskt kan utföra den här typen av uppdrag. Därför ser möjligheterna ljusa ut för att tekniken idag kan användas. Teknologin hos drönare lämpad för transport befinner sig fortfarande i utvecklingsfasen och därför spår projektgruppen att många nya konkurrerande företag och drönarmodeller kommer att uppstå.

6.2 Rekommendationer för fortsatt arbete

För att tillföra viktig data behövs en analys av landningsplatser. Det rekommenderas att utföra praktiska tester för att förstå hur vinden påverkar drönaren i olika omgivningar vid start och landning. Således fås en uppfattning om i vilka vindstyrkor det är säkert att landa och lyfta, samt vilket utrymme drönaren kräver. Även undersökning och framtagning av landningsplattform som automatiskt lastar och lossar gods, samt byter batterier behövs för framtida implementering. Landningsplatsen behöver även ta hänsyn till eventuella ljuduppkomster från drönaren. Det rekommenderas därför att undersöka ljudnivåns påverkan på omgivningen. För att inte störa patienter på sjukhuset kan det vara lämpligt att placera landningsplatsen på en strategisk plats utifrån bullernivåer. Landningsplattformen bör även skapas så möjlighet finns för olika drönarmodeller att landa på samma plattform, på så sätt skapas förutsättningar för ett utökat drönartransportsystem. Plattformen bör även skydda mot väder och vind samt hålla drönaren varm för att undvika isbildning reducerad batterikapacitet.

Litteraturförteckning

Amurkele, T. Hernadez, J. Snozek, C. Wyatt, R. Douglas, M. Amini, R. Street, J(2017). Drone Transport of Chemistry and Hematology Samples Over Long Distances. *AJCP*, 2017(148) doi: 0.1093/AJCP/AQX090

Accelerate Diagnostics, (2019). Hämtad 2019/04/15 <http://acceleratediagnostics.com/products/accelerate-pheno-system/>

Aviation Safety Network.(2016). *About ASN*. Hämtad 2019/04/16 från <https://aviation-safety.net/about/>

Aviation Safety Network.(2019). *ASN Drone Database*. ASN Aviation Safety Database. Hämtad 2019/04/16 från <https://aviation-safety.net/database/issue/dronedb.php>

Bresnahan,S. (2017). *The good drones: air delivery of blood samples could save lives*. Hämtad 2019/04/24 från <https://www.dronesinhealthcare.com/>

Chapman,A. (2016). *Types of Drones: Multi-Rotor vs Fixed-Wing vs Single Rotor vs Hybrid VTOL*. Hämtad 2019/03/01 från <https://www.auav.com.au/articles/drone-types/>

Delta Quad.(2019). *Image Gallery*. [Elektronisk bild]. Hämtad från <https://www.deltaquad.com/resources/gallery/>

DiCicco-Bloom, B., Crabtree, Benjamin, F. (2006). *Medical Education*, 40, 314-321. doi:10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x Hämtad 2019/05/19 från <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>

Drone Industry Insights. (2017). *“Drone Energy Sources – Pushing the Boundaries of Electric Flight”*. Hämtad 2019/05/02 från <https://www.droneii.com/drone-energy-sources>

Drone Industry Insights. (2018a). *“The European Drone Industry: Drone Industry Barometer 2018”*. Hämtad 2019/04/16 från <https://www.droneii.com/project/drone-industry-barometer-2018>

Drone Industry Insights. (2018b). *The Drone Market Environment Map 2018*. Hämtad 2019/04/16 från <https://www.droneii.com/project/drone-market-environment-map-2018>

Daitch, V., Akayzen, Y., Abu-Ghanem, Y., Eliakim-Raz, Noa., Paul, M., Leibovici, L., Yahav, D.(2018). Secular trends in the appropriateness of empirical antibiotic treatment in patients with bacteremia: a comparison between three prospective cohorts. *European Journal of Clinical Microbiology Infectious Diseases*: 37(3) 455-462. doi: 10.1007/s10096-018-3190-1 Hämtad 2019/05/2 från <https://link.springer.com/article/10.1007/s10096-018-3190-1#citeas>

Drönare.(2019). *Nationalencyklopedin*. Hämtad 2019/05/24 från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/dr%C3%B6nare>

DJI. (2019). *MATRICE 600PRO*[Elektronisk bild]. Hämtad 2019/05/14 från <https://www.dji.com/se/matrice600-pro>

Deutsche Post AG. (2019). *Pictures from pilot project Deliver Future*[Elektronisk bild]. Hämtad 2019/05/14 från <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/specials/dhl-parcelcopter.html>

Folkhälsomyndigheten (FOLK6224-12:2019).*Packa provet rätt*. Hämtad 2019/03/10 från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/globalassets/laboratorieanalys/information-for-bestallare/packa-provet-ratt.pdf>.

Folkhälsomyndigheten (2017) *Antibiotika och antibiotikaresistens*. Hämtad 2019/02/13 från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/antibiotika-och-antibiotikaresistens/>

Howell, E. (2018). *What is a drone?*. Hämtad 2019/04/24 från <https://www.space.com/29544-what-is-a-drone.html>

HSL SFS 2017:30. *Hälso- och sjukvårdslag*, AVDELNING II. BESTÄMMELSER FÖR ALL HÄLSO- OCH SJUKVÅR, allmänt. kap 3 §2. Hämtad 2019-07-02 från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/halso--och-sjukvardslag_sfs-2017-30

Ian Sutton,(2014). *Offshore safety management(second edition)*. Hämtad 2019/04/15 från <https://www.sciencedirect-com.proxy.lib.chalmers.se/topics/engineering/event-tree>

Kumar, A., Roberts, D., Wood, KE., Light, B., Parrillo, JE., Sharma, S., ... Cheang, M.(2006), Duration of hypotension before initiation of effective antimicrobial therapy is the critical determinant of survival in human septic shock:. *Care Med*, 34(6), 1589-1596. doi: 10.1097/01.CCM.0000217961.75225.E9 Hämtad 2019/02/13 från: https://journals.lww.com/ccmjournal/Abstract/2006/06000/Duration_of_hypotension_before_initiation_of.1.aspx

Knight,R. (2017). *Drones Deliver Healthcare, The industry reacts to part 107*. Hämtad 2019/04/24 från <https://www.dronesinhealthcare.com/>

- Lehmann Aviation.(2016). *Lehmann Aviation L-A series line of fully automatic aircraft released in 2016*. [Elektronisk bild]. Hämtad 2019/05/15 från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lehmann_Aviation_L-A_series_2016.png
- Luftfartsverket (2019) *Drönarkarta*. Hämtad 2019/02/28 från <https://daim.lfv.se/echarts/dronechart/#>
- Lantmäteriet.(2019). *Kartsök och ortnamn*[Elektronisk bild]. Hämtad 2019/03/05 från <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/Kartor/kartsok-och-ortnamn/>
- Max Pixel.(2016). *Fly Drones Images Drone Meadow Stands*[Elektronisk bild]. Hämtad 2019/05/13 från <https://www.maxpixel.net/Fly-Drones-Images-Drone-Meadow-Stands-3525493>
- Mellhammar, L. Wult, S. Lindberg, Å. Lanbeck, P. Christensson, B. Linder, A. (2016). *Sepsis Incidence: A Population-Based Study* Hämtad 2019/02/13 från <http://sepsisfonden.se/wp-content/uploads/2017/03/Mellhammar-2016-OFID-Sepsisincidence.pdf>
- Matternet(2019). *“UPS partners with Matternet”*. Hämtad 2019/04/18 från https://mttr.net/images/Matternet_Press_Release_UPS_03262019.pdf
- MonashUAS.(2018). *2018 UAV Challenge Medical Express*. [Elektronisk bild]. Hämtad från <http://www.monashuas.org/latest-news>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.(2018) *Assessing the Risks of Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System*.Hämtad 2019/04/16 från <https://www.nap.edu/>
- NASA Langely Research Center. *Initial Investigation into the Psychoacoustic Properties of Small Unmanned Aerial System Noise*. Hämtad 2019/04/04 från <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20170005870.pdf>
- Polisen. (2019). *Luftvapen, paintball, soft air gun och övriga vapen*. Hämtad 2019/05/08 från <https://polisen.se/lagar-och-regler/vapen-regler-och-tillstand/luftvapen-paintball-ovriga-vapen/>
- Roksenhorn.(2018). *A drone launches from Zipline’s California-based test facility*[Elektronisk bild]. Hämtad 2019/05/14 från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zipline_Drone_Launch.jpg
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.(2019). *Ladda ner meteorologiska observationer*. Hämtad 2019/03/06 från <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airtemperatureInstant,stations=all>

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. *Hur mäts vind?* Hämtad 2019/03/05 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-vind-1.5924>

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. *Hur mäts nederbörd?* Hämtad 2019/03/05 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-nederbord-1.637>

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. *Hur mäts lufttemperatur?* Hämtad 2019/03/05 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-lufttemperatur-1.3839>

Sepsisfonden(2019a), *Vad är sepsis?*, Hämtad 2019/02/13 från <http://sepsisfonden.se/fakta-om-sepsis/>

Sepsisfonden(2019b), *Sepsis vanligare än vad man tidigare trott*, Hämtad 2019/02/13 från <http://sepsisfonden.se/aktuellt/sepsis-vanligare-an-vad-man-tidigare-trott/>

SFS 2015:216. *Förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader*. Hämtad 2019/03/15 från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2015216-om-trafikbuller-vid_sfs-2015-216

Tucker,J. (2017). *A role for drones in healthcare*. Hämtad 2019/04/24 från <https://www.dronesinhealthcare.com/>

Tague, N.R,(2005) *The Quality Toolbox: Second Edition*. Hämtad 2019/04/09 från [https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpQTE00001/cid:kt00ARDND1/viewerType:khtml//root_slug:front-matter/url_slug:front-matter?=&issue_id=kt00ARDQW4&b-toc-cid=kpQTE00001&b-toc-root-slug=&b-toc-url-slug=front-matter&b-toc-title=Quality%20Toolbox%20\(2nd%20Edition\)&page=1&view=collapsed&zoom=1](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpQTE00001/cid:kt00ARDND1/viewerType:khtml//root_slug:front-matter/url_slug:front-matter?=&issue_id=kt00ARDQW4&b-toc-cid=kpQTE00001&b-toc-root-slug=&b-toc-url-slug=front-matter&b-toc-title=Quality%20Toolbox%20(2nd%20Edition)&page=1&view=collapsed&zoom=1)

TSFS 2017:110. *Transportstyrelsens föreskrifter om obemannade luftfartyg*. Hämtad 2019/03/15 från https://transportstyrelsen.se/TSFS/TSFS%202017_110.pdf

UAV Challenge. (2018). *Day 5 of UAV Challenge 2018 - no overall winner in Medical Express*. Hämtad 2019/03/25 från <https://uavchallenge.org/2018/09/28/day-5-of-uav-challenge-2018-no-overall-winner-in-medical-express/base/issue/dronedb.php>

UR (2019) *UR Samtiden - Sepsis - När en infektion blir livshotande: Hur väljer läkaren rätt antibiotika?* [Videofil]. Stockholm: Sveriges Utbildningsradio AB Hämtad 2019/02/13 från <https://urplay.se/program/210549-ur-samtiden-sepsis-nar-en-infektion-blir-livshotande-hur-valjer-lakaren-ra-cmpid=del:cl:20190213:urplay?cmpid=del:cl:20190214:urplay>

UAV Systems International(2019), *What is a fixed wing drone? Advantages and uses of fixed wing drones*. Hämtad 2019/03/05 från <https://www.uavsystemsinternational.com/what-is-a-fixed-wing-drone-advantages-and-uses-of-fixed-wing-drones/>

Wingcopter(2018). *“Revolutionising the delivery”*. Hämtad 2019/02/28 från <https://wingcopter.com/deliverfuture/>

Wingcopter(2018). *“Specifications”*. Hämtad 2019/05/02 från <https://wingcopter.com/technology/>

Wertheimer, L. (2018). *Drone to transport laboratory samples across Lake Zurich*. Hämtad 2019-02-07 från <https://www.post.ch/en/about-us/company/media/press-releases/2018/drone-to-transport-laboratory-samples-across-lake-zurich>

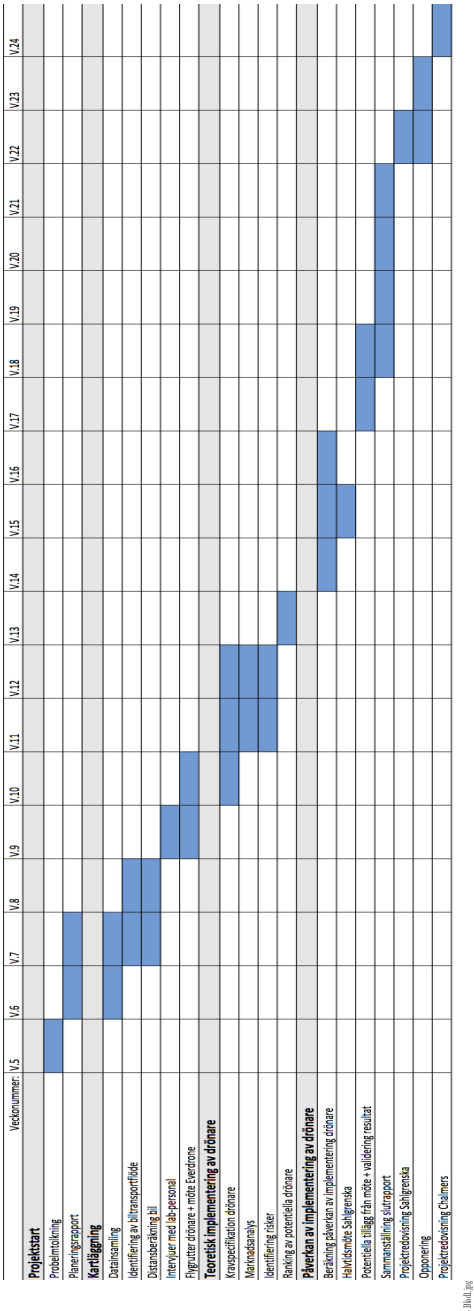
Wertheimer, L. (2019). *Swiss Post to resume drone flights for medical services*. Hämtad 2019-05-19 från <https://www.post.ch/en/about-us/company/media/press-releases/2018/drone-to-transport-laboratory-samples-across-lake-zurich>

Zipline(2019). *“We´re providing 11,000,000 people”*. Hämtad 2019/02/28 från <https://flyzipline.com/impact/>

A

Bilagor

A.1 Gantt-schema



A.2 Rankningsmatrix

[illegible]

A.3 Körschema transportbil

Bil 50

Telefon 0708-595494

2016-11-24

Tid	Enhet	Adress	Info	M	T	O	To	F
8:00	Godsmottagningen	Alingsås Sjukhus	Hämta o lasta moppar + labblådor	X	X	X	X	X
8:10	Närhälsan Barnmorskemott	Oscarsgatan 9 B V2	Sopor Servicedistriktjänster Lämna rosa labblådor o post	X	X	X	X	X
8:10	Närhälsan Kansliet	Oscarsgatan 9 B	Sopor Servicedistriktjänster	X	X	X	X	X
8:15	Hälsan o Arbetslivet	Oscarsgatan 11 V2	Sopor Servicedistriktjänster	X	X	X	X	X
8:15	Hudmottagningen	Oscarsgatan 11 V1	Sopor Servicedistriktjänster	X	X	X	X	X
8:15	Apotek	Södra Ringgatan 32 A	Sopor Servicedistriktjänster + Post o paket	X	X	X	X	X
8:20	Ambulansen	viktorigatan 1	Sopor Servicedistriktjänster	X	X	X	X	X
8:25	Miljöstationen	viktorigatan 1	Töm soporna	X	X	X	X	X
8:35	Posten	Maskingatan 2	Hämta post Alingsås sjukhus o tvätteriets box	X	X	X	X	X
8:40	Tvätteriet	Tvätterigatan	Hämta lämna post gods entreplan + hämta post o labblådor labrum	X	X	X	X	X
8:45	Fordonsgas	Borgensgatan 1	Tanka	X	X	X	X	X
8:55	Godsmottagningen	Alingsås Sjukhus	Lossa, lasta	X	X	X	X	X
9:15	Medpro Clinic Noltorp	Säterigatan 122	Hämta lämna post	X	X	X	X	X
9:25	Godsmottagningen	Alingsås Sjukhus	Lossa, lasta	X	X	X	X	X
10:05	Bup Mottagningen V 3	Södra Ringgatan 28	Hämta lämna Post, apotek	X	X	X	X	X
10:05	Sjukvårdsupplysningen V 4	Södra Ringgatan 28	Hämta, lämna post, paket	X	X	X	X	X
10:05	Psykolog Mödra o hälsöv V 2	Södra ringgatan 28	Hämta lämna post, paket	X	X	X	X	X
10:05	Närhälsan BVC	Södra ringgatan 28	Lämna Apotek kvittens	X	X	X	X	X
10:10	Närhälsan Barnmorskemott	Oscarsgatan 9 B V2	Hämta lämna post, apotek, m.m	X	X	X	X	X
10:10	Logopederna	Oscarsgatan 9 B V3	Hämta, lämna post, paket	X	X	X	X	X
10:10	Närhälsan Kansliet	Oscarsgatan 9 B V 4	Hämta, lämna post, paket	X	X	X	X	X
10:15	Biblioteket	Bryggaregatan 5	Hämta lämna boklådor		X		X	
10:20	Folk tandvården	Stråhles alle 1	Hämta lämna Post, apotek, paket, riskavfall, övrigt farligt avfall	X	X	X	X	X
10:30	Barn o vuxenhabilitering	Lärkvägen 10	Hämta, lämna post, paket, m.m	X	X	X	X	X
10:35	Närhälsan Ångabo	Sundsbergsvägen 7	Hämta, lämna post, paket, apotek, prover, m.m	X	X	X	X	X
10:45	Ungdomsmottagningen	Göteborgsvägen 12	Hämta, lämna post, paket, apotek, prover	X	X	X	X	X
11:00	Psykiatriska Öppenvårds	Charlottenbergsvägen	Hämta, lämna post, paket, apotek, prover	X	X	X	X	X
11:15	Sävelångens Familjeläk	Ingaredsgatan 70	Hämta lämna post Prover unilablåda prover till Skövde	X	X	X	X	X
Tid	Enhet	Adress	Info	M	T	O	To	F
11:40	Hälsan o Arbetslivet	Oscarsgatan 11 V2	Hämta, lämna post, paket, apotek, prover	X	X	X	X	X
	Hudmottagningen	Oscarsgatan 11 V1	Hämta, lämna post, paket, apotek, prover knacka på dörren	X		X		X
11:40	Närhälsan Barnmorskemott	Oscarsgatan 9 B V2	Hämta prover	X	X	X	X	X
11:45	Alingsås Lab	Södra Ringgatan	Lossa labblådor	X	X	X	X	X
11:50	Godsmottagningen	Alingsås Sjukhus	Möte Borås bilen Lossa lasta labblådor + gods till Borås	X	X	X	X	X
12:00	Alingsås Lab	Södra Ringgatan	Lämna vagnen med lab lådor lossa blodcentralen	X	X	X	X	X
12:20	Alingsås Lab	Södra Ringgatan	Lasta labblådor	X	X	X	X	X
12:25	Godsmottagningen	Alingsås Sjukhus	Lasta avgå mot Borås 12.30	X	X	X	X	X
13:15	Lab Huset Borås	Samaritvägen	Lossa prover till samtliga lab + blodcentralen Lasta	X	X	X	X	X
13:30	Post o Bud Borås	Gamla Bråmhultsv.	Lossa lasta post, paket, bibliotekslådor Måndagar, Onsdagar	X	X	X	X	X
13:40	Post o Bud Borås	Gamla Bråmhultsv.	Rast	X	X	X	X	X
14:10	Miljöstationen	Gamla Bråmhultsv.	Lossa riskavfall	X	X	X	X	X
14:40	Närhälsan Ångabo	Sundsbergsvägen 7	Hämta prover					X
15:00	Vårdcentralen Centrum	Kungsgatan 5	Hämta lämna post, steril, apotek unilab låda prover till Skövde	X	X	X	X	X
15:10	Medpro Clinic Noltorp	Säterigatan 122	Hämta prover unilab låda prover till Skövde	X	X	X	X	X
15:20	Godsmottagningen	Alingsås Sjukhus	Lasta post paket, labblådor från Borås, Centrum o Ångabo m.m	X	X	X	X	X
15:40	Avonova Hälsa	Sandbergsvägen 4A	Hämta lämna post, apotek, prover unilablåda prover till Skövde	X	X	X	X	X
15:55	Tvätteriet	Tvätterigatan	Lämna Unilablådor + hämta tomlådor	X	X	X	X	X
16:00	Posten	Maskingatan 2	Lämna post	X	X	X	X	X
16:15	Godsmottagningen	Alingsås Sjukhus	Lossa bilen + lämna lab låda till lab Alingsås	X	X	X	X	X

A.4 Urladdningstider

Patient nummer	Lab ID	Flask ID	Urladdnings tid	Vecto dag för urladdning	Tid till signal dygn	Tid till signal timmar	Fynd	Transport från kern lab	Ankomst till mikrobiologen Borås	Tid från urladdnings-signal till transport	Tid från urladdnings-signal till ankomst Borås		
5	145900	NR	2018/12/31 23:14	mån	0,96	23,0	Staphylococcus epidermidis	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	37.01.00	38.16.00
7	29033	NR	2019/01/01 03:10	tis	1,17	28,1	Staphylococcus capitis	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	33.05.00	34.20.00
11	29050	NR	2019/01/01 06:59	tis	0,63	15,1	Streptococcus pyogenes	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	29.16.00	30.31.00
4	145908	NR	2019/01/01 07:50	tis	0,72	17,3	Pseudomonas aeruginosaa	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	28.25.00	29.40.00
4	145908	NR	2019/01/01 07:50	tis	0,74	17,8	Pseudomonas aeruginosaa	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	28.25.00	29.40.00
4	145907	NR	2019/01/01 09:41	tis	0,71	17,0	Pseudomonas aeruginosaa	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	26.34.00	27.49.00
	145916	NR	2019/01/01 09:41	tis	0,73	17,5		ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	26.13.00	27.28.00
12	29061	NR	2019/01/01 10:02	tis	0,46	11,0	Escherichia coli	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	17.06.00	18.21.00
3	145918	NR	2019/01/01 19:09	tis	0,73	17,5	Haemophilus influenzae, betaktamabildande	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	17.06.00	18.21.00
10	29032	NR	2019/01/01 20:28	tis	0,17	4,1	ingen växt	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	15.47.00	17.02.00
2	145902	NR	2019/01/01 23:48	tis	1,88	45,1	Actinomyces viscosus	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	12.27.00	13.42.00
1	29012	NR	2019/01/02 00:58	ons	0,2	4,8	Staphylococcus epidermidis	ons	2019/01/02 12:15	1	2019/01/02 13:30	11.17.00	12.32.00
	29026	NR	2019/01/03 08:21	tors	0,56	13,4	Enterococcus faecalis	tors	2019/01/03 12:15	1	2019/01/03 13:30	3.54.00	5.09.00
6	29025	NR	2019/01/03 08:22	tors	0,61	14,6	Enterococcus faecalis	tors	2019/01/03 12:15	1	2019/01/03 13:30	3.53.00	5.08.00
6	29025	NR	2019/01/03 09:55	tors	0,67	16,1	Enterococcus faecalis	tors	2019/01/03 12:15	1	2019/01/03 13:30	2.20.00	3.35.00
7	29031	NR	2019/01/03 15:30	tors	0,69	16,6	Staphylococcus epidermidis	fre	2019/01/04 12:15	1	2019/01/04 13:30	20.45.00	22.00.00
7	29032	NR	2019/01/03 17:15	tors	0,75	18,0	Staphylococcus capitis	fre	2019/01/04 12:15	1	2019/01/04 13:30	19.00.00	20.15.00
6	29025	NR	2019/01/03 17:49	tors	1	24,0	Enterococcus faecalis	fre	2019/01/04 12:15	1	2019/01/04 13:30	18.26.00	19.41.00
6	29026	NR	2019/01/03 21:12	tors	0,56	13,4	Enterococcus faecalis	fre	2019/01/04 12:15	1	2019/01/04 13:30	15.03.00	16.18.00
7	29031	NR	2019/01/04 00:55	fre	1,08	25,9	Staphylococcus epidermidis	fre	2019/01/04 12:15	1	2019/01/04 13:30	11.20.00	12.35.00
	29037	NR	2019/01/04 03:10	fre	1,17	28,1		fre	2019/01/04 12:15	1	2019/01/04 13:30	9.05.00	10.20.00
8	29034	NR	2019/01/04 03:10	fre	0,15	3,6	ingen växt	fre	2019/01/04 12:15	1	2019/01/04 13:30	9.05.00	10.20.00
9	29030	NR	2019/01/04 07:40	fre	1,36	32,6	Klebsiella pneumoniae	fre	2019/01/04 12:15	1	2019/01/04 13:30	4.35.00	5.50.00
9	29029	NR	2019/01/04 16:59	fre	1,73	41,5	Klebsiella pneumoniae	lör	2019/01/05 09:00	2	2019/01/05 10:30	16.01.00	17.31.00
	29052	NR	2019/01/04 20:28	fre	0,17	4,1		lör	2019/01/05 09:00	2	2019/01/05 10:30	12.32.00	14.02.00
11	29049	NR	2019/01/04 22:52	fre	0,43	10,3	Streptococcus pyogenes	lör	2019/01/05 09:00	2	2019/01/05 10:30	10.08.00	11.38.00
11	29050	NR	2019/01/05 01:11	lör	0,46	11,0	Streptococcus pyogenes	lör	2019/01/05 09:00	2	2019/01/05 10:30	7.49.00	9.19.00
	29050	NR	2019/01/05 06:59	lör	0,63	15,1		lör	2019/01/05 09:00	2	2019/01/05 10:30	2.01.00	3.31.00
11	29048	NR	2019/01/05 06:59	lör	0,66	15,8	Streptococcus pyogenes	lör	2019/01/05 09:00	2	2019/01/05 10:30	2.01.00	3.31.00

A.5 Intervju vårdpersonal

- När provleveranser kommer till er idag, får ni proverna levererade direkt till lablokalen eller behöver ni själva hämta de vid ett upphämningsställe?

Proverna lämnas direkt till oss. Alltså så lastar regionservice av bilen för att därefter bära in labblådorna till laboratoriet. Vi har inte tid och möjlighet att själva sköta avlastningen. På söndagar är det bara två som arbetar och då är ofta arbetstempot högt, så då måste labpersonalen ha allt sitt fokus inom laboratoriet.

Följdfråga: Då är det alltså viktigt att om en drönare ska leverera prover till er så bör avlastningen ske automatiskt och så att proverna kommer in till er utan att ni behöver gå ut för att lasta av drönaren?

Ja det är det. Vi har inte resurser för att själva lasta och lossa prover på drönaren.

- Vilken tid får ni proverna från bil 50(alingsåsbilen) levererade in till er lokal för att kunna påbörja analys? Enligt tidtabell skall bilen anlända 13:15 till sjukhuset, men tillkommer det mer transporttid innan ni har prover hos i lokalen? Eftersom labblådorna måste levereras från entré till lokal.

Proverna anländer runt 13:30 till lokalen. Förseningar kan förekomma ibland.

- Vill ni ha ett kontinuerligt inflöde av prover eller föredrar ni en fast tid om dagen?

Om leveranserna av blododlingar kommer flera gånger om dagen spelar inte så stor roll. Det blir ingen större skillnad jämfört med när vårt egna blododlingskåp signalerar flera gånger om dagen. Då tas blododlingen hand om så fort möjligheten finns.

Följdfråga: Om leveranser av blododlingsflaskorna skulle komma till er mer frekvent, föredrar ni då att de kommer vid fasta tider x antal gånger om dagen?

Det är att föredra då dagsplaneringen underlättar.

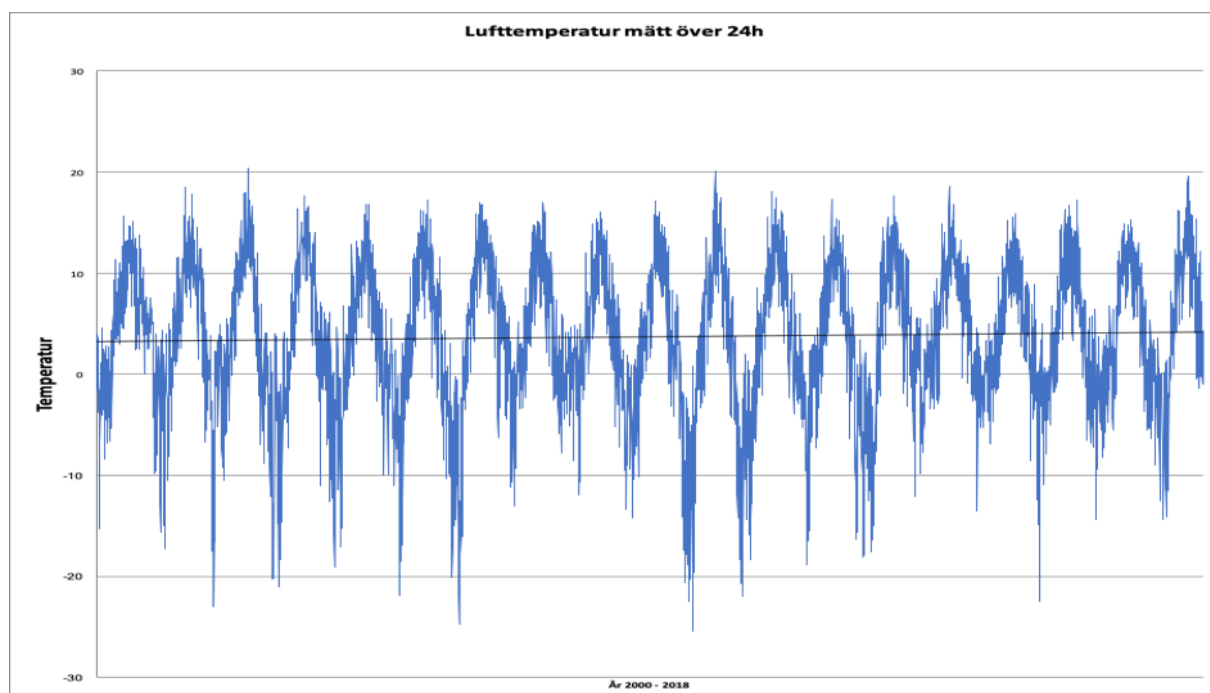
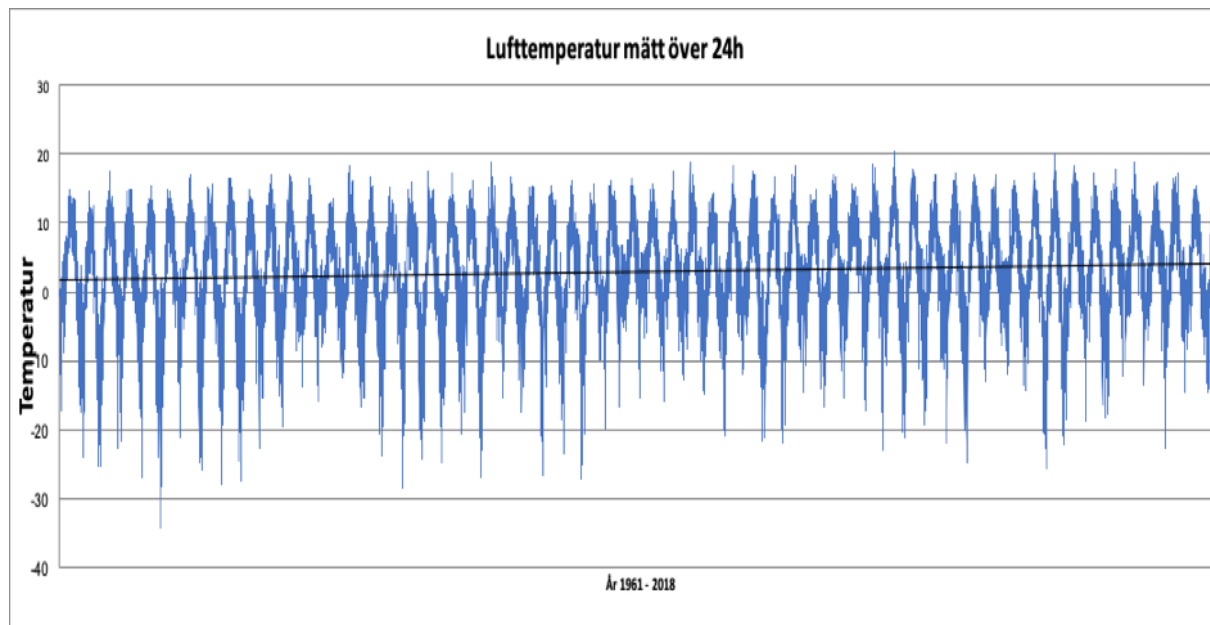
- Kan prover levereras till er dygnet runt?

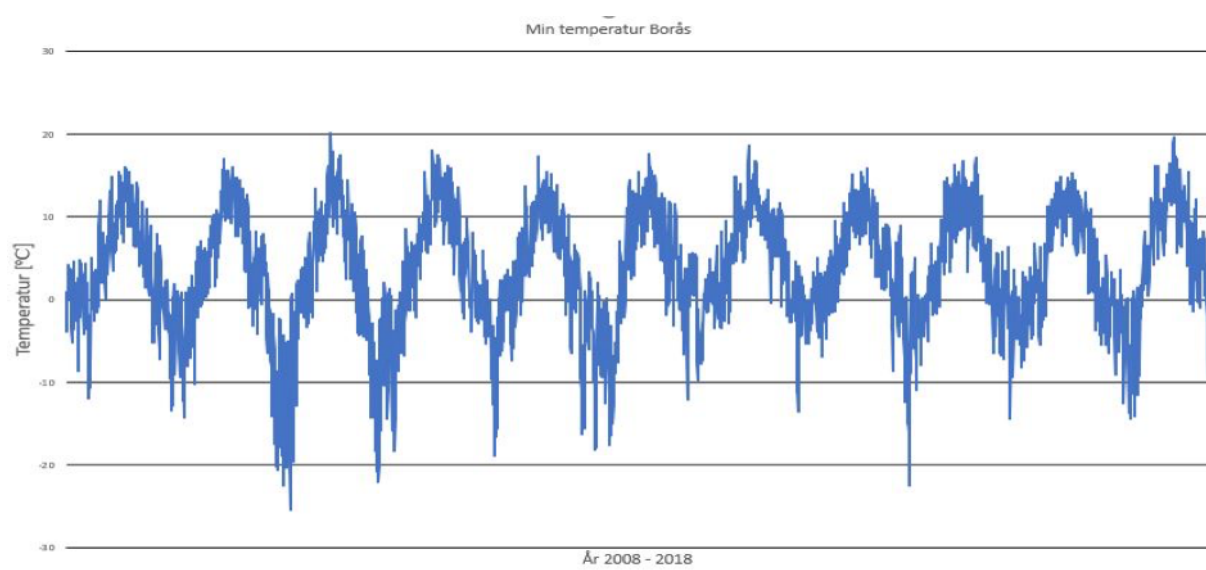
Nej. Öppettiderna är 07:30-16:30 på vardagar, 08:00-13:00 på lördagar och 09:00-13:00 på söndagar. På vardagarna ser vi helst att flaskorna kommer in senast 15:30. På lördagarna senast vid 12:00 och på söndagarna vid 10:00-11:00. Om annat så måste blododlingsflaskorna annars komma in som senast en halvtimme innan stängning för att det ska finnas möjlighet att ta hand om.

Följdfråga: Skulle det vara bra om proverna fanns er tillhanda direkt när ni arbetspasset börjar på morgonen?

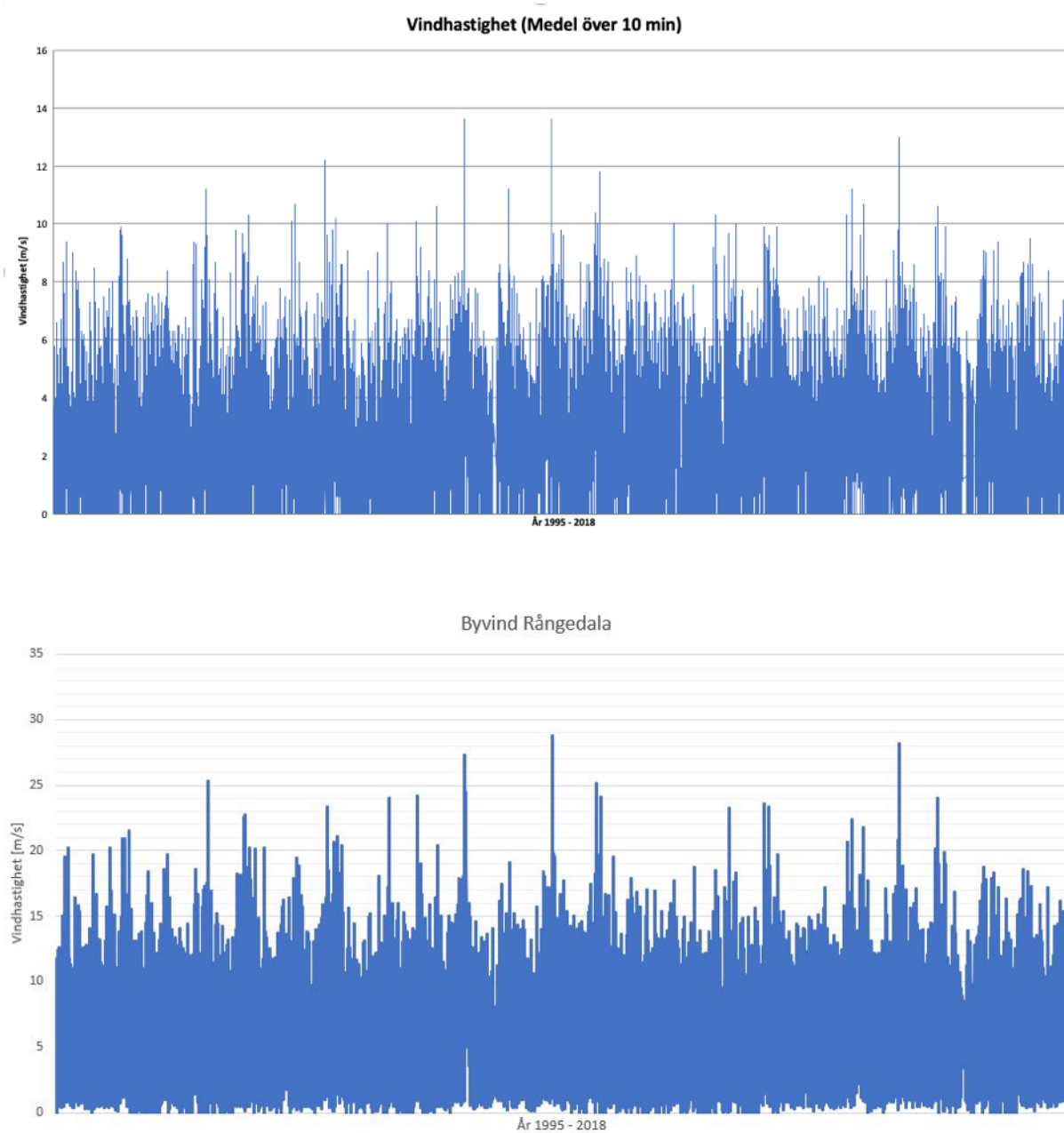
Ja, det är till stor fördel, då vi kan planera dagen mycket bättre.

A.6 Lufttemperatur

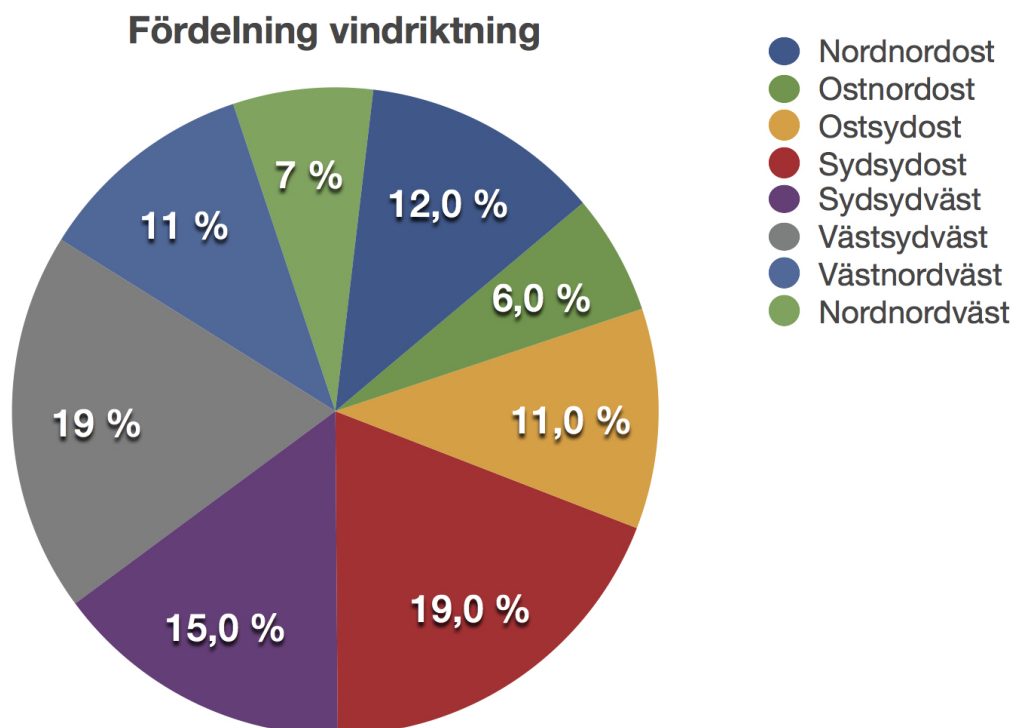




A.7 Vind



A.8 Vindriktning



A.9 Nederbördskategori Borås

Underkategori	Antal tillfällen mellan 1961 - 2012
Byar av snöblandat regn	48
Duggregn	1926
Ishagel	35
Iskorn	2
Isnålar	1
Kornsnö	8
Regn	9810
Regnskurar	1363
Småhagel	34
Snöblandat regn	1096
Snöbyar	232
Snöfall	2912
Snöhagel	16
Underkyld nederbörd	59

Huvudkategori	Antal tillfällen mellan 1961 - 2012
Snöfall=(Kornsnö,snöbyar,snöfall)	3152
Regn=(Duggregn,regn,regnskurar)	13099
Hagel=(Ishagel,iskorn,insnålar,småhagel)	88
Snöblandat regn=(Byar av snöblandat regn,snöblandat regn, underkyld nederbörd)	1203

A.10 Nederbördskategori Alingsås

Underkategori	Antal tillfällen mellan år 1961-2012
Regn	3253
Snöfall	1214
Småhagel	47
Snöhagel	45
Skurar	2533
Byar av snöblandat	165
Dugg	2077
Kornsnö	9
Snöblandat	505
Snöbyar	284

Huvudkategori	Antal tillfällen mellan år 1961-2012
Snö(=snöfall+snöbyar)	7863
Regn(=regn+regnskurar+duggregn)	1507
Hagel(=småhagel+snöhagel)	92
Snöblandat regn(=snöblandat regn+byar snöblandat regn)	670

A.11 Kravspecifikation

Chalmers	Dokumenttyp Projekt	Kravspecifikation Drönare				
Utfärdare	Markus Ekström, Christoffer Johnsson	Skapad: 2019-03-28 Modifierad:				
	Kriterier	Målvärde	K/O	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)
1.	Funktion(er)					
1.1	Temperaturreglerat förvaringsutrymme. (Transportlåda eller integrerat lastutrymme)	Möjliggör utrymme för gods inom rumstemperatur. 18°C - 25°C	K		Testflygning/specifikation	VGR
1.2	Automatisk lastning och lossning av gods	Skall ske utan mänsklig interaktion	K		Testflygning/specifikation	VGR
1.3	Automatisk laddning och/eller påfyllning av bränsle	Drönare återfår full driftkapacitet utan mänsklig interaktion	K		Test/specifikation	VGR
1.4	Flyga autonomt	Ingen operatör styr flygningen	K		Testflygning/specifikation	VGR
2.	Prestanda					
2.1	Flygdistan	Minimalt 40km vid 0-15 m/s motvind	K		Testflygning/specifikation	Produktplanering
2.2	Klara att flyga i olika temperaturer	Temperaturintervall: -15°C - +35°C	K		Testflygning/specifikation	Produktplanering
2.3	Klara att flyga i olika vindhastigheter	Vindhastighetsintervall: 0 - 15 m/s	K		Testflygning/specifikation	Produktplanering
2.4	Motstå olika vindhastigheter	0-20m/s	K		Testflygning/specifikation	Produktplanering
2.5	Lastkapacitet	Minimalt 2500g inklusive transportlåda/godsemballage	K		Testflygning/specifikation	Produktplanering
2.6	Marschfart	Över 50 km/h	K		Testflygning/specifikation	Produktplanering
2.7	Flyga i nederbörd	Drönaren ska vara funktionsduglig i nederbörd som regn och snö	K		Testflygning/specifikation	Produktplanering
2.8	Flyga i hagel	Kunna slutföra flyguppdrag trots hagelskur på vägen	Ö	4	Testflygning/specifikation	Produktplanering
2.9	Automatiskt byte av batteri	Batteribyte utan mänsklig interaktion	Ö	4	Test	Produktplanering
2.10	Snabbladdning	Full laddning inom 40 min	Ö	3	Test	Produktplanering
3.	Underhåll					
3.1	Förebyggande underhåll	Programvara läser av drönarens driftförhållanden och meddelar serviceföretag	K		Testa programvara	VGR
5.	Storlek på drönaren					
5.1	Inom diameter 2000 millimeter	Inte bredare än 2000 mm	Ö	4	Mätning	Produktplanering
6.	Vikt på drönare					
6.1	Relativt låg vikt för lätthanterlighet samt mindre rörelseenergi vid krock	Max 12 kg inklusive last	Ö	4	Mätning/specifikation	Produktplanering
7.	Estetik och yttfinish					
7.1	Uppseendeväckande färg	Synlig för flygtrafik	Ö	2	Visuell inspektion	Produktplanering
7.2	Symbolisera sjuktransport	Märkning som uppmärksammar att det är en sjuktransport	Ö	3	Visuell inspektion	Produktplanering
8.	Material					
8.1	Materialet ska inte påverkas av nederbörd	Inga defekter på materialet som gör drönaren obrukbar	K		Test/specifikation	Produktplanering
8.2	Materialet skall vara anpassat till flygklimatet	Materialet ska motstå väderförhållanden som finns inom Västra Götalands län	K		Test/specifikation	Produktplanering
9.	Standarder och lagkrav					
9.1	Uppfylla transportstyrelsens föreskrifter för drönare	Drönare ska anpassas efter föreskrift TSFS 2017:110	K		Jämförelse med lagkrav	Transportstyrelsen
10.	Kundkrav					
10.1	Leverera rätt antal prover per flygning	Klara att frakta 1-10 blododlingsflaskor per flygning	K		Test	Produktplanering
12.	Säkerhet					
12.1	Undvika hinder vid start och landning	Undvika rörliga och stillastående hinder, ex människa, fordon	K		Test	Produktplanering
12.2	Undvika hinder vid flygning	Undvika rörliga hinder vid flygning i hög hastighet	Ö	5	Test	Produktplanering
12.3	Kunna läsa av eller ta del av väderinformation	Startar inte då vädret är för dåligt	K		Test	Produktplanering
12.4	Ta sig till utsatt säkerhetsplats/er om fel uppstår	Ska på ett säkert sätt ta sig till en utsatt plats/er om något system fallerar.	K		Test	Produktplanering
12.5	Självdiagnostiseringen innan och under flygning	Kontrollerar att alla system fungerar korrekt	K		Test	Produktplanering
12.6	Kommunikation med övrig flygtrafik	Skall synas på annat flygfordons radar eller på annat sätt kommunicera till övrig närstående flygtrafik	Ö	4	Test	Produktplanering
12.7	Säker nödlandning	System som medför säker landning utan hjälp av motor eller elektriska system	K		Test	Produktplanering
13.	Politiska och sociala konsekvenser					
13.1	Drönaren bör erhålla en ljudnivå enligt trafikbullerförordningen SFS 2015:216	Max 55dB(A) FBN & max 70dB(A)	Ö	4	Test	Produktplanering

A.12 Marknadsundersökning

Datormodell	Release	Max hastighet	Minerthart	Batteri	Transportida	Storlek(cm)	Värdensstid	max vridhastighet	Modelltyp	Temperatur	Stämhet	Internkonnatrat	Drop off	Källa
Maternal V2	20cm	72 km/h	Okänt	2 kg	200x150x120 (41200x280x260)Round	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	-10 till +40, Vid regn: -5	Automatisk fjärrstyrning 3D-positionering	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Flybox	11 cm 10 cm 10 cm med 4g 10 cm med 4g	72 km/h	38 km/h	2 kg	Okänt	Diameter: 710	Okänt	Okänt	Malinor	0 till +45	Okänt	Okänt	Okänt	
NAS M602 PRO	1 max. last 10 cm med 4g 10 cm med 4g	100 km/h	Okänt	6 kg	600x300x300	1680x1580x789	Okänt	8 m/s	Malinor	-10 till +40	Automatisk GPS-positionering	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Wingboxer 170 Heavy lift	100 cm med 4g 100 cm med 4g	240 km/h	100 km/h "Högprestanda" 80 km/h i "Standard"	2 - 6 kg	500x270x150	1700x120	Ja	Okänt	Malinor	-20 till +40	Automatisk fjärrstyrning	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Wingboxer 170	100 cm med 4g 100 cm med 4g	Okänt	140 km/h "Högprestanda" 80 km/h i "Standard"	2 kg	500x270x150	1700x120x452	Ja	Okänt	Malinor	-20 till +40	Automatisk fjärrstyrning	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Maternal 200 Series V2	8 cm	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Driftboxer	60 cm	100 km/h	80 km/h	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Amazon Prime air	15 cm	80 km/h	Okänt	2,3 kg	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Zipline	180 cm	Okänt	100 km/h	1,8 kg	Integrerad	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Musa V4.0	60 cm	120 km/h	80 km/h	För flytt av 1,5kg Armerat dräkt	Integrerad	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Magnum Projet "Bloodstream"	100 cm	Okänt	Okänt	1,5 kg	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Driftboxer V2	100 cm	Okänt	Okänt	2,3 kg	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Hiro "Hirose group"	~40 cm	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Vertical Technologies DroneJaw Pro	100 cm	Okänt	Okänt	1kg	20x120cm	2250 mmx900 mm	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/
Orange Robotics 100	140 cm	Okänt	Okänt	1kg	160x100x400	160x100x400	Okänt	Okänt	Malinor	Okänt	Okänt	Okänt	Okänt	https://www.flyte.com/technology/skybox-sensor/

A.13 Körschema drönare

Körschema med batteribyte Lördag		
Alingsås		Borås
Avgår 07.30		07.55
	Batteribyte 2 min	
08.25		Avgår 08.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 08.30		08.55
	Batteribyte 2 min	
09.25		Avgår 09.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 09.30		09.55
	Batteribyte 2 min	
10.25		Avgår 10.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 10.30		10.55
	Batteribyte 2 min	
11.25		Avgår 11.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 12.00		12.25

Körschema med batteribyte Söndag		
Alingsås		Borås
Avgår 08.30		08.55
	Batteribyte 2 min	
09.25		Avgår 09.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 09.30		09.55
	Batteribyte 2 min	
10.25		Avgår 10.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 10.30		10.55
	Batteribyte 2 min	
11.25		Avgår 11.00
	Batteribyte 2 min	
Avgår 12.00		12.25

Körschema med laddning vardagar		
Alingsås		Borås
Avgår 05.30		05.55
	Laddar 60 min	
07.20		Avgår 06.55
	Laddar 60 min	
Avgår 09.00		09.25
	Laddar 60 min	
10.50		Avgår 10.25
	Laddar 60 min	
Avgår 11.50		12.15
	Laddar 60 min	
13.40		Avgår 13.15
	Laddar 60 min	
Avgår 15.30		15.55

Körschema med laddning Lördag		
Alingsås		Borås
Avgår 07.30		07.55
	Laddar 60 min	
09.25		Avgår 09.00
	Laddar 60 min	
Avgår 12.00		12.25

Körschema med laddning Söndag		
Alingsås		Borås
Avgår 08.30		08.55
	Laddar 60 min	
10.25		Avgår 10.00
	Laddar 60 min	
Avgår 12.00		12.25