



PROJECT WORK

**POTENZIALITÀ DI UTILIZZO DELLA
TECNOLOGIA UAV/UAS
NELLA LOGISTICA DEL SETTORE SANITARIO
FATTIBILITA' DI APPLICAZIONE CONCRETA
PER L'ASL DI LECCE**

PARAGRAFO 1.

In un periodo contraddistinto dalla rapida evoluzione tecnologica, i droni stanno emergendo come strumenti innovativi e versatili nel settore della sanità. Tra le varie applicazioni che stanno guadagnando sempre più attenzione, il trasporto di campioni biologici tramite droni si distingue come un campo di ricerca promettente⁹. Questa tecnologia offre l'opportunità di migliorare l'efficienza e la tempestività del trasporto di campioni biologici, consentendo una diagnosi più rapida e precisa delle malattie. In parallelo, la consegna di sangue, vaccini, farmaci, organi, forniture mediche e attrezzature salvavita tramite droni sta rivoluzionando il concetto stesso di assistenza sanitaria. Grazie alla capacità dei droni di superare ostacoli geografici e infrastrutturali, è possibile raggiungere aree remote e difficilmente accessibili in tempi rapidi ed efficienti, portando benefici tangibili alla salute pubblica e salvando vite umane.

PARAGRAFO 2.

Diversi studi hanno evidenziato la possibilità di trasferire campioni biologici tramite droni durante voli brevi a temperature ambiente o più basse, senza influire in modo significativo sull'accuratezza delle analisi di routine di tipo chimico, ematologico e di coagulazione^{10,11}. Inoltre, una recente ricerca ha confermato che non vi sono differenze significative tra i campioni di sangue trasportati tramite drone e quelli stazionari, analizzati per un totale di 17 parametri di chimica ed ematologia, dopo un trasporto a lunga distanza (174 minuti, 258 km)¹².

Nella ricerca si evidenzia che solo i livelli di glucosio e potassio nei campioni trasportati hanno mostrato rispettivamente un 8,0% e un 6,2% *bias*, probabilmente dovuta a variazioni nelle condizioni di conservazione.

Un esperimento condotto nello studio riportato in ¹³ ha esaminato l'effetto del trasporto mediante droni ad ala fissa su campioni microbiologici, compresi campioni di coltura del sangue aerobici e anaerobici, oltre a campioni di espettorato inoculati con varie specie batteriche. Il confronto tra campioni trasportati e campioni stazionari ha dimostrato che non vi è alcun impatto negativo del volo del drone sui parametri microbiologici valutati, indipendentemente dal tipo di microrganismo testato.

La Svizzera ha introdotto per prima l'uso dei droni nel trasporto di campioni biologici in Europa, permettendo voli autonomi per servizi sanitari in varie città. Le aziende Swiss Post e Matternet hanno sviluppato una rete di trasporto medico utilizzando droni quadricottero, completando con successo oltre 3000 voli a Lugano, Berna e Zurigo fino ad aprile 2019¹⁴. Il governo del Malawi e l'UNICEF hanno avviato un programma pilota per valutare l'efficacia economica del trasporto dei campioni biologici tramite drone nel ridurre i tempi di analisi per il test dell'HIV nei neonati¹⁵. In Papua Nuova Guinea, uno dei paesi con la più alta incidenza di tubercolosi, i droni sono stati utilizzati per trasportare campioni di espettorato da individui con sospetta tubercolosi dai centri sanitari remoti all'ospedale generale di Kerema, superando le difficoltà di trasporto su strada durante i mesi piovosi¹⁶.

¹¹ Amukele, T., Ness, P. M., Tobian, A. A., Boyd, J., & Street, J. (2017). Drone transportation of blood products. *Transfusion*, 57(3), 582-588

¹² Amukele, T. K., Hernandez, J., Snozek, C. L., Wyatt, R. G., Douglas, M., Amini, R., & Street, J. (2017). Drone transport of chemistry and hematology samples over long distances. *American journal of clinical pathology*, 148(5), 427-435.

¹³ Amukele, T. K., Street, J., Carroll, K., Miller, H., & Zhang, S. X. (2016). Drone transport of microbes in blood and sputum laboratory specimens. *Journal of clinical microbiology*, 54(10), 2622-2625.

PARAGRAFO 3.

Oltre alla consegna di campioni biologici, l'utilizzo di droni può aiutare il settore della sanità nella rapida consegna di sangue, vaccini, farmaci e altri dispositivi sanitari nelle aree dove sono necessari, evitando così l'insorgenza di malattie infettive mortali¹⁷.

I professionisti medici, partendo da quelli delle ambulanze fino a quelli che lavorano negli ospedali più grandi, affrontano ogni giorno una serie di sfide, che possono includere la capacità di raggiungere i pazienti che necessitano di assistenza medica immediata. La distanza tra questi pazienti e gli operatori sanitari potrebbe fare la differenza tra la sopravvivenza e la morte. I droni quindi possono aiutare a fornire assistenza sanitaria efficiente ai pazienti in un breve lasso di tempo. La consegna di scorte di sangue, vaccini, farmaci, sieri antiveneno per morsi di serpente e altri dispositivi medici nei villaggi e nelle aree rurali prive di accesso alle strutture sanitarie potrebbe essere resa possibile con l'utilizzo di droni¹⁰.

I droni possono volare in molti luoghi in cui gli aeromobili pilotati non possono, grazie alla loro capacità di superare ostacoli difficili come edifici e ponti, oltre a consegnare questi beni nelle aree prive di strade accessibili. All'interno delle strutture ospedaliere, i droni possono aiutare a trasportare farmaci e sangue per la trasfusione tra vari ospedali in modo tempestivo. Dal momento che i droni offrono queste opportunità, ricercatori, produttori e altre organizzazioni stanno iniziando a esplorare le tecnologie dei droni per fornire applicazioni che migliorino la consegna in ambito medico. Di seguito si riportano alcuni studi presenti in letteratura in merito all'utilizzo dei droni negli ambiti sopra descritti.

I droni sono stati utilizzati in diversi sforzi umanitari per consegnare piccoli pacchetti di aiuti alle comunità colpite da grandi catastrofi naturali, come il terremoto ad Haiti (2010), l'uragano Sandy (USA, Canada e Caraibi, 2012), il tifone Haiyan nelle Filippine (2013), il ciclone di categoria 5 Pam (Vanuatu, 2015) e il terremoto in Nepal (2015)¹⁸.

¹⁷ Oigbochie, A. E., Odigie, E. B., & Adejumo, B. I. G. (2021). Importance of drones in healthcare delivery amid a pandemic: Current and generation next application. *Open Journal of Medical Research* (ISSN: 2734-2093), 2(1), 01-13.

¹⁸ Sharma, G. (2016). Armed with drones, aid workers seek faster response to earthquakes, floods. *Reuters* [Internet], 15.

Un programma di consegna tramite droni è stato anche implementato con successo in Tanzania, un paese con uno dei tassi di mortalità materna più alti del mondo (556 morti/100.000 partorienti). Nello studio riportato in ¹⁹ si evince che i droni erano molto più veloci dei mezzi di trasporto terrestri, consegnando su richiesta sangue, vaccini e farmaci antiretrovirali e antimalarici tramite paracadute biodegradabili a oltre 1000 strutture sanitarie. Come descritto nello studio riportato in ²⁰, un programma di consegna tramite drone, noto anche come "Uber per il sangue", è stato lanciato nel 2016 dal presidente ruandese, in Ruanda. Tale programma utilizza droni ad ala fissa alimentati a batteria progettati e costruiti da Zipline in grado di volare fino a 150 km in un viaggio di andata e ritorno per trasportare fino a 1,5 kg di sangue. La procedura viene attivata dai lavoratori sanitari locali, che effettuano un ordine di emergenza tramite messaggio di testo affinché il sangue sia consegnato tramite drone. In tale studio si evince che i pazienti ruandesi non hanno mai ricevuto sangue così efficientemente e rapidamente: i tempi di consegna del sangue sono diminuiti da circa 4 ore a soli 15-45 minuti nelle aree remote. In Ruanda inoltre sono stati effettuati più di 18.000 voli di consegna salvavita contenenti prodotti ematici fino ad agosto 2019. Nello studio riportato in ²¹ si evince che nel 2019, Gavi, l'Alleanza per i vaccini, ha annunciato il lancio del più grande progetto di droni del suo genere. La consegna di sangue, medicinali e vaccini è attualmente disponibile per 2000 strutture sanitarie che servono 12 milioni di persone in Ghana. I centri di distribuzione possono effettuare fino a 600 trasporti di droni su richiesta al giorno, con potenziali per ulteriori espansioni fino a 2000 voli al giorno.

Il valore economico e operativo del trasporto di vaccini tramite droni è stato recentemente valutato utilizzando un modello computazionale. Rispetto al tradizionale trasporto terrestre, la consegna tramite drone ha aumentato la disponibilità dei vaccini e ridotto i costi, dimostrando che i droni sono economici e utili in una varietà di circostanze e ambienti ²².

La consegna dei vaccini tramite drone è stata testata con successo nelle Isole Vanuatu, un arcipelago del Pacifico dove la maggior parte dei villaggi è raggiungibile solo con alcune tipologie di imbarcazioni e spesso non ha a disposizione elettricità per conservare i vaccini, lasciando circa il 20% dei bambini sotto i 5 anni di Vanuatu senza la possibilità di vaccinarsi. Con il supporto di vari finanziatori, è stata inoltre implementata la consegna di vaccini tramite drone per tre isole nel 2018 ²³.

Attualmente, il trasporto di organi/tessuti impiega una complessa rete di corrieri, personale, aeromobili commerciali e voli charter privati. Se il processo di trasporto degli organi diventasse più efficiente, economico e veloce, potrebbe portare a una riduzione significativa dell'impatto dei fattori legati al trasporto che influenzano gli esiti dei trapianti, come il tempo di ischemia fredda, ovvero il periodo durante il quale un organo viene conservato in un ambiente freddo prima del trapianto ²⁴.

Riducendo questo tempo e migliorando l'efficienza complessiva del trasporto, si potrebbe ridurre il rischio di danni all'organo e migliorare le probabilità di successo del trapianto. Recentemente, un drone a sei rotori è stato utilizzato per modellare i parametri rilevanti per il trasporto degli organi. In 14 missioni di prova per il trasporto di organi con droni, le temperature sono rimaste costanti e

¹⁹ Makoye, K. Buzz as world's biggest drone drug deliveries take off in Tanzania. Reuters; 2017 [Internet].

²⁰ Gavi. The Vaccine Alliance. Rwanda launches world's first national drone delivery service powered by Zipline. 2016 [Internet]. Available at: <https://www.gavi.org/news/media-room/rwanda-launches-worlds-first-national-drone-delivery-service-powered-zipline> [Accessed 20 March 2024].

²¹ Kelland, K. Drones to deliver vaccines, blood and drugs across Ghana. Reuters; 2019 [Internet].

²² Haidari, L. A., Brown, S. T., Ferguson, M., Bancroft, E., Spiker, M., Wilcox, A., ... & Lee, B. Y. (2016). The economic and operational value of using drones to transport vaccines. *Vaccine*, 34(34), 4062-4067.

²³ McNeil Jr, D. G. (2018). An island nation's health experiment: vaccines delivered by drone. *The New York Times*.

²⁴ Scalea, J. R., Restaino, S., Scassero, M., Bartlett, S. T., & Wereley, N. (2019). The final frontier? Exploring organ transportation by drone. *American Journal of Transplantation*, 19(3), 962-964.

basse (circa 2.5°C), e le biopsie renali eseguite prima e dopo il volo non hanno mostrato segni di danni causati dal trasporto con il drone. Nel mese di aprile 2019, un drone appositamente progettato ha effettuato con successo la consegna di un rene donato, che è stato poi trapiantato presso il Centro Medico dell'Università del Maryland ²⁵.

Nello studio riportato in ²⁶ i droni hanno dimostrato di essere altrettanto efficienti nel trasporto di forniture mediche essenziali (quali lacci emostatici, medicazioni e analgesici) in un ambiente simulato caratterizzato da condizioni estreme, dove l'accesso tramite veicolo o a piedi risulta impraticabile o impossibile. In queste circostanze, i droni hanno conseguito con precisione e regolarità il trasporto di 4,5 kg di forniture mediche entro un raggio di 1 miglio, risultando più veloci rispetto ad altri metodi senza aumentare i rischi per il personale coinvolto ²⁶.

L'utilizzo di droni dotati di defibrillatori esterni automatici (AED) potrebbe abbreviare significativamente il tempo necessario per eseguire la defibrillazione, un fattore cruciale per la sopravvivenza, grazie alla loro rapidità di consegna e alla capacità di superare gli ostacoli stradali ²⁷. Un modello matematico applicato a oltre 53.000 casi di OHCA a Toronto ha evidenziato come l'impiego dei droni possa ridurre notevolmente i tempi di consegna degli AED, soprattutto nelle zone urbane ²⁸. Uno studio pilota condotto a Stoccolma ha ulteriormente confermato che i droni dotati di AED raggiungono il luogo dell'emergenza più velocemente dei servizi medici convenzionali, suggerendo che rappresentino un'innovazione per salvare vite durante gli eventi cardiaci improvvisi ²⁹.

L'analisi della letteratura presentata dimostra come l'utilizzo dei droni potrebbe notevolmente migliorare l'accesso alle cure sanitarie per individui che altrimenti non potrebbero beneficiare di trattamenti adeguati a causa della loro ubicazione remota o delle limitazioni infrastrutturali e finanziarie. Le esperienze qui riportate riguardano tuttavia spesso Paesi del terzo mondo perché è in queste aree che ci sono le maggiori sfide nell'accesso ai servizi sanitari, a causa di limitazioni infrastrutturali, geografiche o finanziarie. D'altro canto, le regole sull'utilizzo dello spazio aereo possono rappresentare un'ulteriore ragione per cui l'adozione dei droni in ambito sanitario sembrerebbe essere più limitata in Europa. Le normative europee sull'aviazione civile sono piuttosto rigorose e possono imporre restrizioni sull'operatività dei droni, specialmente in aree densamente popolate o nelle vicinanze di infrastrutture critiche come gli ospedali. Queste regole spesso riguardano questioni di sicurezza, privacy e protezione dell'ambiente. Ad esempio, possono essere necessarie autorizzazioni specifiche per operare con i droni in determinate zone, e ci possono essere limitazioni sul peso massimo trasportabile, sull'altitudine di volo e sulle ore di operazione.

Nonostante il mercato degli UAV abbia subito una certa battuta d'arresto, si prevede comunque che il settore subirà un forte sviluppo nei prossimi anni. Attualmente esistono diverse realtà che operano nel settore del trasporto di materiale medico tramite sistemi UAV. Nel mondo società come la *Zipline* trasporta campioni di sangue in Regioni isolate nel Rwanda e Virginia, US, mentre la *Swoop Aero* ha stretto una partnership con la *Quickstep Holdings Limited*, uno dei principali

²⁵ Freeman, D. (2019). A drone just flew a kidney to a transplant patient for the first time ever. It won't be the last. Available via DIALOG: <https://www.nbcnews.com/mach/science/drone-just-flew-kidney-transplant-patient-firsttime-ever-it-ncna1001396>. Accessed, 16. [Accessed 20 March 2024].

²⁶ Mesar, T., Lessig, A., & King, D. R. (2018). Use of Drone Technology for Delivery of Medical Supplies During Prolonged Field Care. *Journal of special operations medicine: a peer reviewed journal for SOF medical professionals*, 18(4), 34-35.

²⁷ Mark, D. B., Hansen, S. M., Starks, M. L., & Cummings, M. L. (2017). Drone-based automatic external defibrillators for sudden death? Do we need more courage or more serenity?. *Circulation*, 135(25), 2466-2469.

²⁸ Boutilier, J. J., Brooks, S. C., Janmohamed, A., Byers, A., Buick, J. E., Zhan, C., ... & Chan, T. C. (2017). Optimizing a drone network to deliver automated external defibrillators. *Circulation*, 135(25), 2454-2465.

²⁹ Claesson, A., Bäckman, A., Ringh, M., Svensson, L., Nordberg, P., Djärv, T., & Hollenberg, J. (2017). Time to delivery of an automated external defibrillator using a drone for simulated out-of-hospital cardiac arrests vs emergency medical services. *Jama*, 317(22), 2332-2334.

produttori indipendenti di materiali compositi dell’Australia, in previsione dell’aumento della richiesta di business.

Anche la Croce Rossa Italiana ha avviato un’iniziativa per testare il trasporto di medicinali con i UAV/UAS a quaranta metri di altezza e si prepara a mettere al varo una flotta di 20 veicoli.

I fattori critici presi ad esame dalle diverse ricerche si sintetizzano nei carichi termici e vibrazionali trasmessi ad uno stock di campioni/medicinali trasportati mediante l’utilizzo di un UAV. Uno degli ambiti esplorati è il possibile effetto delle vibrazioni sul trasporto di farmaci e materiale biologico. A questo proposito sono state fatte alcune ricerche sugli effetti del trasporto tramite UAV ad ala fissa su test su campioni di sangue. L’altro ambito esplorato è l’effetto che sbalzi di temperatura hanno potuto avere sulle caratteristiche biologiche dei campioni di prelievo ematico e di materiale espettorato.

PARAGRAFO 4.

In particolare, di seguito si riportano gli scenari presi in esame all’interno del presente documento:

1. Trasporto di sacche di sangue tramite UAV/UAS tra l’ospedale di Casarano e l’ospedale di Gallipoli;
2. Trasporto di campioni biologici tramite UAV/UAS tra il Distretto Socio Sanitario di Gallipoli e l’ospedale di Gallipoli;

Di seguito si riportano le informazioni principali su entrambi gli scenari.

Scenario	Punto di partenza/arrivo	Punto di arrivo/partenza	Distanza	Peso trasportato
Trasporto di sacche di sangue tramite UAV/UAS tra due ospedali	Ospedale di Casarano	Ospedale di Gallipoli	13 Km circa	da 7 kg (per n. 5 sacche) a 20 kg (per n. 30 sacche)
Trasporto di campioni biologici tramite UAV/UAS	Distretto Socio Sanitario di Gallipoli	Ospedale di Gallipoli	2 Km circa	Circa 5 kg

Sulla base del peso riportato nella tabella, si ipotizza che l’UAV/UAS possa svolgere un numero di viaggi pari a 5 in modo da dividere il peso totale di un singolo viaggio. In particolare nel caso di 30 sacche di sangue si ipotizzano 5 viaggi con carichi da 4 kg e nel caso di campioni biologici 5 viaggi da un 1 kg.

La tecnologia in argomento offre potenzialità sfruttabili anche nel trasporto di farmaci con ad esempio applicazione di un box di carico al velivolo utile al mantenimento delle temperature previste per alcune tipologie di farmaci.