

SMOX®: “Healthcare Smart Box”

L'intelligenza al servizio della logistica sanitaria

Gabriele Pontillo Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli”,
Dipartimento di Ingegneria
gabriele.pontillo@unicampania.it

Il contributo tratta il tema emergente del trasporto di materiale sanitario attraverso l'impiego di contenitori – payload – tecnologicamente innovativi. Il confronto con lo scenario di riferimento, evidenzia la necessità di sviluppare nuove soluzioni utili soprattutto nei contesti di emergenza e urgenza come l'impossibilità dello spostamento dei pazienti, l'inaccessibilità delle strutture sanitarie, e condizioni operative ad alto rischio. In questa prospettiva il progetto SMOX®, nato dalla convergenza tra competenze biomediche, ingegneristiche e di design, ha come scopo quello di preservare il materiale bio/sintetico trasportato, proteggendolo da fattori compromettenti esterni come il tempo e la temperatura, che costituiscono una minaccia per tutta la filiera sanitaria, dalla fase analitica alla salute del singolo individuo.

Smart Cities, Logistica Sanitaria, Design Medica, IoT, Advanced Manufacturing

The contribution deals with the emerging issue of the transport of medical equipment through the use of technologically innovative containers - payloads. The comparison with the reference scenario highlights the need to develop new solutions that are especially useful in emergency and urgent contexts such as the impossibility of moving patients, the inaccessibility of healthcare facilities, and high-risk operating conditions. In this perspective, the SMOX® project, born from the convergence of biomedical, engineering and design skills, aims to preserve the transported bio/synthetic material, protecting it from external compromising factors such as time and temperature, which represent a danger for the whole healthcare chain, from the analytical phase to the health of the individual.

Smart Cities, Healthcare Logistics, Medical Design, IoT Advanced Manufacturing

Introduzione

L'emergenza sanitaria, dovuta alla diffusione del Covid-19, è stato un evento dirompente, che con circa 610 milioni di casi di infezione, di cui circa 6,5 milioni di decessi (Marinelli, 2022; OMS, 2022) ha evidenziato le fragilità e criticità del sistema sanitario, così come la sua impreparazione rispetto a situazioni di crisi di estrema gravità. Per fronteggiare queste emergenze, è stato necessario sviluppare soluzioni evolute, nate dal confronto con sistemi e contesti complessi e con differenti saperi tecnici e scientifici, che hanno un forte impatto sulla comunità, sulla vita e sulla sopravvivenza degli individui.

Già a partire dal 2020, il design ha dimostrato di poter contribuire a trovare soluzioni per la sopravvivenza, attraverso esperienze che si sono avvalse delle tecnologie della fabbricazione digitale per fronteggiare l'emergenza pandemica attraverso la realizzazione di dispositivi di protezione individuale (DPI), come mascherine e visiere, e parti di respiratori (Clifton, Damon e Martin, 2020; Sbordone & Pontillo, 2020). Parallelamente, l'impossibilità per i pazienti di accedere alle strutture sanitarie, ha portato alla rapida diffusione di progetti di e-Health (Eysenbach, 2001), incentrati sulla realizzazione di dispositivi smart e indossabili utili nella fase di monitoraggio di un trattamento terapeutico, riducendo il rischio per la salute legato allo spostamento del paziente stesso (Saeidnia et al., 2022). Il design dunque, è stato in grado di interiorizzare le specificità, fragilità e vincoli stringenti del contesto, e attraverso la sua capacità analitica e creativa, riuscire ad individuare un processo progettuale e produttivo, adattabile ai rigidi protocolli e standard qualitativi dell'ambito sanitario.

In questo settore, un ulteriore spazio di riflessione enfatizzato dalla minaccia pandemica, è quello della logistica sanitaria, dove vi è la necessità di garantire un maggiore controllo e gestione ottimizzata dei beni e dei processi salvavita in condizioni di emergenza dovute all'inaccessibilità delle strutture sanitarie, all'impossibilità dello spostamento dei pazienti, nei casi in cui sussistono gravi minacce per la salute o condizioni di grave disabilità personale, alle difficili condizioni operative ad alto rischio. In questa prospettiva, il trasporto sanitario e il controllo di matrici biologiche e sintetiche, come sacche e campioni di sangue, organi per trapianti, farmaci salvavita e vaccini, diviene rilevante per la sopravvivenza degli individui. Il sangue e i suoi componenti sono ad esempio risorse sanitarie vitali (OMS, 2021), impiegate come supporto durante la chirurgia cardiovascolare o i trapianti, nei traumi massivi e nel trattamento di pazienti gravi. Analogamente, anche il trapianto di organi può salvare delle vite, e ciononostante

è necessario fronteggiare l'insufficienza degli organi stessi anche attraverso la protezione dal deterioramento provocato dalla temperatura e dalla fase di trasporto. Le matrici biologiche e sintetiche permettono dunque di sopravvivere, e per questo motivo è necessario studiare soluzioni utili a garantirne una corretta conservazione e mantenimento, prevenendone il deterioramento. Le sacche di sangue da consegnare in condizione di emergenza, ad esempio, devono essere trasportate entro 10-15 minuti e tenute ad una temperatura controllata che oscilla tra i 4-8°C (CNS, 2020), e sebbene viga una legislazione molto severa, si sottolinea come generalmente oltre il 40% dei trasporti di sangue non sia conforme alle condizioni imposte, mettendo dunque a rischio tanto la qualità delle matrici quanto la vita dei pazienti, ad esempio a causa della proliferazione batterica che può essere letale per via dello shock settico (Amicone, Cannas, Marci & Tortora, 2021; Raptopoulos, 2013). La gravità di questa situazione, evidenziata dalla emergenza pandemica, determina un punto di rottura con i metodi tradizionali logistici, portando in superficie la necessità di progettare sistemi che, se da un lato possono semplificare e rendere più rapida e controllata la fase di trasporto di varie tipologie di matrici, parallelamente cerca di soddisfare il fabbisogno di sangue ed emoderivati, così come l'accesso a cure e farmaci, un'esigenza che aumenta di anno in anno, soprattutto nei paesi a medio e basso reddito (OMS, 2022). Al fine di fronteggiare questa condizione urgente per la sanità ed emergente rispetto allo scenario attuale, diversi progetti ed esperienze si sono consolidate negli ultimi anni, incentrate sullo sviluppo di dispositivi e mezzi innovativi – come i droni – aumentati da tecnologie IoT e idonei al trasporto sanitario (Munawar, 2021; Kaw, Gull & Parah, 2022).

Ciononostante, lo studio dei protocolli scientifici, sottolinea la necessità di andare ad agire, prima ancora che sul mezzo di trasporto, sul contenitore impiegato – payload – che, come dimostrato attraverso la descrizione dell'attività di ricerca e sviluppo riportata nel presente contributo, può divenire un cuore tecnologico conformato ed ottimizzato per proteggere il suo prezioso contenuto da fattori compromettenti esterni, come il tempo e la temperatura, che costituiscono una minaccia per tutta la filiera sanitaria, dalla fase analitica alla salute del singolo individuo.

L'innovazione al servizio della logistica sanitaria

Uno degli obiettivi del settore della sanità, consiste nel far conciliare aspetti come la qualità delle cure, l'accessibilità dei servizi e il controllo dei costi (Naylor, 1999). Per fare ciò è necessario migliorare le prestazioni delle attività di

supporto all'erogazione delle cure, comprese quelle associate alla logistica. I flussi legati alla movimentazione di dati, prodotti e matrici bio/sintetiche, devono essere gestiti in modo efficace per garantire un'assistenza di qualità. Queste azioni rientrano nella definizione di logistica sanitaria, per cui secondo la French Association for Logistics (ASLOG) si intende “la gestione del flusso di pazienti, prodotti, materiali, servizi e relative informazioni, per garantire qualità e sicurezza a un livello definito di prestazioni ed efficienza, dal fornitore al paziente e, a seconda dei casi, al destinatario finale” (Beaulieu, Bentahar e Benzidia, 2020).

Dunque è possibile definire la logistica sanitaria come una serie di sistemi o network che svolgono attività diverse, con l'obiettivo di fornire ai pazienti e al sistema sanitario stesso, quei servizi che spesso subiscono forti vincoli di tempo (Gary Jarrett, 1998; Kim, 2005; Grigoroudis, Orfanoudaki e Zopounidis, 2012; Kumar, Ozdamar e Ning Zhang, 2008; Chandra e Kachhal, 2004), garantendone gli standard qualitativi.

Condizioni di emergenza, come quella pandemica, ma anche calamità climatiche o conflitti armati, dimostrano i limiti di questo sistema e della logistica (Beaulieu, Bentahar & Benzidia, ibidem), e per questo è necessario ripensare i metodi tradizionali, al fine di garantire un accesso equo alle cure, avvicinando la salute alle persone, preservando la matrice trasportata e garantendo una corretta somministrazione al paziente, e dunque la sua sopravvivenza.

Per migliorare i processi e le pratiche per la gestione dei dati e delle prestazioni logistiche, è possibile avvalersi delle nuove tecnologie come l'analisi dei dati, l'intelligenza artificiale (AI) e l'Internet of Things (IoT), che possono avere un impatto positivo sull'agilità, adattabilità e prestazioni operative della catena logistica (Bentahar & Benzidia, 2019; Wamba et al., 2020), tra cui rientrano anche le fasi di trasporto e distribuzione (Kritchanchai, Hoer & Engseth, 2017).

Anche nel settore del trasporto, dunque, l'innovazione tecnologica sembra avere un ruolo determinante, soddisfacendo le problematiche legate alla mobilità “dell'ultimo miglio” (Benarbia e Kyamakya, 2021). Un esempio di quanto affermato è il MeDrone, un contenitore che può essere apposto sotto il corpo centrale del drone durante il volo, specifico per il trasporto di farmaci e medicinali ai pazienti in località sottoposte a lockdown o nei casi di positività a infezioni – come il Covid-19 – preservando l'incolumità degli operatori sanitari e velocizzando la fase di trasporto in diversi luoghi, anche decentralizzati o difficili da raggiungere (Maheswari, Ganesan e Venusamy, 2021).

Sebbene alcuni studi evidenziano come il trasporto tramite

velivoli come droni non impatti negativamente sulle matrici trasportate (Amukele et al., 2015), una possibilità volta a garantire una maggiore stabilità e facilità di carico delle matrici trasportate, è legata alla progettazione di un contenitore da collocare all'interno del mezzo, come il payload progettato da Saponi et al. per poter essere incorporato all'interno della stiva di carico del drone specifico per il trasporto di articoli medici e di facile utilizzo, poiché uno degli obiettivi del progetto, consiste nel poter essere impiegato durante le emergenze, e per questo motivo è necessario garantire un facile accesso e scarico del contenitore anche in condizioni di elevato stress degli operatori (2022). Infine si riporta il caso della Smart Capsule, un contenitore intelligente dotato di un sistema di regolazione e controllo della temperatura che può essere utilizzato ed adattato a diverse condizioni di trasporto e per diverse matrici trasportate, grazie ad un sistema di sensoristica dedicato. Il contenitore, specificatamente progettato per essere trasportato da diversi droni presenti sul mercato, è una vera e propria capsula, all'interno della quale vengono inseriti i contenitori preesistenti e già diffusi nel settore, come le borse per il trasporto sanitario (Amicone, Cannas, Marci e Tortora, ibidem).

Nonostante l'avanzamento proposto dai casi riportati, un aspetto rilevante, e che rappresenta il fondamento su cui si basa l'attività di ricerca e sviluppo descritta nel presente contributo, consiste sul sistema a *matrioska* che costituisce la linea guida di riferimento in materia di trasporto di matrici bio/sintetiche, e sulla possibilità di impiego di diversi tipi di mezzi di trasporto, e non solo di droni, che dall'analisi della letteratura scientifica, sembrano essere più un aspetto vincolante che potenziale rispetto al tema più ampio della logistica sanitaria integrata.

SMOX®: un contenitore smart per il trasporto sanitario

SMOX® (Smart Box) è un progetto di ricerca e sviluppo, nato all'interno della start up innovativa Carpitech srl e condotto in collaborazione con diversi poli e dipartimenti universitari a livello nazionale, le cui competenze trasversali, che spaziano dall'informatica, all'ingegneria dei materiali e delle telecomunicazione, alla biomedica, vengono relazionate grazie ad un approccio interdisciplinare basato sulla fertilizzazione delle conoscenze, nonché al ruolo del design, le cui specificità progettuali e operative si sono occupate, oltre che della realizzazione del design del contenitore, anche della *regia* legata alle fasi ideative, di sviluppo e avanzamento del payload progettato, rispetto alle fasi di lavoro e anche allo stato dell'arte.

Lo SMOX® è un payload smart, originale e brevettato, per

Linee guida contenitori



01

Linee guida per matrice e temperatura di trasporto ottimale

POSIZIONE	MATRICE	RANGE OTTIMALE T°	PROTOCOLLO - LINEE GUIDA
1	Sangue intero non frazionato e concentrati eritrocitari	Tra 2° e 10°C	Centro Nazionale Sangue (CNS)
2	Sangue intero con anticoagulante	Tra 10° e 25°C	SIBIOC - FISMeLab
3	Siero e plasma senza centrifugazione	Tra 2 e 8°C	SIBIOC - FISMeLab
4	Tamponi microbiologici	Tra 10 e 20°C	S.I.M.
5	Mat. genetico e molecolare	4°C entro le 3 ore	A.I.Q.M. - IAPEC-SIBIOC
6	Urine ed essudati	Entro 35°C	SIBIOC
7	Farmaci biologici	Tra 2 e 8°C	SIFO
8	Vaccini	Specifico oltre 2 e 8°C	SIFO
9	Altro	on demand	Ente

il trasporto di matrici bio/sintetiche, la cui innovatività rispetto allo stato dell'arte di riferimento è legata, come affermato in precedenza, al sistema matrioska su cui si basano le normative di trasporto sanitario [fig. 01]. Secondo le "Linee Guida per il trasporto delle unità di sangue ed emocomponenti e dei relativi campioni biologici", infatti, il sistema di contenitori prevede che la matrice (ad es. sangue), venga inserita all'interno di un contenitore primario (ad es. provetta). Uno o più contenitori primari vengono posti all'interno di un contenitore secondario, ovvero l'involucro interposto tra la provetta o la sacca di matrice trasportata e il contenitore terziario. Uno o più contenitori secondari vengono inseriti all'interno di un contenitore terziario, detto anche dispositivo di trasporto (ad es. borsa frigo) generalmente refrigerato attraverso l'inserimento di piastre eutettiche (carica del ghiaccio) (2020).

L'analisi della letteratura scientifica e dello stato dell'arte riportati in precedenza, dimostrano come l'attività progettuale, ossia di sviluppo di una nuova forma o implementazione delle performance di trasporto, sia legato al dispositivo terziario, che come nel caso della Smart Capsule può essere dotato di sensori e tecnologie per il controllo del materiale trasportato, all'interno del quale viene poi inserito un contenitore secondario tradizionale.

Diversamente, alla base del progetto SMOX®, vi è l'intento di garantire un maggiore e più completo controllo del trasporto, proteggendo il materiale attraverso un sistema di regolazione della temperatura e comunicazione in real-time con i dispositivi interconnessi [fig. 02]. Dunque, l'obiettivo è stato non solo quello di progettare il contenitore terziario, ma soprattutto di occuparsi del contenitore secondario, rendendo quest'ultimo il cuore tecnologico del

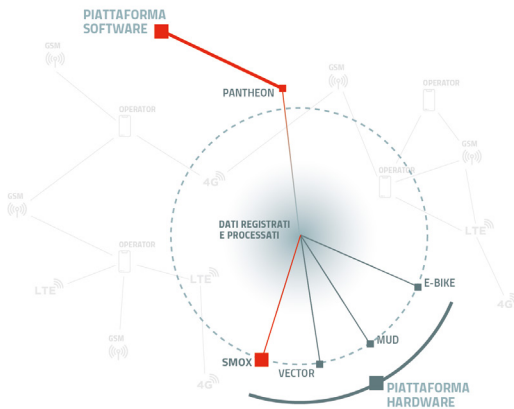
01
Tavola di sintesi delle linee guida e best practices adottate nell'ambito della logistica sanitaria.
Credit
Carpitech srl

progetto stesso. Il contenitore secondario dello SMOX®, è un dispositivo termoautonomo e smart, che attraverso sensori di temperatura e umidità, e tecnologie IoT, permette di controllare e preservare il prezioso contenuto trasportato, emettendo segnali di notifica ed allarme nel caso in cui le linee guida di trasporto della matrice bio/sintetica, non vengano rispettate. Ciò è possibile grazie ad una piattaforma software collaborativa, che permette di effettuare il tracciamento delle matrici e delle condizioni di trasporto, e di mettere in contatto tra loro i diversi operatori.

In merito, si evidenzia che il contenitore secondario è il risultato dell'attività interdisciplinare del gruppo di ricerca impegnato nel progetto. Premessa la trasversalità delle singole competenze, è comunque possibile evidenziare che al team di ingegneria delle telecomunicazioni ed informatica si deve la realizzazione del sistema di interconnessioni e comunicazione con la piattaforma collaborativa, nonché il sistema di rilevamento e monitoraggio di dati – come la temperatura e l'umidità – che vengono registrati e comunicati in real-time grazie alla apposita scheda realizzata per il progetto SMOX®. Il gruppo di termodinamica, si è occupato degli studi ed approfondimenti relativi le questioni tecniche e strumentali legate specificatamente al controllo della temperatura, indagando le soluzioni più opportune al fine di creare e mantenere un flusso d'aria fredda o calda, che potesse preservare il contenuto trasportato da sbalzi termici, che inficerebbero le proprietà metaboliche, nel caso di sangue o derivati, o i principi di attività, nel caso di farmaci salvavita.

Il gruppo di design, infine, ha avuto un ruolo registico rispetto alla relazione tra le differenti competenze, occupandosi della conformazione di una geometria utile ad

02
Il sistema di sensori integrati nello SMOX® rende possibile la registrazione dei dati e la comunicazione in real-time con gli altri operatori e dispositivi della rete. Questo approccio è scalabile a tutto l'ecosistema delle soluzioni progettate e in fase di sviluppo.
Credit
Carpitech srl





03

accogliere le differenti componentistiche tecnologiche ed elettroniche – tra cui la scheda, una batteria che permette il funzionamento del payload durante il trasporto, un dissipatore e una cella Peltier utili per la il mantenimento della temperatura –, specificatamente progettata per mantenere il contenitore in una condizione di equilibrio, nonostante il peso della componentistica e delle matrici trasportate, ergonomica e leggera per agevolare il trasporto da parte dell'operatore. Completa il design del contenitore secondario la predisposizione di una station, utile allo stoccaggio impilabile e alla ricarica dei contenitori presso differenti tipi di strutture, come laboratori analisi (spoke e hub) e farmacie ospedaliere, al fine di avere lo SMOX® sempre pronto per l'utilizzo [fig. 03].

Lo SMOX® secondario, è inoltre dotato di un contenitore terziario, un guscio esterno, anch'esso ergonomico nel suo design di capsula protettiva, facilmente trasportabile sia con mezzi di trasporto tradizionali – su gomma – sia attraverso mezzi innovativi e sostenibili [fig. 04]. Gli sviluppi futuri del progetto, infatti, hanno come focus quello di scalare il contenitore su diversi mezzi di trasporto, come la e-bike per cui si sta sviluppando un sistema di contenitori a temperatura controllata specificatamente studiati per il trasporto su bicicletta elettrica (Cybell) o il drone medicale per il trasporto aereo urbano (MUD), due progetti che affrontano i temi della logistica sanitaria integrando aspetti come la sostenibilità ambientale e le specificità delle reti territoriali, così da garantire un accesso equo e diffuso alle cure e ai beni salvavita, in qualsiasi condizione.

Per quanto riguarda la fase di sviluppo e di test delle geometrie, così come per la verifica degli aspetti funzionali, lo SMOX® – terziario e secondario – è stato realizzato attraverso l'impiego delle tecniche e tecnologie dell'advanced manufacturing. In particolare, se attraverso la mo-

03

Nell'immagine si visualizza uno dei possibili ambiti d'applicazione del progetto SMOX®, in cui è presente la station di ricarica e il software di gestione del settore pre-analitico, ovvero di laboratorio analisi. Credit Carpitch srl



04

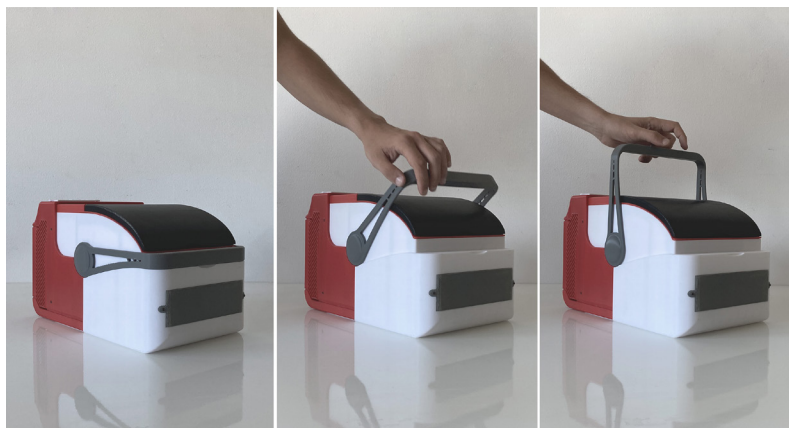
dellazione tridimensionale è stato possibile conformare il modello, studiandolo attraverso simulazioni virtuali utili ad indagare aspetti come la compatibilità con la componentistica elettronica e l'ergonomia del dispositivo, tramite la stampa tridimensionale attraverso tecnologia additiva FDM, sono stati realizzati diversi test e prototipi, utili ad indagare i materiali più idonei per il prodotto – almeno in questa fase di sviluppo – così come i dettagli geometrici, come gli spessori delle pareti al fine di mantenere il flusso d'aria generato all'interno del contenitore, le geometrie più idonee per la realizzazione di prese d'aria necessarie in corrispondenza delle componentistiche assemblate, la suddivisione in scocche utili a semplificare l'assemblaggio e ad aumentare la leggerezza e al tempo stesso la trasportabilità del contenitore, lo studio su spazi ed alloggiamenti, specifici per la componentistica elettronica [fig. 05]. In merito si sottolinea che la stampa tramite tecnologia FDM e l'impiego di un materiale quale l'Acido Polilattico (PLA), hanno portato alla realizzazione di prototipi facilmente riciclabili, un tema di particolare rilevanza in quanto si lega alle questioni sul tema della sostenibilità ambientale.

Discussione

L'emergenza sanitaria dovuta alla pandemia di Covid-19, è stato un evento dirompente, che come altri ha determinato e potrà determinare la necessità di affrontare molte delle questioni legate all'ambito della sanità, con particolare attenzione a garantire un accesso equo e diffuso ai beni e processi salvavita.

Grazie all'analisi della letteratura scientifica e dello stato dell'arte di riferimento, è stato possibile comprendere

04
Nell'immagine
si osservano
il contenitore
secondario e
terziario originali
SMOX®. Credit
Carpitech srl



05

come mezzi innovativi, per il controllo e il monitoraggio della fase logistica, sono di particolare rilevanza rispetto al settore sanitario, in quanto tentano di garantire lo spostamento di matrici bio/sintetiche, nonostante le impossibilità legate allo spostamento dei pazienti o le difficoltà dovute al raggiungimento di alcune aree geografiche per motivi di distanza, ma anche dovuti ad emergenze sanitarie, climatiche o a conflitti armati.

Per questo motivo, il progetto SMOX® rappresenta un'esperienza rilevante rispetto al contesto di riferimento perché è centrato sull'aspetto del materiale trasportato, piuttosto che sul trasporto in quanto tale. Per fare ciò è di fondamentale importanza conoscere ed essere consapevoli di quella che è l'intera filiera della logistica sanitaria integrata, ovvero dei metodi tradizionali di trasporto, delle linee guida, sia per quanto riguarda i contenitori utilizzati che i parametri di riferimento – come il tempo e la temperatura. Un progetto, dunque, che oltre a includere diverse competenze tecnico-scientifiche, ha come obiettivo quello di avvicinare la salute alle persone, soprattutto nei contesti e nelle aree di rischio. In conclusione, si ritiene quanto descritto, possa contribuire ad aumentare non solo il panorama delle esperienze condotte nel settore della logistica sanitaria, ma soprattutto a comprendere come i metodi e le tecniche del design, e in particolare del design medico che studia e analizza quelli che sono i vincoli stringenti del contesto di riferimento, nonché le nuove tecnologie, possono avere un ruolo determinante e proattivo nella realizzazione di nuovi strumenti ed artefatti il cui fine è quello di portare la *salute ovunque*, sopravvivendo a quelli che sono gli eventi urgenti ed emergenti della contemporaneità.

04
Nelle immagini sono visibili alcuni dettagli del prototipo del contenitore secondario SMOX®. Credit Carpitch srl

REFERENCES

- Jarrett Gary P., "Logistics In The Health Care Industry", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* vol. 28 n. 9/10, **1998**, pp. 741-772.
- Naylor David C., "Health Care In Canada: Incrementalism Under Fiscal Duress", *Health Affairs* n. 18(3), **1999**, pp. 9-26.
- Eysenbach Gunther, "What is e-health?", *Journal of Medical Internet Research* n.3(2), **2001**, pp. 20.
- Chandra Charu, Kachal Swatantra K., "Managing Health Care Supply Chain: Trends, Issues, and Solutions from a Logistics Perspective", pp. 21-29, in *Proceedings of the sixteenth annual society of health systems management engineering forum*, **2004**.
- Kim Dongsoo, "An Integrated Supply Chain Management System: A Case Study in Healthcare Sector", pp. 218-227, in *Proceedings of the E-Commerce and Web Technologies: 6th International Conference, EC-WEB*, **2005**. https://doi.org/10.1007/11545163_22
- Kumar Arun, Ozdamar Linet, Zhang Chun Ning, "Supply Chain Redesign in the Healthcare Industry of Singapore", *Supply Chain Management: An International Journal* n. 13(2), **2008**, pp. 95-103.
- Grigoroudis Evangelos, Orfanoudaki Eleni, Zopounidis Constantin D., "Strategic Performance Measurement in A Healthcare Organisation: A Multiple Criteria Approach Based on Balanced Scorecard", *Omega* n. 40(1), **2012**, pp. 104-119.
- Raptopoulos Andreas, "No roads? There's a drone for that", *TED Global*, **2013**. https://www.ted.com/talks/andreas_raptopoulos_no_roads_there_s_a_drone_for_that [28 Settembre 2022].
- Amukele Timothy K., Sokoll Lori J., Pepper Daniel, Howard Dana P., Street Jeff, "Can Unmanned Aerial Systems (Drones) Be Used for the Routine Transport of Chemistry Hematology, and Coagulation Laboratory Specimens?", *PLoS one* n. 10(7), **2015**, pp. e0134020.
- Kritchanchai Duangpun, Hoeur Soriya, Engelseth Per, "Develop a strategy for improving healthcare logistics performance", *Supply Chain Forum: An International Journal* vol. 19, issue 1, **2017**, pp. 55-69.
- Bentahar Omar, Benzidia Smail, *Supply chain management de la santé*, Éditions EMS, **2019**, pp. 432.
- Beaulieu Martin, Bentahar Omar, Benzidia Smail, "The Evolution of Healthcare Logistics: The Canadian Experience", *Journal of Applied Business & Economics* n. 22(14), **2020**, pp. 196-202.
- Centro Nazionale Sangue, "Linee Guida per il trasporto delle unità di sangue ed emocomponenti e dei relativi campioni biologici", **2020**. <https://www.centronazionalesangue.it/trasporto-emocomponenti-pubblicate-le-linee-guida/> [28 Settembre 2022]
- Clifton William, Damon Aaron, Martin Archer K., "Considerations and Cautions for Three-Dimensional-Printed Personal Protective Equipment in the COVID-19 Crisis", *3D Printing and Additive Manufacturing* n. 3(7), **2020**, pp. 97-99.
- Marinelli Marina, "Emergency Healthcare Facilities: Managing Design in a Post Covid-19 World", *IEEE Engineering Management Review* vol. 48, n.4, **2020**, pp. 65-71.

- Sbordone Maria Antonietta, Pontillo Gabriele, "Design and different ways of "doing" technologies", *DIID Design 2030: Practice* n. 72, **2020**, pp. 152-160.
- Wamba Samuel Fosso, Dubey Rameshwar, Gunasekaran Angappa, Akter Shahriar, "The performance effects of big data analytics and supply chain ambidexterity: The moderating effect of environmental dynamism", *International Journal of Production Economics* n. 222, **2020**, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.09.019>
- Amicone Donatello, Cannas Andrea, Marci Alberto, Tortora Giuseppe, "A Smart Capsule Equipped with Artificial Intelligence for Autonomous Delivery of Medical Material through Drones", *Applied Sciences* n. 11(17), **2021**, <http://dx.doi.org/10.3390/app11177976>
- Benarbia Taha, Kyamakya Kyandoghere, "A Literature Review of Drone-Based Package Delivery Logistics Systems and Their Implementation Feasibility", *Sustainability* n. 14(1), **2021**, <https://doi.org/10.3390/su14010360>
- Maheswari Raja, Ganesan Ramachandran, Venusamy Kanagaraj, "MeDrone – A Smart Drone to Distribute Drugs to Avoid Human Intervention and Social Distancing do Tefeat COVID-19 Pandemic for Indian Hospital", *Journal of Physics: Conference Series* 1964(6), **2021**, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1964/6/062112>
- Munawar Hafiz Suliman, Inam Hina, Ullah Fahim, Qayyum Siddra, Zouzani Abbas Z., Mahmud Parvez, "Towards Smart Healthcare: UAV-Based Optimized Path Planning for Delivering COVID-19 Self-Testing Kits Using Cutting Edge Technologies", *Sustainability*. 13(18), **2021**, <https://doi.org/10.3390/su131810426>
- OMS, "Model list of essential medicines – 22nd list", **2021**. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-MHP-HPS-EML-2021.02>. [4 Dicembre 2022]
- Kaw Javaid A., Gull Solihah, Parah Shabir A., "SVIoT: A Secure Visual-IoT Framework for Smart Healthcare", *Sensors* n. 22(5), **2022**, <https://doi.org/10.3390/s22051773>
- OMS, "Coronavirus (COVID-19) Dashboard", **2022**. <https://covid19.who.int/> [28 Settembre 2022]
- OMS, "Blood safety and availability", **2022**. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blood-safety-and-availability> [4 Dicembre 2022]
- Saeidnia Hamid Reza, Ghorbi Ali, Kozak Marcin, Herteliu Claudiu, "Smartphone-Based Healthcare Apps for Older Adults in the COVID-19 Era: Heuristic Evaluation", *Studies in health technology and informatics* n. 289, **2022**, pp. 128-131.
- Saponi Matteo, Borboni Alberto, Adamini Riccardo, Faglia Rodolfo, Amici Cinzia, "Embedded Payload Solutions in UAVs for Medium and Small Package Delivery", *Machines* n. 10(9), **2022**, <https://doi.org/10.3390/machines10090737>