

Zygmunt DZIECHCIOWSKI¹
Jacek LORKOWSKI²
Waldemar HŁADKI³

Możliwości zmniejszenia kosztów funkcjonowania szpitali przy zastosowaniu poczty pneumatycznej – doniesienie wstępne

The possibilities to reduce hospital costs by using pneumatic tube system - preliminary report.

¹Institut Konstrukcji Maszyn Politechniki Krakowskiej w Krakowie
Dyrektor Instytutu:
prof. dr hab. inż. Aleksander Muc

²Klinika Ortopedii i Traumatologii Centralnego Szpitala Klinicznego MSW w Warszawie
Kierownik Kliniki:
prof. dr hab. med. Ireneusz Kotela

³Zakład Medycyny Katastrof Katedry Anestezjologii i Intensywnej Terapii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
Kierownik Katedry:
prof. dr hab. med. Janusz Andres

Celem pracy było porównanie ergonomii i ekonomiki dostarczenia materiałów medycznych w dużych szpitalach z użyciem poczty pneumatycznej i tradycyjnego przenoszenia materiału (ręcznie). Wykonano analizy czasu dostarczenia przesyłek w przypadku wykorzystania układu poczty pneumatycznej i porównano go z czasem dostarczenia przesyłki przez człowieka. Uzyskane wyniki porównano. Jednocześnie, wykonano analizy możliwości zmniejszenia kosztów funkcjonowania szpitali, po zainstalowaniu systemu poczty pneumatycznej. Z przeprowadzonych analiz wynika, że zastosowanie układu poczty pneumatycznej w znaczący sposób przyczynia się do zmniejszenia czasu niezbędnego na dostarczenie przesyłki, a to z kolei wpływa na możliwość przeznaczenia większej ilości czasu pacjentom przez personel medyczny.

The aim of the study was to compare ergonomics and economics of delivery of medical supplies in large hospitals realized by a pneumatic tube system (PTS) and human courier. Analysis of the time delivery of shipments was made. Conclusion: The studies were compared PTS and delivery of a shipment by courier. The results were compared. In addition, analysis of the opportunities to reduce hospital costs after installing PTS system were performed. Ensues from our analysis that the use of PTS system significantly reduces the time required for delivery of a medical material, and this in turn affects the ability to devote more time to patients by medical staff.

Słowa kluczowe:

transport, poczta pneumatyczna, ergonomia, SOR, Zespół Urazowy

Key words:

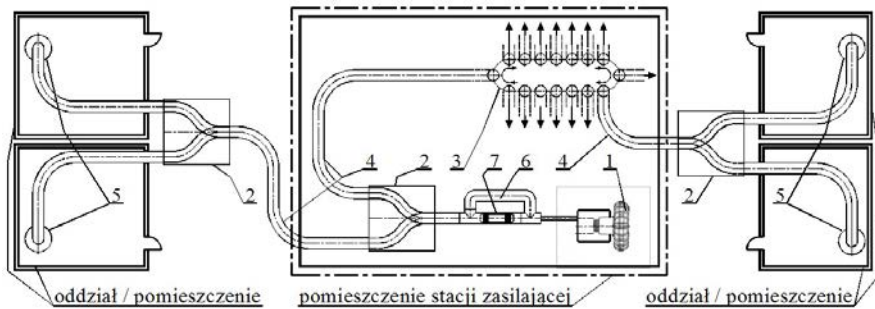
transport, pneumatic tube system, ergonomics, Emergency Department, Trauma Team

Wstęp

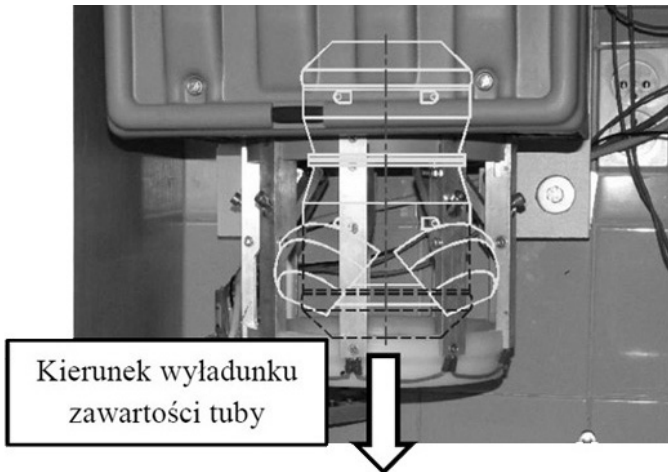
Podstawowym zadaniem personelu medycznego średniego szczebla w szpitalu jest czynne uczestniczenie w procesie leczenia i opieka nad pacjentem. W Polsce personel ten odpowiada bezpośrednio lub z pomocą personelu niższego m.in. za dostarczanie materiału biologicznego do badań, krwi i materiałów krwiopochodnych oraz leków. Z różnych przyczyn ogrom prac administracyjnych i pomocniczych powoduje odciążanie personelu medycznego od pracy bezpośrednio przy chorym. Mimo, że rozwój łączności elektronicznej i internetu następuje bardzo szybko, zgodnie z prawem Moor'a, nie można drogą elektroniczną przesłać przedmiotów fizycznych takich jak np. próbki krwi. Materiały te muszą być przeniesione osobiście lub z wykorzystaniem dostępnych urządzeń transportowych. Tymczasem przy logistyce związanej z transportem wewnątrzszpitalnym należałoby zwrócić uwagę na tzw. pocztę pneumatyczną, która istnieje już ponad 150 lat, a w ostatnich 10 – 20 latach przeżywa swój renesans [1]. Poczta pneumatyczna najczęściej stosowana jest w przemyśle, sklepach wielkopowierzchniowych, w bankach, ale także w służbie zdrowia, szczególnie w dużych szpitalach. Jej zaletą jest krótki czas trwania dostarczenia przesyłki

oraz możliwość ograniczenia do minimum kontaktu człowieka z transportowanymi przedmiotami [2]. Budowę systemu poczty pneumatycznej pokazano na rycinie (Ryc. 1). Oznaczono tu tylko główne elementy systemu, bez wchodzenia w szczegóły budowy. Na schemacie oznaczono m.in. napęd (dmuchawę), stacje nadawczo – odbiorcze, zwrotnice czy stację łącznikową służącą do łączenia poszczególnych linii. System pocztowy składa się z jednej lub wielu linii transportowych. Każda linia ma własny napęd, dzięki czemu możliwe są połączenia pomiędzy większą ilością pomieszczeń czy oddziałów. Układy tego typu posiadają również elementy służące do zatrzymywania tuby. Więcej informacji na temat budowy systemu pocztowego i elementów w nim wykorzystywanych przedstawiał autor w swojej poprzedniej pracy dotyczącej tego tematu [2]. Pewne elementy tego systemu są charakterystyczne dla układów wewnątrzszpitalnych. Należą do nich: niektóre stacje nadawczo – odbiorcze i stacje łącznikowe, a także specjalne tuby transportowe. Niektóre stacje nadawczo – odbiorcze są skonstruowane tak, by mogły po dostarczeniu przesyłki opróżnić się samoczynnie, a następnie bez ingerencji człowieka powrócić do nadawcy (Ryc. 2). Stanowi

Adres do korespondencji
dr inż. Zygmunt Dziechciowski
Politechnika Krakowska Wydział Mechaniczny
Instytut Konstrukcji Maszyn
al. Jana Pawła II 37
31 – 864 Kraków
e-mail: dziechci@mech.pk.edu.pl
tel. 502 066 999



Ryc. 1. Przykładowy schemat instalacji poczty pneumatycznej: 1 – dmuchawa zasilająca, 2 – zwrotnica, 3 – stacja łącznikowa, 4 – rurociąg transportowy, 5 – stacja nadawcza/odbiorcza, 6 – element hamujący (hamulec pneumatyczny), 7 – tuba transportowa



Ryc. 2. Stacja samowyladowcza – samorozładowanie tuby typu polipowego.



Ryc. 3. Otwarta tuba samowyladowcza z polipowym otwarciem.

to dalszy krok w poprawie ergonomii pracy [3,4].

W przypadku bardzo rozbudowanych systemów pocztowych stosuje się stacje łącznikowe, które, jak wspomniano wcześniej, umożliwiają połączenie poszczególnych tras (linii transportowych) ze sobą. Dodatkowo pełnią one funkcję bufora, który umożliwia likwi-

dację blokad poszczególnych linii w porach dużego obciążenia systemu [2]. Jedno z rozwiązań konstrukcyjnych stacji łącznikowej działa na zasadzie układu karuzelowego, który skonstruowany jest tak, by obracając się łączył ze sobą poszczególne linie pocztowe [2,4].

Trzecim elementem, który spełnia ważne zadanie w układzie pocztowym są tuby transportowe. Niektóre z nich są charakterystyczne dla zastosowań szpitalnych. Tubę specjalną, do samoczynnego rozładunku, przedstawia rycina (Ryc 3). Innym rozwiązaniem tuby transportowej są tzw. tuby dzielone. Właśnie w szpitalach stosuje się tuby dzielone wzdłuż płaszczyzny przechodzącej przez oś symetrii tuby [5]. Ze względu na potrzeby szpitali stosuje się także tuby o dużej średnicy (160 mm) i długości (330, a nawet 400 mm). Jest to spowodowane również tym, że transportowany ładunek nie jest ciężki, ale zajmuje dużą objętość (np. próbki krwi czy lekarstwa). Z tuby o dużej średnicy można również znacznie łatwiej usunąć transportowane elementy [6]. Najczęściej jednak stosuje się tuby o załadunku od czola (z możliwością załadunku tak z jednej, jak i drugiej strony tuby) [2,7]. Tuby są bardzo często wyposażone w układy elektroniczne (tzw. chipy), które umożliwiają dotarcie danej tuby do konkretnego odbiorcy [4,7,8,9]. Ogranicza to do minimum pomyłki wywołane czynnikiem ludzkim.

Prędkość transportu tuby mieści się w dość szerokim zakresie. Producenci systemów najczęściej podają następujące wartości prędkości: 6 m/s, 8 m/s, 10 m/s, a nawet 15 ÷ 16 m/s. Jednak dla

bardzo wrażliwych przesyłek (np. próbki krwi) ta prędkość systemowo jest ograniczona do $2 \div 3$ m/s [8,9].

Cel pracy

Celem pracy było porównanie ergonomii i ekonomiki dostarczenia materiałów medycznych w dużych szpitalach z użyciem poczty pneumatycznej i tradycyjnego przenoszenia materiału.

Material i metodyka

Celem rozwiązania problemu badawczego: 1) wykonano badanie ankietowe pielęgniarek, 2) stworzono empiryczny model funkcjonowania modelowej poczty pneumatycznej w oparciu o doświadczenia własne i dane dostępne na stronach www, 3) porównano czas i koszty dostarczania materiałów medycznych. Szczegółowy plan badawczy przedstawiono poniżej.

Rozważono dostarczanie przesyłek w sposób tradycyjny tj. ręczne i pocztą pneumatyczną. Podczas określania czasu poświęcanego na ręczne dostarczenie przesyłek, w badaniu wzięło udział 40 pielęgniarek, ratowników medycznych i sanitariuszek z sześciu różnych szpitali z różnych Oddziałów w Polsce, dostarczających w sposób tradycyjny do laboratorium próbki krwi, krew z Banku Krwi na Oddział, materiały medyczne, dokumentację itp. Oceniano czas zużyty jednostkowo na powyższą procedurę (przejście z jednego miejsca do drugiego) oraz liczbę tego typu procedur w trakcie jednego, 12 - godzinnego dyżuru.

W celu określenia orientacyjnych zysków wynikających z zastosowania w szpitalu poczty pneumatycznej porównano koszty zatrudnienia średniego personelu medycznego z kosztem związanym z utrzymaniem (funkcjonowaniem) systemu pocztowego. Koszt zatrudnienia średniego personelu medycznego jest pochodną zapotrzebowania na personel tego typu na danym oddziale [10,11]. Przy dokładnej analizie danych trzeba wziąć oczywiście pod uwagę czas nieobecności średniego personelu na oddziale, spowodowany koniecznością ręcznego dostarczenia przesyłek w różne, czasami bardzo odległe, części szpitala.

koniecznością ręcznego dostarczenia przesyłek w różne, czasami bardzo odległe, części szpitala. Rozporządzenie [10] zawiera algorytm, służący do określenia ustalania minimalnych norm zatrudnienia pielęgniarek i położnych w podmiotach leczniczych niebędących przedsiębiorcami. Przy ustalaniu minimalnej normy stosuje się wzór

$$L_e = \frac{T_{spc} \cdot 365}{T_d}$$

gdzie:

L_e – liczba etatów lub równoważników etatów – stanowiąca podstawę obliczenia minimalnej normy,

T_{spe} – średni dobowy czas świadczeń pielęgniarstwa całkowity, (dni),

zT_d – średni czas dyspozycyjny pielęgniarki lub położnej w ciągu roku.

Średni dobowy czas świadczeń pielęgniarstwa, całkowity oraz średni czas dyspozycyjny pielęgniarki lub położnej w ciągu roku, oblicza się w oparciu o zależności podane w [10].

Tworząc model redukcji kosztów uwzględniono badania własne (badanie ankietowe dotyczące czasu pracy przeznaczonego na przenoszenie materiałów) jak i dane dotyczące zarobków średniego personelu i niższego [12,13] oraz dane dotyczące standardowego zatrudnienia personelu na oddziałach wynikające z obowiązujących przepisów [10,11].

Podczas określania czasu wykorzystywanego na dostarczanie materiałów systemem pocztowym, przeprowadzono pomiar czasu zużytego na zapakowanie i rozpakowanie tub pocztowych. Pomiar wykonano dla różnych tub, o różnym stopniu zapelnienia. Przeprowadzono również analizę przesyłu tuby systemem pocztowym pod kątem czasu transportu. Wzięto pod uwagę przesył tuby w układzie najprostszym - ze stacji A do B - bez zmiany kierunku przesyłania (bez zatrzymania tuby układem hamującym), a także układ bardziej zaawansowany (0 większej liczbie elementów).

Następnie oceniono koszty funkcjonowania poczty pneumatycznej i tradycyjnego transportu. Koszty te porównano.

Koszt funkcjonowania poczty oszacowano na podstawie dostępnych, jawnych informacji dotyczących zamówień publicznych, czyli dla rzeczywistego układu, a także na podstawie dostępnych publikacji. Nie uwzględniano kosztu samej instalacji, gdyż pieniądze na ten cel są pozyskiwane przez szpitale m.in. z różnego rodzaju funduszy (w tym z funduszy unijnych).

Analizę przykładowych kosztów funkcjonowania poczty pneumatycznej wykonano w oparciu o model utworzony na bazie dostępnych na stronach www danych dotyczących poczty pneumatycznej funkcjonującej w Uniwersyteckim Centrum Klinicznym (UCK) w Gdańsku. W skład UCK wchodzi: kliniki dla dorosłych i kliniki dla dzieci. W strukturze wyróżnione jest 27 oddziałów klinicznych [14]. System pocztowy posiada 4 linie: 3 linie o średnicy 110 mm i 1 linia o średnicy 160 mm (do transportu leków) [15,16]. Nie są znane informacje nt. obecnej długości rurociągów w zastosowanym tam układzie poczty pneumatycznej. Odległość pomiędzy skrajnymi budynkami UCK jest rzędu nawet 500 m. Szacunkowa, całkowita długość rurociągów to kilka kilometrów.

Zgodnie z informacjami ze stron www, w 2015 roku rozstrzygnięto prze-

targ w tamtejszym szpitalu na usługi serwisowe systemu poczty pneumatycznej [15]. Umowę podpisano na okres 4 lat. Wg treści umowy średni koszt konserwacji i przeglądów systemu pocztowego w UCK ma wynieść ok. 40 000 zł, plus ewentualne koszty związane z wymianą części, które to koszty nie mogą jednak być wyższe niż 127 000 zł za cały okres trwania umowy (co daje średnio rocznie 31 750 zł). Na podstawie kwot podanych w [15], można wyliczyć, że rocznie na eksploatację poczty UCK w Gdańsku przewiduje kwotę ok. 70 000 zł.

Wyniki

W badanej grupie, zgodnie z wynikami badania ankietowego, na przeniesienie poza macierzysty oddział krwi i osocza do transfuzji, próbek badań, materiałów i dokumentacji pielęgniarka i sanitariuszka poświęca 35 (SD +/- 14) minut w trakcie 12 - godzinnej dyżuru. Jedna osoba (pielęgniarka lub sanitariuszka) wychodziła celem przeniesienia omawianych materiałów 6.2 (SD +/- 4) razy.

Czas załadunku i rozładunku tuby

W trakcie przeprowadzonych analiz dokonano pomiarów, których celem było określenie czasu potrzebnego do załadunku i rozładunku tuby transportowej. Wykonano pomiary czasu stricte załadunku, bez wykonania czynności związanych z przygotowaniem ładunku do wysyłki. Bardzo istotny tu jest typ tuby i jego rozmiar, a także ładunek przeznaczony do transportu. I tak, dla tub dzielonych o średnicy 160 mm (jakie pokazano w [5]) czas załadunku wyniósł ok. 17 – 18 sekund dla dużego wypełnienia tuby. Dla przesyłu dokumentacji medycznej z ewentualną niewielką ilością materiału do badań (np. jeden pojemnik z próbką krwi) czas załadunku jest o wiele krótszy (uzyskany czas wyniósł średnio ok. 7 sekund, ale zarejestrowano również czas ok. 3 sekund dla przypadku pojedynczego woreczka z ładunkiem umieszczonym w tubie dzielonej).

W przypadku tub okrągłych o średnicy 160 mm z załadunkiem od góry (jakie pokazano w [6]) uzupełnianie tuby niewielką ilością przedmiotów (około 50 % wypełnienia) zajmuje średnio około 6 sekund. Przy większej ilości elementów czas załadunku będzie odpowiednio dłuższy. Rozładunek zajmuje średnio około 3 sekund.

W przypadku tub o mniejszej średnicy (110 mm) czas załadunku niewielką ilością przedmiotów wyniósł średnio około 7 sekund, przy czym rozładunek wymagał czasami wykorzystania dodatkowych przyrządów (ładunek blokował się w tubie i wymagało to przepchnięcia go do wylotu tuby). W ten sposób wykazano zasadność stosowania systemów o większej średnicy kanałów nośnych (tj. dla tub o średnicy 160 mm).

Czas potrzebny na załadunek i roz-

ładunek tuby t_{Z-R} będzie sumą obu tych czasów

$$t_{Z-R} = t_Z + t_R \text{ [s]}$$

gdzie:

t_Z – czas potrzebny na załadunek tuby, [s],

t_R – czas potrzebny na rozładunek tuby, [s].

Reasumując, uzyskany w trakcie pomiarów średni czas potrzebny do załadunku i rozładunku tuby dzielonej o średnicy 160 mm wyniósł 15.6 sekundy (załadunek 11.2 (SD +/- 5.6) sekundy, a rozładunek 4.4 (SD +/- 1.0) sekundy).

Dla tub o średnicy 160 mm ładowanych od zola tuby, średni czas potrzebny do załadunku i rozładunku tuby wyniósł 9.0 sekund (załadunek 5.9 (SD +/- 1.1) sekundy, a rozładunek 3.1 (SD +/- 0.6) sekundy).

Czas transportu

W ramach pracy dokonano porównania czasu dostarczenia przesyłki dla różnych prędkości przesyłu tuby. Obliczenia wykonano dla długości trasy 400 m, bez uwzględnienia elementów wpływających na opóźnienie dostarczenia przesyłki. Wyniki obliczeń zawarto w tabeli I. Czas dostarczenia w znacznym stopniu zależy także od długości trasy, prędkości transportowej, a także ilości i rodzaju elementów zastosowanych w systemie (m.in. od ilość zakrętów, zwrotnic, zmian kierunku przelotu). Każdy element zastosowany w systemie generuje opóźnienia w dostarczeniu przesyłki do odbiorcy. Należy również wziąć pod uwagę opóźnienie wymuszone przez obsługującego pocztę (przesyłka może być nadana w nocy, a odbiór jest wymagany dopiero w godzinach rannych). Czas dostarczenia przesyłki t_D (od momentu nadania tuby do momentu dotarcia tuby do odbiorcy) można w sposób uproszczony wyliczyć z zależności

$$t_D = \frac{s}{v} + t_o + \sum_{n=1}^k \varepsilon_k \text{ [s]}$$

gdzie:

s – długość linii transportowej, [m],

v – prędkość przelotowa tuby, [m/s],

t_o – czas opóźnienia wymuszonego przez obsługującego pocztę, [s],

ε_k – opóźnienie wywołane przez n - ty element, [s],

n – numer elementu w układzie, [-],

k – liczba elementów układu, które wywołują opóźnienia czasowe w przesyłaniu ładunku, [-].

Wg pomiarów przeprowadzonych przez autorów pracy opóźnienie wywołane przez zmianę kierunku tuby dla układu o średnicy 110 mm (czyli kolejno przejście przez zwrotnicę, wyhamo-

wanie tuby wraz z wyłączeniem dmuchawy, zmiana ustawienia zwrotnicy, włączenie dmuchawy i przejście przez zwrotnicę) wynosi 4.1 (SD +/- 0.1) sekundy. Wysyłka tuby z najprostszej stacji nadawczej (stacja bez możliwości buforowania) wynosi 5.5 (SD +/- 0.7) sekundy.

Powyższe zależności pozwoliły na określenie czasu transportu dla danej instalacji pocztowej, czyli czasu transportu uwzględniającego elementy układu, które wpływają na przebieg procesu transportu.

Tabela I. zawiera również obliczenia czasu przesyłu tuby dla układu, w którym występują opóźnienia wywołane pracą stacji nadawczej oraz układu zmiany kierunku przesyłu. Na rycinie (Ryc. 4) przedstawiono w postaci wykresu zależność pomiędzy czasami przesyłu, a prędkością tuby. Należy pamiętać, że odległość czasowa pomiędzy obiema liniami na wykresie będzie się zwiększać wraz ze wzrostem ilości elementów, które będą powodować opóźnienia.

W przypadku dostarczenia przesyłki przez człowieka czas dotarcia przesyłki znacząco się wydłuża, co przedstawiono w tabeli (Tabela II).

Porównując table I i II można zauważyć, że dla odległości pomiędzy nadawcą a odbiorcą rzędu 300 – 400 m czas transportu w przypadku ręcznego dostarczenia przesyłki jest przynajmniej dwukrotnie dłuższy w stosunku do przypadku wykorzystania poczty pneumatycznej (nawet dla najniższej prędkości przesyłu tuby wynoszącej około 3 m/s). Czas ręcznego dostarczenia przesyłki jednak znacznie się wydłuża, gdyż tu także wystąpią opóźnienia w czasie dostarczenia spowodowane np. faktem oczekiwania na dźwigi osobowe. Dlatego też transport manualny należy również określać indywidualnie dla konkretnego obiektu szpitalnego.

Ręczne dostarczanie przesyłek powoduje powstanie strat czasowych w pracy personelu, wywołanych brakiem wymaganej ilości średniego personelu medycznego. Mając to na uwadze opracowano model empiryczny, który na tej podstawie pozwala określić straty finansowe, jakie szpital teoretycznie ponosi. Hipotetyczne roczne koszty K_p , które powinien ponieść szpital z tytułu konieczności zatrudnienia dodatkowego średniego personelu można wyliczyć z zależności.

$$K_p = \frac{t_{MD} \cdot D_{sr} \cdot \sum_{m=1}^u (L_{e_D} + L_{e_N})}{40} \text{ [zł]}$$

gdzie:

L_{e_D} – wymagana liczba średniego personelu na oddziale w ciągu dnia, [-],

L_{e_N} – wymagana liczba średniego personelu na oddziale w ciągu nocy, [-],

t_{MD} – średni czas jednorazowego przebywania personelu poza oddziałem,

D_{sr} – średnie wynagrodzenie średniego personelu medycznego, [zł],

m – numer oddziału w szpitalu,

u – liczba oddziałów w szpitalu.

Tabela I.
Orientacyjny czas przesyłu tuby dla różnych prędkości transportowych dla długości trasy 400 m dla przypadków bez wystąpienia opóźnień czasowych i z występowaniem opóźnień czasowych przesyłu tuby

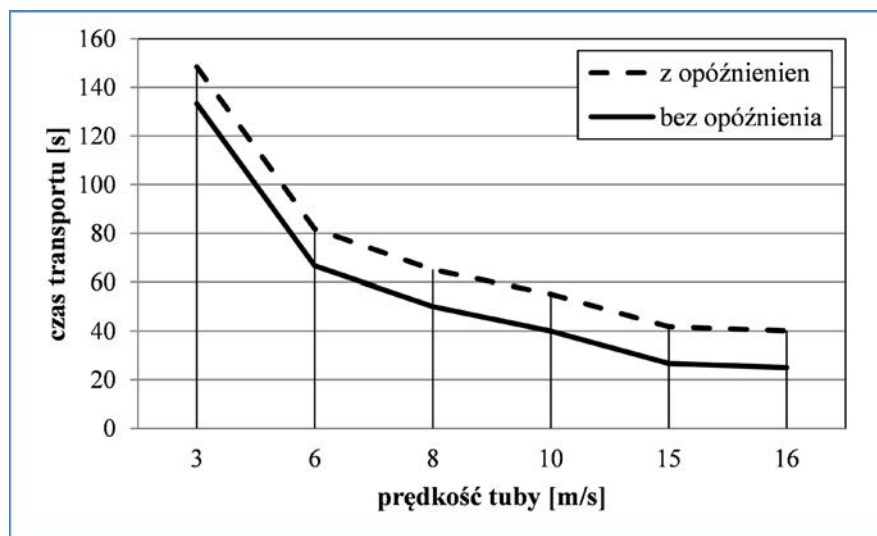
Prędkość przesyłu [m/s]	Czas przesyłu (z pominięciem opóźnień czasowych)	Czas przesyłu (z uwzględnieniem opóźnień czasowych)
3	2 min 13 sek	2 min 28 sek
6	1 min 7 sek	1 min 22 sek
8	50 sek	1 min 5 sek
10	40 sek	55 sek
15	27 sek	42 sek
16	25 sek	40 sek

Tabela II.
Orientacyjny czas dostarczenia przesyłki przez człowieka (założona prędkość człowieka 4 km/h) dla różnych długości trasy

Długość trasy [m]	Czas dostarczenia przesyłki
350	5 min 15 sek
450	6 min 45 sek
550	8 min 15 sek
650	9 min 45 sek
750	11 min 15 sek
850	12 min 45 sek
950	14 min 15 sek

dotyczących norm zatrudnienia 10, 11], tylko w obrębie oddziałów, przy pominięciu innych jednostek szpitala, zgodnie z wynikami badania ankietowego, każda z 6. pracujących w danym dniu na oddziale pielęgniarek przebywa poza oddziałem $t_{MD} = 35$ (SD +/- 14) minut (czas tracony na transport materiałów medycznych np. krwi poza oddział). Daje to globalnie, przy uwzględnieniu tej liczby oddziałów, 5670 minut pracy pielęgniarki w ciągu doby i 170 100 minut w ciągu miesiąca, przy uwzględnieniu tylko 27 oddziałów.

Obliczony na tej podstawie koszt K_p wyniesie rocznie ponad 464 000 zł. Jest on spowodowany potrzebą zatrudnienia w szpitalu dodatkowych ok. 12 osób średniego personelu. Powyższe wyliczenia dotyczą pracy tylko pielęgniarek (bez uwzględnienia niższego personelu medycznego), które czynności wykonują na oddziałach (obliczony i uwzględniony w analizach czas nie uwzględnia pracy w ambulatoriach i innych jednostkach organizacyjnych szpitala). W wyliczeniach założono, że przeciętne wynagrodzenie pielęgniarek wynosi 3 277 PLN brutto (dane na podstawie danych GUS za rok 2012 [13]).



Ryc. 4.
Zależność pomiędzy czasami przesyłu a prędkością tuby (dla przypadku z występowaniem opóźnień czasowych i bez ich występowania).

Na tej podstawie dokonano obliczeń dodatkowych rocznych kosztów K_p dla hipotetycznego szpitala.

W szpitalu o wielkości porównywalnej z UCK (27 oddziałów) zgodnie z szacunkami wynikającymi z przepisów

Porównując oszacowany dodatkowy roczny koszt ponoszony przez stworzony w modelu empirycznym duży szpital, tj. koszt związany z zatrudnieniem dodatkowych 12 pielęgniarek, z kosztem funkcjonowania poczty pneumatycznej

cznej w UCK w Gdańsku łatwo zauważyć, że ten pierwszy jest o prawie 395 000 zł wyższy (czyli różnica jest 5.5 -krotna).

Dyskusja

Współcześnie poczta pneumatyczna znajduje zastosowanie w placówkach opieki zdrowotnej, takich jak szpitale, apteki czy centra krwiodawstwa.

Generalizując, pocztę stosuje się w dużych obiektach tego typu, gdzie odległości pomiędzy poszczególnymi jednostkami, np. szpitalem, są znaczne, ale także tam, gdzie należy do minimum wyeliminować czynnik ludzki. Jednakże konkretne funkcje poczty będą zależeć od miejsca ich zastosowania. We wszystkich lokalizacjach poczta działa na tej samej zasadzie – różnica ciśnień wywołana pracą dmuchawy powoduje ruch tuby transportowej, a zastosowanie zwrotnic i stacji łącznikowych umożliwia nadanie odpowiedniego kierunku transportu [1,2].

W stanie zagrożenia życia lub zdrowia, w szczególności w Szpitalnym Oddziale Ratunkowym, istotne jest szybkie i skuteczne działanie. Dzięki systemowi szpitalnej poczty pneumatycznej materiał do badań, pojemniki z krwią, dokumentacja medyczna, ewentualnie brakujące narzędzia medyczne czy leki mogą być dostarczone w trybie prawie natychmiastowym. Transport systemami poczty pneumatycznej może znacznie skrócić czas transportu w obrębie budynku czy budynków, często od siebie znacznie oddalonych. Co więcej, działania te nie wymagają zaangażowania dodatkowego personelu w trakcie przesyłania powyższych materiałów. System pozwala personelowi medycznemu poświęcić więcej czasu na bezpośrednią opiekę nad pacjentami, ponieważ eliminuje konieczność spełniania przez część personelu roli osoby przynoszącej poszczególne materiały. W przypadku materiałów medycznych, w szczególności przesyłania próbek krwi do badania czy krwi do transfuzji, bardzo istotna jest ochrona przesyłki przed wstrząsami i zanieczyszczeniami.

Współczesne rozwiązania techniczne zapewniają taką możliwość, zarówno pod względem higieny jak i bezpieczeństwa transportu. W przypadku aptek, poczta pneumatyczna pozwala oddzielić miejsce składowania leków od strefy kontaktu obsługi apteki z pacjentem, lokalizując część magazynową w innej części budynku. Należy tu nadmienić, że nie ma przepisów, które regulują sprawę czyszczenia rurociągów pocztowych. Dezynfekcja rurociągów jest jednak dokonywana w oparciu o rozwiązania opracowane przez konkretne firmy [17].

Koszt systemów pocztowych zależy przede wszystkim od ilości linii, w które jest on wyposażony (determinuje to całkowitą długość tras), a także od stopnia złożoności układu. Szacuje się, że najprostsze układy pocztowe to koszt

rzędu od kilkunastu do kilkudziesięciu tysięcy złotych. Dla szpitali średniej wielkości, takich jak np. Szpital Powiatowy w Chrzanowie, gdzie zbudowano układ pomiędzy dwoma jednostkami (pomiędzy oddziałem ratunkowym a laboratorium), koszt systemu szacuje się na poziomie 150 000 zł [18]. Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. J. Gromkowskiego we Wrocławiu zainstalował instalację o długości rurociągów wynoszącej ok. 700 m (13 stacji nadawczo - odbiorczych). Koszt instalacji wyniósł ok. 300 000 zł netto [19,20]. W przypadku dużych szpitali koszt instalacji będzie jednak o wiele wyższy (nawet rzędu kilku milionów złotych).

Zyski związane z instalacją systemów tego typu jednak również są zauważalne. Jak napisano na wstępie, personel medyczny powinien być przy osobie hospitalizowanej. Musi on jednak wykonywać również czynności, które mogłyby być wykonywane z wykorzystaniem systemu pocztowego. Jak podano w [18], przesłanie materiału do badań z oddziału ratunkowego do laboratorium zajmuje ok. 40 sekund. Dla ręcznego dostarczenia materiału do badań potrzeba co najmniej 4 minut, czyli jest to czas 6 razy dłuższy (nie podano jednak długości trasy jaką musi przejść osoba niosąca przesyłkę). W przypadku Szpitalnych Oddziałów Ratunkowych i działów Trauma Team należy pamiętać o kryterium czasu w aspekcie ratowania życia ludzkiego („złota godzina”). Dodatkowo czas przeznaczony na przenoszenie badań wliczany jest do czasu pracy i mógłby on być bardziej racjonalnie wykorzystany, zwłaszcza w ujęciu całego personelu medycznego.

W chwili obecnej, gdy trwa dyskusja nt. koniecznej ilości pielęgniarek na oddziale, a także porównywanie liczby pielęgniarek przypadających na 1000 osób w Polsce i Unii Europejskiej, przedstawiono tu, na podstawie modelu empirycznego i badań ankietowych, jeden ze sposobów częściowego rozwiązania problemu.

Od czasu pojawienia się transportu pneumatycznego w szpitalach, zwłaszcza w oddziałach ratunkowych, pojawiały się wątpliwości co do powtarzalności wyników badań dostarczanych do laboratorium za pośrednictwem tego rodzaju transportu. Zaczęto się zastanawiać również nad wpływem sposobu transportu materiału biologicznego na wynik badania, w tym na wynik badań materiału biologicznego dostarczanego przy pomocy poczty pneumatycznej [21,22,23,24,25,26,27,28].

Praca Steige i wsp. zawiera wyniki badania parametrów pobranej krwi, która była transportowana pneumatycznie przy pomocy poczty. Porównywano wyniki próbek krwi pobranych od tych samych osób, przy czym część próbek dostarczano ręcznie, a część przesłano do laboratorium systemem pocztowym. Autorzy w stosunku do niektórych parametrów krwi zauważyli różnicę w

wynikach badań, niektóre parametry krwi wykazywały różnice w granicy błędu laboratoryjnego [21].

Do innych wniosków doszli Zanner R i wsp. [22]. Poddali oni badaniom próbki krwi przeznaczone do badań gazometrycznych, a przesłane do laboratorium przy pomocy transportu pneumatycznego. Zauważono tu, że ten sposób transportu może obniżyć koszty i błędy w stosunku do badań na miejscu w sali operacyjnej lub na oddziale intensywnej terapii. W tej pracy system poczty pneumatycznej był testowany pod kątem przydatności do tego celu. próbki dostarczane do laboratorium przy pomocy systemu pocztowego porównywano z wynikami badań dla próbek referencyjnej, która została dostarczona w sposób tradycyjny (ręcznie). Wyniki analizy próbek krwi w zakresie gazów, elektrolitów i hemoglobiny porównywano i badano pod kątem różnic. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic dla próbek dostarczonych metodą z wykorzystaniem poczty i metody tradycyjnej. Pracę zakończono konkluzją, że jeżeli próbki do badań gazometrycznych są prawidłowo przygotowane, ich transportowanie za pomocą nowoczesnego systemu poczty pneumatycznej jest bezpieczne.

Victor Peter J. i inni analizowali również wykorzystanie systemu poczty pneumatycznej do transportu próbek krwi przeznaczonych do badań gazometrycznych [23]. Badania próbek krwi dostarczonych do laboratorium przy pomocy poczty pneumatycznej i za pośrednictwem człowieka znacznie się różniły. Wyniki tych badań wskazują na negatywny wpływ transportu za pośrednictwem poczty pneumatycznej na wyniki badań laboratoryjnych. Zdaniem autorów omawianej pracy wpływ na to mają oddziaływania zewnętrzne wywołane procesem transportowym. Hasan Kara i inni [24] w swoich badaniach analizował wpływ zastosowania poczty pneumatycznej na wyniki badań krwi obwodowej. Stwierdzono różnicę w zakresie stopnia hemolizy krwi dostarczonej do badań.

Tak znacznych różnic w wynikach badań próbek krwi (dla próbek dostarczonych ręcznie i przy pomocy systemów pocztowych) nie zauważono podczas badań prowadzonych przez Streichert'a i wsp. [25]. Autorzy sugerują, że samo przysyłanie próbek krwi do laboratorium z wykorzystaniem poczty pneumatycznej nie wpływa znacząco na wynik badań, chociaż nie wykluczono wpływu budowy systemu, jego rodzaju czy prędkości transportowej. Równoległe wykonane badania próbek dostarczonych przez personel szpitala, też wykazywały różnice w wynikach badań.

Do podobnych wniosków doszli Marcus D. Lancé i wsp. [26]. W pracy badaniom poddawano próbki krwi w aspekcie uruchomienia kaskady krzepnięcia. Autorzy artykułu dowodzą, że poczta pneumatyczna w przypadku transportu

próbek krwi do badań w aspekcie tromboelastografii może być wykorzystywana i ten typ transportu nie wpływa znacząco na wyniki badań.

Nie tylko próbki krwi poddawane są wpływom działań fizycznych w trakcie transportu przy pomocy poczty pneumatycznej. Również wykonuje się badania płynu mózgowo – rdzeniowego dostarczonego ręcznie i przy pomocy transportu pneumatycznego. Istnieją argumenty z piśmiennictwa [29], że transport próbek płynu mózgowo – rdzeniowego przez pocztę pneumatyczną znajduje odzwierciedlenie w nadmiernej hemolizie elementów krwi i zaburzeniach poziomu stwierdzanych elementów rozpadu krwinek czerwonych. Jednak jak podają Jones EM i wsp., nie zauważono istotnych klinicznie różnic w otrzymanych wskaźnikach hemolizy pomiędzy próbkami dostarczonymi ręcznie i tymi otrzymanymi przy pomocy poczty pneumatycznej [27]. Jednakże w wytycznych [30] w aspekcie analizy płynu mózgowo – rdzeniowego znalazł się zapis by unikać transportu płynu mózgowo – rdzeniowego przy pomocy poczty pneumatycznej. Strubi-Vuillaume I i wsp. [28] podali tezę, że transport pneumatyczny może powodować błędy w pomiarze parametrów krwi. Próbkę krwi żyłnej umieszczano w dwóch próbkach pokrytych heparyną litową, z tym że jedna była dostarczona ręcznie, a druga transportem pneumatycznym. Określano poziom dehydrogenazy mleczanowej (LD). Poziomy LD zostały zawyżone, gdy zastosowane próbki zostały wysłane przez system poczty pneumatycznej. Błąd pomiaru został zmniejszony gdy próbkę zawijano w folię bąbelkową lub stosowano specjalne próbki firmy Monovette. Stosowanie specjalnych próbek wiąże się ze zmianą trybu pobierania materiału do badań, co może również mieć wpływ na wynik końcowy.

Analizując powyższe prace, w szczególności pracę Streichert'a i wsp. [25] można zauważyć konieczność swoistej „kalibracji” systemu i wyników badań. Jest to oczywiste ze względu na III zasadę dynamiki Newtona. Jak podkreśla Streichert i wsp. również materiał przenoszony do badań w sposób „tradycyjny” ulega pewnej modyfikacji pomimo oddziaływania na niego mniejszych sił. Wydaje się, że wprowadzenie stosownych norm laboratoryjnych, uwzględniających działanie sił w trakcie przenoszenia materiału z zastosowaniem poczty pneumatycznej w pełni rozwiązałoby ten problem. Wymaga to dalszych analiz. Rodzaj systemu i stopień jego zautomatyzowania wpływa na czas wysyłki. W układach prostych i mało obciążonych czas wysyłki to kwestia kilku sekund. Przy rozbudowanych układach, bez możliwości buforowania tuby i bez możliwości nadania przesyłce wysokiego priorytetu w dostarczeniu do nadawcy, czas samej wysyłki (od chwili włączenia układu do czasu wciągnięcia

tuby do układu) może być bardzo długi i wynosić nawet kilka minut. Podobne spostrzeżenia mieli pracownicy Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego w Gdańsku, co znalazło odzwierciedlenie w [31], dlatego też podjęto decyzję o rozbudowie tamtejszego systemu pocztowego. W układach o małym stopniu automatyzacji dochodzi do blokowania układu przez wprowadzone do systemu tuby. System jest zmuszony reagować na taki stan rzeczy i np. zatrzymuje tubę w stacji nadawczej. By uniknąć takich zdarzeń UCK w Gdańsku zainstalowano dodatkowe linie pocztowe. Innym sposobem unikania blokowania się systemu jest zastosowanie w układzie automatyki, która pozwala nadawać odpowiednim tubom wysoki priorytet dostarczenia do odbiorcy.

Część danych niezbędnych do porównań funkcjonowania poczty pneumatycznej nie jest dostępna w literaturze. W dostępnym piśmiennictwie nie ma danych nt. opóźnień czasowych wywołanych np. pracą zwrotnic. Stąd z uzyskanych w ramach niniejszej pracy wyników, autorzy nie mogli porównać z danymi innych autorów. Jest to jednak element istotny przy ocenie opóźnień dostarczania materiału do badań i krwi.

Wnioski

1. Zastosowanie poczty pneumatycznej wydaje się korzystne w szpitalach, głównie zaś w Oddziałach działających w ramach Trauma Team, w szczególności w Szpitalnych Oddziałach Ratunkowych.

2. Wykonane analizy pokazują, że poczta pneumatyczna umożliwia dużo szybsze dostarczenie ładunku do miejsca przeznaczenia, a co równie istotne – poczta pneumatyczna jest dużo tańsza w porównaniu do kosztów zatrudnienia dodatkowego personelu.

Piśmiennictwo

1. **Książek J.** Poczta Pneumatyczna. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności 1971.
2. **Dziechciowski Z, Czerwiński A, Kozłowski I.** Współczesne rozwiązania i zastosowania systemów poczty pneumatycznej. Logistyka 2014;6:3438-3449.
3. <https://www.youtube.com/watch?v=rutHG-N4IMB8>.
4. https://www.youtube.com/watch?v=fkIrunm6_yA.
5. <https://www.youtube.com/watch?v=gAlzYL-cqsTU>.
6. <https://www.youtube.com/watch?v=IKrVoRy-7ziU>.

7. http://www.swisslogusa.com/-/media/Swisslog/Documents/HCS/TranspoNet_Pneumatic_Tube_Systems/Datasheets/Carriers_eng.pdf.

8. Pneumatic Tube Systems Intelligent Solutions for Hospitals. http://www.swisslog.com/-/media/Swisslog/Documents/HCS/TranspoNet_Pneumatic_Tube_Systems/Brochures/Intelligent_Solutions_for_Hospitals_Pneumatic_Tube_Systems.pdf.

9. Nowoczesna poczta pneumatyczna jako element logistyki. <http://pneumatyka.com/pneumatyka/nowoczesna-poczta-pneumatyczna-jako-element-logistyki/>.

10. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 grudnia 2012 r. w sprawie sposobu ustalania minimalnych norm zatrudnienia pielęgniarek i położnych w podmiotach leczniczych niebędących przedsiębiorcami (Dz.U. z 2012 r. póź. 1545).

11. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 sierpnia 2009 r. w sprawie świadczeń gwarantowanych z zakresu leczenia szpitalnego (Dz.U. z 2009 r. nr 140, póź. 1143 z późn. zm.).

12. **Machaj M, Lorkowski J, Koziń E, Hładki W, Kotela I.** Ocena i analiza kosztów endoprotezoplastyki stawu biodrowego. Ostry Dyżur 2014;7: 22-27.

13. <http://serwisy.gazetaprawna.pl/praca-i-kariera/artykuly/864780,ile-naprawde-zarabiaja-pielegniarki-w-polsce.html>.

14. <http://www.uck.gda.pl/index.php/mapview>.

15. **Jakubowski Z, Skibowska-Bielińska A, Robakowska M, Chrzan P, Utracka A, Moszkowska G, Samet A, Bronk M, Biernat W, Limon J.** Medycyna laboratoryjna w Uniwersyteckim Centrum Klinicznym w Gdańsku. Optymalizacja systemu organizacji i zarządzania. Journal of Laboratory Diagnostics 2009, 45:271-283.

16. Świadczenie usług serwisowych poczty pneumatycznej Sumetzberger dla UCK w Gdańsku. <http://www.komunikaty.pl/komunikaty/p/Przetargi/5446873/>

17. Four Critical Procedures for Infection Control with a Pneumatic Tube System. Infection control guidelines for hospital and lab personnel transporting materials in a pneumatic tube system. http://www.swisslog.com/-/media/Swisslog/Documents/HCS/TransLogic_Pneumatic_Tube_System/Related_Information/PTS_400_Infection_Control_White_Paper.pdf

18. <https://www.youtube.com/watch?v=5h4M-MWGMYGm>

19. <http://www.komunikaty.pl/komunikaty/p/Przetargi/848519/przetargu+nieograniczony+na+wykonanie+projektu>

20. <http://www.komunikaty.pl/komunikaty/p/Przetargi/918755/przetarg++nieograniczony+++na++wykonanie+projektu>

21. **Steige H, Jones JD.** Evaluation of Pneumatic-Tube System for Delivery of Blood Specimens, Clinical Chemistry 1971;17:1160-1164.

- 22. Zanner R, Moser N, Blobner M, Lupp PB.** Transport of blood gas samples: is the pneumatic tube system safe? (tytuł oryg.: Transport von Blutgasproben Ist die Rohrpost sicher?), *Der Anaesthesist* 2006;55:1099-1104.
- 23. Victor Peter J, Patole S, Fleming JJ, Selvakumar R, Graham PL.** Agreement between paired blood gas values in samples transported either by a pneumatic system or by human courier. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 2011;49:1303–1309.
- 24. Kara H, Bayir A, Ak A, Degirmenci S, Akinci M, Agacayak A, Marcil E, Azap M.** Hemolysis associated with pneumatic tube system transport for blood samples, *Pak J Med Sci*. 2014;30:50–58.
- 25. Streichert T, Otto B, Schnabel C, Nordholt G, Haddad M, Maric M, Petersmann A, Jung R, Wagener C.** Determination of Hemolysis Thresholds by the Use of Data Loggers in Pneumatic Tube Systems. *Clinical Chemistry* 2011;57:1390-1397.
- 26. Lancé MD, Kuiper GJ, Sloep M, Spronk HM, van Oerle R, ten Cate H, Marcus MA, Henskens YM.** The effects of pneumatic tube system transport on ROTEM analysis and contact activation assessed by thrombin generation test. *Thrombosis Research* 2012; 130: e147–e150.
- 27. Jones EM, Chesher D, Isbister G, Gillett MJ.** *Annals Express: Pneumatic tube transport of blood stained cerebrospinal fluid specimens has no clinically significant effect on rates of haemolysis compared to manual transport*, 0004563215593562. Epub ahead of print.
- 28. Strubi-Vuillaume I, Carlier V, Obeuf C, Vasseur F, Maury JC, Maboudou P, Mangalaboyi J, Durocher A, Launay D, Noel C, Brousseau T.** *Annals Express: Gentle blood aspiration and tube cushioning reduce pneumatic tube system interference in lactate dehydrogenase assays*, *Ann Clin Biochem* 2015; DOI: 10.1177/0004563215586600. Epub ahead of print.
- 29. Wenham PR, Hanson T, Ashby JP.** Interference in spectrophotometric analysis of cerebrospinal fluid by haemolysis induced by transport through a pneumatic tube system. *Ann Clin Biochem*. 2001;38: 371-375.
- 30. Anne Cruickshank A, Auld P, Beetham R, Burrows G, Egner W, Holbrook I, Keir G, Lewis E, Patel D, Watson I, White P.** Revised national guidelines for analysis of cerebrospinal fluid for bilirubin in suspected subarachnoid haemorrhage. *Ann Clin Biochem* 2008;45:238–244.
- 31. Domejko J (red.).** Biuletyn zmiany w UCK, *Biuletyn* 2009; 6:1-4.