

**A csőpostarendszer -mint speciális Last-Mile
Delivery eszköz-, működésének és fejlesztésének
vizsgálata egy magyarországi egészségügyi
intézményben**

Készítette: Solt Martin

Gazdaságinformatikus BSc

2024/25/1

Témavezetők:

Dr. Sós Eszter

Dr. Buics László

Kivonat

A COVID-19 járvány jelentősen felgyorsította az online vásárlások és az e-kereskedelem fejlődését, ami a házhozszállítás növekvő jelentőségét eredményezte. A vásárlók elvárják a gyors, pontos és olcsó kézbesítést, miközben a logisztikai szolgáltatóknak folyamatosan alkalmazkodniuk kell az igényekhez. A Last-Mile Delivery, amely a szállítási folyamat utolsó szakaszát jelenti, kulcsfontosságú a hatékonyság és gyorsaság szempontjából, azonban városi és vidéki környezetben egyaránt kihívásokkal jár. Megoldási lehetőség a csőposta rendszer kiépítése és használata, ami egy jó eszköz lehet egy meghatározott területen belül egy meghatározott célra, melyet néhány országban már alkalmaznak is. A dolgozat bemutatja a csőposta rendszerek alkalmazhatóságát a megnövekedett Last-Mile Delivery igények kezelésére, elméleti és gyakorlati szinten egyaránt. A kutatás keretében egy magyarországi egészségügyi intézmény csőposta rendszerét vizsgáltam, kérdőíves felmérés alapján. A kapott eredmények rámutatnak arra, hogy egy csőposta rendszer működtetésével kapcsolatosan milyen elvárások és milyen fejlesztési igények merülhetnek fel. A kérdőív elemzés alapján bemutatásra kerülnek a magyarországi egészségügyi rendszer csőposta hálózatában történő fejlesztési lehetőségek mellett olyan egyéb fejlesztési potenciálok, amik a csőposta rendszer más területen történő használata esetén is figyelembe vehetőek és alkalmazhatóak.

Abstract

The COVID-19 pandemic has significantly accelerated the development of online shopping and e-commerce, resulting in the growing importance of home delivery. Shoppers expect fast, accurate, and inexpensive delivery, while logistics providers have to adapt to meet demand constantly. Last-Mile Delivery, the final stage of the delivery process, is key to efficiency and speed, but it is challenging in urban and rural environments. A possible solution is the deployment and use of a pneumatic pipeline system, which can be a good tool for a specific purpose within a defined area and is already being used in some countries. The paper will demonstrate the applicability of the pneumatic pipeline system to address the increased demand for Last-Mile Delivery, both on a theoretical and practical level. The research investigated a healthcare institution in Hungary using a questionnaire-based survey. The results show the expectations and improvement needs that may arise from operating a pipeline system. Based on the survey analysis, the potential for improvement of the Hungarian health system's network of pipeline systems is presented, as well as other potentials for improvement that can be considered and applied to the use of pipeline systems in other areas for specific delivery purposes.

Tartalom

1. Bevezetés.....	4
2. A csőposta rendszerekhez kapcsolódó tudásháttér elemzés	5
3. A csőposta rendszerek működéséhez kapcsolódó elvárások	9
3.1. Pénzügyi szempontok:.....	10
3.2. Infrastrukturális költségek:	10
3.3. Technológiai fejlesztések:.....	10
4. Primer kutatás egy magyarországi csőposta rendszer működésével kapcsolatosan	11
4.1. A csőposta rendszerek működésével kapcsolatos tudnivalók az interjúk alapján	12
4.2. A hibaelhárítás folyamata	15
5. Kérdőív elemzés	15
6. Csőpostarendszer fejlesztésének lehetőségei.....	20
7. Összegzés	22
8. Szakirodalom jegyzék	23
Melléklet: Kérdőív	25

1. Bevezetés

A COVID-19 járvány időszaka alatt az online-vásárlások és az e-kereskedelem jelentős fejlődésen ment keresztül, hatásaképpen a házhozszállítás az utóbbi időszakban kiemelt jelentőségre tett szert, és népszerűsége a járvány lezajlása után is töretlen. Az ügyfelek elvárása, hogy a terméket gyorsan, pontosan és olcsón kapják kézhez. Egy felmérés szerint Magyarországon jelentősen, közel háromszorosára nőtt a csomagautomaták száma egy év alatt (DHL Group, 2019). Ez jól mutatja, hogy az e-kereskedelem szolgáltatói számára folyamatosan bővülnek az igények, amelyeket rövid időn belül kell kezelni (Reiffer et al., 2023).

A kézbesítési folyamat utolsó eleme Last-Mile Delivery, ami a kézbesítési folyamat utolsó fázist foglalja magában, vagyis azt, amikor az üzletekből, vagy a logisztikai központokból egészen az ügyfél ajtajáig történik a szállítás (Izadkhah et al., 2022). A Last-Mile Delivery kulcsfontosságú elemei a hatékonyság és a gyorsaság (Bartucz and Süle, 2023), vagyis a kiszállítást végző futárok minél gyorsabban, minél nagyobb hatékonysággal szeretnék a feladatukat végrehajtani. Ezért a kiszállítást végző emberek időközönként felülbírálják az útvonaltervező által javasolt útvonalakat (Sós et al., 2023). A döntésük hátterében szerepelhet, hogy egy adott útvonalon nem szeretnek közlekedni, például az állandó forgalmi torlódás kialakulása miatt (Balassa et al., 2023). Az útvonal módosítása történhet az ügyfelek által adott információk alapján is, például nem a címben szereplő helyre kéri a kézbesítést a kiszállítás napján, hanem egy másik, előre fel nem tüntetett címre. Ilyenkor ismételten szükséges az útvonaltervező ajánlatát felülbírálni a hatékony munkavégzés érdekében.

Az utolsó mérföldes szállítások jellemzően városi környezetben zajlanak, ami komoly kihívásokat jelent a városi logisztikában (Dieter et al., 2023; Wei et al., 2024). A nagyvárosokban a forgalmi dugók késéseket okoznak, emellett az üzemanyagfogyasztás is arányosan magas. Továbbá a rakodási műveletek során a járművek gyakran elfoglalják a parkolóhelyeket vagy forgalmi sávokat, ami zavarja a közlekedést. Kisebb városokba vagy falvakba viszont a kiszállítás gazdaságtalan lehet, hiszen előfordulhat, hogy a hét különböző napjain csak egy-két csomagot kellene kézbesíteni, így nem várhatják meg, hogy több csomag gyűljön össze, miközben az utak akár több tíz kilométert is jelenthetnek.

A csőposta rendszer bevezetése egy alternatívát jelenthet a megnövekedett Last-Mile Delivery igényekre, ezért dolgozatomban a csőposta rendszerek működési feltételeinek bemutatására fókuszálok először elméleti szinten, ezt követően gyakorlatban is ismertetem a működését. Ehhez egy magyarországi kórház csőposta rendszerével kapcsolatosan készítettem egy primer

kutatást, amiben a csőposta rendszert napi szinten használó személyzettel egy kérdőíves kutatást végeztem.

A témához kapcsolódó kutatási kérdések:

- Hogyan járulhat hozzá a csőposta rendszer a Last-Mile Delivery hatékonyságának növeléséhez?
- Milyen előnyei vannak a csőposta rendszernek a hagyományos kézbesítési módszerekkel szemben?

A kutatás célja, hogy bemutassa egy már működő csőposta rendszer használata során felmerülő problémákat, és ehhez kapcsolódóan fejlesztési lehetőségeket határozzon meg. Ha egy csőposta rendszert egy meghatározott területen belül egy meghatározott célra alakítanak ki, megoldási lehetőséget biztosíthat a logisztikában megjelenő, megnövekedett Last-Mile Delivery igények teljesítésére.

2. A csőposta rendszerekhez kapcsolódó tudásháttér elemzés

A csőposta rendszerekkel először digitalizáció fejlődésének fenntarthatóságra gyakorolt hatásának vizsgálata során találkoztam. A digitalizáció fejlődése jelentős hatást gyakorol a fenntarthatóságra, számos szakember kutatja (Kunkel and Tyfield, 2021), mivel a technológia fejlődésével és az internet terjedésével összefüggően számos előnye van, amelyek hozzájárulnak a fenntarthatóság előmozdításához, ugyanakkor kihívásokat is felvetnek.

A digitalizáció hozzájárul az energiahatékonyság növeléséhez, ami csökkenti az energiafelhasználást és a környezetre gyakorolt hatását. A számítógépek és adatközpontok hatékonyabb energiafelhasználása és a megújuló energiák felhasználása például pozitív hatást gyakorolnak az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére (Bosona, 2020).

A digitális technológia lehetővé teszi a távmunkát és a távoktatást, ami csökkentheti a napi ingázást és az infrastruktúra terhelését, ezáltal hozzájárulhat a közlekedési kibocsátás csökkentéséhez. Az okos városok digitális technológiákat alkalmaznak a közlekedés, a hulladékgazdálkodás és az energiafelhasználás hatékonyabb kezeléséhez. Az intelligens közlekedésszisztemek segíthetik a forgalmi dugók csökkentését és a közlekedési hatékonyság javítását. A digitalizáció lehetővé teszi az ellátási láncok átláthatóbbá tételét, amely hozzájárul a fenntarthatósághoz (Bartucz et al., 2023). Az adatok és technológia segítségével nyomonkövethető az árucikkek és a termékek útja, ami segít pazarlás csökkentésében és a fenntartható erőforrások felhasználásában. A digitalizáció segíti a közösségi közlekedési szolgáltatásokat, a megosztási gazdaságban (pl. Uber, Airbnb) való részvételt, amelyek hozzájárulhatnak a gépjárművek számának csökkentéséhez és az erőforrások hatékonyabb

felhasználásához. A digitális platformok lehetőséget kínálnak a fenntartható termékek és szolgáltatások népszerűsítésére és elérhetőségére. Az okos alkalmazások, amelyek figyelmeztetnek az energiaveszteségekre vagy a hulladékcsökkentésre, ösztönözhetik az embereket a fenntarthatóbb életmódra.

Azonban fontos megjegyezni, hogy a digitális technológiák is környezeti és társadalmi kihívásokat hordoznak magukban, mint például az elektronikai hulladék, a személyes adatvédelem és a digitális szakadék kérdése. Az okos városoknak és az IoT eszközöknek például magas energiaigényük lehet, és az e-hulladék kezelése is környezeti kihívásokat okozhat. A digitalizáció tehát potenciálisan pozitív hatással lehet a fenntarthatóságra (Kunkel and Tyfield, 2021), de az intézkedések és szabályozások szükségesek ahhoz, hogy maximalizálhatóak legyenek az előnyök és minimalizálhatóak a károk.

A COVID-19 járvány alatt jelentős digitális fejlődést tapasztalhatott a társadalom, melynek hatása a szolgáltatások és logisztikai tekintetben vizsgálva lehet pozitív és negatív is, melyet az alábbiakban ismertetnénk.

Pozitív következmények

- Az áruházak egy része webáruházzá alakult át, így az energia használat (fűtés, világítás) csökkent. Másfelől a digitális szolgáltatások egy jelentős része átállt a digitális számla használatára, ami csökkentette a papír használat mellett a nyomtatáshoz használt anyagok mennyiségét is, illetve ezek által a költségek is csökkentek.
- A digitalizáció és az energiahatékonyság növekedése lehetővé teszi az energiafelhasználás csökkentését, ami segít a szénlábnyom csökkentésében és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésében (Kunkel and Tyfield, 2021).
- Az online munka és oktatás lehetővé teszi az ingázás csökkentését, ami kevesebb közlekedési forgalmat és szennyezőanyag-kibocsátást eredményez. Ezenkívül ez az eszköz hozzájárul a munka-magánélet egyensúlyhoz.
- A digitalizáció lehetővé teszi az ellátási láncok átláthatóságát, ami segít a pazarlás és a felesleges szállítások csökkentésében. A fenntarthatóbb beszerzés és logisztika előmozdítása hozzájárul a fenntarthatósághoz (Thomas et al., 2022a).
- A megosztási gazdaság és a közösségi közlekedés digitális platformjai segítik a gépjárművek közös használatát, ami csökkentheti a városi forgalmat és a gépjárművek számát, így csökkentve a közlekedési kibocsátást (Silva et al., 2023).

- A digitális platformok és alkalmazások lehetővé teszik a fenntartható termékek és szolgáltatások népszerűsítését és elérhetővé tételét (Salvi et al., 2021). Az ügyfelek hozzáférést kapnak a fenntartható választási lehetőségekhez.
- A digitális technológiák segíthetnek a környezeti paraméterek monitorozásában és elemzésében, ami segíti a természetvédelmi erőfeszítéseket és az erőforrás-hatékonyságot.
- Az interneten keresztül könnyű elérni a vállalati és szervezeti felelősségvállalási információkat. Ez ösztönzi a vállalatokat a fenntarthatósági kezdeményezésekhez és a környezetbarát gyakorlatokhoz (Thomas et al., 2022b).

A digitalizáció fejlődése tehát pozitív hatással van a fenntarthatóságra, mivel lehetővé teszi az energiahatékonyság növelését, az infrastruktúrák és ellátási láncok hatékonyabb kezelését, valamint az emberek számára kínál olyan eszközöket és lehetőségeket, amelyek előmozdítják a fenntartható életmódot és választásokat. Azonban fontos, hogy a digitalizáció terén is fenntartható és etikus gyakorlatokat kövessünk, hogy minimalizáljuk a negatív hatásokat és az adatvédelmi kérdéseket.

Negatív következmények

A webáruházak számának növekedése megterhelte az ellátási láncot.

- Egyrészt sokkal több csomagot kellett szállítani, aminek következtében több áruszállító autó közlekedett, másrészt jelentős késésekkel is kellett számolni a csomagkézbesítés tekintetében.
- De nem csak a rendelések terhelték meg az ellátási láncot (Correia et al., 2021), hanem a visszáruk is (Almelhem et al., 2023), amelyeknek a száma jelentősen megnőtt a COVID-19 járvány alatt, de napjainkban is az rendelések egy kis része visszáruként „utazik”.

Összességében az E-Commerce bevezetése a digitalizáció fejlődésére pozitív hatást gyakorolt, viszont az ellátási lánc tekintetében a pozitív hatások mellett negatív hatások is megjelentek az ellátási lánc leterheltsége tekintetében.

Csőposta rendszerek

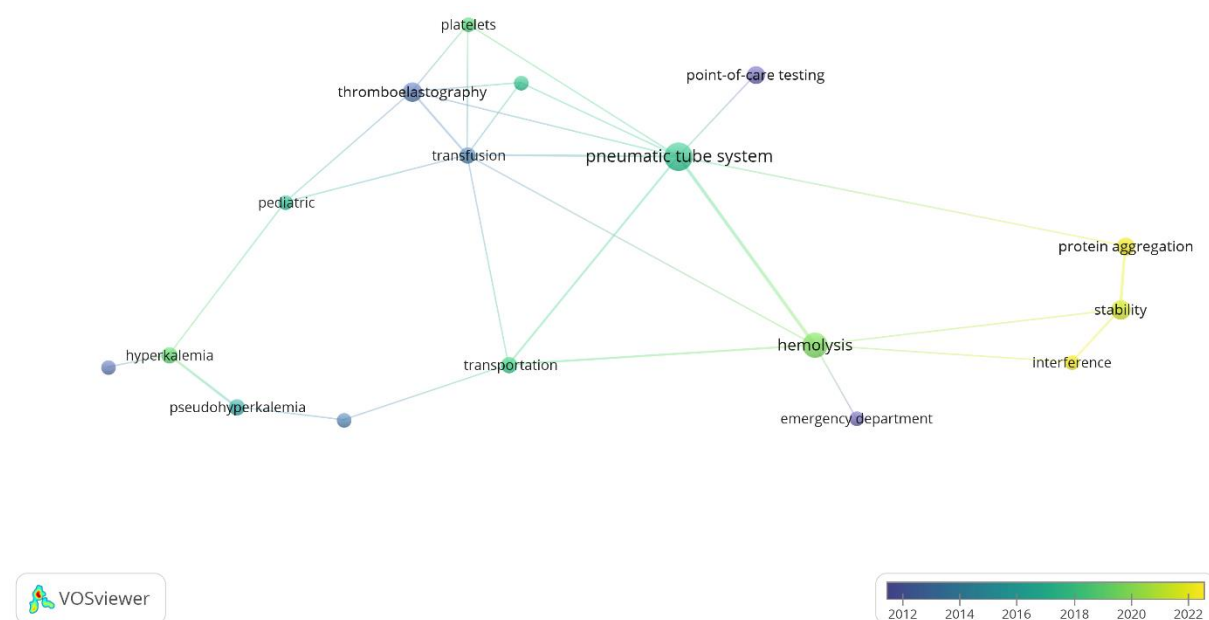
A Last-Mile Delivery mennyiségének növekedése a logisztikai szakemberek számára is kihívást jelent, hiszen a sok csomag kiszállítása jelentősen megterheli az ellátási láncot.

Egyik megoldási lehetőség lehet a csőposta rendszer kiépítése és használata, mellyel Finnországban az Okos Város program (Smart Kalasatama, 2015) keretein belül már foglalkoztak.

A Scopus, ScienceDirect és Web Of Science oldalakon végeztem kulcsszavas vizsgálatot a „pneumatic tube system” kulcsszavakkal, mivel szerettem volna átlátni, a téma tekintetében milyen jellegű és hány darab publikáció található. A keresés eredménye az 1. számú táblázatban látható:

Results on 17/10/2024		ScienceDirect	Scopus	Web of Science
"pneumatic tube system"		472	607	198
"pneumatic tube system"	Last 5 years (2020-2025)	138	243	63

1. táblázat. Keresés eredményei 2024. október 17-én



1. ábra: Vizualizáció a Science Direct adatbázis alapján. Készült 2024. október 17-én. Minimum number of occurrences: 4 (Forrás: saját szerkesztés)

Az 1. ábrán látható, hogy a téma tekintetében 2018-ban már megjelent a „pneumatic tube system” kifejezés mellett a „transportation” kulcsszó, ami azt jelenti, hogy már ebben az időszakban is felmerült a kutatások során a csőposta rendszer használatában lehetősége a Last-Mile Delivery tekintetében. A kulcsszavak többsége az egészségügyhöz kapcsolódik, vagyis ez alapján meg lehet állapítani, hogy a csőposta rendszer használatának vizsgálata egy egészségügyi intézményben releváns kutatásnak számított.

3.1. Pénzügyi szempontok:

1. Kiépítési költségek:

A csőposta rendszer kiépítése jelentős kezdeti költségeket jelenthet, amelyek magukban foglalják a csövek gyártásának, telepítésének, illetve a szükséges infrastrukturális munkálatokat.

2. Karbantartási költségek:

A rendszer működése során rendszeres karbantartásra lesz szükség, például a csövek tisztítására, javítására stb. Ezek a költségek hosszú távon is jelentős lehetnek.

3. Üzemeltetési költségek:

A csőposta rendszer működéséhez szükség lesz energiaforrásokra, például elektromosságra vagy más energiahordozókra, amelyek üzemeltetési költségeket jelentenek.

4. Biztonsági költségek:

A rendszer biztonságos működtetése és fenntartása további költségeket von maga után, például a megfelelő biztonsági rendszerek kiépítését és karbantartását.

3.2. Infrastrukturális költségek:

1. Infrastruktúra kialakítása:

A csőposta rendszer kiépítésekor szükség lesz a már meglévő infrastruktúra átalakítására vagy kialakítására, amely magában foglalhatja az épületekben történő csatornák kialakítását.

2. Engedélyeztetési és jogi költségek:

A csőposta kiépítése és működtetése számos engedélyeztetési és jogi költséggel járhat, beleértve az építési engedélyeket, környezetvédelmi engedélyeket stb.

3. Szakemberek és szakértelem:

A rendszer tervezése és kiépítése során szükség lesz szakemberekre és szakértelemre, amelyek további költségeket jelentenek.

3.3. Technológiai fejlesztések:

Az infrastruktúra kiépítése során fontos lehet olyan technológiai fejlesztéseket is figyelembe venni, amelyek javíthatják a rendszer hatékonyságát és biztonságát, de ezek szintén költségekkel járhatnak (Howgego and Roe, 1998).

- Csőrendszer kiépítése: ide tartozik az alagutak vagy csatornák építése, amelyekben a csőrendszer elhelyezkedik.
- Légfűvő berendezések: a csőrendszerben a levegő áramlását biztosító berendezések költségei.

- Telepítési költségek: Munkaerő tekintetében szükség van munkásokra, akik az infrastrukturális munkákat és a csőrendszer telepítését végzik. Eszközök és gépek tekintetében pedig szükség lehet különféle gépek és eszközök beszerzésére, amelyek segítik a telepítési folyamatot.
- Engedélyezési költségek: jogszabályi és szabályozási engedélyek, ami a projekt elindításához és végrehajtásához szükséges engedélyek és engedélyezési díjakat jelenti.
- Karbantartási és üzemeltetési költségek: rendszeres karbantartás, vagyis a csőrendszer és a légfűvő berendezések rendszeres ellenőrzése, karbantartása és javítása.
- Energiafogyasztás: a légfűvő berendezések működéséhez szükséges energia költségei.
- Személyzet költségei: azok a költségek, amelyek a rendszer üzemeltetéséhez és felügyeletéhez kapcsolódnak.
- Méretbeli szempontok: A csőrendszer átmérője és kapacitása legyen megfelelő a szállítandó árukhoz és a forgalomhoz.
- Csomagolás egységesítési szempontok: a csőposta rendszerben szállítandó áruk csomagolásának egységesítés a hatékony működés szempontjából.
- Hibaelhárítás tekintetében: a csőposta rendszert úgy kell kialakítani, hogy minimalizálni lehessen a sérüléseket és a károkat a szállítás során.
- Váratlan költségek: váratlan problémák felmerülése a működés során vagy hibák javítása, amelyekre reagálni kell minél hamarabb annak érdekében, hogy a csőposta rendszer ki tudja szolgálni a felhasználókat.

Az összes fent említett tényezőt alaposan mérlegelni kell a csőposta rendszer tervezése és kiépítése során, hogy biztosítsuk a csőposta rendszer gazdaságosságát és hosszú távú fenntarthatóságát.

Ezek a költségek nagymértékben függhetnek a projekt méretétől, a tervezett infrastruktúra összetettségétől és az adott terület sajátosságaitól. Fontos, hogy minden költségvetési tényezőt alaposan mérlegeljenek a projekt tervezése során (Desai et al., 2023).

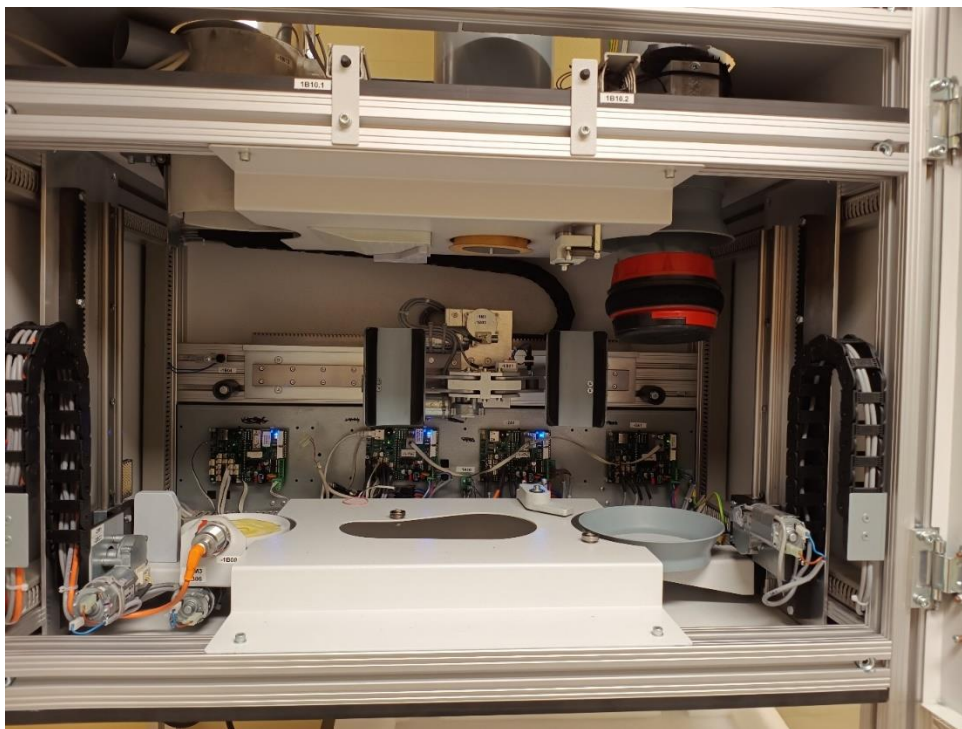
4. Primer kutatás egy magyarországi csőposta rendszer működésével kapcsolatosan

A csőposta rendszerek működésének megismerése érdekében egy kutatást végeztem egy magyarországi kórházban. Az intézmény nem járult hozzá a nevének közzétételéhez, így ezt a dolgozatomban nem tüntetem fel.

A kutatáshoz egy kérdőívet készítettem (1. melléklet), amin keresztül a csőposta rendszer működésével kapcsolatosan tettem fel kérdéseket a napi szintű használat során felmerülő tapasztalatokkal kapcsolatosan. Az Intézmény vezetőségének kifejezett kérése volt, hogy lehetőleg rövid, gyorsan kitölthető kérdőív legyen, mivel az egészségügyben dolgozó személyzet nagyon leterhelt, így a kérdések összeállításánál ezt is figyelembe vettem. Viszont a kérdőív kitöltése mellett kettő emberrel tudtam interjút készíteni, így azokra a kérdésekre is választ kaptam, amelyek speciálisak, vagy pedig hosszú megválaszolást igényeltek volna, ezért nem kerültek bele a kérdőívbe. Az interjú a műszaki osztály és a központi laboratórium egy-egy Kollegájával készült, melyet a kérdőív kiértékelés után fogok ismertetni.

4.1. A csőposta rendszerek működésével kapcsolatos tudnivalók az interjúk alapján

Először a csőpostarendszer működését és a hozzá kapcsolódó kapszulát mutatom be.



1. ábra: A kapszulák továbbítására alkalmas csőposta rendszer belseje. (Forrás: saját kép)

A pneumatikus csőposta rendszer lehetővé teszi a vérminták, egyéb laboratóriumi minták, gyógyszerek, infúziók vagy eszközök hatékony és rugalmas szállítását a kórházakban. A vizsgált egészségügyi intézmény központi laboratóriumában 2 állomás és 2 „ág” van, a sürgősségi és az általános labor számára. Az egész kórházban 44 állomás elérhető a különböző osztályokon. A sürgősségi „ág” közvetlen összeköttetésben van a laborral, hogy minél

hamarabb megérkezzenek a kapszulák, hiszen sürgősségi ellátáshoz elengedhetetlen a minták külön kezelése és időben való feldolgozása.



4. ábra: A csőposta rendszerhez tartozó csövek. (Forrás: saját kép)



5. ábra: A csőposta rendszerhez használt kapszula. (Forrás: saját kép)

A csőposta rendszerhez kapcsolódó gép kijelzőn csak minimális információk láthatók, például az látható, hogy „normál” vagy „error” módban van-e, illetve azt jelzi, hogy éppen abban a pillanatban érkezik-e éppen kapszula vagy folyamatban van-e a küldés („receiving” és „sending”). Ha küldemény érkezik, kéken világít és „lezár a rendszer”, vagyis ekkor a gép nem ajtaja nyitható ki. Az érkezés szabad füllel hallható a személyzet számára.

Az osztályok a mintákat elméletileg rendezetten, de néha rendezetlenül belerakják egy zacskóba, majd a kapszulákba. A mintákhoz van egy kérőlap, ami tartalmazza a beteg adatokat és azt, hogy milyen vizsgálatot kell végezni. Van olyan, amikor több cső is szükséges egy vizsgálathoz, ezt ilyenkor össze szokták gumizni. Ha nem gumizzák össze, akkor ömlesztve érkezik és ki kell válogatni, hogy melyik mintához melyik dokumentum tartozik.

Ha ömlesztve érkezik, gyakran sérül az érvételi cső és kiömlik a tartalma, amely egyrészt a levett minta (pl. vér, vizelet) megsemmisülését okozza, másrészt a dokumentációt és az összes többi mintavételi csövet is szennyezi. Ez azért probléma, mert ilyen esetben a páciensről újra le kell venni a mintát, ami sok esetben nehézséget okoz, például gyermekek esetében.



6. ábra: Vénvételi csövek, amelyek a kapszulában érkeztek, rendezetten (Forrás: saját kép)

A rendezett szállítás a központi labor számára is segítséget jelent, mivel, ha van egy hosszú listájuk, az összegumizott vénvételi csövek könnyen azonosíthatóak a kérőlapon.

A csőpostában érkező minták átnézése és a dokumentációval történő párosítása plusz időt jelent a labornak. Viszont a csőposta rendszer használata a különböző osztályok számára előnyös, mivel így a manuális kézbesítés idejét meg tudják spórolni, továbbá biztonsági okok tekintetében is előnyös, mivel éjjelente nem kell a kivilágítatlan folyosókon átsétálnia az alkalmazottnak a központi laborba a mintákkal.

4.2. A hibaelhárítás folyamata

A csőpostarendszer működését központilag felügyeli a cég, aki a karbantartást végzi. A csőposta rendszer nyomonkövetése egy szoftveren keresztül történik, hiba esetén először a szoftverben nézik meg, hogy hol történt a probléma és utána helyszíni hibaelhárítás történik.

2 fele hiba fordulhat elő:

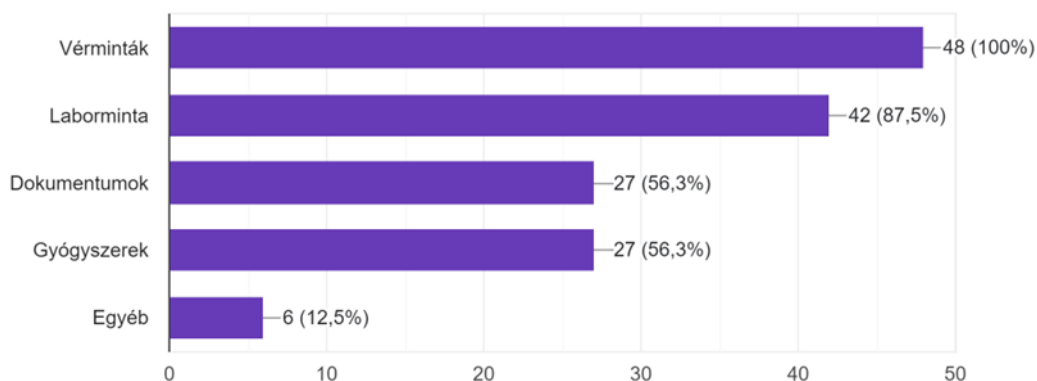
- Elakad a csőben a kapszula.
- Egy másik állomásra érkezik.

A laboratóriumban onnan tudják meg, hogy elakadt a csőben a kapszula, vagy pedig más helyre érkeztek egy adott osztály adott mintái, hogy telefonon jelzi a feladó osztály, hogy nem kapták még meg az eredményt. A csőpostához kapcsolódó gépeken nincs visszajelzés, hogy a kapszula megérkezett-e a címzetthez. Ha észreveszik, hogy valahol elakadt egy kapszula a csőpostában, hívni kell az üzemeltetőt, és akkor átállnak ismét a manuális kézbesítésre.

5. Kérdőív elemzés

A csőposta rendszer működésével kapcsolatosan egy kérdőívet készítettem. A kérdőívet 48 ember töltötte ki, ebben a fejezetben ismertetem az egyes kérdésekre adott válaszokat.

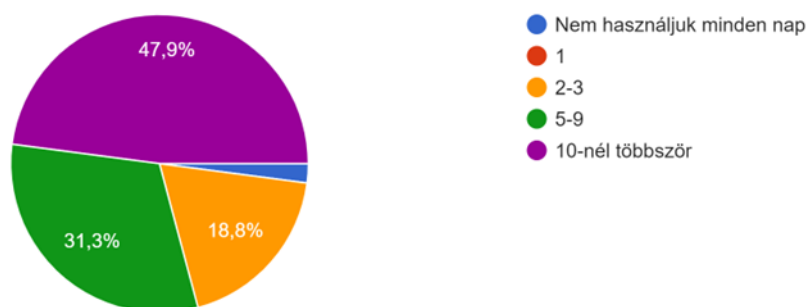
Milyen típusú csomagok szállítására használják a csőposta rendszert? (Több válasz is jelölhető) - 48 válasz



7. ábra: Csőposta rendszerben szállított csomagok típusai

A 7. számú ábra szerint, amely a csőposta rendszert használó csomagok típusait mutatja, a következő információkat láthatjuk: Vérminták: 100% (48 válasz), Laborminták: 87,5% (42 válasz), Dokumentumok: 56,3% (27 válasz), Gyógyszerek: 56,3% (27 válasz), Egyéb: 12,5% (6 válasz). Ez alapján látható, hogy a csőposta rendszert leggyakrabban vérminták és laborminták szállítására használják, míg dokumentumokat és gyógyszereket is viszonylag gyakran küldenek ilyen módon.

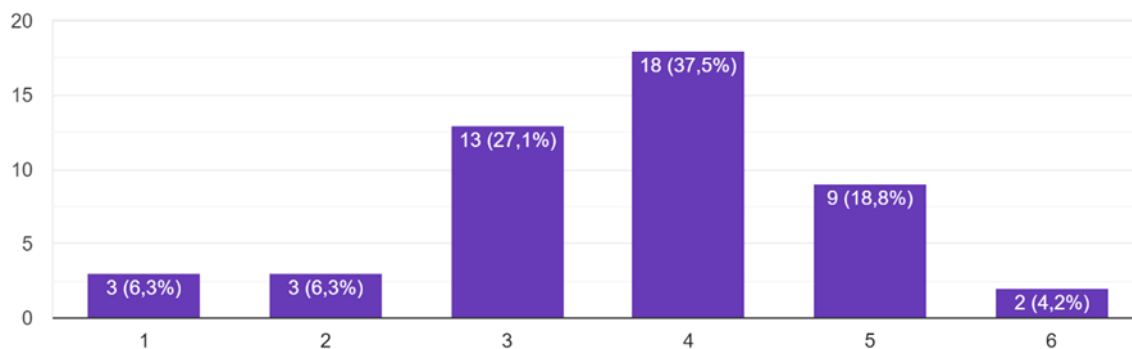
Milyen gyakran használják a csőposta rendszert egy nap alatt? 48 válasz



8. ábra: Csőposta rendszer használatának gyakorisága

A 8. száma ábra alapján látható, hogy a csőposta rendszert használók majdnem fele (47,9%) naponta 10-nél többször használja, 31,3 %-a pedig naponta 5-9 alkalommal. Ez alapján megállapítható, hogy a csőposta rendszer kapacitása ki van használva.

Mennyire megbízható a csőposta rendszer a kórházban? - 48 válasz

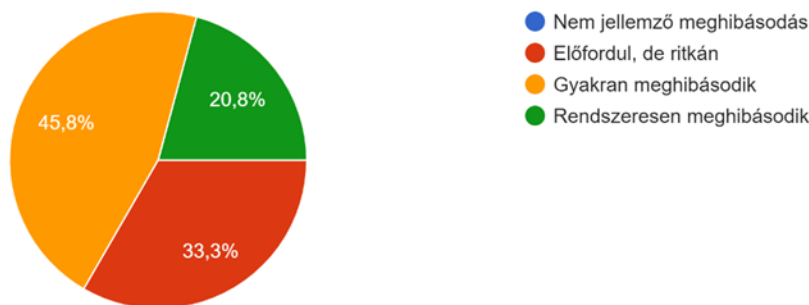


9. ábra: Csőposta rendszer megbízhatósága

Az ábra a csőposta rendszer megbízhatóságát értékeli egy 1-től 6-ig terjedő skálán a kórházban. A legtöbb válaszadó a 4-es fokozatot jelölte meg (37,5% - 18 válasz), ami azt jelzi, hogy a

rendszer megbízhatónak számít. A válaszok másik nagy része 3-as (27,1% - 13 válasz), és 5-ös (18,8% - 9 válasz) értékelést kapott, ami összességében közepes vagy jó megbízhatóságot jelez. Kevesebben értékelték a rendszert szélsőségesen, 1-es (6,3% - 3 válasz) vagy 6-os (4,2% - 2 válasz) pontszámmal. Összességében megállapítható a 9. ábráról, hogy a válaszadóknak több, mint a fele inkább megbízhatónak értékeli a rendszer működését.

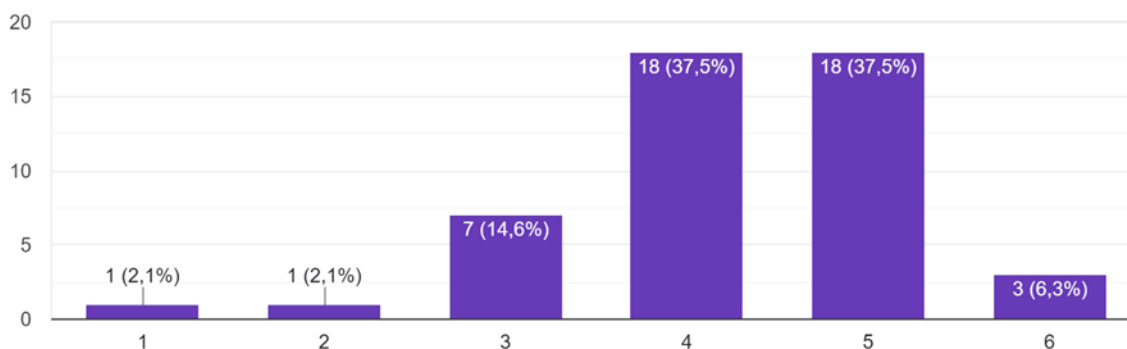
Előfordultak-e hibák vagy meghibásodások? - 48 válasz



10. ábra: Csőposta rendszer megbízhatósága

Az ábra azt mutatja, hogy a válaszadók 45,8%-a szerint gyakran előfordulnak hibák a csőposta rendszerben, míg 33,3% azt állítja, hogy ritkán, de előfordulnak meghibásodások. A válaszadók 20,8%-a szerint a rendszer rendszeresen meghibásodik, ami jelentős problémát jelezhet a rendszer megbízhatóságával kapcsolatban. Ez azt jelenti, hogy a felhasználók 2/3-a tapasztalt gyakori meghibásodást. Ezt az interjú folyamán is megerősítették, de tájékoztattak arról is, hogy a rendszerüzemeltető cseréje jelenleg történik és a rendszeres karbantartás megoldást jelenthet a gyakori meghibásodásra.

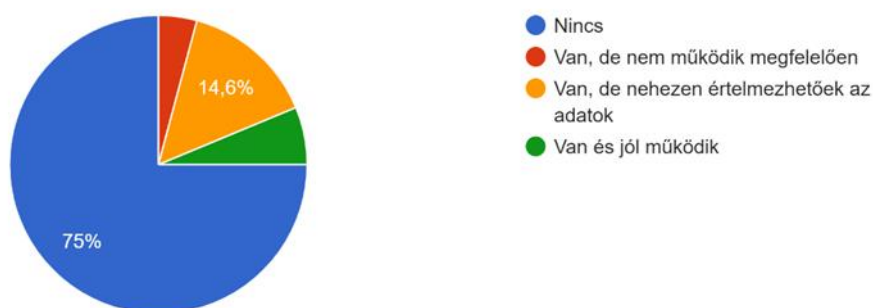
Milyen sebességgel működik a csőposta rendszer? - 48 válasz



11. ábra: Csőposta rendszer sebessége

A 11. ábra szerint nagyrészt a csőposta rendszer sebességével meg vannak elégedve a válaszadók, hiszen az 1-6-os skálán 75% 4-es vagy 5-ös pontot adott. Ez alapján azt szűrhetjük le, hogy maga a rendszer jó lehetőség lehet, csak a néha előforduló hibákat, incidenseket kell megoldani, kijavítani.

Van-e nyomonkövetési rendszer a csomagok számára? - 48 válasz

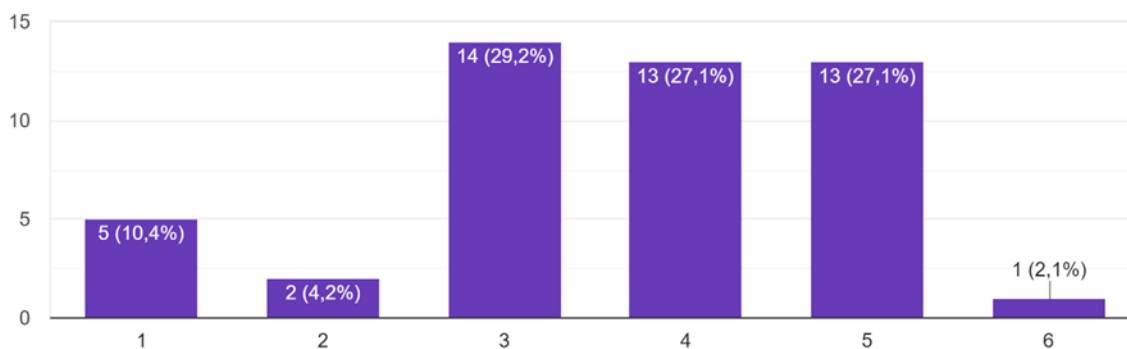


12. ábra: Csőposta rendszer nyomon követhetősége

A diagram alapján a válaszadók 75%-a szerint nincs nyomonkövetési rendszer a csomagok számára, míg 14,6% úgy nyilatkozott, hogy van, de az adatok nehezen értelmezhetők. Mindössze 8,3% jelezte, hogy van ilyen rendszer, amely megfelelően működik.

Az interjúból megtudtam, hogy a válaszokban jelzett nyomonkövetési rendszer elérhetőség a rendszer üzemeltetőhöz kapcsolódik, vagyis közvetlenül nem elérhetőek az információk, csak abban az esetben, ha probléma esetén telefonon vagy emailen megkeresik őket. Vagyis a nyomonkövetési rendszer csak központilag az üzemeltetőnél érhető el, egyénileg nem látható meghibásodás helye és oka.

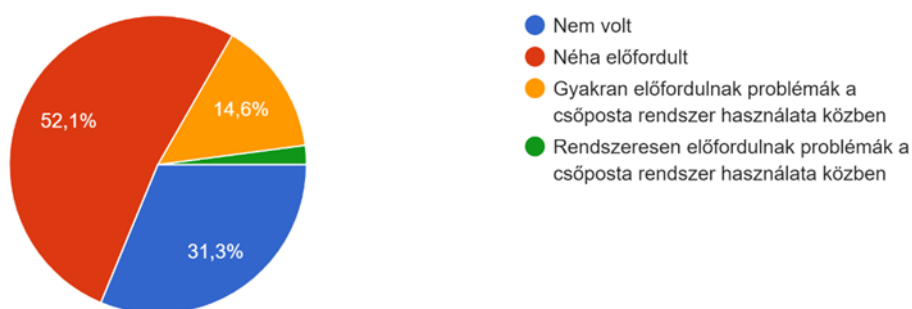
Mennyire elégedettek a kórházi dolgozók a csőposta rendszerrel? - 48 válasz



13. ábra: Elégedettség

A diagram alapján a válaszadók közül a legtöbben (29,2%) közepesen elégedettek a csőposta rendszerrel (3-as értékelés), míg 27,1% magasabb elégedettséget mutatott (4-es és 5-ös értékelés is ezt az eredményt adta). Teljes mértékben elégedett csak 2,1% volt, és 10,4% egyáltalán nem elégedett a rendszerrel. Tehát összességében a felhasználók kicsit több, mint fele elégedett a rendszer működésével.

Volt-e valaha probléma a csomagok sérülésével a csőposta rendszer használata közben? - 48 válasz



14. ábra: Csomagok sérülésére vonatkozó kérdés

A diagram alapján a megkérdezettek többsége, 52,1%-a szerint néha előfordultak problémák a csőposta rendszer használata során, míg 31,3% válaszolta azt, hogy nem volt problémájuk. Ugyanakkor 14,6%-uk gyakran találkozott problémákkal, és mindössze egy kis százalék jelezte a rendszeres problémák jelenlétét.

A kérdőív elemzése alapján összességében a válaszadók nagy része elégedett a rendszerrel, viszont néhány hiba megjelenik a csőposta rendszer működése során. Ezeket tekinthetjük fejlesztési potenciálnak is, amelyek megvalósításával még nagyobb elégedettséget és hatékonyságot érhetünk el.

A kérdőív végén lehetőséget kínáltam arra, hogy a csőposta rendszer felhasználói javaslatot tegyenek a bennük felmerült fejlesztési lehetőségekre, amelyet az alábbiakban ismertetnék.

Milyen fejlesztéseket vagy javításokat javasolna a csőposta rendszerrel kapcsolatban?

- Nyomonkövetési rendszer (központi laborban).
- Automatikus hibajelentés a javító cégnek (sms-ben jelezze nekik azonnal, ha meghibásodás van).
- Vonalkód szerinti nyomonkövetés a belső rendszerben is akár (mikor került be, mikor érkezett meg a kapszula).

- Ne a nővérpultnál legyen a helye, mert megnehezíti a közlekedést.
- Jobb lenne a falon belül, sok helyen kívül van, megnehezítve a munkát.
- Legyen gyorsabb, tágabb úrtartalmú.
- A csőposta használata szájhagyomány útján terjed, egyszerű piktogramos használati útmutató jó lenne a gépek oldalán elhelyezve.
- Nyomkövető rendszer, "real time" pozíció követés.
- Megfelelő lenne, csak ne legyen heti szinten meghibásodás.
- Tudnunk kellene a mintákat követni. mikor, honnan, mi, hogyan és hol tart.
- Folyamatos monitorozás.
- Statisztikai elemzés lehetősége a sikeres, sikertelen küldéseknek.
- Fontos lenne a kapszulák belső fizikai feltételeit kontrollálni: sebesség, gyorsulás, hőmérséklet. Az utazás során ugyanis a vérmintákra olyan erők hathatnak (főleg nyíróerő a kanyarokban), amelyek károsan befolyásolják a minták minőségét - hemolízist okozhatnak, sejtek morfológiai változását idézik elő. Erre van megfelelő mérő készülék és nemzetközi ajánlás is.
- Fontos lenne az elakadások valós idejű jelzése is, hogy ne kelljen akár órákat várni a mintára, speciális program jelezhetné.
- A fertőzésveszélyes minták kezelése nem teljesen egyértelmű: milyen mintákat, milyen edényzetben lehet csőpostába tenni.
- Információ arról, hogy mi a teendő, ha a minta megsérül a kapszulában és potenciálisan veszélyes fertőzőforrásként akár a pneumatikus csőrendszer jelentős részét kontaminálhatja.
- Ha sok a kapszula küldés gyakran „összeakadnak”. Megoldani, hogy megfelelően tudjanak közlekedni.
- Délelőtti órákban gyakran telített a rendszer ezért nehézkes az anyagok laborba juttatása, emiatt bővítése lenne indokolt.
- Központi nyomonkövethetőség az osztályok számára.
- Vérminták szállítására fejlesztett speciális tárolóegység sérülési lehetőségek minimalizálására.

6. Csőpostarendszer fejlesztésének lehetőségei

A kérdőív elemzés, a fejlesztési lehetőségek, és az interjúk alapján meghatároztam azokat a fejlesztési lehetőségeket, amelyek javíthatják, illetve támogatják a rendszer működését.

1. Adataalapú döntéstámogatás és elemzési eszközök: A csőposta rendszer működéséről gyűjtött adatok alapján statisztikai elemzéseket végezhetnének a sikeres és sikertelen küldésekről. Ezek az adatok segítséget nyújtanának a fejlesztések optimalizálásában és a rendszer kapacitásának megfelelő tervezésében.

Emellett szoftvert biztosítsanak az osztályok számára, hogy nyomonkövethető legyen a kapszula. Látható legyen, hogy ki küldte, megérkezett-e, ha nem, hol és mikor akadt el. Minta- és megbízottság szempontjából ez lenne a fontos. A kórháznak az a legfontosabb, hogy a beteg időben megkapja a mintát. Ha benn ragad egy kapszula 4-5 órára, utána az a minta már nem vizsgálható, vagy nagyon korlátozottan vizsgálható. Fontos lenne látni, hogy melyik osztálytól várnak mintát, ha elakadt, mikor és hol – tehát kivétel után felhasználható-e még.

2. Intelligens rendszerek integrálása a hibakezeléshez: A rendszer automatikusan észlelhetné a meghibásodásokat, és a rendszerleállásokat rögtön jelenthetné egy központi hibajelentő platformra, nemcsak SMS-ben a karbantartó csapatnak, hanem a kórház érintett osztályainak is, hogy felkészülhessenek a késlekedésre.
3. Dinamikus kapacitásbővítés: Azokon a napokon vagy időszakokban, amikor nagyobb forgalom van, a rendszer automatikusan bővíthetne több kapszula egyidejű küldési lehetőségével, illetve olyan algoritmusokkal, amelyek optimalizálják a kapszulák útvonalait, elkerülve az ütközéseket vagy zsúfoltságot.
4. Oktatási tevékenység bővítése: Oktatás a használatáról, minták lezárásáról, illetve arról, hogy hogyan kellene elhelyezni a mintákat. Ehhez kapcsolódóan az azt a tájékoztatást kaptam, hogy a labor dolgozói tartottak már oktatást, ahol képeket mutattak, plakátot készítettek a kapszula megfelelő használatáról a sürgősségi osztályra. Ez azért kezdtek el, hogy minél több mintát tudjanak érdemben feldolgozni. Ezt az oktatást ki lehetne terjeszteni a többi részlegre.
5. Fertőzésveszélyes minták speciális kezelése: A fertőzésveszélyes anyagok számára fejlesztett kapszulákat kellene biztosítani, melyek hermetikusan záródnak és speciális biztonsági szabályokat követnek. Ez segítene minimalizálni a csőrendszer kontaminálódásának (szennyeződésének) kockázatát.
6. Kapszulák ütemezett karbantartása és fertőtlenítése: A kapszulák a rendszeres tisztítása lenne még fontos, mivel néhány esetben kiömlenek a minták.
A kapszulák rendszeres karbantartása és fertőtlenítése mellett újabb, fertőtlenítő modulok beépítése a rendszerbe segíthetne megőrizni a biztonságot és a higiéniát, különösen az érzékeny minták szállítása során.

7. Energiahatékonyság javítása és zajcsökkentés: Fejleszteni kellene a rendszert olyan energiahatékony megoldásokkal, amelyek csökkentik az üzemelési költségeket. Emellett a csőrendszer zajszintjének csökkentése fontos szempont lehet a kórházi környezetben, ahol a csend kulcsfontosságú.
8. Moduláris bővítési lehetőség: Közelebbi váltó telepítése, hogy gyorsabban megérkezzenek a kapszulák. A csőrendszer hálózat váltója a célállomástól nagyon messze van, így ez segítené, hogy minél gyorsabban odaérjen a laborba, mivel a rendszer leterheltsége és a váltóállomás távolsága miatt lassabban érkeznek meg a minták. A csőpostarendszert úgy lehetne tervezni, hogy az igények növekedésével modulárisan bővíthető legyen. Így a jövőbeni fejlesztések, mint például új osztályok bekötése vagy a rendszer kapacitásának növelése könnyebben megvalósítható.

Ezek a javaslatok hozzájárulhatnak a csőpostarendszer hatékonyabbá tételéhez, növelve a pontosságot, biztonságot és a rendszert használó egészségügyi intézmények elégedettségét.

Emellett az összegyűjtött fejlesztési lehetőségek felhasználhatóak lehetnek egy olyan csőposta rendszer kialakítása esetén is, amelyet egy meghatározott területen a Last-Mile Delivery igények kielégítésére hoznak létre.

7. Összegzés

Az utóbbi pár évben jelentősen megnövekedett az e-kereskedelemmel foglalkozó cégek száma és ezzel együtt a kiszállítandó csomagok mennyisége is, amelyre egyik megoldás lehet a jövőben a csőposta rendszer bevezetése, melyhez számos paramétert meg kell vizsgálni, amelyet részletesen ismertettem. TDK dolgozatom témájához egy kérdőíves kutatást végeztem egy magyarországi egészségügyi intézményben a csőposta rendszerek működésével kapcsolatban, ami által láthatóvá válik, hogy milyen problémák és fejlesztési potenciálok merülhetnek fel egy csőposta rendszer bevezetése során. TDK dolgozatom témájához egy kérdőíves kutatást végeztem egy magyarországi egészségügyi intézményben a csőposta rendszerek működésével kapcsolatban, ami által láthatóvá válik, hogy milyen problémák és fejlesztési potenciálok merülhetnek fel egy csőposta rendszer bevezetése során. A kérdőív elemzés, a fejlesztési javaslatok, és az interjúk alapján meghatároztam azokat a fejlesztési lehetőségeket, amelyek javíthatják, illetve támogatják a rendszer működését. A bemutatott kutatás célja az volt, hogy a csőposta rendszer hatékonyságának és használati potenciáljának bemutatásával új megoldást kínáljon a növekvő kézbesítési igények kielégítésére.

8. Szakirodalom jegyzék

- Almelhem, M., Süle, E. and Buics, L. (2023), “The Role of Blockchain and IOT in Reverse Logistics: the Impacts on the Environmental and Economical Sustainability – A Structured Literature Review”, *Chemical Engineering Transactions*, Italian Association of Chemical Engineering - AIDIC, doi: 10.3303/CET23107073.
- Balassa, B.E., Koteczki, R., Lukács, B. and Buics, L. (2023), “Sustainability Aspects of Drone-Assisted Last-Mile Delivery Systems—A Discrete Event Simulation Approach”, *Energies*, MDPI, Vol. 16 No. 12, doi: 10.3390/EN16124656.
- Bartucz, C., Buics, L. and Süle, E. (2023), “Lack of Collaboration on the CEP Market and the Underlying Reasons—A Systematic Literature Review”, *Sustainability (Switzerland)*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), Vol. 15 No. 13, doi: 10.3390/SU151310361.
- Bartucz, C. and Süle, E. (2023), “Cooperation and Sustainability in Last-Mile Logistics Sector: Behavioural Aspects of Courier Express Parcel Service Providers”, *Chemical Engineering Transactions*, Italian Association of Chemical Engineering - AIDIC, Vol. 107, pp. 565–570, doi: 10.3303/CET23107095.
- Bosona, T. (2020), “Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review”, *Sustainability 2020*, Vol. 12, Page 8769, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Vol. 12 No. 21, p. 8769, doi: 10.3390/SU12218769.
- Correia, D., Teixeira, L. and Marques, J.L. (2021), “Last-mile-as-a-service (LMaaS): An innovative concept for the disruption of the supply chain”, *Sustainable Cities and Society*, Elsevier, Vol. 75, p. 103310, doi: 10.1016/J.SCS.2021.103310.
- Desai, K.G., Colandene, J.D., Crotts, G., Sofa, C., Wang, N., Blockus, B., Mandal, B., *et al.* (2023), “Transportation of mAb Dosing Solution in Intravenous Bag: Impact of Manual, Vehicle, and Pneumatic Tube System Transportation Methods on Product Quality”, *Molecular Pharmaceutics*, American Chemical Society, Vol. 20 No. 12, pp. 6474–6491
- DHL Group. (2019), “DHL launches its first regular fully-automated and intelligent urban drone delivery service”, 16 May, available at: <https://group.dhl.com/en/media-relations/press-releases/2019/dhl-launches-its-first-regular-fully-automated-and-intelligent-urban-drone-delivery-service.html> (accessed 9 October 2024).
- Dieter, P., Caron, M. and Schryen, G. (2023), “Integrating driver behavior into last-mile delivery routing: Combining machine learning and optimization in a hybrid decision support framework”, *European Journal of Operational Research*, North-Holland, Vol. 311 No. 1, pp. 283–300, doi: 10.1016/J.EJOR.2023.04.043.
- Howgego, T. and Roe, M. (1998), “The use of pipelines for the urban distribution of goods”, *Transport Policy*, Pergamon, Vol. 5 No. 2, pp. 61–72, doi: 10.1016/S0967-070X(98)00012-2.
- Izadkhah, A., Subramanyam, A., Lainez-Aguirre, J.M., Pinto, J.M. and Gounaris, C.E. (2022), “Quantifying the impact of delivery day flexibility on last-mile delivery costs”, *Digital Chemical Engineering*, Elsevier, Vol. 5, p. 100057, doi: 10.1016/J.DCHE.2022.100057.

- Kunkel, S. and Tyfield, D. (2021), “Digitalisation, sustainable industrialisation and digital rebound – Asking the right questions for a strategic research agenda”, *Energy Research & Social Science*, Elsevier, Vol. 82, p. 102295, doi: 10.1016/J.ERSS.2021.102295.
- Reiffer, A.S., Kübler, J., Kagerbauer, M. and Vortisch, P. (2023), “Agent-based model of last-mile parcel deliveries and travel demand incorporating online shopping behavior”, *Research in Transportation Economics*, Elsevier, Vol. 102, p. 101368, doi: 10.1016/J.RETREC.2023.101368.
- Salvi, A., Vitolla, F., Rubino, M., Giakoumelou, A. and Raimo, N. (2021), “Online information on digitalisation processes and its impact on firm value”, *Journal of Business Research*, Elsevier, Vol. 124, pp. 437–444, doi: 10.1016/J.JBUSRES.2020.10.025.
- Silva, V., Amaral, A. and Fontes, T. (2023), “Towards sustainable last-mile logistics: A decision-making model for complex urban contexts”, *Sustainable Cities and Society*, Elsevier, Vol. 96, p. 104665, doi: 10.1016/J.SCS.2023.104665.
- Smart Kalasatama. (2015), “Smart Kalasatama – Smart city district of Helsinki - Smart Kalasatama”, <https://fiksukalasatama.fi/en/smart-city/> (accessed 10 October 2024).
- Sós, E., Horváth, A. and Földesi, P. (2023), “Effects of Cognitive Biases and Their Fuzzy Measure During Freight Transportation”, *Lecture Notes in Logistics*, Springer Science and Business Media B.V., pp. 29–43, doi: 10.1007/978-3-031-28236-2_3/COVER.
- Thomas, R.W., Ueltschy Murfield, M.L. and Ellram, L.M. (2022a), “Leveraging sustainable supply chain information to alter last-mile delivery consumption: A social exchange perspective”, *Sustainable Production and Consumption*, Elsevier, Vol. 34, pp. 285–299, doi: 10.1016/J.SPC.2022.09.014.
- Thomas, R.W., Ueltschy Murfield, M.L. and Ellram, L.M. (2022b), “Leveraging sustainable supply chain information to alter last-mile delivery consumption: A social exchange perspective”, *Sustainable Production and Consumption*, Elsevier, Vol. 34, pp. 285–299, doi: 10.1016/J.SPC.2022.09.014.
- Turkowski, M. and Szudarek, M. (2019), “Pipeline system for transporting consumer goods, parcels and mail in capsules”, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Pergamon, Vol. 93, p. 103057, doi: 10.1016/J.TUST.2019.103057.
- Wei, L., Chen, Y., Guo, D., Ji, J., Chen, Z. and Zhuo, C. (2024), “A last-mile delivery system for underground logistics with ‘self-pickup +’ and ‘home-entry +’ modes”, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Pergamon, Vol. 147, p. 105678, doi: 10.1016/J.TUST.2024.105678.

Melléklet: Kérdőív

Milyen típusú csomagok szállítására használják a csőposta rendszert?

- Vérminták
- Dokumentumok
- Gyógyszerek
- Egyéb:

Milyen gyakran használják a csőposta rendszert egy nap alatt?

- Nem használjuk minden nap
- 1
- 2-3
- 5 -9
- 10-nél többször

Mennyire megbízható a csőposta rendszer a kórházban?

Kérem, értékelje a megbízhatóságot az alábbi skálán, ahol 1 az „Egyáltalán nem megbízható”, 6 a „Teljes mértékben megbízható”

1 2 3 4 5 6

Előfordultak-e hibák vagy meghibásodások?

- Nem jellemző meghibásodás
- Előfordul, de ritkán
- Gyakran meghibásodik
- Rendszeresen meghibásodik

Milyen sebességgel működik a csőposta rendszer?

Kérem, értékelje a csőposta rendszer továbbításának sebességét az alábbi skálán, ahol az 1 az „Nagyon lassú”, 6 a „Nagyon gyors”.

1 2 3 4 5 6

Van-e nyomkövetési rendszer a csomagok számára?

- Nincs
- Van, de nem működik megfelelően
- Van, de nehezen értelmezhetőek az adatok
- Van és jól működik

Mennyire elégedettek a kórházi dolgozók a csőposta rendszerrel?

Kérem, értékelje az elégedettségét az alábbi skálán, ahol az 1 az „Egyáltalán nem elégedett”, 6 a „Teljes mértékben elégedett”

1 2 3 4 5 6

Volt-e valaha probléma a csomagok sérülésével a csőposta rendszer használata közben?

- Nem
- Néha
- Gyakran előfordulnak problémák a csőposta rendszer használata közben
- Rendszeresen előfordulnak problémák a csőposta rendszer használata közben

Milyen fejlesztéseket vagy javításokat javasolna a csőposta rendszerrel kapcsolatban?

.....

.....

.....

.....

.....