



Offentlig Logistik och Internet of Things - Analys av logistiksystem för vården

En diskussion om hur logistiksystem inom vården kan analyseras för användningen av RFID och sensorer för att stödja logistikutveckling.

*Logistik- och Kvalitetsutveckling, Institutionen för
ekonomisk och industriell utveckling, Linköpings universitet.*

Denna rapport baseras på lärdomar från ett av delprojekten inom forskningsprojektet "Offentlig logistik och Internet of things", finansierat av Vinnova.

Tre pilotstudier med sensorer har gjorts inom offentliga organisationer: Region Öst med pilotprojekt för vätskevagnar på Universitetssjukhuset i Linköping, lokalisering av sjukhussängar på Vrinnevisjukhuset i Norrköping och nivåmätning i avfallscontainrar för Tekniska Verken i Linköping.

Rapporten fokuserar på erfarenheterna av logistikanalyser inom vården och vi har valt att lyfta fram vätskevagnspiloten för att beskriva en mer ingående analys. Teknikfrågorna är viktiga vid utformning av ett logistiksystem men analysen bör ta sin utgångspunkt i själva logistiksystemet och dess krav på information och därefter med vilken teknik insamlingen av information bör ske.

Ett stort tack till Vinnova för finansiering, liksom till alla som bidragit till studien – Pandemin och dess begränsningar inom vården till trots.

Fredrik Stahre, Linköping 2021

Innehåll

Logistik - utmaningar och möjligheter.....	4
Internet of things – en introduktion och strukturering	5
Digitaliseringstekniker relaterade till Internet of things	8
Exempel på internationella erfarenheter om RFID/sensorer inom vården	10
En modell för utveckling av logistiksystem och flöden inom vården	11
Exempel på kartläggning och analys av ett logistikflöde – vätskepåsar inom vården	13
Slutsatser om val av logistik och Internet of things	19

Logistik - utmaningar och möjligheter

Logistikens roll kring dess styrning och kontroll av fysiska flöden har alltid varit en viktig del av olika organisationers (företags) verksamhet. Under Pandemin har t ex materialbrist och behov av koordinering mellan och inom organisationer belyst logistikens betydelse ännu tydligare. Problematik kopplat till långa försörjningskedjor för det fysiska flödet från leverantör till kund, så kallade "supply chains", har frekvent diskuterats. Pandemin, fartyg som blockerat Suez-kanalen, tyfoner i Asien och brist på containrar har lett till globala logistikproblem som påverkat organisationer och konsumenter.

Flödesorientering är ett nyckelord inom logistik, dvs att fokusera på de fysiska flödena och anpassa organisation och informationsflöden till flödet, snarare än tvärtom. *Processorientering* är ytterligare ett nyckelord, där alla aktiviteter utförs inom ramen för enhetliga processer, med tydliga gränssnitt men "sömlösa" sammankopplade och mätbara.

Logistics management

"...is that part of supply chain management that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverse flow and storage of goods, services and related information between the point of origin and the point of consumption in order to meet customers' requirements."

(www.cscmp.org, 201023)

I definitionen av logistik ovan ses att det handlar både om produktivitet och måluppfyllelse (efficient-effective). Även om lagring, hantering och transporter kan utföras resurssnålt är det inte till nytta om ledtider och logistikkvalitet inte möter kundkraven. På liknande sätt räcker det inte att endast vissa delar, organisationer, av en supply chain fungerar tillfredsställande utan det är kedjans sammantagna prestation som avgör.

Både mellan och inom organisationer krävs *koordinering och integration* för att skapa effektiv logistik. Det är inte ovanligt att en organisation i princip består av olika silos med begränsad informationsdelning och koordinering och med liten förståelse för andras behov. Detta skapar onödiga osäkerheter med långa interna ledtider, onödig lagring eller bristande leveransförmåga som konsekvens. De olika delarna av organisationen måste styras som ETT system för att undvika suboptimering. Det krävs alltså även en förståelse för verksamheten - *systemförståelse och helhetssyn* – liksom utbredd *logistikkompetens* för att skapa ett väl fungerande system.

För koordinering krävs insamling och delning av data och information mellan olika parter. Tillgång till data ger en bättre *transparens och visibilitet* vilket möjliggör en bättre styrning av logistiken. Om lagersaldon kan fångas och kommuniceras i realtid undviks brister genom att fylla på med material i tid, dvs det ger en bättre leveransförmåga. Genom reduktion av osäkerheter kan lagren eventuellt minskas eller omlokaliseras, dvs lägre kostnader. Det handlar inte om att ta bort lager helt utan snarare om att ha artiklar i rätt mängd på rätt ställe, tillräckligt nära förbrukningspunkten för att hinna fylla på.

Data behövs även för att kunna visualisera och analysera flöden – inte bara för att övervaka flödets status utan även för att förbättra planering och utformning logistiken. Generellt kan sägas att det finns två sorters logistikutveckling:

- Förbättringsarbete: göra det som redan görs på ett effektivare sätt.
- Förändringsarbete: göra saker på nya sätt som är effektivare och med högre kvalitet.

För att få genomslag för logistiskt förändringsarbete krävs att logistikansvaret är nära organisationen ledning. Dels blir det lättare att skapa förståelse för organisationens nuvarande logistikförmåga och hur organisationens ledning kan använda den för att skapa värde. Dels kan logistikansvarig på ett bättre sätt anpassa logistiken efter organisationens mål och strategier. I linje med det bör logistikutvecklingen göras med hänsyn till mål avseende kostnadseffektivitet, leveransservice/kvalitet, flexibilitet, lönsamhet och tillväxt, samt miljömässig hållbarhet.

En fråga på många läppar är hur logistik och digitalisering kan bidra till organisationens utveckling och vi kommer att utveckla de tankarna avseende vårdlogistik och Internet-of-Things. Logistik är beroende av data- och informationsflöden, vilket kan möjliggöras med insamling och delning av data genom Internet-of-things.

Internet of things – en introduktion och strukturering

Internet of things är ett brett och svårfångat begrepp. Ur logistikens flödesperspektiv är det kopplat till att automatisk samla, lagra, dela, processa och analysera data- och information. Betoningen på Internet och större nätverk är central men här, liksom i litteraturen, är det den smarta tekniken, kommunicerande objekt, som är i fokus inom digitalisering och Internet of things.

Internet-of-Things:

“...a network of readable, recognizable, locatable, and manageable objects over the Internet” (Bardaki et al., 2012)

“...a platform where physical objects are equipped with sensors and interconnected in a worldwide unifying network, so that real-time information is collected, stored, transmitted, accessed, and analyzed through the internet to support decision making” (Li et al., 2018)

Automatisk insamling och hantering av stora mängder aktuella och korrekta data bidrar till ett bättre underlag för planering, manuella analyser och beslut. I kombination med text artificiell intelligens möjliggörs också automatiska operativa beslut inom transporter, lagring och hantering, liksom prognoser för efterfrågan, risker och underhåll (avvikelser). Ett omfattande dataunderlag i kombination med visualisering och simulering ger även nya möjligheter vid utformning av nya logistiksystem.



Kommunicerande objekt inom Internet of things kan exempelvis vara enklare, passiva, RFID-taggar (radio frequency identification) som kräver avläsning av en scanner eller en portal. Alternativt sensorer, t ex aktiv RFID, som identifierar sig kontinuerligt och kan ge information om sin lokalisering och om sin och sin omgivnings tillstånd. Information om tillstånd kan vara temperatur, fukt, tryck, vibration, koncentration av ett kemiskt ämne, objektets orientering mm.

Det finns tre olika typer av RFID. Passiv RFID har ingen egen energikälla och ingen sändare, utan aktiveras där den kommer i kontakt med det elektromagnetiska fältet som en läsare avger och reflekterar radiosignaler tillbaka till läsaren. Passiv RFID får plats i en etikett som kan skrivas ut av en skrivare och kostar en krona eller två, beroende på volym. Den aktiva RFID-taggen är större och betydligt dyrare (ofta hundratals kronor och mer därtill beroende på sensorförmågor). Den har både egen energikälla och sändare, vilket betyder att den inte är i behov av att en läsare för att skicka data. En semipassiv tagg har en egen energikälla, men ingen sändare. Intelligensen hos en passiv RFID-tag kan diskuteras men, liksom i litteraturen, ingår den oftast inom Internet of things.

För informationsdelningen behövs ett nätverk/medium för kommunikation, t ex Wi-Fi, Bluetooth, 4G/5G mm. Dessutom ska data användas till något och kräver någon form av applikation för mottagning, behandling och analys av data, t ex för lagerstyrning, lagerhantering eller transportplanering.

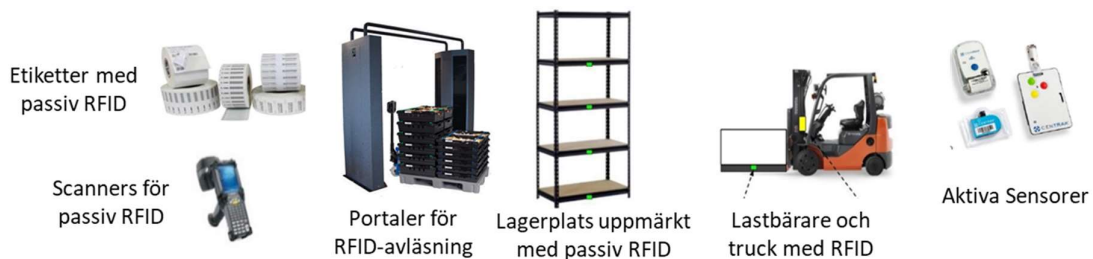
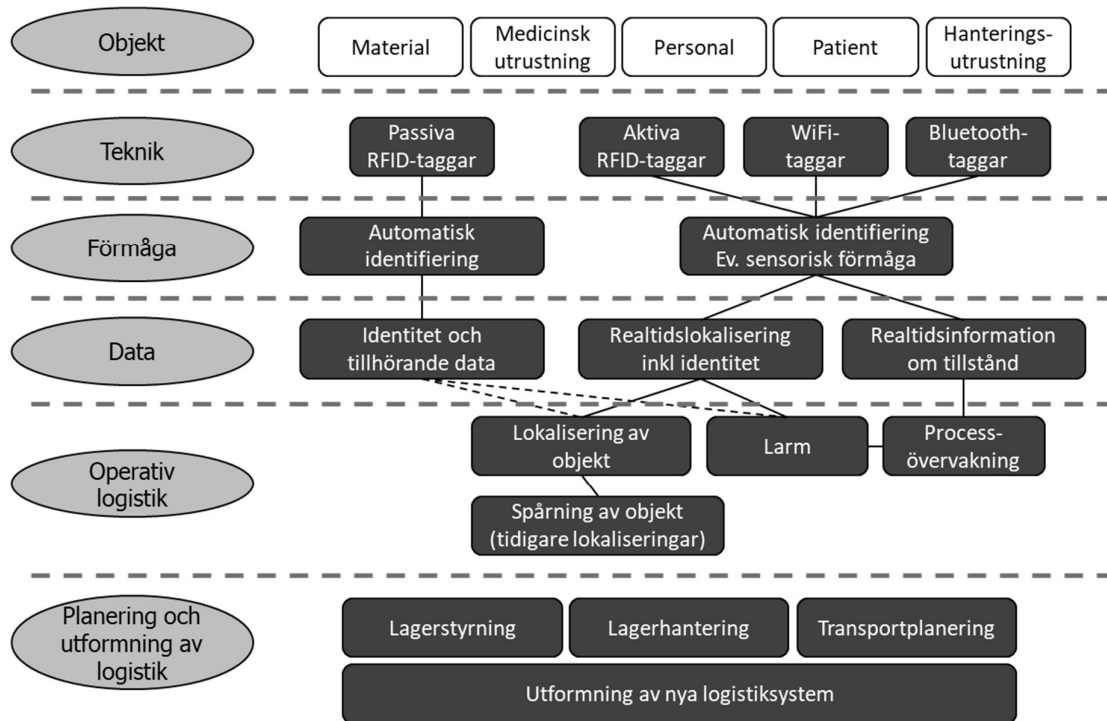
RFID är en av flera Auto-ID-tekniker (automatic identification) som automatiskt fångar eller samlar data, t ex streckkod, QR-kod, optisk avläsning, smart cards, Wi-Fi, Bluetooth eller NFC (near field communication). Den vanliga streckkoden har fördelar eftersom det är en mogen teknik och enkel att integrera men har flera nackdelar. Den är passiv eftersom den inte kan skicka ut realtidsinformation och kommunicera med andra sensorer, flera streckkoder kan inte skannas samtidigt och den måste vara tydligt läsbar för att skannas. RFID är dessutom snabbare och kan lagra och överföra mer information än streckkoden.

Ofta används en kombination av de olika teknikerna, t ex streckkod, QR-kod och RFID, vilket visserligen kan ge den mest ekonomiska/effektiva tillämpningen för olika delar av logistiksystemet men som samtidigt ger en komplexitet och behov av en varierad flora av utrustning.

Översiktligt kan sägas att den information som sensorerna samlar in kan ge besked om vad/vem objektet är med tillhörande objektinformation, var objektet är lokaliserat och vid vilken tidpunkt samt objektets tillstånd (eller tillståndet för omgivande miljö). Dvs identitet, lokalisering och tillstånd. Objektets olika lokaliseringar över tiden ger möjlighet till spårbarhet, vilket är viktigt vid exempelvis smittspårning, stöld och logistikplanering baserat på historiska flöden.

IoT-data: Vad/vem, var, när och i vilket tillstånd?

Figuren nedan ger en schematisk struktur för vilka olika objekt inom vården som kan använda olika sorters teknik beroende på vilken eller vilka förmågor som krävs av tekniken och i linje med det vilken typ av data som samlas in. Denna data kan användas för den rent operativa logistiken så som lokalisering och spårning av objekt och processövervakning baserat på objektens tillstånd och eventuella larm om ett gränsvärde på t ex temperatur eller en geografisk zon överskrids. Data från objekten kan även användas för planering av logistikaktiviteter såsom lagerstyrning, lagerhantering eller transportplanering. För den mer långsiktiga planeringen kan data utnyttjas till förändring av logistiksystemet eller för att utforma helt nya logistiksystem.



Digitaliseringstekniker relaterade till Internet of things

Det cirkulerar många begrepp inom området digitalisering och vi har valt att kortfattat beskriva några av dessa och kopplingen till Internet of things. De visar vilka stöd och utvecklingsmöjligheter det finns och potentialen för användning av datafångst inom många områden och på olika nivåer.

Big Data

Big Data innebär hantering av stora mängder data där traditionella metoder inte räcker till, exempelvis från Internet of things-system. Även inkompatibla data kan hanteras. Big Data-lösningar kan sedan bearbeta data, sortera data och extrahera viktiga data. Karaktäristik för en Big Data-lösning är mängden data, hastigheten för hanteringen, variationen av olika dataformat, osäkerheten i data och värdet av data. Ibland presenteras dessa som fem V: Volume, Velocity, Variety, Veracity och Value. Big Data kan ses som grund för analys och beslutsstöd (Witkowski, 2017). Det finns en nära koppling till Machine learning för analys och slutsatser från data liksom användande av molntjänster för lagring och hantering.

Molntjänster

Molntjänster (Cloud) innebär tillgång till en delad pool av hårdvara (nätverk, servrar, lagring och applikationer). Några kännetecken för molntjänster är användning av servertid och nätverkslagring utan mänsklig kontakt med tjänsteleverantören, kunna använda Cloud i sitt nätverk; samtidigt resursanvändning av flera kunder samtidigt, en skalbar tjänst (utökning vid behov) samt kontroll och optimering av resursanvändning (Mell & Grance, 2011). Det finns en tydlig koppling till Internet of Things för insamlingen av stora mängder data från t ex RFID-taggar och sensorer som behöver lagras. Olika avdelningar inom organisationen kan använda data i Cloud för exempelvis logistikplanering och spårning. Även kopplingen till Big Data är uppenbar. Viktiga aspekter, t ex inom vården, är datasäkerhet och huruvida data kan kommuniceras externt.

Digital tvilling

En Digital tvilling skapar en virtuell kopia av fysiska objekt och samlar och lagrar data. Genom t ex RFID och sensorer kan en digital tvilling fånga upp lokalisering och tillstånd från olika objekt. Realtidsdata används för att möjliggöra förståelse och lärande samt även prediktera, analysera, estimerar eller optimera förändringar i det verkliga systemet (Qi & Tao, 2018). Övervakning av ett fysiskt logistiksystem (upptäcka störningar), simulering av framtida händelser och utformning av nya logistiksystem (testning) är intressanta användningsområden. Det finns också en tydlig koppling till begreppet "control tower" för övervakning av processer. En intressant fördel med Digitala tvillingar är att de kan använda data både från den fysiska verkligheten och data genererad från den virtuella modellen. Kopplingen till och användningen av Big Data och Internet of things är tydlig pga de stora datamängderna som behövs för komplexa system.

Machine learning (Artificiell intelligens)

Machine learning är ett delområde inom artificiell intelligens och möjliggör analys av insamlade data. Machine learning innebär i princip att med olika beräkningsmetoder, baserat på historiska data, lära sig känna igen mönster i en datamängd och dra slutsatser från det. Vanliga logistiktillämpningar kan kopplas till prediktion av trafikmönster för transportplanering, prognostisering av efterfrågan, försenade inleveranser och prediktion av bristsituationer i ett lager för en bättre lagerstyrning eller

att förutsäga kapacitetsbehov och plockningsmönster i ett lager för en effektivare lagerhantering. För att göra en bra Machine learning-modell krävs dock en god förståelse för logistiksystemet för att kunna välja ut vilka faktorer som ska ingå i modellen. Stora modeller med många faktorer och stora mängder data är kräver dock både mycket resurser och tid. Det finns en koppling mellan Machine learning och data mining, dvs att använda Machine learning för att söka efter värdefull information i stora datamängder. Ett begrepp som speglar den accelererande utvecklingen "AIoT", kombinationen av Internet of things, IoT, och artificiell intelligens.

Blockchain

Blockchain kan sägas vara ett system för datalagring i ett gemensamt nätverk där användare har tillgång till samma information - som alltid kommer att finnas kvar. Varje ny transaktions korrekthet och fullständighet måste bekräftas av flera oberoende verifierare. Till skillnad från ett företags "slutna" affärssystem, utan access för andra organisationer i en supply chain, kan ett flertal aktörer i en supply chain tillföra och nå data via Blockchain. En viktig tillämpning av Blockchain är spårbarhet i en supply chain, t ex aktiviteter och tillstånd för ett objekt spåras från butik till leverantör om samtliga aktörer har bidragit med data och har tillgång till en "blockkedja". Det finns en tydlig koppling till Internet of things där insamling av data från t ex sensorer hos olika aktörer kopplas samman. Inom vården skulle en förpackning av läkemedel snabbt kunna spåras, t ex för att upptäcka förfälskningar eller om det varit en obruten kylkedja från leverantör till avdelning.

Robotisering

Robotisering inom logistiken handlar ofta om lagerhantering och smart utrustning som använder sig av sensorer för insamling av data och eventuellt Machine Learning för att ta egna beslut om att utföra aktiviteter (med hänsyn till andra objekts position i lagret). Autonoma fordon, t ex självkörande bilar och lastbilar, är ett annat robotiseringsområde inom logistiken.

Virtual Reality

Virtual Reality (VR) innebär realtidssimulering där datorgrafik används för att simulera en realistisk värld åt användaren. Genom lokaliseringssystem kan både användaren och objekt i dess omgivning positioneras och användas i simuleringen. VR kan användas för träning eller test av nya logistiksystem, t ex ett lager med data om flödesmönster hämtade från Internet of things-upplägg.

Augmented Reality

Augmented Reality (AR) har likheter med virtual reality. Skillnaden är att VR placerar användaren i en helt datorgenererad miljö medan AR presenterar information för användaren direkt i den fysiska miljön. AR lägger till virtuella objekt till den verkliga miljön för att presentera information som användaren annars inte kan upptäcka. Ett typiskt användningsområde inom logistik är AR-glasögon vid plockning. Plockaren kan med AR-glasögonen se plocklistan och ges ytterligare information om plockplatsen eller godset som ska plockas, liksom instruktioner för vilken väg plockaren ska ta. Godsmottagning är en annan logistikaktivitet som kan dra nytta av AR. En koppling till Internet of things är ett lager där gods eller utrustning har sensorer som kan kommunicera identitet och tillstånd som presenteras för användaren i glasögonen.

Exempel på internationella erfarenheter om RFID/sensorer inom vården

De pilotprojekt som gjordes inom ramen för det här projektet fokuserade framför allt datafångst av materials (vätskepåsars) fysiska flöden. I det större vårdperspektivet handlar det även om möjligheter att samla data och styrning i flera dimensioner. Nedan ges några exempel från litteraturen (case) om identifiering, lokalisering, spårning och larm avseende patienter, material och utrustning samt exempel på utnyttjande för planering och utformning av system.

Patienter – identifiering, lokalisering, spårning, larm

- Identifiering av *patienter* med RFID-armband, för behandling och medicinering av patienter. Undvika fel vid blodtransfusioner (Dalton and Rossini, 2005)
- Spåra och lokalisera patienter, rätt behandling av rätt patient på rätt plats (Fuhrer and Guinard, 2006)
- Lokalisera patienter inom och utanför sjukhusbyggnad i kombination med larm (Lin et al., 2008)
- Larma personal, t ex med textmeddelande, vid en *patients* ökning av t ex hjärtrytm, temperatur, förflyttning mm. (Al-Masri and Hamdi, 2015)

Material och utrustning – identifiering, lokalisering och spårning

- Identifiering med RFID av *medicinförpackningar*. Undvika falska produkter i försörjningskedjan. (Young, 2004)
- Identifiering och spårning av *infusionspumpar* gav ett högre utnyttjande av utrustning. (Østbye et al., 2003)
- Spåra utrustning som *infusionspumpar, sängar och rullstolar*. (Shirehjini et al., 2012)
- Övervakning av *telemetri-utrustning* för att minska stöld (Hakim et al., 2006)
- Realtidssystem för lokalisering av *personal, pumpar, rullstolar och annan rörlig dyrbar utrustning*. Spårning av hanteringsutrustning (vagnar) för interna mattransporter från kök till patientenheter. (Swedberg, 2012)
- RFID för spårning av läkemedel och patienter på en akutavdelning. (Yang, Jingjing, et al., 2018):
- Automatiskt övervakningssystem för *läkemedel och utrustning*. (Mireaand Albu., 2018)

Planering och utformning av system

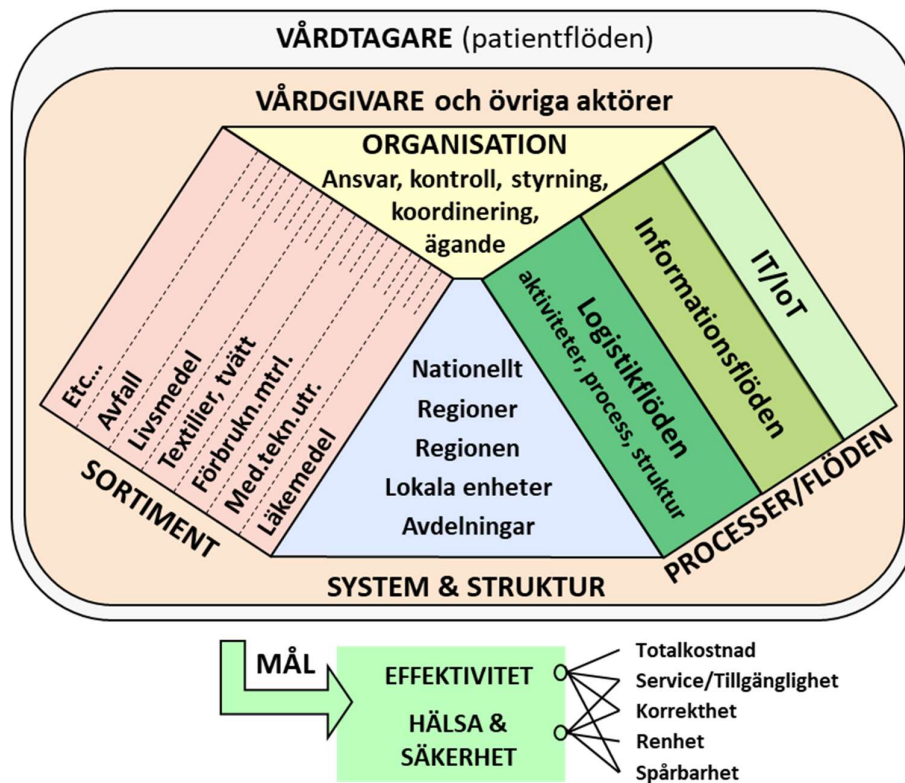
- RFID Realtidssystem för spårning av *patienter, utrustning och personal* för stöd av aktiviteter och beslut vid katastrofsituationer. (Fry and Lenert, 2005)
- Insamling av data (med RFID) för tidmätning av aktiviteter vid en akutavdelning för att modellera processer i en simuleringsmodell. (Miller et al., 2006)
- RFID lokaliseringssystem för att optimera patientflöden vid en avdelning för strålningsbehandling (Magliulo et al., 2012)
- RFID för spårning av *utrustning*, larma akut-team - stödja snabba och komplexa förlopp vid en akutavdelning. (Parlak et al., 2012)
- RFID-baserat system för att samla *patientdata* avseende intag och utskrivning från en operationsavdelning. Användes för att lägga personalschema. (Marchand-Maillet et al., 2015)
- RFID-baserat spårningssystem för *dyr utrustning* i operationsrum. Användning för spårning, lagerstyrning och frigöra tid till mer värdeökande aktiviteter. (Bendavid et al., 2012)
- RFID-identifieringssystem för att öka effektiviteten i hantering av *läkemedel*, t ex lagerstyrning och returhantering. (Romero, 2014)
- RFID-system för att förbättra lagerstyrningen (öka visibilitet) för *textilier* (Kumar and Rahman, 2014)
- RFID för spårning av *läkemedel och patienter*. Användning för effektivisering av rutiner för sjukhuspersonal. (Koshy and Ranie, 2005)

En modell för utveckling av logistiksystem och flöden inom vården

För att på ett strukturerat sätt ta sig an kartläggning och analys av ett logistiksystem och dess flöden behövs en modell. Typ av modell och detaljeringsgrad kan variera beroende på syftet. Nedan ges ett exempel på övergripande modell framtagen inom ramen för det här projektet för vården, med logistikflöden i fokus. För alla aspekter av modellen måste även hänsyn tas till legala, säkerhetsmässiga och ekonomiska förutsättningar.

Beskrivningsmodellens olika komponenter

Nuvarande system kan mätas i form av effektivitet, hälsa och säkerhet för att ha en utgångspunkt för de målsättningar som finns för ett framtida förbättrat eller förändrat logistiksystem.



I grunden för modellen finns vårdtagare, dvs patienter och dess patientflöden. Även om kundbegreppet är mångfacetterat inom vården ser vi här vårdtagaren som slutkund. De aktörer som tillsammans levererar den sammantagna tjänsten till vårdtagarna är vårdgivare och övriga aktörer som t ex materialleverantörer och logistiktjänsteföretag.

På en övergripande system- och strukturnivå finns ett nationellt vårdssystem med dess olika regioner eller samverkande regioner, vårdenheter inom en region, lokala enheter och dess avdelningar.

I fokus för denna modell är det fysiska flödet och de olika sortimenten av t ex läkemedel, utrustning, textilier, förbrukningsmaterial mm. Sortimenten kan samordnas på olika systemnivåer, t ex med gemensamma transporter och lagring men ofta är delsortimenten åtskilda rent flödesmässigt.

De olika artiklar som finns i respektive sortiment har oftast någon form av förpackning som påverkar de fysiska flödena och logistiken – mer eller mindre lätthanterliga och med varierande grad av märkning för avläsning. Valet av förpackningar och dess lastbärare kan i bästa fall vara bestämt utifrån logistikkrav men kanske inte utifrån hela aktörskedjans önskemål. Artiklarnas karaktäristik som fysisk storlek, förbrukning, ömtålighet, hållbarhet mm påverkar också logistikuppläggen och möjlighet till standardisering och samordning över delsortimenten.

De fysiska flödena, logistikflödena, kan beskrivas i termer av aktiviteter ingående i processer med en strävan mot effektiva processer med korta genomloppstider och små osäkerheter. Av yttersta vikt för kartläggningen är att kvantifiera flödet mätt som antal sändningar, order, orderrader, kollin och styck. Dessutom måste bland annat flödesfrekvens, kapacitet, lagernivåer och leveransservice mätas och alternativa flödesvägar beskrivas. Den fysiska strukturen är den rent geografiska strukturen nationellt, regionalt eller lokalt med enheter för lagring (förråd) och hantering. Med lagring som exempel kan det finnas ett eller flera centrala lager i en region, ett centralt förråd/lager på ett sjukhus, lager på avdelningar och lager i olika behandlingsrum eller patientsalar.

För att logistikflödena ska fungera effektivt krävs stödjande informationsflöden och beslut om vilken data/information som ska samlas var någonstans och när. För insamling och delning av korrekt och aktuella data krävs vidare informationsteknologi/IoT. En viktig poäng här är hierarkin där logistikflödena är kravställare för den information som behövs och att informationsflödena är kravställare för vilken IT behövs.

Slutligen krävs en organisation för att få fungerande logistikflöden. Det gäller ansvarsfördelning inom systemet/organisationen avseende t ex kontroll och styrning av aktiviteter och processer men även hur styrningen ska utföras och av vem. För att kunna dra nytta av informationsflödena krävs styrverktyg i form av system för lagerstyrning, lagerhantering och transportplanering. Utan dessa och ett fungerande informationssystem blir det svårt eller omöjligt att utnyttja informationen på ett effektivt sätt. Det finns även en äganderoll inom organisationen och för logistikflödena kan det vara vem som äger varorna i vilket lager och en reglering av betalningsflöden och vem som står för vilka kostnader.

Samordning och standardisering

En av huvudpoängerna med modellen är att se det stora systemet och dess möjligheter, dvs en helhetssyn. Inom ramen för det bör vi ställa oss frågan om några delar kan samordnas och/eller standardiseras. Samordning kan vara att skapa större flöden genom att sammanföra logistiken för flera delsortiment och i möjligaste mån standardisera logistiken för dessa. Standardisering kan även ske utan att sammanföra flöden, dvs logistiken kan utföras på ett standardiserat sätt men på olika platser (t ex godsmottagning) och för olika sortiment. Nedan ges några exempel på samordnings och standardiseringsfrågor med hänsyn till olika systemstorlek.

- Vilka logistikkrav ställer olika sortiment och kan de samordnas?
 - Gemensamma lagerpunkter
 - Gemensamma transporter
 - Standardiserade förpackningar och lastbärare
 - Standardiserad märkning

- På vilken systemnivå kan logistiksamordning ske?
 - Nationell samordning, t ex beredskapslager för vissa artiklar.
 - Regional samordning mellan sjukhus, vårdcentraler mm.
 - Lokal samordning, t ex mellan avdelningar på ett sjukhus.
 - Samordning mellan landsting och kommuner.
- Vilka logistikflöden och logistikupplägg kan standardiseras inom ramen för samordningen?
 - Liknande aktiviteter och processer inom t ex en region eller ett sjukhus, dels inom ett sortiment, dels för flera sortiment.
- Vilka sorters informationsflöden och informationsteknologi kan samordnas/standardiseras?
 - Infrastruktur för nätverk och lagring av data.
 - Datafångst, dvs utrustning för avläsning av artiklar och förpackningar - scanners och portaler.
 - Gemensamma/standardiserade sensorer för insamling och överföring av data.
- Vilka organisatoriska aspekter kan samordnas/standardiseras?
 - Centralisering av ansvar och styrning. T ex övergripande logistikansvar på lämplig systemnivå.
 - Standardisering av logistiska nyckeltal för uppföljning och koordinering av helheten.
 - Koordinering av styrningen för aktiviteter och processer längs med och mellan flöden (olika delsortiment).
 - Standardisering av ägandefrågan för att skapa enhetliga ekonomiska rutiner för olika delar av flödet.

En viktig egenskap för en sådan här modell är att den tjänar som underlag till diskussion för de involverade aktörerna. Det kan råda bristande kunskap och samsyn inom en organisation eller mellan organisationer avseende logistiksystemets verksamhet och flöden. Utan en samsyn är det svårt eller omöjligt att lyckas med en effektiv logistikutveckling.

Exempel på kartläggning och analys av ett logistikflöde – vätskepåsar inom vården

Bakgrund

På Linköpings universitetssjukhus, Region Öst, används vätskevagnar på avdelningarna för lagring av infusionsvätskor i vätskepåsar av plast med exempelvis Natriumklorid och Glukos. Innehållet i en vätskepåse ges antingen direkt till patienten eller ska först mixas med annan substans. Varje vagn innehåller ett antal korgar med olika vätsketyper. Respektive avdelning bestämmer med hjälp av en farmaceut vilka vätskor som ska finnas i vagnarna (1-3 olika vagnar). Den interna logistiken, påfyllnaden av vätskevagnarna, utförs genom att en ny full vagn ersätter vagnen på avdelningen. Detta sker på bestämda veckodagar 1-3 ggr per vecka beroende på avdelning. Vagnen som hämtas på avdelningen transporteras till förrådet i sjukhuset där Apoteket ansvarar för inventering och påfyllning av vagnarna. Därefter ställs den undan på förrådet i väntan på nästkommande byte.

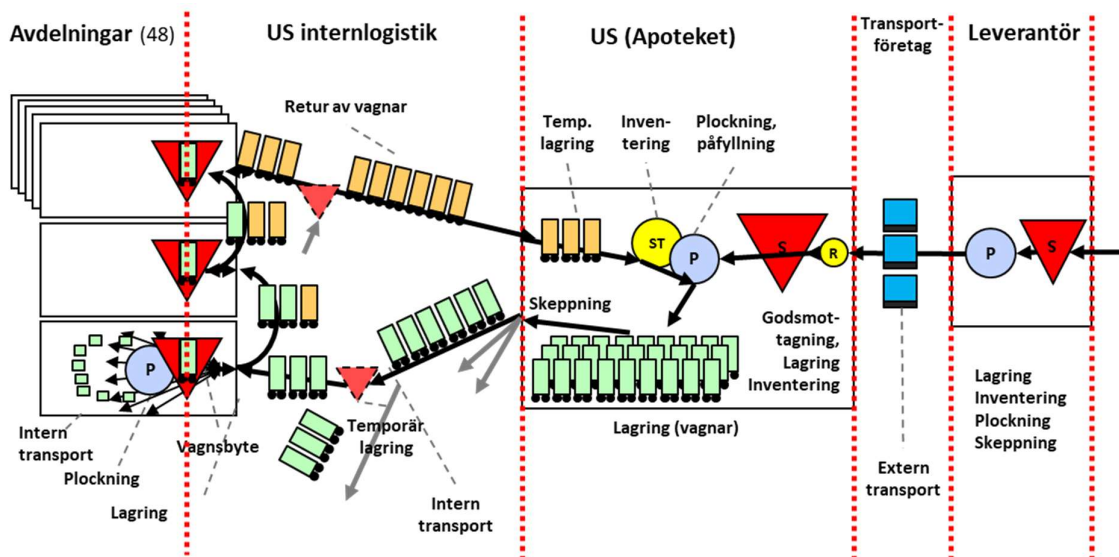


I nuläget är det ett mycket stort antal vagnar och vätskor som transporteras fram och tillbaka mellan förråd och avdelningar. Rent logistiskt bygger systemet på att tillräckligt mycket finns i en vagn fram till nästa byte utan att ha någon frekvent uppdatering av saldo, dvs antal påsar av respektive vätsketyper. Om förbrukningen kunde följas kontinuerligt och på ett smidigt sätt skulle lagerstyrningen och prognoser kunna förbättras och även möjliggöra nya logistikupplägg för leverans av vätskor till avdelningen. Inte bara en förbättrad effektivitet är viktigt utan även faktorer som renhet och säkerhet. Huvudsyftet med projektet är att undersöka om förbrukningen av vätskor kan fångas per automatik. Det är dock gynnsamt om inte avdelningspersonalen belastas med extra arbetsmoment för att prioritera vårdaktiviteter i stället för logistikaktiviteter.

För den inledande kartläggningen behöver systemet beskrivas avseende vilka *aktörer* som ansvarar och utför vilka *aktiviteter* samt flödets karakteristik.

Flödeskartläggning

I figuren nedan ses flödet från leverantörers lager till Apotekets lager på universitetssjukhuset (US) och vidare ut med internlogistik till avdelningarna. Personal från avdelningen plockar från vagnarna när behov uppstår, antingen för leverans av en vätskepåse till patient eller för att mixa med annat läkemedel.



Flödet från leverantör till avdelning är relativt rakt. *Lagerstrukturen* består primärt av leverantörens, Apotekets och avdelningarna lager. Utöver lagerplatserna med vätskor i Apotekets lager lagras påfyllda vätskevagnar i väntan på byte med vagnar på avdelningarna. Vätskorna kommer på pall eller kartong från leverantör och lagras in i Apotekets lager på pall och hyllplatser varifrån plockning sker till vätskevagnarnas korgar – antingen en eller flera vätsketyper per korg. Varje typ av vätska till en korg har en förutbestämt antal påsar som korgen ska innehålla när vagnen kommer ut till avdelningen. Om en full korg ska innehålla 20 påsar av en vätska och inventeringen konstaterar att det är 15 påsar kvar i artikelns korg i vagnen, när den kommer i retur från avdelningen, plockas fem påsar från en lagerplats för att fylla på korgen.

Varje logistikaktivitet är förknippad med en möjlig *data-/informationspunkt*:

Godsmottagning: Vad ska ankomma? Vad har ankommit?

Inlagring: Var ska godset placeras i lagret?

Lagring: inventering av antal påsar på en lagerplats för att uppdatera lagersaldo.

Inventering av vagnar: Antal påsar per korg, behov av påfyllning. Data om förbrukning.

Plockning och påfyllning: Plocka rätt vätskepåse från rätt hylla till rätt vagn i rätt korg.

Intern transport: Lokalisering av en vagn längs vägen mellan lager och avdelning för spårbarhet och om vagn ankommit eller lämnat avdelning.

Förpackningsnivåer

Ur ett IoT-perspektiv är systemet förpacknings- och lastbärarmässigt mer komplicerat. Det finns ett flertal *förpackningsnivåer* med avseende på identifiering. Vilket objekt ska avläsas och vilken data? När/hur ofta ska data samlas in och med vilken teknik? Flödet på sjukhuset startar med att en pall med kartonger, med ett antal vätskepåsar i varje kartong, ankommer Apotekets lager. Inlagring sker huvudsakligen antingen av den pall som en vätska anlände med eller som enstaka kartonger som läggs på lagerhylla. Plockning sker av vätskepåsar från kartongerna för påfyllning av en specifik korg i en specifik vagn. Kartonger får av renhetsskäl inte tas in på avdelningarna. Detta innebär att pallar och kartonger har lagret som ändhållplats. Vagnarna cirkulerar från lagret till avdelningar. För analysen är kombinationen *aktör - aktivitet - informationspunkt – förpackningsnivå* viktig att fastställa tillsammans med flödeskaraktäristiken, t ex antal förpackningar som hanteras och dess märkning. För att bedöma möjligt och lämpligt behov av informationsteknik och utrustning för olika kombinationer behövs motsvarande information om nuläget teknik och utrustning.

Aktör/plats	Fysisk aktivitet	Data-/Informationspunkter	Förpackningsnivå (tag)				
			Artikel	Kartong	Pall	Vagn	Korg
Leverantör	Tillverkning/märkning	●	○	●	●		
	Lagring	●	○	○	●		
	Plockning - Pall eller kartong	●	○	●	●		
	Sammanställning av order - pallar	●	○	○	●		
Transport	Lastning	●	○	○	●		
	Extern transport, ev. omlastning	●	○	○	●		
	Lossning	●	○	○	●		
Apoteket (på US)	Godsmottagning	●	○	●	●		
	Inlagring	●	○	○	●		
	Lagring – inventering av lager	●	○	●	●		
	Mottagning av returvagnar	●	○				
	Lagring av vagnar	●	○				
	Inventering av vagnar	●	○			○	○
	Plockning till korgar/vagnar per avdelning	●	○	○	○	○	○
US Logistik	Uppställning av vagnar för leverans	●	○			●	
	Hämta full vagn	●	○			●	
	Transport till dropp-punkt	●	○			●	
	Temporär lagring, vagnar, vid dropp-punkt	●	○			●	
	Transport till avdelning i rutten	●	○			●	
	Hämta tömd vagn från avdelning	●	○			●	
	Placera full vagn på avdelning	●	○			●	
	Returtransport av (ev) tom vagn	●	○			●	
Avdelningar (48 st)	Placera tömd vagn i lager	●	○			●	
	Lagring i vagn – ev. inventering	●	○			○	○
	Plockning från avdelningsvagn	●	○			○	○
	Transport till rum/patient eller för mixning	●	○				
	Förbrukning	●	○				
	Hantering av tom förpackning	●	○				

● Rimlig avläsningspunkt

○ Möjlig avläsningspunkt

För varje förpackningsnivå i systemet kan informationsteknikbehovet diskuteras, t ex användning av passiva eller aktiva taggar. Kostnadsmässigt är en viktig fråga om en tagg (sensor) kan återanvändas, vilket är rimligt för korgar och vagnar men mindre rimligt för pallar, kartonger och vätskepåsar. För varje datapunkt behöver vi veta antalet identifieringar under en given period.

- Pallar:** Flöde från leverantör till Apotekets lagerplats av pallar och de kartonger som pallarna är lastade med. Kan användas vid ankomstkontroll, inlagring och lagring. Det är en begränsad volym som skulle behöva märkas upp redan hos leverantör för utnyttjande vid ankomstkontroll och inlagring. Att märka upp i Apotekets lager ger små positiva effekter. Skillnaden med taggar är inte så stor jämfört med vanlig streckkodsmärkning eller QR-kodsläsning. En fördyring om leverantören ska RFID-märka, såvida de inte redan i nuläget gör det, men relativt låga rörliga kostnader för ett mindre antal passiva RFID-tagg.
- Kartonger:** Flöde från leverantör till Apotekets lagerplats – lastat på pall eller som lösa kartonger som läggs på hylla. Antalet kartonger är betydligt fler än pallarna. Även här behov av uppmärkning hos leverantör eller i lager med liknande resonemang som för pallarna. Användningsområden är ankomstkontroll, inlagring och lagring samt för att säkerställa plock av rätt vätska och i rätt hållbarhetsordning (äldsta kartongerna först). Detta ger liknande konsekvenser som för pallarna. Om kartongerna hade plockats i sin helhet till vagnarna hade kalkylen blivit bättre.
- Vagnar:** Vagnarna cirkulerar mellan Apotekets lager på sjukhuset och avdelningarna. En RFID-märkning följer med vagnen och kan återanvändas. Användningen är dock begränsad till att det är rätt vagn vid påfyllning och att en vagn kan lokaliseras och dess färdväg eventuellt spåras. Kräver scanning eller portaler som dessutom kan placeras ut på olika platser i sjukhuset vid transportvägar och på respektive avdelning. "Har vagnen ankommit/lämnat avdelning X"? På grund av det färre antalet vagnar (<100) kan aktiva taggar övervägas.
- Korgar:** Korgarna cirkulerar med vagnarna. Eftersom alla korgar i en vagn inventeras varje gång en vagn passerar Apotekets lager på sjukhuset blir det en större flöde. Dessutom kan avdelningarna skanna korgen för att säkerställa att de plockar rätt vätska. Den stora fördelen med RFID-märkning av korgarna är att de kan återanvändas, till skillnad mot eventuell RFID-märkning av pallar och kartonger. Avläsningsutrustning för passiva taggar behövs i lagret och på respektive avdelning (alternativt mottaggningsutrustning för aktiva taggar). Dock kan avläsningen ge en extra belastning av personalen såvida den inte sker automatisk med en fast monterad scanner. En portal vid t ex in- och utgångar vid vätskevagnens position skulle möjliggöra avläsning av flera korgar samtidigt.
- Vätskepåsar:** Vätskepåsarna följer hela leveranskedjan och med eventuella RFID-tagg är de i realiteten mest användbara för skanning vid plockningen i lagret och på avdelningarna. Ett mycket stort antal påsar som skulle kräva omfattande RFID-märkning hos leverantör eller i lagret, dvs en relativt kostsam affär givet nuläget. Den stora fördelen är möjliggörande av realtidsdata för lagersaldo på avdelningen – givet att allt skannas vid plockning eller genom automatisk avläsning.

Kombinationer av teknik är möjligt i ett fall som detta, t ex kombination av streckkoder, QR-koder och RFID-taggar. Värdefulla artiklar kan rättfärdiga kostnader för sensorer men för många mixade tekniker ger en större komplexitet och investering och underhåll av mer utrustning.

Analys av effekter

Några möjliga positiva effekter av RFID-märkning i detta fall är:

- *Tidsreduktion* av manuella arbetsmoment som godsmottagning, plockning och inventering. Den totala tids- och därmed kostnadsbesparingen avgörs av:
 - antalet aktiviteter där märkningen kan användas
 - antalet hanteringar per aktivitet (flödet) och förpackningsnivå
 - tidsbesparing per hantering jämfört med nuläget
- *Korrekt och säker identifiering*, vilket är extra viktigt i vården vid leverans till patient.
- Korrekta lagersaldon i realtid (eller mer frekvent än i nuläget) möjliggör en bättre lagerstyrning, dvs att hinna fylla på vätskor på avdelningar i tid och undvika brister. Dessutom möjlighet till bättre prognoser. Även transportplaneringen och planeringen av interna ruttor kan förbättras. Tidiga signaler om brister, eller nära förestående brist, kan reducera antalet akutpåfyllningar.
- *Spårbarhet* på sjukhuset för respektive förpackningsnivå, dvs primärt vätska, korg och vagn.

Kostnader för RFID-systemen baseras på:

- *Antal RFID-taggar/sensorer* som behövs. Detta beror på antal olika förpackningar per förpackningsnivå i flödet per år och om märkningen kan återanvändas eller ej. I princip en fast kostnad för antalet korgar och vagnar men en rörlig kostnad för vätskepåsar, kartonger och pallar (såvida det inte är returpallar med inbyggd RFID).
- *Kostnad för uppmärkning* av förpackningar med RFID-märkning/sensorer.
- *Utrustning för avläsning eller mottagning av data*. En fast kostnad för scanners, portaler och mottagare baserat på antalet avläsningsplatser, t ex en per avdelning och ett antal portaler eller mottagare längs de interna transportvägarna i sjukhuset.
- *Nätverk och applikationer* för kommunikation och utnyttjande av avläsningsdata. Ett befintligt nätverk kan avgöra vilka eventuella sensorer som används, t ex för WiFi.
- *Implementeringskostnader* i form av planering, installation, utbildning och eventuell förändring av övrig hanteringsutrustning

Positiva effekter och fasta/rörliga kostnader kommer att fördelas olika för olika aktörer i systemet vilket är ett potentiellt hinder för implementeringen. Grunden i en framgångsrik logistikanalys är dock att inledningsvis göra en aktörsoberoende analys för att i ett senare skede lägga till eventuella restriktioner/hinder och analysera alternativ. Det är inte alltid det teoretiskt bästa logistikupplägget är det praktiskt bästa. Däremot är en solid logistikanalysen alltid viktig.

Det gäller också att kunna ta tillvara nyttan av datafångsten både operativt (hanteringen), taktiskt (planeringen) och strategiskt (ny utformning av logistiksystemet). Den operativa kostnaden är förstås lättare att sätta ett värde på än de taktiska och strategiska nyttorna.

Utfall av pilotstudien

Vid den pilotstudie som genomfördes på två avdelningar på Universitetssjukhuset i Linköping prövades två olika tekniker. Utformningen av piloterna var förknippade med restriktioner avseende belastning på personalen och graden av förändring på utrustning och påverkan på arbetsrutiner. På den ena avdelningen sattes kommuniserande knappar på alla korgar och personal som plockade en vätskepåse ur en korg kvitterade det med en knapptryckning. På den andra avdelningen monterades utrustning som kände av om en korg drogs ut och därmed ett plock av en vätskepåse gjordes.

En slutsats från pilotprojekten är svårigheten vid styckvis automatisk registrering. Piloten med registrering av korgöppningar var visserligen automatisk men gav osäkra värden, t ex på antalet plockade påsar och behöver i så fall kopplas till ett intelligent system för att bedöma antalet påsar som plockas ur en korg.

Knapp-piloten var inte helt automatisk och krävde en manuell insats som dessutom var osäker. Det går inte att garantera att personalen genomför knapptryckningen. Med en säker teknisk överföring av data till lagersystemen ger det dock ett betydligt aktuellt värde än utan data alls. I nuläget är säkerhetslagren stora av varje vätska på avdelningen och det blir sällan brist. Om dessa lager skulle minskas eller om påfyllningen skulle ske med en lägre frekvens eller på annat sätt riskerar en något osäker avläsning av data med IoT att resultera i brister. Knapp-piloten är också ett tydligt exempel på införandet av ett extra moment för personalen. Strävan bör vara automatisk registrering för att reducera personaltid såvida inte de kostnadsmässiga fördelarna vid en personalinsats i ett enklare system överväger nackdelarna med ett dyrt automatiskt system.

En automatisk registrering skulle kunna göras genom att påsarna är försedda med RFID-taggar och att de avläses när personalen passerar en läsare. Detta kräver dock uppmärkning av varje påse, vilket antingen skulle behöva göras hos respektive leverantör för att få skalfördelar genom denna supply chain, alternativt i förråden vilket skulle ge en orimligt stor manuell hantering. Dessutom till en kostnad för taggar till ca 300 000 påsar per år.

Alternativa logistikupplägg

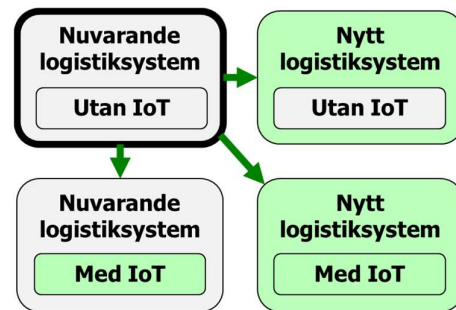
Som en kompromiss mellan ett automatiskt system och manuell avläsning av varje vätskepåse eller korg, skulle någon form av kortsystem kunna införas. Detta kan göras genom att det finns två mindre korgar än i dagsläget av varje vätsketyp. När den ena tar slut skannas ett kort på/i korgen för att signalera att det är dags för påfyllning. Det skulle innebära investering i extra personaltid och utrustning, som nödvändigtvis inte behöver vara en RFID-lösning utan kan vara avläsning av streck-koder eller QR-koder. Kompromissen i detta upplägg är mindre frekvent information om saldo för vätskepåsarna men en begränsad personalinsats, t ex en avläsning av en korg jämfört med 10 avläsningar av vätskepåsar. Inte lika kostsamt men heller inte lika effektivt och säkert. Det kräver också en hel del förändringar av logistiksystemet och som för alla teknik- och logistikförändringar en acceptans av personalen.

Andra alternativa logistikupplägg är att helt gå ifrån bytet av vätskevagnar på avdelningarna. Om lagersaldo i realtid är tillgängligt skulle påfyllning eller byte kunna ske av individuella korgar. Detta upplägg möjliggör också olika alternativ för de interna transporter och ruttplaneringen, t ex att påfyllningen inte sker med en fast frekvens utan vid behov. En sådan transportplanering skulle kunna förfinas i takt med att korrekt flödesdata finns tillgänglig.

Slutsatser om val av logistik och Internet of things

Utöver behovet av en modell för kartläggning och analys av logistiksystem i kombination med Internet of things, vill vi belysa alternativa utvecklingsvägar. I teknikpiloterna i projektet var det givet att testa Internet of things-teknik inom ramen för det befintliga logistiksystemet och dessutom på en mycket lokal nivå.

En slutsats är att det inte räcker med antingen ny teknik eller ny logistik utan en kombination av bägge. För att undvika att "asfaltera kostigar" bör logistikkartläggningen följas av en analys om logistiksystemet kan effektiviseras – antingen genom att förbättra existerande system eller välja ett delvis förändrat eller helt nytt logistikupplägg. Ny logistik innefattar även att det finns system för styrning av lager, hantering och transporter som kan utnyttja fördelarna med automatisk registrering.



Om det befintliga logistiksystemet behålls oförändrat, t ex på grund av begränsade resurser i nu-läget, är det viktigt ha ett framtida logistiksystem för ögonen för att inte spärra eller fördyra framtida utvecklingsvägar för logistiksystemet. Detta kan innebära att det nya teknisksystemet blir en kompromiss för att passa både befintligt och planerat framtida logistiksystem.

En avslutande reflektion är att "lokala" projekt som det här inte drar nytta av möjliga skalfördelar. Sett till det större systemet på sjukhuset, vilka andra typer av material eller utrustning, skulle kunna nyttja samma teknik- och logistiksystem? Gemensam infrastruktur i forma av nätverk och mjukvara? Samma sorts taggar/sensorer och utrustningslösningar eller en mix? Och ur ett supply chain perspektiv: Vad passar de olika aktörerna och vad är bäst för helheten?

Men, även om det är viktigt att se till helheten och det stora systemet vid utformning av logistiksystem och Internet of things får det inte hindra mindre lokala testprojekt för att bedöma dess effekter. För att helheten ska dra nytta av de lokala projekten måste dock kunskapsöverföring genom spridning av resultaten ske inom organisationen.