



ERICA: Ett digitalt beslutsstöd för svensk akutvård

Kandidatarbete vid institutionen för Signaler och System

DANIEL HALLBERG
ARTO KEMPPAINEN
ANNA KOLLBERG
ELLEN KORSBERG
SARA LINDGREN
OSCAR NILSAGÅRD

ERICA: Ett digitalt beslutsstöd för svensk akutvård

DANIEL HALLBERG
ARTO KEMPPAINEN
ANNA KOLLBERG
ELLEN KORSBERG
SARA LINDGREN
OSCAR NILSAGÅRD

Handledare: Kristofer Bengtsson
Examinator: Petter Falkman

Abstract

Background: High work-load and long waiting times are common in Swedish emergency departments (EDs). At the same time the staff is spending a big part of their working day exchanging information between each other and other various information systems. A contributing factor to the amount of information exchange is a loss of overview with respect to patients and available resources. To increase the overview and thereby making it easier to communicate - the digital decision support ERICA (Emergency Room Information and Coordination Assistant) was developed during the spring of 2016. ERICA has since then been in use at the emergency department at Norra Älvsborgs Länssjukhus (NÄL) where it has been well received and is used in the daily work.

Objective: This paper describes further development and usage of ERICA. The objective of ERICA is to decrease the high work-load at Swedish emergency departments by increasing the overview of the current situation with respect to patients and available resources.

Methods: The method used is data collection by physical presence during observations at NÄL's emergency department. This data was subsequently analyzed and formulated into functional requirements which the system ERICA is formed after.

Results: The concept ERICA has been migrated into the platform Sequence Planner. The new system has a formation which facilitates expansion and modifications and could therefore be adjusted according to variations in requirements such as different staff groups and different emergency departments where the system is deployed. Also the user interface designed for the coordinator has been further developed and a new interface for nurses has been developed and evaluated. Prediction of work-load at emergency departments has also been studied.

Conclusion: For the coordinator at the emergency department at NÄL - ERICA is an invaluable tool in the daily work. Discussion about the system with staff at NÄL showed that a similar support would also benefit employees other than coordinators. Since the system and its interface is built as a modular platform, the system is flexible as to what information is to be displayed. Therefore it is possible to extend functionality and adjust the system for the varying needs of different emergency departments.

Sammandrag

Bakgrund: Hög arbetsbelastning och långa väntetider är vanligt förekommande på svenska akutmottagningar. Samtidigt spenderar personalen en stor del av sin arbetsdag med utbyte av information både sinsemellan och med flertalet informationssystem. En bidragande faktor till mängden informationsutbyte är en bristande lägesöversikt med avseende på patienter och tillgängliga resurser. För att öka lägesöversikten och därigenom underlätta kommunikation utvecklades det digitala beslutsstödet ERICA (Emergency Room Information and Coordination Assistant) våren 2016. ERICA har därefter använts vid akutmottagningen på Norra Älvsborgs Länssjukhus (NÄL) där det mottagits väl och används i det dagliga arbetet.

Syfte: Denna rapport beskriver vidareutvecklingen och användandet av ERICA. ERICAs syfte är att minska den höga belastningen på svenska akutmottagningar genom att underlätta överblicken av det aktuella läget på akutmottagningen med avseende på patienter och tillgängliga resurser.

Metod: Vidareutvecklingen av ERICA har sin grund i data vilken insamlats under observationer på NÄLs akutmottagning. Denna data har senare analyserats och formulerats till de funktionskrav vilka systemet ERICA är utformat efter. Systemet har under utvecklingens gång kontinuerligt utvärderats i samarbete med personal på NÄLs akutmottagning.

Resultat: I detta projekt har konceptet ERICA vidareutvecklats och migrerats till Sequence Planner-plattformen. Det nya systemet har en uppbyggnad som underlättar utbyggnad och modifikation för att på så sätt kunna anpassas efter de variationer i behov som finns hos olika personalgrupper och vid olika mottagningar. Därtill har användargränssnittet för koordinator vidareutvecklats och ett nytt för sjuksköterske team tagits fram och utvärderats. Underlag har också tagits fram för prediktion av arbetsbelastning på akutmottagningar.

Slutsats: För koordinatören på akutmottagningen på NÄL är ERICA ett uppskattat verktyg i det dagliga arbetet. Diskussion kring systemet med personal på NÄL har visat på att ett liknande stöd skulle vara till nytta för andra personalgrupper. Genom att systemet och dess gränssnitt är modulärt uppbyggt ges flexibilitet i vilken information som presenteras. På så vis finns förutsättningar för att bygga ut funktionalitet och anpassa systemet för olika mottagningars varierande behov.

Förord

Denna rapport beskriver vidareutvecklingen av det digitala informationssystemet ERICA och är ett kandidatarbete (15 hp) vid institutionen Signaler och System på Chalmers. Studenterna som har arbetat med detta projekt kommer från programmen: Automation och Mekatronik (300 hp), Teknisk Design (300 hp) och Teknisk Matematik (300 hp).

Projektets källkod finns tillgänglig på github: <https://github.com/kristoferB/SP/tree/intelligentaakuten2017>

Vi vill passa på att tacka de som har hjälpt och stöttat oss under detta projekt:

Tack till vår handledare Kristofer Bengtsson. Du är jätten vars axlar vi stått på. Tack för de idéer och det stöd du givit oss. Tack för att du hjälpt oss med kontakt med berörda parter i projektet. Tack också för hjälp med kodavsnitt och din forskning i övrigt som lett fram till detta kandidatarbete.

Tack till förra årets projektgrupp vars arbete varit ett gott underlag för detta projekt och vars kod och rapport hjälpt oss på vägen. Särskilt tack vill vi rikta till Martin Pettersson, Edvard Lindelöf och Oskar Henriksson för introduktion i uppbyggnaden av deras system och för svar på frågor som vi haft.

Tack till Caroline Fruberg, utvecklingsledare på NÄL, samt Monica Olsson, chef på NÄL, för att ni tagit er tid att svara på frågor och hjälpt oss att anordna möten med personal. Tack också till all personal som varit med vid diskussion kring systemet och för givande diskussioner och synpunkter vid besök.

Tack till institutionen för bistånd ekonomiskt som underlättat resor till NÄL.

Tack till Oskar Rexfelt, Docent på avdelningen för *Design and Human Factors* på Chalmers Tekniska Högskola för stöd i beslut kring passande utvärderingsmetoder för systemet.

Ordlista

ELVIS	Elektroniskt vårdinformationssystem: Används på akutmottagningar inom Västra Götalandsregionen för att registrera information om patienters händelser under vårdbesök.
ERICA	<i>Emergency Room Information and Coordination Assistant</i> : Det aktuella systemet som beskrivs i rapporten.
MLP	Multi-Layer perception, en metod att träna neurala nätverk.
NÄL	Norra Älvsborgs Länssjukhus i Västra Götalands Län.
RETTS	<i>Rapid Emergency Triage and Treatment System</i>
SP	<i>Sequence Planner</i> : En mikroservice arkitektur för modellering och analys av diverse system.
Triage	Process för att sortera patienter beroende på hur allvarligt sjuka de är, de tilldelas då en vårdprioritet
VGR IT	<i>Västra Götalandsregionens IS/IT-organisation</i> : Ansvarar för drift och support av IT, applikationer och telefoni inom Västra Götalandsregionen.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.1.1	Situationen på akutmottagningar i Sverige idag	1
1.1.2	Behandling av information av personal på akutmottagningar i Västra Götalandsregionen	3
1.1.3	Det digitala vertyget ERICAs ursprungliga funktion	4
1.2	Problembeskrivning, syfte och projektbeskrivning	5
2	Vidareutveckling av ERICA	7
2.1	Observationsstudie av arbetet på NÄLs akutmottagning	7
2.2	Analys av observationsdata	8
2.3	Krav på systemet	8
2.3.1	Användarkrav och användarpersonas	8
2.3.2	Ytterligare krav på systemet	10
2.4	Utformning av användargränssnittet	10
2.4.1	Funktionsmoduler	11
2.5	Utvärderingsmetoder	12
3	ERICAs användargränssnitt	13
3.1	Funktionsmoduler i vy för teamsköterska	13
3.1.1	Patientkort	13
3.1.2	Väntelista för patienter som väntat länge på händelse	15
3.1.3	Översikt över aktuellt läge på teamet	16
3.2	Teamsköterskevy	18
3.3	Funktionsmoduler i vy för koordinator	18
3.3.1	Rumskarta	19
3.3.2	Väntrumsoversikt	19
3.3.3	Lägesöversikt för mottagningen	20
3.3.4	Nuvarande arbetsbelastning på mottagningen	21
3.4	Koordinatorvy	21
3.4.1	Vy för stationär bildskärm	22
3.4.2	Vy för mobil bildskärm	22
3.5	Ergonomiaspekter vid design av digitala gränssnitt	23
3.5.1	Kognitiv ergonomi	23
3.5.2	Synergonomi	24
4	Systemarkitekturen för ERICA	26
4.1	Tjänster	29
4.2	Databehandling	30
4.2.1	Hantering av inkommande rådata	31

4.2.2	Transformerering av indata till standardiserad och enhetlig struktur	32
4.2.3	Aggregering av patientinformation i patientobjekt	32
4.2.4	Hantering av information för visualisering	33
4.3	Front-end	33
5	Prediktion av arbetsbelastning	35
5.1	Arbetsbelastning på akutmottagningar	35
5.2	Introduktion till maskininlärning och neurala nätverk	36
5.3	Beskrivning av MLP-algoritm	38
5.4	Identifiering av relevanta parametrar för modell	39
5.5	Scikit-bibliotekets implementering av MLP	41
5.6	Slutsats kring prediktion av belastning	43
6	Utvärdering och diskussion	45
6.1	Test av systemet	45
6.1.1	Realtidstest av systemet på NÄL	45
6.1.2	Förändringar under realtidstestet	45
6.2	Utvärdering av systemet och validering av resultat	47
6.2.1	Utvärdering genom gruppdiskussion	47
6.2.2	Utvärdering genom observationer	49
6.3	Utvecklingsmöjligheter	49
6.3.1	App till koordinators mobil	50
6.3.2	Beräkna och visualisera arbetsbelastning	50
6.3.3	Utföra och visualisera prediktion	50
6.3.4	Möjligheter med ytterligare information från ELVIS	50
6.3.5	Expansionsmöjligheter	51
6.3.6	Felhantering	52
6.3.7	Användning av systemet på ytterligare mottagningar	52
7	Slutsats	53
	Referenser	54
A	Kravlista	59
A.1	Generella krav för systemet	59
A.2	Funktionskrav för systemet	59
B	Personas och personascenarion	61
B.1	Koordinator - Gunilla Olsson, 59 år	61
B.2	Teamsköterska - Madeleine ”Madde” Andersson, 32 år	62

C	Kodstrukturer	63
C.1	Meddelande till Google Cloud PubSub i JSON-format	63
C.2	Klasser för att samla patientinformation i "GPubSubService"	65
C.3	Klass för att samla händelseinformation enligt ERICA-standard	66
C.4	Klass för att samla all befintlig patientinformation inför kommunika- tionsutbyte	66
C.5	Klass för att samla patientegenskaper för specifik patient	66

1 Inledning

Syftet med rapporten är att beskriva hur och av vilka skäl det digitala beslutsstödet Emergency Room Information and Coordination Assistant (ERICA) har framställts för den svenska akutvården. Detta avsnitt redogör för bakgrunden till problemen som väckt idén ERICA, ger en bild av problembeskrivningen samt skildrar rapportens syfte.

1.1 Bakgrund

För att behandla bakgrunden till problemet beskrivs i detta avsnitt hur situationen ser ut på svenska akutmottagningar. Denna situation kan innefatta exempelvis vilken belastning mottagningarna har samt hur stor del informationssökning det ingår i personalens arbete. Avsnittet behandlar även vad det digitala verktyget ERICA har för funktion och syfte.

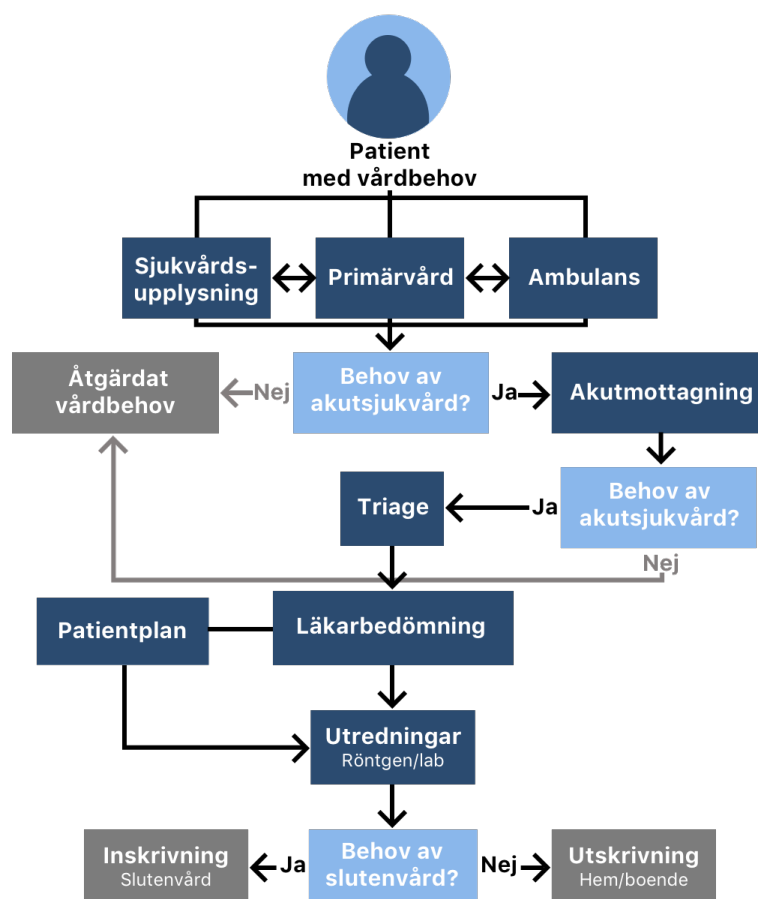
1.1.1 Situationen på akutmottagningar i Sverige idag

I Sverige finns 71 sjukhusbundna akutmottagningar och antalet patientbesök uppnår varje år i snitt 2.5 miljoner besök. [1], [2] Eftersom akutmottagningarna är en viktig väg till vård för människor med akuta vårdbehov och därtill är en central del i vårdkedjans organisation[2] är god funktionalitet viktig.

Medianvistelsetiden på Sveriges akutmottagningar ökade med 31 minuter mellan 2010 och 2015, vilket resulterade i att besökstiden då hamnade på just under tre timmar. Utöver detta så ökade även antalet patientbesök med cirka 0.1 miljoner besök från 2013.[3], [1] Socialstyrelsen visar i sin rapport ”*Väntetider och patientflöden på akutmottagningar - rapport december 2015*” på en korrelation mellan ökande storlek på akutmottagningen och ökande medianvistelsetid.[1] En stor mängd patienter - vilka var för sig ska ledas mellan olika läkare och sjuksköterskor och vars behandling ska schemaläggas, gör akutmottagningean till en komplex och i många avseenden informationstung arbetsplats. Dessa faktorer bidrar också till att läget på mottagningen blir svårt att överblicka, exempelvis finns det bristande överblick kring patienterna och hur resurserna på mottagningen i nuläget används.

Antalet besök på akutmottagningar varierar över tid beroende på faktorer som exempelvis tid på dygnet, dag i veckan eller när kollektivtrafik anländer till närbelägna hållplatser.[4] Kort tid till en första bedömning av medicinsk angelägenhetsgrad, en så kallad triagering, är viktig. De anländande patienternas besöksorsak är initialt okänd och tillståndet hos den sökande kan förvärras under väntan.[4], [5] Triageringen i Västra Götalandsregionen sker enligt RETTS-systemet, [6] *Rapid Emergency Triage and Treatment System*, vilket syftar till att skapa en helhetsbild av patienten genom uppmätta parametrar, sjukdomshistoria och symptom. Efter sådan bedömning klassificeras patientens medicinska angelägenhetsgrad enligt en femgradig skala

från blått (lägst prioritet) till rött (högst prioritet). [1] Efter triagering placeras patienten i väntan eller direkt i vård beroende på tillgängliga resurser och patientens triagefärg. Därefter följer läkarundersökning, utredning och efter färdig behandling utskrivning till hem eller avdelning. I figur 1 kan en översikt av patientens väg från uppkommet vårdbehov till att denna lämnar akutmottagningen ses.



Figur 1: Förenklat flödesschema av patientens vårdkedja från insjuknande till undersökning och behandling på akutmottagningen NÄL.

På grund av den stora variationen i besöksorsak tillsammans med osäkerheten i diagnos för patienterna, behöver mottagningen ha en bred kompetens för att kunna diagnostisera och behandla vitt skilda sjukdomstillstånd. [4] Medicinsk kompetens är avgörande för korrekt diagnostisering och behandling, men även viktig för den arbetsplanering som görs. Av den anledningen arbetar främst medicinskt utbildad personal, framförallt undersköterskor, sjuksköterskor och läkare på akutmottagningar. [7]

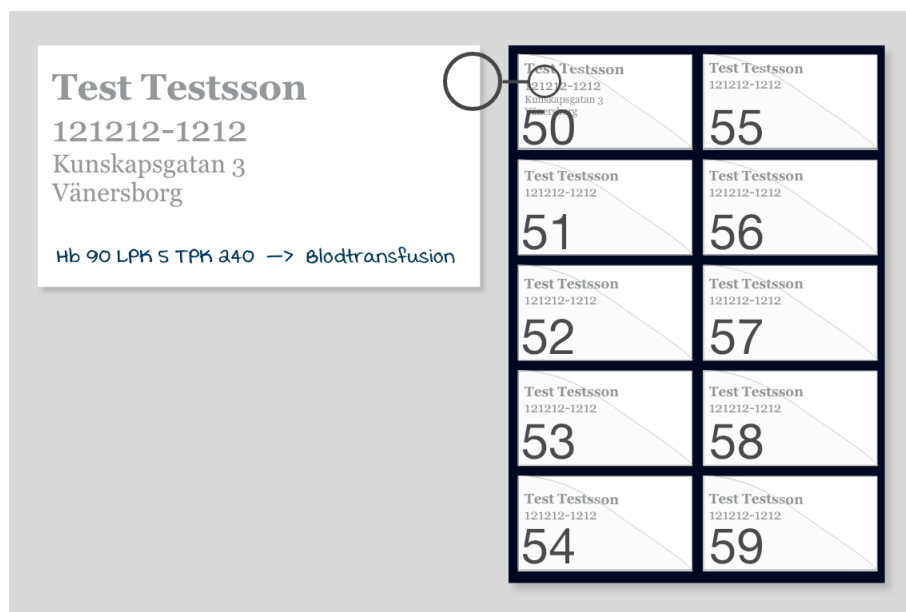
Både personal- och anläggningsresurser är begränsade och behöver fördelas och koordineras. Denna uppgift sköts av en specialiserad sjuksköterska, så kallad koordinator.

[8] Behovet av goda möjligheter till kommunikation samt även en god lägesöversikt på mottagningen är något som bör strävas efter. Detta på grund av arbetssituationernas mångformighet, där behov av samma personalresurser ofta behövs på olika delar av mottagningen. Kommunikation mellan personalen är viktig för att för stunden kunna genomföra relevanta uppgifter. Därtill är en korrekt uppfattning av läget på mottagningen viktig. Särskilt behov av en god helhetsbild har koordinatören och de sjuksköterskor som har organiserade roller i de olika delarna av mottagningen. [8]

Personalen på akutmottagningar har många arbetsuppgifter. I en studie gjord av Berg et al. studerades vilka aktiviteter personalen på två svenska akutmottagningar utför dagligen, samt hur fördelningen mellan dessa är. Berg et al. fick som resultat att den vanligaste aktiviteten, motsvarande 42.1% av alla utförda aktiviteter, var informationsutbyte mellan de anställda. Den näst vanligaste aktiviteten var informationssökning utan interaktion med annan personal, såsom att läsa patientjournaler, vilket uppgick till 12.9%. Totalt noterades 15 kategorier.[9] Detta visar på att söka information är en stor del av personalens aktiviteter och det kan därför finnas möjlighet att underlätta personalens arbete genom att förenkla informationssökningen.

1.1.2 Behandling av information av personal på akutmottagningar i Västra Götalandsregionen

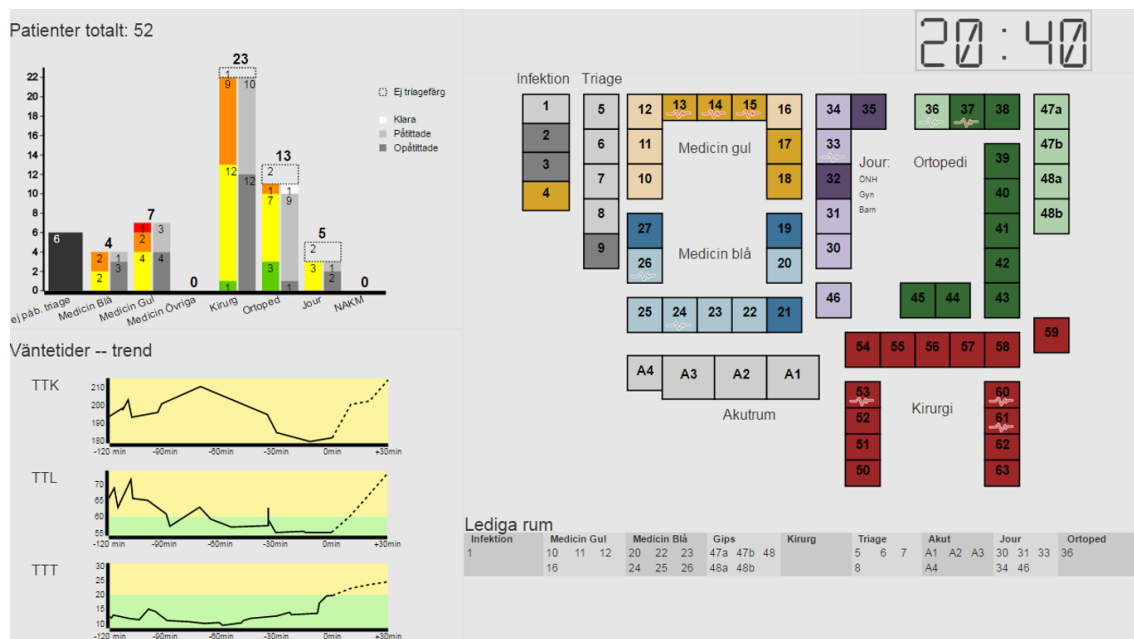
I det dagliga arbetet använder personalen på NÄL flera olika informationssystem för bokföring av information om patienten och dennes aktuella besök. Inom Västra Götalandsregionen används idag systemet Melior för journalföring samt för information om exempelvis provsvar, röntgenbilder eller tidigare och nuvarande vårdtillfällen. Utöver detta används patient-administrationsverktyget ELVIS, *Elektroniskt VårdInformationsSystem*, i vilket bland annat information kring patientens position, patientansvarig läkare och utförda moment registreras.[8] Utöver dessa används ett flertal analoga informationssystem som akutjournaler och sekretesslappar. Akutjournalen används genom hela vårdprocessen från triagering till utskrivning av patienten och innehåller information som triageringsgrad, ordinationer, vitalparametrar och provsvar. De sekretesslappar som används, se figur 2, är små papperslappar vilka innehåller sekretessbelagd information om patienten såsom namn och personnummer samt korta kommentarer kring patienten som sköterskan antecknar. Dessa lappar placeras i en mapp med enskilda fickor för varje rum på teamet och används idag för att hålla reda på vilka rum patienterna befinner sig i samt diskussionsunderlag.



Figur 2: Skiss av de sekretesslappar som används på NÄLs akutmottagning idag för att hålla reda på patienternas rumsplacering samt översiktliga status.

1.1.3 Det digitala vertyget ERICAs ursprungliga funktion

Inom ramen för ett kandidatarbete vid Institutionen för Signaler och system vid Chalmers tekniska högskola vårterminen 2016 utvecklade Blomgren et al. ett system kallat ERICA, *Emergency Room Information and Coordination Assistant*. ERICA utvecklades i samarbete med NÄL och systemet består i praktiken av en skärm som ska ge koordinatören överblick över läget på akutmottagningen med avseende på lediga rum och status för patienter på mottagningens olika team. På skärmen visas också trenddiagram för tre nyckeltal. Koordinatorvyn används idag på NÄL och är uppskattad av personalen. Se figur 3 för skärmsklipp på ERICA.



Figur 3: Den koordinatörsvy som idag används på NÄL.

Koordinatorvyen innehåller:

- Rumsvy över NÄLs akutmottagning där torgen samt rumsstatus presenteras.
- Modul innehållande nummer på lediga rum för respektive torg.
- Tre stycken prediktionsgrafer med tidigare samt predikterade värden för parametrarna tid till triage, tid till läkare och tid till klar.
- Stapeldiagram med information om triangeringsgrad och status för de olika torgens patienter.

1.2 Problembeskrivning, syfte och projektbeskrivning

Akutmottagningar i Sverige har problem med långa väntetider och dåliga patientgenomflöden. En ofullständig lägesöversikt hos personalen på mottagningen gör det svårt för dem att både fördela resurser samt prioritera patienter på ett effektivt sätt. Idag anskaffar sig personalen en lägesöverblick genom att diskutera sinsemellan och läsa journaler, vilket i studien av Berg et al. pekar på att det upptar en stor andel av arbetsmomenten. Dåligt patientgenomflöde innebär att mottagningens platser riskerar att fyllas upp vilket ökar arbetsbelastningen, samtidigt som tiden vilket läggs på att fysiskt uppsöka varandra för informationsutbyte tas ifrån andra uppgifters tid.

Syftet med ERICA är att minska den höga belastningen på svenska akutmottagningar genom att underlätta överblicken med avseende på patienter och tillgängliga resurser. Denna rapport beskriver en migration av konceptet ERICA till mjukvaran Sequence Planner samt hur det har utvecklats med avseende på användningsområden, funktionalitet och prediktion av lägesparametrar. ERICA ska genom en modulär uppbyggnad av användargränssnitt, bakomliggande tjänster och ett molnbaserat system ge förutsättningar för en bred uppsättning av användningsområden. Utifrån att det är molnbaserat kan systemet köras på praktiskt taget alla skärmar med internetåtkomst samt informationen som presenteras i systemet är även relativt enkel att modifiera och presentera på grund av den modulära uppbyggnaden. I detta projekt begränsas vidden till att utveckla nya vyer för medarbetarna på de olika teamen på NÄLs akutmottagning samt ta fram koncept och idéer för en mobilapplikation. Prediktion av arbetsbelastning begränsas till teoretiska koncept.

För att uppfylla systemets syfte och krav kommer följande delmål hanteras:

Utvärdering av nuvarande system - ERICA

Eftersom systemet som utvecklades av Blomgren et al. har använts på NÄL i snart ett år så ska en utvärdering av systemet utföras med målet att ta tillvara på erfarenheter och åsikter som uppkommit hos användarna under bruksperioden.

Skapa ett skalbart och modulärt gränssnitt

Genom att bygga upp gränssnittet i moduler, vilka kan väljas till eller väljas bort, ges förutsättningar för anpassade vyer för respektive mottagning. Detta skapar förutsättningar för att använda systemet på många olika akutmottagningar utan allt för stora modifikationer. Att utöka mjukvaran med arbetsplatsspecifika moduler blir också enklare. Skalbarhet tillåter att olika skärmstorlekar kan användas.

Utveckla koordinatorvyn och tillverka teamvyer

Den koordinatorvy som utvecklades av Blomgren et al. ska efter utvärderingen utvecklas utifrån idéer och önskemål som uppkommit. Vyer för teamen ska också tas fram och implementeras i mjukvara.

Studera hur maskininlärning kan användas för att prediktera arbetsbelastning

En del av arbetet kommer ligga i att studera teorin kring neurala nätverk och hur detta kan implementeras. Med denna teori till grund kan sedan prediktion utföras som kan ge personal på akutmottagningar en bättre framtidsblick och därmed anpassa personalstyrkan och övriga resurser proaktivt.

Utvärdera upplevd nytta av systemet

För att se om projektets syfte har uppnåtts skall en utvärderande undersökning genomföras mot projekttidens slut.

2 Vidareutveckling av ERICA

För att skaffa en grund för utvecklingen av ett nytt användargränssnitt och fastlägga systemfunktionaliteter, genomfördes två observationsstudier med avseende på sjukvårdspersonalens arbete på NÄLs akutmottagning. Den insamlade observationsdatan har analyserats och organiserats i en kravlista. Utifrån studierna har även personas tagits fram för de kritiska användargrupperna - koordinator och teamsköterska. Med grund dels i denna information och dels i intressentkrav har systemet i flera steg utformats och därefter utvärderats. Följande avsnitt redogör för dessa steg.

2.1 Observationsstudie av arbetet på NÄLs akutmottagning

För att få en god förståelse för hur personalen på NÄLs akutmottagning arbetar, vilken typ av information de ofta utbyter samt personalens relation till analoga och digitala informationssystem vilka dagligen används, utfördes två halvdagslånga observationsstudier av arbetet på akutmottagningen.

Valet av observationsstudie framför andra typer av datainsamlingsmetoder som intervju- och enkätstudie baserades på dess förmåga att fånga beteenden som användare utanför den verkliga användarkontexten kan ha svårt att bedöma.[10] Genom detta val skapas förståelse för användarens behov i denna specifika kontext.[11] Observationerna var av typen öppna och deltagande, vilket innebär att användaren; i detta fall personal på akutmottagningen, är medveten om att en observation pågår och att observatören deltar genom att ställa frågor kring det som användaren utför. [11] Inför observationerna förberedes ett antal frågor samt observationsområden med utgångspunkt i de olika personalgrupperna men också kring informationsflöden och informationssystem. Se tabell 1 för observationsområdenas innehåll. Anteckningarna från observationsstudierna låg sedan till grund till för vidare analys av användarnas krav och önskemål, se avsnitt 2.2 för vidare beskrivning av analys.

De personalkategorier vilka observerades under längst tid var koordinator och teamsköterskor. Deras arbetsuppgifter består i en kombination av organisatoriska och medicinska uppgifter där de uppsöker, hanterar och förmedlar stora mängder information dagligen. De skulle därför ha nytta av ett system som presenterar relevant sådan information på ett tydligt och effektivt sätt. Sköterskorna skulle snabbare få tillgång till informationen och koordinatörerna få färre frågor.

Tabell 1: Observationsområden vid besök på NÄL.

Personalkategorier	Flöden	Informationssystem
Koordinator	Informationsflöden	ELVIS
Teamsköterska	Beslutsflöden	Melior
Triagesköterska	Patientflöden	ERICA
Ambulanspersonal	Personalflöden	Patientplan
Sekreterare		Akutjournal
Undersköterskor		Övriga informationssystem
Läkare		
Vaktmästare		

2.2 Analys av observationsdata

För att skapa en tydlig bild av vilka krav och önskemål personalen på NÄLs akutmottagning har på ERICA, analyserades observationsdatan med hjälp av en så kallad KJ-analys.[12] Denna metod används för att skapa en helhetsbild av insamlad data genom iterativ kategorisering. Metoden går till så att varje enhet av data skrivs ner på en lapp. Lapparna grupperas sedan efter vad som står på dem med målet att utstaka ett antal distinkta grupper vilka kan användas som behovskategorier. [12] De grupper av lappar som skapades vid analysen låg till grund för den kravlista som utformades för vidareutvecklingen av ERICA.

2.3 Krav på systemet

I detta avsnitt presenteras de krav vilka formulerats utefter den analyserade observationsdatan diskuterad ovan samt ett ytterligare krav på systemets flexibilitet. Utöver detta presenteras även de två användarpersonas vilka använts som stöd i designprocessen.

2.3.1 Användarkrav och användarpersonas

Efter KJ-analysen utformades en kravlista med de funktioner som ERICA ska eller bör besitta för att uppfylla användarnas behov. I tabell 2 presenteras ett urval av dessa, se bilaga A för kravlistan i sin helhet.

Tabell 2: Ett urval av de högst prioriterade kraven utformade efter insamling och analys av observationsdata. För fullständing kravlista se bilaga A.

Generella krav

Systemet skall vara enkelt att överblicka
Systemet skall ej vara intrusivt
Systemet skall kunna hantera återkommande organisatoriska förändringar
Systemet skall presentera relevanta mätetal för prediktion
Systemet skall ha förmåga att hantera oväntad input i ELVIS fritextfält

Funktionskrav

Systemet skall ge översikt över läget på mottagningen
Systemet skall underlätta beslutsfattande kring fortsatt handläggning av patient
Systemet skall underlätta kommunikation med annan vårdpersonal
Systemet skall underlätta placering av patient i passande team
Systemet skall underlätta fördelning av personal på olika team
Systemet skall endast presentera för teamet relevanta patienter
Systemet skall tydliggöra vilka rum som är lediga/upptagna
Systemet skall tydliggöra utförda och aktuella händelser för inskrivna patienter

Systemets huvudfunktioner är att skapa lägesöversikt, underlätta beslutsfattande kring fortsatt handläggning av patienter samt underlätta kommunikation mellan vårdpersonal. Alla dessa motsvarar funktioner som framförallt de personalkategorier med koordinerande arbetsuppgifter skulle kunna ha nytta av, det vill säga koordinatoren och teamsköterskorna. För dessa två personalgrupper utformades två stycken personas tillsammans med för dem unika användarscenarion enligt metodik av Wikberg-Nilsson et al.[11] Dessa metoder valdes då de ger en levande användarbeskrivning att resonera kring under designprocessen.[11] I tabell 3 presenteras en kortfattad beskrivning av dessa och i bilaga B finns de i sin helhet.

Tabell 3: Sammanfattning av projektets personas Gunilla och Madde. Se bilaga B för fullständiga personabeskrivningar samt användarscenarion.

Koordinator: Gunilla, 59 år

Erfaren sjuksköterska, jobbat 30 år på akutmottagningen

Spindel i nätet

Får många frågor från personal, patienter samt anhöriga

Ansvarar för att fördela patienter och personal utefter nuläget på akutmottagningen

Vill bistå med kunskap och stöd till sina kollegor Hennes mål är att läget är i balans på akutmottagningen, det vill säga jämn belastning och relevant patientplacering på de olika teamen

Teamsköterska: Madeleine, 32 år

Jobbat 5 år på akutmottagningen

Många arbetsuppgifter som provtagning, undersökningar och omvårdnad av patienter

Stor mängd information att hålla reda angående alla patienter, vilken gör det lätt att glömma

Arbetet på teamet bryts ibland av akuta larm som gör att hon måste lämna det hon gör för tillfället

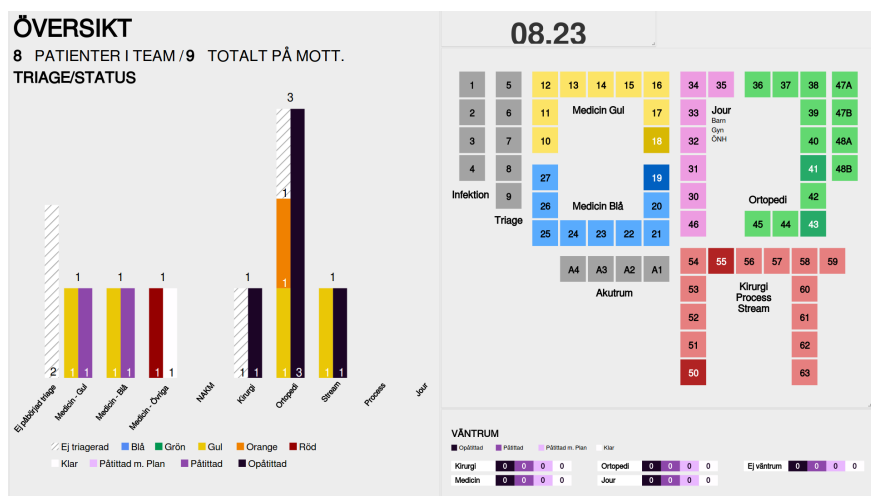
Gillar att jobbet är utmanande och att hon får hjälpa människor på daglig basis

2.3.2 Ytterligare krav på systemet

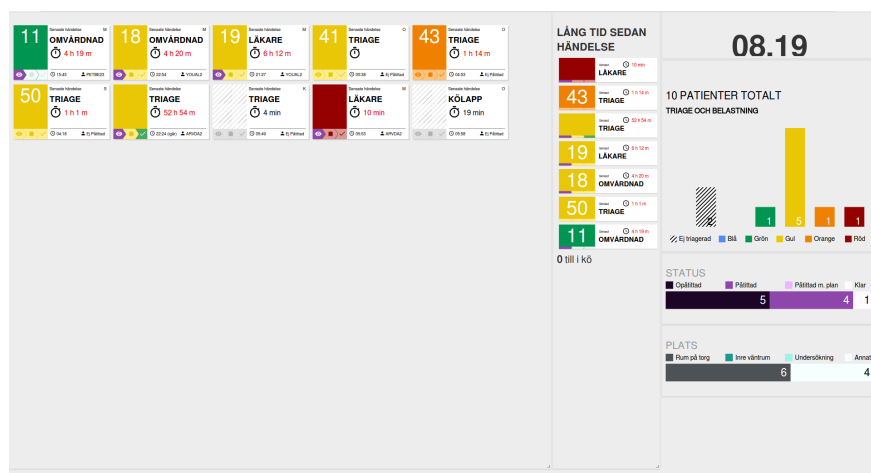
Då ERICA i framtiden med stor sannolikhet kan komma att användas för andra personalgrupper och på andra mottagningar är det viktigt att systemet är flexibelt. Systemet bör vara flexibelt sett både till sin uppbyggnad och till användargränssnitt.

2.4 Utformning av användargränssnittet

Utformningen av användargränssnittet har skett med grund i ovan beskrivna krav, användarpersonas och designteori. Processen har skett i flertalet iterationer från enkla pappersskisser via datorbaserade prototyper till färdig programkod. Koordinatorvy respektive teamvy presenteras nedan i figur 4 och 5, gränssnittsprototyper och utförliga beskrivningar av de tillverkade funktionsmodulerna presenteras i avsnitt 3 ERICAs användargränssnitt.



Figur 4: Skärmdump av ERICAs koordinatörsvy.



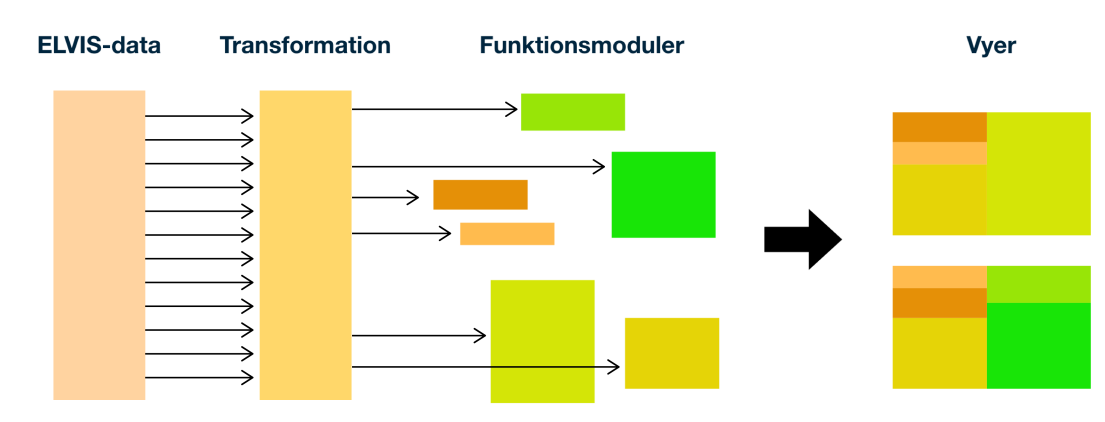
Figur 5: Skärmdump av ERICAs torgvy.

2.4.1 Funktionsmoduler

För att systemet ska kunna användas av olika personalgrupper på akuten och längre fram även av andra akutmottagningar skapades ett användargränssnitt med goda anpassningsmöjligheter sett till vilken information som presenteras och hur den är organiserad. Se figur 6 för en förenklad systemöversikt.

Gränssnittet består av en mängd unika funktionsmoduler vilka skapats med systemets funktionskrav som grund. Informationen som presenteras i dessa moduler kommer ifrån VGRs IT-system ELVIS. Hur denna information behandlas och sorteras beskrivs i avsnitt 4 Systemarkitektur. Modulerna arrangeras sedan i olika vyer vilka innehåller en kombination av, för den aktuella användaren relevanta funktionsmoduler. Se figur 6 för en principskiss. Denna systemuppbyggnad skapar möjlighet

att förändra systemet efter personalgrupp men också efter mottagning.



Figur 6: Förenklad bild på systemets uppbyggnad vilken möjliggör flexibilitet med avseende på vilken information som presenteras och hur denna organiseras.

2.5 Utvärderingsmetoder

Systemet utvärderades under arbetets gång genom kontinuerlig kontakt med chefer och utvecklingsansvarig på NÄLs akutmottagning. För att utvärdera systemet redan på prototypnivå anordnades också en konceptpresentation för delar ur ledning och personal på akutmottagningen. Under denna presentation diskuterades koncepten med personalen och åsikter samlades in som var mycket hjälpsamma i det fortsatta utvecklingsarbetet av ERICA.

Systemet testades på akutmottagningen under en två veckors period i slutet av utvecklingsprocessen med syftet att upptäcka möjliga fel och utvärdera systemets funktionalitet samt personalens attityd till systemet. Detta skedde genom observationer av personalens attityd till systemet samt genom en gruppdiskussion med två koordinatörer där dessa fick chans att uttrycka sina tankar kring den information som presenteras. Resultatet av denna utvärdering finns i avsnitt 6.2 Validering av resultat.

3 ERICAs användargränssnitt

Som nämndes i avsnitt 2.4.1 Funktionsmoduler så utformades ERICAs gränssnitt som ett flertal olika funktionsmoduler vilka fritt kan kombineras för att skapa användargruppspecifika vyer. Nedan följer en beskrivning av de enskilda funktionsmodulerna samt de två sammansatta vyerna.

3.1 Funktionsmoduler i vy för teamsköterska

Vyn för teamsköterskerna även kallad, torgvy, är framtagen för att kunna leverera en tydlig överblick över diverse team samt torg som finns på NÄL. Denna överblick kommer förhoppningsvis kunna nås med modulerna som följer nedan.

3.1.1 Patientkort

Patientkortsmodulen innehåller information specifik för en patient i mottagningens rum eller väntrum, se figur 7. Denna modul är utformad med de redan existerande sekretesslapparna som inspiration både gällande form och innehåll. Valet av detta gjordes för att skapa en tydlig koppling mellan personalens verklighet och för att designen är minimalistisk och tydlig. Båda dessa är viktiga komponenter för ett användarvänligt gränssnitt [13]. Sekretesslapparna används idag för att ge en snabb översikt av varje patient på teamet. Dessa innehåller information om rumsnummer, namn, personnummer, korta kommentarer kring patienten och dennes medicinska tillstånd samt undersökningar som genomförts. Med anledning av sekretesskydd finns ingen tillgång till personnummer, namn eller kommentarer i datan från ELVIS. På korten har denna information därför ersatts med patientens senaste vårdhändelse, information om denne träffat läkare eller inte samt information om huruvida patientplan finns eller inte. Denna information tros kunna ge snabb översikt av patienten precis som dagens sekretesslappar men även påminna personalen om vad som senast hänt med patienten och hur länge det var sedan detta skedde.



Figur 7: Prototyp av patientkortsmodulen.

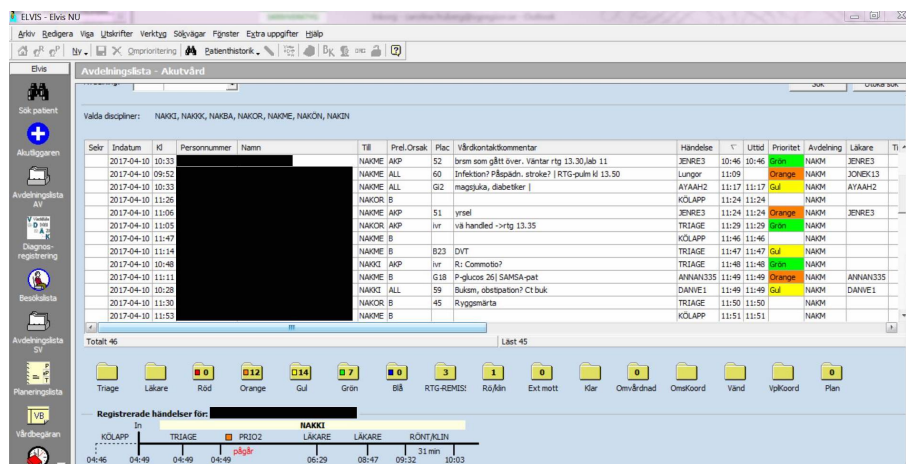
Som ses i figur 7 så presenteras patientens triageringsgrad till vänster i form av ett stort färgfält, och i detta fält ryms även patientens rumsnummer om denne har blivit tilldelad ett rum. I det nedre vänstra hörnet av detta fält presenteras även vilken klinik patienten tillhör i form av en bokstav, exempelvis K för kirurgi. Detta på ett för kliniken unikt triangulärt färgfält. Till höger på patientkortet visualiseras den senaste händelsen som registrerats på patienten i ELVIS, hur länge sedan detta skedde samt vem den utförde registreringen. För att hjälpa personalen färgas även tiden rött när den har överstigit det maximala tidsspannet som är acceptabelt gällande tillsynstillfällen. Dessa tidsgränser är specificerade för de olika triageringsgraderna, se tabell 4 för en sammanfattning av dessa tidsgränser. Nedanför den senaste händelsen presenteras tiden då patienten inkom till akutmottagningen, om denne har en patientplan eller inte, om patienten är undersökt av läkare samt dennes VGR:id. Informationen kring huruvida en patientplan existerar eller inte ska uppmuntra personalen att antingen läsa planen i ELVIS eller undersöka varför denna inte finns.

Tabell 4: Rekommenderade tidsgränser för tillsyn med avseende på triageringsgrad enligt Monika Olsson, Akutmottagningen NÄL.

Triagefärg	Tidsgräns för tillsyn
Röd	0 min
Orange	20 min
Gul	60 min
Grön	60 min
Blå	60 min
Otriagerad	60 min

Det har även diskuterats om patientkortet ska vara interaktiva och vid interaktion visa upp patientens tidigare händelser i form av en tidslinje likt den i ELVIS, se figur 8, samt vårdkommentarer. Detta är ett alternativ vilket skulle göra systemet mer fullständigt, men samtidigt innebär det ingen effektivitetsökning jämfört med ELVIS då det skulle kräva lika många klick att hitta den informationen. På grund av detta har det inte implementerats i det slutgiltiga gränssnittet.

3 ERICAs användargränssnitt

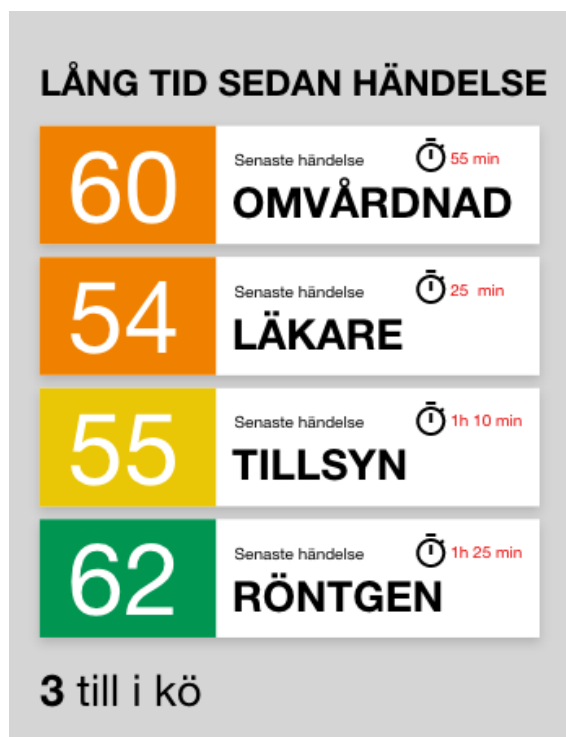


Figur 8: Skärmdump från informationssystemet ELVIS. Större delen av fönstret utgörs av en skrollbar lista i vilken information om patienternas ankomsttid, personuppgifter, tilldelad klinik, placering, vårdkommentarer, senaste händelse samt triagefärg finns tillgänglig. Under denna lista presenteras en grupp olika möjliga händelser i form av mappar, det är till en av dessa en patient dras när en specifik händelse pågår. Längst ner i fönstret presenteras den markerade patientens passerade händelser i form av en tidslinje.

3.1.2 Väntelista för patienter som väntat länge på händelse

Då önskemål om påminnelser gällande patienterna lyftes under besöken på NÄL valdes det att utveckla en separat funktionsmodul för detta. Denna modul sammanfattar och rangordnar de patienter där den rekommenderade väntetiden för en patient med den triageringsgraden har överstigit, se figur 9. Valet att göra en enkel väntelista istället för att påminna personalen om dessa patienter genom exempelvis pop-up fönster gjordes då pop-up fönster kan störa arbetet för vårdpersonalen genom att sakta ner arbetsflödet vilket i en studie av Jones et al. 2016 visar sig vara något som vårdpersonal generellt upplever som något negativt.[14]

Det framkom även önskemål om att kunna rangordna patienterna efter annat än triageringsgrad då det ofta inte är den som avgör när och hur ofta tillsyn av patienten ska ske. En faktor som påverkar detta är exempelvis patientens omvårdnadsbehov som enligt personalen inte alltid korrelerar med patientens triageringsgrad. Då denna information för tillfället inte är tillgänglig i ELVIS inkluderades inte omvårdnadsbehovet i beräkningen av tidsgränser och rangordning, men om informationen blir tillgänglig är omvårdnadsbehovet en faktor värd att ta hänsyn till då den skulle bidra till ytterligare kunskap kring patientbelastningen på teamen.



Figur 9: Prototyp av väntelista för patienter som väntat länge på händelse.

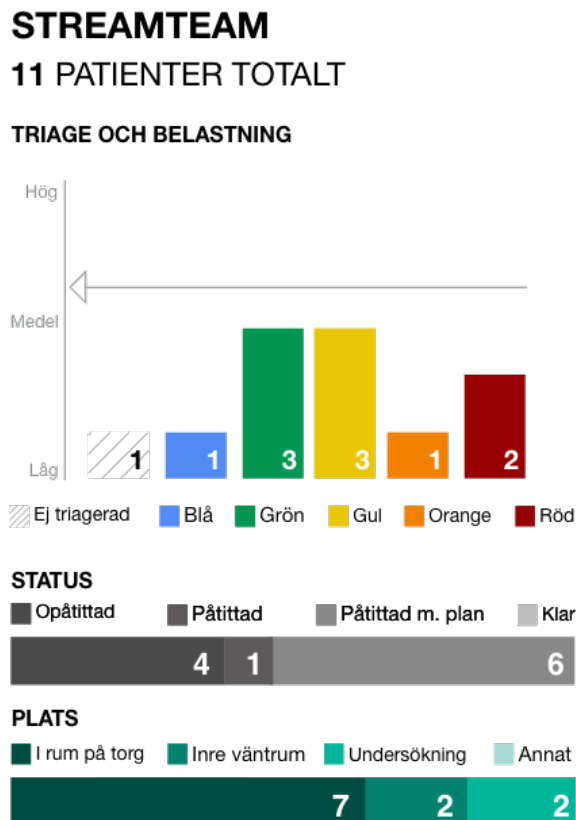
Påminnelser om att ge röntgen- och provsvar var också ett vanligt önskemål då sköterskorna upplever att detta är information som de lätt glömmer bort att söka upp. För att detta ska vara genomförbart behövs information om när exakt denna åtgärd har genomförts och i dagläget finns den informationen inte i ELVIS vilket exkluderar detta ur det nuvarande gränssnittet. Detta är precis som omvårdnadsbehovet en funktion som skulle tillföra mycket till systemet och bör inkluderas om möjlighet ges.

3.1.3 Översikt över aktuellt läge på teamet

För att ge teamsköterskorna en möjlighet att snabbt få en överblick över teamläget utformades en modul med information om fördelning av teamets patienter med avseende på triagefärg, status och plats samt teamets aktuella belastning, se figur 10.

För att visualisera fördelningen av patienterna på teamet valdes det att lyfta fram deras medicinska allvarlighetsgrad genom att visa fördelningen av patienternas triagefärg i ett stapeldiagram. Att presentera detta i form av ett stapeldiagram möjliggörs jämförelse mellan de olika triagefärgerna samt ger också en tydlig indikation på det totala antalet patienter. Stapeldiagrammet gör också informationen extra tydlig jämfört med den resterande information i modulen, vilket är önskevärt då triage-

fördelningen är den information som i dagsläget säger mest om läget på teamet och därför bör lyftas fram.



Figur 10: Prototyp av lägesöversiktsmodul för teamsköterskor med presentation av triagefördelning, belastning, status och patienternas aktuella plats.

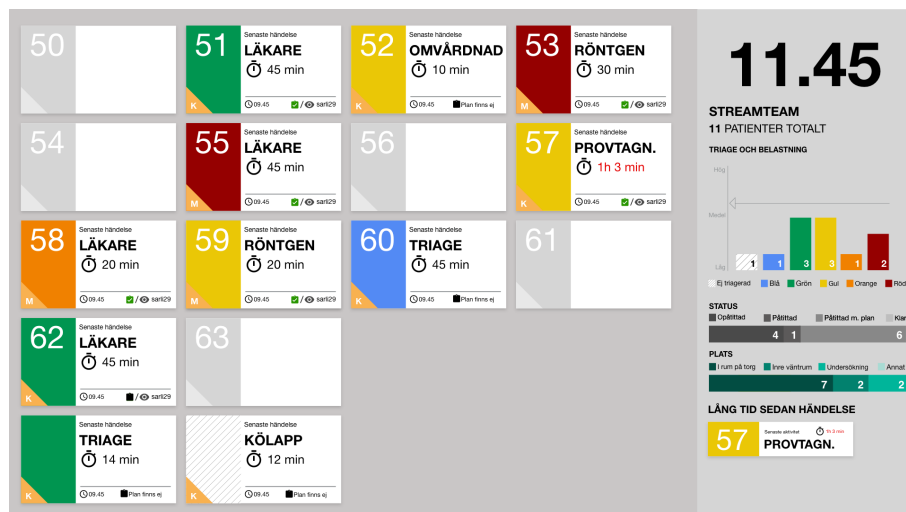
Bakom staplarna presenteras den aktuella belastningen på teamet, se avsnitt 5.1 för beskrivning av beräkningsmetod. Denna belastning indikeras av en pil vilken förflyttar sig horisontellt över en skala graderad från låg till hög belastning. Valet att inkludera denna information i triagediagrammet gjordes då belastningen hör samman med fördelningen av triagefärger hos teamets patienter. Den diskreta naturen hos diagrammet hindrar att avläsningen av det viktiga triagediagrammet försvåras.

Nedanför stapeldiagrammet presenteras fördelningen av patienternas status med avseende på om de har träffat läkare eller inte, om de har en patientplan och om de är färdigbehandlade. Dessa mått ger en tydlig indikation till sköterskorna hur läkarnas arbete går.

Under statusdiagrammet presenteras fördelningen av patienterna med avseende på var de befinner sig för tillfället. De olika platserna patienterna lokaliseras efter är: rum på torg, inre väntrum, undersökning och annat.

3.2 Teamsköterskevy

Av funktionsmodulerna ovan utformades en skärmvy för teamsköterskorna med målet att skapa överblick över teamets patienter och det aktuella läget på teamet, se figur 11 för prototyp av denna vy.



Figur 11: Prototyp av teamsköterskornas skärmvy skapad av funktionsmodulerna beskrivna i avsnitt 3.1.1.

Alla patienter vilka tillhör det aktuella teamet presenteras i vyn i form av egna patientkort. Dessa sorteras sedan efter rumsnummer och radas upp i vyn. Patienter som inte tilldelats ett rum presenteras utan rumsnummer nedtill i vyn. För att tydligt visa vilka rum som är lediga representeras dessa som tomma patientkort bland de sorterade rumsnumrerade korten.

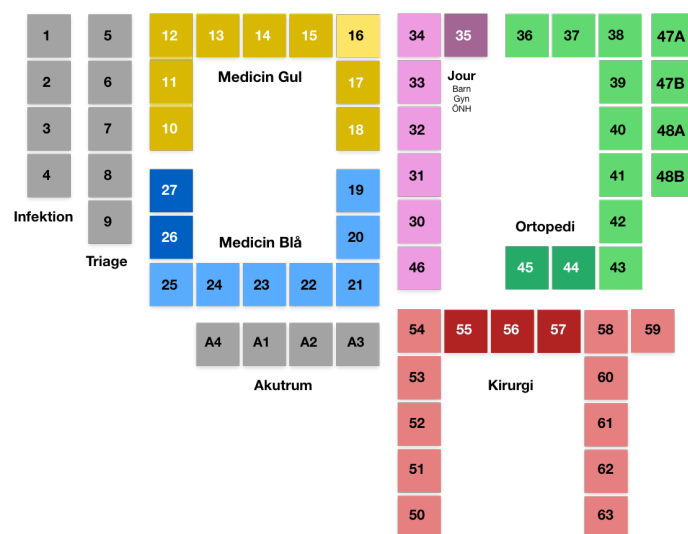
Till höger i vyn presenteras en klocka samt de moduler vilka berättar mer om det övergripande läget på teamet. Det vill säga modulen med triagediagram med tillhörande belastning, patientstatus, patienternas platser samt väntelistan med patienter som väntat länge på händelse. Att dessa moduler endast tar upp en fjärdedel av vyn samt är placerade till höger leder till att patientdelen av vyn hamnar i fokus vilket är önskvärt då arbetet på teamet först och främst handlar om dess patienter.

3.3 Funktionsmoduler i vy för koordinator

Vyn för koordinatorn även kallad, koordinatorvyn, är framtagen för att kunna leverera en tydlig överblick över hela akutmottagningen på NÄL. Denna överblick kommer förhoppningsvis kunna nås med modulerna som följer nedan.

3.3.1 Rumskarta

I det gränssnitt vilket Blomgren et al. utvecklade 2016 presenteras en rumskarta, [8] vilken har varit mycket uppskattad av koordinatorena på NÄLs akutmottagning då det ger dem en tydlig översikt över mottagningen genom att presentera vilka rum som är lediga respektive upptagna. Därför har denna karta fått behålla sin plats på koordinatörvyn och endast modulariserats samt förändrats estetiskt för att passa in i det nya gränssnittet, se figur 12.



Figur 12: Prototyp av den omdesignade rumskartemodulen.

3.3.2 Väntrumsöversikt

För att även representera patienterna i väntrummen på ett bra sätt har en modul för detta skapats, se figur 13. Denna modul visar hur många i respektive väntrum som har en specifik status, det vill säga hur många som är opåtittade, påtittade, påtittade med plan och klara. Denna modul har skapats då det tidigare endast gått att se antal upptagna rum på respektive torg och på så sätt avgöra om det finns utrymme på torgen lokal- och belastningsmässigt, detta är missvisande då det även kan finnas ett antal patienter i läkarteamens väntrum som kräver resurser alternativt även väntar på rum.

VÄNTRUM

Figur 13: Prototyp av väntrummodul med tillhörande patientstatus.

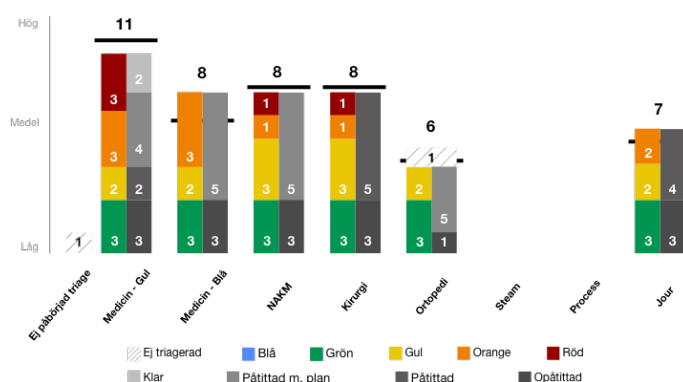
Först utformades denna modul för att visa hur många i väntrummen som hade respektive triagefärg, men vid konceptpresentation på NÄL påpekades det av personal att endast blåa, gröna och gula patienter placeras i väntrummet och att det därför skulle vara mer intressant att veta om de träffat läkare eller inte samt om de är klara, vilket ledde till den design av modulen som beskrivs ovan.

3.3.3 Lägesöversikt för mottagningen

Modulen finns precis som rumskartan redan i det gränssnitt vilka Blomgren et al. utvecklade 2016, [8] och är även den uppskattad av koordinatorena då den snabbt ger överblick över vilka patientertyper som finns på varje torg. Den omdesignade modulen innehåller likt dess föregångaren ett stapeldiagram med information om patienternas fördelning av triageringsgrad samt status, se figur 14. Ett tillägg i modulen är de olika torgens belastningsgrad vilken representeras som en svart horisontell linje bakom varje torgs staplar i diagrammen. Dessa läses med hjälp av skalan graderad från låg till hög belastning vänster om staplarna. I och med att de olika torgens belastning presenteras här kan belastningen också jämföras torgen emellan vilket tros underlätta koordinators beslutsstagande vid omfördelning av resurser.

ÖVERSIKT

48 PATIENTER TOTALT

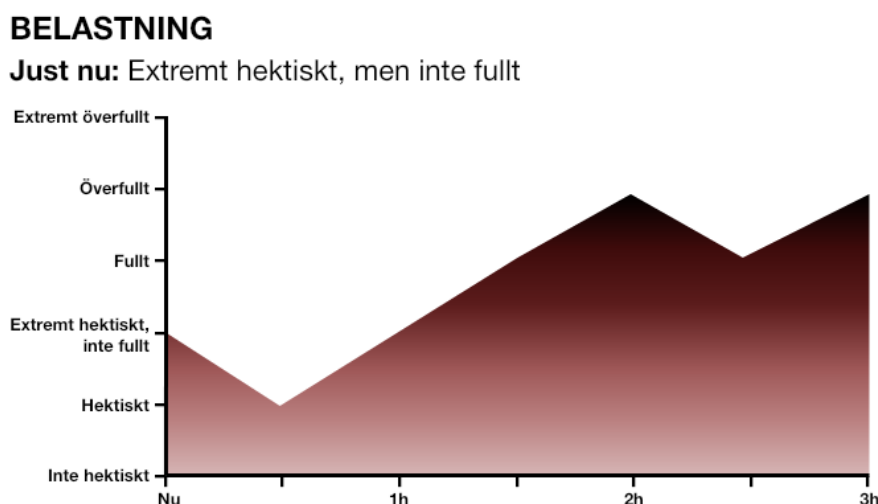
TRIAGE/STATUS/BELASTNING

Figur 14: Prototyp av lägesöversikt för koordinators med information om fördelning av triageringsgrad, status och belastning för respektive team.

3.3.4 Nuvarande arbetsbelastning på mottagningen

För att ge en indikation på den aktuella belastningen på akutmottagningen har en belastningsmodul utformats, se figur 15 för prototyp. Belastningen graderas från ”Inte hektiskt” till ”Extremt överfullt” i sex stycken steg, se avsnitt 5.1 för beskrivning av beräkningsmetod för belastningsgraden.

Belastningsmodulen består av två delar. En del vilken presenterar den aktuella belastningsgraden i textformat för extra tydlighet om nuläget samt en prediktionsdel vilken presenterar den förväntade belastningsgraden de närmsta tre timmarna i diagramformat. Genom att få tillgång till den nuvarande och förväntade belastningsgraden på mottagningen kan koordinatören ta snabba beslut kring omfördelning av personal och patienter. Detta för att kunna fördela ut en jämn belastning i respektive avdelning.



Figur 15: Prototyp av belastningsmodul vilken visar aktuell belastning på mottagningen samt belastningstrenden de nästkommande tre timmarna.

3.4 Koordinatorvy

Genom en kombination av funktionsmodulerna ovan har det skapats två förslag på koordinatorvyer med det gemensamma målet - att ge koordinatören en god överblick på mottagningen. En god överblick kan nås genom information kring rums- samt väntrumsläget, triageringsgrads- samt statusfördelning och även mottagningens belastning både på team- och mottagningsnivå.

3.4.1 Vy för stationär bildskärm

I vyn skapad för en stationär bildskärm har rumskartan och lägesöversikten placerats likt den design Blomgren et al. skapade 2016, se figur 3 för jämförelse. Vänt-rumsmodulen och belastningsmåttan är nya tillskott för i år, se figur 16 för prototyp av denna vy.

Genom observationer och diskussioner på NÄL drog slutsaster om att ersätta två tidigare moduler i ERICA. Dessa två innefattar listan över lediga rum på respektive torg samt de tre prediktiongraferna eftersom de var överflödiga och användes inte. Anledningen till att de upplevs på detta sätt är att listan med lediga rum presenterar information som redan finns i rumskartan och att prediktionerna presenterar information som vårdpersonalen inte känner att de inte kan lita på. Då det istället framkom önskemål att tydligare se hur många patienter som finns i väntrummen och deras status var det rimligt att placera in en sådan modul i vyn. Att ersätta de tidigare prediktionerna med en ny prediktion som bygger på ett mått av belastningen över akuten kan eventuellt prediktionskonceptet göras mer användbart.

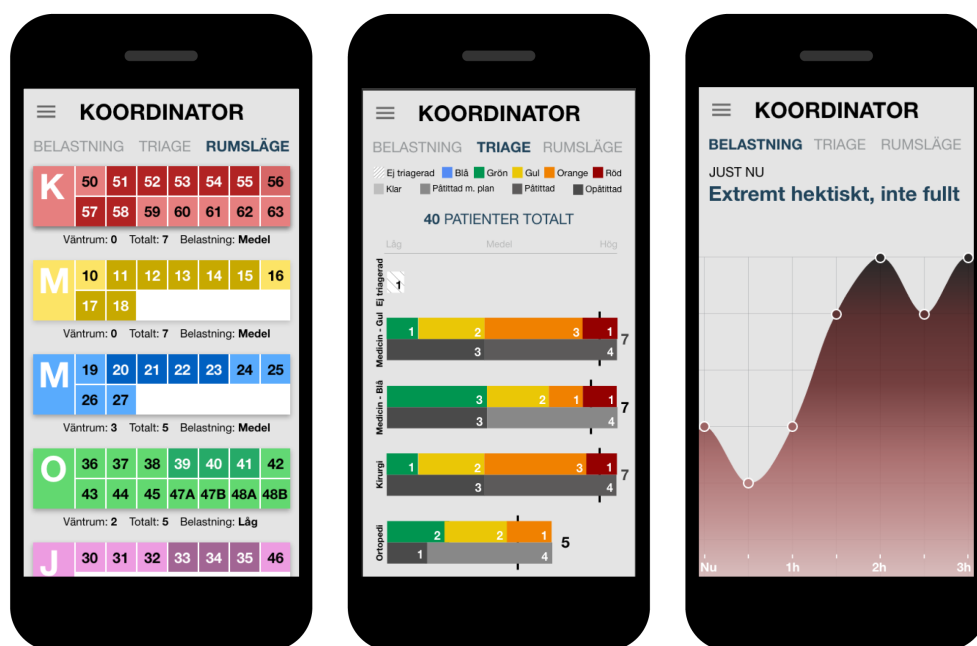


Figur 16: Förslag på koordinatörvy för stationär skärm.

3.4.2 Vy för mobil bildskärm

På grund av det övergripande ansvar koordinatören har på akutmottagningen, tvingas denne ibland lämna sin plats och den stationära bildskärmen. För att ha samma underlag till hands när koordinatören inte är på sin plats, har en mobilplattform utformats där samma information visualiseras. Detta för att erbjuda koordinatören en möjlighet att använda ERICA även då denne är på språng.

Mobilplattformens vy är anpassad till mobiltelefonens mindre skärm och frångår därför modulernas originalutformning. Istället visas en mer kompakt version av dessa, se figur 17, för prototyp av några av appens moduler. Tanken med appen av ERICA är också att ha teamspecifik information tillgänglig för de tillfällen då koordinatören är intresserad att få en djupare förståelse för teamläget eller patienter i specifika rum.



Figur 17: Prototyp av hur de tre koordinatormodulerna rumskarta, lägesöversikt samt belastning skulle kunna presenteras på en mobiltelefon.

3.5 Ergonomiaspekter vid design av digitala gränssnitt

Utifrån studier och observationer har det konstaterats att vårdpersonal spenderar mycket tid med bildskärmsarbete och det är därför viktigt att skärmen som utvecklas håller riktlinjer gällande ergonomi. I detta avsnitt beskrivs hur design och uppbyggnad av ERICA har anpassats efter krav på kognitiv ergonomi och synergonomi.

3.5.1 Kognitiv ergonomi

Kognitiv ergonomi handlar om att underlätta informationsutbytet mellan människa och teknik genom att skapa teknik utformad efter hur vi ser, hör, förstår, minns och

fattar beslut.[15] Detta är en svår uppgift men inom designområdet finns det ett antal riktlinjer utformade för att säkerställa att den designade produkten har en god kognitiv ergonomi. En sådan riktlinje är användarvänlighetsexperten Jakob Nielsens ”10 Usability Heuristics for User Interface Design” där han bland annat påtalar vikten av att systemet matchar liknande verkliga system, att systemet är konsekvent, följer standarder och att information är tydlig och ej kräver att information lagras i arbetsminnet medan annan information uppsöks.[13] I vidareutvecklingen av ERICA sparades två element, rumskarta och triage-/statusdiagram, från det tidigare gränssnittets koordinatorvy för att skapa konsekvens och igenkänning hos koordinatörerna och annan personal. Färgkodningen för triagefärg följer den standard som används inom RETTS-systemet och innebär att vem som helst som känner till detta system kan förstå vad dessa färger innebär. För att skapa tydlighet och minska den mentala belastningen hos användaren har minimalism varit ett ledord i utformningen av gränssnittet.

Nielsen påtalar också vitsen av god felprevention och att om fel skulle uppstå ska ett felmeddelande ges som på ett enkelt språk berättar om det specifika felet och hur det ska åtgärdas.[13] Då all information som inkommer till ERICA ursprungligen skrivs in av personalen i ELVIS är det viktigt att ERICA inte omvandlar denna då det kan leda till databehandlingsfel och därigenom presentation av felaktig data. Med anledning av detta presenteras rumsnummer-/platsinformationen i ERICA så som den skrivs in i ELVIS med undantag för den del som kodar vilket torg patienten tillhör. Om personalen skulle ange en felaktig plats i ELVIS kommer det att presenteras i ERICA och användaren får då en ytterligare visuell indikation på felaktig inmatning och kan åtgärda detta. För mer diskussion kring systemfel och felmeddelanden se avsnitt 6 Diskussion.

3.5.2 Synergonomi

Vid design av gränssnitt utvecklade för bildskärmar är det viktigt att tänka på att erbjuda användaren god synergonomi. Detta för att undvika belastningssymptom från ögon i form av gruskänsla, sveda, ljuskänslighet samt huvudvärk.[16] Detta görs enligt Arbetarskyddsstyrelsen föreskrifter för arbete vid bildskärm genom att bland annat erbjuda användaren en bild med god kontrast och god polaritet. Detta innebär ett kontrastförhållande mellan förgrund och bakgrund på minst 3:1 samt en skärm med en ljus bakgrund för att minska luminansskillnaderna mellan skärm och rumsbelysning.[16] Arbetsdagarna på akuten innehåller trots deras huvudsakliga inriktning på direkt vård av patienter en stor mängd arbete som helt eller delvis utförs vid bildskärmar. Enligt en studie utförd av Berg et. al på två svenska akutmottagningar 2011 spenderar sjuksköterskor och läkare 7.1% av sin arbetsdag med administrativa uppgifter och 15.6% av arbetsdagen med informationssökning.[9] Med denna information och observationer av frekvent bildskärmsarbete som bakgrund inses vikten av att ERICA och dess skärm följer dessa riktlinjer. På grund av detta

har dessa varit i åtanke vid gränssnittsutformningen genom att både se över kontrastskillnader i gränssnittets element men också i valet av att arbeta med en ljusgrå bakgrund i gränssnittet. Den ljusgråa bakgrunden används för att minska ögonbelastningen vid omställning från den mycket ljusa sjukhusmiljön till vår skärm.

Färg används som en tydlig symbolbärare inom vården detta vid exempelvis avläsning av grafer, histologiska preparat och biokemiska analyser.[17] I en översiktsartikel av allmänläkaren J. Anthony B. Spalding konstaterar denne efter en sammanställning av studier om färgblindhet hos läkare, tandläkare, läkarstudenter och tandläkarstudenter att prevalensen av färgblindhet i dessa grupper är i princip densamma som hos den övriga befolkningen,[17] det vill säga 8% hos män och 0,5% hos kvinnor.[17], [18] Med denna prevalens i åtanke och den medicinska informationens stora allvarhetsgrad är det av yttersta vikt att ta hänsyn till detta vid utformningen av ERICAs gränssnitt.

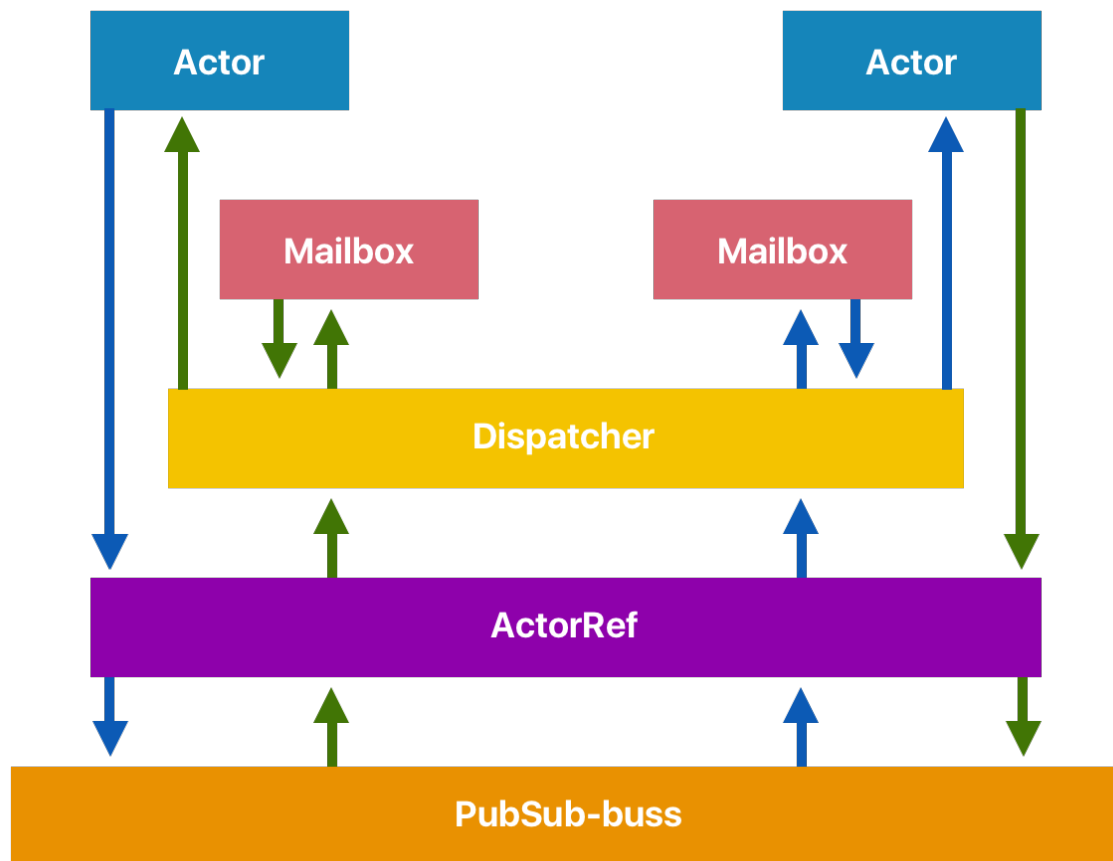
De färger i gränssnittet vilka bär på en vedertagen symbolik på akutmottagningen är triagefärgerna och det är ytterst viktigt att dessa inte förväxlas. Då de vanligaste färgblindhetsvarianterna, deuteranopi och protanopi,[19] båda leder till svårigheter att skilja gröna, gula och röda nyanser från varandra skulle detta i värsta fall kunna leda till förväxling mellan röda patienter med hög medicinsk allvarlighetsgrad och gröna patienter med mycket låg medicinsk allvarlighetsgrad. Med detta i åtanke utvärderades färgvalen kontinuerligt med färgblindhetssimulatorens Color Oracle under gränssnittets utveckling för att säkerställa att majoriteten av färgerna men främst de rörande triageringsgraderna går att särskilja. [20] En ytterligare åtgärd som gjordes för att underlätta användandet av ERICA för färgblinda användare var att placera ut färglegender, detta ger användaren två typer av information och minskar risken för förväxling ytterligare.[19]

4 Systemarkitekturen för ERICA

ERICA är uppbyggt som ett antal tjänster i mjukvaruprojektet Sequence Planner (SP) vilket utvecklas av Kristofer Bengtsson tillsammans med flertalet andra på Chalmers tekniska högskola. Sequence Planner är byggt med den mikrotjänstarkitektur som ERICA utnyttjar och är i grunden ett verktyg för modellering och analys av automationssystem. SP kan bland annat användas för att beräkna och visualisera handlingssekvenser. Konceptet ERICA ingår som en komponent i denna verktygs-sats och det i denna rapport beskrivna systemet ERICA utnyttjar SPs plattform och visualiseringsgränssnitt.

SPs plattform bygger på verktygssatsen AKKA och har via AKKA Actors asynkron kommunikation mellan de olika tjänsterna över en så kallad publish-subscribe-buss (pubsub-buss). Till bussen hör en "dispatcher" som håller koll på meddelanden som sänds ut på bussen och dirigerar dessa till rätt mottagare. Se figur 18 för en schematisk beskrivning.

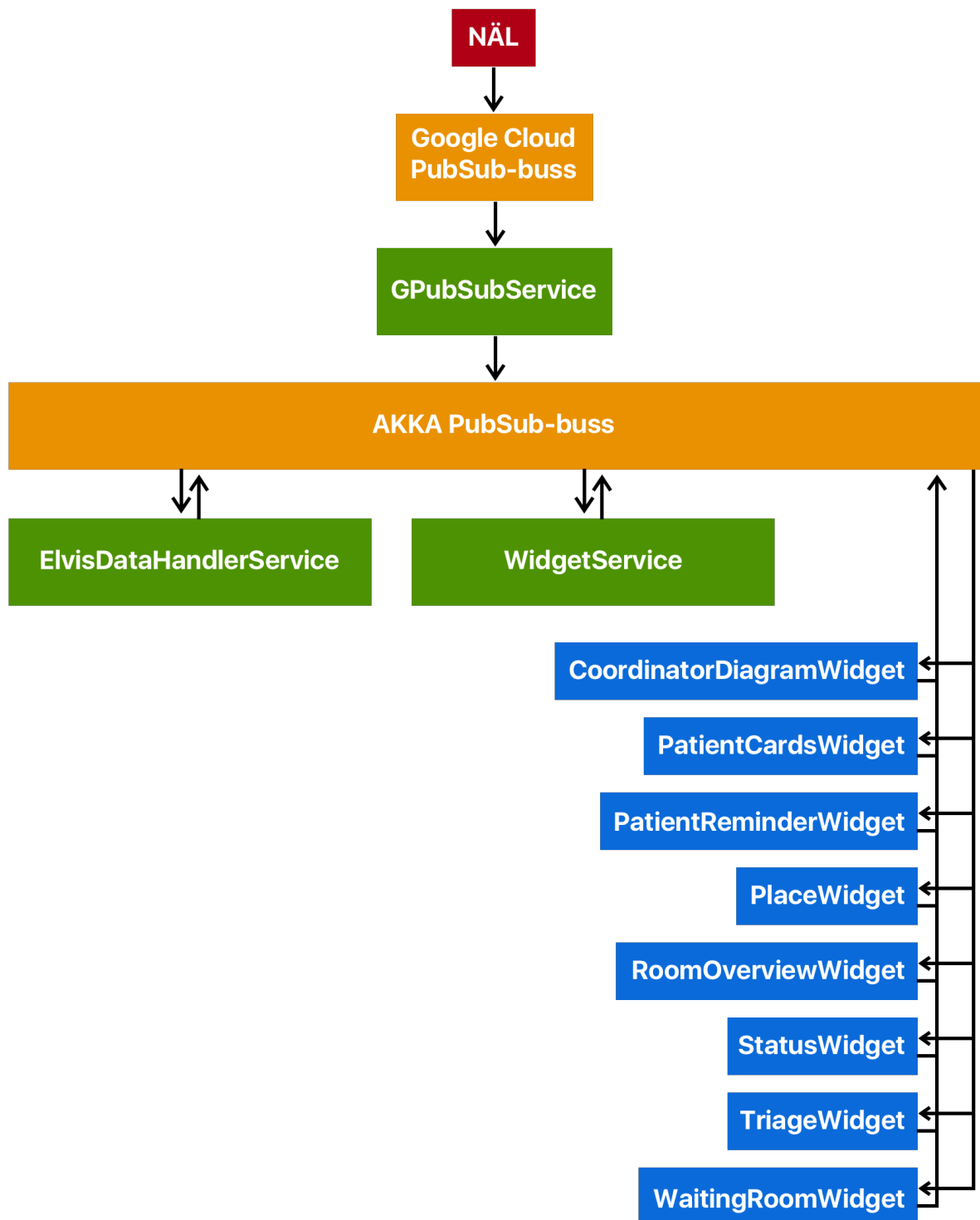
En actor kan publicera meddelanden på ett "ämne". Actors som prenumererar på detta ämne kommer då att få meddelandet köat i sin inkorg och dispatchern ser till att meddelanden i inkorgen i tur och ordning kommer fram till actorn. Meddelanden märks med en adress, "ActorRef", och når på så vis rätt "actor system". Dispatchern håller koll på vilka meddelanden som ska till vilken inkorg och beslutar också när meddelandena når respektive actor. På så vis fördelar dispatchern processortiden på de trådar som finns tillgängliga. Detta medför att tjänster inte behöver blockera trådar medan de väntar på indata någonstans ifrån. Kommunikationen mellan ERICAs olika tjänster görs på detta vis flexibel och samma information kan lätt delas till många olika parter vilka kan ansluta sig och lämna oberoende av varandra.



Figur 18: Schematisk översikt över kommunikation mellan AKKA actors.

Via AKKA HTTP tillhandahålls också en webserver som i ERICA används för det webbaserade användargränssnittet. Detta presenteras närmre i 3 ERICAs användargränssnitt.

I NÄLs fall tillhandahålls ERICA som en molntjänst och servas på en virtuell maskin via tjänsten Google Cloud Compute engine. Indatan från ELVIS hanteras då via Google-molnets egen pubsub-buss innan den når ERICA. I figur 19 visas en översikt över de olika tjänster som bygger upp ERICA. Tjänsterna beskrivs närmre under 4.1 Tjänster nedan.



Figur 19: Översikt av systemarkitekturen i ERICA.

Att SP arbetar med mikrotjänster innebär att dessa var för sig kan tillverkas i valfritt programspråk. SPs plattform är utvecklad främst i språket Scala och även ERICAs komponenter har till största del skrivits i Scala. För prediktionstjänsterna har pythons kodbibliotek för maskininlärning studerats eftersom dessa bibliotek tillhandahåller stora möjligheter att utföra olika sorters maskininlärning, prediktionen är alltså tänkt att skrivas i pythonkod. Hur dessa bibliotek kan användas beskrivs i avsnitt 5 Prediktion.

4.1 Tjänster

I SP har tre tjänster, "GPubSubService", "ElvisDataHandlerService" och "WidgetService", implementerats med syfte att utföra operationer på data från ELVIS-databasen och förbereda denna data för visuell presentation. Mer om behandlingen av datan och dess struktur tas upp under 4.2.

Tjänsten "GPubSubService" tar emot information över Google Cloud PubSub-bussen, där ögonblicksbilder av ELVIS databas publiceras i JSON-format. Datatan samlas och struktureras upp i olika typer av objekt vilka representerar nyttillkommen, borttagen eller uppdaterad information om patienter, som differensen mot senaste ögonblicksbild. Dessa objekt ser olika ut beroende på vilken patientvariabel som uppdaterats. Därför transformeras de till en standardiserad och enhetlig objektstruktur vilken herefter representerar någon patienthändelse. Dessa händelsesobjekt samlas i en lista och sänds ut på AKKA-bussen för vidare behandling i nästa steg. Hela den aggregerade listan av patienthändelser sänds då ut eftersom att historik behövs i senare tjänster. "GPubSubService" fungerar på så vis som en adapter för konvertering av inkommande ELVIS-data till det format som används internt i ERICA.

"GPubSubService" utnyttjar också AKKA Persistence för att spara ner en logg av alla patienthändelser som tjänsten skapar för att kunna återta sitt senaste tillstånd vid omstart, krasch eller liknande.

"ElvisDataHandlerService" tar emot sådana listor med händelseobjekt som genereras av "GPubSubService". Ur dessa extraheras den lagrade patientinformationen och patientobjekt skapas för samtliga aktiva patienter. Dessa lagras i ett objekt av typen Map, vilket härmed kommer att beskriva det nuvarande tillståndet på mottagningen sett till aktiva patienter och deras variabelvärden. Utifrån patientobjekten i denna tillståndskarta kan därefter skapas sådana datastrukturer som behövs för systemets olika tjänster.

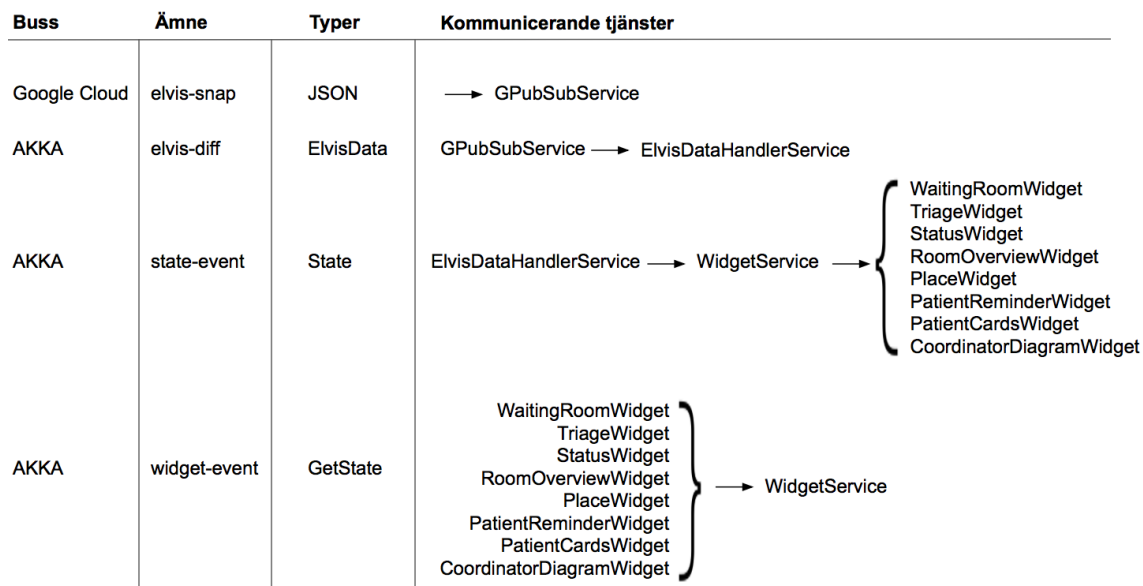
För de tjänster som byggts inom ramen för detta kandidatprojekt transformeras tillståndskartan till en ny karta med modifierade patientobjekt vars variabelfält är relevanta för den information som här behöver presenteras. I transformeringen kombineras och förändras tillståndskartans datafält till nya variabelvärden för presentation. Denna patientkarta distribueras via AKKA-bussen till nästa tjänst.

”WidgetService” agerar mellanhand för kommunikation av patientinformation mellan back-end och front-end. Denna tjänst håller i en kopia av den senast publicerade patientkartan, vilken är en tillståndskarta för front-end-tjänsterna, och publicerar denna på nytt vid varje uppdatering. Instansierade funktionsmoduler i användargränssnittet (här kallade widgets) prenumererar på information från ”WidgetService” och förses på så vis med den för stunden aktuella patientkartan. ”WidgetService” noterar också när widgets startas upp och förser dem då direkt med aktuell patientkarta.

4.2 Databehandling

Informationen som är indata till ERICA kommer från mjukvaran ELVIS, vilken används på svenska akutmottagningar för att logga patienthändelser. Informationen i ELVIS genereras av de anställda genom inmatning under arbetsdagens gång och beskriver på så vis tillståndet på mottagningen väl, om än med viss fördröjning mellan händelse och inmatning. Eftersom att ELVIS behandlar sekretesskyddad information så anonymiseras denna innan den sänds till ERICA. Vid anonymiseringen tas vissa delar av informationen som loggats även bort varför all inmatad information inte finns tillgänglig i dagsläget.

Data kommuniceras mellan olika tjänster med hjälp av två olika kommunikationsbussar, en Google Cloud PubSub-buss samt en AKKA PubSub-buss, vars grundläggande koncept beskrivits mer ingående ovan. En översikt över hur datatyper sänds på dessa bussar, och vilka tjänster som finns i kommunikationsändarna, kan ses i figur 20.



Figur 20: Översikt över kommunikationsbussar, vilka ämnen som används, vilka meddelandetyper som sänds samt tjänsterna som kommunicerar under varje specifikt ämne och buss. "→" visar åt vilket håll kommunikationen sker.

4.2.1 Hantering av inkommande rådata

Informationen från Google Cloud PubSub hämtas via ämnet "elvis-snap" till tjänsten GPubSub. Formatet på datan som hämtas är JSON, vilken innehåller en uppsättning attribut-värdepar där information kopplad till specifika patienter finns samlad. Strukturen som kan ses i C.1 visar hur datan är strukturerad, vilka attribut som förekommer samt hur värdena kan se ut. Notera att informationen samlad i denna struktur bara är en del av hela meddelandeinformationen som hämtas via Google Cloud PubSub, och att punkterna motsvarar eventuella ytterligare objekt i samma liststruktur. Data enligt denna struktur publiceras på Google Cloud PubSub då något av följande har skett:

- Ny patient har skrivits in på mottagningen
- Patient har skrivits ut
- Någonting har hänt patienten, exempelvis flyttats till nytt rum, träffat läkare eller liknande.

Kod ur TransformationService, utvecklad av Bengtsson och Lennartson för användning i EVAH-projektet, [21] används för initial behandling av denna information. Inkommande tillståndsdata jämförs med föregående mottagen tillståndsdata och den

eventuella differensen behandlas vidare. Med differensen som underlag skapas meddelanden som kan vara av fyra olika typer: "newLoad", "new", "diff" eller "removed". Meddelande av typen "newLoad" innehåller patientinformation om en patient som redan finns lagrad i ELVIS. Typen "new" tilldelas meddelanden som innehåller patientinformation om en ny tillkommen patient som skrivits in nyligen, "diff" används för meddelande innehållande information om en patient som exempelvis bytt rum, träffat läkare eller dylikt under nuvarande besök på mottagningen, och "removed" tilldelas meddelande med information om en utskriven patient.

Information knuten till olika patienter samlas i instanser av datastrukturerna "NewPatient", "PatientDiff" och "RemovedPatient" för nyinskrivna, uppdaterade respektive utskrivna patienter. "NewPatient" och "RemovedPatient" har ytterligare en substruktur, "ElvisPatient", där grundläggande information om patienten samlas. Strukturen "ElvisEvent" används för att samla information gemensam för alla typer av patientuppdateringar. Se i appendix C.2 hur dessa datastrukturer är definierade. När all information ur den inkommande tillståndsdatan strukturerats enligt ovan nämnda strukturer och objektinstanser, är den samlade informationen redo att aggregeras.

4.2.2 Transformerings av indata till standardiserad och enhetlig struktur

När hanteringen av data enligt föregående avsnitt är klart kan patientinformation börja extraheras, aggregeras och transformeras med målet att all relevant patientdata ska följa samma struktur. I tjänsten GPubSub identifieras vilka typer av objekt; "newLoad", "new", "diff" eller "removed", som konstruerats baserat på differenser av de inkommande ögonblicksbilderna av ELVIS databas. Därefter extraheras olika patientegenskaper beroende på vilken typ datan initieellt strukturerats i. Dessa patientegenskaper transformeras sedan till instanser av klassen "EricaEvent", vilken följer strukturen i C.3. Detta är ERICAs enhetliga datastruktur för patienthändelser. När alla patientegenskaper för samtliga patienter transformerats till "EricaEvent"-objekt samlas de i en händelselista vilken beskriver en tillståndsförändring på mottagningen. Objekten i denna lista sparas ned som tillståndsförändringar med hjälp av AKKA Persistence och listan sammanfogas på så vis till en historik över alla tillståndsförändringar som skett och loggats.

Om en tillståndsuppdatering sker publicerar tjänsten GPubSub ett meddelande innehållande en instans av klassen "ElvisData", med en tillståndslista som argument, under ämnet "elvis-diff" på AKKA-bussen. Klassen "ElvisData" följer strukturen i C.4.

4.2.3 Aggregering av patientinformation i patientobjekt

Tjänsten "ElvisDataHandler" lyssnar på ämnet "elvis-diff" och tar där emot meddelanden innehållande en lista av "EricaEvent":s, konstruerad enligt ovan.

I "ElvisDataHandler" filtreras listan efter "CareContactId":t, det vill säga händelser som hör till en viss patient filtreras ut varpå en lista med patientens "EricaEvent":s erhålls. Denna lista är underlag för konstruktionen av patientobjekt, vilka skapas som instanser av klassen "EricaPatient" (se C.5) i vilka information om patienten aggregeras. När samtliga patienter samlats enligt ovanstående struktur transformeras dessa i sin tur till visualiseringsbara patientobjekt i en "patientkarta". Denna transformation består till stor del av logik, t. ex. sker en identifiering av patientens team-tillhörighet baserat på en sammanvägning av patientegenskaperna "ReasonForVisit", "Location" och "Clinic".

Patientkartan sänds i ett meddelande av typen "State" på AKKA-bussen under ämnet "state-event" och kommer därvid att nå funktionsmodulerna i användargränssnittet, här kallade widgets.

4.2.4 Hantering av information för visualisering

När en widget startas upp och visualiseras i SP:s gui, skickar denna ett meddelande av typen "GetState" på AKKA-bussen under ämnet "widget-event". Tjänsten "WidgetService" lyssnar på samma ämne och tar alltså emot dessa tillståndsförfrågningar. Som svar publicerar "WidgetService" sitt aktuella tillstånd, det vill säga dess samlade mängd patientobjekt. Publiceringen sker på ämnet "state-event" med meddelande "State". Alla widgets intresserade av informationen lyssnar på samma ämne och tar därvid emot tillståndet i form av den mängd av patienter som för närvarande befinner sig på mottagningen.

Patientobjekten som tas emot av widgetarna innehåller fält för alla de egenskaper en patient kan ha enligt det utformade gränssnittet. I widget-filerna sker bland annat bestämning av diverse HTML-färger baserat på en rad patientegenskaper som triagefärg, status och plats, bokstav för visualisering av teamtillhörighet och så vidare.

4.3 Front-end

Front-end är den del av systemet där användarna kan interagera med systemet genom ett gränssnitt. I det här fallet rör det sig mer om att visualisera och presentera data för användaren. Genom att använda en klient - i det här fallet en webbläsare, kan användaren använda systemets gränssnitt och se den visualiserade datan. Den aktuella datan för respektive widget fås från tjänsten "WidgetService" som kan ses i figur 19.

Varje widget får data, i det här fallet patientobjekt, som består av alla nuvarande patienter på mottagningen via AKKA-bussen. För att få den specifika datan som krävs för varje widget så sker en extrahering av all data inuti varje patientobjekt som sedan extraheras och kompileras för användning. Den kompilerade datan visualiseras sedan genom grafiska element såsom grafer, kartor och patientkort.

Gränssnittet har utvecklats i Scala-miljö med hjälp av diverse bibliotek såsom Scala.js och Scalajs-react. Scala.js är ett bibliotek som tillåter användning utav språket JavaScript för att utveckla gränssnitt i Scala-miljö. Det som skrivs i **.scala** format kompileras till **.js** som webbläsaren förstår. Genom användning av Scalajs-react biblioteket möjliggörs användning av JavaScript biblioteket React som är framtaget av Facebook Inc. [22] React möjliggör att sidor med kontinuerlig varierande indata inte behöver laddas om på nytt varje gång ny data kommer utan endast de element som fasktiskt använder den inkommande datan. I det här fallet behöver varje widget, vars data har ändrats, uppdateras och målas om på nytt. De resterande widgetar behöver ej målas om på nytt tack vare React.

Ett annat bibliotek som har använts är ScalaCSS - för att applicera Cascading Style Sheets (CSS) på gränssnittet för att till exempel välja vilken font som ska användas. Till sist har även Scala-js-d3 använts som tillåter användning av Data Driven Documents (D3). D3 är ett JavaScript bibliotek som används för att visualisera data i Scalable Vector Graphics (SVG) format som webbläsaren tolkar och därefter målar.

5 Prediktion av arbetsbelastning

För att förhindra att stressade situationer uppstår vore det bra att kunna prediktera när och var det finns risk för att belastningen på akutmottagningen ökar drastiskt. Med hjälp av denna information skulle personalen kunna arbeta förebyggande och få bättre kunskap om var resurser kan sättas in på akutmottagningen. För att utföra prediktion kommer maskininlärning och neurala nätverk användas.

5.1 Arbetsbelastning på akutmottagningar

Det som är tänkt att predikteras är arbetsbelastning. För ha möjlighet att prediktera denna och även kunna visualisera den nuvarande belastningen på akutmottagningar måste denna beräknas. Nedanstående studie är en rekommendation av Caroline, utvecklingsansvarig på NÄL, och beskriver en metod att beräkna arbetsbelastningen.

Weiss et al. har tagit fram ett verktyg för att beräkna belastningen på en akutmottagning. [23] Weiss et al. listar ett antal parametrar och studerar hur dessa påverkar belastningsgraden. I den artikel i vilken modellen förklaras beskrivs hur denna model har förenklats då de fann att flera variabler hade liknande effekt och därmed kunde reduceras från modellen. I den slutgiltiga modellen finns följande parametrar, [23]:

- Antal besök på mottagningen per år
- Antal sängar på mottagningen
- Totalt antal patienter på mottagningen
- Antal patienter med behov av speciell vård på mottagningen
- Antal patienter i väntrummen
- Väntetiden för patienten som väntat längst

Modellen returnerar något av följande alternativ: [23]

- Inte hektiskt
- Hektiskt
- Extremt hektiskt, inte fullt
- Fullt
- Överfullt

- Extremt överfullt

Förutom generella svårigheter med att beräkna belastning på akutmottagningar, i och med stor variation av patienttyngd och patientmängd, finns en brist i modellen vid anpassning för akutmottagningen på NÄL. Idag skrivs det inte in om en patient är i behov av så kallad ”speciell vård” i ELVIS, utan triagesystemet är det enda som ger en indikation på detta. Dock speglar inte alltid triagefärgen vårdtyngden på patienten enligt personal på NÄL, utan de menar att parametrar som exempelvis omvårdnadsbehov också spelar in. Används denna modell är det trots detta triagefärg som kommer att få användas för att beräkna antalet patienter med speciell vård, antalet patienter med röd triagefärg kommer då att användas.

5.2 Introduktion till maskininlärning och neurala nätverk

I maskininlärning tränas analyserade algoritmer på historisk data för att kunna prediktera framtiden. [24] 1959 beskrev Arthur Samuel, pionär inom artificiell intelligens, maskininlärning som: ”the field of study that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed”. [25] En nyare version definierar Mitchells: ”To be more precise, we say that a machine learns with respect to a particular task T, performance metric P, and type of experience E, if the system reliably improves its performance P at task T, following experience E.” [26]

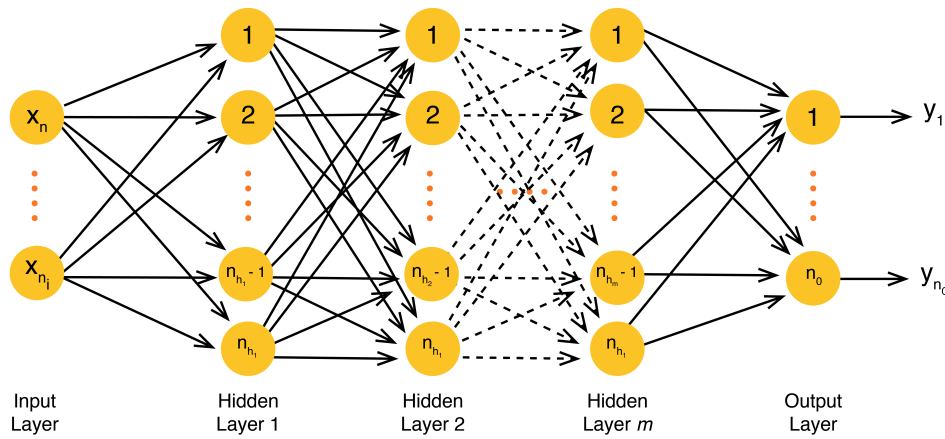
Träningsdatan kan vara *labeled* eller *unlabeled*. Grundidén för *supervised learning* är att inputobjekt och ett outputvärde används som träningsdata. *Supervised learning* algoritmen analyserar träningsdatan och hittar en funktion vilken sedan används för att prediktera outputvärden. [27]

I *unsupervised* maskininlärning är träningsdatan *unlabeled* och algoritmen hittar därför en funktion genom att se på strukturen på datan, datan samlas i kluster. I en studie från Oliver et al. beskrivs följande citat från Spath :”The objective of cluster analysis is to separate a set of objects into constituent groups (classes, clumps, clusters) so that the members of one group differ from one another as little as possible, according to a chosen criterion” [28]. För att göra prediktionen passar *supervised* inlärning bättre och därför kommer *unsupervised* inlärning inte studeras vidare.

Inom maskininlärning finns olika tekniker, en av dessa är neurala nätverk vilket är den teknik som kommer att studeras i detta arbete. Neurala nätverk liknar biologiska neurala nätverk, dess inputlager kallas neuroner och de är likt biologiska neurala nätverk ett stort parallellt system. [29] Både maskininlärning och neurala nätverk är del av *cognitive science* och artificiell intelligens. Neurala nätverk används för att uppskatta värden baserat på stora mängder data, med hjälp av statistiska modeller. Neurala nätverk är en *supervised* inlärningsprocess. [24]

Neurala nätverk är huvudsakligen uppbyggda av tre delkomponenter, kallade *inputlayers*, *hidden layers* och *outputlayers*, se figur 21. Inputlagret tar emot information från extern källa, *hidden layers* identifierar mönster associerade med systemet som konstruerats och outputlagret producerar och presenterar den slutgiltiga outputen i nätverket.

I detta arbete kommer endast nätverk konstruerade enligt arkitekturen *multilayer feedforward network* studeras, se figur 21.



Figur 21: Schematisk bild på ett generellt neuralt nätverk.

Inputlayer till ett multilayer feedforward network består av neuroner. Givet att inputlagret består av n_i neuroner, ges inputdatan som en vektor $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^{n_i}$, $\mathbf{x} = [x_1 \ \dots \ x_{n_i}]^T$, där $x(\cdot)$ är data för de olika parametrar som agerar input till systemet. I neuronerna i de gömda lagren transformeras datan från föregående lager med en viktad linjär summation följt av en olinjär aktiveringsfunktion $g : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ [30]. Antalet neuroner i det i :te gömda lagret betecknas som n_{h_i} , $i = 1, \dots, m$, och n_o för antal neuroner i outputlagret. Analogt med hur datan i inputlagret definieras kan även datan som kommer in i varje neuron i de gömda lagren och outputlagret betecknas med en vektor $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^{n_p}$, $p \in \{i, h_1, \dots, h_m\}$. Varje synaps mellan en neuron i föregående lager och alla neuroner i nästkommande lager är kopplat till en vikt w_k , där $k = 1, \dots, n_p$. Viktvektorn definieras därför som: $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^{n_p}$, $\mathbf{w} = [w_1 \ \dots \ w_{n_p}]^T$. Den viktade linjära summationen formuleras som

$$\sum_{j=1}^{n_p} w_j \cdot x_j \iff \mathbf{w}^T \mathbf{x}.$$

Den olinjära aktiveringsfunktionen g väljs här till en logistisk funktion, vilken definieras enligt

$$g(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}. \quad (1)$$

Aktiveringsfunktionen speglar en typ av aktiveringshastighet. I varje lager summeras vikterna, vilket är beskrivet ovan, och ifall summan är över en viss gräns sker en aktivering och det är denna aktiveringshastighet som aktiveringsfunktionen beskriver. Anledningen att ovanstående funktion ofta används i neurala nätverk är att denna anses beskriva aktiveringen på ett sätt som liknar verkligheten med hur signaler i neuroner aktiveras. Funktionen går mellan 0 och 1, där 0 innebär att den inte aktiverats och 1 att den aktiverats maximalt. [31]

Ett exempel på ett neuralt nätverk ser alltså ut: $s = W_2 \max(0, W_1 x)$ där W_1 och W_2 tränas med metoden *Stochastic gradient descent*. Ett tre-lagers neuralt nätverk ser istället ut som: $s = W_3 \max(0, W_2 \max(0, W_1 x))$ och så vidare. Gradienterna beräknas med hjälp av backpropagering, beskrivet i nästa avsnitt, 5.3 Beskrivning av MLP-algoritm.

För att beräkna W behövs ett uttryck för *loss* funktionen. *Loss* funktionen beräknar hur väl de predikterade *score* stämmer med *labels* i träningsdatan och *score* funktionen mappar datan till klass *scores*. *Loss* funktionen beräknar alltså kvaliteten av ett set W och principen är att hitta W som minimerar *loss* funktionen. [32]

För att lösa minimeringsproblemet är det vanligt att metoden *gradient descent* används. I *gradient descent* minimeras en målfunktion $J(\theta)$ genom att uppdatera parametrarna i motsatta riktningen av gradienten till målfunktionen med avseende på parametrarna θ . Algoritmen letar i $-\nabla_{\theta} J(\theta)$ riktningen för att hitta målfunktionen. Lärningshastigheten η bestämmer storleken på stegen som tas för att hitta minimum, med *gradient descent* metoden lokaliseras lokala minimum. [33]

5.3 Beskrivning av MLP-algoritm

Wan et al. har studerat backpropagation, vilket används inom maskininlärning. Studien beskriver hur mer komplexa algoritmer kan användas för att göra backpropagation men även hur backpropagation algoritmen vanligen utförs. Wan et al. använder följande notationer för variablerna i algoritmen, [34]:

x_i^l	output of neuron i in the l th layer
d_j	desired output of neuron j in the output layer
$o_j^l = f(a_j^l)$	actual output of neuron j in the l th layer
$a_j^l = \sum_i W_{ij}^l x_i^{l-1} W_{ji}^l$	activation of neuron j in the l th layer weight connecting neuron i in the $l-1$ th layer to neuron j in the l th layer
δW_{ij}^l	weight update value
η	learning rate parameter
E	global error
M	number of layers in the neural network

Wan et al. beskriver med hjälp av dessa parametrar felet:

$$E = \frac{1}{2} \sum_j (d_j - \sigma_j^M)^2 \quad (2)$$

De beskriver för *output layer* i backpropagering:

$$W_{ij}^M(t+1) = W_{ij}^M(t) + \eta \delta_j^M x_i^{M-1} \quad (3)$$

$$\delta_j^M = \frac{\partial f(a_j^M)}{\partial a_j^M} (d_j - \sigma_j^M) \quad (4)$$

Backpropageringsalgoritmen följer följande steg: ”(1) Present the inputs of the input layer (2) Let the hidden units evaluate their outputs using their inputs (3) Let the units of the output layer evaluate their outputs using the outputs from the hidden layers (4) Calculate the global error according to eq 2 (5) Calculate the derivative δ_j^M for adjusting the weights of the output nodes according to eq. 4 (6) Train the weights for each output node according to eq 3” [34]

Stegen (1)-(3) är frampropagering och (4)-(6) backpropagering. Nätverk som tränas på detta sett kallas *multilayer perceptions* förkortat MLP. [34]

5.4 Identifiering av relevanta parametrar för modell

Vitkin et al. har studerat hur neurala nätverk kan användas för att beräkna arbetsbelastningen på en akutmottagning. Vitkin rekommenderar att samtliga indikatorer beräknas under samma tidsintervall och beskriver hur hundratals olika belastningsindikatorer existerar, användare måste välja indikatorer relevanta för deras akutmottagning. [35]

Vitkin et al. hänvisar i artikeln till annan forskning gjord av Solberg et al. i syfte att identifiera mätningar av arbetsflöden på akutmottagningar. Parametrarna som Vitkin et al. använder för att prediktera arbetsbelastning kommer från denna forskning.

[23] Solberg et al. listar i sin artikel närmare 50 olika parametrar som kan indikera arbetsbelastning på akutmottagningar. Exempelvis finns parametrarna: antal nya patienter, medeltiden för att patienten kommer in i systemet till dess att den kommer ut under en definierad tid och antalet patienter som står på klar adderat med inkommande patienter vid samma tid. [36]

Solberg et al. använder en modell baserad på *queuing theory* och *compartmental models of flow*, då parametrarna delas upp i stadierna: *input*, *throughput* och *output*. *Input* beror på antalet sjuka eller skadade personer i samhället samt kapaciteten av hälsovården att ta hand om personer som inte behöver akutsjukvård. *Throughput* inkluderar faktorer som påverkar effektiviteten på en akutmottagning, alltså hur mottagningen klarar av att hantera sin input. Parametrarna i *output* speglar förmågan av systemet att ha plats för patienter som behöver sjukvård samt förmågan av ambulanssystemet att tillhandahålla hjälp. [36]

I artikeln nämner Solberg en annan studie, utförd av Reeder och Garrison, där 4 andra parametrar togs fram, [36]:

- *bed ratio* := (nuvarande patienter på akutmottagningen + predikterade inkommande-predikterade avgående)/(behandlingsyta)
- *acuity ratio* := medeltriagekategori av alla patienter på akutmottagningen
- *provider ratio* := (ankomster/timme) / (summan av medelantal patienter/timme som har blivit hjälpta av personalen)
- *demand value* := *bed ratio* · *provider ratio* / *acuity ratio*

Med inspiration från Vitkins et al. och Solberg et al.'s forskning har följande parametrar tagits fram som kan bidra till arbetsbelastningen:

Antal lediga rum	ALR
Antal läkare	AL
Antal övrig vårdpersonal	AÖV
Antal patienter ej träffat läkare	APETL
Antal patienter träffat läkare	APTL
Triageringsfärg på patienter	TPP
Tid på dagen	TPD
Veckodag	VD

Dessa parametrar skulle därför kunna vara input till vårt neurala nätverk. Parametrar till output skulle exempelvis kunna vara:

Antal inkommande patienter	AIP
Antal patienter som har träffat vårdpersonal	APTV

Ifall detta används till att prediktera output skulle en kvot kunna beräknas, $\frac{AIP}{APT_V}$ som i så fall skulle kunna spegla belastningen på mottagningen. Ett alternativ är att prediktera belastningen enligt avsnitt 5.1, med formeln som Weiss et al. tagit fram och då krävs parametrarna som beskrivs i detta avsnitt.

Som beskrivs i Vitkins och Solbers forskning är detta bara en bråkdel av möjliga parametrar. Parametrarna skulle likt det Reeger och Garrison beskriver kunna vara mer komplext, med många olika parametrar som samverkar. Det är dock inte givet att fler parametrar ger bättre prediktion, vilket beskrivs i avsnitt 5.1 Belastning på mottagningen. Vissa parametrar kan ge samma resultat och därför inte tillföra modellen något. För många dimensioner på vektorn med relevanta *features* kan leda till hög varians och kan därför göra algoritmen mindre tillförlitlig. Att välja ut enbart relevanta parametrar kan därför göra funktionen mer noggrann. Likt det Vitkin rekommenderar väljs samtliga parametrar under loppet av samma tidsintervall.

5.5 Scikit-bibliotekets implementering av MLP

Scikit-biblioteket i Python har implementerat en *supervised* MLP inlärningsalgoritm för neurala nätverk, MLP beskrivs i avsnitt 5.3. Med hjälp av ett set av *features*: $X = x_1, x_2, \dots, x_m$ och *target* y , hittar algoritmen alltså en approximerad icke-linjär funktion som kallas klassifierare ifall output är diskret och regression ifall output är kontinuerlig.

Som klassifierare i modellen studeras *MLPClassifier* från scikit-biblioteket vilken implementerar en MLP-algoritm vilken tränar modellen genom att använda backpropagering. MLP tränar på två vektorer, X av storlek $(n_{prover}, n_{features})$ och y av storlek (n_{prover}) .

MLPClassifier kan ha flera olika parametrar, några av vilka beskrivs här: *hidden_layer_sizes* anger hur många lager och hur många neuroner per lager som används i modellen. Exempelvis *hidden_layer_sizes*=(30,10,30,) innebär att det finns tre lager, med 30 neuroner i första och tredje och 10 i andra. [37]

Hur många *hidden layers* som ska användas är olika från fall till fall. Enligt Karpathy ger fler *hidden layers* bättre resultat än nätverk med bara ett *hidden layer*. Karpathy hävdar att detta inte kan förklaras utifrån teorin utan detta är en empirisk observation. Han beskriver att 3 lager är bättre än 2 lager men 4 lager eller fler sällan ger bättre resultat. [31]

Genom att öka storleken på det neurala nätverket ökar kapaciteten och rummet av representerade funktioner växer eftersom neuronerna kan uttrycka fler olika funktioner. Detta kan vara både bra och dåligt. Ett problem är *overfitting*, då en modell anpassas till databrus istället för den underliggande relationen, fler lager kan därmed

göra modellen mer osäker ifall datan inte är tillräckligt komplex. För att undvika *overfitting* finns det metoder som *L2-regularization*, *dropout*, *input noise*. [31]

Mindre nätverk har få minimum men vissa av dessa minima har stor *loss*, alltså mycket varians, och funktionen tenderar att konvergera till dessa minima. Större neurala nätverk har fler lokala minima men dessa är bättre i detta avseende. På grund av detta rekommenderar Karpathy att någon av metoderna nämnda ovan används för att minska risken för *overfitting* istället för att minska antalet *hidden layers*. [31]

Vilken aktiveringsfunktion som används anges med parametern *activation*, 'logistic' används här eftersom detta är ett vanligt val på aktiveringsfunktion, se ekvation 1 och beskrivning av funktionen under ekvationen.

Att hitta funktionen för att prediktera output är ett optimeringsproblem, där målet är att minimera *loss*-funktionen, beskriven i avsnittet 5.2 Introduktion till maskininlärning och neurala nätverk. Vilken lösningsalgoritm som MLPClassifier ska använda för optimering av vikter kan väljas. På scikits hemsida rekommenderar de *Adam* för stora datasets och det är denna som används. [38]

Adam är en stokastisk optimering där endast första gradens gradienter beräknas. En fördel med denna algoritm är att den är effektiv och kräver lite minne. Metoden beräknar *learning rates* för olika parametrar från första och andra momenten av gradienterna. Metoden använder sig av *step sizes* som är begränsade. Kingma rekommenderar följande parametrar: $\alpha = 0.001$, $\beta_1 = 0.9$, $\beta_2 = 0.999$ och $\epsilon = 10^{-8}$. [37] Momenten beräknas enligt följande formler:

$$m_t = \beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t \quad (5)$$

$$v_t = \beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t^2 \quad (6)$$

där $g_t = \nabla_{\theta} f_t(\theta_{t-1})$ och m_t, v_t är uppskattning av första och andra momentet av gradienten (väntevärdet och variansen). Ruder et al. fann att *Bias* blev stor då β_1 och β_2 var nära 1 och därför används inte m_t och v_t vid beräkning utan:

$$\hat{m}_t = \frac{m_t}{1 - \beta_1^t} \quad (7)$$

$$\hat{v}_t = \frac{v_t}{1 - \beta_2^t} \quad (8)$$

De använder följande formel för att uppdatera parametrarna:

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta}{\sqrt{\hat{v}_t \hat{m}_t}} \quad (9)$$

η beskriver lärningshastigheten och bestämmer storleken på stegen algoritmen tar för att nå det lokala minimat. [33]

Det finns fler parametrar som kan ställas in, exempelvis *alpha*, penalty parameter, *max_iter*, maximalt antal iterationer, *tol*, tolerans för optimering osv. Träningen pågår tills felet är mindre än den givna toleransen eller då maximalt antal iterationer uppnåtts.

För att göra träningen används *fit* från scikit-biblioteket och efter det används *predict* för att prediktera *labels* för nya prover.[38]

5.6 Slutsats kring prediktion av belastning

Att prediktera arbetsbelastning på akutmottagningar skulle kunna hjälpa personalen mycket, samtidigt är det en stor utmaning då både det som predikteras och hur det predikteras är komplext. Bara att beräkna arbetsbelastningen och finna ett bra mått på detta är en utmaning, då det finns många parametrar som spelar in på den upplevda arbetsbelastningen.

I studien av Vitkin et al. som beskrivits tidigare där arbetsbelastning predikterats använder Vitkin et al. en metod som kräver interaktion från personalens sida. Personalen får trycka på olika knappar som visar hur de upplever arbetsbelastningen vid en specifik tidpunkt. Denna information används som utput till det neurala nätverket. [35]

Denna metod är inte alltid genomförbar och det är därför alternativa metoder har beskrivits i denna rapport. Arbetsbelastningen är tänkt att beräknas och ett sätt är självklart att beräkna denna enligt formeln som Weiss et al. har tagit fram,[23] beskriven i avsnitt 15 Arbetsbelastning på akutmottagningar.

Arbetsbelastningen påverkas även av mer enkla samband, exempelvis kvoten av ingående och klara patienter, $\frac{AIP}{APTV}$, beskriven i avsnitt 5.4 Identifiering av relevanta parametrar för modell. Att beräkna en liknande kvot skulle också kunna ge en indikation för arbetsbelastningen och ha fördelen att personalen vet vad den står för och förstår vad som faktiskt är beräknat.

Det kan alltså finnas flera sätt att mäta akutmottagningens belastning och det är inte helt klart vilket som är det bästa sättet. Att använda sig av personalens upplevda arbetsbelastning likt Vitkin et al. gjorde skulle vara fördelaktigt då detta är den upplevda belastningen. Det finns samtidigt brister med denna metod. En personlig uppfattad stressnivå måste inte nödvändigtvis spegla den verkliga objektiva stressnivån på avdelningen, det kan vara flera faktorer som spelar in på den upplevda stressnivån, exempelvis personliga förutsättningar, erfarenheter och dagsform. Den

ställer också krav på att testpersonerna gör rättvisa bedömningar. Samtidigt kan formeln Weiss et al. använder vara felaktig och en kvot fokusera på fel faktorer. För att bedöma vilken metod som är bäst behöver detta studeras ytterligare och även testas på en akutmottagning för att kunna utvärderas.

6 Utvärdering och diskussion

Följande avsnitt beskriver och presenterar de resultat som kom till följd av de test som genomfördes på NÄL, förändringar som gjordes under testperioden samt potentiella utvecklingsmöjligheterna som finns för systemet. Utöver detta så presenteras även diverse diskussioner om systemet och dess delar.

6.1 Test av systemet

För att utvärdera hur systemet fungerade i praktiken och vilka eventuella förändringar som krävdes så utföres ett realtidstest av systemet på NÄL. Kandidatgruppen närvarade under denna testperiod för att plocka upp åsikter och eventuella problem.

6.1.1 Realtidstest av systemet på NÄL

ERICA kördes i ett realtidstest på NÄLs akutmottagning av och till under en två veckors period, med målet att finna defekter i systemets systemarkitektur. Samtidigt som testet genomfördes försöktes även funktionaliteten utvärderas samt personalens attityd till systemet uppmärksammas. Under testet gång uppstod det dock en del problem med anledning av felaktigheter i dataaggregeringen, vilket resulterade i att informationen som presenterades inte gick att lita på. Av detta skäl kunde inte ett fullständigt test av systemets funktion i det dagliga arbetet på mottagningen genomföras - vilket även gjorde det svårt att utvärdera personalens attityd till dess funktioner.

Utöver detta så kördes inte heller någon visualiseringen av mottagningens belastning med hänsyn till att måttet på hur hög den faktiska belastningen är inte hann utforskas ordentligt nog. Om bristfälliga mått och predikterade värden skulle presenterats hade detta med största sannolikhet endast skapat irritation hos användarna.

6.1.2 Förändringar under realtidstestet

Under testperioden utfördes två stora förändringar i systemets gränssnitt, en om-design av patientkortsmodulen samt en förändring av de färger som användes i gränssnitten vilka visualiserar status och plats för mottagningens patienter.

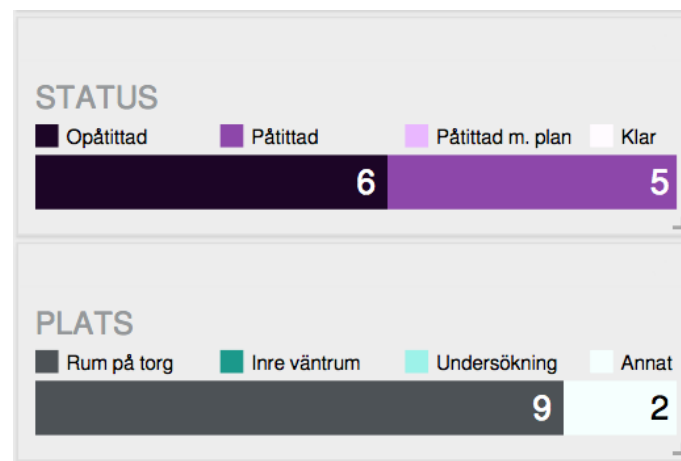
Förändringen av patientkortsmodulen verkställdes då det vid testet framkom önskemål från projektets handledare Kristofer Bengtsson om att de tre statusstegen påtittad, plan och klar skulle visualiseras tydligare för respektive patient. Detta då det är önskvärt baserat på att personalen jobbar mer processinriktat. Följaktligen skapades grafik i kortets nedre vänstra hörn vilket visar dessa händelser, sorterade efter den ordning de normalt sker och genom färgförändring också vilka som skett. Pilformen på respektive händelses fält skapar en framåtriktad känsla och indikerar tydligt det förväntade flödet patienten har genom mottagningen, se figur 22 för bild

på den omdesignade patientkortsmodulen. I och med detta förflyttades också informationen kring vilken klinik patienten tillhör upp i det högra hörnet och färgfältet vilket visade vilket torg eller team patienten befinner sig på togs bort då den oftast kan förstås genom kombinationen av klinik och rumsnummer.



Figur 22: Modulens utseende efter tillägg av tidslinje som visar om patienten blivit påtittad, har patientplan och ifall den är klar. I detta fall endast påtittad.

Då systemet för första gången presenterades på NÄL var det tydligt att färgerna i status- och platsdiagrammen ej gick att särskilja om inte alla var representerade i diagrammen. För att underlätta avläsningen av dessa ersattes de tidigare färgskalorna med färger där tydliga nyansskillnader fanns samt med triagefärgerna i åtanke för att skapa minimal förväxlingsrisk dem emellan. I figur 23 presenteras de nya färgerna i deras respektive grundmoduler. Statusfärgerna i väntrumsmodulen samt koordinators lägesöversikt för mottagningen har också ändrats till att följa samma färgskala.



Figur 23: Status- samt platsmodul i dess nya färgskala med tydligare nyansskillnader för bättre presentation på akutmottagningens skärmar.

6.2 Utvärdering av systemet och validering av resultat

För att validera att ett behov finns för systemet och dess funktioner så har en gruppdiskussion genomförts och personalens attityd till systemet observerats. Utöver detta var planen även att utföra en enkätundersökning där systeminnehålllets relevans, tydlighet och pålitlighet skulle kunna skattas. Denna enkät utformades men användes inte då systemets dataaggregering ej fungerade under testperioden.

6.2.1 Utvärdering genom gruppdiskussion

För att utvärdera systemet genomfördes en gruppdiskussion på NÄL där två koordinatorer närvarade. Under diskussionen presenterades systemet i helhet, koordinatorvyn, torgvyn samt en prototyp av ERICA utformad som mobilapplikation. Koordinatorerna ombads kommentera det som upplevdes relevant, vad som saknades på systemet samt övriga tankar på det som presenterades.

När koordinatorvyn diskuterades uppkom det att vissa av triagefärgerna var otydliga. Exempelvis var stapeln för ej triagerade patienter och färgen för rummen på medicin gul för ljusa. Färgerna som visades på förra årets version av ERICA var lättare att tyda, då de hade en mörkare ton. Vidare så uppfattades stapeldiagrammet på koordinatorvyn relevant men det hade varit problem tidigare med den gamla versionen att triagestapeln inte stämmer utan det visas för många i den, vilket upplevs frustrerande. Koordinatorerna hade även åsikter om att det var svårt att uppfatta vad skillnaden var på antalet patienter totalt relativt till patienter i team, vilket presenteras i överkant på stapeldiagrammet. Patienter som inte hör till något team vill inte personalen ska visas.

Ett nytt inslag på koordinatorvyn är att patienter som befinner sig i väntrummen visas, något vilket upplevdes som bra. Att visa att "plan" finns, vilken visualiseras genom en av symbolerna på patientkortet, är också nytt. Detta infördes eftersom det finns planer på att börja arbeta med patientplaner på NÄL och möjligheten finns att registrera denna händelse i ELVIS. I dagsläget används dock inte denna händelse och därför får inte heller ERICA tillgång till denna information. En problematik som kan göra att personalen inte registrerar denna händelse i ELVIS är att de inte kan se ifall händelsen har registrerats, vilket nu är tanken att tydligt visualisera i ERICA. Att visa "plan" ansågs därför bra att ha med inför framtiden ifall denna händelse börjar användas i ELVIS.

Diagrammen som fanns tidigare vilka visualiserade predikterade tider för tid till läkare, tid till triage och tid till klar diskuterade även. Här gavs en klar bild av att dessa orsakade stress för personalen samtidigt som tiderna var svåra att kunna lita på. En annan modul som inte existerar i årets system är modulen som visar mottagningens lediga rum i listformat. Koordinatorerna använder inte denna utan använder istället kartan för att se vilka rum som är lediga, men det finns tankar kring

att ambulanspersonal som inte har varit där tidigare och inte förstår tavlan skulle kunna ha nytta av att denna modul återvände. Under gruppdiskussionen menade koordinatörerna dock på att ifall ambulanspersonalen inte förstår tavlan och är nya på akutmottagningen hittar de ändå inte till rummen utan att fråga. Varpå denna information troligtvis inte tillför något. Symbolerna som användes på rummen på den gamla skärmen användes inte och var därför bra att de var borttagna.

Hur och var man vill visa belastningen diskuterades. Eftersom belastningen på mottagningen är något som kan vara komplext att beräkna är det viktigt att lägga tid på att ta fram genomtänkta algoritmer för en belastning som stämmer bra överens med verkligheten. Ifall en tillförlitlig belastning tas fram kan denna idén vara bra. Det finns dock en rädsla för att visualisera denna på de enskilda torgen då det skulle kunna leda till stress hos personalen och påverka arbetet negativt. Att visa detta i bakgrunden på torgvyerna, likt konceptet i figur 10, är bättre eller att endast visa det på koordinatörsvyn som beslutsstöd vid placering av nya patienter.

När torgvyn diskuterades påpekades det att det hade varit bra att veta varför patienter är klara, ifall de ska till avdelning eller hem. Detta skrivs idag in i kommentarsrutan i ELVIS vilket alltså är information som ERICA idag inte har tillgång till. Utöver detta så var det svårt att förstå vad symbolerna samt bokstäverna på patientkortet betyder men efter att dessa hade förklarats upplevdes de tydliga och bra att ha.

Väntelistan som finns i torgvyn upplevdes som ett stöd och det var bra att sortera patienterna efter först deras triagefärg och sedan dess väntetid. Modulen för plats kan upplevas upprepande då patientkortet innehåller information som delvis talar om detta, men det är svårt att veta innan den testats ordentligt. Det poängterades att det kan bli att personalen använder den mer när de testat systemet ett tag. Statusmodulen upplevdes mer väsentlig än platsmodulen och som något som kommer att användas.

Mobilapplikationsprototypen diskuterades med koordinatörerna och reaktionerna på denna var positiva. Exempelvis sa de att den var "super", "jättebra" och "just denna tycker jag om". Det poängterades dock att det kan ta tid att lära sig appen men att när dem har lärt sig den, kunna det vara till stor hjälp i deras arbete. Om exempelvis ambulansen ringer till dem och de inte är på rätt plats kan det vara smidigt att kunna kolla i appen hur läget ser ut utan att behöva tillgång till en dator. En slutkommentar från dem var "detta är framtiden".

Sammanfattningsvis tyckte de att det var lagom mycket information som visades på den nya vyn samt att skärmen som suttit uppe tidigare är enligt dem "guld för dem". De tror att man behöver lära sig systemet men att det är bra information och lättförståeligt. Det är speciellt hjälpsamt för dem nu när de jobbar med stream- och processteam då detta hjälper dem att få bra överblick på just deras patienter.

När systemet ska testas igen tycker de att det skulle vara bra att ha folk på plats för att kunna informera personalen kontinuerligt om hur det fungerar. De nämnde även att det skulle vara bra att ha en varningsfunktion ifall något inte fungerar korrekt i systemet, då detta skulle minska den frustration personalen känner då de upptäcker att systemet inte fungerat under en viss tid. Precis som Blomgren et. al tidigare diskuterat så vore det också bra ifall systemet kunde utvecklas så att personnummer kan användas,[8] vilket är en juridisk process. Med personnummer vore det enklare att få överblick och man skulle inte behöva kolla i båda systemen för att få en fullgod patientöverblick.

6.2.2 Utvärdering genom observationer

Under de två testveckorna på NÄL var planen att utföra observationer av hur personalen reagerade på installationen av det vidareutvecklade ERICA och dess funktioner. Då problem med dataaggregeringen resulterade i att systemet inte fungerade under en stor del av testperioden, inträffade detta inte i den utsträckning som planerats. Diverse observationer av deras reaktioner kring systemet kunde registreras, dock bör fortsatta observationer utföras i framtiden för att ytterligare förstå ERICAs roll i arbetet på akutmottagningen.

En essentiell observation som uppfattades var den frustration personalen upplevde då systemet ej fungerade som planerat. Denna frustration byggde på att dem inte kunde lita på den data som systemet presenterade för dem samt på att de själva var tvungna att upptäcka att informationen inte var korrekt. Det var även störande för personalen att de inte kunde åtgärda problemen med systemet som uppstod.

Annat som observerades var precis som vid gruppintervjun svårigheter att se vissa färger och om behovet av den tidigare listan med lediga rum i koordinatorvyn behövdes eller inte.

Utöver dessa frustrationer reagerade personalen generellt med en nyfikenhet kring systemet och ett flertal påpekade att detta var en smart idé samt att de var något de kunde tänka sig att använda när det väl fungerar.

6.3 Utvecklingsmöjligheter

Utvärderingen kring ERICA visade på att systemet kan utvecklas ytterligare för att kunna stötta personal på fler plan. Exempelvis diskuterades mobilappen, arbetsbelastningen och hur man kan hantera fel i systemet. Detta samt hur systemet kan implementeras för att användas på andra akutmottagnigar behandlas i det följande avsnittet.

6.3.1 App till koordinators mobil

Eftersom en eventuell mobilapplikation utformad för koordinаторerna var något som mottogs positivt under gruppdiskussionen, kan detta vara något intressant att arbeta vidare med. Då ERICA är ett webbaserat verktyg bör detta vara möjligt att implementera, kravet är dock att det införskaffas mobiltelefoner till koordinаторerna vilka kan stödja appen - något som inte finns i nuläget.

6.3.2 Beräkna och visualisera arbetsbelastning

Arbetsbelastning var något som var tänkt att användas i moduler på både team/torg- och koordinatörsvy för att hjälpa exempelvis koordinatören att bedöma hur arbetstungt det var på torgen och baserat på detta kunna fördela resurser. Den belastningsmetod som beskrivs i avsnitt 15 kommer från personal på NÄL, vilken kan vara fördelaktigt att använda sig av då detta är något personalen litar på. Däremot, det som beskrivs under avsnitt 5.4, skulle eventuellt också kunna användas, där man genom att beräkna en kvot kan få en uppfattning av hur stor belastningen är. Vilken algoritm som är bäst lämpad för att beräkna arbetsbelastningen behöver dock studeras noggrannare innan någon sådan kan användas på akutmottangingar.

6.3.3 Utföra och visualisera prediktion

Utifrån den teori som är beskriven i rapporten kan MLP-algoritmer implementeras och utvärderas för att utföra prediktion. Det finns även andra metoder och lösningsalgoritmer som skulle kunna användas utöver de som beskrivs i denna rapport, vilka kan vara intressanta att jämföra med. När algoritmerna har utvärderats och testats kan lösningsalgoritmer bestämmas och prediktionen testas. Utifrån diskussioner med personal på NÄL har det dock visat sig att personalen i dagsläget är skeptiska till prediktion efter dåliga erfarenhet vilket innebär att det är viktigt att ha trovärdiga prediktionsalgoritmer innan prediktionen visualiseras på NÄL. Förhoppningen är att skapa en tillförlitlig prediktion som kan hjälpa både sjuksköterskor och koordinatör att planera sitt arbete.

Tanken är att belastningen kan visas på varje torg, både i realtid samt framtid. Detta skulle exempelvis kunna visualiseras enligt figur 15.

6.3.4 Möjligheter med ytterligare information från ELVIS

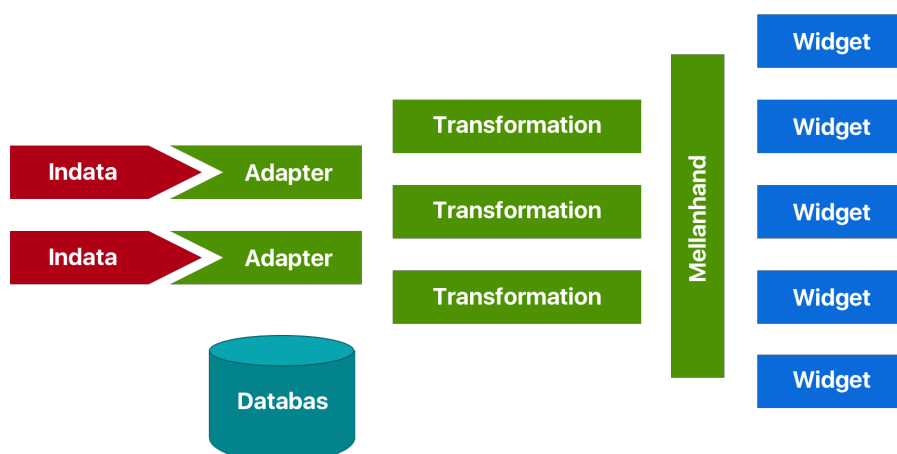
I ELVIS registreras idag information som inte finns tillgänglig i ERICA, exempelvis namn och personnummer samt information i ett kommentarsfält. Tillgång till namn och personnummer skulle göra det möjligt att på ett annat sätt följa individer i ERICA och minska personalens behov att kontrollera mot ELVIS för att säkerställa vem som befinner sig i ett visst rum exempelvis. Kommentarer i kommentarsfältet

skulle göra det möjligt att presentera många nya typer av information i ERICA, och då kommentarsfältet är ett fritextfält så skulle detta vid behov kunna användas för att föra in olika sorters data som önskas presenteras.

Ett önskemål från personalen på NÄL var att veta vad de patienter vilka har dragits till statusen "klar" väntar på för att kunna lämna mottagningen. Detta begränsas på grund av avsaknaden av kommentarsfältet där denna information registreras. Utöver detta finns också information kring patientens symptom och provsvar, vilken om den var tillgänglig skulle kunna presenteras på ett utökat och interaktivt patientkort och bidra till ett mer komplett system.

6.3.5 Expansionsmöjligheter

ERICA är byggt för att vara utökningsbart. I avsnitt 4 Systemarkitektur presenteras ERICAs uppbyggnad. En schematisk översikt visas i figur 24 där det i projektet beskrivna systemet har utökats med ytterligare möjliga datakällor. "Indata" är den information som idag hämtas från ELVIS. Andra indatakällor skulle också kunna tänkas användas. Ett exempel kunde vara information om anställda: vem som arbetar när och i vilka teamkonstellationer arbetet bedrivs. Sådana faktorer kan tänkas påverka arbetsprestationen, varför denna information kan vara intressant att använda i exempelvis prediktioner. Som bilden visar är indata tänkt att kunna anlåda från flera olika källor, adapteras så att den lätt kan hanteras internt och sedan loggas för att hålla en lista över alla tillståndsförändringar. Därefter kan indatan transformeras i backend-tjänster, här "Patient" (som redan finns implementerad som "ElvisDataHandlerService"), "Prediktion" och "Anställda", innan den presentationsfärdiga informationen cacheas i blocket "Mellanhand" för distribution till respektive widget. Med denna uppbyggnad kan ett eller flera av "lagren" indatakälla, backend-tjänst och presentationsmodul utökas vid behov.



Figur 24: Schematisk översikt över kommunikation mellan AKKA actors.

6.3.6 Felhantering

Eftersom det framkom under gruppdiskussionen och utvärderingsobservationerna att det uppstår stora frustrationer då systemet slutar att fungera finns det en stor vits att utveckla ett bra felhanteringssystem i ERICA. Detta system bör på ett smart sätt meddela då ett fel uppstått och hur detta kan avhjälpas. Med ett sådant system skulle personalen direkt när problemet uppstår få veta detta och därefter kunna hantera felet enligt de givna instruktionerna istället för att ERICA står på och visar felaktig information.

6.3.7 Användning av systemet på ytterligare mottagningar

Arbetet att anpassa ERICA för andra mottagningar bör inte vara allt för stort så länge mottagningen använder sig utav ELVIS samt RETTS-systemet. Gällande de nu existerande widgetsen så är det endast rumskartan som kommer behövas byggas upp på nytt utifrån hur den aktuella mottagningen ser ut - något som inte tar lång tid. Utöver detta så måste även diverse namn för grafer anpassas för att spegla mottagningens specifika namn. För backenden måste endast en viss sortering av patienter för olika team justeras då eventuellt andra teamkonstellationer används på andra mottagningar.

7 Slutsats

ERICA har implementerats i SP och har en uppbyggnad vilken underlättar utbyggnad till andra akutmottagningar men också andra medicinska mottagningar i övrigt. ERICAs koordinatorvy har visat sig vara till stor hjälp för personal på NÄL och de är även positiva till de nya vyerna som utvecklats.

På konceptredovisningen där en stor andel av personalen deltog upplevde de att det var positivt med mer överblick och både koordinatorvyn och torgvyn togs emot väl. Under gruppdiskussion med koordinatörer på NÄL upplevdes det att modulerna kunde hjälpa dem i arbetet samt att systemet har beskrivits som lätthanterligt och tydligt.

Det finns fortfarande förbättringsmöjligheter, exempelvis att ERICA får tillgång till information i ELVIS kommentarsfält. Med denna information tillgänglig skapas nya möjligheter att stötta personalen genom att presentera all ELVIS-information på ett tydligt sätt i ERICA och bidra till att stärka överblicken ytterligare.

Nästa steg är att bygga ut systemet och införa det på andra akutmottagningar. De flesta widgetarna är generiska och i avsnitt 6.3.7 beskrivs huruvida widgetarna måste förändras eller inte. Exempelvis måste rumskartemodulen ritas om för nya mottagningar. I övrigt är systemet anpassat så att akutmottagningarna ska kunna använda de moduler som är viktiga för dem och på så sätt enkelt möta mottagningsarnas behov genom ERICA.

Det skulle även vara intressant att implementera den mobila applikation, vilken har utformats för koordinatör. Detta eftersom den mottogs positivt av personal på NÄL. För att kunna vidareutveckla idéer kring prediktion behöver algoritmer och metoder som beskrivs i denna rapport utvärderas samt jämföras mot alternativa metoder. När en tillförlitlig prediktion tagits fram kan belastningsgrafer utformas och inkluderas i systemet och därefter utvärderas på en akutmottagning.

Referenser

- [1] Socialstyrelsen, "Väntetider och patientflöden på akutmottagningar - rapport december 2015", 2015. [Online]. Tillgänglig:http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/19990/*2015-12-11.pdf. Hämtad: 27 januari, 2017.
- [2] Statens beredning för medicinsk utvärdering, "Triage och flödesprocesser på akutmottagningen", s.39, 2010. [Online]. Tillgänglig:http://www.sbu.se/contentassets/79b7a8f6aaad46dcbc988cffed33339f/*triage_fulltext2.pdf. Hämtad: 27 januari, 2017.
- [3] Socialstyrelsen, "Väntetider vid sjukhusbundna akutmottagningar - rapport december 2013", 2013. [Online]. Tillgänglig:http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/19259/*2013-12-2.pdf Hämtad: 27 januari, 2017.
- [4] K. Göransson, A.C. Eldh, A. Jansson, *Triage på akutmottagning*, Stockholm, Sverige: Studentlitteratur, 2008.
- [5] R. Beveridge et al. (6 namn ska vara med), "Implementation Guidelines for the Canadian Emergency Department Triage & Acuity Scale (CTAS)", 1998. [Online]. Tillgänglig:<http://caep.ca/sites/caep.ca/files/caep/files/ctased16.pdf> Hämtad: 27 januari, 2017.
- [6] Prehospitalt och Katastrofmedicinskt Centrum, Västra Götalandsregionen, "Behandlingsriktlinjer för ambulanssjukvården 2016, s. 8, 2015. [Online]. Tillgänglig:<http://www.vgregion.se/upload/PKMC/BR%20VGR%202016%20-.pdf>. Hämtad: 27 januari, 2017.
- [7] 1177 Vårdguiden, "Hitta rätt i sjukvården", 1177 Vårdguiden, 2015. [Online]. Tillgänglig:<http://www.1177.se/Vastra-Gotaland/Regler-och-rattigheter/Hitta-ratt-i-sjukvarden/>. Hämtad: 27 januari, 2017.
- [8] E. Blomgren, O. Henriksson, L. Johansson, E. Lindelöf, M. Pettersson, Å. Söderlund, "Utformning och utveckling av ERICA: ett digitalt beslutsstöd för akutmottagningen på NÄL", examensarbete, Institutionen för Signaler och system, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, Sverige, 2016.
- [9] L. M. Berg, A. Ehrenberg, J. Florin, J. Östergren, K. E. Göransson, "An observational study of activities and multitasking performed by clinicians in two Swedish emergency departments", *European Journal of Emergency Medicine*, 2011-08-22, vol: 00, ss:1-6, doi: 10.1097/MEJ.0b013e32834c314a, Hämtad: 2017-04-29, Tillgänglig: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21934505>

- [10] A. Cooper, R. Reimann, D. Cronin och C. Noessel, *About Face: The essentials of Interaction Design*. Indianapolis, Indiana, USA: Wiley. 2014.
- [11] Å. Wikberg-Nilsson, Å. Ericsson och P. Törlind, *Design: Process och metod*. Sverige: Studentlitteratur, 2015.
- [12] L-O. Bligård, "ACD³: Utvecklingsprocessen ur ett människa-maskinperspektiv", *Institutionen för produkt och produktionsutveckling*, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.1954.4400
- [13] Jakob Nielsen, "10 Usability Heuristics for User Interface Design", nngroup.com, 1995, [Online]. Tillgänglig: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> Hämtad: 4 april, 2017.
- [14] S. Jones et al. "The impact of application system messages on the usability of healthcare software applications", Irland, 2016. DOI: 10.1109/CBMS.2016.38
- [15] Sveriges Kommuner och Landsting, "Ergonomi, arbetsmiljö", skl.se Tillgänglig: <https://skl.se/arbetsgivarekollektivavtal/arbetsgivarfragor/arbetsmiljo/fysiskarbetsmiljo/ergonomi.9763.html> Hämtad: 4 maj, 2017.
- [16] AFS 1998:5 "Arbete vid bildskärm -Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om arbete vid bildskärm samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna". Tillgänglig: <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbete-vid-bildskarm-foreskrifter-afs1998-5.pdf> Hämtad: 3 maj, 2017.
- [17] J. Anthony B. Spalding, "Colour vision deficiency in the medical profession", *British Journal of General Practice*, Juni, 1999. Tillgänglig: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1313448/pdf/10562750.pdf> Hämtad: 3 maj, 2017.
- [18] A. Chaparro, M. Chaparro, "Applications of Color in Design for Color-Deficient Users", *Ergonomics in Design* Vol 25, Utgåva 1, ss. 23 - 30, November 2016. DOI:10.1177/1064804616635382 Tillgänglig: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1064804616635382> Hämtad: 3 maj 2017
- [19] G. Coady, "A pocket guide - Colour Accessibility", Penarth, Storbritannien: Five Simple Steps, 2013. Tillgänglig: <https://gumroad.com/l/loura11y> Hämtad: 15 April 2017
- [20] B.Jenny, N. Vaughn Kelso, "Color Oracle". Tillgänglig: <http://colororacle.org/index.html> Hämtad: 15 April 2017

- [21] K. Bengtsson och B. Lennartson, "Patient coordination in emergent departments using an event-based information architecture", Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA), s. 1–6, 2013. doi : 10.1109/ETFA.2014.7005059.
- [22] Facebook Inc, "React", 2013. [Online]. Tillgänglig: <https://facebook.github.io/react/>, Hämtad: 11 Maj, 2017
- [23] S. J. Weiss, D. B. Rogers, F. Maas, A. A. Ernst och T. G. Nick, , "Evaluating community ED crowding: the Community ED Overcrowding Scale study", American Journal of Emergency Medicine, vol: 32, ss: 1357-1363, jun. 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2014.08.035>, Tillgänglig: <http://search.proquest.com/docview/1619572499/fulltextPDF/FF14DD4A96AD49D0PQ/1?accountid=10041> Hämtad: 2 april, 2017
- [24] M.N. Rahman, A. Esmailpour och J. Zhao, "Machine Learning with Big Data An Efficient Electricity Generation Forecasting System", Big Data Research, Science Direct, vol: 5, ss. 9-15, sep. 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bdr.2016.02.002>, [Online], 2016, Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com.proxy.lib.chalmers.se/science/article/pii/S2214579616300181>, Hämtad: 20 mars, 2017
- [25] A. Munoz, "Machine learning and optimization", Courant Institute of Mathematical Sciences, New York, Tillgänglig: https://www.cims.nyu.edu/~munoz/files/ml_optimization.pdf, Hämtad: 20 mars, 2017
- [26] T.M Mitchell, "The Discipline of Machine Learning", School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2006, Tillgänglig: <http://www.cs.cmu.edu/~tom/pubs/MachineLearning.pdf>, Hämtad: 21 mars, 2017
- [27] Z. Zhao och H. Liu, "Spectral Feature Selection for Supervised and Unsupervised Learning", Arizona State University, 2007, Tillgänglig: <http://www.machinelearning.org/proceedings/icml2007/papers/444.pdf>, Hämtad: 28 mars, 2017
- [28] J.J. Oliver, R.A. Baxter och C.S Wallace, "Unsupervised Learning Using MML", Monash University, Clayton, Victoria, Australia, 1996, Tillgänglig: <http://vladestivill-castro.net/teaching/kdd.d/readings.d/oliver96unsupervised.pdf>
- [29] C. Mair, G. Kadoda, M. Lefley, K. Phalp, C. Schofield, M. Shepherd och S. Webster, "An investigation of machine learning based prediction systems", Journal of Systems and Software, vol: 53, ss. 23-29, jul 2000, doi: [http://dx.doi.org.proxy.lib.chalmers.se/10.1016/S0164-1212\(00\)00005-4](http://dx.doi.org.proxy.lib.chalmers.se/10.1016/S0164-1212(00)00005-4), Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com.proxy.lib>.

- chalmers.se/science/article/pii/S0164121200000054, Hämtad: 17 mars, 2017
- [30] I. N. da Silva, D. Hernane Spatti, R. Andrade Flauzino, L. H. B. Liboni och S. F. dos Reis Alves, "Artificial Neural Network Architectures and Training Processes", Artificial Neural Networks, Springer International Publishing, 2016
 - [31] A. Karpathy, "Setting up the Architecture", CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition, Hämtad: 2017-04-18, Tillgänglig: <http://cs231n.github.io/neural-networks-1/>
 - [32] A. Karpathy, "Optimization", CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition, Hämtad: 2017-04-18, Tillgänglig: <http://cs231n.github.io/optimization-1/>
 - [33] S. Ruder, "An overview of gradient descent optimization algorithms", Aylien Ltd Dublin, 2016-09-15, Hämtad: 2017-04-18, Tillgänglig: <https://arxiv.org/pdf/1609.04747.pdf>
 - [34] W. Wan, S. Mabu, K. Shimada, K. Hirasawa och J. Hu, "Enhancing the generalization ability of neural networks through controlling the hidden layers", Applied Soft Computing, ScienceDirect, doi: 10.1016/j.asoc.2008.01.013, Tillgänglig: http://ac.els-cdn.com.proxy.lib.chalmers.se/S1568494608000902/1-s2.0-S1568494608000902-main.pdf?_tid=537ba9e6-14a8-11e7-a58a-00000aacb35d&acdnat=1490810064_f56bdce863e9d47100ffafeb8506e0f4
 - [35] E. Vitkin, B. Carmeli, O. Greenshpan, D. Baras och Y. Marmor, "Neural Networks Application on Emergency Department Load Measurement", Studies in Health Technology and Informatics, 2010, Tillgänglig: <https://web.iem.technion.ac.il/images/see-lab/ocr/nnl.pdf>, Hämtad: 21 mars, 2017
 - [36] L.I Solberg, B.R: Asplin, R.M. Weinick och D.J. Magid, "Emergency Department Crowding, Consensus Development of Potential Measures", the Americans College of Emergency Physicians, 2003, Tillgänglig: http://ac.els-cdn.com.proxy.lib.chalmers.se/S0196064403008163/1-s2.0-S0196064403008163-main.pdf?_tid=025c33b6-1145-11e7-9e5d-00000aab0f6c&acdnat=1490437554_3dd9d28d3932c28357eccb76942f770b
 - [37] D.P. Kingma, J.L Ba, "ADAM: A METHOD FOR STOCHASTIC OPTIMIZATION", CoRR, 3rd International Conference for Learning Representations, San Diego, 2015, Tillgänglig: <https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf>

- [38] scikit-learn developers, "1.17 Neural network models (supervised)", scikit learn, 2016, Tillgänglig: http://scikit-learn.org/stable/modules/neural_networks_supervised.html

A Kravlista

A.1 Generella krav för systemet

Krav	Prioritet
Systemet ska vara enkelt att överblicka	Hög
Systemet ska ej vara intrusivt	Hög
Systemet ska kunna hantera de ofta återkommande organisatoriska förändringarna	Hög
Systemet ska vara brukbart utanför VGR-it:s system	Hög
Systemet ska placeras på relevanta platser	Hög
Systemet ska presentera relevanta mätetal för prediktion	Hög
Systemet ska ha förmåga att hantera skillnader i input till ELVIS	Hög

A.2 Funktionskrav för systemet

Funktionskrav	Funktionstyp	Prioritet
Systemet ska skapa lägesöversikt	Huvudfunktion	Hög
Systemet ska underlätta beslutsfattande kring fortsatt handläggning av patient	Huvudfunktion	Hög
Systemet ska underlätta kommunikation med annan vårdpersonal	Huvudfunktion	Hög
Systemet ska underlätta placering av patient i passande team	Delfunktion	Hög
Systemet ska underlätta fördelning av personal på team	Delfunktion	Hög
Systemet ska tydliggöra patienters triageringsgrad enligt RETTS	Delfunktion	Hög
Systemet ska tydliggöra patienters kliniktilhörighet	Delfunktion	Hög
Systemet ska tydliggöra patienters teamtilhörighet	Delfunktion	Hög
Systemet ska endast presentera för teamet relevanta patienter	Delfunktion	Hög
Systemet ska tydliggöra vilka rum som är lediga/upptagna	Delfunktion	Hög

Funktionskrav	Funktionstyp	Prioritet
Systemet ska tydliggöra utförda och aktuella händelser för inskrivna patienter	Delfunktion	Hög
Systemet ska tydliggöra antal icke triagerade patienter	Delfunktion	Hög
Systemet ska tydliggöra om patientplan finns eller ej	Delfunktion	Hög
Systemet ska tydliggöra mängd patienter i inre väntrum	Delfunktion	Medel
Systemet bör informera om patientplan	Stödfunktion	Medel
Systemet bör tydliggöra om patienter kommit via kassa eller ambulans	Stödfunktion	Medel
Systemet bör meddela vid hög patientbeläggning	Stödfunktion	Medel
Systemet bör meddela om uteblivna men förväntade händelser	Stödfunktion	Medel
Systemet bör underlätta koordinatorarbete ytterligare (med patientspecifik information)	Stödfunktion	Låg (begränsningar i ELVIS-data)
Systemet bör informera om var personal ska vara placerad under pass	Stödfunktion	Låg
Systemet bör informera om var specifik person i personalstyrkan befinner sig	Stödfunktion	Låg
Systemet bör informera patienter	Stödfunktion	Låg

B Personas och personascenarion

B.1 Koordinator - Gunilla Olsson, 59 år

Gunilla är en erfaren sjuksköterska som jobbat inom vården i mer än 30 år och har nu sedan 5 år tillbaka jobbat som koordinator på NÄLs akutmottagning. På akutmottagningen är Gunilla den man går till oavsett om en är hennes kollega eller om en är patient, ställer någon en fråga så har Gunilla svar på den eller vet i alla fall vilken annan person frågan ska till. Som koordinator är hennes arbetsuppgifter att styra upp flödet på mottagningen genom att bland annat fördela patienter i rum, se över arbetssituationen på mottagningens olika team, svara på frågor i telefon eller direkt på plats samt att samla personal i team när det kommer ett larm, en kan säga att hon är den där spindeln i nätet på mottagningen som har koll på det mesta. Det Gunilla gillar med sitt jobb är att hon får bistå med kunskap och stöd till sina kollegor samt att hon får se till att situationen på mottagningen är i balans.

Ankomst av ambulanspatient

Telefonen ringer och Gunilla får information om att det snart kommer att inkomma en ambulanspatient, hon noterar detta och patientens sökorsak. När ambulanssköterskan kör in patienten på mottagningen frågar hen Gunilla vilket rum patienten ska köras till och Gunilla slänger en snabb blick på hennes koordinatorskärm och ser att rum 52 är ledigt och ligger på ett passande torg. Hon meddelar ambulanssköterskan det och denne kör patienten direkt dit. Då Gunilla snabbt tittar på skärmen igen ser hon att dess siffra för triage har gått upp, så hon undersöker i ELVIS om det kan vara så att det berodde på ambulanspatienten som just ankom, och hon ser att denne ej har registrerats för påbörjad triage än. Gunilla flyttar patienten till triage i ELVIS och ser då att siffran på koordinatorskärmen går ner och känner sig nöjd.

Omplacera patient

Gunilla får ett telefonsamtal från Madde, en teamsköterska, som säger "Vi har väldigt många tunga patienter just nu på vårt team, skulle patienten på rum 45 kunna flyttas till det andra medicintorget?". Gunilla ställer lite frågor kring patienten och förstår vilken typ av patient detta är och bestämmer sig för att se om det verkar mer passande att patienten flyttas till det andra medicintorget. Gunilla kollar på koordinatorskärmen och ser att det torget har fler lediga rum och färre vårdtunga patienter just nu samt att dess belastningsmått är lägre än på Maddes torg, så hon anser att det är passande att flytta patienten till det andra torget. Gunilla meddelar detta till Madde och ber henne gå och prata med sköterskorna på det andra torget för att dubbelkolla att de är okej med det, men att hon ska hälsa att Gunilla tror att det är det bästa att göra just nu.

Förutsäga framtida läge på akuten

Gunilla har varit ute i kassan för att se över hur många patienter som ej triagerats

ännu och märker då att väntrummet är fullt av patienter. Hon vet sedan innan att läget inne på mottagningen är rätt stressigt och hon misstänker att antalet patienter som skrivs ut inte direkt kommer upp det höga antal som ska in på mottagningen den närmsta tiden. Gunilla går tillbaka till koordinatorskärmen och ser där att hon förstått rätt, det är mycket högre inflöde än utflöde av patienter och hon ser också att det troligen kommer att bli en ännu större skillnad de närmsta timmarna. Med den informationen så förstår hon att hon måste ringa in mer personal för att det ska gå så smidigt som möjligt resten av dagen - hoppas någon har möjlighet att komma in på så kort varsel...

B.2 Teamsköterska - Madeleine "Madde" Andersson, 32 år

Madde jobbar som teamsjuksköterska på NÄLs akutmottagning sedan 5 år och trivs som fisken i vattnet då hon både får hjälpa människor på daglig basis men också för att arbetet är så snabbt och utmanande. På sitt torg där Madde jobbar så har hon många arbetsuppgifter där den viktigaste är att medicinskt ta hand om patienter genom att ge dessa mediciner och utföra undersökningar på dem som exempelvis provtagning och EKG. Ibland måste detta dock pausas för att väldigt akuta patienter kommer in på larm och Madde får hjälpa till där. I arbetet behöver Madde hålla koll på mycket information och hon har förutom sitt eget minne också tillgång till ett antal olika informationssystem. Dessa är både digitala, som ELVIS och Melior, och analoga, som sekretesslappar och akutjournaler. Trots detta upplever Madde att det är mycket att hålla koll på och att det ibland i all stress är lätt att glömma att kolla om exempelvis ett röntgensvar är klart, vilket hon tycker är frustrerande och får henne att känna att hon inte räcker till.

Stressig dag

Det är en fartfylld dag på akutmottagningen och Madde vill snabbt se vilken av hennes patienter som väntat längst på "tillsyn". Madde tittar på skärmen och ser att patienten i rum 50 har väntat hela 2 timmar sedan senaste tillsyn och att det senaste händelsen för patienten var att denne var på röntgen. Madde kollar i Melior för att se om röntgensvaret har kommit, vilket det har. Madde tittar på skärmen för att se om det finns en plan för patienten, vilket det ej finns, så hon meddelar teamläkaren om röntgensvaret och ser till att denne meddelar svaret till patienten.

Delat torg

Madde jobbar idag på det relativt nya streamteamet vilket delar torg med akutläkarteamet, vilket ibland kan göra det svårt att veta var och vilka hennes patienter är. Så när Madde snabbt vill se vilka patienter som tillhör hennes team brukar hon titta på skärmen, då kan hon snabbt kan reda ut detta. Just idag är visst patienterna i rum 49, 51 och 54 hennes, härligt!

C Kodstrukturer

C.1 Meddelande till Google Cloud PubSub i JSON-format

```
{
  "patients": [
    {
      "CareContactId": 46XXXXX,
      "CareContactRegistrationTime": "2017-05-09T05:35:00Z",
      "DepartmentComment": "",
      "Events": [
        {
          "CareEventId": 46XXXXX,
          "Category": "P",
          "End": "0001-01-02T23:00:00Z",
          "Start": "2017-05-09T06:02:00Z",
          "Title": "Gul",
          "Type": "PRI03",
          "Value": "Gul",
          "VisitId": 47XXXXX
        },
        .
        .
        .
        {
          "CareEventId": 46XXXXX,
          "Category": "T",
          "End": "2017-05-09T06:02:00Z",
          "Start": "2017-05-09T06:02:00Z",
          "Title": "Triage",
          "Type": "TRIAGE",
          "Value": "TRIAGE",
          "VisitId": 47XXXXX
        }
      ],
      "Location": "54",
      "PatientId": 3XXXXX,
      "ReasonForVisit": "ALL",
      "Team": "NAKKI",
      "VisitId": 47XXXXX,
      "VisitRegistrationTime": "2017-05-09T05:35:00Z"
    },
    .
  ]
}
```

```
.
.
{
  "CareContactId":46XXXXX,
  "CareContactRegistrationTime":"2017-05-09T04:58:00Z",
  "DepartmentComment":"",
  "Events": [
    {
      "CareEventId":46XXXXX,
      "Category":"T",
      "End":"2017-05-09T05:33:00Z",
      "Start":"2017-05-09T05:33:00Z",
      "Title":"Triage",
      "Type":"TRIAGE",
      "Value":"TRIAGE",
      "VisitId":47XXXXX
    },
    .
    .
    .
    {
      "CareEventId":46XXXXX,
      "Category":"P",
      "End":"0001-01-02T23:00:00Z",
      "Start":"2017-05-09T05:33:00Z",
      "Title":"Grön",
      "Type":"PRI04",
      "Value":"Grön",
      "VisitId":47XXXXX
    }
  ],
  "Location":"39",
  "PatientId":5XXX,
  "ReasonForVisit":"B",
  "Team":"NAKOR",
  "VisitId":47XXXXX,
  "VisitRegistrationTime":"2017-05-09T04:58:00Z"
}
]
```

C.2 Klasser för att samla patientinformation i "GPubSubService"

```
case class ElvisPatient(  
  CareContactId: Int,  
  CareContactRegistrationTime: String,  
  DepartmentComment: String,  
  Events: List[ElvisEvent],  
  Location: String,  
  PatientId: Int,  
  ReasonForVisit: String,  
  Team: String,  
  VisitId: Int,  
  VisitRegistrationTime: String  
)
```

```
case class ElvisEvent(  
  CareEventId: Int,  
  Category: String,  
  End: String,  
  Start: String,  
  Title: String,  
  Type: String,  
  Value: String,  
  VisitId: Int  
)
```

```
case class NewPatient(  
  timestamp: String,  
  patient: ElvisPatient  
)
```

```
case class PatientDiff(  
  updates: Map[String, JValue],  
  newEvents: List[ElvisEvent],  
  removedEvents: List[ElvisEvent]  
)
```

```
case class RemovedPatient(  
  timestamp: String,  
  patient: ElvisPatient  
)
```

C.3 Klass för att samla händelseinformation enligt ERICA-standard

```
case class EricaEvent(CareContactId: Int,  
  Category: String,  
  End: String,  
  Start: String,  
  Title: String,  
  Type: String,  
  Value: String,  
  VisitId: Int  
)
```

C.4 Klass för att samla all befintlig patientinformation inför kommunikationsutbyte

Typen sänds med i ett meddelande som kommuniceras via ett PubSub-protokoll.

```
sealed trait ElvisEvent  
case class ElvisData(  
  events: List[api.EricaEvent]  
) extends ElvisEvent
```

C.5 Klass för att samla patientegenskaper för specifik patient

```
case class EricaPatient(  
  CareContactId: Int,  
  DepartmentComment: String,  
  Location: String,  
  ReasonForVisit: String,  
  Clinic: String,  
  Priority: String,  
  LatestEvent: String,  
  LatestEventTimeDiff: Long,  
  IsAttended: Boolean,  
  OnExamination: Boolean,  
  HasPlan: Boolean,  
  IsFinished: Boolean,  
  VisitId: Int,  
  VisitRegistrationTime: String  
)
```