



Utformning och utveckling av ERICA: ett digitalt beslutsstöd för akutmottagningen på NÄL

Kandidatarbete vid institutionen för Signaler och system

ELIN BLOMGREN
OSKAR HENRIKSSON
LINNÉA JOHANSSON
EDVARD LINDELÖF
MARTIN PETTERSSON
ÅSA SÖDERLUND

Utformning och utveckling av ERICA: ett digitalt beslutsstöd för akutmottagningen på NÄL

ELIN BLOMGREN
OSKAR HENRIKSSON
LINNÉA JOHANSSON
EDVARD LINDELÖF
MARTIN PETTERSSON
ÅSA SÖDERLUND

Handledare: Kristofer Bengtsson
Examinator: Knut Åkesson

Abstract

Background: Work coordination at emergency rooms is a challenging task. A vast amount of information is being registered as work proceeds, but few attempts have been made to transform and visualize this information to benefit coordination and overview.

Objective: This paper describes the prototyping and implementation of Emergency Room Information and Coordination Assistant (ERICA), a virtual decision dashboard for emergency departments. The purpose of the system is to ease planning and facilitate rapid, well-grounded decision making.

Methods: The development of ERICA has been carried out in conjunction with the staff at the emergency room at the hospital Norra Älvsborgs Länssjukhus (NÄL) of Region Västra Götaland, Sweden. Before and during development, there has been access to the data that is continuously entered into NÄLs information system ELVIS, as well as historic data from April 2015 and onwards.

Results: ERICA consists of a data handling architecture and a user interface in the form of a web application. The visualised information consists of presently known data as well as certain predicted wait times. The target audience is the departments nurses – the staff subgroup in charge of most of the work planning. During a seven day test-run, ERICA was positively received and quickly became a natural tool for some aspects of the work coordination. The attempts at predicting wait times shows how any of several machine learning models could be used to give a hint about the trend in average wait times, while more accurate prediction requires thorough work with adjustment and choice of parameters.

Conclusion: Demand for a virtual dashboard as the one described in this paper is high. ERICA and similar systems could potentially become a naturally integrated part of work at emergency departments in the future.

The thesis is written in Swedish.

Sammandrag

Bakgrund: Att planera arbetet på en akutmottagningsavdelning är en stor utmaning. Det registreras en stor mängd information medan arbetet fortgår, men system som ordentligt utnyttjar denna information för att skapa överblick och främja arbetsplaneringen saknas.

Syfte: Denna rapport beskriver prototypframtagningen och implementeringen av systemet Emergency Room Information and Coordination Assistant (ERICA), ett visuellt beslutstöd för akutmottagningar. Systemets syfte är att underlätta planering och öka möjligheten att fatta välgrundade beslut.

Utförande: Utvecklingen av ERICA har skett i samarbete med personal på akutmottagningen vid Norra Älvsborgs Länssjukhus (NÄL) i Västra Götalands län. Det fanns tillgång till den data som kontinuerligt skrivs in i NÄLs informationssystem ELVIS samt till historisk data från och med april 2015.

Resultat: ERICA består av en databehandlingsdel och ett användargränssnitt i form av en webbapplikation. Informationen som visas upp består av redan känd data samt vissa predikterade väntetider. Verktøjets målgrupp är mottagningens sjuksköterskor – den yrkesgrupp som sköter större delen av arbetsplaneringen. Under en sju dagar lång testkörning mottogs ERICA positivt och blev snabbt ett naturligt verktyg för att organisera arbetet. Prediktionsförsöken visar att flera olika machine learning-metoder kan användas för att ge en fingervisning om utvecklingen av medelväntetider på akutmottagningen.

Slutsats: Efterfrågan på den typ av visuellt beslutstöd som denna rapport beskriver är stor. ERICA och liknande system har potential att i framtiden bli en naturlig del av arbetet på akutmottagningar.

Förord

ERICA, det digitala verktyg som beskrivs i denna rapport, är en del av ett kandidatarbete vid Institutionen för Signaler och system på Chalmers tekniska högskola, omfattande 15 hp under vårterminen 2016. Projektgruppen bestod av sex studenter från programmen Automation och mekatronik, Datateknik, Teknisk design samt Teknisk fysik.

För att underlätta vidareutveckling av detta projekt samt möjliggöra spridning av den uppkomna kunskapen finns all producerad källkod tillgänglig på GitHub under <https://github.com/ssyx02-16-03>.

Kring utvecklingen av ERICA finns det många personer att tacka för bidrag med tankar och kunskap, men några har utmärkt sig lite extra:

Tack till vår handledare teknologie doktor Kristofer Bengtsson för ditt engagemang och din vägledning. Tack också för tillgång till kunskap och källkod som gav oss en bra grund att bygga projektet på.

Tack till vår examinator docent Knut Åkesson för bra samarbete och givande samtal om vetenskapliga rapporter.

Tack till Caroline Fruberg, utvecklingsledare i NU-sjukvården, samt resten av personalen på akutmottagningen på NÄL för informativa studiebesök, svar på frågor på alla nivåer och för värdefulla tankar och åsikter om prototyperna. Tack för att ni trodde på idén och var villiga att testa.

Tack till Insieme Consulting och teamet bakom ELVIS för att ni givit oss tillgång till den bakgrundsdata vi behövt för att bygga en applikation baserad på verklig data.

Tack till medlemmarna på och grundarna av StackExchange för att ni diskuterar och löser programmeringsproblem, samt gör erfarenheterna offentliga och lättillgängliga.

Ordlista

Beslutsstöd	Verktyg och metoder för att underlätta välgrundade beslut. Genomförs oftast genom dataprocessering för sällning och prioritering av information samt någon visualisering av resultatet.
Databuss/buss	En gemensam kommunikationskanal mellan programmoduler där varje program kan prenumerera på och publicera data.
ELVIS	Elektroniskt VårdInformationsSystem: Ett informationssystem som används i Västra Götalandsregionen för att registrera när och hur patienter tar emot olika typer av vård under ett vårdbesök.
ERICA	Emergency Room Information and Coordination Assistant: det digitala beslutsstöd som beskrivs i denna rapport.
NÄL	Norra Älvsborgs Länssjukhus i Västra Götalands län.
RETTS	Rapid Emergency Triage and Treatment System: en algoritm för utförandet av triage.
Torg	Mindre avdelning på akutavdelningen som tar hand om patienter från samma medicinska specialitet, till exempel medicinpatienter eller ortopedpatienter.
Triage	En metod för att snabbt undersöka allvarligheten i en patients tillstånd och utifrån det kunna tilldela patienten en vårdprioritet.
TTK	Tid Till Klar: Tid från att patienten kommer in till att denne är färdigbehandlad på akuten. Den sammanlagda tiden på akuten kan dock bli längre, t ex om patienten ska läggas in på avdelning.
TTL	Tid Till Läkare: Tid från att patienten kommer in till akuten (via ambulans eller kölapp) till att denne fått möta läkare första gången.
TTT	Tid Till Triage: Tid från att patienten tar en kölapp tills denne har fått triage.
TVT	Total Vistelsetid: Tid från att patienten tar en kölapp tills denne lämnar akutmottagningen.

Innehåll

1	Inledning	1
2	Bakgrund	2
2.1	Akutsjukvården i Sverige	2
2.2	Personalgrupper på akutmottagningen	2
2.3	Vårdkedjan på akutmottagningen på NÄL	3
2.4	Personalens organisatoriska hjälpmedel	4
3	Problembeskrivning	7
4	Utformningen av ERICA	8
4.1	Förstudie och datainsamling	8
4.2	Introduktion till ERICA	9
4.3	Metodik för utvärdering	12
5	ERICAs användargränssnitt	13
5.1	Funktioner till ERICA	13
5.1.1	Lediga och upptagna rum	13
5.1.2	Nyckeltal	14
5.1.3	Patientstatus	15
5.1.4	Information om ändringar	15
5.2	De två vyerna i ERICA	16
5.2.1	Koordinatorvy	16
5.2.2	Torgvy	17
5.3	Kognitiv ergonomi och synergonomi för digitala gränssnitt	18
6	Systemarkitekturen i ERICA	21
6.1	Databehandling	21
6.1.1	Inkommande rådata	23
6.1.2	Dataaggregering till webbserver	23

6.2	Databasens implementation	24
6.3	Realtidsprediktion	26
6.4	Webbservern – länken mellan buss och klient	26
6.5	Klienten – visualisering av data till användaren	28
6.6	SocketIO – Kommunikation mellan webbserver och klient	30
7	Prediktion av väntetider	33
7.1	Mätmetoder	33
7.2	Implementering	35
7.3	Extrahering av prediktionsparametrar	35
7.4	Modeller	36
7.4.1	Artificiella neurala nätverk	36
7.4.2	Polynomanpassning och linjär regression	37
7.4.3	Närmsta grannar-regression	37
7.4.4	Lasso	38
7.5	Utvärdering av modeller	38
8	Utvärdering och diskussion	41
8.1	Realtidstest på NÄL	41
8.1.1	Åtgärder under testperioden	41
8.2	Validering av resultat	42
8.2.1	Teoretisk utvärdering av ERICA	42
8.2.2	Enkätundersökning	44
8.2.3	Subjektiv upplevelse	45
8.3	Databegränsning och tillförlitlighet	45
8.4	Möjligheter med mer data	46
8.4.1	Ambulansinformation	46
8.4.2	Personal	47
8.4.3	Utökade patientkort	47
8.4.4	Mobil plattform	48

8.4.5	Bättre prediktion	48
8.5	Generisk version av ERICA	48
9	Slutsats	50
A	Bilagor	55
A.1	Kravspecifikation	55
A.2	Lagringsformat för enskilda patienter	57
A.3	Utvärderingsenkät	59
A.4	Datamatchning utförd av webserver_comm	60
A.5	Jämförelse av prediktionsmetoder	63

1 Inledning

Sjukhusinstitutioner i allmänhet och akutvårdsavdelningar i synnerhet är arbetsplatser utsatta för hög stressbelastning [1], [2]. Kravet att en akutmottagning ska kunna ta emot och behandla patienter med kort varsel, tillsammans med stora fluktuationer i patientflöde, gör planeringen av arbetet till en stor utmaning [3]. Dessutom har antalet patienter som vänder sig till akutmottagningen blivit allt större under de senaste åren [4]. Personalens arbetsuppgifter kräver att de kan hantera mycket information i huvudet, till exempel patienters tilltänkta vårdplan samt planering av det egna arbetet. Tillsammans med svårt sjuka patienter och begränsade resurser [5] bidrar det till en stressig arbetsmiljö.

Rapportens syfte är att redogöra för det digitala verktyget Emergency Room Information and Coordination Assistant (ERICA) som utvecklats för akutmottagningen på NÄL, Norra Älvsborgs Länssjukhus i Västra Götlands län. ERICA är ett digitalt verktyg som ska hjälpa personalen genom att underlätta planering samt att öka möjligheten att fatta välgrundade beslut. Vidare ska ERICA hjälpa personalen att arbeta proaktivt för att undvika situationer när kontrollen brister i deras dagliga arbete. Detta sker genom visualisering av överblicksbilder i nutiden och prediktion av läget i framtiden.

2 Bakgrund

För att utforma tekniska hjälpmedel som är väl anpassade till användarna krävs detaljerad kunskap om informationsflöden, arbetsuppgifter samt i vilken kontext hjälpmedlen ska användas [6], [7]. Därför redogörs här utförligt för arbetsflödet och rutinerna i akutvården. En del av dessa principer är allmänna för svenska akutmottagningar, andra är specifika för NÄL.

2.1 Akutsjukvården i Sverige

År 2015 fanns det totalt 71 sjukhusbundna akutmottagningar i Sverige [3] och ännu fler icke sjukhusbundna specialmottagningar. Akutmottagningen på NÄL är en av de tio största mottagningarna i Sverige med ca 75 000 besök under 2015 [8]. Det innebär att mer än 200 patienter inkommer i snitt varje dag.

Enligt Socialstyrelsens rapport om väntetider och patientflöden på akutmottagningar i Sverige [3] inkommer mellan 70-80 % av patienterna till sjukhuset under dagtid. Störst är inflödet på förmiddagen och under lunchtid för att sedan avta framåt sen eftermiddag. Utflödet följer inte riktigt samma kurva som inflödet utan ökar först framåt kvällen. Det betyder att beläggningen är som störst under eftermiddag och tidig kväll för sedan minska markant till natten.

2.2 Personalgrupper på akutmottagningen

På akutmottagningen arbetar huvudsakligen fyra yrkesgrupper: läkare, sjuksköterskor, undersköterskor samt medicinska sekreterare [9]. Utöver dessa finns flertalet mindre yrkesgrupper som till exempel kuratorer och transportörer.

Läkarnas främsta fokus på akutmottagningen är att utreda patienternas vårdbehov [10]. Arbetsuppgifterna inkluderar "direkt patientvård" som att prata med och undersöka patienter, "indirekt patientvård" som att tolka provsvar, prata med läkarkollegor och dokumentera samt "personlig tid", exempelvis väntan.

Sjuksköterskorna har många olika uppgifter [10], [11], allt från att organisera arbetet, prioritera i vilken ordning läkare ska besöka patienter till att ta prover och prata med patienter och anhöriga. Sjuksköterskorna ansvarar också oftast för triageringen. Triageringen är den första bedömningen av patienters tillstånd när de anländer till sjukhuset. De fördelar även arbetsuppgifter till undersköterskorna.

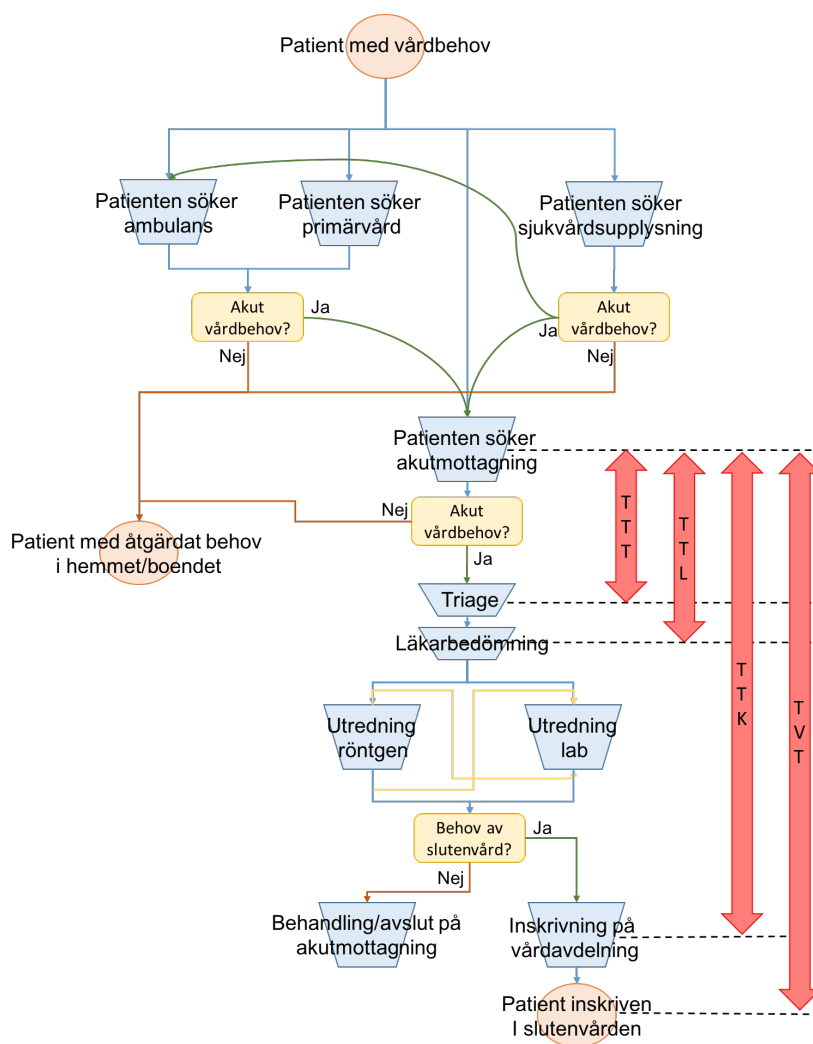
En koordinator är en specialiserad typ av sjuksköterska. Koordinatorerna planerar och dirigerar det övergripande arbetet på akutmottagningen. Arbetet går ut på att effektivisera genomströmningen på akutmottagningen genom att omlokalisera personal och resurser samt fördela patienter mellan olika avdelningar och rum. Inför ankomst av ambulanser med akut sjuka patienter sammankallar även koordinatören den personal som behövs för att ta emot patienten.

Undersköterskornas arbetsuppgifter har fokus på omsorg och omvårdnad [12]. De ser till att patienter känner sig sedda och omhändertagna samt assisterar läkare och sjuksköterskor. I mer konkreta termer betyder det att undersköterskorna bland annat tar prover, försör patienter med mat och dricka, förflyttar patienter samt rengör och förbereder patientrum. De assisterar även sjuksköterskorna vid bland annat triagering och patientvård.

De medicinska sekreterarna hanterar administration och dokumentation på akutmottagningen [13]. De tar emot patienter i receptionen och skriver in dem, skapar journaler och renskriver läkarnas diktat. När en patient är färdigbehandlad på akutmottagningen hanterar sekreterarna utskrivningar och betalningsfrågor.

2.3 Vårdkedjan på akutmottagningen på NÄL

Patienten följer oftast en förbestämd väg genom sjukhuset, hela processen visas i Figur 1 och beskrivs nedan.



Figur 1: Flödesschema över processen på NÄL akutmottagning.

Patienter kan komma till akutmottagningen på två olika sätt, antingen i ambulans eller genom egen transport. De patienter som ej anländer med ambulans kommer på eget initiativ, med remiss från vårdcentral eller med rekommendation från Vårdguiden 1177 – den nationella sjukvårdsrådgivningen. Patienter som anländer med egen transport till akutmottagningen tar en nummerlapp för att få registrera sig i receptionen.

När registreringen är färdig får patienten vänta på triagering. Triageringen är den första bedömningen av hur stort vårdbehov patienten har och hur troligt det är att patientens hälsa kommer försämrans inom den närmaste tiden. Väntetiden till triageringen beror både på hur sjuk patienten upplevs vara samt när den registrerades. Triageringen utförs oftast av ett dedikerat triageteam som består av en sjuksköterska och en undersköterska.

NÄL, liksom de flesta andra akutvårdsenheter i Sverige, använder triageringssystemet RETTS [14] för att gradera patienter efter allvarlighetsgrad och på så sätt ange hur prioriterad patienten är [15]. Patienten bedöms utifrån vitalparametrar och allmäntillstånd och sorteras utifrån en stigande färgskala: blå, grön, gul, orange och röd.

Patienter som istället kommer till akutmottagningen med ambulans triageras i ambulansen på innan ankomst. De tilldelas direkt vid ankomst en avdelning, också kallat torg.

Efter att en patient har triagerats hamnar denne, i väntan på läkare, antingen i ett eget rum eller i ett inre väntrum tillhörande ett av torgen på akutmottagningen. På NÄL finns torgen ortopedi, kirurgi och två stycken medicintorg. På kvällar, nätter och helger finns även ett torg för avdelningarna gynekolog, barn och öron-näsa-hals (ÖNH). Hur länge patienten behöver vänta på läkare grundas på vilken färg patienten fått vid triageringen samt patient- och läkarsituationen vid det givna tillfället. Patienten får sedan möta en läkare som bedömer nästa steg i vårdplanen, till exempel om fler prover ska tas eller om patienten behöver röntgas. Därefter fattas beslut om huruvida patienten ska läggas in för slutenvård eller om patienten kan åka hem.

Under akutbesöket mäts ett antal tider, så kallade nyckeltal. Dessa tider används internt för kvalitetsutveckling, men även nationellt för att kunna jämföra olika akutmottagningar [4]. De olika nyckeltalen presenteras i Tabell 1 och illustreras i Figur 1.

2.4 Personalens organisatoriska hjälpmedel

Idag använder personalen både digitala och fysiska hjälpmedel för att underlätta sitt organisatoriska arbete. De digitala hjälpmedel som används mest är ELVIS, se beskrivning nedan, samt journalsystemet Melior. De fysiska systemen är istället en akutjournal: en journal i pappersform, samt patientkort: kort som innehåller den mest basala informationen om varje patient och dennes besöksdata.

Tabell 1: Tabell över tider som mäts på NÄL för egen utvärdering av kvalitet samt för nationell jämförelse mellan akutmottagningar.

Nyckeltal	Kommentar	Typ av nyckeltal
Tid till triage – TTT	Tid från ankomst till första bedömning, ofta av triageteam.	Lokalt
Tid till läkare – TTL	Tid från ankomst till första mötet med läkare.	Nationell [4]
Tid till klar – TTK	Tid från ankomst till att personen är färdigbehandlad på akutmottagningen. Kan sedan gå hem eller skickas vidare till annan avdelning.	Lokalt
Total vistelsetid – TVT	Tid från ankomst till att patienten lämnar akutmottagningen.	Nationell [4]

ELVIS – Elektroniskt VårdInformationssystem – är ett datorbaserat system som innehåller patientspecifik information och används bland annat för att hålla uppsikt över var patienterna befinner sig fysiskt, vem som är ansvarig läkare och när ett moment är genomfört. I Figur 2 visas en skärmdump av ELVIS och den vy som sjuksköterskorna på akutmottagningen oftast använder. Varje patient sparas som en post och visas på en rad. Information som lagras är bland annat: personnummer, namn, prioriteringsfärg, fysisk plats, avdelning och vårdgivare. Dessutom finns ett kommentarsfält där personalen kan skriva om exempelvis patientens status och troliga diagnos, uppgifter som kan vara till nytta för kollegorna. Om en patient är markerad visas även en tidslinje längst ned till vänster över patientens händelser under besöket. Utöver informationen som visas i denna vy finns även upplysningar om hur patienten anlät till akutmottagningen och om patienten har sekretesskydd.

När en patient förändras registrerar personalen ändringen i ELVIS. Det sker genom att personal ändrar i ett fält eller att de ”drar” en patient, det vill säga att de markerar en patient och drar den till en mapp i gränssnittet. Då registreras en händelse som motsvarar mappen patienten drogs till, exempelvis besök av läkare. Varje gång en uppdatering av en patient görs i ELVIS skrivs den gamla informationen om patienten över. Den historik som finns kvar är tidslinjen över vilka aktiviteter som skett och när. ELVIS räknas juridiskt sett inte som en journal.

De två fysiska organisatoriska hjälpmedlen är en akutjournal och ett patientkort per patient. Akutjournalen innehåller detaljerad information om varje patient och dess medicinska status och historik. Den finns i endast ett exemplar och används av både läkare och omsorgspersonal och finns därför inte alltid tillgänglig när personalen behöver den.

Varje patient har även ett patientkort. Kortet innehåller översiktlig information och status om patienten och förvaras i en korthållare på torget. Korthållaren har fickor

2 Bakgrund

Valda discipliner: NAKKI, NAKOK, NAKBA, NAKOR, NAKME, NAKON, NAKIN

Sekr	Indatum	KI	Personnummer	Namn	Till	Pref.Orsak	Plac	Vårdkontaktkommentar	Händelse	Inbd	Uttid	Prioritet	Avdelning	Läkare	Tillsyn
	2016-01-22	06:01			NAKBA	B	32	Krupp?	TRIAGE	06:01	06:01	Grön	NAKM		
	2016-01-22	07:10			NAKBA	B	34	Förkyld	TRIAGE	07:29	07:29	Grön	NAKM		
	2016-01-22	09:35			NAKOR	B	38	hö fot, rtg=fraktur, HEM, Taxi 16:30	Klar	15:38	15:38	Gul	NAKM	JOVMA1	
	2016-01-22	09:49			NAKME	B	Biv	B, Smärta hö arm	ERIPE21	11:40	11:40	Grön	NAKM	ERIPE21	
	2016-01-22	10:07			NAKME	B	B19	TIA? ct-hj	Röntgen	14:38	14:47	Gul	NAKM	NAKMELÄK	
	2016-01-22	10:13			NAKOK	B	53	Ramlat, slagit i huvud, dåligt kontakbar, inl med, väntar kordinator	Klar	13:48	13:48	Orange	NAKM	ANNER87	
	2016-01-22	11:08			NAKOR	B	37	höft-ryggsmärta, Avd 55	Klar	15:36	15:36	Gul	NAKM	JOVMA1	
	2016-01-22	11:10			NAKME	B	G16	Dyspné	Röntgen	14:08		Gul	NAKM	KHAMO2	
	2016-01-22	11:12			NAKOT	B	59	Smärta vä fossa klyx!	EMEH03	15:40	15:40	Gul	NAKM	EMEH03	
	2016-01-22	11:28			NAKME	B	B1	Kraftig hosta	NAKMELÄK	13:04	13:04	Orange	NAKM	NAKMELÄK	
	2016-01-22	11:32			NAKME	B	G18	Remiss. Cerebral insult?	Tillsyn	14:31	14:31	Gul	NAKM		
	2016-01-22	12:02			NAKME	B	G15	Urtikaria i Lägt Hb, EK beställt	Tillsyn	14:17	14:17	Grön	NAKM	KHAMO2	
	2016-01-22	12:09			NAKOK	B	56	Urinstopp, prover 14:15	KARBE24	13:26	13:26	Gul	NAKM	KARBE24	
	2016-01-22	12:23			NAKME	B	G10	Tryck över bröstet	DARJA1	15:45	15:45	Gul	NAKM	DARJA1	
	2016-01-22	12:26			NAKOR	B	40	ryggsmärta --> smtind 14.45	SADBA3	15:00	15:00	Gul	NAKM	SADBA3	

Totalt 44 List 44

Triage Läkare Röd 2 Orange B10 023 Gul 07 0 Blå 0 1 0 Ext mott Klar Omvårdnad Omskoord Vänd

Registrerade händelser för: NAKME

In KÖLAPP TRIAGE PRI03 LÄKARE RÖNTG/LIN

10:05 10:07 10:21 10:30 10:54 14:38 14:47 9 min

Figur 2: Skärmdump på systemet ELVIS.

som motsvarar olika platser på akutmottagningen, till exempel rum och väntrum, och används parallellt med ELVIS för att hålla reda på var patienter befinner sig. Korten används även för att få överblick över vilka rum som är upptagna och som minnesstöd när vårdpersonal rutinemässigt besöker patienten och akutjournalen används av någon annan.

3 Problembeskrivning

Utifrån bakgrunden har de viktigaste problemen på akutmottagningen identifierats. Fokus kom att ligga på kommunikation och hög arbetsbelastning.

God kommunikation är viktigt för att hålla en hög patientsäkerhet. Missförstånd i kommunikationen mellan personalen på akutmottagningar är den största bidragande faktorn till att patienter tar onödiga skador i vården [16], [17]. Det stora patientgenomflödet på akutmottagningen gör att mycket information måste kommuniceras mellan vårdpersonalen. Det kan exempelvis vara information om patienters fysiska position, vilka lokaler och resurser som är lediga eller patienters provsvar [17]. Personalen måste ofta uppsöka sina kollegor för att få tillgång till denna information. Arbetstid tillägnas alltså att uppsöka kollegan – som i sin tur kanske behöver leta efter en tredje kollega. Det skapar mycket stress vilket försämrar såväl arbetsmiljö som produktiviteten väsentligt [18].

Sjukhuspersonal är ofta under en hög stressbelastning [19]. En känsla av otillräcklighet och höga stressnivåer är även enligt Yuwanich m. fl. [20] vanligt bland personal inom sjukvården. Enligt Yuwanich m. fl. har också de sjuksköterskor med administrativt ansvar större arbetsbelastning än andra sjuksköterskor. Detta eftersom de ofta behöver sköta både de administrativa arbetsuppgifterna och sina vanliga uppgifter, vilket ökar stressnivån ytterligare för denna personalgrupp.

På akutmottagningen på NÅL används ELVIS för att visa en nutidsbild av mottagningen. Trots det registreras många händelser i efterhand. Det orsakas oftast av tidsbrist men också av att det inte finns något tydligt incitament för att registrera händelser i realtid. Vidare har ELVIS begränsad funktionalitet för att visualisera data, vilket gör det svårt för personalen att få en överblick över patienter och resurser. Ett exempel är fördelningen av patienter mellan de två medicintorgen. När en patient tilldelas ett torg tar koordinatören hänsyn till flera olika parametrar: bland annat antal lediga rum per torg, antal patienter som inte fått träffa läkare, totalt antal patienter och antal allvarligt sjuka patienter. Samtliga av dessa parametrar beräknas manuellt i ELVIS, likaså måste vyn manuellt uppdateras av användaren för att visa aktuell data.

För att förebygga stressiga situationer bör personalen arbeta proaktivt. För att arbeta proaktivt krävs förståelse och överblick av både nuläget och framtiden, något som är mentalt belastande. Vid hög belastning saknas mental kapacitet för att arbeta proaktivt och personalens handlingsmönster blir istället reaktivt och fokuserat på att lösa de på kort sikt mest viktiga arbetsuppgifterna [21]. Det riskerar att försämra vårdkvaliteten och ökar risken för långvarig stress hos personalen [19].

4 Utformningen av ERICA

ERICAs utformning grundades i teoretiska studier samt studiebesök och har sedan utvärderats och utvecklats i samråd med slutanvändarna i en process genom flera iterationer. Följande avsnitt ger en översikt över data- och informationsinsamling, ERICAs uppbyggnad och slutligen utvärdering. I avsnitt 5, 6 och 7 beskrivs sedan systemet mer ingående och i avsnitt 8.2.2 beskrivs utfallet av utvärderingen.

4.1 Förstudie och datainsamling

Inför utformningen genomfördes en förstudie för att undersöka vilka behov som fanns på akutmottagningen på NÄL och därmed vilken huvudfunktion verktyget skulle uppfylla. Tre ostrukturerade, öppna observationer och intervjuer genomfördes enligt metodik presenterad av Osvalder m. fl. [22], då utvecklarna under hel dagar skuggade personal på akutmottagningen. Vid dessa tillfällen observerades nuvarande lösningar, arbetsmiljö, arbetsrutiner och flöden samtidigt som intervjuer genomfördes med sekreterare, undersköterskor, sjuksköterskor, koordinators, läkare och ambulanspersonal. Under besöken söktes svar på frågeställningarna i Tabell 2.

Tabell 2: Frågeställningar inför utformning av verktyg

Fråga

Hur planeras och utförs arbetet idag?

Hur skapas och bibehålls översikt idag?

Var brister översikt och planering?

Vilken information skulle öka översikten och underlätta planeringen?

Hur bör denna information presenteras för att vara användbar?

Vilken yrkeskategori har störst behov av översikt?

Resultaten från observationerna och intervjuerna sammanställdes och resulterade i en lista av önskvärda funktioner. Under dessa besök framkom behovet av att visa två separata vyer till de två personalgrupper som ansågs ha störst behov av ett beslutstöd i sitt arbete. Det togs hänsyn till hur mycket information personalgruppen behövde hålla i huvudet, hur kritiskt det var om information glömdes bort samt vilken eventuell information som skulle förbättra arbetet men som inte finns tillgänglig idag.

Utifrån ovanstående parametrar utmärkte sig koordinatorsgruppen som den personalgrupp med tydligast behov av en bättre översiktsbild över hela akutmottagningen och den som skulle kunna ha störst nytta av ett beslutstöd. Dessutom fungerar koordinatorsplatsen som en knutpunkt där mycket kommunikation sker mellan olika arbetsgrupper.

Förutom koordinatören identifierades sjuksköterskorna på torgen till att ha stort behov av en bättre överblick. Sjuksköterskorna håller mycket information i huvudet och fungerar som en slags koordinator på varje torg. Genom att ge sjuksköterskorna den relevanta informationen som behövs för att de ska kunna utföra sina arbetsuppgifter på ett smidigt sätt, är förhoppningen att arbetet kommer att ske mer effektivt samtidigt som risken att någonting glöms bort minskar.

Några av de funktioner som bedömdes vara av högst vikt för respektive vy presenteras i Tabell 3, kravlistan som helhet finns i bilaga A.1.

Tabell 3: Ett urval av de viktigaste önskemålen/kraven som ställs på produktens två vyer. Fullständig kravlista finns i bilaga A.1.

Koordinator	Torg
Visa lediga rum	Ange helhetsbild av patient
Ange antal patienter per torg	Ange tid sedan senaste tillsyn
Ange antal patienter som ej fått triage	Ange triagefärg per patient
Ange antal patienter som ej träffat läkare	Ange läkarstatus per patient
Informera om inkommande ambulanser	Informera om inkommande patienter
Informera om trender för nyckeltal	Informera om trender för nyckeltal

Inför utformningen har även data samlats in för att möjliggöra utformning av ett beslutsstöd. Insamlingen har pågått från ELVIS på NÄLs akutmottagning sedan april 2015. Datatyperna som sparats finns listade i Tabell 4. Av hänsyn till patientsäkerhet och sekretess gavs inte tillgänglighet till personnummer, namn och vårdkommentarer, något som annars finns i ELVIS.

4.2 Introduktion till ERICA

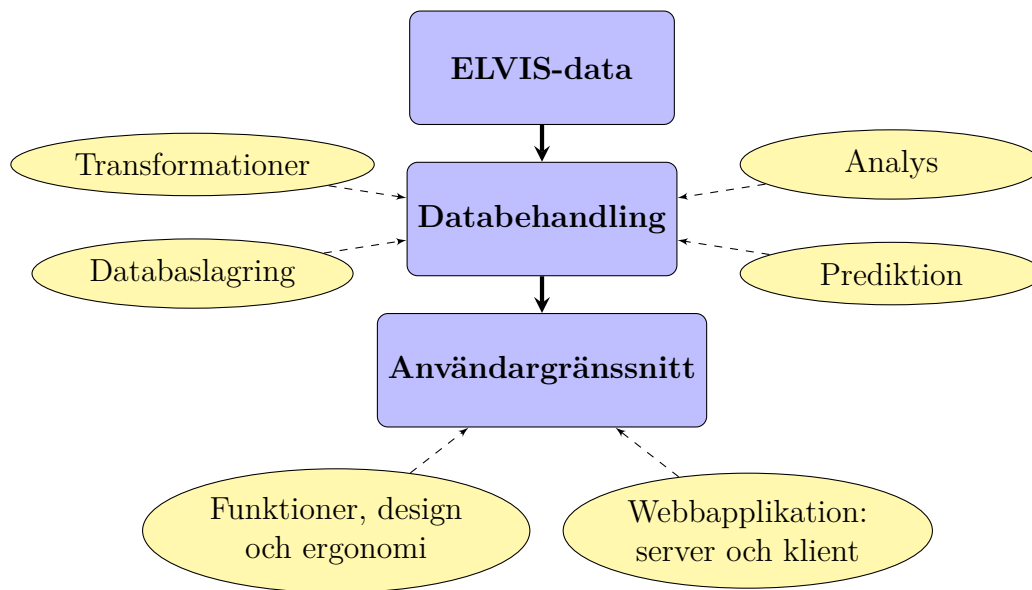
Utifrån den data som fanns tillgänglig från ELVIS och de önskade funktionerna utformades ERICA – Emergency Room Information and Coordination Assistant. ERICA är ett system utformat för att ge sjuksköterskor och annan vårdpersonal stöd vid beslutsfattande och hjälp att få en överblick över hela akutmottagningen respektive över sitt torg.

Som nämnts i avsnitt 2.4 finns det på NÄL många system där patientinformation skrivs in. För att undvika införandet av ytterligare ett system som kräver uppdatering utformades ERICA som ett passivt verktyg utan inmatning. Istället används endast den redan tillgängliga datan, i detta fall från ELVIS. Det har medfört funktionsbegränsningar, men förebygger samtidigt att ERICA blir en belastning för personalen. Genom att integrera fler system i ERICA kan fler av de önskade funktionerna implementeras.

Tabell 4: Data som inför utvecklingen av verktyget fanns tillgänglig från ELVIS på NÄL.

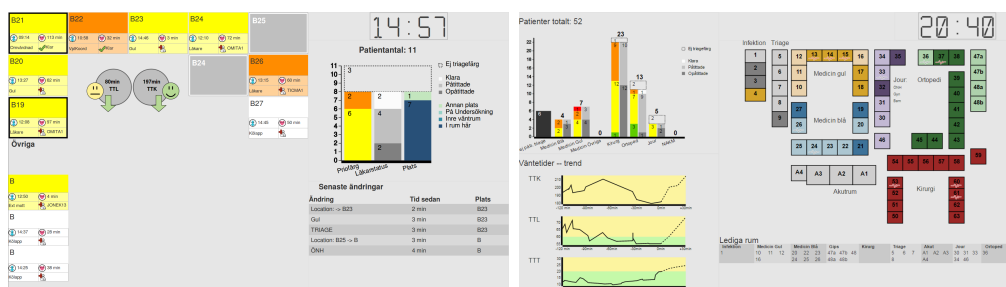
Tillgänglig data	Kommentar
Patient ID	Unikt anonymt patientnummer
CareContact ID	Unikt anonymt besöksnummer
Ansvarig avdelning	Exempelvis medicin, kirurgi eller ortopedi
Besöksorsak	Ordinarie, provtagning, trauma eller medicinskt larm.
Nuvarande placering	Exempelvis B24
Ankomsttid	
Tidpunkt för triage	
Triagestatus	Färg som anger vårdprioritet: röd, orange, gul, grön, blå.
Tidpunkt(er) för läkarbesök	
Ansvarig läkare	
Tidpunkt(er) för omvårdnad	Tillsyn, mat o.dyl.
Tidpunkt(er) för viss undersökning	Röntgen, uppkoppling till övervak o.dyl.
Tidpunkt(er) för organisatoriska besök	Vårdplatskoordinator och omsorgskoordinator
Uttider	Tidpunkt då patient registreras som klar respektive lämnar systemet

För att sortera och tolka datan från ELVIS behandlas den i olika steg. I Figur 3 visas den väg informationen tar från ELVIS till slutanvändaren i webbapplikationen. Datan lagras i en databas, används till prediktion och statistisk analys samt transformeras på olika sätt för att till sist skickas till en webbserver och användarens webbläsare. En närmare beskrivning av dessa steg presenteras i avsnitt 5 ERICAs användargränssnitt, 6 Systemarkitekturen i ERICA samt 7 Prediktion av väntetider.



Figur 3: Översikt över datans väg från insamling i ELVIS till visualisering för användaren i en webbapplikation. De gula fälten motsvarar element i respektive blått område.

Systemet har två vyer, en koordinatorvyn och en torgvyn. Den sistnämnda vyn anpassas till respektive torg för att ge en representativ bild av torget den avspeglar. I stora drag visar torgvyn, Figur 4a, en karta med lediga och upptagna rum på torget, en samlad bild av varje inskriven patient på torget, de senaste ändringarna för torgets patienter i ELVIS, samt nyckeltalen TTL och TTK för nutid och förväntad framtida trend. På koordinatorvyn visas istället information om akutmottagningen som helhet: läkar- och patientstatus för varje torg, lediga respektive upptagna rum samt nyckeltalen TTT, TTL, TTK i dåtid, nutid och predikterad framtid, se Figur 4b. En detaljerad beskrivning av vad som visas samt hur, återfinns i avsnitt 5.



Figur 4: Skärmdump av de två vyerna i ERICA. Den högra (a) visar vyn över medicintorg blå och den vänstra (b) visar koordinatorvyn .

4.3 Metodik för utvärdering

Under utvecklingen av ERICA utvärderades prototyperna kontinuerligt mot de tänkta slutanvändarna på NÄL. Utvärderingarna gav input om möjliga användningsområden, funktioner och design samt förbättringsområden i systemet.

ERICA testkördes under en vecka i slutet av utvecklingen, då det användes i det dagliga arbetet på NÄL. De två vyerna testades då vid koordinatören respektive på medicintorg blå. I samband med testet genomfördes en enkätundersökning bland personalen som använde ERICA, frågorna som ställdes går att se i Tabell 5. Frågorna i enkäten är inspirerade av Dolan m. fl. [23]. Resultatet av denna enkätundersökning presenteras och diskuteras i avsnitt 8.2.2, och enkäten visas i helhet i bilaga A.3

Tabell 5: Frågor som användes vid utvärdering av systemet.

Fråga
I hur stor utsträckning... (skala 1-6)
1. ...är informationen som visas relevant?
2. ...är skärmen lätt att använda?
3. ...är det lätt att ta till sig informationen?
4. ...förstår du vad som visas?
5. ...hittar du informationen du söker på skärmen?
6. ...är designen passande?
7. ...litar du på informationen som visas?
8. ...hjälp informationen dig att planera ditt arbete?
9. ...hjälp informationen dig att förstå läget på akuten nu?
10. ...skulle du använda detta verktyg om det var permanent?
Helhetsintryck?

5 ERICAs användargränssnitt

Det användarna ser av ERICA är en webbapplikation som kan visas i valfri webbläsare. Detta avsnitt beskriver vad användaren ser, det vill säga de funktioner som visas, en detaljerad beskrivning av de två vyerna samt en beskrivning av de ergonomiska och designmässiga beslut som ligger bakom utformningen.

5.1 Funktioner till ERICA

Baserat på intervjuer och observationer sammanställdes en lista över önskade funktioner. Dessa matchades sedan med den tillgängliga datan från ELVIS för att avgöra vilka funktioner som var möjliga att implementera i ERICA och vilka som utifrån indatan inte var implementerbara. I följande avsnitt presenteras de implementerade metoderna, medan de som önskades men i nuläget ej var implementerbara diskuteras i avsnitt 8.3.

5.1.1 Lediga och upptagna rum

Från flera personalgrupper uttrycktes behovet att snabbt kunna avgöra vilka rum som är lediga och vilka som är upptagna. Den önskade detaljnivån var olika beroende på var personalen arbetade: koordinator och ambulanspersonal fokuserade på lediga rum medan personalen på torgen mer var intresserade av de upptagna rummen och vilka som befann sig i dem. Detta skapade behov av två lösningar, en med fokus på lediga rum för koordinatörn och en med fokus på upptagna rum för torgen.

För att visa en rumsöversikt med fokus på de lediga rummen provades flera lösningar, bland annat rutor, olika listor och kartor. Valet föll till slut på att visa alla rum på en karta efter deras reella placering. Kartan valdes av två anledningar, för det första är kartan en känd bild för personalen vilket gör att det blir lättare att ta till sig den väsentliga informationen om vilka rum som är lediga och vilka som är upptagna. För det andra kan ambulanspersonalen direkt när de kommer med en patient hitta till ett ledigt rum genom att på kartan se ledighetsstatus, nummer och rummets placering. Kartan kompletterades med en lista för de som föredrar siffror framför grafik, och för att kunna jämföra mängden lediga rum mellan torg.

Flera lösningar diskuterades även för rumsöversikten med fokus på de upptagna rummen. Förslag var att visualisera patienter och rum ihop eller var för sig, rum i lista, i rutnät eller som en kartbild likt verklighetens placering. Valet föll på att skapa översikt genom att visa patienter och rum i samma modul, där rummen ligger placerade som i verkligheten. Den största fördelen med placeringen är att det är lätt att koppla verklighet och visualisering vilket tar kognitivt mindre kapacitet. Nackdelen är att denna metodik blir svår att tillämpa på torg med många eller utspridda rum.

5.1.2 Nyckeltal

Nyckeltalen används som riktlinje för att se till att patienterna får vård inom rimlig tid. Dessa tider presenteras i dagsläget först i efterhand, när det är omöjligt att göra något åt dem. Genom att presentera dem löpande är förhoppningen att de ska hjälpa personalen att arbeta förebyggande och ge dem en signal om när åtgärder behövs.

Nyckeltalen kan presenteras på flera nivåer, historiskt, nuläge och predikterad framtid, där framtiden kan visas som faktiska siffror eller en trendriktning. Tagna ur sitt sammanhang säger de inte mycket, men vid jämförelse med sjukhusets egna riktlinjer för hur lång väntetid som är acceptabel ger de en tydlig indikation om arbetsbelastningen på akutmottagningen.

I dagsläget finns fyra huvudsakliga nyckeltal nämligen TTT, TTL, TTK samt TVT, vilka beskrevs i Tabell 1. Av dessa fyra värden kan tre av dem, TTT, TTL samt TTK, påverkas direkt av arbetet på akutmottagningen [4]. TVT beror på yttre omständigheter, så som tillgängliga vårdplatser på sjukhusets andra avdelningar. Kombinationen av hög kontroll och låg påverkningsförmåga är enligt professorerna Karasek och Theorell [24] en utlösande faktor för ohälsa på arbetsplatsen. Nyckeltalet TVT valdes att inte visas just eftersom den ligger utanför den påverkbara zonen.

För att visualisera nyckeltalen testades flera olika koncept, bland annat staplar, linjediagram och siffror. Stapeldiagrammen testades till följd av önskemålet att kunna göra jämförelser mellan torg. Detta ansågs dock efter flera iterationer allt för rörigt och oöverskådligt. Att bara visa siffror var svårt att tolka när de inte sattes i relation till något. När flera avdelningars nyckeltal visades samtidigt gick det dessutom åt för mycket kraft för att förstå vad de egentligen avsåg samtidigt som det blev väldigt svårt att göra en intuitiv jämförelse mellan olika avdelningar.

Idén med siffror togs dock vidare och kompletterades med symboler för att ge ytterligare information. En smiley indikerar om nulägets nyckeltal är bra, ok eller dåligt enligt akutmottagningens egna målvärden och en pil indikerar om nyckeltalet under närmsta timmen beräknas gå upp, ner eller hålla sig på samma nivå. Detta koncept fungerade bra när endast nyckeltal för ett torg i taget behöver visas.

För att kunna göra meningsfulla jämförelser mellan torgen utvecklades linjediagramkonceptet. Linjediagrammet kan visa både tidigare nyckeltal och kommande prediktion på ett tydligt sätt samtidigt som det är lätt att jämföra till exempel olika avdelningars nyckeltal med varandra. Försök gjordes även med att lägga in den längsta och den kortaste väntetiden men efter noga övervägningar kasserades denna idé då linjediagrammet då blev för svårläst.

5.1.3 Patientstatus

Behovet att få veta enskilda patienters status uttrycktes av flera personalgrupper, men på olika detaljnivå. Koordinatorn behöver översikt om hur fördelningen är, exempelvis fördelningen av patienter mellan olika triagefärger, status för läkarbesök, placering och hur länge patienter måste vänta, medan torgen utöver detta behöver specifik status om varje patient. Detta gör att samma information från ELVIS används i båda vyerna men visualiseras på olika sätt.

Fördelning av patienter kan visas på flera sätt, till exempel genom siffror, träd-diagram, stapeldiagram eller cirkeldiagram. Ensam presenterade siffror är för kognitivt belastande att jämföra men är ett bra komplement till något annat. Träddiagram ger en tydlig hierarkisk struktur över fördelning men behöver liksom siffror kompletteras med något annat för att bli lätta att jämföra. Av cirkeldiagram och stapeldiagram ger cirkeldiagram en tydligare jämförelse internt medan stapeldiagrammen kan jämföras både internt inom stapeln men också mellan staplar. Staplar har också fördelen att delarna summeras i stapeln, vilket visar att de olika placeringarna summerar ihop till ett totalt patientantal.

För koordinatorn visas patientstatusen i stapeldiagram enligt beskrivning ovan, medan staplarna för torgen kompletteras med ”kort” för varje patient. Korten inspirerades av det kortsystem som redan används på sjukhuset (se avsnitt 2.4) och hjälper sjuksköterskorna att få en översikt över vilka patienter som finns på torget och deras status. Korten beskrivs mer i avsnitt 5.2.2.

5.1.4 Information om ändringar

Det är svårt att genom ELVIS se vad som har hänt med de inskrivna patienterna. ELVIS måste uppdateras manuellt genom att trycka på tangenten F5 och när vyn uppdateras blinkar den till och ny information ersätter den gamla utan att markera var förändringen skett. Detta resulterar lätt i förändringsblindhet [25]: man vet inte vad som är ändrat sedan den förra bilden då oväntade förändringar inte registreras av den mänskliga hjärnan. Följden av detta är att det är svårt för personalen att ta del av vilka uppgifter kollegorna utfört utan att fråga dem.

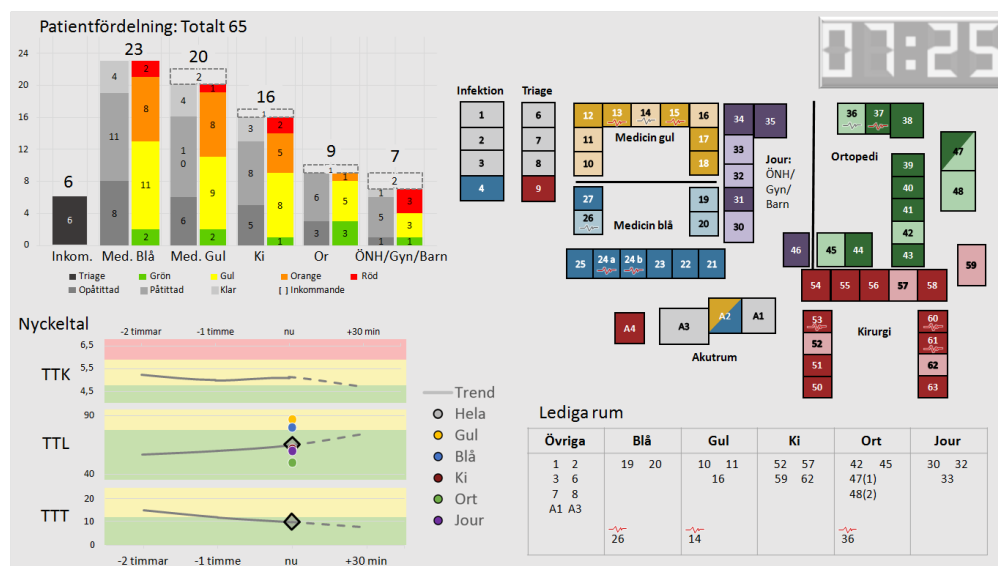
I och med att sjuksköterskorna gemensamt har ansvar för alla patienter på sitt torg händer det att arbetsuppgifter utförs utan att de andra sjuksköterskorna informeras eller tvärtom, att någon tror att en uppgift är utförd trots att det inte är det. Därför gjordes en funktion där de fem senaste händelserna i ELVIS kan ses i en lista. Genom att ERICA får datan direkt från ELVIS är detta ändringsfält inte beroende av extra uppdatering. Att ändringarna listas motverkar förändringsblindhet genom att varje förändring blir betonad.

5.2 De två vyerna i ERICA

De olika funktionerna som presenterades ovan kombinerades för att skapa två olika vyer, en torgvy och en koordinatoryvy, anpassade efter vilka behov respektive personalgrupp hade.

5.2.1 Koordinatoryvy

Utifrån resultatet av observationerna på NÄL och utvärderingen av dessa togs ett förslag på en koordinatoryvy fram, som går att se i Figur 5. Detta koncept utvecklades främst för koordinators och ambulanspersonal och har som mål att främst förbättra översikten och sekundärt erbjuda beslutsstöd.



Figur 5: Prototypskiss av koordinatorskonceptet.

Denna vy är utformad för att visas på en större skärm på en central plats där koordinering sker. All information är översiktlig vilket gör att både personal och patienter kan titta på den, även om den endast är utformad för att användas av personal. Komponenter i denna vy är en karta för att visa lediga/upptagna rum, stapeldiagram för att visa patientstatus samt linjediagram för att visa nyckeltal.

Stapeldiagrammet i övre vänstra hörnet illustrerar hur många patienter som har fått träffa läkare, hur många patienter det finns totalt och vilken triagefärg patienterna har. Eftersom koordinatören framförallt använder denna information för att jämföra belastningen mellan olika avdelningar passade stapeldiagrammvisualiseringen mycket bra. Effekten av detta är till exempel att koordinatören lättare kan fördela patienter mellan blått och gult medicintorg, se och planera åtgärder när för många patienter väntar på triage och agera när för stor andel på torgen är klara och bara väntar på att få läggas in på en sjukhusavdelning.

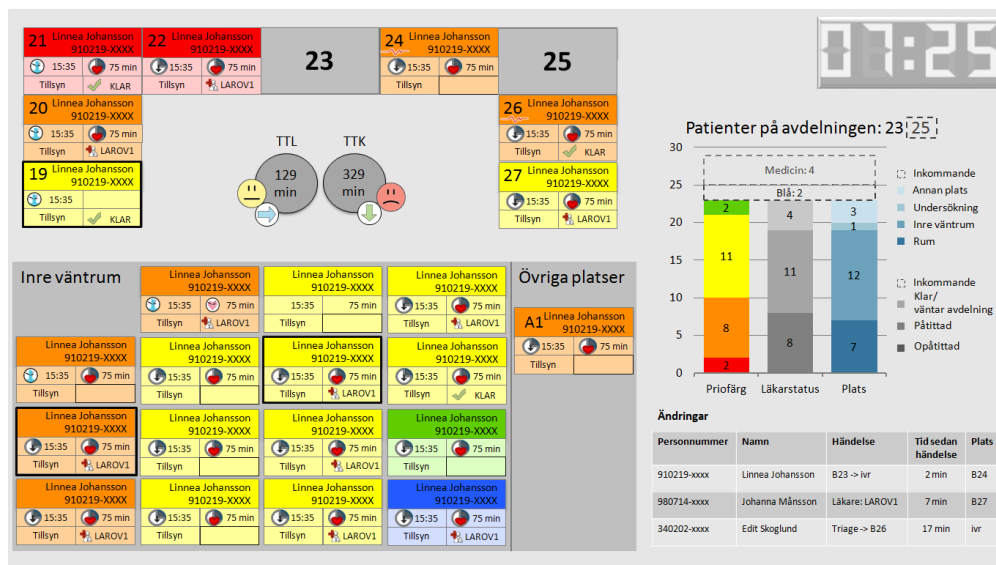
Även vid visualiseringen av nyckeltalen var jämförelsen mellan avdelningarna viktig. Både tidigare värden på nyckeltalen och predikterade framtida värden visas

på ett tydligt sätt samtidigt som det är lätt att jämföra de olika avdelningarnas nuvarande nyckeltal, vilket går att se i det nedre vänstra hörnet i Figur 5. Detta hjälper koordinatören att se att förstärkning behövs om tid till läkare blir för stor eller sätta in ett till triageteam när patienter får vänta för länge på triage. De hjälper också till vid fördelning till gul/blå genom att ge likvärdig väntetid på båda torgen.

Hela den högra sidan i vyn i Figur 5 används för att visualisera de lediga rummen enligt kartmodellen som beskrevs i avsnitt 5.1. Kartan ger en tydlig blick över vilka rum som är upptagna respektive lediga, men även vilket torg som använder specialrum, exempelvis infektionsrum. Med hjälp av kartan kan koordinatören snabbt tilldela rum till de patienter som behöver. Ambulanspersonal med inkommande patienter kan dessutom själva hitta ett ledigt rum att ta patienten till, utan koordinatörens inblandning. Detta sparar tid både för ambulanspersonal och för koordinatören.

5.2.2 Torgvyn

Torgvyn är främst anpassad för sjuksköterskor på torgen, men även läkare och undersköterskor har nytta av den. Vyn ska både ge översikt och underlätta beslut om vad som bör göras härnäst. Designen till torgvyn går att se i Figur 6.



På torgen är patienterna centrala. Det innebär att information kopplade till varje individ kommer att visas på skärmen, information som kan vara känslig. Denna vy är därför anpassad för att visas på en skärm i datorskrämsstorlek som är placerad på en plats där personal men inte patienter har tillgång till den.

En stor del av skärmen utnyttjas till att visa var de enskilda patienterna befinner sig. Varje patient motsvaras av ett patientkort som är placerat utifrån patientens

verkliga placering. Möjliga placeringar illustreras med hjälp av en rumsöversikt där rummen har ordnats enligt deras verkliga placering, ett stort väntrum där patienter placerade i inre väntrummet på blå medicintorget visas samt ett fält för patienter placerade på annan plats – till exempel i ett infektionsrum. Väntrummet kan ibland vara väldigt full. För att det då ska vara lätt att få en överblick över väntrummet har patienterna sorterats på, i inbördes ordning, prioritetsfärg, läkarstatus och sist ankomsttid. Denna sortering används redan idag av personalen i andra sammanhang och därför anses den vara den mest lättorienterade.

Varje patient motsvaras som tidigare nämnts av ett patientkort. Detta kort innehåller information om patientens placering, ankomsttid, läkarstatus, triagefärg, senaste ändring i ELVIS, tid sedan senaste ändring samt, om tillgång till informationen fanns, patientens namn och personnummer. Korten är färgade efter triagefärgen och får en svart ram runt om sig, enligt sjukhusets riktlinjer, för lång tid har gått sedan interaktionen med patienten skedde (exempelvis en tillsyn) och en ändring registrerades i ELVIS.

I det tomma utrymmet som uppkommer i och med att rumsplaceringen är U-formad har nyckeltalen TTK och TTL placerats. Sidorna har inte ett lika stort behov som koordinatören att använda nyckeltalen för att veta när tempot behöver skruvas upp. Detta i kombination med nyckeltal inte behöver jämföras med varandra gjorde att visualiseringsvalet föll på sifferförslaget i kombination med en färgad smiley som indikerar hur nulägets tider ser ut och en pil som indikerar hur trenden för den närmaste timmen ser ut.

Till höger i Figur 6 syns stapeldiagram som visar fördelningen av patienterna med avseende på triagefärger, läkarstatus (om patienterna är klar, påtittade av läkare eller opåtittade av läkare) och var patienterna befinner sig just nu. Detta ska ge en snabb överblick över hur beläggningen på avdelningen ser ut i nuläget. Diagrammet visar även inkommande patienter, oftast patienter som väntar på triage, så att personalen proaktivt kan förbereda för dessa med exempelvis sängplatser.

Under stapeldiagrammet finns en ändringslista som ska hjälpa personalen att se när någon förändring sker. Detta underlättar kommunikation mellan personalen då de kan meddela varandra vad de nyss gjort utan att båda parter måste vara närvarande.

5.3 Kognitiv ergonomi och synergonomi för digitala gränssnitt

Vyerna är designade med hänsyn till både fysisk ergonomi, i det här fallet framförallt synergonomi, och kognitiv ergonomi som i hur gränssnitt ska utformas för att minska mental belastning och underlätta tolkning.

Som riktlinjer för synergonomin användes Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter om arbete vid bildskärm som riktlinjer [26]. Enligt detta dokument är bland annat teckenstorlek, kontrast och bildens polaritet viktiga parametrar för att minska både

fysiska och psykiska belastningar vid arbete med bildskärm. För att läsbarheten ska vara god rekommenderas att ett tecken upptar en synvinkel på 0,33-0,37 grader, vilket motsvarar en teckenstorlek på ca 3,5-4 mm om användaren sitter 70 cm från skärmen. Eftersom informationen i koordinatorvyn respektive torgvyn ska intas på kort tid och från längre avstånd valdes en större teckenstorlek än den minsta rekommenderade för att öka läsbarheten.

Samma dokument [26] tar även upp betydelsen av kontraster och luminans. Här rekommenderas en ljus bildskärm med ljus bakgrund och mörka tecken, det vill säga en positiv polaritet. Detta motiveras med att luminansskillnaderna i synfältet då blir mindre eftersom exempelvis väggar och papper är ljusa. Omgivningarna på sjukhuset är mycket ljusa och personalen kommer att växla mellan att titta på skärmen och i sina papper. Om skärmen har positiv polaritet behöver inte ögat ställa om sig vid växlande av fokus. Denna omställning är, enligt Arbetarskyddsstyrelsen, ”tröttande för ögat, speciellt om den måste ske ofta, och kan ge upphov till olika besvär såsom huvudvärk och trötthetskänsla.”[26](s. 9). varför en ljus bildskärm med mörka tecken valdes.

Mycket av informationen som ska visas på skärmen har en stark koppling till någon form av färgkodning. Bland annat har avdelningarna var sin färg, patienterna får olika prioriteringsfärger och nyckeltalsdiagrammen illustreras med färger. Att använda färg som informationsbärare kan göra informationen mer överblickbar samt lättare att urskilja, identifiera och tolka [26]. Osvalder och Ulfvengren, medförfattare av boken *Arbete och teknik på människans villkor* [21], är inne på att färger är något som är väldigt svårt att använda rätt vid design. Osvalder och Ulfvengren tar dock upp fördelar med att använda färger vid design. Fördelar kan bland annat vara att färgkodning separerar objekt som ligger nära varandra, snabbar upp reaktionstiden, gör avläsningen mer naturlig och ger ett snabbare intag av informationen.

I koordinatorvyn användes färgkodning bland annat för att separera de olika torgen i kartan. På detta sätt ser användaren snabbt vilka rum som hör till vilket torg och får därigenom lättare att orientera sig till rätt rum. Färgerna för torgen följer dessutom sjukhusets egen konvention, så att samma färg som visas i ERICA motsvaras av samma verkligheten. Denna mapping – koppling mellan verklighet och gränssnitt [27] – minskar risken för fel och underlättar tolkning.

Triagefärgerna är ett väldigt etablerat begrepp på akutmottagningen. Att använda dessa för att representera i gränssnittet gör att informationen blir lätt och naturlig att ta till sig. De används därför både i stapeldiagrammen och på patientkortet. För att skilja färgerna från kartfärgerna har en starkare kulör använts för triagefärgerna. Detta gör även att de sticker ut mer, något som är bra då triagefärger är mer kritiska än torg – som dessutom representeras av både form och färg.

På linjediagrammen i koordinatorvyn applicerades färgkodning i form av ljusa zoner i grönt, gult och rött för att möjliggöra att snabbt kunna ta till sig om väntetiderna är bra, ok eller dåliga. Dessa har gjorts blekare för att inte konkurrera med, eller blandas ihop med de övriga färgfälten på skärmen.

För att visualisera nyckeltalen i torgvyn kombinerades färgkodningen med en symbol. I boken *Arbete och teknik på människans villkor* tas även symbolhantering upp där skrivs det att ”Symboler kan med fördel användas i ett användargränssnitt, men det förutsätter att symbolen är välkänd och otvetydig i sin tolkning av operatören”[21](s. 390). Varje nyckeltal har fått en smiley som syftar till hur väntetiderna ser ut i nuläget. En glad, grön smiley betyder att väntetiderna är bra, en gul neutral indikerar okej. och en ledsen, röd smiley indikerar att väntetiderna är dåliga. Dessa smileys indikerar både med min och färg hur väntetiderna är. En smiley anses vara en välkänd symbol som användaren har lätt att tolka.

Utöver färgkodning har även andra designprinciper använts för att göra ERICA lättare att tolka. Staplarna ligger i samma ordning på de båda vyerna vilket gör det enkelt att byta mellan vyerna utan att behöva fundera på vad man ser. Staplarna på koordinatorvyn är dessutom grupperade två och två för att det lätt ska gå att se vilka staplar som hör till samma torg. Mellan modulerna i vyn finns tunna streck – även det för att hjälpa till med gruppering för att tolka vilken information som ska läsas tillsammans.

6 Systemarkitekturen i ERICA

I detta avsnitt beskrivs arkitekturen bakom ERICA, det vill säga hur olika moduler är uppbyggda och hur de kommunicerar. En övergripande illustration av hela arkitekturen visas i Figur 7 där databussen, se beskrivning nedan, syns till vänster och moduler till höger. Modulerna i figuren är färgkodade beroende på programspråk, där orange representerar Scala, lila Python och ljusblå JavaScript.

Datasystemet har realiserats med en dynamisk och modulariserad systemarkitektur där data från ELVIS mottages, analyseras, behandlas, lagras och till sist presenteras för användaren, enligt Figur 3. Modulerna är uppbyggda av olika services som exekveras parallellt enligt en service-oriented architecture (SOA). En SOA är enligt Bean [28] ”a combination of consumers and services that collaborate, is supported by a managed set of capabilities, is guided by principles, and is governed by supporting standards.”(s. 4)

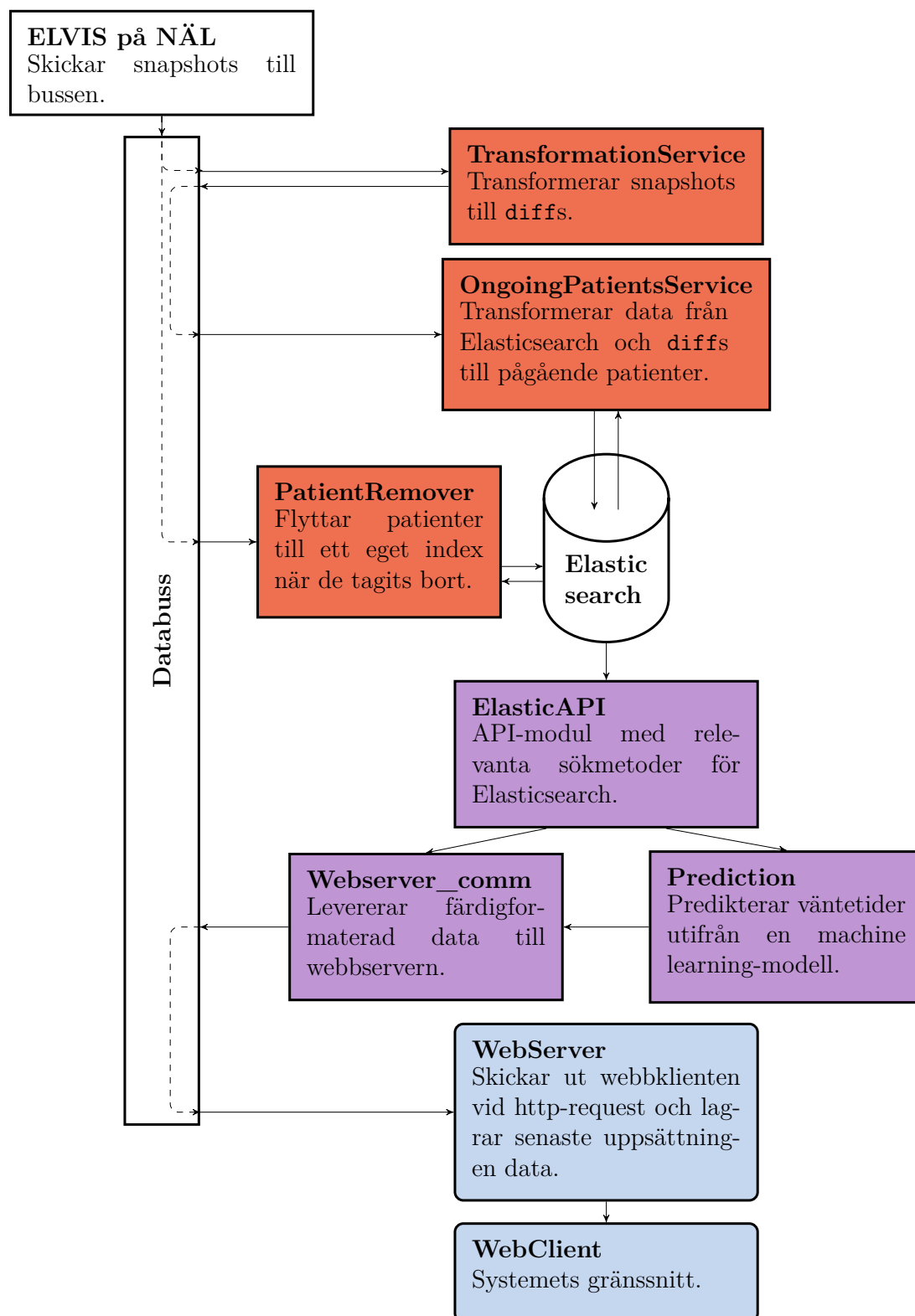
För att hantera dataöverföringen mellan varje service används en central databuss: enterprise service bus (ESB) [28]. Det möjliggör asynkron publicering och prenumeration av data på olika ämnestrådar, *topics*, på begäran av varje enskild service. Det är enligt Bengtsson och Lennartson [29] ett mycket effektivt sätt att skicka data, specifikt när en SOA används. Även Bonnet m. fl. [30] påtalar att ESB är nödvändigt i infrastruktur där data transformeras. I Tabell 6 visas alla *topics* som publiceras på bussen. Dessa förklaras närmare i nästa avsnitt.

Tabell 6: Alla *topics* som används på bussen samt vilka typer de kan vara

topic	Typer
<code>elvisSnapshot</code>	
<code>elvisDiff</code>	<code>new</code> , <code>diff</code> , <code>new_load</code>
<code>webserver_package</code>	<code>room_occupation</code> , <code>bar_graphs</code> , <code>blue_side_overview</code> , <code>recent_changes</code> , <code>coordinator_line_graph</code> , <code>blue_side_status</code> , <code>status_message</code>

6.1 Databehandling

Rådatan från ELVIS databas hämtas via ett SOAP/WSDL Access Protocol Interface (API) och innehåller en ögonblicksbild av informationen i ELVIS, en `elvisSnapshot`. Detta `elvisSnapshot` transformeras till ett json-dokument och publiceras sedan på den gemensamma databussen. Vidare aggregeras patientdatan till en central databas där data sedan hämtas och paketeras för att skickas vidare till webbservern som distribuerar ut data och det implementerade användargränssnittet till alla anslutna klienter.



Figur 7: Övergripande diagram av systemets moduler. Modulerna är färgkodade beroende på programspråk. Orange är Scala, lila är Python och ljusblå är JavaScript

6.1.1 Inkommande rådata

Systemet behandlar datan stegvis i olika moduler kopplade till den gemensamma bussen i form av en instans av Apache ActiveMQ. Varje `elvisSnapshot` inkommer med intervall på 0,5s till bussen. För den första behandlingen av datan används modulen `TransformationService`, som är utvecklad av Bengtsson och Lennartson för användning i EVAH-projektet [29]. I `TransformationService` jämförs varje `elvisSnapshot` med det föregående och differensen mellan de två, om någon finns, publiceras till bussen under `topic elvisDiff`. Tidsstämplar sparas för varje förändring för att ge möjligheten att spara en fullständig historik.

Modulen `OngoingPatients` hanterar långtidslagringen av patienter i den centrala Elasticsearch-databasen. Detta sker genom att lyssna på `topic elvisDiff`. När en `diff` publiceras avgör programmet först om det är en ny patient eller en förändring på en patient – detta anges i meddelandet i ett dedikerat fält `isa`. Om det är en ny patient (meddelande av typ `new` eller `new_load`) så postas den direkt till databasen. Om det är en förändring på en patient (typen `diff`) så hämtas den patienten först från databasen. Den inkomna differensen appliceras sedan på patienten, och patienten skrivs tillbaka till databasen.

Borttagning av patienter, det vill säga patienter som inte längre finns på akutmottagningen, sköts av servicen `PatientRemoval`. Denna service lyssnar på `elvisSnapshot` och extraherar alla `CareContactId` ur `elvisSnapshot`. Därefter hämtas alla nuvarande patienters `CareContactId` från databasen. Alla `CareContactId` som hittas på databasen men inte i `elvisSnapshot` flyttas på databasen från index `ongoing_patients` till index `finished_patients`, ett index dedikerat till att lagra historiken för alla borttagna patienter.

6.1.2 Dataaggregering till webbserver

Sökningar ur databasen sker via modulen `ElasticAPI`. Modulen utför dataaggregeringar som används i både i prediktionsalgoritmerna (se avsnitt 7.3) och av tjänsten `webserver_comm`.

`webserver_comm` är den modul som hanterar aggregeringen och publiceringen av den data som används av webbservern. Modulen hämtar med 0,5s intervall data från databasen och formaterar den för att skickas vidare till webbservern. Datan formateras härifrån så att ingen ytterligare databehandling behöver göras senare, varken för prediktion, webbserver eller klient. Varje modul behöver därmed inte på nytt implementera samma aggregeringar som en annan modul redan implementerat. En fullständig specifikation av datapaketens format och de mönstermatchningar som görs för att skapa datan finns i bilaga A.4.

Modulen `webserver_comm` publicerar data i form av paket på databussen via kommunikationsprotokollet Simple Text Oriented Message Protocol (STOMP). Protokollet använder sig i sin tur av nätverksprotokollet Transmission Control Protocol (TCP). Datapubliceringen görs under en och samma `topic: webserver_package`.

Datapaketen är standardiserade och innehåller tre fält: `type`, `hash` och `data`. Tabell 7 visar formatet på de meddelanden som publiceras av `webserver_comm`. `type` definierar typ och form på fältet `data`, enligt fördefinierade konventioner anpassade till de olika grafiska komponenterna i klienten, se avsnitt 6.5. `hash` innehåller en hashsträng som genererats av `webserver_comm` med funktionen `Python.hash()`. Hashning genererar systematiskt en unik sträng av tecken från en datamängd, strängen blir densamma oavsett hur många gånger den genereras, så länge datamängden är identisk, skiljer den sig däremot åt gör hashsträngen det med. Att jämföra hashsträngar istället för hela datapaketen möjliggör snabbare verifiering för mottagaren om paketet innehåller ny data, förutsatt att modulen har lagrat hashvärdet på det senaste mottagna paketet av samma typ.

Denna typ av datavalidering är inte en långsiktigt bra lösning, om data endast publicerats utfall den var uppdaterad skulle validering vara onödig. Utfall en omstart av lyssnaren, modulen `WebServer` skulle behövas kunde denna sända ut en begäran på bussen att all data av den senaste versionen ska publiceras på nytt. Det grundar sig i att `webserver_comm` hämtar all typer av data på ett jämnt tidsintervall och publicera denna. Istället bör den endast uppdatera och aggregera data för en specifik typ när något ändras som berör det specifika datapaketen. Det skulle kunna göras genom att prenumerera på ändringar som publiceras på `topic elvisDiff`.

Tabell 7: Formatet för paket publicerade av `webserver_comm`, ägnade åt modulen `WebServer`.

Fält	Beskrivning
<code>type</code>	Specificerar vilken typ av data som paketet innehåller. Detta gör att alla paketet publicerade av <code>webserver_comm</code> kan publiceras på samma <code>topic</code>
<code>data</code>	Innehåller själva datan för paketet. Formatet på datan i detta fält skiljer sig helt beroende på vilken modul paketet ska mottagas av
<code>hash</code>	För varje paket genereras en hashsträng så att datamottagaren ska kunna avgöra om ett identiskt paket redan mottagits utan att göra en fullständig jämförelse av paketen

6.2 Databasens implementation

Grunden till databasen består av en Elasticsearch-instans. Elasticsearch är en sökbar databasserver som automatiskt skapar indexeringar av sin data, vilket enkelt möjliggör filtrerade sökningar och aggregeringar av datan [31]. Detta är något som behövs för körningen av `webserver_comm`.

Informationen om varje patient lagras i databasen som ett separat json-objekt. Datan som lagras i databasen har olika ursprung. Den kan antingen hämtas direkt från ELVIS, som till exempelfälten `Location`, `Team` och `ReasonForVisit` vilka hämtas direkt från textfälten i ELVIS, eller genereras genom att bearbeta datan

som kommer från ELVIS. I Tabell 8 visas en lista över alla datafält i databasen. En mer detaljerad beskrivning av datafälten och deras ursprung finns i bilaga A.2

Tabell 8: Sammanfattning av sökbara datafält som sparas i databasen. En fullständig tabell över data i databasen samt datans ursprung finns i bilaga A.2

Datafält	
CareContactId	PatientId
Priority	ReasonForVisit
Team	Location
Events	Updates
CareContactRegistrationTime	
TimeOfTriage	TimeOfDoctor
TimeOfFinished	TimeOfRemoved
TimeToTriage	TimeToDoctor
TimeToFinished	TimeToRemoved

Eftersom databasen är under hög belastning från **OngoingPatients** och framförallt **webserver_comm** ställs krav på databasens effektivitet, framförallt på hastigheten av filtererade databassökningar. För att minska belastningen är aktiva patienter: de som befinner sig på akutmottagningen, indexerade separat från historiken: de patienter som inte längre är på akutmottagningen. Detta ger en signifikant minskning av söktiden för de sökningar som bara efterfrågar aktuella patienter, vilket utgör majoriteten av alla sökningar.

Varje patient har ett fält **Events**. Detta är en lista med de händelser som skapats av ELVIS händelsefunktion, alltså de händelser som genereras i ELVIS genom att ”dra” en patient till en mapp enligt beskrivning i avsnitt 2.4. Dessa händelser sparas i ELVIS och visas i ELVIS tidslinje men sparas också i databasen. Ur **Events** hämtas även **Priority**, vilket representerar patientens RETTS-status, som sparas i ett eget fält.

Fältet **Updates** sparas också i databasen. Det innehåller historiken av alla inmatningar i ELVIS som inte lagras i **Events** – alltså den data som skrivs in i cellerna i ELVIS interface. Eftersom den datan ej sparas i ELVIS konstrueras den fortlöpande av **OngoingPatients** varje gång ett textfält förändras. Varje händelse i **Updates** innehåller en beskrivning av förändringen och en tidsstämpel för förändringen.

I databasen sparas också ett antal tidpunkter för varje patient. Fältet **CareContact-RegistrationTime** representerar den tidpunkt då patienten skrevs in i ELVIS för första gången under besöket. Fältet **RemovedTime** är den tidpunkt då patienten raderades från ELVIS. En sökning efter alla patienter som var vid mottagningen vid en given tidpunkt blir mycket effektiv om den filtreras på dessa två fält. Detta är en filtrering som används i hög grad av prediktionsalgoritmerna för att hämta historisk data. Ett exempel på en sådan sökning är ”alla närvarande patienter som ej hade fått triage klockan 14:00 idag”.

Andra exempel på tidspunkter som sparas är `TimeToDoctor`, `TimeToTriage` och `TimeToFinished`. Dessa anger hur många millisekunder som passerat från `CareContact-RegistrationTime` till sin respektive händelse. Tidsvärdena beräknas genom att genomsöka fältet `Events` och göra en beräkning. Att gå igenom fältet är en kostsam operation och därför sparas värdena i sina egna fält – trots att det innebär en viss redundans.

`snapshot`-datan som inkommer till bussen saknar i nuläget patienternas namn och personnummer. Istället används ett anonymiserat värde lagrat i fältet `CareContactId` för att kunna identifiera patienten på databasen. Detta tal genereras av ELVIS innan patientdatan skickas till ERICAs databuss. Varje patient lagras i ett eget dokument som kan hämtas från databasen genom att ange patientens `CareContactId`.

6.3 Realtidsprediktion

Både i vyn för koordinator och för torgen finns moduler som kräver prediktion av väntetider. I ERICA predikteras det väntade medelvärdet för TTT (tid till triage), TTL (tid till läkare) och TTK (tid till klar) för nästkommande två timmar.

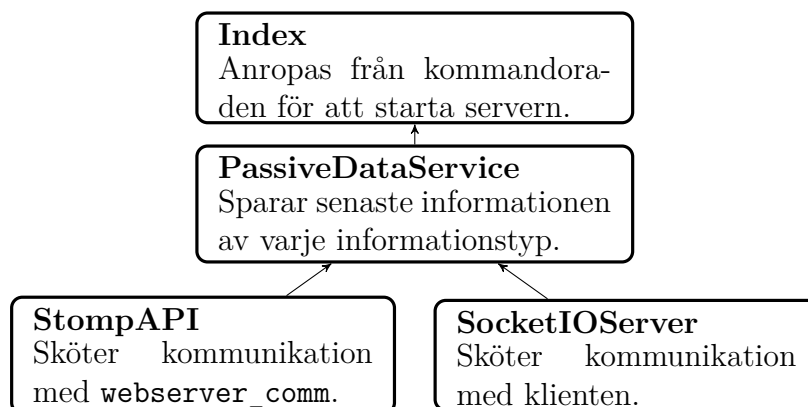
Prediktion innebär i korta drag att en framtidsmodell skapas, som utifrån ett antal parametrar beräknar utvecklingen av efterfrågade värden. Denna modell, som beskrivs närmare i avsnitt 7, lagras i en prediktionsmodul. `webserver_comm` skickar en fråga till prediktionsmodulen för att få det aktuella predikterade värdet. Prediktionen behöver då hämta data som inparametrar till modellens prediktionsfunktion. Parametrarna som efterfrågas för prediktionen hämtas från databasen genom `ElasticAPI`. Där kallas på modellens prediktionsfunktion med de valda inparametrarna och skickar tillbaka ett resultat: det predikterade värdet. Resultatet returneras sedan tillbaka till `webserver_comm` som via bussen skickar vidare informationen till webbservern.

6.4 Webbservern – länken mellan buss och klient

Webbservern består av modulen `WebServer` som har två funktioner. Den första är att tillhandahålla klienten det vill säga det webb-baserade användargränssnittet, klienten beskrivs mer avsnitt 6.5. Den andra funktionen är att samla in data som färdigpaketerats av `webserver_comm` och förse klienten med denna.

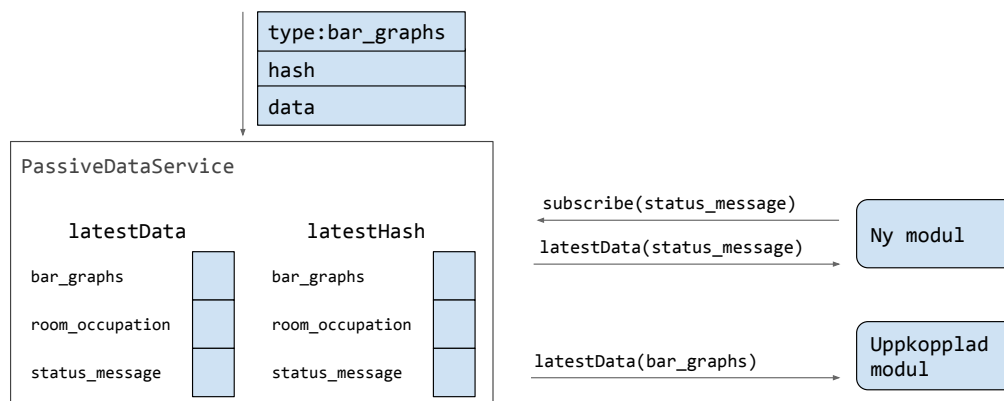
Webbservermodulen är helt baserad på JavaScript och innehåller tre moduler: en Hypertext Transfer Protocol (HTTP) server, en datakommunikations länk till bussen med hjälp av en STOMP-klient samt tillhandahållandet av data till klient med hjälp av biblioteket `socket.io`. Ett enkelt diagram över dessa moduler syns i Figur 8. För att möjliggöra exekvering av JavaScript utanför en webbläsare används ramverket `Node.js`. `Node.js` använder Googles JavaScript-Motor V8, som konverterar JavaScript ned till maskinnära kod för snabbast möjliga exekvering. Webbservern är helt event-baserad och asynkron. Ett typexempel på detta är vid

preenumeration av data. När preenumeration påbörjas på ett ämne förväntas inget svar, istället exekveras koden vidare. För att behandla ett svar skickas ett handtag till en databehandlingsfunktion med preenumerationen. När data mottages exekveras databehandlingsfunktionen med datan som inparameter.



Figur 8: Webbservers moduler. Pilarna representerar komposition: $A \rightarrow B$ betyder att B har en A .

Vid överföring av data från buss till slutanvändaren används databuffertservicen **PassiveDataService**. Insamling av data till bufferten sker via preenumeration på `topic webserver_package` med protokollet **STOMP**. Varje grafisk komponent prenumererar i sin tur på data från **PassiveDataService** vilket illustreras i Figur 9. Datan valideras sedan i tre steg. Det första datavalideringssteget kontrollerar att datapaketet följer den framtagna konventionen medfälten `type`, `hash` och `data`. Steg två kontrollerar att datatypen existerar i `latestData`, finns den inte avslutas datavalideringen. Steg tre jämför den nya hash-strängen i datapaketet mot den föregående som lagrats i `latestHash`. Överensstämmer inte hash-strängarna tolkas datan som ny. I sådant fall skrivs föregående hash och data över för den aktuella datatypen i `latestHash` respektive `latestData`. Servicen skapar ett oberoende mellan klient och databehandlingen, där klient alltid blir tilldelad senaste data, oavsett när publikationen skett av `webserver_comm`.



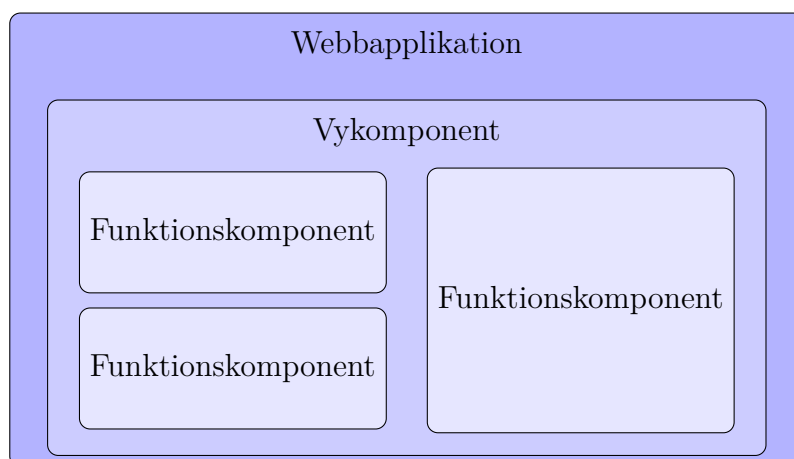
Figur 9: PassiveDataService tillhandahåller data åt samtliga grafiska moduler via prenumeration

6.5 Klienten – visualisering av data till användaren

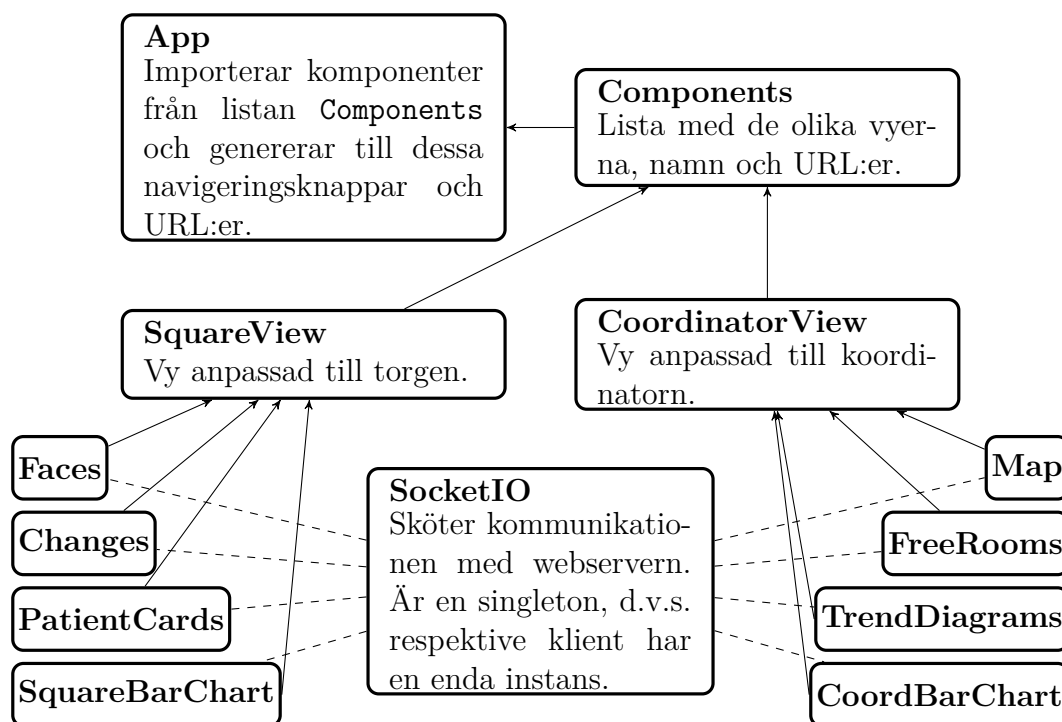
Klienten är det webbaserade program som visar upp systemets gränssnitt i användarens webbläsare. Förutom de grafiska modulerna innehåller den en kommunikationsmodul för att kunna ta emot data från webbservern. För att initiera detta görs en prenumeration, varefter klienten kommer ta emot data från webbservern efterhand den uppdateras.

De ramverk som klienten baseras på är TypeScript och Googles ramverk Angular2. TypeScript är ett superset-språk till JavaScript, det vill säga det kompilerar till JavaScript. Fördelarna gentemot vanlig JavaScript är att det är starkt typat och objektorienterat. Angular2 är i grund och botten en stor samling väl förekommande open source-moduler tillsammans med ett antal egna moduler. Ramverket möjliggör bland mycket annat ett praktiskt sätt att dela upp webbapplikationen i moduler, kallade **Components**. Varje komponent innehåller eller importerar den nödvändiga HTML, TypeScript och CSS vilket minimerar mängden hämtad data och exekverad kod.

ERICAs användargränssnitt består av en webbapplikation med olika vyer anpassade för olika avdelningar på akutmottagningen. Respektive vy laddas in i form av en vykomponent som i sin tur laddar in funktionskomponenter, enligt Figur 10. En funktionskomponent har en huvudklass som påbörjar prenumeration av data samt visualisering av komponenten via metoden **draw**. Varje funktionskomponent kan instansieras oberoende av andra komponenter, vilket möjliggör användandet av samma komponent i olika vyer och bibehåller den höga modularitet som genomsyrar ERICA. Ett diagram över webbapplikationen visas i Figur 11. Här syns förutom vy- och funktionskomponenterna även huvudkomponenten **App** som tillhandahåller vykomponenterna, listan med vyer **Components** samt modulen **SocketIO** som på ett generiskt sätt sköter kommunikation med webbservern.



Figur 10: Principskiss över hur komponenter av klienten läggs ihop till större komponenter.



Figur 11: Webbapplikationens komponenter. Figuren visar hur olika komponenter hör samman, där pilarna representerar komposition: $A \rightarrow B$ betyder att B ingår i A . Streckad linje illustrerar kommunikation mellan komponenterna.

Samtliga visuella komponenter är skalbara och helt oberoende av den pixelmatris webbapplikationen visas på. Det enda givna är ett koordinatsystem med ett fast förhållande mellan bredd och höjd. All grafik är vektoriserad och genereras till element som tolkas av Hyper Text Markup Language 5 (HTML5) och dess tillhörande stöd för vektorgrafik: Scalable Vector Graphics (SVG). Alla moderna webbläsare

stödjer idag tekniken som är mycket utbredd, därav finns det en stor mängd dokumentation och verktyg för att utforma många typer av scenarion, till exempel användes biblioteket Data-Driven Documents (D3) för att visualisera statistiken i ERICA i SVG format.

Eftersom klienten förser användaren med en realtidssituation är uppdaterad data essentiellt för hela verktygets existensberättigande, därav behövs någon typ av indikation på systemets status. Genom att signalera användaren när data inte är tillförlitlig skapas förtroende och transparens till användaren. Detta görs genom tjänsten `BrokenService`, som verifierar tillförlitligheten genom prenumeration på `status_message` med en instans av modulen `SocketIO`. Data av typen `status_message` innehåller en nutidsstämpel som genereras av `webserver_comm`. Om differensen mellan föregående tidsstämpel och den nya är otillfredsställande slås varningen på, likaså om ingen tidsstämpel erhållits under samma tidsperiod.

6.6 SocketIO – Kommunikation mellan webbserver och klient

Socket.io är ett JavaScript-bibliotek som använder sig av WebSockets (ett kommunikationsprotokoll) och möjliggör event-baserad, tvåvägs- och realtidskommunikation mellan server och klient. Socket.io är välanvänt och har ett enkelt och kraftfullt API.

Socket.io:s server API och klient API har små skillnader. Båda följer en gemensam eventkanal där data kan publiceras via `emit` och prenumereras på via `on`. Det sker på ett ämne som bestäms av en arbiträr sträng som namnger typen av event tillsammans med data vid publicering, alternativt den funktion som exekveras när data på det prenumererade ämnet anländer. Om exempelvis en klient exekverar följande

```
socket.emit("chat message", "webbutveckling är ett rörigt elände");
```

kommer ett event som är av typen "chat message" och innehåller datan "webbutveckling är ett rörigt elände" att skickas till servern. Om serverns svarsfunktion till eventet är definierad med `on`-funktionen

```
serverSocket.on("chat message", function(message) {  
    console.log(message);  
});
```

blir resultatet att "webbutveckling är ett rörigt elände" skrivs ut i serverns konsol. API:t med `emit` och `on` är i de flesta fall identiskt i båda riktningar. Ett sätt det skiljer sig på är givetvis att

```
socket.connect();
```

som implicit kopplar upp socketen till samma server som levererade klienten, endast kan exekveras på klientsidan. `connect` skickar ut ett event där datan är ett handtag till klientsocketen själv. Detta är praktiskt då det exempelvis möjliggör

```
serverSocket.on("connection", function(socket) {
    socket.emit("connectionResponse", "hej");
});
```

som en enkel handskakningsprocedur vid uppkopplingen. Servers `emit` skickar i detta fall ut eventet enbart till den socketen som precis kopplat upp.

I ERICA representerar ett event en uppdatering av informationen som visas av någon av de flera komponenterna. För server-klient-kommunikationen ska fungera på ett förutsägbart sätt är det viktigt att implementationen av `socket.io` fokuseras på ett och samma ställe. Som beskrivits i avsnitt 6.4 har webbservern som enda uppgift att skicka data vidare samt att spara en uppsättning av den senaste datan av respektive datatyp. På serversidan blir fokuseringen av `socket.io`:s funktion därför helt naturlig. För att fokusera klientens implementation läggs så stor del av funktionaliteten som möjligt i klassen `SocketIO`, som utformas efter designmönstret singleton. För denna implementation kommer TypeScript väl till pass. Implementationen

```
static subscribe(eventType: string,
    onEventFunction: (eventData: any) => void) {
    this.connect();
    socket.on(eventType, function(data) {
        onEventFunction(data);
        console.log('received data of type ' + eventType);
    });
}
private static connect() {
    if (!this.socket) {
        this.socket = IO.connect();
    }
}
```

är gjord så att den egendefinierade funktionen `subscribe` anropas av den klientmodul som vill ha en viss typ av data. Den statiska klassen `SocketIO` kopplar upp en `socket` till servern endast om denna uppkoppling inte gjorts redan. Uppkoppling av en ritande komponent till realtidsdata sker med ett enda funktionsanrop till `subscribe`, exempelvis sker det med

```
SocketIO.subscribe('faces_blue', function(facesData) {  
  this.draw(facesData);  
});
```

i modulen Faces.

7 Prediktion av väntetider

I detta avsnitt beskrivs och utvärderas de olika modeller som testats för att prediktera framtida väntetider. Samtliga modeller kan sägas tillhöra området machine learning – en vetenskap som beskriver hur datorer kan tränas att se mönster med hjälp av stora mängder data.

I ERICA är prediktionens mål att i förväg utröna hur nyckeltalen TTT, TTL och TTK, beskrivna i avsnitt 2.3, kommer utvecklas. Dessa väntetider är kontinuerliga tal och det föreligger alltså ett regressionsproblem. Givet en vektor x av väl valda tillståndsvariabler för akutmottagningen söks en funktion $h(x)$ som väl approximerar den framtida väntetiden y . Alla modeller som testats bygger på anpassning till ett facit av historisk data, en samling av M par som vardera består av en tillståndsvektor och en väntetid:

$$\{(x^{(1)}, y^{(1)}), \dots, (x^{(M)}, y^{(M)})\}.$$

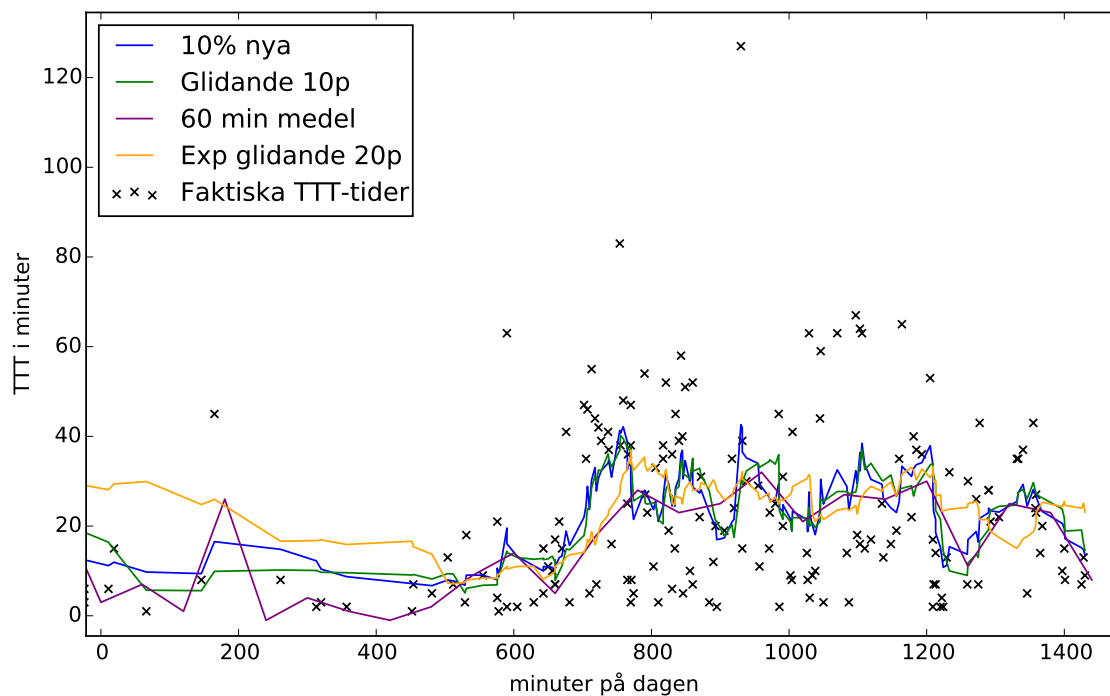
Anpassningen kallas även *träning* och för att detta steg skall kunna genomföras måste tillgänglig data först formateras till korrekt format.

Bra grunddata att träna modellen på är avgörande för prediktionens kvalitet. I detta fall var tillgänglig data begränsad till det som kunde fås från ELVIS via ElasticAPI, se avsnitt 6.2. Ett exempel på en parameter som hade varit intressant att ta med men inte fanns tillgänglig är listan på personal som jobbar. Enligt Barrick m. fl. [32] är just sammansättningen av personalen som arbetar av stor vikt för hur många patienter som hinner behandlas per timme. Denna syn delas av personalen på NÄL.

7.1 Mätmetoder

För att visa nuvarande och historiska data över TTT, TTL och TTK utvärderades flera metoder. Framförallt olika varianter på glidande medelvärden. Ett glidande medelvärde tas fram genom att ta medelvärdet av alla punkter inom ett visst intervall, i det här fallet ett tidsintervall.

Alla datapunkter med väntetid 0 sorterades bort innan uträkningarna eftersom de kan antas vara triage som skett i ambulans och alltså inte är relevanta för att ge en representativ bild av väntetiden på akutmottagningen. Utvärderingen skedde genom att rita ut varianter av glidande medelvärden, linjer, tillsammans med de faktiska värdena, kryss, enligt Figur 12. Figuren visar att de olika metoderna både har fördelar så väl som nackdelar. Medelvärdet för de senaste 60 minuterna, den lila kurvan, går ner snabbast på kvällen/natten då det är få och låga triagetider – vilket är önskvärt. Dock är denna modell också mycket känslig för en enskild hög tid då det finns få tider i intervallet och går då ett för stort utslag.



Figur 12: Olika sätt att beräkna glidande medelvärden samt alla TTT-värden. Y-axeln visar TTT i minuter. X-axeln visar minuter sedan kl 00:00 en exempeldag.

Det glidande medelvärde på de senaste 10 datapunkterna, den gröna kurvan, har mycket stora variationer då den ändras kraftigt för varje ny patient som triageras. Kurvan som representerar det 10 % nya värdet, blå, är beräknad enligt formeln

$$T_{t+1} = T_t(1 - \alpha) + T_{\text{sampel}}\alpha,$$

för TTT är T_t är den senast uträknade TTT och T_{sampel} är den senast gjorda triagetiden. Parametern α motsvarar hur stor vikt som ska läggas på det nya medelvärdet, i det här fallet 10 %, det vill säga $\alpha = 0,1$. Det exponentiellt glidande medelvärdet, den gula kurvan, är beräknat på de senaste 20 triagetiderna som har fått vikter så att nya värden väger tyngre än gamla. De faktiska TTT-tiderna som visas är placerade när triaget ägde rum. På samma sätt kan även formlerna användas till TTL och TTK.

För prediktionen valdes metoden med medelvärden under fasta intervall. Detta både för att prediktionen skulle vara av ett värde oberoende av nuvärdet och för att det bildar en lagom känslig kurva. Det är också något som är enkelt att förstå för personalen. Parametern som predikteras är medelvärdet på väntetiderna till evenen som kommer ske inom närmsta två timmar. Som prediktionsparametrar finns också motsvarande medelvärde för både en halvtimme, timme och två timmar vilket beskrivs i avsnitt 7.3.

7.2 Implementering

För att prediktera nyckeltalen användes programspråket Python och machine learning-biblioteket scikit-learn [33], [34]. Detta bibliotek valdes för att det har ett enkelt gränssnitt, god tillgång till kraftfulla algoritmer och en lämplig abstraktionsnivå. scikit-learn möjliggör modifikation av algoritmerna på detaljnivå men det går även att använda default-värden för att snabbt få en prediktionsmodell att utgå från.

7.3 Extrahering av prediktionsparametrar

De testade prediktionerna baseras på data i Elasticsearch-databasen. Ett par intressanta parametrar för prediktionen finns lagrade direkt i databasen, men desto fler kan beräknas. De flesta parametrarna fås fram med den generella metoden att av Elasticsearch efterfråga en lista med närvarande patienter vid en viss tidpunkt eller inom ett visst intervall och därefter räkna antalet förekomster av något särskilt mönster som finns lagrat i dessa patienter. För att exempelvis få fram antal patienter som träffat läkare under senaste timmen är förfarandet:

1. Be Elasticsearch om en lista av närvarande patienter den senaste timmen.
2. Sortera ut alla event från dessa patienter märkta "Läkare".
3. Räkna hur många av de utsorterade eventen som skett senaste timmen.

Metodiken är inte optimerad, men kraftfull för ändamålet: att med enkla medel extrahera ett stort antal prediktionsparametrar. Med en enda Elasticsearch-query och ett fåtal generella sorteringsmetoder fås ungefär 30 olika parametrar ut. Parametrarna finns listade i Tabell 9, utöver dessa finns även väntad medeltid för patienter i väntrum just nu.

De flesta av de implementerade modeller, som närmare beskrivs i avsnitt 7.4, är olämpliga att använda med hela den kompletta mängden tillgängliga parametrar, detta på grund av risken för överanpassning och med hänsyn till beräkningstiden. Därför används till dessa ett sparsammare urval, vilka visas i listan nedan, baserat på de studier av arbetsgång på akutmottagningen som utförts samt mindre testningar:

- Genomsnittlig väntetid senaste halvtimmen
- Genomsnittlig väntetid senaste timmen
- Genomsnittlig väntetid senaste två timmarna
- Antal nya patienter senaste timmen
- Antal event av efterfrågad typ som skett senaste timmen
- Antal patienter som väntar på eventet
- Genomsnittlig tid spenderad i kön för de patienter som väntar på eventet

Där event motsvarar att patienten har blivit triagerad, fått träffa läkare eller blivit klar.

Tabell 9: Parametrar till grund för prediktion

Belastningsparametrar
Antal otriagerade patienter, antal patienter som inte tilldelats rum, antal som ej träffat läkare samt totalt antal patienter på mottagningen.
Antalen ovan filtrerade på prioritetsfärg, det vill säga antal gröna patienter som ej träffat läkare och så vidare.
Antal nyinkommande patienter under ett tidsintervall fram till nutid.
Antal förmodade larmpatienter (patienter med TTT 0) under ett tidsintervall fram till nutid.
Parametrar som representerar arbetskapacitet
Antal triage och antal läkare-patient-möten under ett tidsintervall fram till nutid.
Uppskattat antal läkare på mottagningen (antal unika läkarID bland eventen).
Parametrar baserade på historiska värden för väntetiden
Rullande medelvärde, det vill säga medelväntetiden för händelser som skett under ett tidsintervall fram till nutid.
Ett förväntat värde för väntetiden baserat på tid på dagen och veckodag.

Inför varje träning av modellerna har orimligt långa värden sorterats ut. Detta för att dessa värden oftast beror på att ELVIS har varit dåligt uppdaterat. Endast de värden som har ett output-medelvärde som uppfyller $0 < T_{\text{triage}} < 100$, $0 < T_{\text{läkare}} < 500$ och $0 < T_{\text{klar}} < 800$ minuter har använts vid träning.

7.4 Modeller

Sex olika modeller har testats utförligt, ett neuralt nätverk samt fem olika statistiska anpassningar: polynomanpassning, linjär regression, närmsta grannarregression och två varianter av lasso-algoritmer, som skiljer sig när det gäller antal och typ av inparametrar.

7.4.1 Artificiella neurala nätverk

Artificiella neurala nätverk är en förenklad modell av hur biologiska neuronnät fungerar. Metoden kan användas för många olika typer av machine learning med små modifikationer. Gemensamt är att metoderna bygger på att man har ett antal "lager" av noder, först ett input-lager, därefter n stycken "gömda" lager som kallas för kärnan och till sist ett output-lager. I metoden som används här är $n = 100$. När modellen tränas görs upprepade iterationer där felet varje gång mäts, utifrån

dessa mätningar får varje nod olika vikter. Till slut fås ett fel som är mindre än en förutbestämd tolerans och modellen är färdigtränad. Det finns flera olika metoder för hur viktningen ändras mellan iterationerna. Metoden som används här heter Adam och är en algoritm för första ordningens gradientbaserade stokastiska optimeringssystem [35]. När prediktionen sker skickar man inparametrarna till input-lagret och signalerna propageras ner till output-lagret där det predikterade värdet kan läsas av.

7.4.2 Polynomanpassning och linjär regression

Polynomanpassning är en generalisering av den vanliga minstakvadratmetoden (linjär regression). Dess formella beskrivning är

$$\min_{\theta \in \mathbb{R}^N} \sum_{i=1}^M \left(y^{(i)} - \theta^\top \phi(x^{(i)}) \right)^2,$$

där M är antalet mätningar, $y^{(i)}$ är utvärdet för mätning i och den N -dimensionella vektorn $\phi(x^{(i)})$:s element är potenser av de valda inparametrarna i $x^{(i)}$. Som prediktionsfunktion används sedan polynomet

$$h(x) = \theta^\top \phi(x).$$

Två olika implementeringar av algoritmen gjordes. För den första sattes $\phi(x)$:s element till samtliga produkter av x :s element med gradtal ≤ 2 . Detta gradtal förmodades ge en modell som, samtidigt som den tar hänsyn till parametrar med en starkare än linjär påverkan på väntetiden, inte blir för komplicerad med överanpassning som följd. Det gjordes ett medvetet val att i $\phi(x)$ inte bara inkludera envariabelmonom utan även monom med blandade index (produkter med blandade index som exempelvis $x_3x_2^2$), då det mycket väl kan tänkas finnas ”korseffekter”; när flera olika belastningsparametrar är höga samtidigt kan den samlade effekten på väntetiden bli starkare än en superposition av de enskilda parametrarnas effekter. För den andra implementeringen sattes gradtalet till 1, vilket ger vanlig linjär regression. Detta är den enklaste prediktionsalgoritm som testats.

7.4.3 Närmsta grannar-regression

I närmsta grannar-regression utförs inget explicit optimeringssteg. Träningsdatan används istället direkt vid varje prediktion, som är ett viktat medelvärde av de närmsta mätningarnas utvärden. Prediktionsfunktionen med hänsyn till N närmsta mätningar kan skrivas

$$h(x) = \frac{\sum_{i=1}^N w^{(i)} y^{(i)}}{\sum_{i=1}^N w^{(i)}},$$

där $w^{(1)}, \dots, w^{(N)}$ är vikter, som kan vara lika stora eller låtas bero på avståndet mellan $x^{(i)}$ och x . Vid aktuell implementering togs som närmsta grannar de 5 mätningar med kortast euklidiskt avstånd $\|x - x^{(i)}\|_2$ från den nya mätpunkten. Grannarna viktades med inversen på det euklidiska avståndet.

7.4.4 Lasso

Lasso-algoritmen liknar minstakvadratmetoden men skiljer sig med den tillkomna termen $\alpha \|\theta\|_1$. Denna term kan sägas minska inflytandet från de inparametrar som har liten påverkan på y , sådana parametrars tillhörande koefficienter i θ går mot 0. Benämningen lasso syftar till att algoritmen viktar, och därmed kan sortera ut, de inparametrar som har störst påverkan på y . Lasso kan användas med väldigt många inparametrar. Optimeringsproblemet kan skrivas

$$\min_{\theta \in \mathbb{R}^N} \frac{1}{2M} \sum_{i=1}^N \left(y^{(i)} - \theta^\top x^{(i)} \right)^2 + \alpha \|\theta\|_1$$

och prediktionsfunktionen är

$$h(x) = \theta^\top x.$$

Två olika implementeringar av lasso-algoritmen gjordes. Vid den första användes listan med sju utvalda inparametrar, vilket med ett rimligt valt α ger en prediktionsfunktion där de flesta inparametrarna fortfarande är med men är viktade efter betydelse. Den andra implementeringen är inspirerad av artikeln ”Accurate Emergency Department Wait Time Prediction” [36] och med filosofin *ju fler desto bättre* beträffande inparametrarna. Artikeln beskriver en algoritm namngiven Q-lasso där Q syftar på ett flödestänk. Q-lassos inparametrar genereras genom att utifrån de parametrar givna i Tabell 9 ta samtliga bråk av formen arbetsbörda/arbetstakt. Bråken har dimensionen tid och anses vara betydelsefulla för väntetiden [36]. Variabeln α sattes för implementationen med färre parametrar med hjälp av programvaran, som själv testar olika värden och väljer det den finner bäst. För Q-lasso sattes värdena ”för hand” genom att testa sig fram och välja ett α som ger litet medelfel, ett rimligt antal icke-nollställda koefficienter ($\lesssim 15$) och en rimlig graf. För lasso respektive Q-lasso blev α -värdena

$$\begin{cases} \alpha_{\text{TTT}} = 0,24 \\ \alpha_{\text{TTL}} = 4,54 \\ \alpha_{\text{TTK}} = 12,18 \end{cases}, \quad \begin{cases} \alpha_{\text{TTT}} = 0,1 \\ \alpha_{\text{TTL}} = 1,0 \\ \alpha_{\text{TTK}} = 4 \end{cases}.$$

7.5 Utvärdering av modeller

Metoden som använts för att utvärdera modellerna för prediktionen är k-fold cross validation [34]. Modellerna tränas då k gånger på en $\frac{k-1}{k}$ -andel av datan och testas sedan på den resterande datan. I utvärderingen användes $k = 10$ vilket alltså innebär att datan har delats upp i tio delar, och att modellen för de tio möjliga uppdelningarna tränas på nio delar och testas på den tionde.

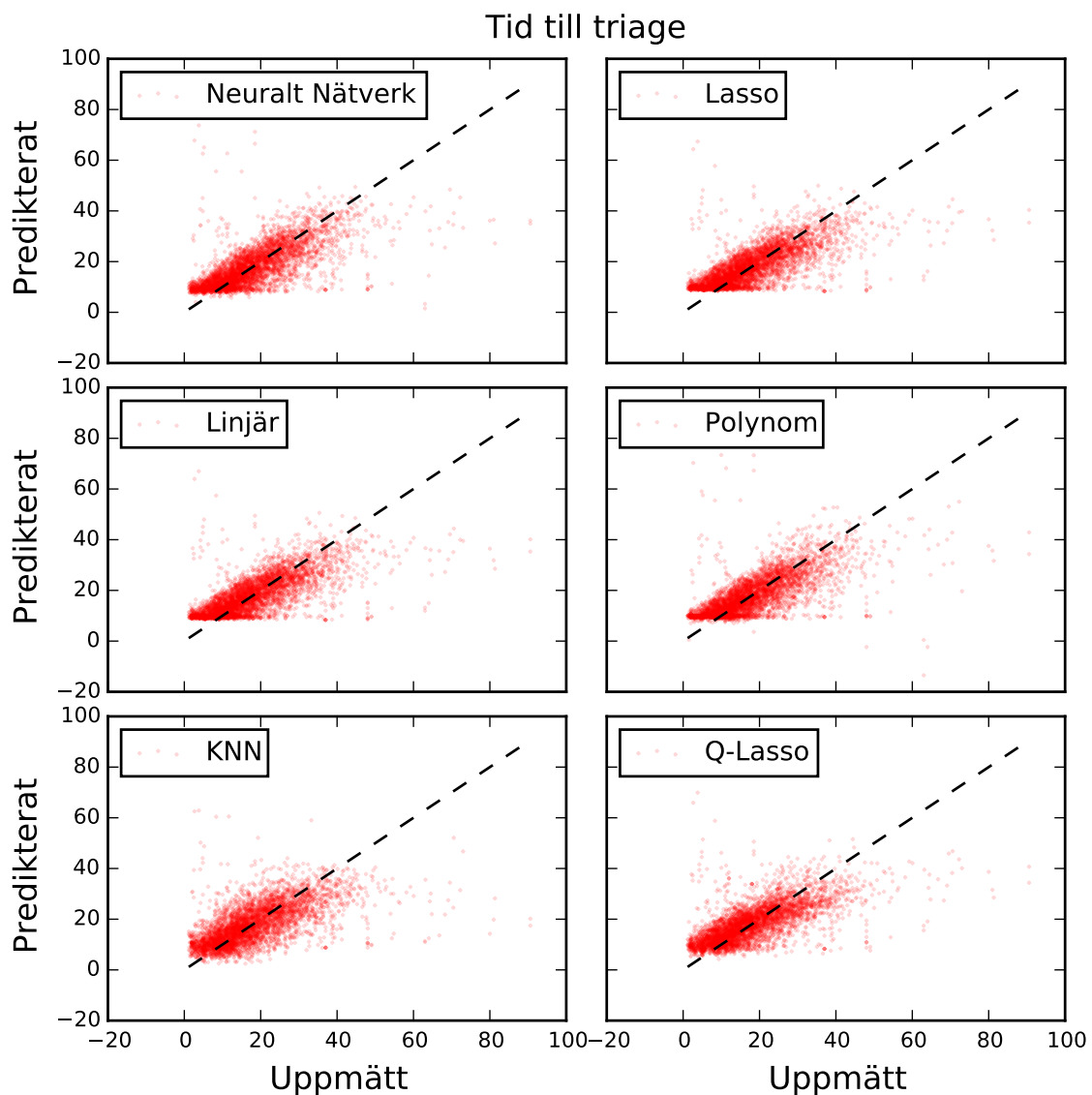
I Figur 13 visas resultatet av k-fold cross validation för TTT för vardera av de testade modellerna, med predikerat värde på y-axeln och korresponderande uppmätt värde på x-axeln. Motsvarande diagram för TTL och TTK finns i bilaga A.5.

Tabell 10: Medelvärde, median, standardavvikelse och procentuell avvikelse på absolutbeloppet på felet från utvärdering av prediktionsmodellerna för TTT, TTL och TTK genom k-fold cross validation.

	Medelvärde	Median	STD	Procentuellt
TTT				
Neuralt nätverk	5,062	3,793	8,479	28,1 %
Lasso	5,055	3,825	8,231	28,1 %
Linjär	5,056	3,833	5,394	28,1 %
Polynom	5,058	3,874	5,728	28,1 %
KNN	5,706	4,200	6,010	37,1 %
Q-Lasso	5,381	4,116	8,173	29,9 %
TTL				
Neuralt nätverk	28,68	18,08	62,83	22,5 %
Lasso	28,34	19,01	60,11	22,2 %
Linjär	28,43	19,19	33,06	22,3 %
Polynom	28,01	18,95	31,98	22,0 %
KNN	32,60	21,46	36,43	22,5 %
Q-Lasso	28,48	19,10	60,81	22,3 %
TTK				
Neural nätverk	33,88	21,00	73,12	15,0 %
Lasso	32,70	20,31	70,08	14,5 %
Linjär	32,80	20,29	42,15	14,5 %
Polynom	33,21	20,76	41,95	14,7 %
KNN	39,32	25,43	49,33	17,4 %
Q-Lasso	40,88	28,25	68,38	18,1 %

I Tabell 10 syns resultatet av k-fold cross validation för modellerna. Det är intressant att se att så väl medelvärdet som medianen av absolutbeloppet på felet är väldigt likt mellan modellerna, framförallt för TTT. Medianen är också lägre än medelvärdet för alla modellerna vilket beror på att vissa extrema värden drar upp det senare. Detta syns i Figur 13 där de flesta prickarna ligger i en klump nära $y = x$ men några enstaka ligger långt bort.

Något annat intressant som syns i Figur 13 är att de flesta modeller aldrig eller mycket sällan predikterar värden under 10 minuter. Att anpassningarna fungerar i vissa mätområden men inte i andra kan tänkas vara ett tecken på att någon typ av lokal viktning skulle vara lämplig. Denna förmodan stöds av det faktum att närmsta grannar regressionen (KNN), som är lokalt viktad, verkar ge rimligast prediktion vid låga värden.



Figur 13: Resultat av prediktionsutvärdering baserad på k-fold cross validation. På y-axeln visas det predikterade värdet och på x-axeln visas de uppmätta värdena. Alla värden är medel-TTT i minuter. Den streckade linjen går längs $y = x$.

Medelvärdet för TTT på testvärdena var 18 minuter, jämfört med 128 minuter för TTL och 226 minuter för TTK. Trots att det vid en första anblick i Tabell 10 ser ut som om felen är större på TTL och TTK än TTT bör det jämföras med medelvärdena för de olika tiderna som skiljer sig. Det tas i beaktning i kolumnerna ”procentuell avvikelse på absolut fel” som är medelvärdet på absolutbeloppet av felet dividerat med medelvärdet på TTT, TTL respektive TTK. Jämförs de kolumnerna syns att det är TTK som har lägst procentuellt fel och därför i någon mån det lättaste nyckeltalet att prediktera.

Utvärderingen visar att de olika prediktionsmodellerna gav ungefär lika bra resultat. Valet på modell till ERICA föll till slut på polynomanpassningen. Detta för den har bra resultat för alla jämförelsevärden och dessutom är snabb, till skillnad från vissa av de andra modellerna.

8 Utvärdering och diskussion

Avsnittet behandlar och presenterar resultatet av den testning som utförts på NÄL, de åtgärder som gjorts under testperioden samt den framtida utvecklingspotentialen för ERICA. Vidare diskuteras problematik och möjligheter med den begränsning av data som finns idag.

8.1 Realtidstest på NÄL

ERICA testkördes under sju dagar på plats på NÄL. Första tiden av testperioden kantades av många små problem som åtgärdades fortlöpande när de upptäcktes. Under de tre sista dyggen genomfördes dock testningen utan avbrott och inga ytterligare fel hittades.

Systemet mottogs mestadels väl från användarna och blev mycket uppmärksammat på arbetsplatsen. ERICA blev ett naturligt verktyg i arbetet och personalen uttryckte saknad av framförallt koordinatörvyn när testet avslutades.

En nackdel under testet var att personuppgifter, eller andra uppgifter som lätt kopplar en patient till viss data, inte fanns tillgängliga. Detta gjorde testet av torgvyn bristfälligt då den är uppbyggd med patienten i fokus.

8.1.1 Åtgärder under testperioden

I prototypskissen över torgkonceptet, beskriven i avsnitt 5.2.2, är den nedre vänstra ytan med plats för patienter är uppdelad i *Inre väntrum* och *Övriga platser*. Under den slutliga testningen upptäcktes att detta skapade en odynamisk situation då respektive kategori hade ett statistiskt maxantal samtidigt som fördelningen varierade. Patienter i väntrum och på andra platser sammanfogades därför på en gemensam yta.

I samma vy finns de två cirklarna som visar TTL och TTK med tillhörande smiley, som indikerar hur nyckeltalen är i nuläget, och en pil, som visar den förväntade utvecklingen av nyckeltalen. Vid testning på NÄL framkom det att denna funktion inte hjälpte personalen. Istället upplevdes nyckeltalen bidra negativt till arbetet genom att visa information som inte går att påverka, se avsnitt 5.3. Vidare upplevdes funktionen väl pessimistisk, bland annat på morgonen då det inte hade varit någon läkare på plats under natten vilket gjorde att tid till läkare, helt naturligt, hade ökat. Funktionen doldes därför under den senare delen av testet. För vidare utveckling av systemet bör de här symbolerna ses över för att de ska fylla sitt syfte att visa hur belastningen på akutmottagningen ser ut utan att påverka personalen negativt.

Tidigare tog servicen `OnGoingPatients` bort patienter när en `diff` fås av `TransformationService` enligt beskrivning i avsnitt 6.1.1. En svaghet som upptäcktes under testningen var att om en `diff` missas tas patienten aldrig bort. För

att råda bot på det skapades en ny service, `PatientRemover`. Modulariteten hos ERICAs moduler och med bussen som kommunikationslänk var införandet av `PatientRemover` en problemfri uppgradering av systemet. Även denna modul finns beskriven i avsnitt 6.1.1.

8.2 Validering av resultat

För att utvärdera funktionerna i ERICA har ett antal testscenarion utförts i ERICA samt ELVIS där antalet interaktioner i de olika systemen mätts och jämförts. Någon omfattande utredning av hur arbetssituationen på akutmottagningen har förbättrats med hjälp av ERICA har inte genomförts, men för att ge en fingervisning om resultatet presenteras här en kort enkätundersökning som personal som arbetat med och runt ERICA fått svara på. Dessutom gjordes en sammanställning av subjektiva bedömningar från utvecklarna, cheferna på akutmottagningen samt slutanvändarna.

8.2.1 Teoretisk utvärdering av ERICA

Det finns vissa informationssökningar som görs mycket frekvent i ELVIS. Förhoppningen är att ERICA ska underlätta dessa genom att visualisera data direkt utan att en aktiv sökning behövs. För att belysa skillnaderna mellan systemen baseras den här utvärderingen på antalet interaktioner som krävs för att få fram viss information. Sökningarna som testades valdes utifrån hur vanligt förekommande och hur kritiska de är för arbetet på mottagningen.

För koordinatorvyn granskades antalet interaktioner för att få följande information: antal patienter på ortopedtorget, antal patienter på medicintorg blå, jämföra antal patienter mellan medicintorg blå och gul samt hitta ett ledigt rum. På torgvyn studerades istället hur många interaktioner det krävs för att ta reda på följande: om någon patient är i behov av omvårdnad samt ta reda på vad den senaste händelsen på avdelningen var. Antalet interaktioner i ERICA jämfördes med antalet interaktioner med ELVIS.

Resultaten från de teoretiska testerna redovisas i Tabell 11. Varje interaktion är separerad med \rightarrow . Notera att ELVIS är ett interaktionsbaserat system medan ERICA är ett mer passivt system. Det gör testet fördelaktigt för ERICA. Utvärderingstabellen visar tydligt att ELVIS är ett system som kräver mycket mer tid och fokus än vad ERICA gör för att få ut mycket enkel information.

Tabell 11: Ett urval av vanliga informationssökningar som kan utföras med ELVIS respektive ERICA samt interaktionsföljden för de båda systemen.

System	Interaktioner
<i>Koordinatorvyn, antal patienter på ortopedtorget</i>	
ELVIS	Sortera på avdelning → Räkna antalet patienter
ERICA	Titta i stapeldiagram för ortoped
<i>Koordinatorvyn, antal patienter på ett medicintorg</i>	
ELVIS	Sortera på avdelning → Sortera på rum → Räkna antalet patienter
ERICA	Titta i stapeldiagram för respektive medicintorg
<i>Koordinatorvyn, jämför antal patienter på medicintorgen</i>	
ELVIS	Sortera på avdelning → Sortera på rum → Räkna antalet patienter på blå → Räkna patienter på gul → Jämför antal
ERICA	Titta i stapeldiagram för blå → Titta i stapeldiagram för gul → Jämför antal patienter
<i>Koordinatorvyn, hitta ett ledigt rum</i>	
ELVIS	Sortera på rum → leta efter siffra som saknas
ERICA	Titta lista på ledigt rum
<i>Torg, ta reda på om en patient behöver omvårdnad</i>	
ELVIS	Titta senaste händelse på tidslinje → Räkna tiden sedan senaste händelse
ERICA	Patienten har markerats med tjock, svart ram
<i>Torg, ta reda på vad senast ändring var (från vad till vad)</i>	
ELVIS	Ej möjligt
ERICA	Titta i ändringslistan

För de fem första sökningarna kräver ELVIS totalt 14 interaktioner och ERICA kräver totalt 7 interaktioner. Detta innebär att ERICA bara behöver hälften så många interaktioner jämfört med ELVIS. Det skulle kunna innebära att koordinator och sjuksköterskor med ERICA kan lägga mindre tid på informationshämtning och mer tid på patienterna. Den sjätte sökningen är inte möjligt att göra i ELVIS eftersom ändringar skriver över varandra. I ERICA finns möjligheten att se de senast gjorda ändringarna vilket är en stor fördel för personalen.

8.2.2 Enkätundersökning

Under veckan som ERICA testades på NÄL fanns möjlighet för personalen att fylla i enkäten beskriven i avsnitt 8.2.2. Totalt inkom tio svar och resultatet, som visas i Tabell 12, visar att ERICA övervägande har fått höga betyg av personalen. Det är intressant att se att personalen säger sig vilja använda verktyget om det var permanent (fråga 10) i högre utsträckning än vad det hjälper personalen att planera sitt arbete och att förstå läget på akutmottagningen nu (fråga 8 respektive 9). Det väcker nya frågor: vad är det personalen vill använda skärmarna till? Eller betyder det att skärmarna är tillräckligt bra för att definitivt vara användbara, men att det finns utrymme för att visa mer information som är till hjälp? Detta bör undersökas noggrannare med exempelvis intervjuer eller observationer om hur ERICA används.

Tabell 12: Frågor som användes vid utvärdering av systemet samt resultatet utifrån utvärderingen. Skalan är 1-6 där 1 är liten utsträckning och 6 är stor utsträckning.

	Fråga	Medel koord.	Median koord.	Medel torg	Median torg
	I hur stor utsträckning... (skala 1-6)				
1.	...är informationen som visas relevant?	5	5	4,6	4,5
2.	...är skärmen lätt att använda?	5	5	4,3	4
3.	...är det lätt att ta till sig informationen?	5,2	5	4,6	4,5
4.	...förstår du vad som visas?	5,2	5	5	5
5.	...hittar du informationen du söker på skärmen?	5,4	5	4,9	5
6.	...är designen passande?	5,2	5	4,6	5
7.	...litar du på informationen som visas?	5,2	5	4,6	4,5
8.	...hjälper informationen dig att planera ditt arbete?	4,2	4	4,1	4,5
9.	...hjälper informationen dig att förstå läget på akuten nu?	5	5	4,1	5
10.	...skulle du använda detta verktyg om det var permanent?	6	6	5,1	6
	Helhetsintryck?	5,8	6	5,3	5,5

Överlag har koordinatorvyn fått högre poäng av personalen än vad torgvyn har fått. Som tidigare nämnt saknade torgvyn personuppgifter vilket kan ha varit en bidragande faktor till de lägre poängen. Under testningen var det också fler buggar i torgvyn än i koordinatorvyn vilket även det kan ha påverkat betyget från personalen.

8.2.3 Subjektiv upplevelse

Under testningen framkom det en del muntliga omdömen och kommentarer från personalen. Dessa är av stor vikt för vidare utvärdering och förbättring av ERICA.

Vyerna ger förutom en god översikt över situationen just nu även predikterad data om den närliggande framtiden på akutmottagningen. Förhoppningen är att det kan möjliggöra proaktivitet, till exempel genom att sjukhuspersonal och team kan dimensioneras för att avlasta där de behövs mest och patienter placeras där det finns mest tillgänglig kapacitet. När nyckeltalen visas i realtid kan det också ge ett gemensamt mått på när personalen ska ändra sin arbetstakt och beslutet om att göra det kan ske gemensamt.

I ERICA kan torgen i förväg se vilka patienter som inkommer och de som befinner sig i väntrummet. Detta skulle kunna leda till att sjuksköterskor på torg får ett stöd för att lättare kunna ta rätt beslut. Förhoppningen är också att det ska bli enklare att proaktivt förebygga att ”brandsläckningsoperationer” uppstår där exempelvis patienter får byta rum flera gånger. Personalen tyckte att om funktionen fungerar skulle den vara mycket positiv för arbetet men ytterligare utveckling krävs för att verktyget ska uppfylla detta önskvärda syfte.

Produkten upplevdes även indirekt avlasta koordinatören, genom att förmedla informationen från översikten istället för att få den muntligt. Ett exempel är när en ambulans kommer in och skall lägga sin patient på ett medicintorg men inte vet vilket. En snabb titt på koordinatorvyn kan då ge informationen om vilket medicintorg som har mest ledig kapacitet.

Alla upplevde dock inte ERICA som positivt. Några få kände istället att det blev tydligt när de jobbade ”dåligt” och att vyerna gav information som inte gick att påverka. Framförallt rörde sig denna kritik runt nyckeltalen. Som tidigare nämnt plockades dessa då bort från torgvyn. På koordinatorvyn fanns de dock kvar eftersom skärmen i första hand är till för koordinatören som har nytta av informationen. Det var dock sjuksköterskor från torgen som kom med kritiken.

8.3 Databegränsning och tillförlitlighet

Den tillgängliga datan har varit begränsad till den som finns i ELVIS vilket även begränsat omfattningen av ERICA, men också förenklat den tidiga utvecklingen. Funktionaliteten har begränsats ytterligare av avsaknaden av namn, personnummer och vårdkommentarer, data som är tillgänglig i ELVIS men som inte ERICA

har haft tillgång till. Detta försämrade möjligheten för personalen att koppla informationen i ERICA till motsvarande information i ELVIS, vilket var särskilt problematiskt för torgvyn eftersom sjuksköterskor på torg har en direkt vårdroll för specifika patienter, till skillnad från koordinatorn.

Vårdpersonal måste också ständigt göra avvägningar om de ska prioritera att mata in realtidsdata i datasystemen eller om de ska prioritera att ge snabb vård till sina patienter. Dessutom är data som matas in i ELVIS inte knutet till patientjournalssystemet. Om till exempel omvårdnaden av en patient loggas i ELVIS är det inte automatiskt journalfört och därför inte till samma juridiska nytta om en tvist mellan patient och akutmottagning skulle uppstå. Det orsakar att det ofta nedprioriteras att uppdatera ELVIS och därmed blir datan i både ELVIS och ERICA mindre tillförlitlig.

För att sjuksköterskorna själva ska kunna avgöra om systemet visar fel eller om det skett en felaktig inmatning i ELVIS är transparens viktigt. Data får inte falla bort i en aggregering eller sortering och inte heller i de grafiska komponenterna. Datan som visas bör alltså vara bearbetad så lite som möjligt, så att det blir lättare att förstå vad informationen representerar. Detta gör det tydligare att se om en inmatning som systemet inte stödjer har skett. Sjuksköterskor är mycket kompetenta och bör ges fullständiga möjligheter att själva felsöka och därefter rätta till felet i ELVIS alternativt rapportera felet till ERICA. Viss transparens finns nu i torgvyn där till exempel hela rumsnamnet skrivs ut oavsett om det är ett rumsnamn som finns eller om det har råkat bli en felskrivning men önskan är att öka transparensen i fler moduler.

8.4 Möjligheter med mer data

ERICA-prototypen är en del av en större utvecklingsprocess som på intet sätt är avslutad. Vidare forskning och utveckling i flera riktningar är nödvändiga om ERICA ska kunna bli ett permanent verktyg för akutvården. Detta avsnitt behandlar den potential som mer data skulle kunna ge ERICA.

Utöver de implementerade funktionerna som beskrivs i avsnitt 5.1 uppkom under förstudien önskemål om andra funktioner. Dessa var tyvärr inte möjliga att implementera, främst för att datan som skulle behövas antingen saknas i nuläget eller ligger i system med mycket begränsad åtkomst. En möjlighet finns dock att integrera dem i senare versioner av ERICA för att på så sätt bygga ut funktionaliteten.

8.4.1 Ambulansinformation

En patient i en inkommande ambulans är idag den enda besökaren man med säkerhet vet ska ankomma till akutmottagningen. Tillgång till mer utförlig information om dessa inkommande ambulanser skulle ge potential till att kunna planera arbetet bättre. Exempelvis skulle torgpersonalen kunna förbereda så att ett rum finns

ledigt i tid till att patienten ankommer. Resursutnyttjandet kan också på så vis göras bättre.

Ett möjligt sätt att visualisera inkommande ambulanser vore med en tabell. Genom att visa den inkommande patientens triagestatus, mottagande torg och beräknad tid till ankomst finns potential att planera arbetet och optimera personalresurser bättre. När ambulansen ankommit till akutmottagningen skulle då dessutom ambulanspersonalen kunna se om många andra ambulanser är på väg in och på så sätt få en indikation på att de behöver skynda sig för att ge plats i garaget för dessa.

8.4.2 Personal

Den viktigaste resursen på akutmottagningen är personalen. Tiden till triage är starkt beroende av hur många triageteam som är aktiva och tiden till läkare på antalet tillgängliga läkare. Genom att veta var personalen är och hur kösituationen ser ut finns det stor potential att bättre allokera resurserna. Ett sätt är att spåra personalen med Real-Time Location Systems (RTLS), ett system utformat för att lokalisera personal och saker. Detta har testats med varierande framgång [37] inom sjukvården.

8.4.3 Utökade patientkort

Patientkorten i torgvyn har stor potential att utvecklas. Genom att möjliggöra interaktion med användargränssnittet för torgen kan fler funktioner integreras. Ett exempel skulle vara att kunna klicka på en patient och då få se vårdkommentarer och historik över vårdbesöket, men också historik från tidigare besök.

Patientens historik finns redan i ELVIS, medan inmatning av vårdkommentarer skulle kunna ske på två sätt. Antingen via direktinmatning i ERICA med en specifik modul eller via inmatning av kommandon i kommentarsfältet i ELVIS. Direktinmatning ger frihet och användarvänlighet men skulle kräva en helt ny modul samt ny hårdvara i form av surfplatta eller liknande. Inmatning via ELVIS ses av personalen som problematiskt då alla avdelningar har tillgång till datan, även icke vårdgivande avdelningar. Därför skrivs så lite som möjligt in där medan korten innehåller mer och personligare information. Om dessa kommentarer kunde osynliggöras för ELVIS-användare utan behörighet till patientkänslig information kunde all information på korten sammanställas i ELVIS och således enkelt möjliggöra implementation i ERICA. Genom att göra korten mer kompletta kan de fysiska korten ersättas och personalen på så sätt få ett system mindre att hålla uppdaterat.

8.4.4 Mobil plattform

Ett ytterligare steg att ta är att utveckla ERICA för en mobil plattform, likt förslag i "Envisioning Workflows at Hospital Emergency Departments" [15]. Om ERICA fanns för mobila plattformar skulle personalen kunna ha med sig översikten och patientinformationen när de rör sig runt på akutmottagningen. Informationen finns då där personalen för tillfället befinner sig – med andra ord där den behövs.

8.4.5 Bättre prediktion

Om mer patientspecifik data samt mer exakt information om personal fanns tillgänglig skulle även prediktionen kunna bli mer specifik. Varje patients resa genom akutmottagningen skulle kunna predikteras baserat på bland annat prioritetsfärg, åkomma och personalstatus. Till exempel hade man i studien "Forecasting patient length of stay in an emergency department by artificial neural networks" [38] tillgång till patienternas individuella provresultat och använde dessa som inparametrar tillsammans med annan information om läget på akutmottagningen för att prediktera den totala vistelsetiden. Det skulle även vara intressant att se om det skulle gynna patienterna själva att få ta del av denna information.

Vidare skulle en studie kunna göras om kötider och patientflöden kan mätas på ett sätt som ger pålitlig information även i de situationer när få mätpunkter finns tillgängliga, alltså vid låg patientbeläggning eller små delgrupper, till exempel gula patienter på ortopedtorget. En sådan studie skulle förhoppningsvis kunna korrelera flera parametrar och på så vis möjliggöra mer detaljerad prediktion, exempelvis om det finns ett samband mellan tider och triagefärg eller antal patienter på samma avdelning.

8.5 Generisk version av ERICA

Implementering av användargränssnitt innebär ett mycket tidskrävande och ofta dyrt utvecklingsarbete. Skulle ERICA vara kommersiellt skulle kostnaden för systemet med specialanpassade vyer för varje avdelning vara betydande. Därför är det intressant att undersöka om ett mer generellt tillämpbart verktyg med lika avdelningsspecifik information skulle kunna utformas. Problemet är att arbetsuppställning och utseende varierar mycket mellan olika avdelningar och vårdmottagningar. En lösning för att möjliggöra anpassning är därför att ta fram ett generiskt system där vyer kan konstrueras med hjälp av färdiga, justerbara moduler. Justeringen skulle genomföras av en datorvan person som inte nödvändigtvis har programmeringskunskaper, exempelvis en datorkunnig administrationsanvändare. Konfigurationen skulle möjliggöra anpassning efter varje vårdinstitution egna behov och göra systemet betydligt mer fristående.

Kartmodulen är ett typexempel på en specialanpassad grafik som i nuläget är hårdkodad efter just kartan på NÄL. En generisk version skulle istället kunna

byggas upp i en redigeringsvy, där rum med givna attribut placeras i ett rutnät, med attributen avdelning, rumsnamn samt färg.

Med ovan beskrivna generaliseringar skulle ERICA vara till stor nytta på många andra akutmottagningar.

9 Slutsats

ERICA är ett unikt system med fokus på grafiskt beslutsstöd. Trots att vårdinformationssystem är en stor bransch med många pågående utvecklingsprojekt finns så vitt projektdeltagarna vet inget liknande system som på samma sätt ger en grafisk överblick för akutmottagningar.

Efter en veckas testkörning på NÄL har det visat sig att efterfrågan på systemet är stor och att dess funktioner snabbt kan bli en naturlig och förbättrande del av sjuksköterskornas arbete. Resultatet påvisar också att rätt målgrupp valts i och med sjuksköterskorna. Särskilt koordinators arbete innehåller många handberäkningar från dagens ELVIS, energi och tid som exempelvis kan läggas på mer proaktiva åtgärder.

Prediktionsförsöken visar att flera olika typer av machine learning-algoritmer kan användas för att ge en grov uppfattning om mottagningens väntetider i nära framtid, men att en noggrannare modell, med mer indata skulle behövas men skulle också kräva betydligt mer injustering.

För att ta systemet vidare i utvecklingsprocessen föreslås ännu högre fokus på modularisering såväl i databehandlingen som för webbgränssnittet. Trots att ERICA genomsyrats av en modulariserad struktur är systemet mycket specialanpassat för just NÄLs akutmottagning och mycket utveckling återstår för att göra det mer generiskt. Modulariseringens nästa utmaning är att förenkla processen att introducera nya services och komponenter för att möjliggöra en introduktion av ERICA på andra mottagningar och sjukhus.

Referenser

- [1] S. Healy och M. Tyrrell, ”Stress in emergency departments: Experiences of nurses and doctors”, *Emergency Nurse (through 2013)*, vol. 19, nr 4, s. 31–7, juli 2011, ISSN: 13545752. DOI: 10.7748/en2011.07.19.4.31.c8611.
- [2] N. Mohite m. fl., ”Occupational stress among nurses working at selected tertiary care hospitals”, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 3, nr 6, s. 999–1005, 2014. URL: https://www.researchgate.net/profile/Mahadeo_Shinde4/publication/266021022_Occupational_Stress_among_Nurses_Working_At_Selected_Tertiary_Care_Hospitals/links/5422e90c0cf26120b7a6b576.pdf?origin=publication_detail.
- [3] Socialstyrelsen, *Väntetider och patientflöden på akutmottagningar*, 2015. URL: <http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/19990/2015-12-11.pdf> (hämtad 22 jan. 2016).
- [4] —, *Väntetider vid sjukhusbundna akutmottagningar*, 2011. URL: <https://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/18284/2011-3-36.pdf> (hämtad 9 april 2016).
- [5] V. Escribà-agüir m. fl., ”Psychosocial work environment and burnout among emergency medical and nursing staff”, *International archives of occupational and environmental health*, vol. 80, nr 2, s. 127–33, nov. 2006, ISSN: 0340-0131. DOI: 10.1007/s00420-006-0110-y.
- [6] J. Nielsen, *Usability 101: Introduction to usability*, 2012. URL: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/> (hämtad 6 maj 2016).
- [7] S. Kalrsson m. fl., ”Utvecklingsprocesser”, i *Arbete och teknik på människans villkor*, M. Bohgard m. fl., utg., Prevent: Arbetsmiljö i samverkan Svenskt Näringsliv, LO & PTK, 2008, s. 569–610, ISBN: 978-91-7365-037-3.
- [8] B. Järnerot, Västra Götalandsregionen, NU-sjukvården, *Snabba fakta om nu-sjukvården*, 2016. URL: <http://www.nusjukvarden.se/sv/NU-sjukvarden/0m-nusjukvarden/Korta-fakta-om-NU-sjukvarden1/> (hämtad 6 maj 2016).
- [9] I. Karlsson Gadea, *Hitta rätt i sjukvården*. URL: <http://www.1177.se/Vastra-Gotaland/Regler-och-rattigheter/Hitta-ratt-i-sjukvarden/?ar=True> (hämtad 15 april 2016).
- [10] J. C. Hollingsworth m. fl., ”How do physicians and nurses spend their time in the emergency department?”, *Annals of Emergency Medicine*, vol. 31, nr 1, s. 87–91, 1998, ISSN: 0196-0644. DOI: 10.1016/S0196-0644(98)70287-2.
- [11] Arbetsförmedlingen, Redaktionen för yrkesinformation, *Sjuksköterska*, 2015. URL: http://www.arbetsformedlingen.se/%5C-sitevision/proxy/%5C-For-arbetssookande/%5C-Yrke-och-framtid%5C-/Yrken-A-0.html/%5C-svid12_78280711d502730c1800072/%5C-1119789672/Yrken/%5C-YrkesBeskrivning.aspx?iYrkeId=343 (hämtad 9 maj 2016).

-
- [12] —, *Undersköterska*, 2015. URL: http://www.arbetsformedlingen.se/sitevision/proxy/%5C-For-arbetssokande/%5C-Yrke-och-framtid/%5C-Yrken-A-0.html/%5C-svid12_78280711d502730c1800072/%5C-1119789672/%5C-Yrken/%5C-YrkesBeskrivning.aspx?iYrkeId=427 (hämtad 27 april 2016).
- [13] —, *Medicinsk sekreterare*, 2016. URL: http://www.arbetsformedlingen.se/%5C-sitevision/proxy/%5C-For-arbetssokande/%5C-Yrke-och-framtid/%5C-Yrken-A-0.html/%5C-svid12_78280711d502730c1800072/%5C-1119789672/Yrken/%5C-YrkesBeskrivning.aspx?iYrkeId=241 (hämtad 9 maj 2016).
- [14] P. AB, *Om retts*, 2016. URL: <http://predicare.se/om-retts/> (hämtad 9 maj 2016).
- [15] D. Ludvigsson och S. Elebro, "Envisioning workflows at hospital emergency departments", Master's thesis 2013:141, ISSN: 1651-4769, Master's Thesis in Interaction Design, Department of Applied Information Technology, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2013.
- [16] M. Leonard m. fl., "The human factor: The critical importance of effective teamwork and communication in providing safe care", *Qual Saf Health Care*, vol. 13, nr 1, s. i85–i90, 2004. DOI: 10.1136/qshc.2004.010033.
- [17] I. Popovici m. fl., "Technological aspects of hospital communication challenges: An observational study", *International Journal for Quality in Health Care*, 2015. DOI: 10.1093/intqhc/mzv016.
- [18] M. Mendl, "Performing under pressure: Stress and cognitive function", *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 65, nr 3, s. 221–244, 1999, ISSN: 0168-1591. DOI: 10.1016/S0168-1591(99)00088-X. URL: [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00088-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00088-X).
- [19] S. Ito m. fl., "Occupational stress among healthcare workers in japan", *Work*, vol. 49, nr 2, s. 225–234, 2014. DOI: 10.3233/WOR-131656.
- [20] N. Yuwanich m. fl., "Emergency department nurses' experiences of occupational stress: A qualitative study from a public hospital in bangkok, thailand", *Work*, nr Preprint, s. 1–13, 2015. DOI: 10.3233/WOR-152181.
- [21] A.-L. Osvalder och P. Ulfvengren, "Människa-tekniksystem", i *Arbete och teknik på människans villkor*, M. Bohgard m. fl., utg., Prevent: Arbetsmiljö i samverkan Svenskt Näringsliv, LO & PTK, 2008, s. 339–422, ISBN: 978-91-7365-037-3.
- [22] A.-L. Osvalder m. fl., "Metoder", i *Arbete och teknik på människans villkor*, M. Bohgard m. fl., utg., Prevent: Arbetsmiljö i samverkan Svenskt Näringsliv, LO & PTK, 2008, s. 463–566, ISBN: 978-91-7365-037-3.
- [23] J. G. Dolan m. fl., "Development and initial evaluation of a treatment decision dashboard", *BMC medical informatics and decision making*, vol. 13, nr 1, s. 1, 2013. URL: <http://www.biomedcentral.com/1472-6947/13/51>.
- [24] R. A. Karasek och T. Theorell, *Healthy Work: Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life*. New York, New York: Basic Books, 1990.

- [25] D. J. Simons och R. A. Rensink, "Change blindness: Past, present, and future", *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 9, nr 1, s. 16–20, 2005, ISSN: 1364-6613. DOI: doi:10.1016/j.tics.2004.11.006.
- [26] AFS 1998:5, "Arbete vid bildskärm: Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om arbete vid bildskärm samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna (ändringar införda t.o.m. den 25 mars 2014)", URL: <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbete-vid-bildskarm-foreskrifter-afs1998-5.pdf> (hämtad 10 april 2016).
- [27] D. A. Norman, *The Design of Everyday Things*, Revised and expanded edition. New York: Basic Books, 2013, ISBN: 978-0-465-07299-6.
- [28] J. Bean, *SOA and Web Services Interface Design: Principles, Techniques, and Standards (The MK/OMG Press)*. Morgan Kaufmann, 2009, s. 1–12, ISBN: 0-12-374891-7.
- [29] 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.
- [30] P. Bonnet m. fl., *Sustainable IT Architecture : The Progressive Way of Overhauling Information Systems with SOA*. ISTE, 2013, s. 227, ISBN: 9780470608036.
- [31] Elastic.co, *Request body search*. URL: <https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/reference/2.2/search-request-body.html> (hämtad 15 april 2016).
- [32] Barrick m. fl., "Relating member ability and personality to work-team processes and team effectiveness", *Journal of Applied Psychology*, vol. 83, nr 3, s. 377–391, 1998, ISSN: 0021-9010. URL: <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.83.3.377>.
- [33] F. Pedregosa m. fl., "Scikit-learn: Machine learning in Python", *Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, s. 2825–2830, 2011. URL: <http://jmlr.csail.mit.edu/papers/v12/pedregosa11a.html>.
- [34] L. Buitinck m. fl., "API design for machine learning software: Experiences from the scikit-learn project", *CoRR*, vol. abs/1309.0238, 2013. URL: <http://arxiv.org/abs/1309.0238>.
- [35] D. P. Kingma och J. Ba, "Adam: A method for stochastic optimization", *CoRR*, vol. abs/1412.6980, 2014. URL: <http://arxiv.org/abs/1412.6980>.
- [36] E. Ang m. fl., "Accurate emergency department wait time prediction", *Manufacturing & Service Operations Management*, vol. 18, nr 1, s. 141–156, 2016. DOI: 10.1287/msom.2015.0560.
- [37] J. A. Fisher och T. Monahan, "Evaluation of real-time location systems in their hospital contexts", *International Journal of Medical Informatics*, vol. 81, nr 10, s. 705–712, 2012, Health Information Electronic Network Systems for People Living with HIV/AIDS in Underserved Communities, ISSN: 1386-5056. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2012.07.001.

- [38] M. Gul och F. A. Guneri, "Forecasting patient length of stay in an emergency department by artificial neural networks", *Journal of Aeronautics and Space Technologies (Havacilik ve Uzay Teknolojileri Dergisi)*, vol. 8, nr 2, s. 1–6, 2015, ISSN: 2148-1059. DOI: 10.7603/s40690-015-0015-7.

A Bilagor

A.1 Kravspecifikation

Tabell 13: Lista över de funktioner som önskas för koordinatorvyn.

Funktion	Prioritet	Kommentar
Mätbara krav		
Underlätta överblick		Huvudfunktion
Underlätta beslutsfattande		Huvudfunktion
Ange lediga rum	Hög	
Underlätta torgtilldelning för ambulans	Medel	
Underlätta rumtilldelning för ambulans	Hög	
Underlätta torgtilldelning från triage	Hög	
Underlätta rumtilldelning från triage	Låg	
Ange antal patienter totalt	Medel	
Ange antal patienter per torg	Hög	
Ange antal patienter per prio/färg/torg	Hög	
Ange läkarstatus per torg	Hög	Opåtittade, påtittade, klar
Ange nyckeltal TTT	Hög	
Ange nyckeltal TTL	Hög	
Ange nyckeltal TTK	Medel	
Ange nyckeltal TVT	Låg	
Informera om personalfördelning	Medel	
Prediktera om närmaste framtiden, nyckeltal	Hög	
Ange inkommande patienter från vänt-rum	Hög	
Informera om inkommande ambulanser	Hög	
Subjektiva riktlinjer/önskemål		
Inte öka arbetsbörda		
Var lättförståelig		
Medgöra snabb tolkning		
Vara lättanvänd		
Inte skapa stress		Visa påverkbar information
Påvisa flaskhalsar		

Tabell 14: Lista över de funktioner som önskas för torgvyn.

Funktion	Prioritet	Kommentar
Mätbara krav		
Underlätta beslutsfattande		Huvudfunktion
Underlätta överblick		Huvudfunktion
Ange lediga rum	Medel	
Ange samlad patientinfo	Hög	All info på samma ställe
Ange patienters placering, individer	Hög	
Ange patienters placering, allmänt	Medel	
Ange antal patienter totalt på torg	Låg	
Ange antal patienter per färg	Medel	Triagefärger
Ange uppdatering (förändringar)	Medel	Senaste fem
Ange läkarstatus fördelning	Hög	Opåtittad, påtittat, klar
Ange opåtittade per färg	Låg	
Ange opåtittade vem (namn, färg, plats)	Hög	
Ange nyckeltal TTL	Medel	
Ange nyckeltal TTK	Medel	
Ange nyckeltal TVT	Låg	Ej påverkbar
Informera om trender nyckeltal	Medel	
Ange tid sedan tillsyn	Hög	
Ange tid sedan ankomst	Medel	
Informera om senaste händelse för pat	Hög	
Informera om nästa steg för patienter	Medel	
Informera om framtiden inkommande	Hög	
Informera om inkommande ambulanser	Medel	
Subjektiva riktlinjer/önskemål		
Inte öka arbetsbörda		
Var lättförståelig		
Vara lättanvänd		
Medgöra snabb tolkning		
Inte skapa stress		Visa påverkbar information
Erbjuda mental avlastning		Färre saker i minnet
Erbjuda kommunikationsstöd		
Motivera uppdatering av Elvis		

A.2 Lagringsformat för enskilda patienter

Tabell 15: Formatet för lagringen av enskilda patienter på databasen. Varje patient representeras på databasen av ett json-dokument med detta format. Fältet är namnet på fältet som det är skrivet på databasen och Data frånger ett kort svar på varifrån datan hämtas

Fält	Data Från	Beskrivning
CareContactId	ELVIS	Det anonymiserade id som tilldelats till patientens besök. Fältet används för att hitta patienten på databasen
PatientId	ELVIS	Patientspecifikt id som tilldelas till varje patient. Värdet används ej.
CareContact-RegistrationTime	ELVIS	Den tidpunkt då patientens besök registrerades i ELVIS för första gången, vanligen av en sekreterare i luckan i det yttre väntrummet
Location	ELVIS	Fältet "plats" i ELVIS. Anger i vilket rum patienten befinner sig
ReasonForVisit	ELVIS	Anger i vilket ärende patienten är på akutmottagningen. Har oftast värdet "b" för "besök". Kan också ha värdet "mep" för "Medicine Emergency Patient" eller "trau" för "trauma"
Team	ELVIS	Det arbetslag som patienten tilldelats. Är oftast något av Medicin, Kirurg, Ortoped eller Barn
Priority	Events	Patientens RETTS-prioritetsfärg. Lagras på ELVIS som ett Event och måste därför hämtas därifrån
Events	ELVIS	En lista av alla händelser på tidslinjen i ELVIS, de händelser som skapas genom att en patient dras till en mapp. Varje objekt innehåller en beskrivning av händelsen och timestamps för när händelsen påbörjades och slutfördes
Updates	Egen aggregering	En lista med alla förändringar som gjorts i textfälten. Varje objekt innehåller data om vilket fält som förändrades, vad det förändrades från, vad det förändrades till och ett timestamp för när förändringen skedde

Tabell 16: Fortsättning av tabell 15

Fält	Data Från	Beskrivning
TimeOfTriage:	Events	Ett timestamp för tidpunkten då patienten blev triagerad. Hämtas från händelsen "triage" i Events och lagras separat för att öka databasens sökbarhet
TimeOfDoctor	Events	Ett timestamp för tidpunkten då patienten blev tilldelad en läkare. Hämtas från händelsen "läkare" i Events och lagras separat för att öka databasens sökbarhet
TimeOfFinished	Events	Ett timestamp för tidpunkten då patientens behandling på akutmottagningen slutfördes. Hämtas från händelsen "klar" i Events och lagras separat för att öka databasens sökbarhet
TimeOfRemoved	Eget timestamp	Ett timestamp för när patienten togs bort från ELVIS. Detta timestamp genereras av OngoingPatients när patienten flyttas till "finished_patient_index"
TimeToTriage	Events, CareContactRegistrationTime	En beskrivning av patientens väntetid på att få triage. Beräknas som differansen mellan TimeOfTriage och CareContactRegistrationTime
TimeToDoctor	Events, CareContactRegistrationTime	En beskrivning av patientens väntetid på att tilldelas en läkare. Beräknas som differansen mellan TimeOfDoctor och CareContactRegistrationTime
TimeToFinished	Events, CareContactRegistrationTime	Beskriver tiden det tog för patienten att blir färdig på akutmottagningen. Beräknas som differansen mellan TimeOfFinished och CareContactRegistrationTime
TimeToRemoved	Events, CareContactRegistrationTime	Beskriver patientens totala vistele tid på akutmottagningen. Beräknas som differansen mellan TimeOfRemoved och CareContactRegistrationTime

A.3 Utvärderingsenkät

Utvärdering: Översiktsskärmarna

Vilken skärm tittar du på?

- Koordinatorsvyn
 Torgvyn

Vem är du?

- Undersköterska
 Sjuksköterska
 Koordinator
 Annat: _____

Helhetsintryck	Negativt				Positivt	
	1	2	3	4	5	6
Till hur stor grad...						
					Liten	Stor
1. ...är informationen som visas relevant?	1	2	3	4	5	6
2. ...är skärmen lätt att använda?	1	2	3	4	5	6
3. ...är det lätt att ta till sig informationen?	1	2	3	4	5	6
4. ...förstår du vad som visas?	1	2	3	4	5	6
5. ...hittar du informationen du söker på skärmen?	1	2	3	4	5	6
6. ...är designen passande?	1	2	3	4	5	6
7. ...litar du på informationen som visas?	1	2	3	4	5	6
8. ...hjälp informationen dig att planera ditt arbete?	1	2	3	4	5	6
9. ...hjälp informationen dig att förstå läget på akuten nu?	1	2	3	4	5	6
10. ...skulle du använda detta verktyg om det var permanent?	1	2	3	4	5	6

Övriga tankar?

Tack för dina svar!

Figur 14: Enkät som användes för att utvärdera live-test av ERICA.

A.4 Datamatchning utförd av `webserver_comm`

Nedan beskrivs datamatchningen som utförs av modulen `webserver_comm`. Varje submodul beskrivs i en egen tabell. "Urval av patienter" beskriver vilka patienter som inkluderas i den förfrågan som skickas till databasen. "Fält" är de fält som inkluderas i det datapaket som produceras och "Specifikation" beskriver vilket värde som tilldelas till fältet.

Uttrycket $patient \rightarrow priority$ representerar här fältet $priority$ i en $patient$. Specifikationen $patient \rightarrow priority = "grön"$ kommer returnera antalet patienter som har prioritetsfärgen grön. Specifikationen $\exists(patient \rightarrow priority = "grön")$ kommer returnera ett motsvarande boolskt värde. Funktionen $T(e)$ representerar den tidpunkt då händelsen e ägde rum.

Tabell 17: **`coordinator_line_graph`** är den modul som kör prediktionslagoritmerna. Programmet körs en gång vardera för de tre händelsetyperna "Triage", "Läkare" och "Klar", här representerat av värdet $EVENT$. Databasen hämtar alla patienter från index `ongoing_patients` och ur de patienterna extraheras klockslagen för alla events av typen $EVENT$. Funktionen $filter$ är den mätmetod som beskrivs i avsnitt 7.1. Funktionen $predict$ representerar här algoritmen som beskrivs i avsnitt 7.

fält	Specifikation
history:=	$filter(T(events = EVENT))$
prediction:=	$predict(T(events = EVENT))$

Tabell 18: **`room_occupation`**: beskriver vilka rum som är upptagna på avdelningen. Datan används av kartan på koordinatorvyn och av listan över lediga rum. $known_rooms$ är de rumsnummer som finns på akutmottagningen. $database_rooms$ är alla rum som är upptagna av någon patient som är indexerad under `ongoing_patients`.

Fält	Specifikation
occupied_rooms :=	$known_rooms \cap database_rooms$
unoccupied_rooms :=	$known_rooms \cap \neg database_rooms$
unrecognized_rooms:=	$\neg known_rooms \cap database_rooms$

Tabell 19: **bar_graphs**: Används av stapeldiagrammen på koordinatortvyn och torgvyn. Matchningen görs en gång per arbetslag på mottagningen. Från databasen hämtas alla patienter på index **ongoing_patients** som är tilldelade det aktuella arbetslaget och därefter beräknas hur många av de patienterna som matchar varje fält.

Fält	Specifikation
blå:=	$patient \rightarrow priority = \text{"blå"}$
grön :=	$patient \rightarrow priority = \text{"grön"}$
gul :=	$patient \rightarrow priority = \text{"gul"}$
orange :=	$patient \rightarrow priority = \text{"orange"}$
röd :=	$patient \rightarrow priority = \text{"röd"}$
klar :=	$\text{"klar"} \in (patient \rightarrow events)$
påtittad :=	$(\text{"läkare"} \in (patient \rightarrow events)) \wedge \neg(\text{"klar"} \in (patient \rightarrow events))$
opåtittad :=	$(\text{"triage"} \in (patient \rightarrow events)) \wedge \neg(\text{"läkare"} \in (patient \rightarrow events)) \wedge \neg(\text{"klar"} \in (patient \rightarrow events))$
inkommande:=	$\neg(\text{"triage"} \in (patient \rightarrow events)) \wedge \neg(\text{"läkare"} \in (patient \rightarrow events)) \wedge \neg(\text{"klar"} \in (patient \rightarrow events))$

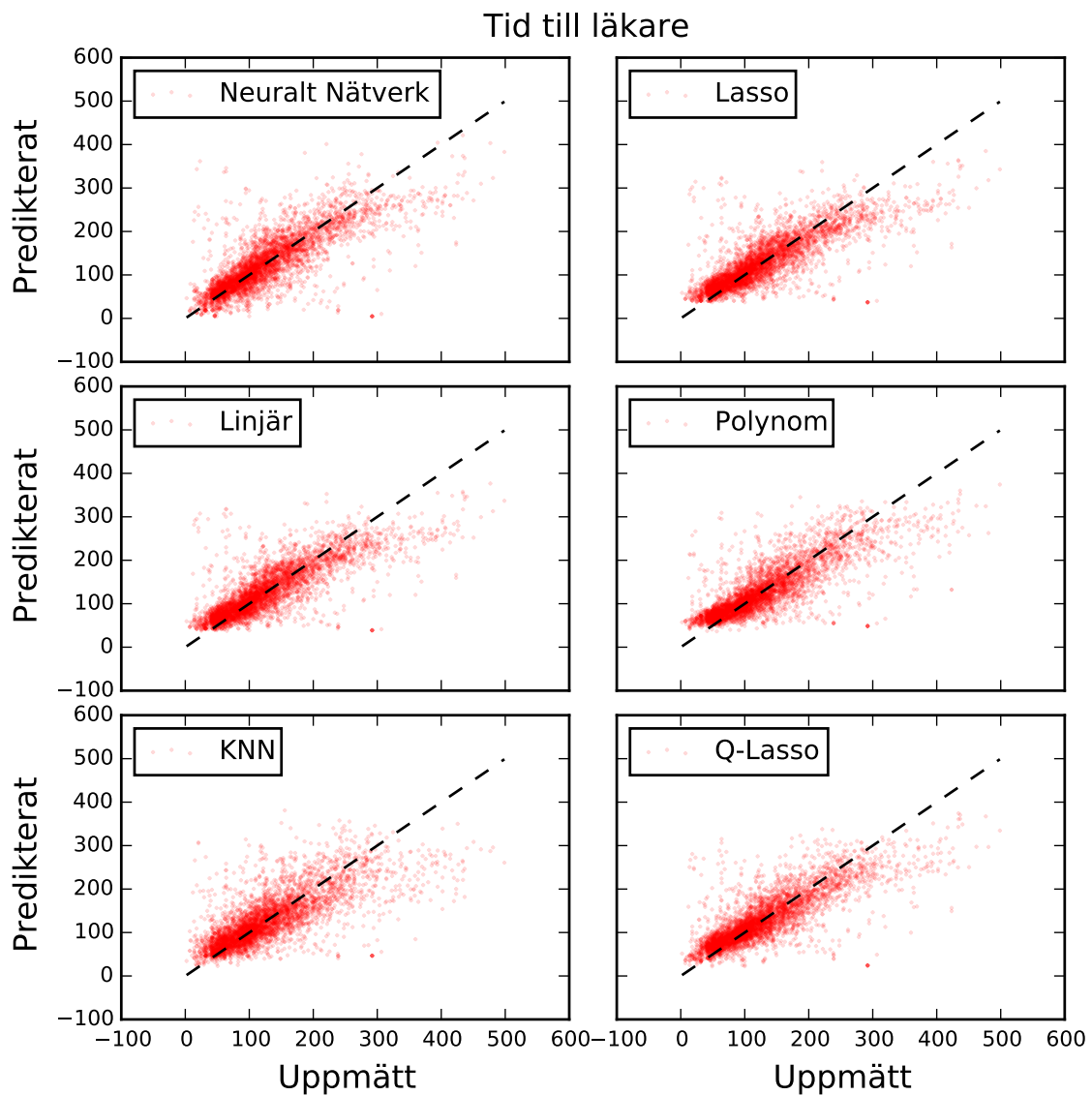
Tabell 20: **recent_changes** används av torgvyn för att skapa listan med de senaste händelserna. *events* representerar här den fullständiga samlingen av alla $patient \rightarrow events$ som finns på index **ongoing_patients**.

Fält	Specifikation
event1 := e_1	$e_1 \in events, T(e_1) = \min(T(events))$
event2:= e_2	$e_2 \in events, T(e_1) = \min(T(events \cap \neg e_1))$
event3:= e_3	$e_3 \in events, T(e_1) = \min(T(events \cap \neg(e_1 \cup e_2)))$

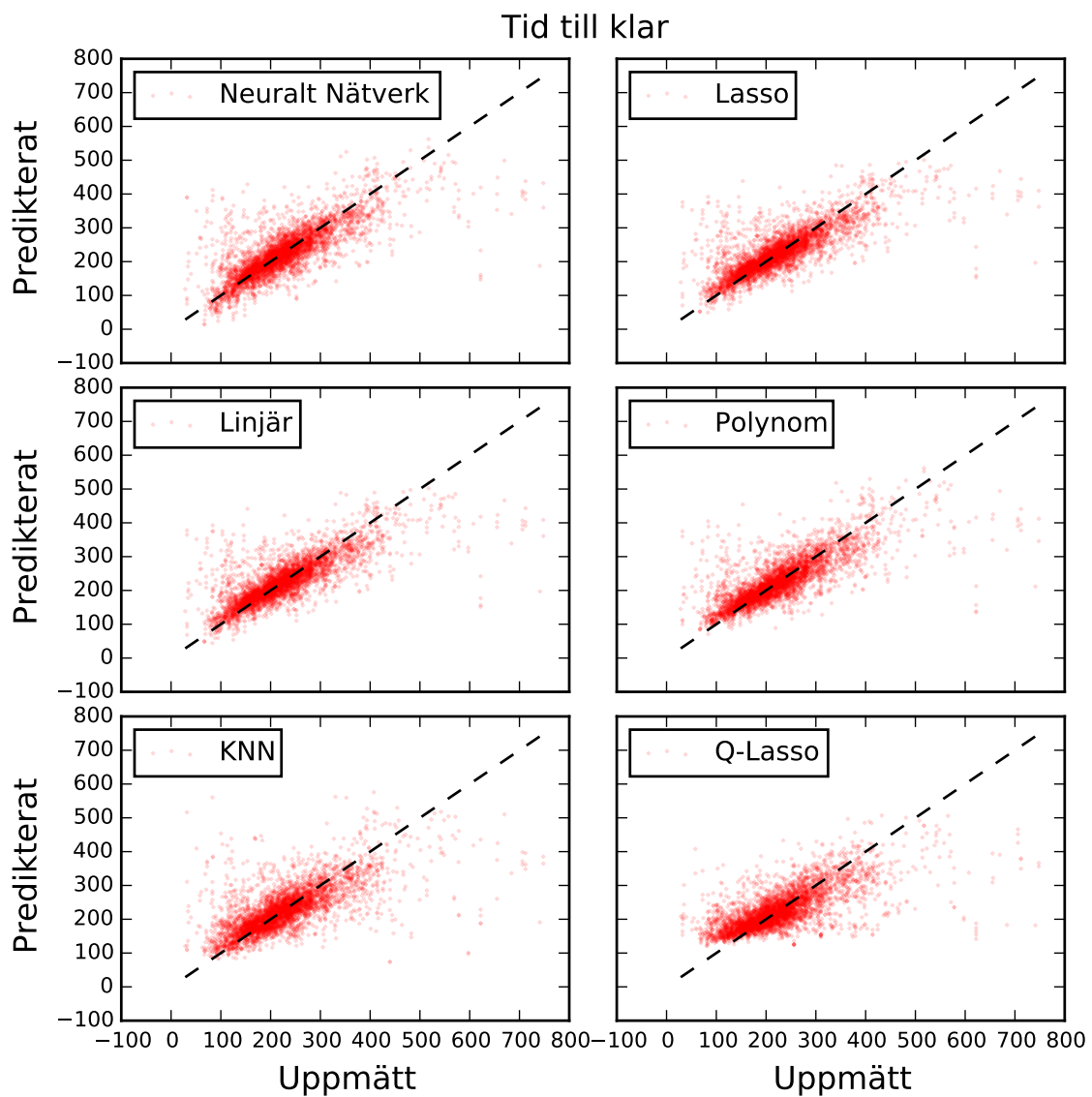
Tabell 21: **blue_side_overview**: Det paket som används för att skapa patientrutorna på togvyn. Urvalet väljer ut alla patienter som befinner sig på det blå medicintorget – de patienter vars rumsnamn börjar med bokstaven ”b”. Tabellen visar formatet för varje enskild patient; det fullständiga datapaketet innehåller ett sådant dokument per patient.

Fält	Specifikation
room:=	$patient \rightarrow Location$
id:=	$patient \rightarrow CareContactId$
arrival_time_of_day:=	$(patient \rightarrow CareContactRegistrationTime) \bmod (24h)$
last_event:= {	
minutes_since:=	$\min(T(events)) - (patient \rightarrow CareContactRegistrationTime)$
name:=	$e, T(e) = \min(T(events))$
guidelines_exceeded:=	$\min(T(events)) > [\text{akutmottagningens målvärde}]$
}	
is_done :=	$"klar" \in (patient \rightarrow events)$
has_doctor:=	$(\text{"Läkare"} \in patient \rightarrow events) \wedge \neg(\text{"klar"} \in (patient \rightarrow events))$
doctor_name:=	$e, \text{där } e \in (patient \rightarrow events) \wedge e = \text{"Läkare"}$
Priority:=	$patient \rightarrow priority$

A.5 Jämförelse av prediktionsmetoder



Figur 15: Resultat av prediktionsutvärdering baserad på *k-fold cross validation*. På y-axeln visas det predikterade värdet och på x-axeln visas de uppmätta värdena. Alla värden är medel-TTT i minuter. Den streckade linjen går längs $y = x$.



Figur 16: Resultat av prediktionsutvärdering baserad på *k-fold cross validation*. På y-axeln visas det predikterade värdet och på x-axeln visas de uppmätta värdena. Alla värden är medel-TTT i minuter. Den streckade linjen går längs $y = x$.