



Linköpings universitet  
TEKNISKA HÖGSKOLAN

## TENTAMEN

# TNFL01

## Flygtrafik och flygtransporter

Datum:	20 oktober 2011
Tid:	08-12
Hjälpmedel:	Hjälpmedel av alla slag, <i>förutom kommunikationsutrustning</i> (telefoner, datorer, och andra saker som kan ta emot signaler från omvärlden) är tillåtna. Böcker, egna anteckningar, gamla tentor och alla former av räknedoser är således tillåtna.
Antal uppgifter:	8, 24 poäng totalt.
Betygsgränser:	0-11: UK, 12-15: 3, 16-19: 4, 20-24: 5
Examinator:	Tobias Andersson Granberg
Jourhavande lärare:	Tobias Andersson Granberg, tel 011-363213
Resultat meddelas senast:	3 november 2011

### Tentamensinstruktioner

#### När Du behandlaruppgifterna

*Redovisa beräkningar och lösningsmetodik noga.*

*Motivera alla påståenden Du gör.*

*Använd alltid de standardmetoder som genomgått på föreläsningar och lektioner.*

*Skriv **max en A4 text per uppgift**. Ingår figurer och beräkningar i svaret, kan fler sidor användas.*

*Skriv endast på ena sidan av lösningsbladen. Använd inte rödpenna.*

*Behandla ej fler än en huvuduppgift på varje blad.*

*Om Du använder dig av bifogade lösningsblad, glöm inte att lämna in dem!*

#### Vid skrivningens slut

*Sortera Dina lösningsblad i uppgiftsordning.*

*Markera på omslaget de uppgifter Du behandlat.*

*Kontrollräkna antalet inlämnade blad och fyll i antalet på omslaget.*

**(3p) Uppgift 1**

Ett mindre svenskt flygbolag som inriktar sig på inrikestrafik med mindre flygplan har tagit fram följande tidtabell:

Flightnr	Avg tid	Ank tid	Avg FP	Ank FP	E[Pass]
1	450	900	ARN	LLA	16
2	1000	1230	ARN	GOT	18
3	1020	1410	ARN	LLA	25
4	1810	2200	ARN	LLA	49
5	510	840	LLA	GOT	12
6	1030	1225	LLA	UME	21
7	1510	1810	LLA	GOT	55
8	2020	2350	LLA	ARN	24
9	615	800	UME	ARN	21
10	1545	1740	UME	ARN	23
11	1745	1930	UME	LLA	19
12	2000	2310	UME	GOT	17
13	430	710	GOT	ARN	12
14	920	1250	GOT	UME	24
15	1330	1640	GOT	UME	53
16	1920	2250	GOT	UME	11

ARN = Stockholm-Arlanda

LLA = Luleå

UME = Umeå

GOT = Göteborg-Landvetter

E[Pass] = Förväntat antal passagerare

Deras flotta består i dagsläget av sex st turboprop-plan; fyra st F50 med kapacitet för 50 passagerare, och två st J31 med kapacitet för 18 passagerare. Nu är det dock dags att byta ut de två J31-planen, och ledningen har tagit fram följande alternativ:

1. Byta ut mot ytterligare två F50.
2. Köpa två bättre begagnade EMB 120 Brasilia (turboprop-plan) med kapacitet för 30 passagerare.
3. Köpa två ERJ 135 (jetplan) med kapacitet för 37 passagerare.

Inköpsprisen för de olika alternativen är fortfarande under förhandling, så ledningen vill att du klarlägger fördelar och nackdelar med de tre alternativen på ett generellt plan.

*Obs! Skriv max en A4 text*

**Lösning**

Alternativ	Fördelar	Nackdelar
1	Enbart en flygplanstyp i flottan förenklar planering av flygscheman, personal, underhåll mm. Personalen behöver inte vara utbildad på mer än en fpl-typ; det räcker (troligen) med en underhållsstation. Med större plan går det att leta fler möjliga flighter (dvs ändra tidtabellen) som har högre efterfrågan; man behöver inte vara rädd för att få ett högt passagerarspill.	Överkapacitet på många flighter ger dålig kabinfaktor. Driftkostnaden torde vara högre än för de andra planen. Turn-around kan vara längre på större plan än på de mindre.

2	Bättre anpassning av kapacitet mot efterfrågan ger högre kabinfaktor. Begagnade plan kan vara billiga i inköp, men kan ibland vara dyrare i drift. Turboprop är dock generellt mer bränslesnålt jämfört med jet (turbofan), speciellt på korta sträckor.	Ny flygplanstyp kräver att personalen certifierar sig; ny underhållsanläggning krävs.
3	Jet är lite lyxigare än turboprop, och kan bidra till en högre efterfrågan. Är troligen snabbare än de båda andra planen och kan bidra till att fler flighter kan planeras in i schemat.	Drar troligen mer bränsle än F50 och EMB120. Något sämre matchning av kapacitet/efterfrågan jämfört med EMB120.

### (3p) Uppgift 2

Förklara under vilka omständigheter "holding procedures" är nödvändiga, och vilka positiva och negativa effekter dessa har på flygtrafiken. Diskutera också vilka alternativ som skulle kunna användas för att lösa samma problem, och koppla denna diskussion till den nuvarande tekniska och metodmässiga utvecklingen inom flygtrafik.

*Obs! Skriv max en A4 text*

#### Lösning

Holding används typiskt när antalet flygplan som vill landa på en flygplats överstiger den aktuella kapaciteten, tex pga en plötslig anstormning av plan (några tidiga, några sena, alla på en gång) eller en kapacitetssänkning (väder, incident). Planen läggs då i kö i luften.

Positivt är att det är ett förhållandevis säkert sätt att hålla reda på planen, flygledare har god kontroll över var de befinner sig. Dessutom ger holding en hygglig möjlighet att sekvensera planen med avseende på säkerhetsavstånd och möjligen andra prioriteter.

Negativt är den ökade bränsleförbrukningen, ökade utsläpp och ökat buller. Holding är ofta på ganska låg höjd där det går åt mer bränsle.

Alternativ är att försöka planera så att problemet inte uppstår, dvs se till så att antalet plan som ankommer stämmer överens med kapaciteten. Det kan göras genom att snabbt dela med sig av info om tillgänglig kapacitet, så att flygplanen vet att de kommer att få vänta och kanske kan dra av på gasen. Detta måste kompletteras med en landningsordning som inte bygger på First-come-first-served, utan på "rätt-tid får först landa", annars finns inget incitament att vänta. Ett flygplan skulle alltså kunna få en RTL (required time of landing) och om man kan hålla den så får man landa på den. Kommer man tidigt får man vänta. Om alla flygplan kan få dylika tider spå finna fortfarande möjligheter till sekvensering kvar. För att detta ska vara möjligt krävs ett utbyggt infosystem (jmf CDM) samt möjlighet för planen att kunna styra med god exakthet mot en RTL, dvs de måste ha hög RNP.

### (3p) Uppgift 3

Beskriv på vilka sätt flygets olika aktörer måste samarbeta för att minska flygets miljöpåverkan.

*Obs! Skriv max en A4 text*

#### Lösning

Miljöpåverkan från flyget kan minskas på ett antal sätt från varje enskild aktör; flygbolagen kan köpa miljövänligare flygplan och minska på sina förseningar, flygplatsen arbeta med miljövänligare material och förbrukningsmedel, flygledning med gröna inflygningar mm. Det som är verkligt intressant är dock att det inte finns så mycket varje enskild aktör kan göra själv, utan att de måste samarbeta med varandra för att nå verkliga resultat.

Gröna inflygningar tex kräver att flygledningen tillåter en inflygning som har en "avvikande" procedur. Detta kan de dock enbart göra om flygbolagen utrustat planen med teknik som möjliggör bättre övervakning och predikterbarhet.

Flygplatsen kan arbeta med att effektivisera turn-around processen – tex genom användning av CDM – vilket skulle kunna leda till minskade förseningar med minskade utsläpp som effekt. Detta är dock meningslöst utan att flygbolagen är med på notan eftersom de delar på ansvaret för vem som vad gör under turn-around. Och om inte flygbolagen delar info så funkar inte CDM.

Miljövänligare marktransporter (tex tåg i stället för bil) till och från flygplatsen är ett samarbete mellan flygplatsen, marktransportörer och passagerare. Flygplatsen kanske del-sponsrar rälsutbyggnad.

Mindre miljöskadliga bränslen – för både flygplan och markfordon – är ett samarbete mellan flygbolag och flygplanstillverkare. Om ingen är beredd att betala för ett mer miljövänligt resande (flygbolagen och i slutändan passageraren) så har inte flygplanstillverkarna någon möjlighet att satsa pengar på att ta fram miljövänligare flygplan. För att delvis råda bot på detta satsar myndigheter och EU pengar på att forska fram ny miljövänlig teknik och bränslen.

### (3p) Uppgift 4

Oldair är ett gammal anrikt flygbolag som riktat in sig på affärsresenärer. För att fylla ut platserna i planet säljer de dock också ekonomibiljetter. De har tidigare tillämpat fast prissättning, men funderar nu på att prova på lite mer avancerad Yield Management och vill att du föreslår en strategi för en av deras fligheter som länge dragits med dålig kabinfaktor.

På den aktuella fligheten så kostar en affärsbiljett 8000 kr och en ekonomibiljett 2000 kr. Det plan som brukar köra fligheten har kapacitet för 100 passagerare. I snitt brukar flygbolaget sälja 15 affärsbiljetter och 30 ekonomiklassbiljetter, efter principen first-come-first-served (de reserverar idag inga platser på planet för affärsresenärer).

Berätta för flygbolaget hur de skulle kunna utforma en Yield Management strategi för den aktuella fligheten och vilken ytterligare information som behövs för att man ska kunna göra en bättre analys.

*Obs! Skriv max en A4 text*

**Lösning**

En av de första åtgärderna bör vara att försöka få upp kabinfaktorn som i dagsläget i snitt ligger på 45%. Detta görs enklast genom att sänka priserna. Ett alternativ är att införa dynamisk prissättning, och börja med att hålla låga priser (typ 500 kr) när biljetterna släpps och sedan höja när platserna börjar fyllas. Detta kan göras för såväl ekonomi som affärsbiljetter (affärsbiljetter kanske börjar på 2000). Ska man ha kvar klasserna bör man dock se till att reservera ett antal platser för affärsresenärer så att inte planet fylls med ekonomiresenärer. Minst 15 affärsplatser bör reserveras i snitt, eftersom de brukar sälja så många, men det faktiska antalet som reserveras kan variera med tiden då man vet hur många biljetter som faktiskt sålts. Överbokning kan också införas om priserna är sådana att efterfrågan överstiger kapaciteten.

För att kunna bestämma nivåer och priser bör en efterfrågeundersökning göras, och prognoser tas fram på förväntat antal sålda biljetter av de två klasserna, liksom på förväntat antal no-shows och avbokningar. Historiken för flighten kan delvis användas som indata, men den måste nog kompletteras med marknadsundersökningar och benchmarking (kolla på konkurrenter) för att få fram en bild av efterfrågan vid andra prisnivåer.

**(3p) Uppgift 5**

Antag att Landvetter drabbas av mycket kraftigt snöoväder. Hur påverkar detta flygtrafiken, och de aktörer som finns på flygplatsen? Hur arbetar de för att minska de negativa konsekvenserna av störningen?

*Obs! Skriv max en A4 text*

**Lösning**

Ett kraftigt snöoväder kommer att minska kapaciteten på flygplatsen, dels genom att det kan krävas längre säkerhetsavstånd mellan flygplanen, och genom att banan, taxivägar och andra områden måste snöröjas och avisas regelbundet.

Flygledningen får då jobba aktivt med skevensering och prioritering för att upprätthålla så god kapacitet som möjligt. CFMU slottar kommer troligtvis att skickas ut till de flyg som ska till och från flygplatsen vilket kan hjälpa upp något, men det är också svårare att hålla slottarna under dessa omständigheter. Dessutom innebär ju varje slot en försening som flygbolagen måste hantera och som drabbar pax.

Flygbolagen får jobba med att ställa in, försena, och swappa flighter, samt ta hand om passagerare som missar anslutningar och besättningscheman som spricker. De (eller flygledningen) kan också välja att skicka planen till alternativa flygplaster och får då transportera pax därifrån. De kan också välja att tillsammans med handling-bolagen försöka korta delar av turn-around processen (städning, boarding) för att få iväg försenade plan tidigare.

Flygplatsen måste jobba med snöröjningen och med att försöka (tillsammans med flygbolagen) ta hand om de pax som väntar på flygplatsen. Avisningen av flygplan blir mycket viktig och dessutom krångligare när det snöar mycket eftersom planet måste snabbt iväg efter avisningen och det kan bli svårt när taxivägar och banor är igensnöade.

### (3p) Uppgift 6

Tekniken som används inom flygtrafik för övervakning, navigering och kommunikation förbättras hela tiden. Rent tekniskt bör det snart vara möjligt att ersätta såväl flygledare som piloter med automatiserade system. Diskutera för- och nackdelar med detta.

*Obs! Skriv max en A4 text*

#### Lösning

Uppenbara fördelar är att kostnaden för flygbolagen och för flygledningen skulle kunna minskas, medan en nackdel i sammanhanget är att antalet arbetstillfällen också minskar.

Till viss del kan ökad automatisering leda till ökad säkerhet, då missförstånd, kommunikationssvårigheter och andra mänskliga misstag kan minskas. Detta kräver naturligtvis att de system som ska styra flygtrafiken är testade, certifierade, har back-up som har back-up osv. Dock är det svårt att bygga system som kan hantera alla situationer som kan uppkomma. Om något fullständigt oväntat inträffar kan en människa improvisera på ett annat sätt än en dator.

Effektiviteten borde kunna ökas med en ökad automatisering, då ruttoptimering, sekvensering och liknade kan förhandlas mellan ett flygledningssystem och ett flygplans/flygbolagssystem. Denna förhandling går då fort, och datorer har bättre möjligheter än människor att analysera många olika lösningar.

En svårighet/nackdel med automatisering är naturligtvis den upplevda tryggheten man får av att veta att det finns en pilot i planet, eller att en mänsklig flygledare håller koll på den omgivande trafiken. Det finns dock redan förarlösa tåg för passagerartransporter, så människan kommer troligen att vänja sig vid konceptet. Kanske blir det så att antalet piloter/flygledare reduceras till ett minimum som krävs för att rycka in när något oväntat inträffar.

### (3p) Uppgift 7

Ett städslag på Arlanda har ett förmiddagsschema enligt:

Uppdrag	Planerad starttid för uppdrag	Tidsuppskattningar [minuter]		
		<i>min</i>	<i>medel</i>	<i>max</i>
1	07:10	12	14	18
2	07:35	6	8	12
3	07:55	9	12	15
4	08:15	5	5	8
5	08:30	15	18	21
6	09:30	5	6	10
7	09:45	5	7	10
8	10:00	12	15	18
9	10:25	10	12	16
10	10:50	8	9	13

Att ta sig mellan två uppdrag beräknas ta mellan 5 och 15 minuter beroende på vilken gate planet befinner sig. Efter fem uppdrag så måste städslaget fylla på med material samt ha rast, vilket tar ca 30 minuter.

När laget kommit fram till uppdrag 4 visar det sig att planet blivit försenat, och de får vänta där i 30 minuter innan de kan börja städa.

Antag nu att ett system för Collaborative Decision Making hade funnits på flygplatsen. Hur skulle detta ha kunna fungera och hur hade situationen förändrats? Hade städlaget då klarat sina uppdrag i tid?

### Lösning

Om CDM hade funnits hade städlaget förhoppningsvis fått reda på förseningen tidigare, tex 07.30, och sluppit stå och vänta vid uppdrag 4. De har då ett par olika alternativ för att förbättra situationen:

1. Fika och fylla på material innan uppdrag 4, kör uppdrag 5 och sedan 4. 5 kommer då att starta lite sent (vilket kanske inte gör något beroende på hur resten av TA-processen ser ut för flighten). 4 kommer också att starta sent vilket kan vara lite dumt om flighten redan är sen. Sedan är det lugnt till efter flight 8 då det är dags att fylla på material och fika igen... Ett möjlig variant är att fylla på material efter 3 och sedan fika efter 5, om detta är möjligt, så minskar förseningarna något.
2. Kör 5 efter 3 så fort det går – kolla med bolaget om städningen kan komma igång lite tidigare – och sedan 4 och sedan fika. Om detta inte går kommer i värsta fall uppdrag 6 att bli  $(0830+21+15+8+30 = 0944)$  14 min försenat, men troligen blir det inte så illa. Givet att allt går enligt medel måste uppdrag 5 starta 0827 (0930-30-5-10-18) för att flight 6 ska kunna starta 0930.

CDM bör kunna hjälpa med att ge korrekt information snabbt till alla parter samt möjliggöra kommunikation och förhandling mellan parterna. Det kräver dock att det finns personer som kan ha översikt över hela turn-around processen för varje flight, samt från städbolagets sida någon som har möjlighet och tid att fundera på hur schemat ska planeras om (knappast någon av de som städar då dessa ändå har fullt upp). Dessa personer måste också ha kontaktuppgifter till varandra och möjlighet att enkelt kommunicera.

## (3p) Uppgift 8

Oldair är ett medelstort flygbolag som sedan länge kört hub-and-spoke med en hub på Sloughville International Airport. De har nu märkt av ett ökat intresse för direktfligheter från sina kunder, och funderar på att övergå till att köra point-to-point i stor utsträckning. Antag att de genomför denna förändring; diskutera hur detta påverkar relevanta aktörer.

*Obs! Skriv max en A4 text*

### Lösning

Passagerarna kan uppskatta direktfligheter, vilket kan leda till en ökad efterfrågan på enskilda fligheter. Dock minskar ju utbudet, och en flight vars efterfrågan är ett resultat av att man flyger in passagerare till hubben kan få ett minskat passagerarunderlag. Detta kan leda till att flygplan med annan kapacitet än de som finns i dagsläget behövs. Troligen går man ju från ett nätverk med små matar-plan från spoke-flygplatserna och större plan från hub till andra hubbar eller stora destinationer, till ett nätverk där fler mellanstora plan behövs.



---

För flygbolaget blir det också en större spridning av resurserna, med hemmastationer för besättning på fler ställen, troligen fler underhållsstationer. Schemamässigt kommer det att bli enklare att planera, men det finns mindre möjligheter att hitta billiga, bra scheman.

Hub-flygplaster tappar trafik, medan de andra flygplatserna kan få viss trafikökning. För flygplatser som inte redan är fullbelagda (och kan räkna med att den frigjorda kapaciteten tas i anspråk av annat flygbolag) påverkar detta också ground handling, affärer, trafik till och från flygplatsen, flygledningen osv.