

Kompletteras något i samband med kursstart respektive kapitel 4 senare i kursen. Kompletteringar se grönmarkerat.

Kursinformation TNSL05, Optimering, Modellering och Planering 6 hp, HT2-2024

1 Kursmål & innehåll

1.1 Mål med kursen

Kursen skall ge kunskaper i optimeringslära, och speciellt optimering av linjära problem, problem med nätverksstruktur samt heltalsproblem. Speciellt vikt läggs på analys av modeller med koppling till planering av logistiktjänster. Studenten ska efter avslutad kurs kunna:

1. Analysera, formulera och lösa linjära optimeringsmodeller inom ekonomiska tillämpningsområden
2. Analysera, formulera och lösa optimeringsproblem av nätverkstyp inom transportrelaterade tillämpningsområden
3. Analysera och formulera enkla optimeringsproblem av heltalstyp
4. Analysera och dra slutsatser från känslighetsanalys för linjära optimeringsproblem och optimeringsproblem med nätverksstruktur
5. Förstå den grundläggande matematiska teorin på vilka modeller och algoritmer bygger
6. Dra slutsatser från optimeringsmetoder för linjära optimeringsproblem (Simplexmetoden) samt för optimeringsproblem med nätverksstruktur (Nätverkssimplex)

1.2 Förkunskaper

Grundkurser i analys i en variabel, linjär algebra samt logistik.

1.3 Kursinnehåll

Kursinnehållet definieras av kapitelhänvisningarna i undervisningsplanen. Varje avsnitts vikt framgår av den undervisningstid som det ägnas. Kursen omfattar följande innehåll:

- En introduktion till matematiska modeller
- Introduktion till optimerande algoritmer
- Optimalitetsvillkor
- Modellering av linjära problem
- Metoder för linjära problem (Simplexmetoden)
- Känslighetsanalys
- Modellering av linjära problem med nätverksstruktur (billigastevägsproblem samt minkostandsflödesproblem)
- Metoder för linjära problem med nätverksstruktur (Nätverkssimplex)
- Metoder för billigaste uppspannande träd
- Grunder för heltalsmodellering

2 Administration & Organisation

2.1 Kurshemsida

Kursens användar LISAM för senaste info, kursmaterial, mm

2.2 Undervisningsplan

En undervisningsplan läggs ut och uppdateras kontinuerligt på LISAM. I undervisningsplanen framgår detaljerad information om alla schemalagda moment samt olika inlämningar som behöver lämnas in, mm. Ett översiktligt Gantt-schema finns också tillgängligt.

2.3 Lärare/Föreläsare

Stefan Engevall

Examinator, Kursansvarig, Seminarier, Inspelade föreläsningar, Lektioner, Gruppuppgifter, Laborationer, Räknestugor

Kontaktinformation:

e-post: stefan.enevall@liu.se,

telefon: 011-36 34 43,

Rum: SP6207

David Dekker
(Engelskspråkig)

Laborationer, Räknestugor

Kontaktinformation:

e-post: david.dekker@liu.se

Rum: SP8202

Anna Grönbäck

Gruppuppgifter

Kontaktinformation:

e-post: anna-maria.gronback@liu.se

Rum: SP7202

Liyun Yu
(Engelskspråkig)

Räknestugor

2.4 Disposition

Kursen omfattar 6 hp = 160 h, och en uppskattning kan vara följande fördelning av tidsanspråk: Schemalagt, totalt 72 h/student:

- Seminarier: 18 h
- Föreläsningar: 12 h inspelade
- Lektioner: 18 h
- Laborationer i datorsal: 8 h
- Muntliga redovisningar av gruppuppgift: 2 h
- Räknestugor: 10 h
- Tenta: 4 h

Icke Schemalagt: Totalt 88 h/student:

- Teoriinhämtning, övningar inför, förberedelser för laborationer, handledning, samt rapportskrivning: 34 h
- Teoriinhämtning, övningar inför, samt utförande av gruppuppgifter: 24 h
- Teoriinhämtning, egen räkning, inför tenta: 30 h

2.5 Organisation

Kursen bedrivs i form av seminarier, inspelade föreläsningar, lektioner, räknestugor, gruppuppgifter och datorlaborationer. Momenten beskrivs utförligare nedan.

2.5.1 Seminarier

Seminarierna är tänkta att i huvudsak täcka den mest fundamentala teorin, algoritmbeskrivningar och algoritmers koppling till problemlösning, samt som är särskilt viktig att repetera. Viss förberedelse till seminarierna kan komma att vara lämplig för att fullt ut dra nytta av innehållet. Även frågor kring både kursupplägg och ämnesinnehåll från studenterna kan diskuteras på seminarierna. Seminarier kommer också att användas för att reflektera kring begrepp som hållbarhet och jämställdhet, relaterat till kursens innehåll. Seminarier är frivilliga.

2.5.2 Inspelade föreläsningar

De inspelade föreläsningarna ägnas åt mer detaljerad teorigenomgång, fördjupad algoritmförklaring, som t.ex. specialfall som kan uppkomma, och viss utvikning kring ämnesinnehållet. Det är lämpligt att titta på föreläsningarna någon gång i det intervall av andra kursmoment som ges enligt undervisningsplaneringen på LISAM, för att den röda tråden genom kursen lättare skall kunna följas. De inspelade föreläsningarna skall vara tillgängliga senast då tillfället ligger i schemat.

2.5.3 Lektioner

Lektionerna används primärt för egna räkneövningar. Till varje lektionspass finns ett antal rekommenderade uppgifter som framgår i undervisningsplaneringen på LISAM. För att kunna lösa uppgifterna krävs att man har tagit till sig innehållet från de seminarier och föreläsningar som ligger innan respektive lektionspass. Utöver egen räkning kan läraren gå igenom vissa uppgifter eller deluppgifter för hela lektionsgruppen. Till lektionerna kan det ev. också finnas några inspelade lösningar till lektionsuppgifter. Läraren prioriterar att svara på frågor som rör lektionsuppgifter under lektionspassen men frågor kring andra kursmoment kan ställas om inga frågor kring lektionsuppgifter finns. Lektionerna är frivilliga. Lektionerna är ett utmärkt tillfälle att regelbundet arbeta med kursen, och det finns en mycket stor korrelation mellan de som inte går på lektioner och de som inte klarar tentamen.

2.5.4 Räknestugor

Räknestugor är schemalagda tillfällen tillsammans med kursen TNK049 (som går för KTS2). På dessa tillfällen finns möjlighet att ställa frågor kring allt som rör kursen. Skillnader mellan räknestuga och lektioner är:

- 1) På räknestugorna har hjälp med att lösa lektionsuppgifter, eller diskutera modellering etc. relaterat till laborationer eller gruppuppgifter lika hög prioritet, enligt en gemensam kölista.
- 2) Ingen gemensam lärarledd genomgång alls på räknestugor.
- 3) Inga nya rekommenderade uppgifter finns för detta pass.
- 4) När inga studenter är kvar i salen går även läraren, dvs. kommer man sent är det inte säkert att någon lärare är kvar.

Räknestugorna är frivilliga. Dessa är liksom lektionerna också ett utmärkt tillfälle att regelbundet arbeta med kursen.

2.5.5 Gruppuppgifter

Tre omgångar gruppuppgifter skall genomföras under kursen. Gruppuppgifter görs i grupper om 3–4 personer¹. Det rekommenderas att grupper för detta formeras genom att kombinera 2 labpar (se kap 2.5.6). Första och andra omgången av gruppuppgifter redovisas dels muntligen på **tider** som är

¹ Om man inte själv lyckas forma grupper om 3–4 personer, kan examinator slå ihop individer till grupper. Undantag från att vara 3–4 personer kan vara möjlig, efter diskussion med examinator. Alla uppgifter kommer dock att behöva lösas oavsett hur liten gruppen är.

schemalagda, dels med en skriftlig inlämning. Muntliga redovisningen sker på campus och är obligatorisk. Vid sjukdom är det därför viktigt att kontakta läraren för att hitta potentiella alternativa lösningar. Den tredje omgången gruppuppgifter redovisas endast skriftligen.

Inget samarbete får förekomma mellan grupperna, när det gäller gruppuppgifterna. Det tillåtna samarbetet är i nivå med en skriftlig tenta, dvs. inget alls. Frågor kring uppgifterna får enbart ställas till lärare, exempelvis på räknestugan, eller på bokade handledningspass.

Specifika datum och klockslag för inlämning av slutversion av Gruppuppgifterna se Kapitel 2.7.2. För övriga datum och klockslag kopplat till inlämningar och övriga händelser, se gruppuppgiftsinformationen, undervisningsplaneringen på LISAM, samt TimeEdit. Anmälan till olika pass för handledning, och för tider för muntlig redovisning på LISAM. Även anmälan till grupper för gruppuppgifterna sker på LISAM.

Godkända gruppuppgifter ger 2 hp (momentet heter UPG1).

2.5.6 Laboration

Kursens laboration har som mål att modellera ett lite större problem som sedan ska implementeras och lösas med en programvara (AMPL/cplex). Programvaran kan laddas ner från LISAM, och köras på egen dator eller i datorsalarna. Laborationen är indelad i tre delar som ska genomföras under kursens gång. Laborationen utförs i par och paren anmäler sig via LISAM². Huvudansvarig lärare för laborationerna är inte svenskspråkig, och därför måste arbete som man vill ha handledning på, samt examinerande moment inklusive rapport, göras på engelska.

Kortfattat beskrivs de olika delarna nedan. Mer detaljer beskrivs i laborationsinformationen.

Del Lab-Introduktion AMPL syftar till att öva sig på programvaran AMPL/cplex, med mindre justeringar i färdiga modeller. Denna del genomförs i labsal med handledning, men för att få tillgång till handledning, krävs att man lämnar in en dugga/test *före* tiden i labsalen.

Del Lab-Modellering är ett större problem som skall tolkas och modelleras. Denna del har flera obligatoriska inlämningar och det finns också tillgängliga handledningar för att underlätta inför dessa inlämningar. Handledningarna är frivilliga men av erfarenhet är de i princip nödvändiga för att skapa en korrekt modell. För att få ut så mycket som möjligt av handledningen behöver man komma väl förberedd. Modelleringen kräver erfarenhetsmässig mycket tid och det är därmed viktigt att börja i god tid.

Del Lab-Implementering innebär att implementera modellen man skapat i del Lab-Modellering i AMPL, och ta fram en lösning till problemet med hjälp av cplex. Detta sker huvudsakligen i labsal med handledning. För att få tillgång till handledning i labsal, krävs dock att man är godkänd både på Lab-Introduktion AMPL och Lab-Modellering. Om man inte är godkänd på båda dessa, får man försöka på egen hand. Det finns också ett ej bokningsbart reservtillfälle för laborationen i vecka 50. På detta reservtillfälle ges prioritet till de som har godkända delar Lab-Implementering och Lab-Modellering, samt till övriga kurser som har labtid på samma tillfälle, men om det inte finns frågor från dessa grupper, kan man få handledning trots ej godkända tidigare delar.

² Om man inte själv lyckas forma par, kan examinator slå ihop individer till par. Undantag från att vara 2 personer kan vara möjlig, efter diskussion med examinator. Alla uppgifter kommer dock att behöva lösas oavsett hur liten gruppen är.

Laborationen examineras med en skriftlig labrapport om man har deltagit (och kommit tillräckligt långt) på Lab-implementering i labsal på något av tillfällena. Om man inte har deltagit i Lab-implementering i labsal, examineras laborationen först med en muntlig redovisning och därefter med en skriftlig labrapport. Se vidare instruktioner i laborationsinformationen.

Specifika datum och klockslag för inlämning av rapporten se Kapitel 2.7.3. För övriga datum och klockslag kopplat till inlämningar och övriga händelser, se labinformationen, undervisningsplaneringen på LISAM, Test & inlämningar på LISAM, samt TimeEdit. Anmälan till olika pass för handledning, och för tider i labsal sker på LISAM. Även anmälan till par för laborationer sker på LISAM.

Inget samarbete får förekomma mellan labparen, när det gäller Lab uppgifterna. Det tillåtna samarbetet är i nivå med en skriftlig tenta, dvs. inget alls.

Godkända laborationer ger tillsammans 2 hp (momentet heter LAB1). Skriftlig redovisning av laborationen är obligatorisk enligt de instruktioner som läggs upp på LISAM under kursen.Handledning och laboration i datorsal är frivillig, men om man inte genomför laboration i datasal så tillkommer även en obligatorisk muntlig redovisning av laborationen.

2.6 Litteratur

Kurslitteraturen består i av följande lärobok:

- Lundgren, J., Rönnqvist, M., och Värbrand, P: (2008) *Optimeringslära*, 3 uppl. Studentlitteratur, ISBN 9789144053141

Dessutom:

- Exempelsamling (nedladdningsbar på LISAM, under utveckling under kursens gång).
- Kompletterande material (Lektionshandledningar, Laborationshandledningar, Kompletterande övningar, PPT-bilder, mm) som kan hämtas från LISAM.

Tidigare år har boken

- Henningsson, M., Lundgren, J., Rönnqvist, M., och Värbrand, P: (2010) *Optimeringslära: övningsbok*, 2 uppl.³, Studentlitteratur, ISBN: 9789144067605

varit exempelsamling. Denna bok kommer i år att bytas ut mot en nedladdningsbar exempelsamling, men den tidigare boken innehåller flera bra och relevanta uppgifter, och kan användas som extra exempelsamling för de som önskar.

Notera specifikt att gamla tentor och tillhörande lösningsförslag inte räknas som kurslitteratur. Det innebär att dessa inte kvalitetssäkras utifrån ev. oklarheter i frågeställningar eller fel i facit; och de används av studenter på "egen risk". Gamla tentor och lösningsförslag kommer dock att läggas ut på LISAM som en service till studenterna.

2.7 Examination

Kursen har följande tre examinationsmoment:

Moment	Kurspoäng (hp)
Laborationer (LAB1)	2
Gruppuppgifter (UPG1)	2
Tentamen (TEN1)	2

³ Upplaga 1 innehåller fler fel i facit, än upplaga 2, även om upplaga 2 också innehåller en del fel. Delvis är detta skälen till att boken kommer att bytas ut mot en exempelsamling på LISAM.

2.7.1 Tentamen TEN1

Tentamen sker från förra kursomgången (HT2-2023) i nytt format

Tentan täcker kursens innehåll i 5 områden:

- Modellering av Linjärprogrammeringsproblem (LP), heltalsproblem (HP) blandade heltalsproblem (MILP), minskostnadsflödesproblem (MKF)
- Lösning av och tolkning av lösningar till LP och MILP-problem, inklusive Simplexmetoden och Grafisk lösning
- Känslighetsanalys LP-problem, både i tablå och AMPL
- Lösning och känslighetsanalys av MKF
- Övrigt: Relaxationer & restriktioner, dualitet i LP-problem, Billigaste väg-problem (BVP), Minsta uppspännande träd (MST), Principer i lösning och analys av heltalsproblem

Tentan är också uppdelad på en grundläggande G-nivå och en betygsnivå, B-nivå. Kunskaper som *preliminärt*⁴ ingår i respektive nivå ges i Kapitel 4. Observera att mindre justeringar kan komma att ske under kursens gång, och en slutlig lista presenteras i en uppdaterad kursinformation senast 1 månad innan tentamen.

På tentan man måste klara en viss del på varje område, se tabell 1.

Tabell 1. Krav för godkänt på tentan.

G-nivå	Modellering	Lösning av LP & MILP	Känslighetsanalys, LP	MKF	Övrigt	Totalt
Max	6-10	8-12	6-8	8-12	6-10	40
Min*	4	6	4	6	0	30

*Om man får totalt minst 30 poäng på tentan, men inte klarar ett område, erbjuds en möjlighet till att komplettera just det området, vid en överenskommen tidpunkt strax efter tentan är färdiggrättad.

G-nivå-frågor är grundläggande frågor, med relativt korta lösningar, korta svar, eller flervalfrågor. Uträkningar/lösninggång liksom svar är viktiga att presentera, och rättning kan ske av alla dessa – där även mindre fel kan leda till poängavdrag. Principen är att på frågorna på G-nivån skall man egentligen kunna precis allt för godkänt, men att de 10 av 40 poäng man kan missa, ger utrymme även för att få poängavdrag för slarvfel eller otydlighet i lösning, på vissa uppgifter, eller missuppfattning av enstaka frågor. Har man många slarvfel och/eller flera slarvfel och kunskapsluckor på andra ställen är det inte tänkt att man skall få godkänt.

När man har godkänt på grundläggande delen (30–40 poäng, samt tillräckligt på varje del) avrundas poängen uppåt, till 40 poäng. Man får då även rättat B-nivån, som är betygsgrundande och är på maximalt ytterligare 60 poäng. Se tabell 2, för krav för tentabetyg. Notera alltså att utan Godkänt på G-nivå är ev. poäng på B-nivå värdelösa (och uppgifterna rättas inte ens).

Tabell 2. Krav för tentabetyg.

B-nivå	Modellering	Lösning av LP, HP, MILP	Känslighetsanalys, LP	MKF	Övrigt	Totalt
Max	15-20	10-15	6-8	10-15	10-15	(G/40)+60
Krav för 3	0	0	0	0	0	(G/40)+0
Krav för 4	0	0	0	0	0	(G/40)+15
Krav för 5	25% (4–5)	25% (3–4)	25% (2)	25% (3–4)	25% (3–4)	(G/40)+30

⁴ Skälet till att detta endas ges preliminärt, är att det påverkas till viss del av vad som hinns med och/eller betonas i årets kurs.

För 5.a krävs att man förutom ett krav på totala antalet poäng också får minst 25% av poängen på varje område. För 4.a skulle det kunna räcka med att man t.ex. (självklart har godkänt på G-nivån men förutom det) har i stort sett alla rätt på Modelleringsdelen.

Det är också självklart att inslag av G-nivå kan vara en del av frågorna på B-nivå, om det t.ex. är någon extra ”knorr” på frågan (t.ex. kan det vara problem där alternativa optimallösningar finns, eller alternativa val som behöver göras som inte algoritmen explicit dirigerar hur de skall göras, eller ”konstiga” kostnadskomponenter), eller om det t.ex. kräver en längre kedja av korrekta beräkningar.

Frågorna på B-nivå är vanligtvis mer omfattande, lösningsgången är lika viktig som svaren, och det är sannolikt lätt att otydligheter eller slarvfel ger poängavdrag. Det bör alltså vara betydligt ”svårare” och/eller mer tidskrävande att samla ihop poäng på B-nivån än på G-nivån. En del frågor på B-nivå kan också vara av teori-karaktär. Dessa kräver ofta en precis och korrekt terminologi, beteckningar och matematiskt resonemang för att ge poäng, men kan å andra sidan vara ganska icke-tidskrävande om man kan dem. På B-nivån kan frågorna bygga helt eller delvis på både frågor och (korrekta) lösningar på G-delen.

Frågor på B-nivå kan också relatera till allt i boken som refereras till som litteratur i undervisningsplaneringen på LISAM, eller på föreläsningar/seminarier/lektioner/labbar/gruppuppgifter som ingår i kursen, utan att det explicit preciserats.

Slutligen kan också frågor på B-nivå vara att tillämpa för kursen ingående kunskap, på helt nya områden eller helt ny kunskap. Detta kan t.ex. vara att man skall förklara hur algoritmer i kursen skulle behöva anpassas för problem som angränsar till de problem som ingått i kursen, men kanske inte studerats förut.

Rättning av tentan avbryts när man inte längre kan få högre betyg. Detta innebär t.ex. att en tenta där man inte ens lämnat in för 30 poäng på G-nivå inte kommer att rättas alls. En tenta där man bara samlat 6 poäng på de första 20 rättade poängen kommer **inte** heller att rättas vidare. Notera här att uppgifter inte rättas i nummerordning. Vidare rättas inte B-nivån om inte G-nivån är godkänd, och även här avslutas rättningen när man inte längre har möjlighet att få ett högre betyg. Speciell granskning görs dock, som alltid, av tentor som ligger strax under en betygsgräns, dvs. den avbrutna rättningen görs bara när det är bortom rimligt tvivel att kunna nå högre betyg. Om 35 poäng eller mer erhållits på G-nivå, och poängen på B-nivå ligger nära betyg 4 eller 5, görs en helhetsbedömning av tentan, för slutligt tentabetyg. För uppgifter som inte är rättade pga. avbruten rättning, hänvisas till lösningsförslaget, som publiceras senast vid tentarapportering. Möjlighet finns att kontakta examinator för förtydligande, om behov finns.

Till tentamen är det tillåtet att ha med sig en handskrivna A4 med valfria anteckningar på båda sidor. Den måste vara handskrivna av dig själv, och får vara på valfritt språk. Du får också ta med dig ett lexikon dock helt utan några som helst anteckningar.

Första tentamenstillfället är 18 januari 2025, kl. 14-18.

2.7.2 Gruppuppgift UPG1

För godkänt på momentet *UPG1* ska de 2 muntliga redovisningarna och 3 skriftliga inlämningarna vara godkända, under samma läsår (inklusive augusti-omtenta-perioden). När det gäller ev. komplettering (skriftlig och/eller muntlig), se avsnitt 2.10, samt i instruktionerna för

gruppuppgifter. Ett viktigt lärmoment är att presentera och diskutera sina lösningar med andra grupper. Därför finns inte möjlighet att genomföra gruppuppgift eller göra komplettering, om man inte deltagit vid ordinarie tillfälle. Det är också viktigt att inlämningstider följs, då lösningar/svar kommer att diskuteras på kursen, efter sista inlämningsdatum. Därmed har man inte möjlighet till sen inlämning.

På *UPG1* ges ej graderade betyg, endast underkänt eller godkänt. Om inte samtliga delar (se ovan) är godkända under samma läsår, ges betyget underkänt, vilket innebär att *samtliga* delar av gruppuppgifterna måste genomföras ett följande år, även om vissa delar blivit godkända.

För *UPG1* gäller inlämnings- och kompletteringstidertider för examinerande tillfällen, enligt Tabell 3.

Tabell 3. Innehåll och **preliminära** datum relaterade till examinerande tillfällen gruppuppgifter

Del-uppgift	Innehåll	Aktivitet	Schema-lagt	Lämnas in senast*	Komplettering 1, senast	Komplettering 2, senast	Sista komplettering senast*
1	MILP-modellering	Muntlig redovisning	2-3 dec#				
1	MILP-modellering	Slut-inlämning		5 dec#, 23.59	2 veckor efter feedback	20 mar#, 23.59	30 aug#, 23.59
2	Nätverks-modellering	Muntlig redovisning	16-17 dec#				
2	Nätverks-modellering	Slut-inlämning		18 dec#, 23.59	2 veckor efter feedback	20 mar#, 23.59	30 aug#, 23.59
3	Känslighets-analys, Nätverk	Slut-inlämning		Prel 20 dec.	2 veckor efter feedback	20 mar#, 23.59	30 aug#, 23.59

*Om Inlämning görs senare än senaste inlämningsdatum enligt tabellen, måste i sådant fall en alternativ uppgift göras med samma inlämningsdatum enligt Komplettering 2 resp. 3 ovan. Det är upp till studenten att i god tid innan dess kontakta examinator och begära att få en ny/alternativ uppgift. Om komplettering kommer före angivet senast datum, kan ev. rättning ske tidigare, men inga garantier ges för det. Om alla 3 deluppgifter, inte blir godkända i samband med bedömningen efter augusti 2025, måste HELA gruppuppgiftsmomentet göras om vid ett senare kurstillfälle (dvs. alla de gruppuppgifter som ingår i momentet då, inklusive det då gällande regelverket),

#Datum i november/december gäller 2024, övriga datum gäller 2025.

2.7.3 Laboration LAB1

För godkänt på momentet *LAB1* måste laborationsrapporten vara godkänd, men observera att tidigare delar av laborationsmomentet måste vara godkända för att få tillgång till handledning av laborationen (se avsnitt 2.6.6). Observera att laborationsrapporten måste skrivas på engelska. Språket måste vara förståeligt, men explicit examination av det generella språket sker ej. Det är dock viktigt att matematiska begrepp hanteras korrekt. När det gäller ev. komplettering eller sen inlämning, se avsnitt 2.10, samt i instruktionerna för laborationer. Ingen möjlighet till handledning av labbar finns utanför ordinarie kursperiod.

På *LAB1* ges ej graderade betyg, endast underkänt eller godkänt. Om inte rapporten är godkänd under läsåret (inklusive augusti-omtenta-perioden), ges betyget underkänt, vilket kan innebära att *samtliga* delar av laborationen måste genomföras ett följande år, även om vissa delar blivit godkända.

För *LAB1* gäller genomförande, inlämnings- och kompletteringstidertider, enligt Tabell 4.

Tabell 4. Innehåll och **preliminära** datum relaterade till genomförande och examination av labbar.

Aktivitet	Schemalagt	Lämnas in senast*	Komplettering 1, senast	Komplettering 2, senast	Sista komplettering senast*
Introduktion AMPL, i Labsal	28 nov#, 13-17 & 17-21				
Implementation AMPL, i Labsal	9 dec#, 17-21 & 12 dec#1, 13-17				
Reservtid för Lab, i Labsal	16 dec#, 17-21				
Inlämning Labrapport		20 dec#, 23.59	2 veckor efter feedback	20 mar#, 23.59	30 aug#, 23.59

*Om Inlämning görs senare än senaste inlämningsdatum enligt tabellen, måste i sådant fall en alternativ uppgift göras med samma inlämningsdatum enligt Komplettering 2 resp. 3 ovan. Det är upp till studenten att i god tid innan dess kontakta examinator och begära att få en ny/alternativ uppgift. Om komplettering kommer före angivet senast datum, kan ev. rättning ske tidigare, men inga garantier ges för det. Om labrapporten, inte blir godkänd i samband med bedömningen efter augusti 2025, måste HELA labmomentet göras om vid ett senare kurstillfälle (dvs. alla de labbar som ingår i momentet då, inklusive det då gällande regelverket).
#Datum i november/december gäller 2024, övriga datum gäller 2025.

2.7.4 Övergripande bedömning

Kursen är godkänd när TEN1, UPG1 och LAB1 är godkända. Kursbetyget är lika med tentamensbetyget.

2.7.5 Fusk och plagiat

Eftersom en stor del av arbetet med labbar och gruppuppgifter sker utan övervakning, är det viktigt att förstå vad som utgör fusk och plagiat, dvs. som kan betraktas som försök till vilseledande vid examination. Plagiat är kortfattat när man lämnar in någon annans arbete (inklusive utdrag ur texter), som om det vore ens egen (t.ex., att inte ange (korrekta) referenser). Det är också att återanvända någon annans text, ord för ord, även om du anger referens. Andras texter måste bearbetas in i det sammanhang som ni skriver era rapporter, t.ex. genom att analysera andras påståenden, eller relatera det till egna resultat. Även bilder och programkod/AMPL-kod följer samma generella regler som text, vad gäller plagiering.

Plagiering är ett sätt att fuska. All form av samarbete mellan grupper (labbar och gruppuppgifter, i förberedelser såväl som genomförande) är också fusk, liksom självklart att dela material mellan grupper (såvida inte detta sker via examinator eller handledare, eller vid de muntliga redovisningarna av gruppuppgifter). Detta gäller även om man tar hjälp av andra personer, t.ex. tidigare studenter, eller tar del av tidigare studenters arbete. Notera att det innebär att även samarbete som sker i arbetet även (långt) innan examination är att betrakta som en del i examinationen.

Om tveksamhet råder, kontrollera för säkerhets skull med examinator om det är tillåtet eller inte. Att fråga om något är tillåtet eller ej, kan aldrig leda till en misstanke om vilseledande vid examination.

Misstanke om vilseledande vid examination rapporteras till disciplinnämnden, i enlighet med lärarnas instruktioner från universitetsledningen.

2.8 Generativ AI

Att använda generativ AI (t.ex. Chat-GPT) i kursen är tillåtet när det gäller att bättre *förstå* frågeställningar, begrepp, metoder, algoritmer med mera.

Generativ AI, vad gäller både gruppuppgifter och laborationen har flera begränsningar.

En tumregel för modeller (både gruppuppgifter och laborationen inklusive AMPL-koden), är att inget överhuvudtaget som förekommer i modeller och i AMPL's ".mod"-fil får ha tillkommit i samverkan med AI. Det motsvaras av nivå 1. i skalan nedan.⁵

En tumregel för labrapporten att använda är att det är förbjudet att göra "copy-paste", vare sig bokstavligen, eller att skriva av någon text som har genererats från början av AI, även om det är tillåtet att låta AI förbättra er text. I skalan nedan motsvaras det av nivå 3.

Scale Levels and Descriptions

1	NO AI	The assessment is completed entirely without AI assistance. This level ensures that students rely solely on their knowledge, understanding, and skills. AI must not be used at any point during the assessment.
2	AI-ASSISTED IDEA GENERATION AND STRUCTURING	AI can be used in the assessment for brainstorming, creating structures, and generating ideas for improving work. No AI content is allowed in the final submission.
3	AI-ASSISTED EDITING	AI can be used to make improvements to the clarity or quality of student created work to improve the final output, but no new content can be created using AI. AI can be used, but your original work with no AI content must be provided in an appendix.
4	AI TASK COMPLETION, HUMAN EVALUATION	AI is used to complete certain elements of the task, with students providing discussion or commentary on the AI-generated content. This level requires critical engagement with AI generated content and evaluating its output. You will use AI to complete specified tasks in your assessment. Any AI created content must be cited.
5	FULL AI	AI should be used as a 'co-pilot' in order to meet the requirements of the assessment, allowing for a collaborative approach with AI and enhancing creativity. You may use AI throughout your assessment to support your own work and do not have to specify which content is AI generated.

Table 1 The AI Assessment Scale

Källa: <https://doi.org/10.53761/q3azde36>

Om generativ AI används på något vis i rapportarbetet måste man dels indikera på framsidan av rapporten att generativ AI använts, och dels måst man lämna in tre rapporter:

- 1) Den slutliga rapporten.
- 2) Den slutliga rapporten, markerad med **grön färg** de delar som har förbättrats/förändrats efter användande av AI-tjänsten (dvs. samma text som 1) ovan)
- 3) Rapporten som den såg ut innan AI-tjänsten användes.

Dels kommer rapport 2 ovan att särskilt granskas, så att det som förbättrats med hjälp av AI, passar väl in i rapportens övriga språk och sammanhang. Om så bedöms inte vara fallet, kan komplettering bli nödvändigt, även vid korrekta resultat i övrigt. Dels kommer rapport 3 ovan att kontrolleras så att inte otillåtet samarbete med andra grupper skett, och/eller så att inte användande av generativ AI för att skriva denna del har gjorts.

Vid tveksamheter om vad som är tillåtet, kontakta examinator.

2.9 Gruppkontrakt

Gruppkontrakt är obligatoriskt att upprätta och lämna in på LISAM, både för gruppuppgiftsgruppen och för labparet, om man är mer än 1 student. Mall för gruppkontrakt finns på, och inlämning av gruppkontraktet sker på, LISAM. Gruppkontraktet skall innefatta huruvida man avser att dela upp

⁵ I ett framtida yrkesliv behövs den kunskap man får genom att helt själv arbeta med modelleringen, för att kunna bedöma rimlighet och korrekthet även i utmärkta förslag som man kan få av generativ AI.

arbetet, och i sådant fall hur man avser att dela med sig av sin del/sitt arbete till övriga gruppmedlemmar. Det är lämpligt att även inkludera andra samarbetsrelaterade punkter i gruppkontraktet.

2.10 Examination utanför ht2, och alternativ examination

Möjligheten till examination utanför ordinarie läsperiod, ht2, är som delvis beskrivits i kapitlen ovan. Tentor går som brukligt 3 gånger per år. Gruppuppgifter kan varken göras eller lämnas in utanför ht2, men komplettering av gjorda inlämningar kan ske, och bedöms då normalt antingen i anslutning till första kompletteringstillfället i slutet av ht2 eller början av vt1, och/eller i anslutning till kursens omtentatillfällen. Laborationsrapport kan både lämnas in första gången, och kompletteras i anslutning till första kompletteringstillfället i slutet av ht2 eller början av vt1, och/eller i anslutning till kursens omtentatillfällen. Observera dock att varken för gruppuppgifter eller laborationsuppgifter ges någon handledning utanför ht2.

Alternativ examination (t.ex. muntlig i stället för skriftlig, skriftlig i stället för muntlig, mm.) är normalt endast möjligt om man har intyg från koordinator för lika villkor som styrker att alternativ examination är nödvändig.

3 Undervisningsplanering

Undervisningsplan läggs ut och uppdateras kontinuerligt på LISAM.

4 Kunskapskrav för betyg

Nedan finns kunskapskrav för betyg. Detta kan komma att marginellt uppdateras senast en månad innan tentan, med hänsyn till vad som faktiskt hunnits med i kursen, och var fokus har kunnat läggas och inte. Kunskapskrav för betyg finns även i kursens LISAM-rum, i Excelformat, för ökad bearbetningsmöjlighet.

Hur kunskapskraven används i tentasammanhanget beskrivs i Kapitel 2.7.1.

Observera att kunskapsområdena på många ställen kan komma att bygga på kunskaper (framför allt från tidigare kurser, som Linjär Algebra eller Matematik), eller från vad som bedöms som enklare moment eller problemtyper till viss del inom ramen för denna kurs, utan att det explicit nämns, och att detta får anses falla inom ramen för den sista punkten på varje kunskapsområde. Som exempel på kunskaper som kan krävas på G-nivå, utan att specifikt omnämnas, är t.ex. att förstå vektorer, matriser och additioner/multiplikationer dem emellan. Dvs. det kan innebära att om man inte kan dessa (enklare) momenten så klarar man inte heller av optimeringsuppgiften. Inte heller omnämns ju ekvationslösning, bråkräkning, etc. som är eller kan vara en del av problemlösningen som faktiskt krävs.

4.1 Kunskapsområden och exempelfrågor (på G-nivå)

Notera att andra frågor självklart kan förekomma än de exempelfrågor som ges. Syftet med exemplen är att ge en uppfattning av typen av frågor.

4.1.1 Modellering, G-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Formulera ett LP-problem med variabler och parametrar med max 1 index	Ett företag skall bestämma produktionen av... Formulera problemet som ett LP-problem	1

Anpassa existerande LP-modeller, med variabler och parametrar med max 2 index	I det givna problemet, lägg till ett villkor som garanterar att max 40h övertid används totalt över alla avdelningar och tidsperioder.	1
Tolka en grupp av matematiska villkor, med upp till 2 index	Beskriv i ord vad bivillkor 3 påverkar	1
Hantera lagerbalansvillkor för produkter med två index (t.ex. produkttyp, tid)	I problemet saknas bivillkor som styr lagerbalansen. Formulera ett sådant villkor!	1
Använda binära variabler (med ett index) för att modellera t.ex. fasta kostnader	Förändra modellen, så att om övertid används tillkommer förutom den rörliga kostnaden, även en fast kostnad på f_i kr.	3
Logiska villkor med binära variabler (med ett index)	Formulera ett bivillkor som reglerar att om A eller B händer, så skall också C eller D (eller båda) händer	3
Modellera ett Minkostnadsflödesnätverk (med nodbalans, och utan intäkter på bågarna), utan kostnader eller gränser "i noderna"	Ett företag skall bestämma produktionen av... Modeller minkostnadsflödesproblemet genom att rita ett nätverk. Ange nod- och bågdata tydligt!	2
Hantera justering av modeller där alternativa kostnader finns för samma väg.	Antag att max 10 enheter kan skickas på båge (i, j) till kostnaden 5/st. Enheter utöver 10 kostar 6/st. Justera modellen så att detta tas med, dock utan att parallella bågar används.	2

4.1.2 Lösning av LP & MILP, G-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Lösa ett LP-problem i två variabler grafiskt	Lös det givna LP-problemet med grafisk lösning, och ange optimallösning och optimalt målfunktionsvärde	1
Tolka lösningen av ett LP-problem i två variabler, grafiskt	Ange optimallösning och optimalt målfunktionsvärde	1
Skriva om ett godtyckligt problem på standardform, och sätta in problemet i en simplextablå	Formulera LP-problemet på standardform. Definiera ev. variabelsubstitutioner.	1
Hitta inkommande variabel (när unik sådan finns) i en Simplextablå	Ange och motivera vilken som blir inkommande basvariabel i nästa iteration	1
Hitta utgående variabel (när unik sådan finns) i en Simplextablå	Ange och motivera med beräkningar, vilken som blir utgående basvariabel i nästa iteration, om x_i är inkommande basvariabel i den iterationen.	1
Genomföra en eller flera iterationer i en Simplextablå	Genomför en iteration i den givna simplextablån.	6
Identifiera om en Simplextablå är optimal, eller inte (och motivera)	Är den givna simplextablån optimal? Om inte, motivera. Om den är det, ange optimallösningen	6

Identifiera baslösning (inkl. alla variabelvärden och målfunktionsvärde) för en Simplex tablå	Ange optimallösning, målfunktionsvärde, samt ange också vilka variabler som är basvariabler i den givna optimala simplex tablån	6
Identifiera och tolka värdet av en slackvariabel.	I vilka bivillkor används- tillgängliga resurser fullt ut?	1

4.1.3 Känslighetsanalys, LP, G-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Tillåten förändrad målfunktionskoefficient för en icke-basvariabel, för att ha en oförändrad/förändrad optimallösning	För vilken förändring av målfunktionskoefficienten framför x_i , är nedanstående simplex tablå fortfarande optimal	4
Läsa av utdata från AMPL	Ange optimallösning och optimalt målfunktionsvärde i lösningen	4
Tolka utdata från AMPL	Hur mycket är man beredd att betala för ytterligare en enhet av resurs x ? Hur mycket kan vinsten på produkt A ändras utan att aktuell lösning ändras?	4

4.1.4 Lösning, känsl.analys MKF, G-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Identifiera ett bastråd i ett MKF-nätverk med unikt bastråd	Vilka bågar ingår i bastrådet i följande tillåtna minikostnadsflöde?	5
Beräkna nodpriser i ett MKF-nätverk med unikt bastråd, där alla basbågar är framåtriktade	Beräkna nodpriserna i följande tillåtna basflöde, för det givna minikostnadsflödesproblemet	5
Bestämma (unik) inkommande basbåge i en given MKF-lösning	Genomför beräkningar och motivera vilken som blir nästa inkommande basbåge, i minikostnadsflödesproblemet nedan.	2
Bestämma (unik) utgående basbåge i en given MKF-lösning	Genomför beräkningar och motivera vilken som blir nästa utgående basbåge, i minikostnadsflödesproblemet nedan, givet att båge (i, j) blir inkommande basbåge	2
Genomföra en iteration/pivotering (flödesförändring) i en given MKF-lösning, för att få ett nytt flöde	Givet att båge (i, j) är inkommande basbåge och båge (k, m) är utgående basbåge i nästa iteration, ange vad det nya flödet blir	2
Avgöra om ett givet MKF-flöde är optimalt eller inte (och motivera)	Är det givna tillåtna basflödet i minikostnadsflödesproblemet optimalt? Motivera med beräkningar!	6
Känslighetsanalys i MKF: För vilka kostnadsändringar man skulle vilja ändra flödet på en icke-basbåge	Hur mycket måste kostnaden i båge (i, j) öka för att man skall vilja skicka mindre i den bågen?	4

Känslighetsanalys i MKF: För vilka kostnader en ny båge vore intressanta att använda	Antag att en båge tillkommer från nod x till nod y . För vilka kostnader för denna båge, skulle den vara nödvändig att använda i en ny optimallösning till problemet.	4
Känslighetsanalys i MKF: Hur optimala totalkostnaden ändras om flödesgränsen på en båge ändras	Antag att undre gränsen på flödet på båge (i, j) ökar med en enhet (med bibehållna käll- och sänkstyrkor. Vad blir då kostnaden i den nya optimallösningen?	4

4.1.5 Övrigt, G-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Redogöra för antalet möjliga optimala lösningar i ett LP-problem	Vilket/vilka påståenden är sanna: xxx	5
Formulera duala problemet till godtyckligt LP-problem	Formulera dualen till följande optimeringsproblem	5
Lösa ett MST med unik lösning	Betrakta den givna kostnadsmatrisen. Hitta billigaste uppspännande träd (MST) med Prims eller Kruskals algoritm. Det är mycket viktigt att motivera vilken båge du lägger till (eller inte) i varje steg. Ange optimallösning och kostnaden för trädet	2
Lösa ett BVP med Dijkstras metod	Hitta billigaste vägen från nod s till nod t , med Dijkstras metod. Var noggrann med att ange avsökningsordning, samt hur du märker och märker om alla noder när du genomför lösningen!	2
Förstå vad som utgör en relaxation till ett allmänt optimeringsproblem, samt hur det påverkar målfunktionsvärdet (Förändrade högerled, borttagande/tilläggande av krav (inkl. heltalskrav))	Ange vilka av följande förändringar utgör en relaxation, samt hur ett nytt målfunktionsvärde förhåller sig till det gamla	5
Förstå vad som utgör en restriktion till ett allmänt optimeringsproblem, samt hur det påverkar målfunktionsvärdet (Förändrade högerled, borttagande/tilläggande av krav (inkl. heltalskrav))	Ange vilka av följande förändringar utgör en restriktion, samt hur ett nytt målfunktionsvärde förhåller sig till det gamla	5

4.2 Kunskapsområden och exempelfrågor (på B-nivå)

Vissa exempel finns med på B-nivå-frågor, men här hänvisas framförallt till gamla tentor (även i det gamla tentaupplägget), trots att dessa inte ingår i kursmaterialet. Observera att på B-nivå kan även frågor förekomma som inte är ett specifikt kunskapsområde, men ändå varit en del av något kursmaterial, eller som förväntas kunna lösas med egen bearbetning av kursinnehållet även på nya typer av frågor och problem.

4.2.1 Modellering, B-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Formulera ett LP-problem med variabler och parametrar med max 2 index	Ett företag skall bestämma produktionen av... Formulera problemet som ett LP-problem	1
Anpassa existerande LP-modeller, med variabler och parametrar med fler än 2 index	Se gamla tentor	1
Hantera mängder korrekt i modellering av ett LP-problem	Formulera ett bivillkor som gör att summan av produktionen av produkt i totalt i samtliga fabriker, inte överstiger U_{it} , i tidsperiod t .	1, 5
Logiska villkor med binära variabler (med två index)	Se gamla tentor	3
Modellera ett Minkostnadsflödesnätverk (utan nodbalans, och/eller med intäkter på bågarna och/eller med kostnader eller gränser "i noderna")	Ett företag skall bestämma produktionen av... Fabrik A har en maximal kapacitet om 100 enheter. Modeller minkostnadsflödesproblemet genom att rita ett nätverk. Ange nod- och bågdata tydligt!	2

4.2.2 Lösning av LP & MILP, B-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Identifiera baslösningar, basvariabler och tillhörande extrempunkter i ritade och i matematiskt formulerade problem, samt koppla det till tillåtenhet	Ange vilka variabler som är basvariabler i följande lösningar: $x^1=$, $x^2=$, $x^3=$. Vilka lösningar utgör dessutom tillåtna baslösningar?	5
Hitta inkommande variabel (även när alternativa finns) i en Simplextablå	Se gamla tentor	1
Hitta utgående variabel (även när alternativa finns) i en Simplextablå	Se gamla tentor	1
Identifierade reducerade kostnaden för icke-basvariabler, i en Simplextablå	Vad är reducerade kostnaden för variabel s_1 ?	6
Identifiera om en given optimal Simplextablå har alternativa lösningar eller inte	Har den bifogade simplextablån någon mer lösning med optimalt målfunktionsvärde? Motivera!	6
Identifiera om ett LP-problem har obegränsad optimallösning i en Simplextablå	Har den bifogade simplextablån begränsat eller obegränsat optimalt målfunktionsvärde? Motivera!	6
Identifiera om ett LP-problem har en degenererad lösning i en viss lösning i en simplextablå	Se gamla tentor	6

Dra slutsatser som måste gälla i en simplextablå, under givna förutsättningar	Ange vilket värde som är möjlig på parameter a_{32} i simplextablån, för att variabel x_1 skall bli utgående basvariabel i nästa iteration?	5
---	---	---

4.2.3 Känslighetsanalys, LP, B-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Läsa av och tolka skuggpris i simplextablå	I den bifogade Simplextablån, vad är skuggpriset för bivillkor 3?	4
Förstå om ett villkor är redundant (resp. redundant i optimum) eller inte, matematiskt, grafiskt eller relaterat till en simplextablå	Betrakta den optimala simplextablån nedan. Vilka bivillkor är redundanta i optimum. Motivera! Är något villkor redundant (oavsett vilken målfunktion vi betraktar). Motivera!	4
Tolka känslighetsanalys av ett LP-problem i två variabler, grafiskt	Se gamla tentor	4
Tillåten förändrad målfunktionskoefficient för en basvariabel, för att ha en oförändrad/förändrad optimallösning	Se gamla tentor	4
Beräkna gränser på möjliga förändringar av optimalt målfunktionsvärde, utanför givna intervall av målfunktionskoefficienter eller högerled, i AMPL-utdata	Om kostnaden på xxx minskar med 10kr, vad blir då den mesta, resp. minsta möjliga besparingen vi kan nå, i en ny optimallösning	4

4.2.4 Lösning, känsl.analys MKF, B-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Identifiera och motivera om ett bastråd kan hittas eller inte i en given MKF-lösning	Se gamla tentor	2
Beräkna nodpriser i ett MKF-nätverk med unikt bastråd, där riktningen på basbågarna är blandade och/eller där ett särskilt nodpris skall sättas på en viss nod	Se gamla tentor	2
Genomföra en hel iteration/pivotering i MKF, även med alternativa inkommande och/eller utgående basbågar, och/eller flödesändring 0, och/eller samma inkommande som utgående variabel	Se gamla tentor	2

Förstå om alternativa optimallösningar finns i ett MKF-problem, och i sådant fall hitta en sådan.	Betrakta den optimala lösningen i minkostnadsflödesproblemet nedan? Finns det alternativa optimala lösningar? Motivera!	6
Genomföra en iteration i MKF vid förändrad data på (eller ny, eller borttagen) båge	Se gamla tentor	4
Känslighetsanalys MKF: Hitta nya flödet i ett nätverk om en ny båge läggs till, med en viss kostnad.	Se gamla tentor	4
Känslighetsanalys MKF: Hitta nytt flöde om nodstyrkor ändras i ett par noder.	Se gamla tentor	4

4.2.5 Övrigt, B-nivå

Kunskap	Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen	Kursmål
Avgöra om ett MST har alternativ lösning eller ej (och motivera)	Har MST't någon alternativ optimallösning? Motivera!	2
Lösa ett MST med enkla sidovillkor	Se gamla tentor	2
Lösa ett maxkapacitetsproblem med modifierad Dijkstras metod (eller Bellmans ekvationer)	Hitta vägen med maximal kapacitet från nod s till nod t, med lämplig metod. Ange vilken metod du använder, och var noggrann med att ange avsökningsordning, samt hur du märker och märker om alla noder när du genomför lösningen!	2
Förstå och diskutera konsekvenser av heltalsegenskap för nätverksproblem	Antag att vi skall skicka ett flöde av 3,5 enheter genom ett nätverk. Är det fortfarande möjligt att lösa med Nätverkssimplex, och i sådant fall hur, med tanke på att MKF-problem har heltalsegenskap?	5
Förstå begreppet konvexitet och dess betydelse för optimeringsmodeller och metoder	När det gäller konvexitet och optimering, vilket/vilka av följande påståenden är sanna?	5
Förstå begreppen lokala och globala optima och relationen mellan dem i olika situationer	Betrakta följande lösningar: x^1 , x^2 , x^3 . Vilken/vilka av dessa kan INTE vara lokalt optima, och vilka/vilken av dessa kan INTE vara globalt optima?	5
Förstå vad som utgör en relaxation till ett allmänt optimeringsproblem, samt hur det påverkar målfunktionsvärdet (Andra tänkbara förändringar än G-nivå)	Ange vilka av följande förändringar utgör en relaxation, samt hur ett nytt målfunktionsvärde förhåller sig till det gamla	5

Förstå vad som utgör en restriktion till ett allmänt optimeringsproblem, samt hur det påverkar målfunktionsvärdet (Andra tänkbara förändringar än G-nivå)	Ange vilka av följande förändringar utgör en restriktion, samt hur ett nytt målfunktionsvärde förhåller sig till det gamla	5
Med hjälp av optimala lösningar till relaxationer, samt tillåtna lösningar, dra slutsatser om det optimala målfunktionsvärdet	Se gamla tentor	5
Förstå principen hur man genererar två olika problem i en träsökningsmetod där man får fraktionella lösningar i ett LP-relaxerat heltalsproblem	Se gamla tentor	5
Utifrån ett ritat tillåtet (LP-relaxerat) område, identifiera konvexa höljet	Se gamla tentor	3