ITN/KTS
Stefan Engevall
2024-11-01 – Version 1.0

Kompletteras något i kapitel 4 senare i kursen. Kompletteringar som gjorts efter v1.0, se grönmarkerat.

Kursinformation TNK049, Optimeringslära 6 hp, HT2-2024

1 Kursmål & innehåll

1.1 Mål med kursen

Kursen skall ge kunskaper i optimeringslära, och speciellt optimering av linjära och icke-linjära (kontinuerliga) problem, samt problem med nätverksstruktur. Studenten ska efter avslutad kurs kunna:

1. analysera och formulera linjära optimeringsmodeller inom olika ekonomiska och tekniska tillämpningsområden.
2. analysera och formulera optimeringsmodeller för problem med underliggande nätverksstruktur.
3. hantera den grundläggande matematiska teorin på vilken modeller och algoritmer bygger.
4. använda och dra slutsatser från optimeringsmetoder för optimeringsproblem i kontinuerliga variabler, så som simplexmetoden, anpassningar av simplexmetoden för nätverksproblem, descent-metoder för problem utan bivillkor, samt Frank Wolfe-algoritmen.
5. analysera optimeringsmodeller med avseende på konvexitet och formulera optimalitetsvillkor för problem i kontinuerliga variabler.
6. lösa optimeringsproblem såväl manuellt som med hjälp av dator.

1.2 Förkunskaper

Grundläggande kunskaper i matematisk analys och linjär algebra. Det kan vara lämpligt att repetera vektor/matris-räkning, lösning av ekvationssystem samt begreppen bas och derivata.

1.3 Kursinnehåll

Kursen omfattar följande områden:

- Linjärprogrammering: Modellering, grundläggande matematisk teori och geometri, simplexmetoden, känslighetsanalys, dualitet, optimalitetsvillkor.
- Nätverksoptimering: Modellering, trädproblem, vägproblem, minkostnadsflödesproblem med varianter och simplexmetoden för nätverksproblem
- Ickelinjär optimering: Modellering, konvexitet, obegränsad optimering, optimering med linjära bivillkor, optimalitetsvillkor.

2 Administration & Organisation

2.1 Kurshemsida

Kursens använder 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, Laborationer/miniprojekt, Räknestugor Kontaktinformation: e-post: stefan.enevall@liu.se, telefon: 011-36 34 43, Rum: SP6207
Liyun Yu (Engelskspråkig)	Lektioner, Laborationer/miniprojekt, Räknestugor Kontaktinformation: e-post: liyun.yu@liu.se Rum: SP8202
David Dekker (Engelskspråkig)	Räknestugor

2.4 Disposition

Kursen omfattar 6 hp = 160 h, och en uppskattning kan vara följande fördelning av tidsanspråk:
Schemalagt, totalt 74 h/student:

- Seminarier: 18 h
- Föreläsningar: 12 h inspelade
- Lektioner: 24 h
- Laborationer/Miniprojekt i datorsal: 6 h
- Räknestugor: 10 h
- Tenta: 4 h

Icke Schemalagt: Totalt 86 h/student:

- Teoriinhämtning, övningar inför, förberedelser för miniprojekt, handledning, samt rapportskrivning: 34 h
- Teoriinhämtning, egen räkning, inför tenta: 52 h

2.5 Organisation

Kursen bedrivs i form av seminarier, inspelade föreläsningar, lektioner, datorlektioner, räknestugor och datorlaborationer/miniprojekt. 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 Datorlektioner

Två datorlektioner är schemalagda. Den första datorlektionen introducerar AMPL/cplex som verktyg för att lösa optimeringsproblem. Dessa verktyg skall användas i första miniprojektet. På den andra datorlektionen används ett pedagogiskt verktyg för att snabbare genomföra iterationer med simplexmetoden.

Datorlektionerna är frivilliga, men det är absolut nödvändigt att tillförskaffa sig motsvarande kunskaper som i datorlektion 1 för att klara miniprojekt 1. Det är högst sannolikt att någon fråga på tentan relaterar till frågeställningar som endast har illustrerats på datorlektion 2.

2.5.5 Räknestugor

Räknestugor är schemalagda tillfällen tillsammans med kursen TNSL05 (som går för SL2 & FTL2). 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/miniprojekt 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.

2.5.6 Laboration/miniprojekt

Kursens laborationsmoment består av två miniprojekt som skall genomföras med hjälp av programvara (AMPL/cplex resp. ett LiU-utvecklat system) som kan laddas ned på egen dator[1].

[1] De som kör Mac, har ofta problem att få det att fungera, även om det ”ska” gå. Eftersom det fungerar utan problem på Windows-datorer; och sådana finns att tillgå på LiU, så ges ingen handledning i att få det att fungera på Mac.

Miniprojekten utförs i par och paren anmäler sig via Lisam[2]. Huvudansvarig lärare för miniprojekten är inte svenskspråkig, och därför måste arbete som man vill ha handledning på, samt examinerande moment inklusive rapport, göras på engelska.

1. Modellering och lösning av ett större LP-problem.
    a. En (Verbal) modellbeskrivning för matematisk modell lämnas in på LISAM, och vid ett senare tillfälle lämnas en komplett matematisk modell in. Den kompletta matematiska modellen måste vara godkänd för att få tillgång till handledning i laborationssalen vid första laborationstillfället, vilket kan innebära att en komplettering av modellen måste göras med väldigt få dagars varsel. Om man inte har en godkänd matematisk modell får man ingen handledning i salen, och man hänvisas till reservtillfället i vecka 50, då man blir lägst prioriterad (inklusive för studenter i andra kurser som delar laborationstillfälle), om man vid det tillfället fortfarande inte har en godkänd matematisk modell.
    b. Implementering. Utförs i labsal under handledning (se punkt 1a). Miniprojekt 1 examineras med en kortare skriftlig avrapportering, som lämnas in på LISAM, om man har deltagit (och kommit tillräckligt långt) i labsal på ordinarie- eller reservtillfället. Om man inte har deltagit i labsal, eller om man inte har gjort inlämningar av verbal modellbeskrivning och komplett matematisk modell, examineras miniprojekt 1 först med en muntlig redovisning för examinator, och därefter med en kortare skriftlig avrapportering. Se vidare instruktioner i Miniprojektsinformationen.
2. Lösning av en nätverksuppgift. Utförs i labsal under handledning. Miniprojekt 2 examineras med en skriftlig avrapportering, som lämnas in på LISAM, om man har deltagit (och kommit tillräckligt långt) i labsal på ordinarie- eller reservtillfället. Om man inte har deltagit i labsal, examineras miniprojekt 2 först med en muntlig redovisning för examinator, och därefter med en fullständig, men kortare, skriftlig rapport. Miniprojekt 2 kräver förberedelser, men inga inlämningar före tiden i labsal. Se vidare instruktioner i Miniprojektsinformationen.

För mer detaljer kring uppgifterna, se separat miniprojektsinfo.

Specifika datum och klockslag för inlämning av rapporter se Kapitel 2.7.2. För övriga datum och klockslag kopplat till inlämningar och övriga händelser, se miniprojektsinformationen, undervisningsplaneringen på LISAM, inlämningar på LISAM, samt TimeEdit. Anmälan till olika pass för handledning sker på LISAM. Även anmälan till par för laborationer sker på LISAM.

För handledning av Modellering LP-problem (punkt 1a) enligt ovan; finns ett handledningstillfälle, som bokas via LISAM, liksom för handledning av förberedelser för Nätverksuppgift. (punkt 2) Dessa handledningar är inte obligatoriska, men av erfarenhet är det HELT nödvändigt få handledning för Modellering LP-problem, för att få godkänt på den inlämning (se punkt 1a ovan), som krävs för att få tillgång till handledning på första labpasset i datorsal, relaterat till punkt 1b ovan. Det är också viktigt att förstå att det krävs avsevärd tid både före och efter handledningstillfället, liksom eventuellt efter återkoppling på den skriftliga inlämningen som görs före tiden i labsal, vad gäller Modellering LP-problem.

[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.

Tiden i labsal v50 är inte bokningsbar, och används av de grupper som inte hinner klart miniprojekten under ordinarie tid.

Inget samarbete får förekomma mellan grupperna, när det gäller miniprojekten. Det tillåtna samarbetet är i nivå med en skriftlig tenta, dvs. inget alls. Se även kapitel 2.7.4 och 2.8.

Godkända miniprojekt ger tillsammans 1,5 hp (momentet heter LAB1). Observera att en rimlig fördelning av tid mellan båda miniprojekten är 25h för LP, och 15h för Nätverk.

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 två examinationsmoment:

Moment	**Kurspoäng (hp)**
Laborationer (LAB1)	1,5
Tentamen (TEN1)	4,5

2.7.1 Tentamen TEN1

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

Tentan täcker kursens innehåll i 4 *områden*:

- Modellering av Linjärprogrammeringsproblem (LP) och minkostnadsflödesproblem (MKF)
- Teori, lösning av, känslighetsanalys av LP-problem. LP-dualitet.
- Teori, lösning av, känslighetsanalys av Nätverksproblem. Inkl. billigaste-väg-problem (BVP), minsta uppspännande träd (MST) och MKF
- Teori och lösning av icke-linjära problem (ILP)

[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.

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**	**LP**	**Nätverk**	**ILP**	**Totalt**
Max	7-12	12-18	6-10	8-12	40
Min*	4	6	3	4	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 färdigrättad.

G-nivå-frågor är grundläggande frågor, med relativt korta lösningar, korta svar, eller flervalsfrågor. Uträkningar/lösningsgång 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, uppgifter, 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.

G-nivå	**Modellering**	**LP**	**Nätverk**	**ILP**	**Totalt**
Max	12-20	12-20	10-15	12-20	(G/40)+60
Krav för 3	0	0	0	0	(G/40)+0
Krav för 4	0	0	0	0	(G/40)+15
Krav för 5	25% (3–5)	25% (3–5)	25% (3–4)	25% (3–5)	(G/40)+30

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,

[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.

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/miniprojekt 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 handskriven A4 med valfria anteckningar på båda sidor. Den måste vara handskriven 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 16 januari 2025 , kl. 8-12.

2.7.2 Miniprojekt/Laboration LAB1

För godkänt på momentet *LAB1* måste miniprojektsredogörelser för miniprojekt 1 och 2 vara godkända Sent inlämnade rapporter, sena kompletteringar, eller ytterligare kompletteringar efter den första kompletteringen, rättas i samband med att omtentamen ges. Ingen möjlighet till handledning finns utanför ordinarie kursomgång. Observera att miniprojektsrapporten måste skrivas på engelska. Språket måste vara förståeligt, men explicit examination av språket sker ej. . Det är dock viktigt att matematiska begrepp hanteras korrekt.

På *LAB1* ges ej graderade betyg, endast underkänt eller godkänt.

Tabell 4. Innehåll och datum relaterade till genomförande och examination av miniprojekt/labbar.

Aktivitet	**Schemalagt**	**Lämnas in senast***	**Komplette-ring 1, senast**	**Komplette-ring 2, senast**	**Sista komplette-ring senast***
Miniprojekt 1, i Labsal	20 nov#, 13-16				
Redogörelse, Miniprojekt 1		27 nov#, 23.59	24 jan#, 23.59	20 mar#, 23.59	30 aug#, 23.59
Miniprojekt 2, i Labsal	11 dec#, 13-16				

Rapport, Miniprojekt 2		18 dec#, 23.59	24 jan#, 23.59	20 mar#, 23.59	30 aug#, 23.59
Reservtid Miniprojekt i Labsal	16 dec#, 17-21				

*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. Antalet möjliga kompletteringar blir inte heller fler. 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.

2.7.3 Övergripande bedömning

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

2.7.4 Fusk och plagiat

Eftersom en stor del av arbetet med miniprojekt 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 för miniprojekt, i förberedelser såväl som genomförande) är också fusk, liksom självklart att dela material mellan grupper. 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 arbete med miniprojekt har begränsningar.

En tumregel för modeller (både matematisk modell och implementering i AMPL-kod), 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]

[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.

En tumregel för miniprojektsrapporterna 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.

Om examinator känner osäkerhet om huruvida generativ AI använts, kan gruppen behöva komplettera rapporteringen vid ett muntligt tillfälle, när examinator ställer frågor om både modell, resultat och slutsatser.

2.9 Gruppkontrakt

Gruppkontrakt är obligatoriskt att upprätta och lämna in på LISAM, för miniprojektsparet, 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 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. Miniprojektsrapporter kan både lämnas in första gången, och kompletteras i anslutning till första kompletteringstillfället i början av vt1, och/eller i anslutning till kursens omtentatillfällen. Observera dock att för miniprojektsuppgifter ges inte 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 finna 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**	**Kurs-mål**
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 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 överföring mellan explicit (numerisk) formulering,	Betrakta problemet <komponentform>. Teckna det generella problemet, genom att	1

komponentform, vektor/matirsform	införa vektorerna, c, x, b; respektive matrisen A. Ange tydligt vad vektorerna och matriserna har för värden.	
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
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
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
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 LP, G-nivå

Kunskap	**Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen**	**Kurs-mål**
Lösa ett LP-problem i två variabler grafiskt	Lös det givna LP-problemet med grafisk lösning, och ange optimallösning och optimalt målfunktionsvärde	4, 6
Tolka lösningen av ett LP-problem i två variabler, grafiskt	Ange optimallösning och optimalt målfunktionsvärde	4
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?	3
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!	1
Skriva om ett godtyckligt problem på standardform, och sätta in problemet i en simplextablå	Formulera LP-problemet på standardform. Definiera ev. variabelsubstitutioner.	4
Hitta inkommande variabel (när unik sådan finns) i en Simplextablå	Ange och motivera vilken som blir inkommande basvariabel i nästa iteration	4

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.	4
Genomföra en eller flera iterationer i en Simplextablå	Genomför en iteration i den givna simplextablån.	4
Identifiera om en Simplextablå är optimal, eller inte (och motivera)	Är den givna simplextablån optimal? Om inte, motivera. Om den är det, ange optimallösningen	4
Identifiera baslösning (inkl. alla variabelvärden och målfunktionsvärde) för en Simplextablå	Ange optimallösning, målfunktionsvärde, samt ange också vilka variabler som är basvariabler i den givna optimala simplextablån	3
Identifierade reducerade kostnaden för icke-basvariabler, i en Simplextablå	Vad är reducerade kostnaden för variabel s_1?	4
Förstå och tolka begreppet reducerad kostnad	Betrakta simplextablån. Om man utgår från att det är tillåtet att öka variabel x_j med två enheter, vad blir då det nya målfunktionsvärdet	3
Identifiera och tolka värdet av en slackvariabel.	I vilka bivillkor används- tillgängliga resurser fullt ut?	1
Läsa av och tolka skuggpris i simplextablå	I den bifogade Simplextablån, vad är skuggpriset för bivillkor 3?	1
Identifiera om en given optimal Simplextablå har alternativa lösningar eller inte	Har den bifogade simplextablån någon mer lösning med optimalt målfunktionsvärde? Motivera!	4
Identifiera om ett LP-problem har obegränsad optimallösning i en Simplextablå	Har den bifogade simplextablån begränsat eller obegränsat optimalt målfunktionsvärde? Motivera!	4
Hitta och tolka sökriktning och steglängd i en simplextablå	Om x_2 blir inkommande basvariabel i nästa iteration, i vilken riktning görs den iterationen, samt vad blir steglängden i den riktningen, i nästa iteration?	3
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?	3
Tillåten förändrad målfunktionskoefficient för en icke-basvariabel, för att ha en oförändrad/förändrad optimallösning	För vilken förändring av målfunktionskoefficienten framför x_i, är nedanstående simplextablå fortfarande optimal	1
Läsa av utdata från AMPL	Ange optimallösning och optimalt målfunktionsvärde i lösningen	1
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?	1
Beräkna gränser på möjliga	Om kostnaden på xxx minskar med 10kr,	1

förändringar av optimalt målfunktionsvärde, utanför givna intervall av målfunktionskoefficienter eller högerled, i AMPL-utdata	vad blir då den mesta, resp. minsta möjliga besparingen vi kan nå, i en ny optimallösning	
Formulera duala problemet till godtyckligt LP-problem	Formulera dualen till följande optimeringsproblem	3
Förstå och tolka svag och stark dualitet	Betrakta primalen och tillhörande dual. Det är "lätt" att hitta tillåtna lösningar i dualen. Använd dessa, för att dra slutsatser om gränser för det optimala målfunktionsvärdet i primalen.	3

4.1.3 LP eller ILP, G-nivå

Kunskap	**Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen**	**Kurs-mål**
Förstå vad som utgör en relaxation till ett allmänt optimeringsproblem, samt hur det påverkar målfunktionsvärdet	Ange vilka av följande förändringar utgör en relaxation, samt hur ett nytt målfunktionsvärde förhåller sig till det gamla	3
Redogöra för antalet möjliga lösningar i ett (allmänt) optimerings-problem	Vilket av följande fall kan vi ha när vi löser ett generellt, respektive linjärt, optimeringsproblem?	3
Hantera omformulering av min till maxproblem (och tvärt om)	Testas genom att bakas in i någon fråga, typiskt. "Omformulera problemet till ett min-problem, och därefter …"	3
Hantera att göra om <=-villkor till >=, och tvärt om. Hantera att göra om =-villkor till olikhetsvillkor	Omformulera problemet så att alla bivillkor är <=-villkor	3

4.1.4 Nätverk, G-nivå

Kunskap	**Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen**	**Kurs-mål**
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	4, 6
Avgöra om ett MST har alternativ lösning eller ej (och motivera)	Har MST't någon alternativ optimallösning? Motivera!	4
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!	4, 6
Lösa ett maxkapacitetsproblem med modifierad Dijkstras metod	Hitta vägen med maximal kapacitet från nod s till nod t, med lämplig metod. Ange vilken	4, 6

(eller Bellmans ekvationer)	metod du använder, och var noggrann med att ange avsökningsordning, samt hur du märker och märker om alla noder när du genomför lösningen!	
Identifiera ett basträd i ett MKF-nätverk med unikt basträd	Vilka bågar ingår i basträdet i följande tillåtna minkostnadsflöde?	4
Beräkna nodpriser i ett MKF-nätverk med unikt basträd, där alla basbågar är framåtriktade	Beräkna nodpriserna i följande tillåtna basflöde, för det givna minkostnadsflödesproblemet	4
Bestämma (unik) inkommande basbåge i en given MKF-lösning	Genomför beräkningar och motivera vilken som blir nästa inkommande basbåge, i minkostnadsflödesproblemet nedan.	4
Bestämma (unik) utgående basbåge i en given MKF-lösning	Genomför beräkningar och motivera vilken som blir nästa utgående basbåge, i minkostnadsflödesproblemet nedan, givet att båge (i, j) blir inkommande basbåge	4
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	4
Avgöra om ett givet MKF-flöde är optimalt eller inte (och motivera)	Är det givna tillåtna basflödet i minkostnadsflödesproblemet optimalt? Motivera med beräkningar!	2
Förstå om alternativa optimallösningar finns i ett MKF-problem, och i sådant fall hitta en sådan. (Förstå om det finns)	Betrakta den optimala lösningen i minkostnadsflödesproblemet nedan? Finns det alternativa optimala lösningar? Motivera!	4
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?	2
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.	2
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?	2
Känslighetsanalys MKF: Hitta nytt flöde och kostnadsskillnad om kapaciteten i en båge ändras (undre gräns minskar eller övre gräns ökar)	Antag att kapaciteten i båge (4,5) ökar med 2 enheter (dvs. övre gränsen ökar från 5 till 7). Vad blir då det nya flödet, samt det nya målfunktionsvärdet?	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	3

	tanke på att MKF-problem har heltalsegenskap?	

4.1.5 ILP, G-nivå

Kunskap	**Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen**	**Kurs-mål**
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
Avgöra (och visa) om ett icke-linjärt problem är konvext eller inte, utan knorrar	Är problemet konvext eller inte? Visa/motivera med beräkningar och därtill kopplade slutsatser!	5
Avgöra om en riktning är en Descent- eller Ascentriktning	Betrakta funktionen f(x)=…., och avgör om riktningen d=…. Ange och motivera om det är en ascentriktning descentriktning eller ingetdera.	4
Lösa ett icke-linjärt problem med Brantaste-Lutningsmetoden	Betrakta problemet min f(x)=…. Lös problemet med Brantaste Lutnings-metoden. Utgå från punkten (x, x)	4, 6
Lösa ett icke-linjärt problem med Newtons metod	Betrakta problemet min f(x)=…. Lös problemet med Newtons metod. Utgå från punkten (x, x)	4, 6
Teckna KKT-villkor (Problem på normalform)	Betrakta problemet xx: Ange KKT-villkoren för problemet.	5
Avgöra om en viss punkt uppfyller KKT-villkoren (Problem på normalform)	Avgör om punkten x=(…) uppfyller KKT-villkoren.	5
Lösa ett icke-linjärt problem med Frank-Wolfemetoden (Minimering)	Utgå från punkten x=(…) och genomför max 1 iteration med FW-metoden. Ange därefter i vilket intervall optimalt målfunktionsvärde ligger.	4, 6

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**	**Kurs-mål**
Anpassa existerande LP-modeller, med variabler och	Se gamla tentor	1

parametrar med fler än 2 index		
Hantera lagerbalansvillkor för produkter med två index (t.ex. produkttyp, tid)	I problemet saknas bivillkor som styr lagerbalansen. Formulera ett sådant villkor!	1

4.2.2 LP, B-nivå

Kunskap	**Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen**	**Kurs-mål**
Förstå vad basbyte innebär, matematiskt, i Simplextablå och grafiskt	Se gamla tentor	3
Hitta inkommande variabel (även när alternativa finns)i en Simplextablå	Se gamla tentor	4
Hitta utgående variabel (även när alternativa finns) i en Simplextablå	Se gamla tentor	4
Hitta en alternativ optimallösning i en simplextablå	Se gamla tentor	4
Identifiera om ett LP-problem har en degenererad lösning i en viss lösning i en simplextablå	Se gamla tentor	4
Kunna avgöra parametrar och relationer mellan dem för att ett visst "läge" skall vara i en Simplextablå	Se gamla tentor	4
Formulera och hitta en tillåten startbaslösning mha Simplex Fas1	Se gamla tentor	1
Tolka känslighetsanalys av ett LP-problem i två variabler, grafiskt	Se gamla tentor	1
Tillåten förändrad målfunktionskoefficient för en basvariabel, för att ha en oförändrad/förändrad optimallösning	Se gamla tentor	1
Bestämma nya värden vid ändrad resurstillgång (högerled) i en redan optimal Simplextablå, och tolka tablån	Se gamla tentor	1
Bestämma nya värden vid tillagd variabel i en redan optimal Simplextablå, samt ev. ta fram en ny optimaltablå	Se gamla tentor	1
Tolkning ändrad bivillkorskoefficient i LP-problem, tolka tablån, och ev. ta fram en ny optimaltablå	Se gamla tentor	1
Förstå optimalitetsvillkoren för	Se gamla tentor	3

LP		
Förstå och kunna använda komplementaritet för att lösa primal/duala formuleringar av LP-problem	Se gamla tentor	3
Förstå relationen mellan Giltiga olikheter och dualitet	Se gamla tentor	3

4.2.3 Nätverk, B-nivå

Kunskap	**Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen**	**Kurs-mål**
Lösa ett MST med enkla sidovillkor	Se gamla tentor	4, 6
Förstå och motivera möjliga och mest lämpade metoder (Bellmans ekv., Dijkstras, Fords) i givna nätverk (utan att lösa), inklusive relaterade teorifrågor	Se gamla tentor	3
Lösa ett BVP med Fords metod	Se gamla tentor	4, 6
Lösa ett BVP med Bellmans ekvationer	Se gamla tentor	4, 6
Lösa och tolka lösningen av ett Projektnätverk (AOA)	Se gamla tentor	2
Identifiera kritisk väg/kritisk linje, och förstå vad den innebär, i ett projektnätverk (AOA)	Se gamla tentor	2
Identifiera och motivera om ett basträd kan hittas eller inte i en given MKF-lösning	Se gamla tentor	2
Beräkna nodpriser i ett MKF-nätverk med unikt basträd, där riktningen på basbågarna är blandade och/eller där ett särskilt nodpris skall sättas på en viss nod	Se gamla tentor	4
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	4
Förstå om alternativa optimallösningar finns i ett MKF-problem, och i sådant fall hitta en sådan (Hitta en)	Betrakta den optimala lösningen i minkostnadsflödesproblemet nedan? Finns det alternativa optimala lösningar? Motivera!	4
Genomföra en iteration i MKF vid förändrad data på (eller ny, eller borttagen) båge	Se gamla tentor	4

Känslighetsanalys MKF: Kostnadskrav på en basbåge för att baslösningen skall vara oförändrad	Se gamla tentor	2
Känslighetsanalys i MKF: För vilka kostnadsändringar man skulle vilja ändra flödet på en basbåge	Se gamla tentor	2
Känslighetsanalys MKF: Hitta nya flödet i ett nätverk om en ny båge läggs till, med en viss kostnad.	Se gamla tentor	2
Känslighetsanalys MKF: Hitta nytt flöde om nodstyrkor ändras i ett par noder.	Se gamla tentor	2
Känslighetsanalys MKF: Totalkostnadsskillnaden i nätverket om kostnaden på en basbåge eller icke-basbåge ändras	Se gamla tentor	2
Kunna avgöra parametrar och relationer mellan dem för att ett visst "läge" skall vara i ett MKF-problem	Se gamla tentor	4
Koppling LP-dualitet och optimalitetsvillkor/reducerad kostnad för MKF-problem	Se gamla tentor	3
Förstå kopplingen mellan nätverksproblem, nodmatris och anslutningsmatris	Se gamla tentor	3
Förstå och redogöra för kopplingar mellan LP-modeller och Billigaste-väg-problem respektive Minkostnadsflödesproblem	Se gamla tentor	3

4.2.4 ILP, B-nivå

Kunskap	**Exempel på fråga som kan ställas relaterat kunskapen**	**Kurs-mål**
Avgöra (och visa) om ett icke-linjärt problem är konvext eller inte, med knorrar (som att ickekonvexa delar av funktionen eller av ett område skärs bort av andra villkor)	Se gamla tentor	5
Lösa ett icke-linjärt problem med Newtons modifierade metod	Se gamla tentor	4, 6
Teckna KKT-villkor (Även generella problem)	Betrakta problemet xx: Ange KKT-villkoren för problemet.	5

Avgöra om en viss punkt uppfyller KKT-villkoren (Även generella problem)	Avgör om punkten x=(…) uppfyller KKT-villkoren.	5
Dra slutsatser om en eller flera punkter beroende på om de uppfyller KKT-villkoren	Se gamla tentor	5
Lösa ett icke-linjärt problem med Frank-Wolfemetoden (Även maximering)	Utgå från punkten x=(…) och genomför max 1 iteration med FW-metoden. Ange därefter i vilket intervall optimalt målfunktionsvärde ligger.	4, 6