

Högskoleverkets kvalitetsutvärderingar 2011 – 2014

Självvärdering

Chalmers tekniska högskola

Huvudområde: Datateknik

Examen: Master, ingenjers- och teknikvetenskapliga området

Utvärderingsärende reg.nr: 643-01844-12



Innehåll

Innehåll.....	2
Introduktion.....	3
Computer Science – Algorithms, Languages and Logic (CS-ALL).....	4
Computer Systems and Networks (CSN).....	4
Anställningsbarhet för D-studenter.....	6
Del 1.....	7
Examensmål 1a.....	7
Delmål 1a A Brett kunnande inom huvudområdet för utbildningen.....	7
Delmål 1a B Väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av huvudområdet samt fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete.....	8
Examensmål 1b.....	10
Examensmål 2.....	11
Examensmål 3.....	12
Examensmål 4.....	14
Delmål 4 A Förmåga att muntligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa.....	14
Delmål 4 B Förmåga att skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa.....	14
Delmål 4 C Förmåga till dialog med olika grupper.....	15
Examensmål 5.....	16
Delmål 5 A Förmåga att inom huvudområdet göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga aspekter....	16
Delmål 5 B Förmåga att inom huvudområdet göra bedömningar med hänsyn till relevanta samhällsliga och etiska aspekter.....	16
Delmål 5 C Medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete.....	17
Avslutande slutsatser om målpuppfyllelse – del 1.....	18
Del 2.....	19
Lärarkompetens och lärarkapacitet.....	19
Antal helårsstudenter.....	19
Analys och slutsats.....	19
Del 3.....	20
Andra förhållanden.....	20
Om examensarbetet.....	20
Bilaga 1: Tabell över vanliga kurser.....	24
Bilaga 2: tabell - Lärarkompetens och lärarkapacitet.....	25

Introduktion

Vi lever i en oerhört spännande tid när datatekniken infiltrerar snart sagt varje del av samhället. Vi är alla användare av datatekniska produkter och tjänster och det är svårt att tänka sig vårt moderna samhälle utan mobiltelefoner, Internet och ABS-bromsar. För användare räcker det att tekniken fungerar (och ser bra ut) men i bakgrunden måste någon planera, utveckla, implementera och underhålla de ofta programvarubaserade systemen. Det är där som huvudfokus är för Datateknik-utbildningen nu och i framtiden. Samhället (inklusive industrin och akademien) behöver data-specialister som har koll på god kvalitet, hög produktivitet och låga kostnader.

Men en högre utbildning är så mycket mer än så - personlig utveckling, nyfikenhet och nya idéer är också viktiga delar. Många av våra alumni jobbar inte bara med det de lärt sig på Chalmers men en sund bakgrund i teori och problemlösning räcker långt inom nästan alla områden. Många går vidare till forskning och utveckling och de nämner ofta inspiration från avancerade kurser i utbildningen.

Slutligen finns också övergripande utmaningar för mänskligheten i stort som delproblem inom den globala omställningen till en hållbar utveckling. Tsunamivarningar, klimatsimuleringar och smart energiförsörjning är bara några exempel. Här finns det mycket att göra med datateknik som verktyg och därmed passar utbildningen i datateknik väl in i visionen "Chalmers - för en hållbar framtid".

Utbildningen ger studenterna flera nya språk för att formulera sina tankar och strukturera olika lösningar. Det matematiska språket, flera olika språk för algoritm- och systemdesign samt en förståelse för datatekniken begränsningar och möjligheter. Inom masterutbildningen specialiserar sig studenterna tillsammans med andra svenska och utländska studenter som delar deras ämnesmässiga intressen. Utbildningen har stor valfrihet, vilket förstärker möjligheten att individualisera sin examen.

Huvudområdet Datateknik på Chalmers innefattar civilingenjörsexamen, masterexamen, kandidatexamen och högskoleingenjörsexamen. Denna självvärdering handlar om masterexamen, men eftersom drygt hälften (56 %) av de examinerade också tog ut kandidatexamen inom ämnet (på Chalmers) hänvisar vi ibland till kurser som huvudsakligen tas på kandidatnivå. Termen Datateknik (D) används i detta dokument som motsvarande det breda begreppet Computer Science and Engineering (CSE). Masterstudenterna inom D på Chalmers går idag på två masterprogram med både nationell och internationell rekrytering:

- Computer Science — Algorithms, Languages and Logic (CS-ALL): 70 % lokala, 30 % internationella studenter
- Computer Systems and Networks (CSN): 30 % lokala, 70 % internationella

Under perioden 2007–2012 fanns även ett tredje program, "Secure and Dependable Computer Systems" (SDCS), som överlappade ämnesmässigt med båda dessa och vars kurser tagits över av de nuvarande programmen vid Chalmers omstrukturering av masterprogrammen. Samtidigt bytte också CSN-programmet namn från "Networks and Distributed Systems (NDS)". Under utvärderingsläsåret (2011–2012) tog 54 studenter masterexamen inom D-området varav 24 inom CS-ALL, 23 inom CSN och 7 inom SDCS (Källa¹).

Båda dessa program har en stor andel av sina kurser valfria (med vissa begränsningar). Valfriheten gör det möjligt för studenter inom D-området att sätta en personlig prägel på sin examen. Detta är bra för individens motivation och för att hålla examen aktuell men också för att uppfylla examensordningens tionde mål: "visa förmåga att identifiera sitt behov av ytterligare kunskap och att fortlöpande utveckla sin kompetens". I alumnenkäten ger studenterna själva betyg 9 av 10 möjliga på just detta mål (mer än Chalmers i övrigt).

¹ <http://document.chalmers.se/doc/931103290>

Utbildningen i Datateknik genomförs till 90 % inom institutionen för Data- och informationsteknik som är gemensam för Chalmers och Göteborgs universitet. Vi börjar med en översikt över de två programmen innan vi går in på hur studenterna uppfyller examensordningens mål.

Computer Science – Algorithms, Languages and Logic (CS-ALL)

Målet med CS-ALL är att ge en bred grund i datavetenskap som forskningsämne inom fyra huvudspår:

- *Algoritmer*, inklusive artificiell intelligens, maskininlärning och optimering,
- *Logik*, inklusive tillämpningar i verifiering av programvara och hårdvara,
- *Programspråk*, med underliggande principer, implementationstekniker och avancerade programmeringstekniker,
- *Datasäkerhet*, inklusive kryptografi och språkbaserad säkerhet.

Programmet består av 12 kurser á 7,5 hp och ett examensarbete på 30 hp. Av dessa 12 kurser är 3 obligatoriska, 5 ett val bland ca 10 profilkurser och 4 helt valfria. Studenterna måste ta tre obligatoriska kurser: “Algorithms”, “Logic in Computer Science” och “Programming Language Technology” och minst fem profilkurser. Alla dessa kurser är också valbara för andra studenter och vi anger nedan inom parentes andelen av hela D-gruppen (CS-ALL + CSN) som har den kursen i sin masterexamen. I vissa fall läses kursen av många lokala studenter redan på kandidatnivå – då anger vi både total andel samt fördelningen på kandidat och master. Ett exempel är masterkursen i Algoritmer där (66 % = 45 % BSc + 21 % MSc) betyder att även om bara 21 % av de examinerade masterstudenterna tog den inom sitt masterprogram så hade totalt 66 % tagit kursen inom sin utbildning. Notera att procenttalen handlar om andelen av *hela* studentgruppen inom D-området, inte bara den grupp som läste ett visst masterprogram.

För hela spåret anger vi summan av MSc-andelarna så att exempelvis Algoritmspåret 98 % innebär att D-studenterna i snitt tar en kurs från det spåret. Men eftersom studenterna är nästan jämnt fördelade mellan de två masterprogrammen kan man något förenklat tolka exempelvis Logik-spårets 106 % som att halva studentgruppen tog två kurser från det spåret och halva gruppen nästan inga. Det tydligaste undantaget är Datasäkerhet som är gemensamt mellan de två programmen och därför innebär dess 192 % i praktiken att hela studentgruppen (både CSN och CS-ALL-studenter) tog två kurser inom spåret.

- **Algoritmer (98 %):** Algorithms (66 % = 45 % BSc + 21 % MSc), Advanced Algorithms (29 %), Algorithms for Machine Learning and Inference (21 %), Artificial Intelligence (40 % = 24 % BSc + 16 % MSc), Discrete Optimization (11 %)
- **Logik och verifiering (106 %):** Logic in Computer Science (51 %), Software Engineering using Formal Methods (25 %), Models of Computation (14 %), Types for Programs and Proofs (12 %), Hardware Description and Verification (4 %)
- **Programspråk (95 %):** Programming Language Technology (68 % = 41 % BSc+27 % MSc), Programming paradigms (44 % = 25 % BSc + 19 % MSc), Functional programming (74 % = 56 % BSc+ 18 % MSc), Compiler Construction (29 % = 12 % BSc + 17 % MSc), Advanced Functional Programming (15 % = 7 % BSc + 8 % MSc), Frontiers of Programming Language Technology (6 %)
- **Datasäkerhet (192 %):** Computer Security (62 %), Network Security (56 %), Cryptography (40 %), Programming Language Based Security (34 %)

Computer Systems and Networks (CSN)

Datorsystem och datornätverk blir mer och mer komplexa och det är en utmaning att förstå och analysera datorsystemens beteende, även för vältränade experter. CSN-programmets mål är att ge

studenterna en gedigen förståelse för datorsystem och datornätverk genom att ge dem både bredd och djup inom detta viktiga område.

CSN-programmet erbjuder studenterna en masterexamen i Datateknik. Det ger studenterna möjlighet att kombinera akademisk träning med ingenjörsvetenskaplig erfarenhet. För att få en examen från detta program måste studenterna demonstrera teoretiska kunskaper och ingenjörsmässiga förmågor i datorsystem och distribuerade nätverk. Programplanen för CSN leder studenterna genom ämnen som parallellism, pålitlighet, feltolerans och säkerhet i distribuerade system; operativsystem; realtids- och inbyggda system. Ortogonalt mot detta kan studenterna öva på tillämpningar inom Chalmers styrkeområden som Samhällsbyggnad (sensornätverk, inbyggda system), Energi (smart grids, energi-optimering), Produktion (realtidssystem), Transport (smarta bilar), och IKT (säkerhet, parallellism).

Studenter som får en examen från CSN skall (för olika tillämpningar som de ovan) kunna 1) designa ett system baserat på nya och existerande komponenter (systemteknik), 2) Förstå interaktionen mellan hårdvara och mjukvara på låg nivå (datorarkitektur), 3) ha förmågan att utveckla systemet (programvaruteknik), och 4) analysera prestanda och begränsningar i det designade systemet (distribuerade system).

Programmets holistiska upplägg ger alumni ett vitt spektrum av industri-relaterade tekniska förmågor istället för att koncentrera sig på bara en aspekt. Speciellt CSN-programmets projektrelaterade och avancerade kurser ger studenterna en praktisk och aktuell erfarenhet som behövs i de stora IT-företagen som utvecklar datorsystem och nätverk.

I likhet med CS-ALL består programmet av 12 kurser á 7,5 hp och ett examensarbete på 30 hp. Av dessa 12 kurser är 4 helt obligatoriska, 4 ett val bland 6 profilkurser och 4 helt valfria. De fyra obligatoriska kurserna är "Fault-tolerant computer systems", "Computer networks", "Operativsystem" (som många studenter läst på kandidatnivån), samt i andra året "Advanced topics in CSN" för att knyta samman de olika spåren och förbereda för examensarbetet. Profilkurserna finns inom följande spår, där det första är gemensamt med CS-ALL:

- **Datasäkerhet (192 %):** Computer Security (62 %), Network Security (56 %), Cryptography (40 %), Programming Language Based Security (34 %). Vikten av säkerhetstänkande ökar inom design och utveckling av system. Systemarkitekter och designers behöver kunskaper om säkerhet, så att system de designar inte faller offer för attacker. Programutvecklare och ingenjörer behöver verktyg för att implementera säker programvara. Säkerhets- och nätverksspecialister måste ha djupa kunskaper om principer och praktisk förmåga att säkra systemen de är ansvariga för. I detta spår² drar studenterna nytta av forskargruppens starka kopplingar till både akademi och industri. Exempel: "Open Web Application Security Project (OWASP)", "Security Arena" på Lindholmen Science Park och "Urban Safety and Societal Security Research Center, URBSEC" samt världsledande forskning inom flera EU-projekt (Crisalis, WebSand, SysSec).
- **Parallella och distribuerade system (113%):** Distributed systems (53 %), Distributed systems, advanced course (28 %), Parallel and distributed real-time systems (18 %), Parallel Functional Programming (ny), Concurrent programming (77 % = 68 % BSc + 9 % MSc), Parallel Computer Organization and Design (5 %). Datorutvecklingen har nått gränsen för sekvensiell hastighet och sedan ett par år tillbaka är det genom parallellism vi kan hantera växande beräkningsbehov. I detta spår lär sig studenterna de färdigheter som behövs för att hantera de senaste problemlösnings-teknikerna och de storskaliga beräkningar som behövs för framsteg inom algoritmer, system och programmering. Lärarkollegiet har starka kopplingar till flera lokala företag (bl.a. Ericsson och Nema Labs) och flera stora forskningsanslag (både nationellt och från EU).
- **Nätverk och kommunikation (120 %):** Internet technology (47 %), Wireless networks (39 %), Router och switchteknik (18 %), Multimedia and video communications (16 %). I detta spår lär

sig studenterna analysera och utforma kommunikationsprotokoll, algoritmer, programvara och hårdvara som lämpar sig för datornätverk och kommunikation.

- **Datorsystemteknik (99 %):** Fault-tolerant computer systems (43 %), Real time systems (39 %), Computer architecture (12 %), Parallel Computer Organization and Design (5 %). I detta spår lär sig studenterna utforma system av program- och hårdvara: tekniker för att kontrollera datorsystem med strikta tidskrav; separation och moduluppdelning med virtuellt minne och trådar; atomicitet och koordination av parallella transaktioner; återstart och pålitlighet.
- **Programmering av datorsystem (54 %):** Unix internals (22 %), Databaser (78 % = 61 % BSc + 17% MSc), Computer Graphics (37 % = 29 % BSc + 8 % MSc), Operativsystem (27 % = 20 % BSc + 7 % MSc). Detta spår handlar om design och programvaruutveckling för datorsystem som styr och kontrollerar datorns hårdvara och som erbjuder en plattform för att köra applikationsprogram.

Anställningsbarhet för D-studenter

Enligt 2012 års upplaga av Chalmers alumnenkät, som vände sig till studenter med examen från D år 2009, hade hela 75 % av de svarande fått ett första arbete som var relevant med avseende på utbildningen redan före examen. Ytterligare 17 % hade fått relevant jobb inom ett halvår efter examen. Även om "anställningsbarhet" inte explicit är med bland målen för masterexamen är det ändå ett mycket konkret mått på övergripande måluppfyllelse att D-områdets studenter är så eftertraktade på arbetsmarknaden. Drygt 10 % av studenterna går vidare till doktorandstudier både lokalt, nationellt och internationellt. D-alumni har efter tre år lön mellan 30 och 40 kkr och de är genomgående nöjda med sin utbildning (alla som svarat ger betyg 7–10 av 10 möjliga och medianen är 8).

En genomgående princip för väldigt många av D-områdets kurser är en iterativ process av inlämning och återkoppling. Ofta är det i form av laborationer där studenterna löser en uppgift och lämnar in programkod i någon form, får återkoppling och sedan lämnar in förbättringar tills de blir godkända. Och även mellan inlämningarna finns det oftast en snabbare cykel av automatisk återkoppling från kompilatorer eller testramverk som också främjar lärandet. Eller som Piet Hein formulerar det:

*THE ROAD TO WISDOM?
Well, it's plain
and simple to express.
Err
and err
and err again,
but less
and less
and less.
– Piet Hein, Grooks, MIT Press, 1966.*

Del 1

Examensmål 1a

Kunskap och förståelse:

För masterexamen ska studenten visa kunskap och förståelse inom huvudområdet för utbildningen, inbegripet såväl brett kunnande inom området som väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av området samt fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete

För att uppfylla examensmål 1a skall studenterna visa den kunskap och förståelse som krävs för masterexamen i datateknik, dvs. enligt den nedbrytning bedömargruppen gjort i delmål visa: 1a A brett kunnande inom huvudområdet för utbildningen; 1a B väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av huvudområdet samt fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete.

Delmål 1a A Brett kunnande inom huvudområdet för utbildningen

Även om vi inte kan hävda att vi täcker hela det datatekniska området så har vi ett mycket brett spektrum inom Chalmers utbildning. Examinationskraven i de obligatoriska kurserna garanterar att varje student får en grund att stå på och de många valfria kurserna ger studenterna både bredd och djup inom de ämnen där institutionen har specialkompetens och stark forskning (se nedan).

Computer Science – Algorithms, Languages and Logic (CS-ALL)

Målet med CS-ALL är att ge en bred grund i datavetenskap som forskningsämne inom fyra huvudspår: **Algoritmer, Logik och verifiering, Programspråk** samt **Datasäkerhet**. Studenterna måste ta tre obligatoriska kurser: “Algorithms”, “Logic in Computer Science” och “Programming Language Technology” och minst fem profilkurser. Spåret Datasäkerhet är gemensamt med CSN-programmet. Kurserna som bildar progressionen inom spåren listas nedan med andelen studenter som läser dem.

- **Algoritmer:** Algorithms (66 %), Artificial Intelligence (40 %), Advanced Algorithms (29 %), Algorithms for Machine Learning and Inference (21 %), Discrete Optimization (11 %). Inom detta spår finns forskningskoppling till såväl Bioinformatik som Business Intelligence (“big data”), företagskontakter med bl.a. Recorded Future och Jeppesen.
- **Logik och verifiering:** Logic in Computer Science (51 %), Software Engineering using Formal Methods (25 %), Models of Computation (14 %), Types for Programs and Proofs (12 %), Hardware Description and Verification (4 %). I bakgrunden finns mycket framgångsrik forskning inom formella metoder, programmeringslogik, typteori och testning. Exempel: EU-projekten [ForMath](#) (Thierry Coquand), och [ProTest](#) (John Hughes) samt [KeY-projektet](#) (Wolfgang Ahrendt).
- **Programspråk:** Functional programming (74 %), Programming Language Technology (68 %), Programming paradigms (44 %), Compiler Construction (29 %), Advanced Functional Programming (15 %), Frontiers of Programming Language Technology (6 %). Här får studenterna kontakt med en världsledande forskningsmiljö inom programspråk, funktionell programmering och språkteknologi. Industrirelevanta gemensamma projekt finns med Ericsson, Quviq och Statens Provningsanstalt. Exempel: EU-projekten [MOLTO – Multi-lingual Online Translation](#) (Aarne Ranta), [PROWESS - PROperty-based testing for Web Services](#) (John Hughes), [GSDP - Global Systems Dynamics and Policy](#) (Patrik Jansson).
- **Datasäkerhet:** Computer Security (62 %), Network Security (56 %), Cryptography (40 %), Programming Language Based Security (34 %). I detta spår² drar studenterna nytta av

forskargruppens starka kopplingar till både akademi och industri. Exempel: “Open Web Application Security Project (OWASP)”, “Security Arena” på Lindholmen Science Park och “Urban Safety and Societal Security Research Center, URBSEC” samt världsledande forskning inom flera EU-projekt (Crisalis, WebSand, SysSec).

Computer Systems and Networks (CSN)

CSN-programmets mål är att ge studenterna en gedigen förståelse för datorsystem och datornätverk genom att ge dem både bredd och djup inom detta viktiga område. Studenter som får en examen från CSN skall kunna (1) designa ett system baserat på nya och existerande komponenter (systemteknik), (2) Förstå interaktionen mellan hårdvara och mjukvara på låg nivå (datorarkitektur), (3) ha förmågan att utveckla systemet (programvaruteknik), och (4) analysera prestanda och begränsningar i det designade systemet (distribuerade system).

Programmets fyra obligatoriska kurser är “Fault-tolerant computer systems”, “Computer networks”, “Operativsystem” (som många studenter läst på kandidatnivån), samt i andra året “Advanced topics in CSN” för att knyta samman de olika spåren och förbereda för examensarbetet. Profilkurserna finns inom följande spår, där det första (Datasäkerhet, gemensamt med CS-ALL) beskrevs ovan:

- **Parallella och distribuerade system:** Concurrent programming (77 %), Distributed systems (53 %), Distributed systems, advanced course (28 %), Parallel and distributed real-time systems (18 %), Parallel Functional Programming (ny), Parallel Computer Organization and Design (5 %). I detta spår lär sig studenterna de färdigheter som behövs för att hantera de senaste problemlösningsteknikerna och de storskaliga beräkningar som behövs för framsteg inom algoritmer, system och programmering. Lärarkollegiet har starka kopplingar till flera lokala företag (bl.a. Ericsson och Nema Labs) och flera stora forskningsanslag (både nationellt och från EU).
- **Nätverk och kommunikation:** Internet technology (47 %), Wireless networks (39 %), Router och switchteknik (18 %), Multimedia and video communications (16 %). I detta spår lär sig studenterna analysera och utforma kommunikationsprotokoll, algoritmer, programvara och hårdvara som lämpar sig för datornätverk och kommunikation.
- **Datorsystemteknik:** Fault-tolerant computer systems (43 %), Real time systems (39 %), Computer architecture (12 %), Parallel Computer Organization and Design (5 %). I detta spår lär sig studenterna utforma system av program- och hårdvara: tekniker för att kontrollera datorsystem med strikta tidskrav; separation och moduluppdelning med virtuellt minne och trådar; atomicitet och koordination av parallella transaktioner; återstart och pålitlighet.
- **Programmering av datorsystem:** Databaser (78 %), Computer Graphics (37 %), Operativsystem (27 %), Unix internals (22 %). Detta spår handlar om design och programvaruutveckling för datorsystem som styr och kontrollerar datorns hårdvara och som erbjuder en plattform för att köra applikationsprogram.

Delmål 1a B Väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av huvudområdet samt fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete

Nästan alla lärare är aktiva forskare och flera är ledande experter i sina områden. D&IT-institutionen är välkänd för sin forskning inom funktionell programmering, testning, kombinatorik, språkbaserad säkerhet, typteori, datorstödd teorembevisning, språkteknologi, algoritmer för nätverksanalys, datorarkitektur mm. Några exempel på stora anslag som nyligen har beviljats: John Hughes inom funktionell programmering och testning, Per Stenström inom datorarkitektur och parallellisering, Thierry Coquand inom typteori och David Sands inom datasäkerhet och programspråk.

Forskningsanknytningen håller programmet i synk med den pågående utvecklingen av datateknik-ämnet och är en bas för ständig förnyelse. Aktuella forskningsämnen förkommer i en del av de avancerade kurserna som exempelvis:

- Types for programs and proofs: Ett av examinationsmomenten är att muntligt presentera antingen en klassisk forskningsartikel, en mer nutida forskningsartikel eller ett av de mer avancerade kapitlen i [kursboken](#). Exempel på artiklar som presenterats är klassikerna J. Reynolds, [Towards a theory of type structure](#), P. Landin, [On the Mechanical evaluation of Expressions](#) och A. Sabelfeld² and A. Myers, [Language-Based Information-Flow Security](#).
- Inom säkerhetsspåret finns A. Sabelfelds kurs "[Language-based security](#)" som kombinerar praktik med aktuellt forskningsmaterial och T. Olovssons kurs "[Network Security](#)" som innehåller flera forskningsartiklar i sin kurslitteratur (exempelvis "[The Final Nail in WEP's Coffin](#)").
- Frontiers of programming language technology: Den här kursen har som mål att ge studenterna insikt i historisk, nutida och framtida programspråksteknik och innehåller en introduktion till den senaste forskningen inom området, inklusive forskning som genomförs på Chalmers och GU. Vi återkommer till den här kursen under examensmål 2 och 4.
- Advanced functional programming: Varje år ingår det ett par gästföreläsningar inom aktuell forskning och det innebär att kursens innehåll varierar lite från år till år. Under 2012 var gästföreläsningarna om det domänspecifika språket "Feldspar" (för digital signalbehandling) som utvecklas i samarbete med Ericsson och om språket "Agda" (för bevis och program med starka invarianter) som utvecklas av programmeringslogikgruppen på Chalmers och GU. Studenternas betyg baseras till 60 % på programmeringsprojekt som anknyter till aktuell F&U.
- En ny kurs "Parallel Functional Programming" har utvecklats och getts första gången 2012 (av John Hughes och Mary Sheeran). Den bygger på Chalmers mycket starka bakgrund inom funktionell programmering och motiveras av den "parallella revolutionen" inom datatekniken. Kursen bygger på aktuell forskning och beprövad erfarenhet inom området och har till stor del vetenskapliga artiklar som källmaterial.
- I samarbetet med en känd gästforskare har kursen "Algorithms for Machine Learning and Inference" blivit grundligt omgjord under 2012 så att studenterna nu får lära sig om de senaste metoder som används i praktiken för dataanalys och klassificering (t ex Support Vector Machines och Probabilistic Graphical Models).

CSN-programmets lärare innehåller världsledande forskare och kurserna är väl mottagna av studenterna (kursutvärderingarna ger höga betyg). CSN-studenterna introduceras till aktuell forskning i den obligatoriska seminariekursen Advanced topics in networks and distributed systems. Här får studenterna förbereda sig för masterexamensarbetet.

Chalmers styrkeområden har under 2011/2012 tilldelat CSN-programmet utvecklingsmedel för två nya valfria kurser under rubriken "Masterclass – Areas of Advance". Den ena utvecklades i samarbete med Chalmers styrkeområde Transport och heter "Autonomous and Cooperative Vehicular Systems". Den andra utvecklas i samarbete med styrkeområdet Energi och heter "ICT Support for Adaptiveness and Security in the Smart Grid". Den gemensamma idén är forskningsnära handledning i en blandad grupp med studenter från mer än ett huvudområde och lärare från mer än en forskargrupp. Examination är dels i form av obligatoriska seminarier och projektrapporter.

² Andrei Sabelfeld är forskare och lärare inom Datasäkerhetsspåret på Chalmers. Artikeln har citerats 1193 gånger sedan den publicerades 2003.

Examensmål 1b

Kunskap och förståelse:

För masterexamen ska studenten visa fördjupad metodkunskap inom huvudområdet för utbildningen

Nästan alla kurser inom D-området låter studenterna fördjupa sina metodkunskaper inom huvudområdet och vart och ett av de åtta spåren innehåller progression mellan kurser (en riktad acyklisk graf av förkunskapskrav). Eftersom vi redan under Examensmål 1a gått igenom detta fokuserar vi här istället på den mer matematiska metodkunskapen. Matematiska metoder är en viktig del av D-utbildningen och ingår i nästan alla kurser. Vi fokuserar på noggrann modellering, analys och problemlösning; exempelvis är uppgifter och tentamensfrågor i de algoritmiska kurserna huvudsakligen baserade på matematisk problemlösning. Andra exempel:

- Krypto-kursen illustrerar att talteori (som bara varit en intellektuell lek under århundraden) har ett mycket praktiskt värde som teoribas för kryptografiska metoder. Studenterna förväntas beskriva och analysera dessa talteoretiskt grundade metoder.
- Kursplanen för "[Types for Programs and Proofs](#)" säger bland annat "Examples will be given which illustrate the unity of mathematics and programming in this theory" och studenternas inlämningsuppgifter och presentationer visar att de lär sig både hur man gör funktionell programmering i ett språk med beroende typer och hur man matematiskt bevisar egenskaper hos språkets operationella semantik.
- I kurserna inom funktionell programmering lär studenterna sig metoder och språkkonstruktioner som hjälper dem att snabbt konstruera korrekta program. Den matematiska bakgrunden är diskret matematik, logik, domänteori, kategoriteori och typteori. Studenterna lär sig använda teoretiska begrepp som högre ordningens funktioner, funktorer och monader för att specificera, strukturera och implementera domänspecifika språk.
- Laborationerna i Programming Language Technology och "Compiler Construction" innebär att studenterna får djup metodkunskap om implementation av programspråk och erfarenheter av kopplingen mellan teori och praktik.
- Kursen i språkbaserad säkerhet lägger särskild vikt på användningen av formella och semantiska metoder för att modellera programs säkerhetsegenskaper.
- Inom feltoleranta system och realtidssystem lär sig studenterna bl.a. om köteori, stokastiska processer och statistik.

Examensmål 2

Färdighet och förmåga:

För masterexamen ska studenten visa förmåga att kritiskt och systematiskt integrera kunskap och att analysera, bedöma och hantera komplexa företeelser, frågeställningar och situationer även med begränsad information

Detta mål övar studenterna som mest på under sitt examensarbete som vi beskriver i detalj i Del 3. Här nedan tar vi upp andra kurser som också bidrar till målet.

Kursen “Algorithms for Machine Learning and Inference” handlar om att automatiskt förutsäga händelser och att klassificera komplexa objekt eller situationer baserat på ett underlag av data. För att utveckla (eller bara välja ut och använda) en meningsfull metod för ett problem av den här typen måste studenten kritiskt reflektera över vilka antaganden som används för modellen.

I algoritmkurser lär sig studenterna om olika paradigmer (exempelvis exakta eller approximativa lösningar, generella eller specialiserade algoritmer). Studenterna lär sig att hitta en kompromiss mellan generella lösningsmetoder å ena sidan och lösningens träffsäkerhet å andra sidan. Man måste välja en lämplig lösningsmetod för det aktuella problemet. Detta kräver en hel del kritisk och systematisk kunskapsintegration.

Kursprojekten i “Artificial Intelligence” integrerar flera olika områden: språkbehandling, maskininläring, sannolikhetslära och grafteori, planering och optimering.

Inom kursen Programming Language Technology (PLT) har den första laborationen lite av “hitta vägen i djungeln”-karaktär med en komplex och verklighetsnära implementationsuppgift. Vi återkommer till den kursen under Examensmål 3 (sid 12).

Några av målen med kursen “Frontiers of Programming Language Technology” är att “kritiskt utvärdera nya programspråk och verktyg, effektivt tillgodogöra sig och sammanfatta avancerade forskningsresultat”, samt “göra medvetna val om utformning och användning av avancerad program-språksteknologi”.

Kursen “Language-Based Security” nämner bland sina mål “apply practical knowledge of security for modern programming languages. This includes the ability to identify application- and language-level security threats, design and argue for application- and language-level security policies, and design and argue for the security, clarity, usability, and efficiency of solutions, as well as implement such solutions in expressive programming languages.” Programmeringsuppgifterna (data-race, överfulla buffrar, SQL-injektion och “cross-site scripting”) är handfasta och involverar attacker på och försvar av verkliga system. Övningarna är i form av webb-utmaningar. En stor del av kursen är projektarbete så att studenterna tränas på att genomföra självständiga undersökningar, ibland utan något enkelt svar.

I kursen “Parallel Functional Programming” ingår det att “1. Identifiera när det är lämpligt att använda ett funktionellt språk för att lösa ett parallellt programmeringsproblem. 2. Välja en lämplig form av parallell funktionell programmering för ett givet problem och förklara valet.”

Examensmål 3

Färdighet och förmåga:

För masterexamen ska studenten visa förmåga att kritiskt, självständigt och kreativt identifiera och formulera frågeställningar, att planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna tidsramar och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen samt att utvärdera detta arbete

Planering och självständig problemlösning övas i examensarbetet (de flesta i samarbete med industrin), i kursprojekt och i komplexa labuppgifter i exempelvis “Programming Language Technology (PLT)”, “Artificial Intelligence” och “Language-based Security”.

Att genomföra kvalificerade uppgifter inom givna tidsramar övas genom hela utbildningen dels i form av skriftlig tentamen (en kvalificerad uppgift som måste bli klar på fyra timmar!) och dels i form av återkommande deadlines för inlämningar. I examensarbetskursen ingår också tidsplanering i kursplanen:

“Studenterna skall skriva en planeringsrapport som skall precisera problembeskrivningen/uppgiften. Planeringsrapporten skall innehålla bakgrund, syfte, mål, avgränsningar, metod och tidsplan för examensarbetets genomförande. Planeringsrapporten lämnas till examinator för godkännande.”

Ett exempel på studenters bidrag till kunskapsutvecklingen är Aarne Rantas föreläsningssanteckningar i PLT som har utvecklats under många år och har nu konverterats till en lärobok: [Implementing Programming Languages](#). Flera utkast har lästs och kommenterats av D-studenter och värdefulla förslag och idéer från studenterna har inkorporerats i den färdiga boken.

Många studenter har i sina examensarbeten använt sina kunskaper inom programspråk genom att utforma och implementera nya domän-specifika språk på uppdrag av företag eller forskargrupper. Prof. Aarne Ranta har examinerat minst fem sådana projekt de senaste åren och han anser att våra studenter allmänt anses ha goda kunskaper i implementation av programspråk. Många, men inte alla, dessa studenter tog också “Compiler Construction” för att ytterligare utveckla sina kunskaper och förmågor.

I både den första algoritmkursen och i fortsättningskursen lär sig studenterna från föreläsningar, övningar och inlämningsuppgifter:

- hur man känner igen och formaliserar beräkningsproblem,
- hur man motiverar modelleringsbeslut (vad kan abstraheras bort och vad ingår i problemets kärna),
- hur man analyserar problemets struktur och hittar en algoritmisk metod,
- hur man omvandlar detta till en fullt specificerad algoritm och bevisar dess korrekthet,
- hur man analyserar dess effektivitet och ev. förbättrar den (ofta genom att undvika omräkning),
- hur man hittar alternativa metoder med andra föredelar och
- (om det behövs) hur man upprepar den här utvecklingsprocessen.

Det här är “lösningssmallen” för nästan alla problem som dessa kurser tar upp. Det finns inlämningsuppgifter som behandlar flera faser i den här mallen, fast ingen enskild uppgift täcker i sig alla faserna.

På det här sättet lär sig studenterna gemensamma designprinciper som kan används på många liknande problem som kan dyka upp i praktiken. Begreppet “reduktion” (av ett problem till ett annat)

formaliserar intuitionen att vissa problem är närbesläktade på så sätt att de alla kan lösas så snart en algoritm för ett av problemen är känd. Ett talande exempel är algoritmer för nätverksflöden som löser problem inom exempelvis transport, planering, schemaläggning, bildbehandling och informationsutvinning (data mining) trots att dessa problem inte uppenbart är närbesläktade med nätverksflöden. Genom återkommande träning bygger studenterna upp sin intuition och lär sig se sådana samband. Examinationen visar att förmågan att lösa komplexa problem mognar.

Studenterna har också möjligheten att ta en projektkurs och arbeta med ett fritt valt ämne (ett av en handledare). I väldigt lyckade fall kan det till och med leda till vetenskaplig publicering. Ett imponerande sådant exempel är följande artikel som skrevs när författaren var student på CS-ALL-programmet 2010. Han löste ett öppet problem inom ett par veckor:

Bassel Manna. Cluster editing problem for points on the real line: A polynomial time algorithm. *Information Processing Letters* 110 (21), 961–965 (2010).

Några av de bästa studenterna varje år har kapacitet att prestera på den här nivån, men publicering beror också på tur till viss del (rätt problem och rätt idé vid rätt tidpunkt).

“Programming Language Technology” och “Compiler Construction” lär studenterna hela vägen från ett programspråks syntaktiska struktur via parsning, typs-system, transformationer och översättning till exekverbar kod. Där ingår också resursoptimering och utökningar av språk.

Inom examensarbetskursen examinerars detta examensmål: krav på referenser och bakgrund gör att studenterna måste tänka kritiskt och självständigt. Design-avsnitten visar kreativitet i lösningen av specifika problem inom projektet och metodbeskrivningen visar att de kan välja adekvata metoder. Analysdelen visar hur de kan utvärdera sina egna metoder och jämföra dem med existerande lösningar. Som vi redan nämnt finns det också krav på tidsplanering – dels i en planeringsrapport och dels för att hela projektet skall avslutas inom 5-6 månader.

Andra exempel på avancerade uppgifter med tidskrav är kurs-projekt som i “Parallel and distributed real-time systems”, “Masterclass in Areas of advance” och “Distributed systems, advanced course”.

Examensmål 4

Färdighet och förmåga:

För masterexamen ska studenten visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt och skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa i dialog med olika grupper

Chalmers har en mycket god internationell miljö med masterutbildning helt på engelska. Både lärargruppen och studentgruppen är blandad och vi har en levande akademisk miljö med gästforskare, utbytesstudenter och gästföreläsare från industrin. Detta medför att studenterna övar på en hel del informell kommunikation och dialog med olika grupper även utanför undervisningen. Viktigt att notera är också att kommunikationen under utbildningen inte bara handlar om engelska i vanlig mening utan det finns också mycket att lära sig inom teknisk terminologi, jargong, presentations-teknik, kroppsspråk och kulturell kontext. En roll som masterutbildningen har är att ”socialisera in” studenterna i rollen som akademisk eller teknisk specialist i ett nationellt och internationellt sammanhang.

Studenternas exjobbssrapporter, kunskaper, argument och slutsatser utvärderas genom en noggrann process som involverar flera lärare, studenter och ofta också industrirepresentanter. Utvärderingsprocessen av rapporterna och presentationerna omfattar en preliminär bedömning av projekthandledaren (en lärare) och minst två opponenter (studenter) innan den slutliga utvärderingen görs av examinator (minst en lärare). En majoritet av projekten genomförs i industri och i dessa fall finns normalt även en industriell utvärderingsprocess.

Delmål 4 A Förmåga att muntligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa

Studenterna måste dra slutsatser från tekniska resultat och presentera dem i sina examensarbetsprojekt, både muntligt och skriftligt. Mer detaljer om examensarbetet återfinns i Del 3 (sid 20). Många andra kurser har också inlämningsuppgifter, projektuppgifter eller diskussionsövningar.

Kursen ”Programming Language Technology” uppmantrar (genom bonuspoäng) muntliga presentationer av lösningar på övningar.

I kursen “Types for programs and proofs” ingår muntliga presentationer i par där studenterna presenterar forskningsartiklar eller bokkapitel. På så sätt får studenterna både lära sig ämnets vetenskapliga grund och öva på muntlig framställning.

I exempelvis “Frontiers of programming language technology” ingår det i målen att studenterna “ger effektiva och tydliga presentationer av mycket teknisk programspråksforskning” och det examineras i form av en seminarieserie på kvartsfart under läsåret där studenterna presenterar forskningsartiklar muntligt med efterföljande diskussion.

Delmål 4 B Förmåga att skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa

Skriftlig kommunikation är oerhört centralt i D-programmet, men majoriteten av den kommunikationen är inte med andra människor utan med datorsystem. Övningen på att skriva ekvationer, algoritmer, och programkod i olika formella språk börjar dag ett på D-programmet. Den snabba återkopplingen från matematisk programvara, kompilatorer, simulatorer och testramverk i

kombination med handledning, övningar och föreläsningar gör att D-studenterna snabbt blir oerhört flinka på att uttrycka sina önskningar exakt och att mycket precist identifiera de delar som behöver lösas för att komma vidare. Steget härifrån till naturligt språk, slutsatser och underliggande argument är inte så långt som man kan tro, i varje fall inte i tekniska rapporter. Förutom att de är läsbara för datorer utgör program och specifikationer utgör också en viktig del av kommunikationen med andra ingenjörer och forskare. En intressant detalj är också att D-programmets lärarkollegium innehåller en stor och välkänd grupp inom språkteknologi (ledd av Aarne Ranta), som har nära kontakter med Göteborgs universitets datalingvistikgrupp och institutionen för svenska språket. Det innebär att intresserade studenter alltid har möjlighet att kombinera sina tekniska kunskaper med språkforskning inom olika områden.

Förutom själva programmen skriver D-studenterna också dokumentation, specifikationer, användarfall och rapporter. Ett exempel är kursen i Algoritmer där korta och koncisa skriftliga inlämningar krävs, så studenterna får öva sig på att formulera sig effektivt. I kursen Computer Security ingår skriftlig (och muntlig) examination av labuppgifter.

Kursen "Fault-Tolerant Computer Systems (FTCS)" har en större laborationsuppgift som examineras med skriftlig rapport enligt följande: "The results shall be documented in a short technical report. Pretend that you and your lab partner work together with a group of engineers to develop a new brake-by-wire system, and that your supervisor has given you the task to compare the dependability of a centralized and a distributed system architecture. The report shall present your findings to your supervisor and colleagues, who are skilled hardware and software designers but not necessarily dependability experts." Att på detta sätt explicit ange målgruppen ger uppgiften mer realistisk examination och studenterna är mycket nöjda med kursen.

Slutligen finns examensarbetet på masternivå där studenterna övas i att självständigt planera, genomföra och dokumentera en store projektuppgift. Här har Software Engineering-programmet under flera år hållit föreläsningar om planeringsrapport och slutrapportskrivning tidigt under arbetet och under detta läsår sprider vi detta till hela D-området.

Delmål 4 C Förmåga till dialog med olika grupper

Studenterna måste dra slutsatser från tekniska resultat och presentera dem i sina examensarbetsprojekt, både muntligt och skriftligt. Många andra kurser har också inlämningsuppgifter, projektuppgifter eller diskussionsövningar. I exempelvis "Frontiers of Programming Language Technology" ingår det i målen att studenterna "ger effektiva och tydliga presentationer av mycket teknisk programspråksforskning" och det examineras i form av en seminarierie under läsåret där studenterna presenterar forskningsartiklar. Kursen FTCS nämndes redan ovan under 4 B.

I kursen "Advanced Functional Programming" ingår explicit ett lärmål om att förklara och diskutera det mer tekniska innehållet. Detta examineras dels i form av diskussioner i övningsal och dels genom laborationsuppgifter i par där deluppgifter handlar som dialog.

Examensmål 5

Värderingsförmåga och förhållningssätt:

För masterexamen ska studenten visa förmåga att inom huvudområdet för utbildningen göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhällliga och etiska aspekter samt visa medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete

Delmål 5 A Förmåga att inom huvudområdet göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga aspekter

För detta delmål är nästan alla kurser relevanta – att göra vetenskapliga bedömningar ingår i inlämningsuppgifter, tentamensfrågor och labbuppgifter. Här nämner vi bara ett par exempel.

Beräkningsbarhet och oavgörbarhet En icke-teknisk aspekt på maskininlärning är att resultaten av självlärande program alltid baseras på (och är starkt beroende av) modellantaganden - så kallad "inductive bias". Det är därför alltid användarna som skall bestämma om tolkning och användning av resultat, exempelvis för beslutsfattande. Dessa modellantaganden är en viktig punkt i alla delar av kursen.

Den (bevisbara) svårlosbarheten av många beräkningsproblem samt oavgörbarhet (för exempelvis andra ordningens predikatlogik) kan ses som en inneboende begränsning hos datatekniken och denna aspekt lärs ut både i kärnkurser och i vissa profilkurser (exempelvis "Models of Computation"). Genom att lära sig begreppet NP-komplett (vilket också examineras) blir studenter medvetna om vissa problems svårlosbarhet, dvs. de blir medvetna om att det finns djupa principiella skäl att inte alla formaliserade problem kan lösas med datateknik. De lär sig också sätt att hantera sådana svåra problem i praktiken i form av approximativa algoritmer för problem som inte kan lösas exakt. Studenterna lär sig också en intressant vinkling på detta i den populära kryptoteknik-kursen, där just svårigheten att invertera vissa beräkningar utnyttjas till säker kodning av känsliga data.

Delmål 5 B Förmåga att inom huvudområdet göra bedömningar med hänsyn till relevanta samhällliga och etiska aspekter

När Chalmers ingenjörer själva fick skatta sin förmåga enligt detta mål i alumnenkäten 2012 angav de i snitt betyg 7 av max 10 vilket redan det är bra. De som examinerades från just D-området var ännu nöjdare och angav betyg 8,5 i snitt. Det kanske beror på att det inom detta mål finns många aspekter som är relevanta från ett D-perspektiv: integritetsfrågor (Datakommunikation, Computer Security); möjliga bidrag till demokratiska processer (Internetteknik, Människa-dator interaktion); resurs- o miljöstyrning (Bärkraftig resursanvändning, Algorithms, Optimization).

De masterstudenter som också går på civilingenjörsutbildningen läser kurser i Miljö och hållbar utveckling (MHU) eller Människa, Teknik, Samhälle (MTS). Det är drygt hälften av D-områdets studenter på måsternivå.

Inom datasäkerhetsspåret behandlas samhällliga aspekter, samt datateknikens möjligheter och begränsningar. Ett klassiskt exempel är att mycket strikta krav på komplicerade lösenord ofta leder till lägre säkerhet eftersom användarna börjar skriva upp sina lösenord på post-it lappar.

På sida 9 beskrev vi kort de två nya kurserna inom CSN-programmet under den gemensamma rubriken "Masterclass – Areas of Advance". För båda dessa kurser är hållbar utveckling en av

drivkrafterna och studenterna behöver hitta lösningar som tar hänsyn till både människan, miljön och maskinen.

Hårdvarukurser har stort fokus på att hålla nere ekonomiska och miljömässiga kostnader (energi-effektivitet bl.a.). Eftersom energiförbrukningen är datorers största miljöpåverkan har detta stor relevans för delmål 5 B. Ett bra exempel är kursen ”[Energy aware computing](#)” där just hållbar resursanvändning (med fokus på energiförbrukning) är grundtemat.

Delmål 5 C Medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete

Kurser som har inlämningsuppgifter i någon form informerar om vikten av akademisk integritet och ärlighet för att undvika plagiering. Chalmers har [centrala riktlinjer](#) på engelska som enskilda lärare kan hänvisa till för att tydliggöra var gränserna går mellan exempelvis citering och plagiering. I exjobbshandledningen ingår etiska frågor om texthantering och samarbete och alla inlämnade rapporter plagiatkontrolleras (med systemet Urkund) för att se till att riktlinjerna följs.

I Chalmers nya ”[Riktlinjer för betygssättning av exjobb](#)” finns det lärandemål som berör detta examensmål (men de har ännu inte hunnit användas för de som examinerades förra läsåret):

- *Inom ramen för det specifika examensarbetet kunna identifiera vilka frågeställningar som behöver besvaras för att hållbar utveckling skall beaktas:*
 - G Redovisar och motiverar valda metoder och diskuterar resultat utifrån ett livscykelperspektiv med fokus på hållbar utveckling.
 - IG Beaktar inte denna aspekt, trots att den av examinator bedöms vara av betydelse för det aktuella examensarbetet.
- *Medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete:*
 - G Redovisar möjliga etiska konsekvenser av utfört arbete på forsknings- och utvecklingsarbete.
 - IG Beaktar inte denna aspekt, trots att den av examinator bedöms vara av betydelse för det aktuella examensarbetet.

Avslutande slutsatser om måluppfyllelse – del 1

Examinatorerna för de utvalda exjobben är överlag nöjda med studenternas prestationer och många av dem är mycket nöjda. Studenterna är själva mycket nöjda: Högskoleverkets alumnienkät för civilingenjörsexamen (vars två sista år ger D-master-examen) avslutas med frågan

F10: Om valet skulle ske idag, skulle du då påbörja samma utbildning?
och alla D-alumni svarade ”Ja” (svarsfrekvensen på enkäten var 69 %). Sammanfattningsvis hävdar vi att D-studenterna som får en masterexamen från Chalmers väl uppfyller målen.

Del 2

Lärarkompetens och lärarkapacitet

Lärartabellen visar examinatore för de kurser som tas av minst 10 % av de examinerade studenterna. Av dessa totalt 79 forskare och lärare har 91 % doktorsexamen och 67 % dessutom minst docent. Tre fjärdedelar delar sin tid mellan forskning och undervisning och en fjärdedel är heltidslärare (flera med ledaruppdrag).

För att bli anställd som eller befordrad till lektor, docent, biträdande professor eller professor krävs sedan mitten på nittioalet enligt Chalmers arbetsordning högskolepedagogiska meriter motsvarande 15 hp. Alla doktorander går en obligatorisk pedagogisk kurs om 3 hp.

Antal helårsstudenter

Antal helårsstudenter i aktuell utbildning

	Antal
Helårsstudenter	180

Masterutbildningen i Datateknik omfattar **180** HST fördelat på ca 100 HST första året och 80 HST andra året.

Analys och slutsats

Tillgången på kompetenta lärare är mycket god. Nästan alla föreläsare är aktiva forskare, som på avancerad nivå undervisar inom områden som är länkade till forskningsinriktningen. Bredd och samhällskontakt är tydlig i form av olika gästföreläsare som undervisar inom sitt expertisområde.

Del 3

Andra förhållanden

Om examensarbetet

Chalmers tillämpar sedan 2009 en gemensam modell för examensarbete för civilingenjörskunskaper och teknologiemasterexamen³. Modellen omfattar gemensamma regler för förkunskaper, för lärandemål och för examination. Med den gemensamma modellen har lärandemålen förtydligats, informationen till studenterna förbättrats, studenttrörlighet inom Chalmers förenklats och ambitionsnivån höjts, speciellt vad gäller förmågan att planera och genomföra kvalificerade uppgifter på avsedd tid, och färdigheter i skriftlig och muntlig kommunikation på engelska.

Examensarbete vid Chalmers civilingenjörskunskaper/arkitekt/masterprogram omfattar 30 eller 60 hp, och genomförs vanligen den sista terminen på programmen. Examensarbetet genomförs av 1-2 personer. När två studenter utför examensarbetet tillsammans skall arbetsfördelningen tydligt framgå av examensarbetsrapporten.

Förkunskaper

På Chalmers ställs höga krav för att få påbörja examensarbete, både vad gäller fördjupade ämneskunskaper och förmåga att hantera komplexa frågeställningar, och på muntlig och skriftlig kommunikationsförmåga. Dessa förkunskaper och -färdigheter etableras initialt i kandidatdelen av programmet, speciellt kandidatarbetet, och vidareutvecklas i masterdelens obligatoriska kurser och projekt. Chalmers har ett generellt krav på att minst 45 hp kurser inom masterprogrammet skall vara avklarade för att få påbörja examensarbete. Därutöver kan examinator kräva att specifika kurser avklarats som är nödvändiga för det enskilda examensarbetets genomförande.

Lärandemål

Chalmers lärandemål för examensarbeten på civilingenjörskunskaper/arkitektutbildning är baserade på de mål som finns beskrivna i examensordningen. Ett medvetet urval har gjorts av de av examensordningens mål som kan visas i examensarbetet. Eftersom examensarbeten på civilingenjörskunskaper/arkitektprogram är gemensamma med masterprogrammets så inkluderas även mål som är specifika för masterexamen i examensarbetenas lärandemål. Tabellen nedan redovisar Chalmers lärandemål för examensarbete och hur de relaterar till de mål som bedöms i föreliggande utvärdering. Samma formulerade lärandemål gäller för examensarbeten omfattande såväl 30 som 60 högskolepoäng (hp). Examensarbete omfattande 60 hp skall ha en väsentligt högre ambitionsnivå vad gäller vetenskaplig nivå eller teknisk/arkitektonisk realisering.

Följande tabell visar Chalmers lärandemål för examensarbete på avancerad nivå jämfört med de mål som utvärderas i 2012 års nationella utvärdering:

³ Chalmers tekniska högskola: Föreskrifter för examensarbete på civilingenjörskunskaper/arkitekt- och masterprogram, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 2009.

Chalmers lärandemål för examensarbete för civilingenjör/arkitekt/masterexamen. Studenten skall demonstrera	Mål för civilingenjörsexamen	Mål för masterexamen
väsentligt fördjupade kunskaper inom huvudområdet/inriktningen för utbildningen inkluderande fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete,	1, 2	1a
fördjupad metodkunskap inom huvudområdet/inriktningen för utbildningen,		1b
förmåga att bidra till forsknings- och utvecklingsarbete,	3	
förmåga att med helhetssyn kritiskt, självständigt och kreativt identifiera, formulera och hantera komplexa frågeställningar,	3	3
förmåga att planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna ramar, samt att utvärdera detta arbete,		3
förmåga att skapa, analysera och kritiskt utvärdera olika tekniska/arkitektoniska lösningar,		
förmåga att kritiskt och systematiskt integrera kunskap		2
förmåga att på engelska muntligt och skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser, samt den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa,	5	4
förmåga att inom ramen för det specifika examensarbetet kunna identifiera vilka frågeställningar som behöver besvaras för att alla relevanta dimensioner av hållbar utveckling skall beaktas, samt	6	
medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete.		5

Genomförande

Studentens första steg i examensarbetet är att söka efter ett lämpligt projekt. Många studenter inom D-området gör sina examensarbeten i industrin och hittar förslag på företags hemsidor eller via gästföreläsare inom masterskurser. En annan stor grupp gör examensarbeten i en av Chalmers forskargrupper och får förslag den vägen. En projektbeskrivning tas fram som innehåller bakgrund, syfte, mål och eventuellt metod för det föreslagna arbetet. Examinator kontrollerar att studenten uppfyller de generella och specifika förkunskapskraven för examensarbete, och att det föreslagna examensarbetet motsvarar lärandemålen för examensarbete. Examinator bedömer och ansvarar speciellt för att det föreslagna examensarbetet har en nivå motsvarande en väsentlig fördjupning inom området. För externa examensarbeten kontrolleras att en extern handledare finns identifierad och är införstådd med Chalmers regelverk för examensarbeten, och att nödvändiga resurser för examensarbetets genomförande i form av till exempel mjukvara, datorer eller experimentell utrustning finns tillgängliga. Masterprogramansvarig kontrollerar att examensarbetet ämnesmässigt faller inom masterprogrammets del av huvudområdet och ger klartecken för att starta arbetet.

Under de första veckorna av examensarbetet skriver studenten en planeringsrapport som preciserar problembeskrivningen/uppgiften. Den ska innehålla bakgrund, syfte, mål, avgränsningar, metod och tidsplan för examensarbetets genomförande. Examinator granskar och godkänner planeringsrapporten. Under arbetets gång har studenten tillgång till regelbunden handledning (typiskt 1 h/vecka) från examinator eller av denne utsedd handledare vid Chalmers, samt, om examensarbetet görs utanför Chalmers av en extern handledare.Handledningsfrekvensen är ofta högre i början av arbetet då planeringsrapporten tas fram och i slutfasen då slutrapporten skrivs.

Examensarbetet avslutas med spikandet av slutrapporten och den muntliga presentationen och försvarandet av detta i ett öppet seminarium. Vid presentationen tränas förmåga till muntlig kommunikation i internationella sammanhang och förmågan att i dialog med forskare, yrkesverksamma ingenjörer och studenter försvara och förklara sina resultat. För 60 hp examensarbeten görs en särskilt rapportering av arbetets status till examinator och masterprogramansvarig.

Examination

Examensarbetena examineras med skriftliga och muntliga underlag. Såväl skriftlig som muntlig redovisning sker på engelska.

I det skriftliga underlaget ingår projektbeskrivning, planeringsrapport och examensarbetsrapport: Projektbeskrivningen och planeringsrapporten är en formativ examination och har beskrivits ovan. Den slutliga examensarbetsrapporten bedöms av examinator mot ett antal kriterier motsvarande lärandemålen enligt ovan. För varje lärandemål finns kriterier motsvarande bristande kvalitet, hög kvalitet och mycket hög⁴. Till exempel, krävs för Chalmers lärandemål *”Väsentligt fördjupade kunskaper inom huvudområdet/inriktningen för utbildningen inkluderande fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete”* följande för godkänt (hög kvalitet) *”En väsentlig fördjupning inom huvudområdet är demonstrerad. Arbetet utnyttjar kunskaper från studier på avancerad nivå inom huvudområdet. En skriftlig genomgång av befintlig litteratur samt att en reflektion över arbetets koppling till kunskapsfronten inom huvudområdet finns”*, men underkänt (bristande kvalitet) kan föranledas av *”Arbetets koppling till huvudområdet är svag eller saknas. Kunskaper från avancerad nivå inom huvudområdet utnyttjas inte. Litteratursammanställning samt reflektion över arbetets koppling till tillhörande kunskapsområde saknas”*. Brister vad gäller ett eller flera lärandemål i kombination kan leda till underkänt på hela examensarbetet. Kriterier för mycket hög kvalitet finns även formulerade men används främst för att ge återkoppling till studenterna; betyg ges i skalan underkänt-godkänt. För 60 hp examensarbete görs även en skriftlig rapportering i mitten av examensarbetet, i form som anvisas av examinator. Examensarbetet granskas även med hjälp av ett plagiatverktyg, Urkund. Examensarbetsrapporten publiceras elektroniskt i Chalmers Publication Library.

Den muntliga redovisningen skall demonstrera att studenten har *”förmåga att på engelska muntligt (och skriftligt) klart redogöra för och diskutera sina slutsatser, samt den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa”*. De muntliga examinationsmomenten omfattar presentation och försvar av eget arbete, opposition på ett annat arbete, samt närvaro vid två andra examensarbetsredovisningar. Muntlig redovisning ska alltid genomföras på Chalmers men görs oftast även på det företag som examensarbetet gjorts vid.

Analys

Chalmers examensarbeten inom Datateknik har mycket stor relevans för studentens framtida yrkesverksamhet. Det finns ett stort intresse från näringslivet att erbjuda examensarbeten. 76 %⁵ av Chalmers civilingenjörstudenter gör examensarbeten inom industri eller offentlig verksamhet och för D-området ligger det något högre ändå. Hela 39 % av Chalmers alumner nämner examensarbetet som en viktig faktor för att de fick sin första anställning, den tredje viktigaste faktorn efter utbildningens hela inriktning och Chalmersexamen som sådan. Alumnenkäten visar vidare att studenterna i hög grad utvecklat de kunskaper/färdigheter som exjobbet fokuserar på dvs. att de uppnått en väsentlig fördjupning.

Chalmers process med granskning av examensarbetsförslag av examinator och masterprogramansvariga säkerställer att de examensarbeten som får klartecken för att starta uppfyller våra och examensordningen krav på väsentlig fördjupning inom huvudområdet.

⁴ Chalmers tekniska högskola: Riktlinjer för bedömning av kvalitet på examensarbete vid Chalmers civilingenjörsk-arkitekt- och masterprogram, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 2011.

⁵ Chalmers tekniska högskola: Alumnenkät till examinerade 2009, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 2012

Slutsats

Examensarbeten inom Datateknik vid Chalmers bidrar starkt till måluppfyllelsen av utvärderingsmål 1-4. Examensarbetenas relevans för yrkesverksamhet evideras av den stora andel examensarbeten som görs i näringslivet och att de av alumni bedöms som en av de tre viktigaste faktorerna för att de fick sin första anställning.

Chalmers gemensamma process för examensarbeten säkerställer att examensarbeten adresserar en problemställning inom programmens huvudområde, innebär en väsentlig fördjupning av ämneskunskaper, och demonstrerar förmåga att självständigt arbeta med kvalificerade uppgifter, samt god förmåga till muntlig och skriftlig kommunikation i internationella sammanhang.

Denna rapport innehåller ca 52 000 tecken fram hit.

Bilaga 1: Tabell över vanliga kurser

Baserat på de studenter som under utvärderingsperioden (läsåret 2011/2012) tog masterexamen inom D-området visar nedanstående tabell de kurser som togs av minst 10 %.

Kursnamn	Andel
Masters' thesis in CSE	100 %
Computer security	62 %
Network security	56 %
Distributed systems	53 %
Logic in computer science	51 %
Internet technology	47 %
Advanced topics in CS&N	43 %
Fault-tolerant computer systems	43 %
Cryptography	40 %
Wireless networks	39 %
Real time systems	39 %
Language-based security	34 %
Algorithms, advanced course	29 %
Distributed systems, advanced course	28 %
Programming language technology	27 %
Software engineering using formal methods	25 %
Unix internals	22 %
Algorithms	21 %
Algorithms for machine learning and inference	21 %
Programming paradigms	19 %
Parallel and distributed real-time systems	18 %
Router och switchteknik	18 %
Functional programming	18 %
Compiler construction	17 %
Databaser	17 %
Multimedia and video communications	16 %
Artificial intelligence	16 %
Models of computation	14 %
Computer architecture	12 %
Types for programs and proofs	12 %
Discrete optimization	11 %

Bilaga 2: tabell - Lärarkompetens och lärarkapacitet

Namn	Titel	Huvudområden	Nivåer	Tjänstebenäm.	Forskn	GRU	Roll
Andrei Sabelfeld	Docent	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Bitr professor	80	20	Examinator, kursansvarig
Devdatt Dubhashi	Bitr professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Bitr professor	43	57	Examinator, kursansvarig
Erland Jonsson	Bitr professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Bitr professor	85	15	Examinator, kursansvarig
Jan Jonsson	Docent	Datateknik, Elektroteknik, Informationsteknik	Avancerad	Bitr professor	10	20	Examinator, kursansvarig
Kjell Jeppson	Bitr professor	Datateknik, Elektroteknik	Avancerad	Bitr professor	50	50	Masterprogramansvarig, examinator, kursansvarig
Patrik Jansson	Docent	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Bitr professor	50	50	Programansvarig D, examinator, kursansvarig
Elad Schiller	Forskarassistent	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Docent	30	70	Masterprogramansvarig, examinator, kursansvarig
Fang Chen	Docent	Datateknik	Avancerad	Docent	59	41	Examinator, kursansvarig
K V S Prasad	Docent	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Docent	40	60	Examinator, kursansvarig
Lars Svensson	Docent	Datateknik	Avancerad	Docent	25	50	Examinator, kursansvarig
Olof Torgersson	Univ lektor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Docent	50	50	Masterprogramansvarig, examinator, kursansvarig
Per Lundgren	Docent	Elektroteknik	Avancerad	Docent	60	40	Pedagogisk utvecklingsledare
Peter Damaschke	Docent	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Docent	45	55	Examinator, kursansvarig
Robert Feldt	Univ lektor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Docent	65	35	Examinator, kursansvarig
Sally McKee	Docent	Datateknik	Avancerad	Docent	75	25	Examinator, kursansvarig
Staffan Björk	Docent	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Docent	50	50	Examinator, kursansvarig

Namn	Titel	Huvudområden	Nivåer	Tjänstebenäm.	Forsk	GRU	Roll
Ulf Assarsson	Docent	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Docent	50	50	Examinator, kursansvarig
Ana Bove	Docent	Datateknik, Elektroteknik, Informationsteknik, Matematik	Grund, Avancerad	Docent	45	20	Studierektor, Examinator, kursansvarig
Graham Kemp	Docent	Bioteknik, Datateknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Docent	40	60	Masterprogramansvarig, examinator, kursansvarig
Miroslaw Staron	Univ lektor	Datateknik, Elektroteknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Docent	50	50	Viceprefekt för grundutbildningen, examinator, kursansvarig
Sven-Arne Andreasson	Docent	Datateknik, Elektroteknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Docent	0	100	Examinator, kursansvarig
Aarne Ranta	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Professor	80	20	Examinator, kursansvarig
Bengt Nordström	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Professor	5	30	Examinator, kursansvarig
Erik Ström	Professor	Datateknik	Avancerad	Professor	65	20	Examinator, kursansvarig
Irene Gu	Professor	Datateknik	Avancerad	Professor	85	15	Examinator, kursansvarig
Jan Smith	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Professor	50	10	Examinator, kursansvarig
Johan Karlsson	Professor	Datateknik	Avancerad	Professor	75	25	Examinator, kursansvarig
Jörgen Hansson	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Professor	57	8	Examinator, kursansvarig
MariAnne Karlsson	Bitr professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Professor	71	29	Examinator, kursansvarig
Mary Sheeran	Professor	Datateknik, Elektroteknik, Informationsteknik	Avancerad	Professor	80	20	Examinator, kursansvarig
Olle Nerman	Professor	Datateknik	Avancerad	Professor	65	35	Examinator, kursansvarig
Per Stenström	Professor	Datateknik	Avancerad	Professor	75	25	Examinator, kursansvarig
Peter Dybjer	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Professor	60	15	Examinator, kursansvarig
Philippas Tsigas	Professor	Datateknik	Avancerad	Professor	80	20	Examinator, kursansvarig

Namn	Titel	Huvudområden	Nivåer	Tjänstebenen.	Forsk	GRU	Roll
Thierry Coquand	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Professor	90	10	Examinator, kursansvarig
David Sands	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Professor	70	30	Examinator, kursansvarig
John Hughes	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Professor	80	20	Examinator, kursansvarig
Per Larsson-Edefors	Professor	Datateknik, Elektroteknik	Grund, Avancerad	Professor	60	40	Examinator, kursansvarig
Reiner Hähnle	Professor	Datateknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Professor	70	30	Examinator, kursansvarig
Tomas McKelvey	Professor	Automation och mekatronik, Datateknik, Elektroteknik, Kemiteknik, Teknisk fysik	Grund, Avancerad	Professor	80	20	Examinator, kursansvarig
Sven Knutsson	Tekniklektor	Datateknik, Elektroteknik, Informationsteknik	Avancerad	Tekniklektor	0	100	Examinator, kursansvarig
Rolf Snedsböl	Tekniklektor	Datateknik	Grund	Tekniklektor		75	Studierektor, Examinator, kursansvarig
Erland Holmström	Univ adjunkt	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Universitetsadjunkt	0	100	Examinator, kursansvarig
Christer Carlsson	Univ lektor	Datateknik, Elektroteknik, Informationsteknik	Avancerad	Universitetslektor	0	100	Examinator, kursansvarig
Lena Peterson	Univ lektor	Datateknik	Avancerad	Universitetslektor		95	Utbildningsområdesledare, examinator, kursansvarig
Tomas Olovsson	Univ lektor	Datateknik, Informationsteknik	Avancerad	Universitetslektor	75	25	Examinator, kursansvarig
Björn von Sydow	Univ lektor	Datateknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Universitetslektor	0	70	Examinator, kursansvarig
Rogardt Heldal	Univ lektor	Datateknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Universitetslektor	60	40	Examinator, kursansvarig
Wolfgang Ahrendt	Univ lektor	Datateknik, Informationsteknik	Grund, Avancerad	Universitetslektor	50	50	Programansvarig IT, examinator, kursansvarig