



Studieplan för ämne på forskarnivå

Ämne	Fastställt	Diarienummer	Ks-kod
Tillämpad matematik och beräkningsmatematik	2017-05-10	V-2017-0436	3.2.3

Allmän studieplan i forskarutbildningsämnet Tillämpad Matematik och Beräkningsmatematik

Övergripande bestämmelser om forskarutbildning och dess mål ges i Högskoleförordningen (SFS 1993:100) samt i KTH:s styrdokument. Denna studieplan kompletterar dessa gemensamma föreskrifter med ämnesspecifika anvisningar för forskarutbildningsämnet tillämpad matematik och beräkningsmatematik vid skolan för Teknikvetenskap, KTH.

Ämnets benämning

Tillämpad matematik och beräkningsmatematik
Applied and computational mathematics

1. Ämnesbeskrivning

Matematik används inom vitt skilda områden i vårt samhälle. Tillämpad matematik används ofta som samlingsnamn för matematiska ämnen, där matematiken i sig inte står i fokus, utan det är användandet av matematiken som är det centrala. Beräkningsmatematik används som samlingsnamn för numeriska beräkningar som vilar på matematisk grund. Doktorsprogrammet i tillämpad matematik och beräkningsmatematik har huvudfokus mot tre specifika områden: (i) matematisk statistik, (ii) numerisk analys, (iii) optimeringslära och systemteori. Dessa områden beskrivs närmare nedan, och utgör huvudinriktningar i forskarutbildningsämnet. Dessa områden ger tillsammans ett brett utbud av kurser och forskningsinriktningar som speglar de avdelningar som finns på institutionen för matematik på KTH. Andra inriktningar inom ämnet kan också komma ifråga, och programmet är tänkt att dynamiskt kunna inkludera nya huvudinriktningar över tiden. Utbildningen på forskarnivå i tillämpad matematik och beräkningsmatematik ges av institutionen för matematik vid skolan för teknikvetenskap.

1.1. Inriktning mot matematisk statistik

Matematisk statistik bygger på sannolikhetskalkyl. Sannolikhetskalkyl är ett intuitivt naturligt sätt att genomföra rationella resonemang under osäkerhet. Sannolikhetskalkylen har utvecklats från intuition till en rigorös gren av matematiken och studerar därmed exakta matematiska modeller, olika sannolikhetsfördelningar och stokastiska processer, genom att bevisa matematiska teorem om deras egenskaper utifrån en axiomatisk formulering av sannolikhetsmåttet. Den statistiska teorin, även kallad den statistiska inferensen, tar fram algoritmer och metoder för inläring, prediktering och styrning genom att utnyttja olika sannolikheteoretiska modeller eller familjer av modeller. Den statistiska teorin ger principer för hur man på ett koherent sätt skall kombinera data med en sannolikheteoretisk modell. Den statistiska teorin sysslar därför med metoder för val mellan olika familjer av modeller i en given situation samt med principer för val av den mest sannolika modellen för data. Sannolikheteorin och den statistiska teorin är därför intimt förknippade med varandra. Den senare bygger på den förra och ger ofta upphov till sannolikheteoretiska problem. Matematisk statistik är ett forskningsområde i snabb utveckling och har många kontaktytor med tillämpad forskning, inte minst inom de tekniska vetenskaperna. Spännande och expanderande tillämpningar har uppstått under 1990-talet inom finansindustrin, och inom biomedicin och teknik samt inom de molekylära livsvetenskaperna. Samtidigt har nya tekniker för dataanalys med förankring i teoretisk datalogi börjat inkorporeras i matematisk statistik. Matematisk statistik är en inriktning inom doktorsprogrammet i tillämpad matematik. Detta är både naturligt och nyttigt, eftersom en professionell matematisk statistiker behöver behärska ett stort antal effektiva verktyg från andra områden i tillämpad matematik.

1.2. Inriktning mot numerisk analys

Numerisk analys är metodvetenskapen för numeriska beräkningar, inom teknik och vetenskap. Ämnet innehåller inslag av matematisk analys, matematiska modeller för tillämpningar, numeriska experiment, samt studium av programvarumetodik, datorkommunikation och datastrukturer för storskaliga beräkningar. Beräkningsvetenskap är tvärvetenskapligt och har gränstytor mot matematik, datavetenskap och olika tillämpningar.

Utbildningen på forskarnivå inriktad mot numerisk analys skall ge de studerande fördjupade kunskaper i numerisk analys och i angränsande discipliner, träning i forskningsmetodik och god insikt om den aktuella forskningen i ämnena. Målet för utbildningen är att ge de studerande förmåga att självständigt och kritiskt planlägga, leda, genomföra och redovisa projekt inom respektive ämnesområden. Innehåll och form skall anpassas till de krav som ställs på professionell verksamhet: specialist- och spets-kompetens i någon central disciplin och tillräcklig bredd för produktivt samarbete med andra specialister.

Forskningen i ämnet vid KTH ägnas främst åt numerisk lösning av differentialekvationer som modellerar hur fenomen med vitt skilda skalor i tid och rum interagerar, med tillämpning på t.ex. strömningsmodeller, vågutbredning och molekylsystem. Deterministiska och stokastiska differentialekvationer är fundamentala för modelleringen i ekonomi, teknik, medicin och naturvetenskap. Den ökande beräkningskapaciteten gör det möjligt att använda noggrannare differentialekvationsmodeller och lösa svårare problem: t.ex. att använda mer fundamentala modeller och att bättre anpassa modellen till mätdata. Behandling av dessa modeller ställer ofta krav på god kunskap från flera discipliner och skärpa i teknik. Realistiska modeller kräver storskaliga datorberäkningar, och forskningen är även inriktad mot algoritmer, metoder och programvaruteknik i skalbara (distribuerade) datormiljöer. Ämnet kommer fortsatt att vara helt central för utvecklingen i natur- och ingenjörsvetenskaperna, och för framtagning av ingenjörsverktyg för industri och förvaltning.

1.3. Inriktning mot optimeringslära och systemteori

Optimeringslära och systemteori är ett tillämpat matematiskt ämne som innefattar dels matematisk teori för optimala beslut och styråtgärder, dels matematisk analys av dynamiska förlopp. Ämnets starka anknytning till tillämpningarna innebär att formulering av verkliga problem i matematisk form också intar en central plats. Målet för utbildningen på forskarnivå är att ge en bred överblick över ämnet, samt fördjupning och vetenskaplig skolning inom något specifikt forskningsområde som faller inom ämnets ram.

Forskningen vid avdelningen för optimeringslära och systemteori omfattar metoder för storskalig ickelinjär optimering med tillämpningar inom strukturoptimering och strålterapi; optimering och styrning av kommunikationsnätverk; frågeställningar inom matematisk systemteori, med speciell fokus på stokastiska system och filtrering; robust och ickelinjär styrteori med tillämpningar mot robotik. Det finns ett stort spann i forskningen, från grundläggande forskning till mer tillämpad forskning som utförs i samarbete med industriföretag.

2. Utbildningens uppläggning

Utbildningen bedrivs under ledning av en huvudhandledare tillsammans med en eller flera biträdande handledare. En individuell studieplan (ISP) skall upprättas i samråd mellan doktorand och huvudhandledare. Doktorandens framsteg ska bedömas minst en gång per år i samband med revision av den individuella studieplanen som ska göras av doktorand och huvudhandledare. Den upprättade individuella studieplanen revideras årligen och fastställs av forskarutbildningsansvarig vid respektive skola. Om doktorandens framsteg inte är i närheten av vad som föreskrivits i studieplanen kan åtgärder vidtagas i enlighet med KTH:s styrdokument. Den individuella studieplanen skall anpassas till förkunskaperna samt till avhandlingens inriktning.

Utbildningen på forskarnivå består av en kursdel och en avhandlingsdel, med inbördes poängkrav enligt nedan.

2.1 Obligatoriska och rekommenderade kurser

Doktoranden ska själv, i samråd med sin huvudhandledare, ta ansvar för att kurserna väljs så att en tillräcklig fördjupning inom den valda inriktningen samt en lämplig breddning inom programmet och mot relevanta tillämpningsämnen uppnås. Fördjupningskurserna ges inom de tre huvudinriktningarna. Ett urval av kurserna är kärnkurser, som är en uppsättning av kurser som ges regelbundet och är lämpliga för alla doktorander i tillämpad matematik och beräkningsmatematik. Dessa kurser är de centrala kurserna som utgör en gemensam bas för programmet och läses normalt av alla doktorander inom programmet.

Övriga profilkurser som anges är ett urval av de kurser som ges inom huvudinriktningarna. Ytterligare kurser kan komma ifråga.

2.2. Centrala kurser

De centrala kurserna inom programmet utgörs av kärnkurserna inom huvudinriktningarna. Dessa kurser är:

SF3940 Sannolikhetsteori, Probability Theory
SF3562 Numeriska metoder för partiella differentialekvationer, Numerical methods for PDE
SF3580 Numerisk linjär algebra, Numerical linear algebra
SF3810 Konvexitet och optimering i linjära rum, Convexity and optimization in linear spaces

De centrala kurserna ges regelbundet och utgör en gemensam bas för programmet.

2.2.1. Fördjupningskurser med inriktning mot matematisk statistik

Kärnkurs:

SF3940 Sannolikhetsteori, Probability Theory

Övriga kurser:

SF3945 Avancerad sannolikhetsteori, Advanced probability theory
SF3950 Klassiska artiklar i tillämpad matematik, Classical papers in applied mathematics
SF3951 Optimal kontroll och filtrering, Optimal control and filtering
SF3952 Gömda Markovmodeller, Hidden Markov models
SF3953 Markovkedjor och processer, Markov chains and processes
SF3960 Algebraisk statistik, Algebraic statistics
SF3961 Statistisk inferens, Statistical inference
SF3970 Bayesianska nätverk, Bayesian networks
SF3971 Optimal stokastisk kontroll och BSDE, Optimal stochastic control and BSDE

2.2.2. Fördjupningskurser med inriktning mot numerisk analys

Kärnkurser:

SF3562 Numeriska metoder för partiella differentialekvationer, Numerical methods for PDE
SF3580 Numerisk linjär algebra, Numerical linear algebra

Övriga kurser:

SF3560 Valda ämnen i numerisk analys, Selected topics in numerical analysis
SF3561 Finita elementmetoden, Finite element method
SF3563 Optimal styrning för ordinära, partiella och stokastiska differentialekvationer, Optimal control of ordinary, partial and stochastic differential equations
SF3564 Beräkningsmetoder för mikro- till makroskalor, Computational methods for micro and macro scales
SF3565 Programkonstruktion med C++, Program construction in C++
SF3567 Numeriska behandlingar av differentialekvationer, Numerical methods for ODE
SF3568 Finita elementmetoden för heterogen data, Finite element method for rough data
SF3581 Beräkningsmetoder för stokastiska differentialekvationer, Numerical solution of stochastic differential equations
SF3582 Inversa problem, Inverse problems

2.2.3. Fördjupningskurser med inriktning mot optimeringslära och systemteori

Kärnkurs:

SF3810 Konvexitet och optimering i linjära rum, Convexity and optimization in linear spaces

Övriga kurser:

SF3809 Valda ämnen i optimeringslära och systemteori, Selected topics in optimization and systems theory
SF3812 Tillämpad linjär optimering, Applied linear optimization
SF3822 Tillämpad icke-linjär optimering, Applied nonlinear optimization
SF3827 Valda ämnen i optimering, Topics in optimization
SF3832 Matematisk systemteori, Mathematical systems theory
SF3840 Numerisk icke-linjär programmering, Numerical nonlinear programming
SF3843 Heltalsprogrammering - praktiska algoritmer, Integer programming - practical algorithms

SF3846 Kombinatorisk optimering, Combinatorial optimization
SF3847 Konvex optimering med ingenjörstillämpningar, Convex optimization with engineering applications
SF3850 Numerisk linjärprogrammering, Numerical linear programming
SF3851 Topics in control and systems theory
SF3852 Optimal styrteori, Optimal control
SF3862 Olinjära system, analys och styrning, Nonlinear systems, analysis and control
SF3890 Projekt inom industriell och tillämpad matematik, Projects within industrial and applied mathematics

2.3 Forskningsfärdighetskurser

Doktorander i ämnet ges även möjlighet att utveckla generella färdigheter i kommunikation och vetenskapsteori.

DD3001 Forskning: teori, metod, praktik, Research: Theory, methods, practice

2.4 Breddningskurser i matematik

Relevanta kurser i matematik på avancerad nivå och forskarnivå är lämpliga breddningskurser inom programmet. Exempel på sådana kurser:

SF2743 Avancerad reell analys I, Advanced real analysis I
SF3624 Slumpmatriser, Random matrices
SF3625 Partiella differentialekvationer, Partial differential equations
SF3626 Matematisk analys för doktorander, Mathematical analysis for PhD students
SF3714 Reell och komplex analys, Real and complex analysis
SF3631 Klassisk kombinatorik, Classical combinatorics

2.5. Breddningskurser i andra ämnen

Beroende på inriktningen av avhandlingsarbetet är det ofta relevant att läsa kurser från andra ämnen, exempelvis metod- och tillämpningskurser som naturligt ingår i den individuella studieprofilen. Några exempel kan vara kurser inom signalteori, robotstyrning, medicinsk teknik.

2.6 Övriga kurser

I kursdelen kan också ingå kurser med inriktning mot högskolepedagogisk utbildning. Sådana kurser är dock ett krav om undervisning inom grundutbildningen skall ske under utbildningstiden.

2.7 Seminarieverksamhet

Studeranden på forskningsnivå skall under sin utbildningstid ta del i och bidra till den vetenskapliga aktivitet som bedrivs inom sin inriktning genom att bevista seminarier och normalt ge ett seminarium per år om sitt avhandlingsarbete. Varje eget seminarium värderas till 1hp, sammanlagt tillgodoräknas högst tre seminarier (3hp) per år.

3. Poängtal

I KTHs föreskrifter för utbildning på forskarnivå regleras nivån på kurser i kursdelen. Enligt nuvarande regelverk ska för doktorsexamen minst 60% av kurspoängen vara på forskarnivå, för licentiatexamen 50%. För doktorsexamen ska poängtalet vara 240hp. Kursdelen ska omfatta minst 100hp och avhandlingsdelen ska omfatta minst 120hp. Minst 60hp av kurserna ska vara kurser inom programmet på forskarnivå, eller motsvara sådana kurser.

För licentiatexamen ska poängtalet vara 120hp. Kursdelen ska omfatta minst 50hp och avhandlingsdelen ska omfatta minst 60hp. Minst 30hp av kurserna ska vara kurser inom programmet på forskarnivå, eller motsvara sådana kurser.

Avsteg från de angivna poängtalerna kan göras om synnerliga skäl föreligger.

4. Doktorsavhandling och licentiatuppsats

Arbetet med doktorsavhandlingen eller licentiatuppsatsen bör påbörjas snarast efter det att utbildningen på forskarnivå startats. Ämnet för avhandlingen skall väljas i samråd med huvudhandledare, och bör ansluta till den forskning som finns vid de berörda institutionerna.

Avhandlingen respektive licentiatuppsatsen är en obligatorisk del av utbildningen på forskarnivå. Utbildningen syftar i denna del till att den studerande ska utveckla en förmåga att ge självständiga bidrag till forskningen samt också en förmåga till vetenskapligt samarbete, inom och utom det egna ämnet. Avhandlingen respektive licentiatuppsatsen ska innehålla nya forskningsresultat som den studerande har utvecklat, själv eller i samarbete med andra. De vetenskapliga huvudresultaten ska uppfylla kvalitetskraven för publicering i internationellt erkända tidskrifter med referentgranskning. Studerandens bidrag till i avhandlingen ingående texter som har flera författare ska kunna särskiljas.

Avhandlingen respektive licentiatuppsatsen ska normalt skrivas på engelska. Den kan antingen utformas som en sammanläggning av vetenskapliga artiklar eller som en monografiavhandling. I det förra fallet ska finnas en särskilt författad sammanfattning. Oavsett om avhandlingen avses bli monografi eller sammanläggningsavhandling ska internationell publicering av uppnådda resultat eftersträvas under doktorandperioden.

5. Behörighetsvillkor och urval

För behörighet att antas till utbildningen på forskarnivå krävs att den sökande uppfyller dels villkor för grundläggande behörighet, dels villkor för särskild behörighet, och har sådan förmåga i övrigt som behövs för att gå igenom utbildningen.

5.1. Grundläggande och särskild behörighet samt förkunskaper

Grundläggande behörighet definieras av allmänna regler enligt högskoleförordningen och KTH:s interna föreskrifter för utbildning på forskarnivå.

För särskild behörighet krävs att den sökandes utbildning på avancerad nivå har en inriktning mot matematik, tillämpad matematik eller beräkningsmatematik i vid mening. Dessutom krävs goda kunskaper i engelska, såväl i tal som i skrift.

5.2. Regler för urval

Urvalet görs bland de sökande som uppfyller behörighetskraven. Vid urvalet utgör graden av sökandens mognad, förmåga till självständigt omdöme och kritisk analys viktiga aspekter. Särskild vikt läggs vid studieresultaten i kurser av fördjupningskaraktär eller i form av självständiga arbeten som t ex examensarbetet.

6. Examina och prov i utbildningen

6.1. Licentiat- och doktorsexamen

Licentiat- och doktorsexamen avlägges i enlighet med KTH:s generella regler.

6.2. Prov som ingår i utbildningen

Inga övriga obligatoriska prov ingår i utbildningen.

7. Mål för utbildningen på forskarnivå i tillämpad matematik och beräkningsmatematik

Målen för forskarutbildningen i tillämpad matematik och beräkningsmatematik följer de gemensamma målen för utbildning på forskarnivå enligt högskoleförordningen. Dessa mål är uppdelade i tre kategorier:

1. Kunskap och förståelse, 2. Färdighet och förmåga, 3. Värderingsförmåga och förhållningssätt. En konkretisering av hur dessa mål kan uppfyllas inom ramen för doktorsprogrammet i tillämpad matematik och beräkningsmatematik finns bifogat i bilaga A.

Bilaga A

Konkretisering av hur HF:s mål för forskarutbildningen kan uppfyllas.

HF:s mål för forskarutbildningen skall kontinuerligt bedömas och redovisas i ISP under utbildningens gång. Målen och förslag på hur dessa kan uppfyllas och kontrolleras för doktorsexamen, uppdelat i tre olika kategorier (A, B och C) ges nedan (formuleringarna för licentiatexamen skiljer sig marginellt men finns också med). I början av utbildningen, då inga eller få mål är uppfyllda, bör en kort beskrivning ges om hur målen planeras uppfyllas. Under utbildningen bör planen för måluppfyllande successivt ersättas med korta redovisningar av hur de olika målen har uppfyllts.

Doktorsexamen

A. Kunskap och förståelse:

A1. Visa brett kunnande inom och en systematisk förståelse av forskningsområdet samt djup och aktuell specialistkunskap inom en avgränsad del av forskningsområdet.

- *Detta mål anses uppfyllt t.ex. genom att delta i forskarnivåkurser och läsa in och följa relevant vetenskaplig litteratur. Målet kan t.ex. kontrolleras genom författandet av välbalanserade introduktioner och bakgrunder i vetenskapliga artiklar, konferensbidrag och doktorsavhandlingens introduktion, samt genom att kunna presentera och diskutera sina och andras forskningsresultat vid konferenser och seminarier.*

A2. Visa förtrogenhet med vetenskaplig metodik i allmänhet och med det specifika forskningsområdets metoder i synnerhet.

- *Detta mål anses uppfyllt och kontrollerat t.ex. genom att delta i relevanta forskarnivåkurser och i avhandlingen och vetenskapliga artiklar identifiera och använda för ämnet aktuella metoder vid lösandet av ställda forskningsfrågor.*

B. Färdighet och förmåga:

B1. Visa förmåga till vetenskaplig analys och syntes samt till självständig kritisk granskning och bedömning av nya och komplexa företeelser, frågeställningar och situationer.

- *Detta mål anses uppfyllt och kontrollerat t.ex. genom att ha identifierat ej tidigare observerade fenomen och föreslagit nya forskningsfrågor, bidragit med en vetenskaplig förklaring och dragit relevanta slutsatser i de vetenskapliga artiklar och konferensbidrag som doktoranden författat/medförfattat.*

B2. Visa förmåga att kritiskt, självständigt, kreativt och med vetenskaplig noggrannhet identifiera och formulera frågeställningar samt att planera och med adekvata metoder bedriva forskning och andra kvalificerade uppgifter inom givna tidsramar och att granska och värdera sådant arbete.

- *Detta mål anses uppfyllt och kontrollerat t.ex. kritisk granskning av tidigare arbeten i området, vilka sammanfattas i de vetenskapliga artiklar som doktoranden författat/medförfattat samt i doktorsavhandlingen; och baserat på denna kunskap genom lämpliga val av lösningsmetodik för att lösa ställda forskningsfrågor. Den slutgiltiga bedömningen av detta mål görs av betygsnämnden vid disputationen.*

B3. Med en avhandling visa sin förmåga att genom egen forskning väsentligt bidra till kunskapsutvecklingen.

- *Detta mål anses uppfyllt och kontrollerat av en avhandling som godkänts av en betygsnämnd.*

B4. Visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt och skriftligt med auktoritet presentera och diskutera forskning och forskningsresultat i dialog med vetenskapssamhället och samhället i övrigt.

- *Detta mål anses uppfyllt genom t.ex. presentationer på vetenskapliga konferenser och/eller presentationer i ett industriellt eller samhällligt sammanhang, samt uppfyllt och kontrollerat av en avhandling som diskuteras vid disputation och godkänts av en betygsnämnd.*

B5. Visa förmåga att identifiera behov av ytterligare kunskap.

- *Detta mål anses uppfyllt, t.ex. genom att behovet av ny kunskap identifierats och lett till förslag på ny forskning. Detta dokumenterats i viss mån i de vetenskapliga artiklarna och bör diskuteras i avhandlingen.*

B6. Visa förutsättningar för att såväl inom forskning och utbildning som i andra kvalificerade professionella sammanhang bidra till samhällets utveckling och stödja andras lärande.

- *Detta mål anses uppfyllt genom t.ex. undervisning på grundutbildningen eller företagspresentationer, genom att vara behjälplig vid handledning av examensarbeten eller genom kunskapsöverföring till eventuella industriella partners.*

C. Värderingsförmåga och förhållningssätt:

C1. Visa intellektuell självständighet och vetenskaplig redlighet samt förmåga att göra forskningsetiska bedömningar.

- *Detta mål anses uppfyllt genom att, i den mån det varit relevant, etiska aspekter bedömts och diskuteras tillsammans med handledare i valet och utformningen av forskningsproblem. Forskningsresultatets inverkan på samhället i stort bör diskuteras med handledaren. Intellektuell självständighet klargörs bl.a. genom att den forskarstuderandes egna insatser tydligt redovisas i avhandlingen. Vetenskaplig redlighet kontrolleras t.ex. genom den plagiatkontroll som skall genomföras av avhandlingen.*

C2. Visa fördjupad insikt om vetenskapens möjligheter och begränsningar, dess roll i samhället och människors ansvar för hur den används.

- *Genom att delta i och följa diskussioner och debatter i den akademiska miljön lokalt (institutionen) och i ett större sammanhang.*

Licentiatexamen

A. Kunskap och förståelse:

A1. Visa kunskap och förståelse inom forskningsområdet, inbegripet aktuell specialistkunskap inom en avgränsad del av detta samt fördjupad kunskap i vetenskaplig metodik i allmänhet och det specifika forskningsområdets metoder i synnerhet.

- *Detta mål anses uppfyllt t.ex. genom att delta i forskarnivåkurser och läsa in och följa relevant vetenskaplig litteratur samt genom att identifiera och använda för ämnet aktuella metoder vid lösandet av ställda forskningsfrågor. Målet kan t.ex. kontrolleras genom författandet av välbalanserade introduktioner och bakgrunder i vetenskapliga artiklar, konferensbidrag och licentiatavhandlingens introduktion, samt genom att kunna presentera och diskutera sina och andras forskningsresultat vid konferenser och seminarier.*

B. Färdighet och förmåga:

B1. Visa förmåga att kritiskt, självständigt, kreativt och med vetenskaplig noggrannhet identifiera och formulera frågeställningar samt att planera och med adekvata metoder genomföra ett begränsat forskningsarbete och andra kvalificerade uppgifter inom givna tidsramar och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen samt att utvärdera detta arbete.

- *Detta mål anses uppfyllt och kontrollerat t.ex. kritisk granskning av tidigare arbeten i området, vilka sammanfattas i de vetenskapliga artiklar som doktoranden författat/medförfattat samt i licentiatavhandlingen, föreslagit nya forskningsfrågor; och baserat på denna kunskap genom lämpliga val av lösningsmetodik för att lösa ställda forskningsfrågor.*

B2. Visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt och skriftligt klart presentera och diskutera forskning och forskningsresultat i dialog med vetenskapssamhället och samhället i övrigt.

- *Detta mål anses uppfyllt genom t.ex. presentationer på vetenskapliga konferenser och/eller presentationer i ett industriellt eller samhälleligt sammanhang, samt uppfyllt och kontrollerat av en avhandling som diskuteras vid licentiatseminarium och godkänts av examinator.*

B3. Visa sådan färdighet som fordras för att självständigt delta i forsknings- och utvecklingsarbete och för att självständigt arbeta i annan kvalificerad verksamhet.

- *Detta mål anses uppfyllt, t.ex. genom att behovet av ny kunskap identifierats och lett till förslag på ny forskning och genom kunskapsöverföring till eventuella industriella partners. Detta dokumenterats i viss mån i de vetenskapliga artiklarna och bör diskuteras i avhandlingen.*

C. Värderingsförmåga och förhållningssätt:

C1. Visa förmåga att göra forskningsetiska bedömningar i sin egen forskning.

- *Detta mål anses uppfyllt genom att, i den mån det varit relevant, etiska aspekter bedömts och diskuterats tillsammans med handledare i valet och utformningen av forskningsproblem. Forskningsresultatens inverkan på samhället i stort bör diskuteras med handledaren.*

C2. Visa insikt om vetenskapens möjligheter och begränsningar, dess roll i samhället och människors ansvar för hur den används.

- *Genom att delta i och följa diskussioner och debatter i den akademiska miljön lokalt (institutionen) och i ett större sammanhang.*

C3. Visa förmåga att identifiera sitt behov av ytterligare kunskap och att ta ansvar för sin kunskapsutveckling.

- *Detta mål anses uppfyllt, t.ex. genom att behovet av ny kunskap identifierats och lett till förslag på ny forskning eller deltagande i forskarutbildningskurs eller workshop. Detta dokumenterats i viss mån i de vetenskapliga artiklarna och bör diskuteras i avhandlingen.*