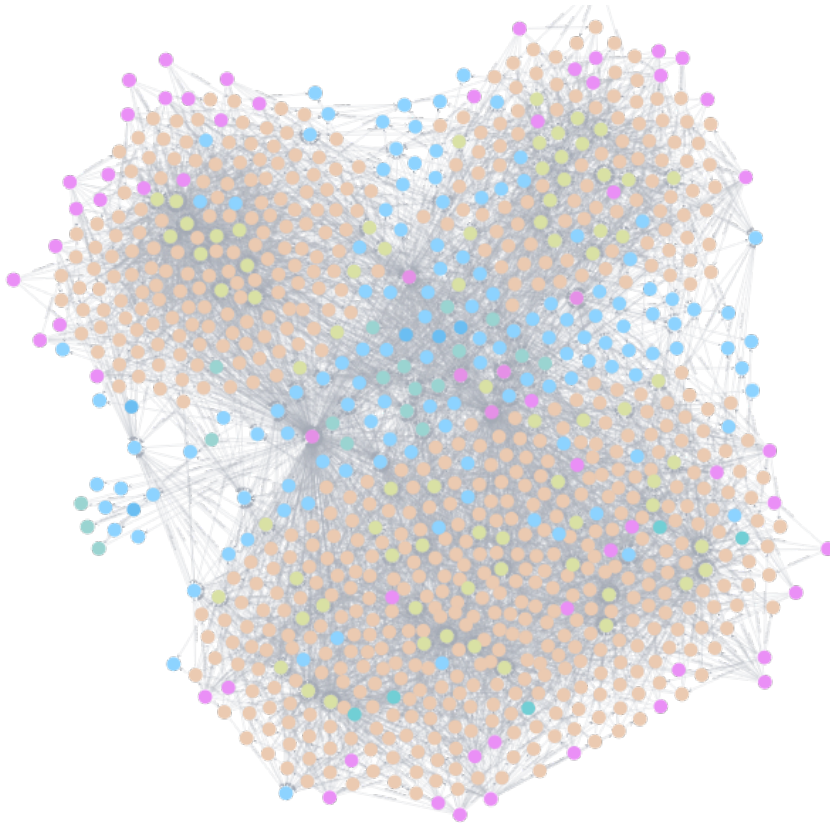




CHALMERS



Grafdatabas för ökad kvalitet på Chalmers utbildningar

Kandidatarbete vid Mekanik och maritima vetenskaper

Malin Berggren
Marcus Johansson
Olle Knutsson
Lukas Sandström Nordin

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2026
www.chalmers.se

Grafdatabas för ökad kvalitet på Chalmers utbildningar
MALIN BERGGREN, MARCUS JOHANSSON
OLLE KNUTSSON och LUKAS SANDSTRÖM NORDIN
Institutionen för Mekanik och maritima vetenskaper
Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

I dagsläget lagras utbildningsinformation huvudsakligen som ostrukturerad text på flera olika platser, vilket gör det svårt att identifiera och överblicka kopplingarna mellan kurser, programlärandedmål och examensmål. Detta försvårar ett systematiskt kvalitetsarbete och begränsar möjligheten att analysera utbildningarnas struktur och progression. En möjlig lösning är att representera utbildningsstrukturen i en grafdatabas där olika komponenter kan modelleras och sammankopplas genom noder, relationer och attribut. Detta kandidatarbete syftar till att undersöka möjligheter och utmaningar med att använda en grafdatabas för kvalitetssäkring av utbildningar vid Chalmers tekniska högskola.

Med civilingenjörsprogrammet i Maskinteknik som fallstudie utvecklades två Proof of Concept-modeller i Neo4j för att undersöka hur kurslärandedmål, programlärandedmål och mål i den lokala examensordningen kan struktureras och analyseras. Den ena modellen baserades på manuella relationer medan den andra kompletterades med semantiska inbäddningar för att identifiera konceptuella samband mellan målbeskrivningar.

Resultaten visar att en grafdatabas kan användas för att besvara kompetensfrågor och synliggöra strukturella mönster i utbildningen. Samtidigt visar analysen att semantisk matchning mellan målbeskrivningar kan vara utmanande, särskilt när de uttrycker formella krav snarare än kvalitativa lärandemål. Känslighetsanalysen visade att merparten av de analyserade målen hade en stabil förankring och stöddes av flera kurser, men att enskilda mål kan vara beroende av ett begränsat antal kurslärandedmål.

Arbetet visar att grafbaserad modellering kan utgöra ett kraftfullt verktyg för att modernisera analysen av utbildningsstrukturer. För att nå full potential krävs en standardisering av underliggande data och en övergång till automatiserad databehandling. En naturlig utveckling av modellen är att inkludera externa förmågor, vilket skulle möjliggöra en direkt jämförelse mellan akademiska mål och arbetsmarknadens faktiska efterfrågan på kompetens.

Nyckelord: semantik, grafdatabas, cypher, utbildning, Neo4j, Blooms reviderade taxonomi, embeddings, kvalitetssäkring

Förord

Föreliggande rapport utgör slutresultatet av ett kandidatarbete utfört vid institutionen för Mekanik och maritima vetenskaper på Chalmers tekniska högskola under vårterminen 2026. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och utgör examinationsmomentet i kursen MMSX21. Projektet har genomförts av en grupp om fyra studenter.

Författarnas tack

Vi vill rikta ett varmt tack till vår handledare Jim Brouzoulis och vår examinator Mikael Enelund för deras inspiration, vägledning och engagemang genom hela projektets gång. Vidare vill vi tacka bibliotekspersonalen vid Chalmers Bibliotek för goda råd. Slutligen tackar vi IT-personalen på Chalmers för deras tekniska expertis och hjälp med att belysa projektets möjligheter och utmaningar.

Malin Berggren, Marcus Johansson, Olle Knutsson och Lukas Sandström Nordin,
Göteborg, Maj, 2026

Akronymer

Nedan är listan över akronymer som har använts genom hela detta arbete, listade i alfabetisk ordning:

CSV	Comma separated values
LEO	Lokala Examensordningen
MHU	Miljö och hållbar utveckling
MPAME	Masterprogrammet Applied mechanics
MPQOM	Masterprogrammet Quality Operations Management
MTS	Människa, teknik och samhälle
PoC	Proof of Concept
TKMAS	Maskinteknikprogrammet Civilingenjör

Innehåll

Akronymer	vi
Figurer	xiii
Tabeller	xv
1 Inledning	1
1.1 Syfte	2
1.2 Problemformulering	2
1.2.1 Semantisk modellering – hur utbildningsdata kan struktureras och sammankopplas effektivt i en grafdatabas	3
1.2.2 Grafdatabasens analysmöjligheter – vilka typer av analyser som kan genomföras för att säkerställa kvalitet	3
1.2.3 Översätta text till struktur – hur kvalitativa lärandemål kan översättas till strukturerad och användbar data.	3
1.2.4 Automatisering – hur insamling av data kan ske automatiserat	4
1.2.5 LLM som stödverktyg – Hur och var kan LLM:er användas . .	4
1.3 Avgränsningar	5
2 Teori	7
2.1 Utbildningsarkitekturen på Chalmers	7
2.2 Blooms reviderade taxonomi	8
2.3 Läroplanskartläggning	9
2.3.1 Programdesignmatris som verktyg	9
2.4 Grafdatabas	10
2.5 Neo4j	11
2.5.1 Cypher	11
2.6 Informationssilos	11
2.7 Application Programming Interface (API)	11
2.8 Large Language Models (LLM)	12
2.9 Comma Separated Values (CSV)	12
2.10 Inbäddningar (embeddings)	12
2.11 CDIO	13
3 Metod	15
3.1 Klassificering av verb med Blooms Reviderade Taxonomi	15
3.1.1 Databasinsamling av utbildningsmål	15

3.1.2	Extraktion av verb	16
3.1.3	Taxonomisk klassificering	16
3.2	Datastrukturer	18
3.3	Framtagning av Proof of Concept	19
3.3.1	Övergripande grafdesign	19
3.3.2	Gemensamma drag	20
3.3.3	Manuell PoC	20
3.3.4	Inbäddnings-PoC	20
3.3.5	Avgränsningar av PoC	21
3.3.6	Analys av kompetensfrågor	21
3.3.7	Analys av olika programkombinationer	22
3.3.8	Känslighetsanalys	22
3.4	AI-deklaration	22
4	Resultat	23
4.1	Datastruktur	23
4.1.1	Noder	23
4.1.2	Attribut	23
4.2	Kartläggning av programstruktur i Neo4j	24
4.3	Grafdatabasens svar på kompetensfrågor för kvalitetssäkring	26
4.3.1	Stöd för programlärandedsmål i kurslärandedsmål	26
4.3.2	Stöd för LEO i programlärandedsmål	27
4.3.3	Fördelning av Bloom-nivåer	27
4.4	Jämförelse av masterprogram	28
4.5	Känslighetsanalys	29
5	Diskussion	31
5.1	Grafdatabasens förmåga att besvara kompetensfrågor	31
5.2	Jämförelse av masterprogrammet och utbildningsstruktur	32
5.3	Känslighetsanalys och systemets robusthet	33
5.4	Felkällor	33
6	Vidareutveckling	35
6.1	Automatisering av dataflöden	35
6.2	Kartläggning mot industrins kompetensbehov	35
6.2.1	Integration av yrkesprofiler och kompetenser	36
6.2.2	Analys av kunskapsluckor och redundans	36
6.2.3	Kursutveckling och beslutsstöd	36
6.3	Implementera fler utbildningsramverk – CDIO	36
6.3.1	Analys av integrerad läroplan och pedagogisk progression	37
6.3.2	Modellering av praktiska erfarenheter och bedömningsmetoder	37
6.3.3	Automatisering av programutvärdering	37
6.4	Utveckling av användargränssnitt och visualisering	37
6.4.1	Från teknisk presentation till pedagogisk överblick	38
7	Slutsatser	39

Litteraturförteckning	41
A Appendix 1	I

Figurer

2.1	Utbildningsarkitekturen på Chalmers.	7
2.2	Blooms reviderade taxonomi. (Wikimedia Commons, 2023). CC-BY-SA	8
2.3	Förenklad illustration av grafdatabas som visar noder, attribut och relationer	10
3.1	Datastruktur för kurslärandedmål i Excel som redovisar var aktiva verb hamnar i kognitiv/Bloom-nivå.	17
3.2	Datastruktur för kurslärandedmål i Excel.	18
3.3	Omformulering av inadekvat lärandemål till l�sbar CSV-implementering.	19
4.1	Visualisering av grafdatabasen baserat på inbäddnings-PoC:en.	25
A.1	Kurser och poäng för TKMAS �r 1-3	I
A.2	Kurser och poäng för MPAME �r 4-5	II
A.3	Kurser och poäng för MPQOM �r 4-5	II
A.4	Huvudmål f�r LEO och masterprograml�randem�l	III
A.5	Undermål i LEO	III
A.6	Huvudmål f�r TKMAS	III
A.7	Undermål f�r TKMAS	IV
A.8	Undermål f�r MPQOM	IV
A.9	Undermål f�r MPAME	IV

Tabeller

4.1	Förekomst av olika nodtyper i grafdatabasen.	24
4.2	Typer av relationer och deras förekomst.	24
4.3	Antal kopplingar mellan kurslärandedsmål och programlärandedsmål under olika filtreringsvillkor.	26
4.4	Kopplingar mellan programlärandedsmål och mål i den lokala examensordningen.	27
4.5	Fördelning av Bloom-nivåer för programlärandedsmål, kurslärandedsmål och mål i den lokala examensordningen.	28
4.6	Antal mål i den lokala examensordningen med stöd per masterkombination.	29
4.7	Känslighetsanalys på kandidatprogrammet i kombination med masterprogrammet Applied mechanics.	29

1

Inledning

Chalmers tekniska högskola (vidare benämnd Chalmers) strävar kontinuerligt efter att stärka sin position i internationella rankingar. En central fråga i detta arbete är hur utbildningarnas kvalitet och bättre matchning med arbetsmarknaden kan säkerställas och vidareutvecklas. Dessa frågor är återkommande för programansvariga och kräver systematiska angreppssätt för att kunna besvaras.

I dagsläget finns information om högskolans utbildningsprogram, kurser och deras respektive lärandemål huvudsakligen lagrade som text i dokument och digitala plattformar, såsom studieportalen (Chalmers tekniska högskola, 2026b) och student-sidorna på Chalmers hemsida (Chalmers tekniska högskola, 2026a). Att analysera hur dessa målbeskrivningar relaterar till den lokala examensordningen för Chalmers (LEO) (Chalmers tekniska högskola, 2023) är avgörande för att säkerställa utbildningarnas kvalitet och relevans. LEO utgör Chalmers interna regelverk och fungerar som en länk mellan nationell lagstiftning och utbildningarnas praktiska utformning. LEO specificerar kraven för olika examina och säkerställer att de nationella examensmålen, enligt högskoleförordningen (1993:100), integreras i de examina som utfärdas vid Chalmers. Trots detta är det i nuläget svårt att identifiera och överblicka kopplingarna mellan utbildningarnas olika typer av målbeskrivningar, vilket försvårar ett effektivt kvalitetsarbete. En möjlig lösning, för att identifiera och överblicka detta innehåll, är att representera denna information i en grafddatabas, där utbildningens olika komponenter kan modelleras och sammankopplas genom relationer och attribut. En sådan struktur möjliggör en tydligare visualisering av samband mellan olika målbeskrivningar och kan fungera som ett beslutsstöd för programansvariga och för lärosätets interna system för kvalitetssäkring, exempelvis vid revidering eller omstrukturering av kurser. Kvalitetssäkring av utbildningar är mångdimensionell och omfattar bland annat i vilken utsträckning utbildningen uppfyller examensordningens krav, hur väl olika kognitiva nivåer utvecklas hos studenterna samt utbildningens relevans i förhållande till arbetsmarknadens behov.

Sammantaget understryker detta behovet av en strukturerad och överskådlig konceptuell modell för att kunna följa hur såväl teknisk kunskap som professionella färdigheter successivt utvecklas genom hela utbildningscykeln. Genom att tydliggöra sambanden mellan kurser, program och examensmål skapas bättre förutsättningar för en systematisk kvalitetssäkring samt för välgrundade beslut kring utbildningarnas vidareutveckling.

1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att, i form av en Proof of Concept (PoC), undersöka möjligheter och utmaningar med att använda en grafdatabas för att stödja kvalitetssäkring och kvalitetsutveckling av civilingenjörsprogrammet i Maskinteknik (TKMAS) vid Chalmers. Arbetet fokuserar på att explorativt pröva hur kurser, lärandemål och LEO kan representeras och relateras till varandra i en grafdatabas, samt hur dessa samband kan analyseras i förhållande till utbildningsramverk med utgångspunkt i Blooms reviderade taxonomi. Arbetet avser därmed inte att utveckla en färdig modell för beslutsstöd, utan att belysa potential och begränsningar i ett sådant angreppssätt.

1.2 Problemformulering

För att uppfylla syftet har huvudproblemet brutits ned i fem specifika delproblem som redovisas vidare i detta avsnitt. Genom projektets valda metod behandlas följande problemformuleringar:

1. Hur kan utbildningsdata semantiskt modelleras och sammankopplas effektivt i en grafdatabas?
2. Vilka typer av analyser kan genomföras för att säkerställa kvalitet i utbildningsprogram?
3. På vilket sätt kan kvalitativa lärandemål översättas till strukturerad och användbar data?
4. Hur kan insamlingen av relevant utbildningsdata automatiseras?
5. På vilket sätt och inom vilka områden kan stora språkmodeller (LLM) integreras för att effektivisera kartläggningsprocessen?

1.2.1 Semantisk modellering – hur utbildningsdata kan struktureras och sammankopplas effektivt i en grafdatabas

Ett första delproblem är hur kursers lärandemål kan modelleras och relateras till programlärandemål och målen för LEO i en grafdatabas. Lärandemål är semantiskt rika, det vill säga meningar med hög grad av inneboende betydelse som är läsbar för människor och maskiner. I lärandemålen består den inneboende betydelsen av olika nivåer och typer av kunskap, färdigheter och förmågor. Det här innebär att relationerna mellan dessa enskilda informationsobjekt, eller noder som de benämns i grafsammanhang, och andra delar av modellen kan vara komplexa och svåra att strukturera.

Detta delproblem handlar om att tydliggöra vilka typer av noder och relationer som är nödvändiga för att beskriva utbildningens struktur på ett meningsfullt sätt, samt hur Blooms reviderade taxonomi (Anderson m. fl., 2001) kan integreras i modellen. En genomtänkt semantisk modell är avgörande för att säkerställa att grafen korrekt speglar utbildningens innehåll och att kommande explorativa analyser bygger på en stabil grund.

1.2.2 Grafdatabasens analysmöjligheter – vilka typer av analyser som kan genomföras för att säkerställa kvalitet

Ett ytterligare delproblem avser att utforska vilka analytiska möjligheter som grafdatabasen medger och att identifiera vilka av dessa som skapar störst mervärde i kvalitetssäkringsperspektiv. Utan en tydlig koppling mellan representation och analys riskerar grafdatabasen att bli en passiv lagringslösning snarare än ett aktivt analysverktyg som hjälp vid beslutsstöd. De slutgiltiga analyser som projektet berör tas upp i avsnitt 3.3.6, 3.3.7 och 3.3.8.

1.2.3 Översätta text till struktur – hur kvalitativa lärandemål kan översättas till strukturerad och användbar data.

En central utmaning i arbetet är hur lärandemål i löpande text kan tolkas och struktureras för att möjliggöra effektiva analyser med Blooms reviderade taxonomi (Anderson m. fl., 2001) som ramverk för analys av kognitiv utveckling i grafdatabasen. Eftersom formuleringar, detaljnivå och terminologi varierar kraftigt mellan de olika kurslärandemålsformuleringar uppstår utmaningar i att översätta dem till den strikta formella struktur som taxonomin kräver. Inom ramen för detta behöver särskild hänsyn tas till kurser inom människa-teknik-samhälle (MTS), där utmaningen ligger i att säkerställa hur dessa kvalitativa mål kan mappas mot LEO.

Detta delproblem syftar till att identifiera vilken information i lärandemålstexterna som är relevant att använda och hur den informationen kan översättas konsekvent. Att förstå dessa utmaningar är nödvändigt för att undvika feltolkningar och säkerställa att den strukturerade datan bevarar lärandemålens ursprungliga innebörd.

1.2.4 Automatisering – hur insamling av data kan ske automatiserat

För att en grafdatabas som stöd vid beslut ska vara praktiskt användbar över tid krävs att struktureringen av lärandemål kan ske på ett effektivt och skalbart sätt. Detta delproblem handlar om i vilken utsträckning delar av grafdatabasen kan automatiseras och vilka begränsningar som finns för automatiserade tolkningar av semantiskt komplexa målbeskrivningar.

Här är det särskilt viktigt att belysa avvägningen mellan effektivitet och semantisk korrekthet. Automatisering kan minska arbetsbördan och möjliggöra kontinuerliga uppdateringar, men innebär samtidigt risker för felaktiga eller förenklade tolkningar. Att förstå dessa begränsningar är avgörande för att bedöma lösningens tillförlitlighet och användbarhet.

1.2.5 LLM som stödverktyg – Hur och var kan LLM:er användas

Det sista delproblemet rör hur stora språkmodeller (LLM) kan användas som stöd i arbetet med tolkning, klassificering och strukturering av lärandemål. Språkmodeller har visat god förmåga att hantera naturligt språk och identifiera semantiska samband, vilket gör dem relevanta i detta sammanhang.

Samtidigt är språkmodellens beteende probabilistiskt och deras beslut svåra att fullt ut förklara, vilket väcker frågor om transparens och reproducerbarhet. Detta delproblem är därför viktigt för att kritiskt analysera vilken roll språkmodeller bör spela i systemet och hur de kan komplettera, snarare än ersätta, formella modeller och mänsklig granskning.

1.3 Avgränsningar

För att säkerställa projektets genomförbarhet inom givna ramar har ett antal avgränsningar definierats. Arbetet tar sin utgångspunkt i LEO som fastställts av Chalmers (Chalmers tekniska högskola, u. å), då dessa är förankrade i högskoleförordningen och därmed utgör en robust, statligt godkänd grund för analys. De målbeskrivningar i LEO som behandlas inom projektet är avgränsade till de som är kopplade till civilingenjörsexamen. Detta innebär att jämförelser och analyser endast är meningsfulla när både kandidat och masterdelarna av civilingenjörsutbildningen beaktas i sin helhet.

Projektets fokus är specifikt avgränsat till civilingenjörsprogrammet i maskinteknik (TKMAS) på 300 högskolepoäng. Inom ramen för detta studeras korrelationen mellan grundutbildningens kurslärandedsmål och de för närvarande existerande masterprogrammen. Då maskinteknikprogrammet för närvarande omfattar 17 ackrediterade och associerade masterprogram, avgränsas studien till att behandla två masterprogram. Projektet undersöker masterprogrammet Applied mechanics (MPAME) och Quality and operations management (MPQOM). Valet av dessa två program motiveras utifrån behovet av att testa grafdatabasens förmåga att hantera olika grader av korrelation gällande utbildningsområde och ämnesmässig närhet. Vidare exkluderas den pågående interna omstruktureringen av lärosätets masterprogram.

Den pedagogiska analysen avgränsas till att utgå från det pedagogiska ramverket Blooms reviderade taxonomi.

2

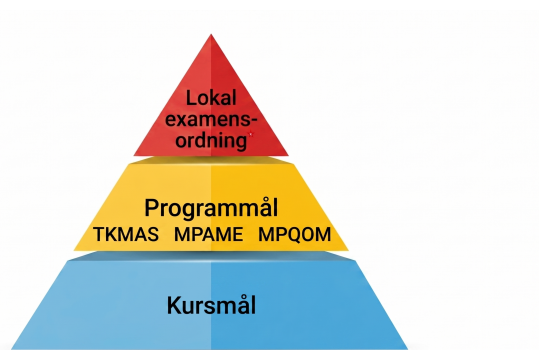
Teori

I detta kapitel presenteras de pedagogiska ramverk och tekniska koncept som ligger till grund för arbetets genomförande och analys. Teorin syftar till att skapa förståelse för såväl utbildningsrelaterade begrepp som tekniska principer, vilka tillsammans är centrala för att kunna representera och analysera utbildningsstrukturer i en grafdatabas.

2.1 Utbildningsarkitekturen på Chalmers

Chalmers utbildningsarkitektur kan liknas vid en hierarkisk pyramid där varje nivå måste korrelera med nivån ovanför för att säkerställa utbildningens kvalitet och juridiska giltighet. Denna struktur säkrar att de nationella målen i högskoleförordningen bryts ned i konkreta pedagogiska moment.

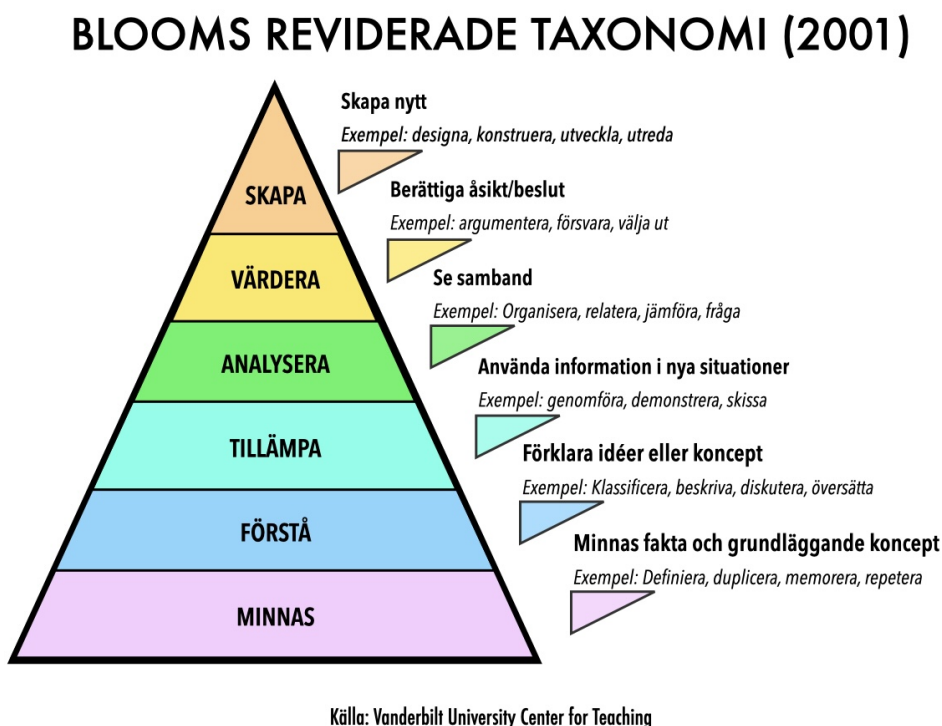
Figur 2.1 illustrerar utbildningens målhierarki i form av en pyramid. Basen i pyramiden utgörs av kurslärandedmålen, ibland kallat lärandemål, där utbildningens konkreta innehåll definieras i form av de kunskaper, färdigheter och förmågor studenten förväntas uppnå efter avslutad kurs. För att utbildningsstrukturen ska vara sammanhängande behöver kurslärandedmålen kunna härledas uppåt till programlärandedmålen, exempelvis inom TKMAS samt masterprogrammen MPAME och MPQOM, vilka i sin tur kopplas till LEO som definierar de övergripande kraven för examen vid högskolan.



Figur 2.1: Utbildningsarkitekturen på Chalmers.

2.2 Blooms reviderade taxonomi

Blooms reviderade taxonomi (Anderson m. fl., 2001) utgör ett pedagogiskt ramverk som tillämpas inom såväl utbildningsväsende som arbetsliv för att säkerställa att lärandet sträcker sig bortom ren memorering av teorier. Ramverket är en hierarkisk modell som delar upp lärande i sex nivåer. De lägre nivåerna (minnas, förstå och använda) fokuserar på att förvärva kunskap och bygga en stabil bas för lärande. De högre nivåerna (analysera, värdera och skapa) handlar om kunskapsöverföring, där studenten kritiskt granskar information för att slutligen kunna generera egna innovationer eller komplexa lösningar (Tíjaro-Rojas m. fl., 2016). De olika stegen tydliggörs i form av aktiva verb som i sin tur används i kurslärändemålen vilket skapar en tydlig bild av vilken nivå kursen ämnar att förbereda studenten på att uppnå. Se figur 2.2.



Figur 2.2: Blooms reviderade taxonomi. (Wikimedia Commons, 2023). CC-BY-SA

2.3 Läroplanskartläggning

Läroplanskartläggning är en systematisk metod för att dokumentera och visualisera en utbildnings läroplan, där man i en matris eller översikt kartlägger hur kurser, lärandemål och kompetenser hänger samman (Harden, 2001). Syftet är att skapa transparens kring vad som undervisas, när det sker och hur kunskapen progressivt byggs upp, vilket gör det möjligt att identifiera luckor, överlappningar och säkerställa att utbildningen som helhet uppfyller sina mål och eventuella externa krav (American Association of Colleges of Nursing, 2021; Mueller-Burke m. fl., 2024).

2.3.1 Programdesignmatris som verktyg

För att implementera teorin om läroplanskartläggning används ofta en programdesignmatris, ett exempel på detta är en så kallad IUA-matris. Matrisen fungerar som ett visuellt analysverktyg där utbildningens kurser ställs mot de övergripande programlärandemålen. Syftet är att kartlägga var, när och hur varje mål behandlas under utbildningens gång för att säkerställa en logisk progression och att samtliga mål faktiskt uppfylls, något som är i linje med teorin om constructive alignment vilket är en grundprincip för kursdesign som används främst i Europa (Biggs & Tang, 2015).

IUA-modellen kategoriserar studentens interaktion med ett lärandemål i tre nivåer:

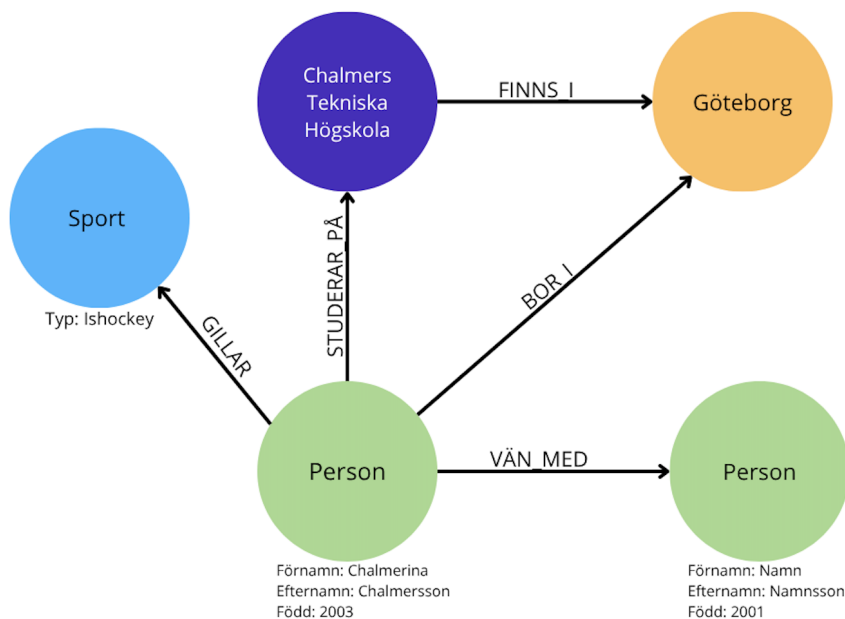
Introducera (I): Studenten möter kunskapsområdet eller färdigheten för första gången. Fokus ligger på grundläggande förståelse och begreppsbildning. Examineras inte explicit och behöver inte stå med i kurslärandemålen. Kan exempelvis nämnas på föreläsning.

Undervisa (U): Kunskapen eller färdigheten undervisas systematiskt och examineras. Finns med i kurslärandemålen. Exempelvis förmågan att beskriva ett system finns med som ett kurslärandemål och examineras på en tentamen.

Använda (A): Kunskaper och färdigheter används som ett redskap för att uppnå andra, mer komplexa mål. Själva färdigheten examineras inte separat, men förväntas finnas på plats. Ett exempel är när studenter levererar en skriftlig rapport; fokus ligger på sakinnehållet, men studenten får ändå respons på den kommunikativa förmågan.

2.4 Grafdatabas

En grafdatabas är ett sätt att spara information som inte följer den vanliga modellen med tabeller. Istället för rader och kolumner organiseras datan som ett nätverk av sammanlänkade noder och relationer. Noder representerar entiteter som i sin tur kan innehålla ytterligare egenskaper som benämns attribut, medan relationer representerar relationerna mellan dem (Besta m. fl., 2023). Till skillnad från traditionella relationsdatabaser är grafdatabaser särskilt lämpade för att hantera komplexa, sammankopplad data eftersom de naturligt fångar relationerna mellan dataelement och möjliggör effektiv navigering genom dessa relationer (Agrawal & Patel, 2016). Figur 2.3 illustrerar en förenklad version av grafdatabas. I figuren motsvarar de färgade cirkelarna noder och pilarna illustrerar relationer. Både noder och relationer kan ha attribut, vilket är extra information om objektet. En person-nod kan ha attribut som "Förnamn" eller "Född", medan en relation kan ha attribut som visar vilket år en koppling skapades. Grafdatabaser används inom en rad olika områden, inklusive sociala nätverk, e-handel och hälso- och sjukvård, där de möjliggör avancerad analys som nodklassificering och grafklassificering (Besta m. fl., 2023).



Figur 2.3: Förenklad illustration av grafdatabas som visar noder, attribut och relationer

2.5 Neo4j

Neo4j är en grafdatabasplattform som används för att lagra och hantera data i form av noder och relationer. Den är särskilt optimerad för att representera samband som extraheras från ostrukturerad text, såsom dokument, CV:n eller innehåll från sociala medier (Bharti m. fl., 2024). Neo4j kännetecknas av hög skalbarhet och kan effektivt bearbeta stora datamängder med miljontals noder och relationer. För datahämtning och analys använder Neo4j frågespråket Cypher (Bharti m. fl., 2024).

2.5.1 Cypher

Cypher är ett frågespråk för grafdatabaser som implementerar ISO-GQL-standarden och används av system som Neo4j, MemGraph och Amazon Neptune (Boudaoud & Mahfoud, 2024). En Cypher-fråga består av tre huvudsatser: *Match* för att specificera sökta mönster, *Where* för att filtrera med attributvillkor och *Return* för att visa resultatet (Boudaoud & Mahfoud, 2024).

2.6 Informationssilos

Informationssilos uppstår när information eller data isoleras inom en specifik avdelning, organisation eller system, istället för att delas och integreras med andra relevanta parter (Miller & Tucker, 2014). Detta innebär att värdefull kunskap förblir inlåst och inte når de som skulle kunna ha nytta av den. Informationssilos kan uppstå av olika anledningar, såsom tekniska begränsningar, organisatoriska strukturer, bristande incitament för samarbete eller strategiska överväganden där information ses som en konkurrensfördel (Miller & Tucker, 2014). Konsekvenserna blir ofta ineffektivitet, dubbelarbete, bristande helhetssyn och förlorade möjligheter till innovation och förbättrat beslutsfattande. Att bryta ner informationssilos är därför en central utmaning inom många områden, särskilt där samverkan över organisationsgränser är avgörande för kvalitet och effektivitet (Miller & Tucker, 2014).

2.7 Application Programming Interface (API)

Ett Application Programming Interface (API) fungerar som en central byggsten i dagens digitala ekosystem och kan definieras som en uppsättning rutiner, protokoll och resurser som möjliggör interaktion och datautbyte mellan olika mjukvarusystem och tjänster (Aharon m. fl., 2025). Den snabba spridningen och användningen av webb-API:er har kraftigt underlättat flexibel systemutveckling och sammankopplat applikationer globalt.

2.8 Large Language Models (LLM)

Stora språkmodeller (LLM) är storskaliga neurala nätverk, som har tränats på massiva mängder textdata med det grundläggande syftet att statistiskt förutsäga nästa token (ord eller tecken) i en sekvens (Li m. fl., 2025; Zierahn m. fl., 2026). Denna underliggande mekanik ger modellerna en avancerad förmåga att tolka och resonera utifrån textbaserade instruktioner (Hui m. fl., 2026). Tekniskt sett hanterar en LLM all inmatad text som en platt sekvens där uppmärksamhetsmekanismer (attention) används för att identifiera och bevara relevant kontext, medan framåtkopplade nätverk (feed-forward networks) lagrar och tillämpar det parametriska minnet från träningsfasen (Li m. fl., 2025). Eftersom LLM:er opererar genom att statistiskt replikera mönster snarare än genom faktisk kognitiv förståelse, saknar de inre autonoma egenskaper och deras svar är djupt beroende av den specifika prompt och kontext som ges i stunden (Zierahn m. fl., 2026). Arkitekturens starka beroende av sitt inkodade parametriska minne innebär även en inbyggd risk för hallucinationer dvs att modellen genererar flytande men faktamässigt felaktiga påståenden vilket gör det kritiskt att förstärka systemet med extern strukturerad data (exempelvis via en grafdatabas) för att säkerställa tillförlitlighet (Li m. fl., 2025).

2.9 Comma Separated Values (CSV)

Comma Separated Values (CSV) är ett vanligt och okomplicerat format för lagring av data i textform. Dess struktur bygger på en radbaserad logik där varje textrad i en CSV-fil representerar en post, där enskilda datapunkter skiljs åt av ett avgränsningstecken, oftast i form av ett kommatecken. Formatet är särskilt fördelaktigt vid hantering av stora datamängder då det är implementerbart på många plattformar och enkelt kan tas fram från kalkylprogram (Tapsai, 2018).

CSV-filer kan fungera som ett effektivt verktyg att föra över information till databaser, vilket möjliggör sammankopplingar mellan olika datakällor. En stor fördel med CSV-filer är deras höga kompatibilitet och låga komplexitet (Tapsai, 2018).

2.10 Inbäddningar (embeddings)

Semantiska inbäddningar, eller embeddings, är en metod för att representera text eller andra informationsobjekt som numeriska vektorer. Syftet är att fånga objektens betydelse på ett sätt som gör dem möjliga att jämföra matematiskt. Objekt med liknande innebörd placeras nära varandra i ett högdimensionellt vektorrum, medan objekt med mer skilda betydelser hamnar längre ifrån varandra (Reimers & Gurevych, 2019).

Inbäddningar används ofta inom språkteknologi och semantisk analys för att identifiera likheter mellan texter som inte nödvändigtvis innehåller samma ord. Exempelvis kan två meningar beskriva samma kompetens eller kunskap, även om formuleringarna skiljer sig åt. Genom att representera meningarna som vektorer kan deras

semantiska likhet uppskattas med hjälp av ett likhetsvärde vid jämförelse. Ett högre likhetsvärde påvisar högre semantisk likhet mellan två meningar. (Reimers & Gurevych, 2019).

I kunskapsgrafer kan inbäddningar även användas för att analysera samband mellan noder och relationer. På så sätt kan tekniken bidra till att identifiera potentiella kopplingar eller mönster som inte framgår genom direkta ordmatchningar (Zhang m. fl., 2025).

2.11 CDIO

CDIO-initiativet (Conceive – Design – Implement – Operate) är ett internationellt ramverk för att reformera ingenjörsutbildningar som grundades år 2000 genom ett samarbete mellan Massachusetts Institute of Technology (MIT) och tre svenska lärosäten, däribland Chalmers (Malmqvist m. fl., 2010). Ramverket syftar till att sätta ingenjörstuderingen i en professionell kontext där hela livscykeln för produkter, processer och system står i centrum (Malmqvist m. fl., 2010). CDIO vilar på två centrala pelare: CDIO Syllabus, som definierar mätbara mål för personliga, professionella och tekniska färdigheter, samt tolv kvalitetsstandarder som fungerar som riktlinjer för programutveckling och utvärdering (Malmqvist m. fl., 2010).

Dessa tolv standarder kan kategoriseras utifrån deras fokusområden:

Programfilosofi och mål (Standard 1–4): Fastställer CDIO som utbildningens kontext (1), definierar specifika lärandemål (2), skapar en integrerad läroplan (3) samt introducerar ingenjörssyrket tidigt i utbildningen (4) (Malmqvist m. fl., 2010).

Undervisning och lärmiljö (Standard 5–8): Betonar praktiska design-build-erfarenheter (5), tillgång till relevanta arbetsplatser och verkstäder (6), integrerade lärandeupplevelser där tekniska och professionella färdigheter samövas (7) samt användandet av aktivt lärande (8) (Malmqvist m. fl., 2010).

Lärarstöd och utvärdering (Standard 9–12): Fokuserar på utveckling av lärarnas tekniska (9) och pedagogiska kompetens (10), bedömning av studenternas CDIO-färdigheter (11) samt kontinuerlig programutvärdering (12) (Malmqvist m. fl., 2010).

En central metodik inom ramverket är användandet av en integrerad programbeskrivning och en programdesignmatris för att mappa programmets övergripande mål mot enskilda kursers lärandemål, vilket säkerställer spårbarhet och progression genom hela utbildningen (Malmqvist m. fl., 2010).

3

Metod

I följande kapitel presenteras den kvantitativa metodiken. För att underlätta förståelsen är kapitlet inte uppbyggt kronologiskt eftersom vissa moment har genomförts cykliskt eller upprepats under projektets gång.

3.1 Klassificering av verb med Blooms Reviderade Taxonomi

För att göra det möjligt att implementera Blooms reviderade taxonomi i praktiken genomfördes en systematisk insamling och analys av de olika målbeskrivningarna kopplade till civilingenjörsprogrammet i Maskinteknik år 1-3 (TKMAS), masterprogrammen Applied mechanics (MPAME) och Quality and operations management (MPQOM), samt LEO. Arbetet strukturerades i tre huvudsakliga faser: datainsamling, extraktion av verb samt taxonomisk klassificering.

3.1.1 Datainsamling av utbildningsmål

Det empiriska underlaget utgjordes av kurslärandedsmål, programlärandedsmål och målen för LEO. Inledningsvis hämtades kurslärandedsmål för alla kurser på TKMAS år 1-3, samt masterprogrammen MPAME och MPQOM på Chalmers studieportal. För att under årskurs 1-3 uppnå ett kursinnehåll av 180hp valdes två stycken valbara kurser ut, varav en ger studenten behörighet till att läsa masterprogrammet MPAME.

Därefter samlades programlärandedmålen in för utbildningsprogrammen TKMAS, MPAME och MPQOM från respektive programbeskrivningsdokument som tillhandagavs från programansvariga för respektive program, dessa återfinnes även på Chalmers hemsida (Chalmers tekniska högskola, 2026a).

Examensmålen samlades in från LEO som återfanns på hemsidan (Chalmers tekniska högskola, u. å).

3.1.2 Extraktion av verb

I nästa steg extraherades verben från samtliga målbeskrivningar, då dessa enligt taxonomin bär den primära informationen om målets kognitiva nivå.

För att säkerställa precision kombinerades AI-baserade verktyg med en manuell genomgång vid identifieringen. De extraherade verben sammanställdes därefter i ett kalkylark för att möjliggöra en strukturerad bearbetning, se Figur 3.1.

3.1.3 Taxonomisk klassificering

Varje identifierat verb klassificerades utifrån de sex kognitiva nivåerna i Blooms reviderade taxonomi: minnas, förstå, tillämpa, analysera, utvärdera och skapa. Processen genomfördes i två steg. Först kategoriserades verben med stöd av AI. Sedan granskades resultaten och justerades manuellt för att säkerställa en konsekvent tolkning och hög reliabilitet i klassificeringen.

Den använda datastrukturen illustreras i Figur 3.1, där varje kolumn representerar en kognitiv nivå, i detta projekt kallad Bloom-nivå. För att konkretisera processen kan kurslärarmålet ”Förklara möjligheterna och begränsningarna med tillståndsmodeller...” användas som exempel. Här identifieras verbet förklara, vilket enligt modellen i Figur 3.1 placeras under nivån förstå.

Genom att applicera detta metodsteg på samtliga insamlade mål skapades en strukturerad representation av utbildningens kognitiva profil. Detta resulterade i en semantisk modell som möjliggjorde vidare analys av relationerna mellan programmets olika delar och mål.

Kognitiva processer					
Minnas	Förstå	Tillämpa	Analysera	Värdera	Skapa
Komma ihåg	Förstå med egna ord	Använda i den aktuella kontexten	Ta isär i komponenter för att förstå strukturen	Bedömning genom kriterier	Sammanställa nya strukturer
definiera	förklara	bestämma	analysera	reflektera	skapa
identifiera	beskriva	använda	avgöra	utvärdera	planera
ange	redogöra	härleda	kombinera	motivera	konstruera
känna till	diskutera	beräkna	välja	granska	modellera
söka	förstå	tillämpa	jämföra	kritisera	upprätta
lära	berätta	lösa	frilägga	bedöma	göra
hitta	tolka	implementera	sammanställa	bevisa	formulera
inhämta	ställa	utföra	reducera	argumentera	transformera
introducera	förklara	skriva	resonera	värdera	designa
observera	exemplifiera	framställa	integrera	återkoppla	producera
lista	sammanfatta	visa	karaktärisera	ifrågasätta	föreslå
återge	försvara	presentera	relatera	approximera	tillverka
ha kunskap	insikt i	göra	förutsäga	värdera	skriva
	redovisa	genomföra	uppskatta	diskutera	strukturera
	Anta	sätta	diagonalisera	problematisera	kombinera
		dokumentera	kartlägga	verifiera	utarbete
		ansätta	ställa upp	validera	förenkla
		räkna	synliggöra		generera
		mäta	beakta		utforma
		anpassa	dra slutsatser		bidra till
		handha	kvantifiera		utveckla
		hålla			ta fram
		bereda			etablera
		synliggöra			vidareutveckla
		uttnytja			optimera
		Inkludera			förbättra
		diskretisera			förfina
		dimensionera			
		simulera			
		styra			
		leda			
		samverka			
		basera på			
		hantera			
		medverka			
		delta			
		fullgjort			
		manipulera			
		arbeta med			
		samarbeta			
		demonstrera			
		behärska			
		guida			
		applicera			

Figur 3.1: Datastruktur för kurslärandedmål i Excel som redovisar var aktiva verb hamnar i kognitiv/Bloom-nivå.

3.2 Datastrukturering

I syfte att göra den insamlade datan överförbar till grafdatabasen, strukturerades den initialt i tabellform via Microsoft Excel och organiserades i rader, där varje entitet definierades utifrån fyra attribut: ID, Parent ID, Beskrivning och Blooms verb. Se Figur 3.2 för ett exempel på strukturering.

Variabeln ID utgörs av en unik numerisk identifierare i löpande ordning. Parent ID används för att etablera hierarkiska relationer mellan specifika mål och deras tillhörande kurs eller program. Kolumnen Beskrivning innehåller den extraherade textsträngen för respektive mål, medan Bloom-verb representerar det specifika verb som identifierats i textsträngen i enlighet med vald taxonomi.

ID	Parent ID	Beskrivning	Blooms-verb
1	MTF042	förklara grundläggande begrepp inom teknisk termodynamik, som energi, värme och arbete.	Förklara
2	MTF042	förklara grundläggande begrepp om fluiders egenskaper och tillstånd.	Förklara
3	MTF042	tillämpa termodynamikens 1:a huvudsats på slutna och öppna system.	Tillämpa
4	MTF042	förklara innebörden av termodynamikens 2:a huvudsats och de begränsningar som finns för omvandlingsprocesser.	Förklara
5	MTF042	använda termodynamiska samband, diagram och tabeller för att beräkna olika tillståndstorheter.	Använda
6	MTF042	beskriva i detalj vad en termodynamisk cykel är samt skillnaden mellan reversibla och icke-reversibla processer.	Beskriva
7	MTF042	förklara hur de vanligaste termodynamiska cyklerna fungerar, Otto, Diesel, Clausius-Rankine och Brayton.	Förklara
8	MTF042	förklara principerna för ångkraftprocessen (Clausius-Rankine), gasturbinprocessen (Brayton), kompressordrivna förbränningsprocessen och förbränningsmotorn (Otto och Diesel).	Förklara
9	MTF042	förklara grundläggande principer för värmetransport genom värmeledning och konvektiv värmeöverföring samt hur värmetransport i värmväxlare påverkas av geometrier, material och strömningsmekanik.	Förklara
10	MTF042	kunna lösa problem relaterade till dessa processer och principer som tillämpas för att öka verkningsgraden samt värmetransport.	Lösa
11	MTF042	förklara övergripande tekniska funktionerna hos termisk-, kärn-, vind-, vatten- och solkraft	Förklara
12	MTF042	diskutera hållbarhet och etiska aspekter rörande energisystem.	Diskutera
13	MTF042	skriva en teknisk rapport	Skriva
14	TMV225	tillämpa grundläggande notation för mängdlära.	tillämpa
15	TMV225	tillämpa grundläggande notation för matematisk logik.	Tillämpa
16	TMV225	definiera de reella talen.	definiera

Figur 3.2: Datastruktur för kurslärandedmål i Excel.

Vid insamling av textsträngar genomfördes smärre justeringar för att säkerställa en enhetlig datastruktur och underlätta importen till grafdatabasen. Ett mindre antal kurser med kurslärandedmål författade på engelska översattes till svenska. I de fall kurs- och programlärandedmål uppvisade en inadekvat struktur genomfördes en omstrukturering. Med inadekvat struktur avses här formuleringar som avviker från den tydliga struktur med kognitivt förklarande verb som föreskrivs i Blooms reviderade taxonomi. Denna omstrukturering innebar i vissa fall att en större textsträng som innefattade flera mål delades upp i enskilda punkter. Se Figur 3.3. Vid samtliga justeringar vidtogs korrekturläsning för att säkerställa att det faktiska innehållet förblev oförändrat. Eventuella felkällor, kopplade till omstrukturering och översättning, diskuteras vidare i avsnitt 5.4.

Lärandemål (efter fullgjord kurs ska studenten kunna)

Efter kursen skall studenterna kunna implementera metoderna som ingår i kursen, för att stödja en kundcentrerad produktutvecklingsprocess. Metoderna fokuserar på att identifiera kundbehov och översätta dessa till produktattribut som också tar hänsyn till kunders betalningsvillighet. Studenterna skall också kunna inte bara leda och guida tillämpningen av metoderna, men också kritiskt reflektera över deras teoretiska bas och på deras tillämpning i olika kontext.



30	TEK161	Efter kursen skall studenterna kunna implementera metoderna som ingår i kursen, för att stödja en kundcentrerad produktutvecklingsprocess.	Implementera
31	TEK161	Metoderna fokuserar på att identifiera kundbehov och översätta dessa till produktattribut som också tar hänsyn till kunders betalningsvillighet.	Identifiera, Översätta
32	TEK161	Studenterna skall också kunna inte bara leda och guida tillämpningen av metoderna, men också kritiskt reflektera över deras teoretiska bas och på deras tillämpning i olika kontext.	Guida, Reflektera

Figur 3.3: Omformulering av inadekvat lärandemål till läsbar CSV-implementering.

3.3 Framtagning av Proof of Concept

En central del av arbetet bestod av att utveckla två PoC-implementationer för att undersöka hur en grafdatabas kan användas för att analysera relationer mellan kurslärandemål, programlärandemål och LEO. Syftet var inte att utveckla en färdig produkt för slutanvändare, utan att skapa prototyper som visar hur utbildningsdata kan struktureras, kopplas samman och analyseras i en grafdatabas.

3.3.1 Övergripande grafdesign

Grafdatabasens struktur utformades iterativt under arbetets gång. Den slutliga modellen byggdes kring utbildningens hierarkiska struktur, där program kopplas till kurser och programlärandemål, kurser kopplas till kurslärandemål och mål i LEO samt programbeskrivningar delas upp i huvudmål och undermål. På så sätt kunde relationer mellan olika utbildningsnivåer representeras explicit i grafen.

Under designprocessen gjordes även avvägningar mellan vilken information som skulle modelleras som egna noder och vilken information som skulle lagras som attribut. Exempelvis behandlades målbeskrivningar och högskolepoäng som attribut i stället för separata noder, eftersom detta bevarade relevant information utan att öka grafstrukturens komplexitet. Blooms reviderade taxonomi modellerades däremot genom separata noder för kognitiva nivåer och identifierade verb, eftersom dessa användes aktivt i den pedagogiska analysen.

Modellens initiala omfattning inkluderade även en möjlig kvalitetssäkring av programdesignmatriser för TKMAS, MPAME och MPQOM. Detta avgränsades dock bort eftersom en verifiering enligt IUA-strukturen hade krävt mer detaljerat underlag, exempelvis examinationsmaterial, laborationsuppgifter och kursmaterial där moment introduceras utan att uttryckligen framgå av kurslärandemålen. En sådan insamling bedömdes ligga utanför projektets omfattning.

3.3.2 Gemensamma drag

Båda PoC-versionerna utgick från samma källmaterial i CSV-format och importerades till Neo4j. De gemensamma nodtyperna representerade kurser, kurslärandedmål, programlärandedmål, LEO-mål, Bloom-nivåer och Bloom-verb. Relationerna användes för att beskriva dels utbildningens organisatoriska struktur, dels målhierarkier och kopplingar till Blooms reviderade taxonomi.

De två modellerna utvecklades separat men med liknande grundstruktur. Den manuella PoC:en användes för att etablera och kontrollera den grundläggande grafstrukturen, medan inbäddnings-PoC:en byggde vidare på modellen genom att tillföra semantiska kandidatrelationer mellan målformuleringar.

3.3.3 Manuell PoC

I den manuella PoC:en skapades relationer mellan program, kurser och mål genom Cypher-skript. Strukturella relationer användes för att exempelvis koppla program till kurser och kurser till kurslärandedmål. Hierarkiska relationer användes för att koppla övergripande mål till delmål. Därutöver skapades analytiska relationer mellan målbeskrivningar, identifierade verb och Bloom-nivåer. Den manuella PoC:en användes därmed för att etablera den grundläggande grafstrukturen och säkerställa att utbildningsdata kunde representeras på ett analyserbart sätt. Vidare användes den manuella PoC:en för att besvara och jämföra inbäddnings-PoC:en svar på kontrollfrågor, i syfte att ge perspektiv om rimlighet i svaren.

3.3.4 Inbäddnings-PoC

Den inbäddningsbaserade implementationen började utvecklas när grunderna till den manuella implementationen var på plats. Syftet med den inbäddningsbaserade implementationen var till en början att undersöka om det var möjligt att dra kopplingar mellan semantiska likheter i olika målnivåer med hjälp av inbäddningar. Till följd av den undersökande utgångspunkten startade denna PoC som en smal modell som enbart fokuserade på ett litet antal kurser. Efter den inledande testfasen utökades modellen för att omfatta samma typ av utbildningsdata som den manuella implementationen, med inbäddningar som ytterligare dimension.

För att skapa inbäddningarna användes "BAAI/bge-m3" via Hugging Face API. För varje kurslärandedmål, programlärandedmål och LEO-mål skapades en vektor med 1024 dimensioner som representerade målets textinnehåll. Därefter jämfördes varje inbäddningsvektor för kurslärandedmål med alla inbäddningsvektorer för programlärandedmål. För varje kurslärandedmål sparades de fem programlärandedmål som hade högst likhetsvärde. På motsvarande sätt sparades de fem LEO-mål som hade högst likhetsvärde för varje programlärandedmål. I denna implementation är likhetsvärdet ett värde mellan 0 och 1. De sparade kopplingarna importerades till grafdatabasen som relationer av typen CANDIDATE_ALIGNMENT, där relationen fick kopplingsens likhetsvärde som attribut.

För att tolka likhetsvärde genomfördes en manuell granskning av ett urval av genererade kandidatrelationer, det vill säga relationer som har högst likhetsvärde. Syftet var att undersöka hur olika nivåer av likhetsvärde motsvarade de manuellt bedömda semantiska likheterna mellan målbeskrivningar. Utifrån denna granskning användes 0,75 som en ungefärlig nedre gräns för möjlig semantisk koppling, medan värden från cirka 0,82 och uppåt bedömdes indikera stark semantisk koppling i det granskade materialet. Vidare används även ett så kallat Bloom-villkor som ytterligare filtrering. Villkoret innebär att ett kurslärändemål endast anses vara en giltig koppling till ett programlärändemål om dess Bloom-nivå är samma som eller högre än programlärändemålet, baserat på vilken nivå lärandemålets aktiva verb klassificerats in. Dessa gränser användes inte som absoluta bevis på måltäckning, utan som stöd för att tolka och filtrera kandidatrelationer i den fortsatta analysen.

3.3.5 Avgränsningar av PoC

PoC:arna avgränsades till att undersöka den tekniska och analytiska genomförbarheten i att använda grafdatabaser för utbildningsanalys. De utvecklades därför inte som fullständiga system för slutanvändare. Prototyperna saknade grafiskt användargränssnitt, och interaktion med modellerna skedde direkt i Neo4j eller via API. Analysresultaten hämtades genom Cypher-frågor och presenterades som tabeller eller rådata. Vidare automatiserades inte hela dataflödet från Chalmers interna system. Delar av datainsamlingen och datarensningen genomfördes manuellt för att skapa ett kontrollerat underlag för PoC:arna. Även kvalitetssäkring av programdesignmatriser enligt IUA-strukturen avgränsades bort, eftersom detta hade krävt ett mer omfattande kurs- och examinationsunderlag. Avgränsningarna gjorde det möjligt att fokusera på grafmodellernas struktur, relationerna mellan utbildningsmål och möjligheten att analysera måltäckning.

3.3.6 Analys av kompetensfrågor

För att verifiera PoC:arnas användbarhet testades modellerna mot tre kvalitetssäkrande analysfrågor. Syftet var att undersöka om grafmodellerna kunde användas för att identifiera potentiella luckor, analysera kognitiv nivå och följa spårbarheten mellan målbeskrivningar för kurser, program och LEO.

De tre frågorna som användes var:

- 1: "Hur väl stöds programlärändemål av kurslärändemål?"
- 2: "Hur väl stöds LEO av programlärändemål?"
- 3: "Hur fördelas Bloom-nivåer över programlärändemål?"

Den första frågan användes för att undersöka om programlärändemålen hade stöd i kurslärändemålen. Den andra frågan användes för att undersöka spårbarheten mellan programlärändemål och LEO-mål. Den tredje frågan användes för att analysera den kognitiva nivån i målbeskrivningarna utifrån Blooms reviderade taxonomi.

Eftersom inbäddnings-PoC:en innehöll samma typ av Bloom-klassificering som den manuella PoC:en och dessutom kompletterades med semantiska kandidatrelationer, användes inbäddnings-PoC:en som huvudsaklig modell för analyserna i resultatkapitlet. Den manuella PoC:en fungerade främst som en första implementation för att etablera grafstrukturen och verifiera att utbildningsdata kunde representeras med noder, relationer och Bloom-kopplingar. Inbäddnings-PoC:en användes därefter för att analysera både semantisk likhet mellan målformuleringar och kognitiv nivå enligt Blooms reviderade taxonomi.

3.3.7 Analys av olika programkombinationer

För att jämföra hur väl olika programkombinationer uppfyller LEO analyserades antalet mål som hade minst en koppling till programlärandemål under olika filtreringsvillkor. Analysen genomfördes dels för samtliga mål i LEO, dels för ett reducerat urval där de formella kraven exkluderades. Jämförelsen gjordes mellan kombinationen av masterprogrammen MPAME och MPQOM med den gemensamma grunden av de första tre åren på civilingenjörsprogrammet TKMAS.

3.3.8 Känslighetsanalys

För att pröva robusthet i täckning mot programlärandemål genomfördes en känslighetsanalys av kombinationen mellan kandidatprogrammet TKMAS och masterprogrammet MPAME. Analysen utfördes genom en systematisk exkludering, där kurser togs bort en efter en, i syfte att identifiera eventuella sårbarheter och avgöra om specifika programlärandemål helt förlorade sin förankring när enskilda kurser avlägsnades. Särskilt fokus lades vid att undersöka känsligheten hos de mål som uppvisade lägst stöd vid en strikt filtrering. Kriterierna krävde ett likhetsvärde över 0,82 och att kursens Bloom-nivå motsvarade eller översteg programlärandemålets krav.

3.4 AI-deklaration

Inom flera delar av projektet användes de generativa AI-modellerna Gemini och ChatGPT som stödverktyg. Dels nyttjades modellerna för att optimera rapporttextens språkliga utformning genom korrigerande av grammatik, förbättring av meningsbyggnad och organisering av rapportens struktur för ett mer logiskt flöde. Dels användes AI som ett tekniskt och analytiskt hjälpmedel för att extrahera verb ur kursplanernas lärandemål, klassificera dessa utifrån nivåerna i Blooms reviderade taxonomi, samt för att granska och finslipa projektets kod. De generativa modellerna användes dock inte för att generera rapportens intellektuella kärna, såsom problemformuleringar, syfte, metodval och teoretiska resonemang. Allt övergripande källmaterial och de vetenskapliga avvägningarna formulerades uteslutande av projektgruppen, som även manuellt validerade all AI-assisterad kod, dataklassificering och text för att säkerställa att det slutgiltiga resultatet var korrekt och representerade gruppens eget arbete.

4

Resultat

Resultaten i detta kapitel behandlar svar på de delproblem som formulerades i avsnitt 1.2. Vidare presenteras resultat på de kompetensfrågor och analyser som presenterades i metoden.

4.1 Datastruktur

Den resulterande datastrukturen består av noder för kurser, kurslärandedmål, programlärandedmål, LEO-mål, Bloom-nivåer och identifierade Bloom-verb. Underlaget omfattar kurser för TKMAS, MPAME och MPQOM.

4.1.1 Noder

Varje enskild kurs utgör en unik nod. I projektets CSV-struktur definieras dessa genom givna unika kurskoder, se figurer A.1, A.2, A.3. Dessa noder fungerar som nav för tillhörande lärandemål.

Utbildningsmålen har brytits ner i noder för huvudmål och undermål. Detta återspeglas i CSV-filer för programlärandedmål och LEO där varje huvudmål tilldelas ett unikt ID som gör att undermålen sedan kan kopplas till det huvudmålen genom en relation till Parent-ID, detta för att bibehålla den hierarkiska ordningen från källmaterialet. Se figur A.4 för de huvudmål som gäller för undermålen i MPAME, MPQOM och LEO, i figurer A.5, A.9, A.8, A.6 och A.7 redovisas undermålen.

För att möjliggöra pedagogisk analys har specifika noder skapats för Blooms kognitiva nivåer samt för de identifierade aktiva verben. Dessa mappar de olika målnivåerna mot taxonomin baserat på målens språkliga innehåll i enlighet med strukturen som visades i Figur 3.1.

4.1.2 Attribut

För att berika modellen med ytterligare kontext har kursnoderna tilldelats specifika attribut. Dessa innefattar tekniska och organisatoriska egenskaper såsom hela kursnamnet, högskolepoäng samt poäng för människa-teknik-samhälle (MTS) och miljö- och hållbar utveckling (MHU). Målnoderna bär på attributet Beskrivning,

vilket lagrar den fullständiga textsträngen för målet, exempelvis ”kunna numeriskt lösa linjära och olinjära system...”, samt ett Parent-ID för att tekniskt koppla målet till rätt kurs och etablera hierarki mellan över och undermål.

4.2 Kartläggning av programstruktur i Neo4j

Kartläggningen av utbildningsmål och utbildningsstruktur resulterade i två grafmodeller i Neo4j: en manuell PoC och en inbäddnings-PoC. Den manuella PoC:en etablerade den grundläggande strukturen med program, kurser, kurslärandedmål, programlärandedmål, LEO-mål samt kopplingar till Blooms reviderade taxonomi. Inbäddnings-PoC:en byggde vidare på denna struktur genom att tillföra semantiska kandidatrelationer mellan målbeskrivningar.

Den manuella PoC:en omfattade de nodtyper och relationstyper som redovisas i tabell 4.1 och tabell 4.2. Nodstrukturen dominerades av kurslärandedmål, programlärandedmål och identifierade verb, vilket speglar att grafmodellen huvudsakligen utgår från målbeskrivningar och deras pedagogiska klassificering.

Tabell 4.1: Förekomst av olika nodtyper i grafdatabasen.

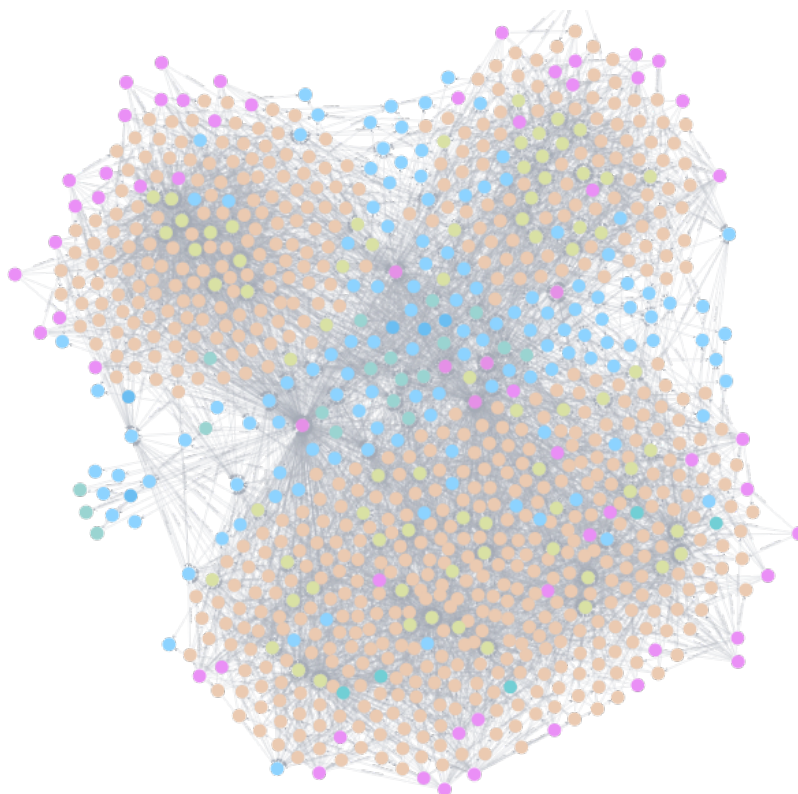
Nodtyp	Antal	Beskrivning
LearningOutcome	462	Kurslärandedmål
Verb	149	Identifierade verb för Bloom-analys
ProgramGoal	89	Mål på programnivå
Course	57	Inkluderade kurser
SubGoal	38	Undermål
LEOSubGoal	19	Undermål i lokal examensordning
BloomsLevel	6	Kognitiva nivåer enligt Bloom
ExamGoal	5	Övergripande examensmål
Program	3	Utbildningsprogram
Totalt	828	

Tabell 4.2: Typer av relationer och deras förekomst.

Relationstyp	Antal	Funktion
ALIGNS_WITH	1 708	Koppling kurslärandedmål till examensordning
USES_VERB	1 155	Koppling mellan innehåll och verb
HAS_LEARNING_OUTCOME	620	Koppling kurs till lärandemål
AT_LEVEL	563	Koppling verb till Bloom-nivå
USES_LEVEL	342	Direktkoppling kurslärandedmål till nivå
HAS_VERB	147	Definition av verbstrukturer
HAS_SUBGOAL	76	Hierarki inom examensordningen
HAS_COURSE	57	Koppling program till kurser
HAS_PROGRAM_GOAL	39	Koppling program till dess mål
Totalt	4 707	

Inbäddnings-PoC:en bestod av 927 noder och 6080 relationer, varav 3495 var relationer av typen CANDIDATE_ALIGNMENT. Dessa relationer tilldelades ett likhetsvärde och användes för att analysera semantisk likhet mellan kurslärandedsmål, programlärandedsmål och LEO-mål. Figur 4.1 visar en visualisering av den resulterande grafdatabasen som är direkt hämtad från Neo4j.

Inbäddnings-PoC:en användes som huvudsaklig modell i de fortsatta analyserna, eftersom den kombinerar utbildningsstruktur, Bloom-klassificering och semantiska kopplingar mellan målformuleringar.



Figur 4.1: Visualisering av grafdatabasen baserat på inbäddnings-PoC:en.

4.3 Grafdatabasens svar på kompetensfrågor för kvalitetssäkring

Tre specifika kompetensfrågor har formulerats med motivering enligt avsnitt 3.3.6. Genom att ställa frågorna mot databasen testas dess förmåga att inte bara lagra data, utan att även generera insikter som i en traditionell dokumentstruktur ofta är dolda i informationssilos.

I efterföljande underavsnitt presenteras resultaten för respektive kompetensfråga.

4.3.1 Stöd för programlärandemål i kurslärandemål

För att besvara den första kompetensfrågan och undersöka hur programlärandemål stöds av kurslärandemål räknades antalet kopplingar mellan kurslärandemål och programlärandemål under fyra olika filtreringsvillkor som nämndes i avsnitt 3. Resultatet sammanfattas i Tabell 4.3.

När samtliga identifierade kopplingar inkluderades hade de tre mest stödda programlärandemålen 181, 159 respektive 142 kopplingar. Vid filtrering på likhetsvärde över 0,82 var motsvarande värden 175, 155 och 137.

När Bloom-villkoret lades till minskade antalet kopplingar tydligare. Vid gränsen 0,75 för likhetsvärde och krav på att kurslärandemålets Bloom-nivå skulle vara samma som eller högre än programlärandemålets var de tre högsta värdena 98, 78 och 77. Vid den striktaste filtreringen, likhetsvärde över 0,82 i kombination med Bloom-villkoret, var motsvarande värden 98, 73 och 70. Under båda filtreringarna med Bloom-villkor saknade 9 av 74 programlärandemål kopplingar till kurslärandemål.

Tabell 4.3: Antal kopplingar mellan kurslärandemål och programlärandemål under olika filtreringsvillkor.

Villkor	Topp 3	Lägsta 3	Utan koppling
Alla identifierade kopplingar	181, 159, 142	2, 3, 5	0
Likhetsvärde > 0,82	175, 155, 137	2, 2, 4	0
Likhetsvärde > 0,75 + Bloom-villkor	98, 78, 77	0, 0, 0	9
Likhetsvärde > 0,82 + Bloom-villkor	98, 73, 70	0, 0, 0	9

4.3.2 Stöd för LEO i programlärandemål

För att undersöka hur målen i LEO stöds av programlärandemål räknades antalet kopplingar mellan programlärandemål och LEO-mål under olika filtreringsvillkor. Analysarbetet genomfördes i två steg för att isolera det semantiska innehållet från de administrativa kraven. Inledningsvis gjordes en omfattande analys där samtliga 19 LEO-mål inkluderades för att ge en helhetsbild av examensordningen, se alla mål i Figur A.5. Därefter genomfördes ytterligare en analys fokuserad på mål 1–12. I detta steg exkluderades mål 13–19, då dessa utgörs av formella poängkrav snarare än kvalitativa lärandemål, se Tabell 4.4 för resultat.

När samtliga 19 LEO-mål inkluderades fanns mål som saknade kopplingar redan när alla identifierade kopplingar räknades. Tre mål saknade då stöd från programlärandemål. Vid filtrering på likhetsvärde över 0,82 ökade antalet mål utan koppling till sju. När både gränsen 0,82 för likhetsvärde och Bloom-villkoret användes var antalet mål utan koppling fortfarande sju.

När de formella poängkraven exkluderades förändrades resultatet tydligt. För LEO-mål 1–12 hade samtliga mål minst en koppling till programlärandemål under samtliga filtreringsvillkor. Även vid den striktaste filtreringen, där likhetsvärde skulle vara över 0,82 och programlärandemålets Bloom-nivå skulle vara samma som, eller högre än, LEO-målets nivå, hade varje LEO-mål minst en stödjande koppling. De lägsta tre värdena vid denna filtrering var 1.

Tabell 4.4: Kopplingar mellan programlärandemål och mål i den lokala examensordningen.

Målorval	Filtrering	Högsta antal	Lägsta antal	Mål utan stöd
Alla LEO-mål	Alla kopplingar	54, 45, 41	0, 0, 0	3
Alla LEO-mål	Likhetsvärde > 0,82	9, 7, 6	0, 0, 0	7
Alla LEO-mål	Likhetsvärde > 0,75 + Bloom-villkor	40, 38, 30	0, 0, 0	4
Alla LEO-mål	Likhetsvärde > 0,82 + Bloom-villkor	8, 7, 5	0, 0, 0	7
Exkl. poängkrav	Alla kopplingar	54, 45, 41	4, 7, 15	0
Exkl. poängkrav	Likhetsvärde > 0,82	9, 7, 6	1, 2, 2	0
Exkl. poängkrav	Likhetsvärde > 0,75 + Bloom-villkor	40, 38, 30	3, 6, 15	0
Exkl. poängkrav	Likhetsvärde > 0,82 + Bloom-villkor	8, 7, 5	1, 1, 1	0

4.3.3 Fördelning av Bloom-nivåer

För att undersöka fördelningen av kognitiva nivåer analyserades programlärandemål, kurslärandemål och LEO-mål baserat på de Bloom-nivåer som kopplats till respektive mål. Resultatet sammanfattas i Tabell 4.5. För samtliga tre måltypen var Bloom-nivå 3, tillämpa, den vanligast förekommande nivån. Kurslärandemålen hade

flest mål på denna nivå, med 257 mål, medan motsvarande antal för programlärändemål och mål i den lokala examensordningen var 37 respektive 18.

Medelvärdena visar att programlärändemål och mål i den lokala examensordningen låg på nästan samma genomsnittliga Bloom-nivå, 3,54 respektive 3,53. Kurslärändemålen hade ett något lägre medelvärde, 3,20.

Den genomsnittliga Bloom-nivån beräknades också för enskilda kurser utifrån deras kurslärändemål. De högsta genomsnittliga nivåerna återfanns för kurserna TME250 med 5,29, PPU156 med 5,25 och MHA043 med 4,88. De lägsta genomsnittliga nivåerna återfanns för MTT085 med 1,83, TEK150 med 2,0 och TEK125 med 2,13.

Tabell 4.5: Fördelning av Bloom-nivåer för programlärändemål, kurslärändemål och mål i den lokala examensordningen.

Nivå	Benämning	programlärändemål	Kurslärändemål	LEO-mål
1	Minnas	7	46	2
2	Förstå	15	211	3
3	Tillämpa	37	257	18
4	Analysera	14	74	2
5	Värdera	10	60	4
6	Skapa	16	85	5
Medelvärde		3,54	3,20	3,53

4.4 Jämförelse av masterprogram

Resultaten av att jämföra hur olika programkombinationer uppfyller LEO illustreras i Tabell 4.6. Vid en analys där samtliga mål i LEO inkluderades, framträdde skillnader mellan de två olika kombinationerna av kandidatprogram och masterprogram (MPAME eller MPQOM). Genom att tillämpa ett krav för likhetsvärde över eller lika med 0,82, i kombination med uppnått Bloom-villkor, framgick det att kandidatprogrammet tillsammans med MPQOM gav stöd för 10 av 19 mål medan kombinationen med Applied mechanics stödde 11 av 19 mål.

När de formella poängkraven exkluderades för att enbart fokusera på mål 1 till 12 minskade skillnaderna mellan masterkombinationerna. Om man enbart ser till Bloom-villkor uppnådde båda kombinationerna stöd för samtliga 12 mål. Även vid en isolerad filtrering på enbart likhetsvärde, vid gränsvärdena 0,75 respektive 0,82, var resultatet likvärdigt då båda kombinationerna täckte 11 av 12 mål. Det var först när likhetsvärde och Bloom-villkor kombinerades, som en mindre skillnad återigen kunde identifieras, då kombinationen med MPAME bibehöll stödet för 11 mål medan kombinationen med MPQOM täckte 10 av 12 mål.

Tabell 4.6: Antal mål i den lokala examensordningen med stöd per masterkombination.

Målorval	Filtrering	Kandidat + MPQOM	Kandidat + MPAME
Alla LEO-mål	Likhetsvärde $> 0,82$ + Bloom-villkor	10/19	11/19
Exkl. poängkrav	Endast Bloom-villkor	12/12	12/12
Exkl. poängkrav	Likhetsvärde $> 0,75$	11/12	11/12
Exkl. poängkrav	Likhetsvärde $> 0,82$	11/12	11/12
Exkl. poängkrav	Likhetsvärde $> 0,75$ + Bloom-villkor	10/12	11/12
Exkl. poängkrav	Likhetsvärde $> 0,82$ + Bloom-villkor	10/12	11/12

4.5 Känslighetsanalys

Resultaten, som sammanfattas i tabell 4.7, visar att det minst stödda målet var ”kandidat_37” vilket motsvarar programlärändemålet för TKMAS med ID37 som redovisas i figur A.7. Detta specifika mål framstod som särskilt kritiskt då det i den nuvarande strukturen endast underbyggs av ett kurslärändemål från en kurs (SSY061). En bredare blick på de sex minst understödda målen visar att antalet stödjande kurslärändemål varierade mellan ett och fem, medan antalet unika stödjande kurser sträckte sig från en till fyra.

Tabell 4.7: Känslighetsanalys på kandidatprogrammet i kombination med masterprogrammet Applied mechanics.

programlärändemål	Stödjande kurslärändemål	Stödjande kurser
kandidaten_37	1	1
applied_8	3	3
applied_11	4	4
applied_12	4	3
applied_7	4	3
kandidaten_26	5	3

5

Diskussion

I följande kapitel analyseras resultaten med avseende på projektets syfte och uppfyllnadsgrad av problemformuleringar. Grafdatabasens förmåga att besvara komplexa kompetensfrågor kan främst utvärderas genom dess kapacitet att synliggöra kopplingar som i nuvarande administrativa system är dolda i ostrukturerad text. Genom att transformera kurs- och programplaner till en grafstruktur har projektet lyckats visualisera utbildningens uppbyggnad på ett sätt som tidigare varit praktiskt svårt att genomföra.

5.1 Grafdatabasen förmåga att besvara kompetensfrågor

Ett av de mest framstående resultatet i analysen är identifieringen av de nio programlärandedåål som helt saknade koppling till kurslärandedåålen vid en strikt filtrering med ett likhetsvärde över 0,82 samt Bloom-villkoret vilket presenterade i avsnitt 4.3.1. Det här visar ett potentiellt dokumentationsgap där vissa kompetenser i programplanen inte har en explicit motsvarighet i kursernas lårandedåål. I linje med det som framgår av analysen i avsnitt 4.3.2, innebär det här inte med nödvändighet att kompetenserna saknas i undervisningen, utan istället kan belysa en brist i hur alla måål är formulerade. Sammantaget visar resultatet i tabell 4.4 att de nollvärden som uppstår i analysen främst är kopplade till de formella poångkraven i måål 13–19. När dessa måål exkluderas, framträder en tydligare bild av hur de ämnesrelaterade måålen i den lokala examensordningen stöds av programlårandedåålen.

Vidare ger analysen av progression under civilingenjörsprogrammet Maskinteknik, genom Blooms reviderade taxonomi, en djupare förståelse för utbildningens karaktär. Att Bloom-medelvärdet 3,54 för programlårandedåålen är högre än kurslårandedåålets medelvärde (3,20), vilket redovisas i avsnitt 4.3.3, indikerar på en logisk struktur där civilingenjörsprogrammet som helhet syftar till en högre Bloom-nivå över fem år, till skillnad från enskilda kurslårandedåål. Kurserna är fördelade under utbildningens fem år och det är logiskt att kurser, som läses under de första åren av utbildningen, har lägre Bloom-nivå och att kurser under de senare åren av civilingenjörsutbildningen har högre Bloom-nivå, medan programlårandedåålen är en sammanställning av vilka kompetenser en student ska besitta vid genomförd utbildning.

Den stora spridningen mellan enskilda kurser visas i avsnitt 4.3.3, där till exempel Finita elementmetoden: solider (TME250) uppvisar ett högt Bloom-medelvärde på 5,29 medan Materialteknik (MTT085) har Bloom-medelvärde på 1,83. Det här stärker även logiken i att progressionen av Bloom-medelvärdet för programlärandemål är högre än kurslärandemål då spridningen av medelvärde mellan kurser är stor. Däremot väcks det frågor om hur lärandemål är formulerade i praktiken när ett lågt medelvärde, för en kurs som läses under den senare delen av utbildningen, upptäcks eller ett högt medelvärde för en kurs som läses under den första delen av utbildningen. Det här kan vara ett tecken på att målbeskrivningar med kognitivt svaga eller starka verb inte rättvist representerar kursens förväntade lärande.

En viktig nyans vid tolkningen av resultaten är att Blooms reviderade taxonomi mäter hur avancerat man bearbetar informationen i en kurs, inte hur tekniskt svårt eller tungt kursens innehåll är. Denna distinktion blir särskilt tydlig vid en granskning av kursen Datorstödd maskinkonstruktion (CAD) (PPU156). Trots att kursen ges inledningsvis i årskurs 1 klassificeras flera kurslärandemål på Bloom-nivå 6 (Skapa), vilket beror på att studenterna förväntas framställa CAD-modeller. Ur ett taxonomiskt perspektiv är detta korrekt, då skapandet av en modell utgör en hög kognitiv process där olika element sammanfogas till en ny helhet. Det innebär däremot inte att den tekniska svårighetsgraden eller den ämnesspecifika utmaningen är ekvivalent med skapande processer på masternivå. Exemplet illustrerar att Blooms reviderade taxonomi inte nödvändigtvis mäter utvecklingen från låg Bloom-nivå till hög Bloom-nivå under utbildningens gång, alltså hur studenten bearbetar kunskapen, och att Bloom-nivå inte automatiskt kan likställas med uppgiftens faktiska svårighetsgrad.

Vidare, i tabell 4.5, visar resultaten på en hög grad av samstämmighet. Vid en jämförelse av Bloom-nivåer mellan LEO och programlärandemål för TKMAS, framgår det att båda ligger på en likartad nivå. Detta kan vara betydelsefullt, då det indikerar att TKMAS programlärandemål är väl kalibrerade mot Chalmers och de nationella kraven för en civilingenjörsexamen. Att Bloom-nivån korrelerar så väl visar på att programmets vision och dess kravställning är i fas med de statligt godkända kompetensmålen.

5.2 Jämförelse av masterprogrammet och utbildningsstruktur

Baserat på resultatet som redovisas i tabell 4.6, framgår det att de olika programkombinationerna genererar olika täckningsgrad mot LEO. Det faktum att vissa målbeskrivningar stöds av det ena masterprogrammet men inte det andra skapar ett resonemang om att analysmöjligheter för att jämföra olika programkombinationer är möjliga att utföra.

Vidare identifieras att kombinationen av kandidat och valfria masterprogram helt saknar matchning mot vissa målbeskrivningar i LEO. Detta gap beror sannolikt på att LEO-målen är av olika karaktär. Medan många mål beskriver kvalitativa förmågor, består andra av rent formella poängkrav. Eftersom inbäddningsmodellen

behandlar målen som text uppstår svårigheter när ett LEO-mål främst uttrycker ett formellt poängkrav snarare än ett semantiskt innehåll. I sådana fall finns den relevanta informationen delvis lagrad som numeriska attribut, exempelvis högskolepoäng, snarare än som beskrivande måltext. Då räcker möjligtvis inte textanalys till för att identifiera kopplingar till kurslärandedsmål och programlärandedsmål, eftersom informationen är lagrad som siffervärden, istället för beskrivande text.

5.3 Känslighetsanalys och systemets robusthet

Resultatet, som presenteras i tabell 4.7, indikerar att majoriteten av programlärandedmålen är stabila inför kursförändringar. Även de mål med lägst täckningsgrad uppvisar en relativ redundans, då de stöds av ett "skyddsnät" om minst tre till fem kurser.

Det finns dock ett undantag i analysen. Programlärandedmålet "kandidat-37" framstår som särskilt känsligt för förändringar i kursutbudet. Till skillnad från övriga mål saknar detta programlärandedsmål upprepning, då dess representation i grafen i sin helhet vilar på en enda kurs: SSY061. Detta innebär att målets uppfyllnad är direkt beroende av denna specifika kurs.

Figur A.7 visar att programlärandedmålet med ID 37 lyder: "Kunna beskriva vad kunskap är och olika syn på kunskap". Varför just detta programlärandedsmål saknar en större täckning beror antagligen på dess inriktning mot pedagogik, något som inte lyfts i något av TKMAS nuvarande kurspaket.

5.4 Felkällor

Det finns flera felkällor att diskutera som kan påverka kvaliteten och grafdatabasens förmåga att utföra värdefulla analyser. Den första är att källmaterialet som är lagrat i textsträngar på studieportalen och i dokument har inadekvata formuleringar. Se avsnitt 3.2 för exempel på en sådan inadekvat struktur. Källmaterialet är bland annat kurslärandedsmål, programlärandedsmål och LEO. Denna brist på enhetlighet har medfört ett behov av manuella ingrepp och omformuleringar av textsträngar. En specifik riskfaktor i denna process är de fall där ett omfattande lärandemål har brytits ned till flera enskilda punkter för att passa grafens struktur. Trots att noggrann korrekturläsning utförts för att bevara målbeskrivningarnas ursprungliga innebörd, innebär varje mänsklig tolkning och omstrukturering en inneboende risk för subjektivitet som kan påverka analysens validitet. Nuvarande utbildningsdokumentation är därmed inte optimerad för automatiserad databehandling utan betydande manuella justeringar, vilket utgör en utmaning inför framtida vidareutveckling av systemet.

Vidare uppstår en betydande felkälla i användandet av inbäddningar. Till skillnad från den manuella klassificeringen av målbeskrivningar, som bygger på explicita språkliga regler, opererar inbäddningar genom att koda information till vektorer där likhet mäts matematiskt. Detta skapar en 'blackbox-problematik' där det är svårt att genomskåda exakt vilka parametrar som avgör en specifik matchning.

Eftersom LLM:er är probabilistiska till sin natur, saknar processen den transparens och reproducerbarhet som krävs i formella utbildningssammanhang. Risken för hallucinationer eller felaktiga semantiska kopplingar innebär att systemet kan generera matchningar, som vid en ytlig betraktelse kan anses rimliga, men som saknar faktisk förankring i målens avsedda mening. Detta understryker behovet av att kombinera den automatiserade vektoriseringen med extern strukturerad data och mänsklig granskning för att säkerställa att analysens resultat är tillförlitliga. Ett exempel på detta är om systemet matchar ett kurslärandedsmål som innehåller verbet "bestämma", exempelvis "bestämma dimensioner för en balk", med ett programlärandedsmål på nivån "Värdera". Rent semantiskt kan en språkmodell tolka "bestämma" som ett målinriktat beslutstagande eller en bedömning. I en teknisk kontext kan det däremot handla om en rent matematisk tillämpning av formler. Utan mänsklig granskning riskerar systemet då att felaktigt kategorisera en beräkningsuppgift som en hög kognitiv värderingsprocess, vilket ger en missvisande bild av kursens faktiska innehåll.

6

Vidareutveckling

Detta kapitel behandlar de strategier som identifierats för att transformera det nuvarande arbetet från en fungerande prototyp till ett fullskaligt, automatiserat system. Fokus ligger på att reducera manuella processer, förbättra datastrukturen och bredda systemets tillämpningsområde för att möta både akademiska och industriella behov.

6.1 Automatisering av dataflöden

För att säkerställa systemets långsiktiga relevans krävs en övergång från manuell datahantering till en automatiserad process för datainhämtning. Genom att implementera tekniker för automatiserad dataextraktion, så kallad webbskrapning, kan ostrukturerad HTML-kod från lärosätets studieportal transformeras till maskinläsbara format, exempelvis CSV (Kahlon & Singh, 2026). En sådan automatisering möjliggör att grafdatabasen kontinuerligt kan spegla aktuella kursutbud och utbildningskataloger utan krav på omfattande manuell interaktion.

För att den extraherade datan ska kunna integreras i grafdatabasen krävs dock en hög grad av strukturell precision. Den automatiserade processen bör därför inte enbart fokusera på inhämtning, utan även på att identifiera och extrahera specifika attribut ur textsträngarna. Detta inkluderar högskolepoäng och MTS-poäng. Processen bör även automatiskt identifiera Bloom-verb kopplade till Blooms reviderade taxonomi i tillhörande kurs eller programlärandemål, och därefter kategorisera dessa i enlighet med respektive kognitiva nivåer.

6.2 Kartläggning mot industrins kompetensbehov

En vidareutveckling som uppmärksammas under processens gång är att integrera industrins kompetensbehov för att kunna analysera utbildningens relevans i förhållande till arbetsmarknaden. Grafdatabasen saknar i nuläget en extern referensram. För att ytterligare öka relevansen i den framtagna grafdatabasen bör systemet i vidare forskning expanderas till att inkludera datakällor som representerar arbetsmarknadens faktiska behov. Genom att integrera industrins kompetenskrav kan grafdatabasen utökas från ett internt kvalitetssäkringsverktyg till en brygga mellan

akademiska studier och framtida yrkesliv.

6.2.1 Integration av yrkesprofiler och kompetenser

Ett steg i vidareutvecklingen inom det här området är att implementera noder som representerar specifika yrkesroller eller branschspecifika kompetenser. Genom att använda teknik som webbskrapning eller API-kopplingar mot plattformar som LinkedIn eller liknade plattformar, så kan data rörande önskade färdigheter i platsannonser extraheras. Dessa färdigheter kan kopplas till befintliga mål i grafdatabasen.

6.2.2 Analys av kunskapsluckor och redundans

Genom att koppla samman industrins noder med befintliga noder för kurslärandedmål, programlärandedmål och LEO via relationer så möjliggörs analys av utbildningens matchningsgrad till olika jobb. Efter implementering kan grafdatabasen besvara frågor som till exempel:

- Vilka efterfrågade industriella kompetenser saknar täckning i nuvarande kursplan?
- Finns det områden där utbildningen ger en högre kognitiv nivå än vad branschen efterfrågar?
- Ligger den kognitiva nivån i utbildningen i fas med de krav som ställs på en nyexaminerad ingenjör?

6.2.3 Kursutveckling och beslutsstöd

En kartläggning mot industrins kompetensbehov skulle kunna fungera som ett proaktivt beslutsstöd för programansvariga vid utveckling av kursplaner. Istället för statistiska uppföljningar, kan ansvariga vid Chalmers tekniska högskola identifiera när ny teknik börjar dominera på arbetsmarknaden och säkerställa att dessa integreras i rätt skede av utbildningen. Detta skulle skapa en datadriven metod för att säkerställa att Maskinteknikprogrammet bibehåller sin relevans mot arbetsmarknaden.

6.3 Implementera fler utbildningsramverk – CDIO

En ytterligare vidareutveckling av projektet är att expandera grafdatabasen genom att integrera CDIO-initiativets strukturerade målbeskrivningar. Detta skulle transformera systemet från att enbart kategorisera kognitiva nivåer till att bli ett verktyg för strategisk programutveckling baserat på internationella standarder för ingenjörskompetenser.

6.3.1 Analys av integrerad läroplan och pedagogisk progression

Genom att mappa kurslärandedmål mot CDIO Syllabus i grafmodellen kan systemet generera en visuell representation av hur Standard 3 (Integrerad läroplan) och Standard 7 (Integrerade lärandeupplevelser) realiseras i praktiken (Malmqvist m. fl., 2010). Databasen möjliggör kontroll av att generiska kompetenser, såsom lagarbete och kommunikation, har en logisk progression genom utbildningen (Malmqvist m. fl., 2010). Vidare kan noder för undervisningsformer användas för att identifiera i vilken utsträckning Standard 8 (Aktivt lärande) tillämpas, vilket i framtida reformer föreslås inkludera mer interaktiva och virtuella lärmiljöer (Malmqvist m. fl., 2010).

6.3.2 Modellering av praktiska erfarenheter och bedömningsmetoder

Systemet kan utökas för att inkludera resurshantering genom att koppla kurser till specifika noder för verkstadsresurser och projektformer. Detta skulle ge programledningen verktyg för att säkerställa att kraven i Standard 5 (Design-build-erfarenheter) och Standard 6 (CDIO-arbetsplatser) uppfylls, särskilt vid introduktion av ny teknik såsom snabb prototypframtagning (Malmqvist m. fl., 2010). Dessutom kan databasen användas för att analysera Standard 11 (Bedömning av CDIO-färdigheter) genom att mappa hur professionella förmågor examineras, exempelvis genom interaktiva bedömningsmetoder som minskar fokus på traditionella föreläsningar till förmån för dialog (Standard 10) (Malmqvist m. fl., 2010).

6.3.3 Automatisering av programutvärdering

Slutligen kan grafdatabasen användas för att automatisera den systematiska utvärdering som föreskrivs i Standard 12 (Utvärdering av CDIO-program) (Malmqvist m. fl., 2010). Istället för manuella granskningar kan systemet löpande identifiera gap mellan kursplanernas faktiska innehåll och ramverkets krav. Detta skapar en datadriven grund för kontinuerlig förbättring och säkerställer att utbildningen bibehåller ingenjörsyrket som sin centrala kontext (Standard 1) i enlighet med framtida kompetensbehov

6.4 Utveckling av användargränssnitt och visualisering

För att grafdatabasen ska kunna användas som ett effektivt beslutsstöd av programansvariga och examinatorer krävs ett utvecklat användargränssnitt (User interface). Den nuvarande lösningen i projektets Proof of Concept leverar primärt data direkt från Neo4j:s webbgrenssnitt.

6.4.1 Från teknisk presentation till pedagogisk överblick

Som framgår av de nuvarande resultaten presenteras analyser av exempelvis Blooms reviderade taxonomi och täckningsgrad i ett format som kräver teknisk förståelse för databasens struktur. För en icke teknisk användare kan mängden textsträngar och ID-nummer upplevas som svåröverskådligt, vilket riskerar att göra resultaten som produceras av grafdatabasen svårtolkade.

Exempel på framtida aspekter på vidareutveckling att fokusera på:

- Interaktiva instrumentpaneler: Istället för statiska tabeller bör resultaten visualiseras genom färgkodade diagram som direkt kan visa på fördelningen av kognitiva nivåer eller kunskapsluckor.
- Sök och filtreringsfunktioner: Möjligheten att enkelt filtrera på specifika masterprogram, årskurser eller enskilda examensmål utan att behöva skriva manuella Cypher-frågor eller besitta annan teknisk kunskap.
- Visuellt spårbarhet: Ett gränssnitt där användaren kan klicka på ett övergripande examensmål och visuellt kunna följa tråden ner till de specifika kurser och lärandemål som stödjer detta på ett enkelt sätt, hade ökat transparensen i kvalitetssäkringen.

Genom att bygga ett specialanpassat interface kan systemet transformeras från en ren databas till ett pedagogiskt verktyg som förenklar arbetet med att säkerställa att utbildningen följer Chalmers lokala examensordning (LEO).

7

Slutsatser

Sammanfattningsvis har projektet framgångsrikt demonstrerat möjligheterna såväl som utmaningarna med att använda grafdatabas för att representera och analysera utbildningsstrukturer, där de två utvecklade grafdatabaserna fungerar som ett tydligt Proof of Concept. Genom att tillämpa olika analysmetoder har studien visat hur en grafbaserad datahantering kan bidra till ökad kvalitetssäkring av utbildningar vid Chalmers, särskilt genom sin förmåga att identifiera kritiska gap mellan programlärandedsmål och kurslärandedsmål, vilket tydliggjordes i känslighetsanalysen. I detta arbete har implementeringen av inbäddningar visat sig vara ett effektivt tillvägagångssätt för att jämföra semantisk likhet mellan målbeskrivningar. Vidare har stora språkmodeller (LLM) utgjort ett värdefullt stöd i processen, under förutsättning att de kombineras med manuell kontroll och korrekturläsning för att säkerställa att inte data förloras.

Det finns dock vissa metodologiska och tekniska begränsningar att beakta i det fortsatta utvecklingsarbetet. En fullständig automatisering från textsträngar i Studieportalens källformat till en grafdatabas är i dagsläget svårimplementerad, då bristen på en enhetlig struktur i hur kurslärandedsmål formuleras försvårar en felfri dataöverföring. Vidare är grafmodellen mindre lämpad för att identifiera gap mot den lokala examensordningen (LEO), eftersom dess mål till stor del utgörs av formella poängkrav snarare än semantiskt innehåll. Studien visar därtill att Blooms reviderade taxonomi i sig inte utgör ett tillräckligt robust analysverktyg, utan kräver stöd av andra ramverk och filter för att ge en rättvisande bild av utbildningens kvalitet. Sammantaget utgör det grafbaserade upplägget ett kraftfullt komplement för framtida läroplansanalys, förutsatt att det kombineras med en mer standardiserad datastruktur och en nyanserad förståelse för målens olika karaktärer.

För att summera så utgör det grafbaserade upplägget ett komplement för framtida läroplansanalys, förutsatt att det kombineras med standardiserad datastruktur, flera ramverk och en nyanserad förståelse för målens olika karaktärer såsom poängkrav och lärandekrav.

Litteraturförteckning

- Agrawal, S., & Patel, A. (2016). A study on graph storage database of NoSQL. *International Journal on Soft Computing, Artificial Intelligence and Applications*, 5, 33–39.
- Aharon, U., Dubin, R., Dvir, A., & Hajaj, C. (2025). A classification-by-retrieval framework for few-shot anomaly detection to detect API injection. *Computers & Security*, 150, 104249. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2024.104249>
- American Association of Colleges of Nursing. (2021). Re-envisioned Essentials: A roadmap for the transformation of nursing education. <https://www.aacnnursing.org/Portals/0/PDFs/Essentials/Roadmap-to-NewEssentials.pdf>
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.
- Besta, M., Gerstenberger, R., Peter, E., Fischer, M., Podstawski, M., Barthels, C., Alonso, G., & Hoeffler, T. (2023). Demystifying graph databases: Analysis and taxonomy of data organization, system designs, and graph queries. *ACM Computing Surveys*.
- Bharti, S., Lo, D. C.-T., & Shi, Y. (2024). Enhancing contextual understanding in knowledge graphs: Integration of quantum natural language processing with Neo4j LLM knowledge graph. *Proceedings of the 2024 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*.
- Biggs, J., & Tang, C. (2015). Constructive Alignment: An Outcomes-Based Approach to Teaching Anatomy. I L. K. Chan & W. Pawlina (Red.), *Teaching Anatomy: A Practical Guide* (s. 31–38). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08930-0_4
- Boudaoud, A., & Mahfoud, H. (2024). A framework for querying distributed graph data using Cypher. *Proceedings of the IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*.
- Chalmers tekniska högskola. (u. å). *Examina på Chalmers*. Chalmers tekniska högskola. Hämtad 23 april 2026, från <https://www.chalmers.se/utbildning/examen-och-karriar/examina-pa-chalmers/>
- Chalmers tekniska högskola. (2023). *Föreskrift för lokal examensordning för examina på grundnivå och avancerad nivå* (Dnr C 2023-0814). Chalmers tekniska högskola.

- Chalmers tekniska högskola. (2026a). *Dina studier*. Chalmers tekniska högskola. Hämtad 13 maj 2026, från <https://www.chalmers.se/utbildning/dina-studier/>
- Chalmers tekniska högskola. (2026b). *Programutbud* [Studieportalen]. Chalmers tekniska högskola. Hämtad 13 maj 2026, från https://www.student.chalmers.se/sp/program_list
- Harden, R. M. (2001). Outcome-based education: The future is here. *Medical Teacher*, 23(1), 7–8.
- Hui, X., Wu, Q., Qu, H., Mirmehdi, M., Rahmani, H., & Liu, J. (2026). When Visual Privacy Protection Meets Multimodal Large Language Models. *International Journal of Computer Vision*, 134, 167. <https://doi.org/10.1007/s11263-026-02761-y>
- Kahlon, N. K., & Singh, W. (2026). A systematic review of web scraping: Techniques, LLM-enhanced approaches, performance metrics, and legal–ethical issues. *Data & Knowledge Engineering*, 164, 102598. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2026.102598>
- Li, S., Han, J., Wang, Y., Zhu, Y., Song, Z., He, L., Alghythee, K. K. A., & Yu, P. S. (2025). Detecting Hallucinations in Graph Retrieval-Augmented Generation via Attention Patterns and Semantic Alignment. *arXiv preprint arXiv:2512.09148*.
- Malmqvist, J., Bankel, J., Enelund, M., Gustafsson, G., & Knutson Wedel, M. (2010). Ten Years of CDIO - Experiences from a Long-Term Education Development Process. *Proceedings of the 6th International CDIO Conference*.
- Miller, A. R., & Tucker, C. (2014). Health information exchange, system size and information silos. *Journal of Health Economics*, 33, 28–42.
- Mueller-Burke, D., Bindon, S., Akintade, B., & Idzik, S. (2024). The AACN essentials: An intentional framework for successful implementation. *Journal of Professional Nursing*, 52, 62–69.
- Reimers, N., & Gurevych, I. (2019 november). Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks. I K. Inui, J. Jiang, V. Ng & X. Wan (Red.), *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)* (s. 3982–3992). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/D19-1410>
- Tapsai, C. (2018). Information Processing and Retrieval from CSV File by Natural Language. *2018 IEEE 3rd International Conference on Communication and Information Systems (ICCIS)*, 212–216. <https://doi.org/10.1109/ICOMIS.2018.8644947>
- Tíjaro-Rojas, R., Arce-Trigatti, A., Cupp, J., Pascal, J., & Arce, P. E. (2016). A Systematic and Integrative Sequence Approach (SISA) for mastery learning: Anchoring Bloom’s Revised Taxonomy to student learning. *Education for Chemical Engineers*, 17, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2016.06.001>
- Zhang, P., Yang, M., Yang, T., Kong, B., Yu, H., & Ai, T. (2025). Using knowledge graph embeddings and meta-path transformers for geographic context-aware predictions of building functions. *International Journal of Geographical Information Science*. <https://doi.org/10.1080/13658816.2025.2596838>

Zierahn, K., Cachero, C., Korhonen, A., & Oliver, N. (2026). LLMs Aren't Human: A Critical Perspective on LLM Personality. *Proceedings of ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Workshop on Human-Agent Collaboration (CHI 26)*. <https://doi.org/10.1145/nmmnnnnn.nmmnnnnn>

A

Appendix 1

Kurskod	Kursnamn	Högskolepoäng	MTS-poäng	MHU-poäng
MTF042	Termodynamik med energiteknik	7.50	1.50	
TMV225	Differentialkalkyl och skalära ekvationer	7.50		
TME136	Programmering och Algoritmiskt tänkande	4.00		
MMF176	Ingenjörsmetodik	7.00	2.00	0.50
TMV151	Integralkalkyl och ordinära differentialekvationer	7.50		
PPU156	Datorstödd maskinkonstruktion (CAD)	4.00		
TMV166	Linjär Algebra och System av linjära ekvationer	7.50		
MTM021	Statik och hållfasthetslära	7.50		
MVE255	Flervariabelanalys och partiella differentialekvationer	7.50		
MTM026	Hållfasthetslära	7.50		
TME031	Mekanik - dynamik	7.50		
MTT085	Materialteknik	7.50		
PPU210	Maskinelement	7.50		
MPR095	Material och tillverkningsteknik	7.50	1.00	
PPU175	Integrerad konstruktion och tillverkning	7.50	2.50	1.50
MEN127	Hållbar produktutveckling	3.50		3.50
TEK441	Industriell ekonomi, produktion och organisation	7.50	2.50	
MVE591	Matematisk statistik	4.00		
MTF053	Strömningsmekanik	7.50		
ERE033	Reglerteknik	7.50		
MMS131	Introduktion till artificiell intelligens	7.50	0.50	
MMSX21	Kandidatarbete vid Mekanik och maritima vetenskaper		15	
MHA021	Finite elementmetoden	7.50		
TEK125	Logistik	7.50		

Figur A.1: Kurser och poäng för TKMAS år 1-3

A. Appendix 1

Kurskod	Kursnamn	Högskolepoäng	MTS-poäng	MHU-poäng
TME226	Strömningsmekanik, fortsättningskurs	7.50		
TME235	Solidmekanik	7.50		
IMS135	Maskininlärning och datadriven modellering i mekanik	7.50		
TME210	Turbomaskiner	7.50		
TME260	Utmattning och brott	7.50		
TME265	Förberedande kurs i Matlab	3.00		
MMA093	Stelkroppsdyamik	7.50		
MMS175	Flyg- och raketframdrift	7.50		
MTF073	Numerisk beräkning av strömning: finita volym-metoden (CFD)	7.50		
TME141	Strukturddynamik	7.50		
TME146	Strukturddynamik: vibrationskontroll	7.50		
TME160	Flerfasströmning	7.50		
TME250	Finita elementmetoden: solider	7.50		
TME085	Kompressibel strömning	7.50		
TME240	Kompositmekanik	7.50		
TME245	Finita elementmetoden: strukturer	7.50		
TME131	Projekt i tillämpad mekanik	7.50		
MHA043	Materialmekanik	7.50		
MTF271	Turbulensmodellering	7.50		

Figur A.2: Kurser och poäng för MPAME år 4-5

Kurskod	Kursnamn	Högskolepoäng	MTS-poäng	MHU-poäng
TEK146	Kvalitets och verksamhetsutveckling	15		
TEK431	Förändringsledning och förbättringsprocesser	7.5		
TEK150	Integrerad produktutveckling	7.5		
TEK161	Design for quality	7.5		
TEK021	Plattformsutveckling och modularisering	7.5		
TEK157	Operations strategy	7.5		
MPP126	Projekt i produktutveckling	7.5		
TEK165	Projekt i verksamhetsutveckling	7.5		
TEK171	Six sigma black belt	7.5		
TEK315	Strategic management and economics of intellectual property	7.5		
TEK780	Forskningsmetoder	7.5		
IBB139	Project management	7.5		
TEK360	International business relationships	7.5		

Figur A.3: Kurser och poäng för MPQOM år 4-5

ID	Beskrivning
1	Kunskap och förståelse
2	Färdighet och förmåga
3	Värderingsförmåga och förhållningssätt
4	Självständigt arbete (examensarbete)
5	Lokala examenskrav (Chalmers)

Figur A.4: Huvudmål för LEO och masterprogramlärandemål

ID	Parent_ID	Beskrivning	Blooms-verb
1	1	visa kunskap om det valda teknikkområdets vetenskapliga grund och beprövade erfarenhet samt insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete, och	visa, insikt i
2	1	visa såväl brett kunnande inom det valda teknikkområdet, inbegripet kunskaper i matematik och naturvetenskap, som väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av området.	visa, insikt i
3	2	visa förmåga att med hälsosyn kritiskt, självständigt och kreativt identifiera, formulera och hantera komplexa frågeställningar samt delta i forsknings- och utvecklingsarbete och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen,	visa, identifiera, formulera, hantera, delta, utveckla
4	2	visa förmåga att skapa, analysera och kritiskt utvärdera olika tekniska lösningar,	visa, skapa, analysera, utvärdera
5	2	visa förmåga att planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna ramar,	visa, planera, genomföra
6	2	visa förmåga att kritiskt och systematiskt integrera kunskap samt visa förmåga att modellera, simulera, förutsäga och utvärdera skeenden även med begränsad information,	visa, modulera, simulera, utvärdera
7	2	visa förmåga att utveckla och utforma produkter, processer och system med hänsyn till människors förutsättningar och behov och samhällets mål för ekonomiskt, socialt och ekologiskt hållbar utveckling,	visa, utveckla, utforma
8	2	visa förmåga till lagarbete och samverkan i grupper med olika sammansättning, och	visa
9	2	visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt och skriftligt i dialog med olika grupper klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för c	visa, redogöra, diskutera, dra slutsatser
10	3	visa förmåga att göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhälls- och etiska aspekter samt visa medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete,	visa, bedöma,
11	3	visa insikt i teknikens möjligheter och begränsningar, dess roll i samhället och människors ansvar för hur den används, inbegripet sociala och ekonomiska aspekter samt miljö- och arbetsmiljöaspekter, och	visa,
12	3	visa förmåga att identifiera ett behov av ytterligare kunskap och att fortliggande utveckla sin kompetens.	visa, identifiera, utveckla
13	4	För civilingenjörsexamen ska studenten inom ramen för kursfördringarna ha fullgjort ett självständigt arbete (examensarbete) på avancerad nivå om minst 30 högskolepoäng.	fullgjort
14	5	ha fullgjort kursfördringar om minst 90 högskolepoäng examinerade vid Chalmers varav minst 45 högskolepoäng ska vara på avancerad nivå. Examensarbetet kan ingå i dessa 45 högskolepoäng.	fullgjort
15	5	ha fullgjort kursfördringar om minst 90 högskolepoäng på avancerad nivå. Examensarbetet kan ingå i dessa 90 högskolepoäng.	fullgjort
16	5	ha fullgjort kursfördringar inom huvudområde matematik om minst 30 högskolepoäng. Examensarbetet får inte ingå i dessa 30 högskolepoäng.	fullgjort
17	5	ha fullgjort kursfördringar i Miljö och hållbar utveckling (MHU) som ska ingå i utbildningsprogrammet med sammanlagt 7,5 högskolepoäng.	fullgjort
18	5	ha fullgjort kursfördringar inom området Människa, teknik och samhälle (MTS) som ska ingå i utbildningsprogrammet med sammanlagt 7,5 högskolepoäng.	fullgjort
19	5	ha fullgjort de kursfördringar och uppnått de utbildningsmål som är angivna i respektive utbildningsprogramms utbildnings- och programplan.	fullgjort

Figur A.5: Undermål i LEO

ID	Beskrivning	Blooms-verb
1	Kunna tillämpa matematik och grundläggande naturvetenskap inom den tillämpade mekaniken och ha inblick i den klassiska fysikens mest grundläggande teorier och metoder.	tillämpa, ha inblick i
2	Förstå och kunna tillämpa de grundläggande maskintekniska ämnena materialteknik, mekanik, hållfasthetslära, strömningsteknik, maskinelement, mekatronik, och reglerteknik så att tekniskt relevanta problem kan lösas.	förstå, tillämpa
3	Kunna leda och medverka i utveckling av nya produkter och system med en hälsosyn från behov och idéformulering, konstruktion och tillverkning till drift och avveckling genom att följa en situationsanpassad systematisk u	leda, medverka, följa
4	Självständigt och kreativt kunna identifiera och formulera frågeställningar inom maskinteknikområdet. Vidare skall studenten kunna planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna tidsramar	identifiera, formulera, planera, genomföra, bidra till, utvärdera
5	Kunna kommunicera skriftligt och muntligt på svenska och engelska i dialog med olika grupper och klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger bakom samt presentera resultat	kommunicera, redogöra, diskutera, presentera
6	Kunna arbeta i och leda projektgrupp av mångdisciplinär karaktär som innebär att formulera och lösa öppna problem.	arbeta, leda, formulera, lösa
7	Kunna analysera berörande och interaktion i grupsamarbeten utifrån ett inkluderande perspektiv.	analysera
8	Kunna tillämpa kommunikativa strategier för att främja social hållbarhet.	tillämpa, främja
9	Analysera, synliggöra och problematisera vikten av jämställdhetsaspekter i utveckling av produkter, processer och system.	analysera, synliggöra, problematisera
10	Diskutera och reflektera över jämställdhet, jämlikhet och mångfald utifrån yrkesrollen ingenjör.	diskutera, reflektera
11	Kunna använda industriella projektleddningsmetoder för att självständigt och i grupp genomföra industriella produktutvecklingsprojekt.	använda, genomföra
12	Kunna beskriva de vanligaste yrkesrollerna för maskinteknikingenjören med förståelse för de mångfacetterade roller som civilingenjörer i maskinteknik innehar.	beskriva
13	Översiktligt kunna förklara de krav på kunskaper, färdigheter och förhållningssätt av generell karaktär (t ex lagarbete, kommunikation, arbetsmarknadsregler och inflytande, organisations- och ledningsstrukturer) som ställs på	förklara
14	Kunna samverka med yrkesverksamma civilingenjörer och andra professionella aktörer inom den maskintekniska industrin för att genomföra industriella utvecklingsprojekt.	genomföra, samverka
15	Inom maskintekniken kunna göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhälls- och etiska aspekter samt kunna beakta etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete.	göra, bedöma, beakta

Figur A.6: Huvudmål för TKMAS

A. Appendix 1

ID	Parent_ID	Beskrivning	Blooms-verb
1	1	kunna numeriskt lösa linjära och olinjära system av algebraiska ekvationer.	lösa
2	1	kunna lösa ordinarie differentialekvationer av typerna: separabla, inhomogena med konstanta koefficienter och Eulers.	lösa
3	1	kunna numeriskt lösa system av linjära och olinjära ordinarie differentialekvationer inklusive omskrivning till system av första ordningens differentialekvationer.	lösa
4	1	kunna lösa egenvärdesproblem för diskreta och kontinuerliga system.	lösa
5	1	kunna använda finita elementmetoden för att lösa partiella differentialekvationer.	använda, lösa
6	1	kunna redogöra för grunderna i sannolikhetsläran och statistiken samt planera försök med hänsyn till variationer.	redogöra, planera
7	1	kunna förklara och tillämpa termodynamikens huvudsatser när det gäller omvandling mellan olika energiformer inom ett system.	förklara, tillämpa, redogöra
8	1	kunna tillämpa Newtons lagar för att bestämma krafter och rörelser i materiella system.	tillämpa, bestämma
9	1	kunna beskriva fasta materials uppbyggnad och kunna förklara hur den påverkar materialets egenskaper.	beskriva, förklara
10	1	utföra givna modeller och matematiska formuleringar programmera lösningar, inklusive grafiskt presentation till tekniska problem i Matlab och/eller Python.	programmera
11	2	kunna bestämma belastningar på hela konstruktioner och delar av konstruktioner.	bestämna
12	2	kunna dimensionera mot brott, plasticitet, stabilitet, utmatning och vibrationer med tillämpning på vanliga lastbärande element, och förband såsom stänger, axlar, balkar, skivor, kopplingar, skruvförband, krympförband, svejs	dimensionera
13	2	kunna analysera, simulera, specificera och välja vanliga förband, transmissioner, bromsar och lager i maskinkonstruktioner.	analysera, simulera, specificera, välja
14	2	kunna förklara strömningssfenomen och simulera fluiders rörelser och krafter inom tillämpningar som rör, värmekvälar och gasturbiner samt kring geometriska enkla kroppar.	förklara, stimulera, styra
15	2	kunna förklara hur de vanligaste förekommande givare och ställdon fungerar och kunna integrera dessa i maskinkonstruktioner både fysiskt och virtuellt.	förklara, integrera
16	2	kunna analysera, observera, simulera och styra linjära dynamiska system.	analysera, observera, simulera, styra
17	2	kunna modellera, simulera och dimensionera reglerystem i maskinkonstruktioner både fysiskt och virtuellt.	modellera, simulera, dimensionera
18	3	kunna tillämpa de grundläggande maskintekniska ämnena för produktutveckling, produktions- och bearbetnings teknik.	Tillämpa
19	3	kunna generera förslag till nya produkter och produktionssystem.	generera
20	3	kunna skapa CAD-modeller (solidmodeller och sammanställningar) samt generera underlag och ritningar för tillverkning.	skapa, generera
21	3	kunna beskriva och exemplifiera metoder och verktyg för datorstödd produktframtagning.	beskriva, exemplifiera
22	3	kunna redogöra för och använda de mest vanliga ekonomiska begreppen och modellerna för att analysera ekonomin i ett företag och för att uppskatta ekonomiska konsekvenser av olika beslut.	redogöra, använda, modellera, analysera, uppskatta
23	3	kunna göra materialval med insikt om valets roll för tillverkningsprocess samt produktens beteende och miljöbelastning under livslängden.	göra
24	3	kunna jämföra och värdera olika produktförslag med avseende på funktion, miljöbelastning, produktion och ekonomi.	jämföra, värdera
25	3	kunna analysera, utforma och välja produktionssystem och bearbetningsprocess med hänsyn till effektivitet, arbetsmotivation, säkerhet och arbetsmiljö.	analysera, utforma, utforma, välja
26	3	kunna beskriva olika immaterialrätter	beskriva
27	3	kunna beskriva kritiska tidpunkter och åtgärder för att säkerställa relevanta immaterialrättsliga skydd.	beskriva
28	4	Kunna formulera teoretiska modeller och ställa upp ekvationer som beskriver modellerna. Lösa ekvationerna för att simulera verkligheten samt bedöma rimligheten i val av modell och noggrannheten i lösningen.	formulera, ställa upp, lösa, simulera, bedöma
29	4	Kunna analysera, lösa och simulera avancerade maskintekniska problem med industriella datorbaserade verktyg varvid det mest lämpliga verktyget skall kunna väljas.	analysera, lösa, simulera
30	4	Kunna planera och utföra experiment i tillämpad mekanik, materialteknik, reglerteknik, samt energi- och miljöteknik. Kunna värdera resultaten och dra slutsatser samt jämföra med observationer och simuleringar.	planera, utföra, värdera, dra slutsatser, jämföra
31	4	Kunna tillgodogöra sig teknisk vetenskaplig litteratur och följa och utnyttja kunskapsutvecklingen inom maskinteknikområdet.	tillgodogöra sig, följa, utnyttja
32	15	ta ansvar för resultat (produkter, simuleringar, beräkningar mm), dokumentera väl och baserar resultat på fysikaliska och matematiska lagar och/eller vägläggande principer och/eller beprövad erfarenhet.	ta ansvar för, dokumentera, basera
33	15	Kunna identifiera och hantera etiska problem och dilemman i maskintekniska sammanhang.	identifiera, hantera
34	15	Kunna beskriva och uppskatta ekonomiska, samhällliga och miljömässiga konsekvenser av vid utveckling eller omkonstruktion av en produkt.	beskriva, uppskatta
35	15	Kunna redogöra vilka energiresurser (förnybara och icke-förnybara) som finns och beskriva hur dessa kan omvandlas till andra energiformer samt förstå deras begränsningar och miljöpåverkan.	redogöra, beskriva, förstå
36	15	Kunna redogöra för och uppskatta människans påverkan på jordens klimat- och ekosystem.	redogöra, uppskatta
37	15	Kunna beskriva vad kunskap är och olika syn på kunskap.	beskriva
38	15	Kunna tillämpa vetenskaplig metodik och reflektera över sin egen kunskapsproduktion i ett ingenjör-, utvecklings eller forskningsprojekt.	tillämpa, reflektera

Figur A.7: Undermål för TKMAS

ID	Parent_ID	Beskrivning	Blooms-verb
1	1	kunskap och förståelse som krävs för självständigt arbete inom ämnesområdet Quality and Operations Management.	kunskap, förståelse
2	1	kunskap om den vetenskapliga grunden och påvisade erfarenheten inom ämnesområdet Quality and Operations Management, samt insikt i forskning och utveckling.	kunskap, insikt
3	1	bred kunskap inom Quality and Operations Management samt signifikant fördjupad teoretisk och praktisk kunskap inom Six Sigma och relaterade verktyg, samt att kunna aktivt delta i och bidra till ett Six Sigma projekt.	kunskap, delta, bidra
4	1	bred kunskap inom Quality and Operations Management samt signifikant fördjupad teoretisk kunskap inom tillvägagångssätt för att analysera och förbättra en verksamhet och kunna applicera denna kunskap på ett industriell	kunskap, analysera, applicera
5	1	bred kunskap inom Quality and Operations Management samt signifikant fördjupad teoretisk kunskap och praktisk erfarenhet från ett industriellt baserat utvecklingsprojekt.	kunskap, erfarenhet
6	2	förbättra organisatoriska processer genom ett vetenskapligt och analytiskt tillvägagångssätt.	förbättra
7	2	bestämma verktyg och tillvägagångssätt, användbara för att exploatera potentialen i organisationer genom att förbättra samspillet mellan teknologi, affärsutbudet och management.	bestämma, förbättra
8	2	skapa hållbara organisationer som drar nytta av potentialen i individer och på samma gång minimera slöserier och utnyttjar resurser effektivt.	skapa, minimera, utnyttja
9	2	kritiskt, självständigt och kreativt identifiera, formulera och lösa komplexa problem.	identifiera, formulera, lösa
10	2	analysera och kritiskt utvärdera tekniska och organisatoriska lösningar.	analysera, utvärdera
11	2	kritiskt och systematiskt integrera kunskap och förstå, förutse och utvärdera organisatoriska beteenden och skeenden, även med begränsad information.	integrera, förstå, utvärdera
12	2	applicera kvantitativa och kvalitativa metoder inom produkt- och processutveckling för att identifiera och utvärdera kundbehov och kundtillfredsställelse.	applicera, identifiera, utvärdera
13	2	applicera kvantitativa och kvalitativa metoder inom produkt- och processutveckling för att utveckla och leverera produkter och tjänster.	applicera, utveckla, leverera
14	2	applicera kvantitativa och kvalitativa metoder inom produkt- och processutveckling för att förbättra affärsprocesser.	applicera, förbättra
15	2	kommunicera slutsatser såväl som den kunskap och argumentation som ligger bakom dem på ett tydligt och otvetydigt sätt till olika målgrupper.	kommunicera
16	2	självständigt kunna välja och använda metoder lämpliga inom givna förutsättningar och bidra till kunskapsutveckling, forsknings- och utvecklingsaktiviteter.	välja, använda, bidra
17	3	förmåga att formulera värderingar som inkluderar reflektioner avseende vetenskapligt, socialt och etiskt ansvar.	formulera, reflektera
18	3	insikt i möjligheter och begränsningar med teknologi, dess roll i samhället och människans ansvar för dess användning.	insikt, ansvar
19	3	förmåga att leda och delta i förbättringsprojekt i en verklighetsbaserad kontext.	leda, delta
20	3	förmåga att arbeta och samarbeta i grupper med olika konstellationer av individer med avseende på genus, utbildningsbakgrund och nationalitet.	arbeta, samarbeta
21	3	förmåga att identifiera egna kunskapsbehov och metoder för kunskapsinhämtning som möjliggör fortsatta studier på ett självständigt sätt.	identifiera

Figur A.8: Undermål för MPQOM

ID	Parent_ID	Beskrivning	Blooms-verb
1	1	kunna arbeta självständigt inom avancerad maskinteknik.	arbeta
2	1	kunna formulera grunder och begränsningar i matematisk modellering och beräkningsteknik tillämpad på material-, struktur- och strömningssmekanik.	formulera
3	1	kunna använda avancerade ämnen inom matematisk modellering samt beräknings- och experimentella tekniker relevanta för de specialiserade spåren.	använda
4	1	kunna visa kunskap om aktuell forskning och utveckling inom den valda specialiseringen av tillämpad mekanik.	visa
5	2	kunna formulera maskintekniska problem som matematiska modeller.	formulera
6	2	kunna analysera och lösa avancerade maskintekniska problem med de mest lämpliga metoderna.	analysera, lösa
7	2	kunna välja lämpliga analysmetoder beroende på deras styrkor och svagheter.	välja
8	2	kunna uppskatta noggrannheten i den valda modellen och dess lösning jämfört med verkligheten.	uppskatta
9	2	kunna kritiskt och systematiskt identifiera, modellera, simulera och utvärdera mekaniska problem inom givna tidsramar, även med begränsad information.	identifiera, modellera, simulera, utvärdera
10	2	kunna visa förmåga att i tal och skrift nationellt och internationellt tydligt redovisa och diskutera sina slutsatser och argument i dialog med olika grupper.	visa, redovisa, diskutera
11	2	kunna visa de färdigheter som krävs för deltagande i forsknings- och utvecklingsarbete eller i annan kvalificerad sysselsättning.	visa
12	3	kunna visa insikt och förmåga att arbeta i team och samverka på ett jämställt och inkluderande sätt i grupper med olika sammansättning.	visa, arbeta, samverka
13	3	kunna visa förmåga att göra bedömningar inom tillämpad mekanik med hänsyn till relevanta disciplinära, sociala och etiska frågor.	visa, bedöma
14	3	kunna visa insikt i möjligheter och begränsningar med forskning inom tillämpad mekanik, dess roll i samhället och individens ansvar för hur den används.	visa
15	3	kunna visa förmåga att identifiera det personliga behovet av ytterligare kunskap och ta ansvar för sitt fortsatta lärande.	visa, identifiera, ta ansvar

Figur A.9: Undermål för MPAME

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2026

www.chalmers.se



CHALMERS