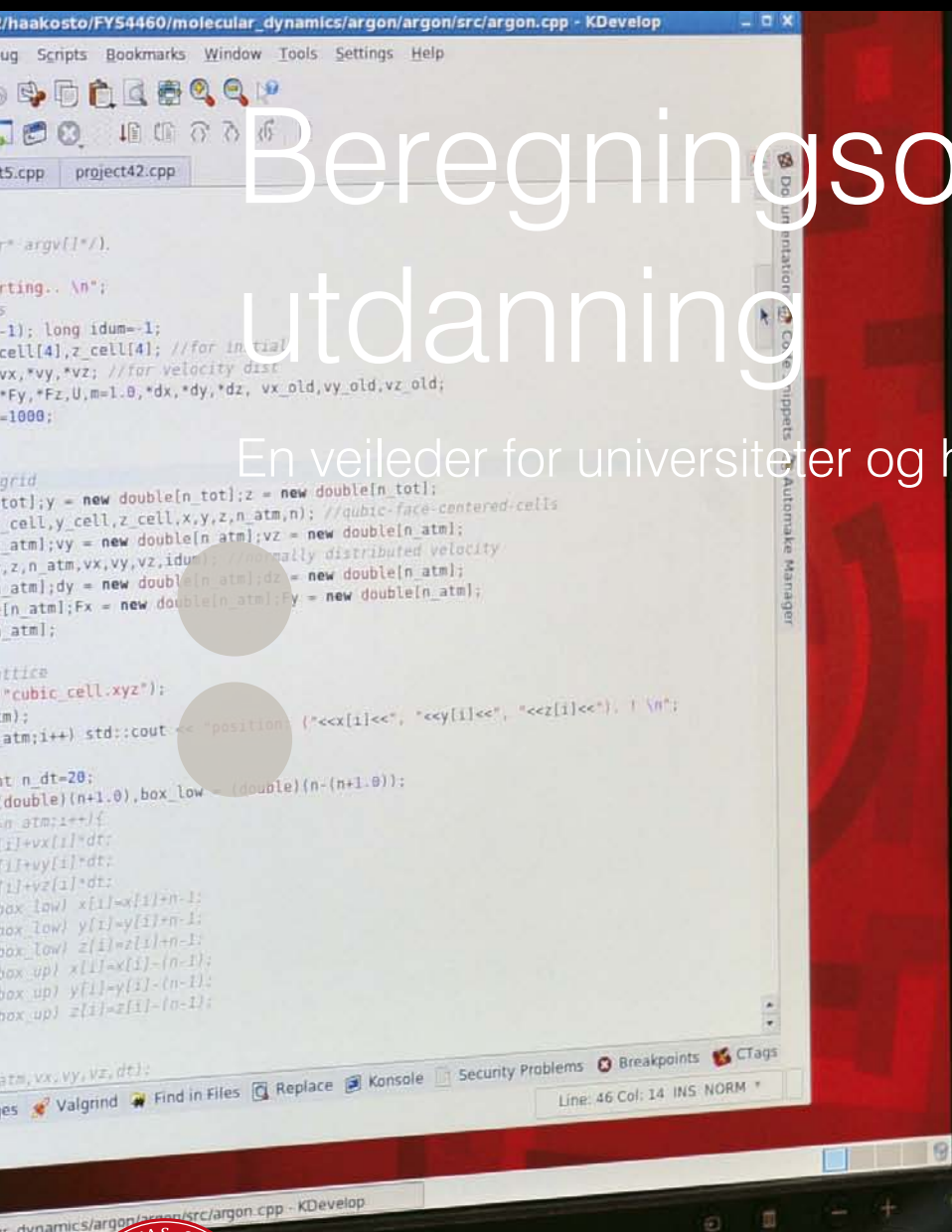


UiO : Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Beregningssorientert utdanning

En veileder for universiteter og høyskoler i Norge



• Innhold

1	Bakgrunn	5
1.1	Arbeidsgruppens oppnevning, mandat og arbeid	5
1.2	Annet pågående arbeid	7
1.3	Videre arbeid for arbeidsgruppen	7
2	Innledning	8
2.1	Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet	9
2.2	Anbefalinger til utdanningsinstitusjonene	9
2.3	Innholdet i rapporten	9
3	Beregningsperspektiv i næringsliv og utdanning	10
3.1	Beregningsperspektiv i næringslivet	11
3.1.1	Kostnadsreduksjon og kvalitetsforbedring	11
3.1.2	Fornyning og samarbeid	11
3.2	Beregningsperspektiv i utdanningen	12
4	Beregningsorientert utdanning	14
4.1	Hva er beregningsorientert utdanning?	14
4.2	Hva med tradisjonell matematikk?	15
4.3	Noen momenter ved innføring av beregningsperspektiv	15
4.3.1	Innlæring tidlig ved praktisk trening	15
4.3.2	Programmering	15
4.3.3	Valg av programvare	16
4.3.4	Læremidler	16
4.3.5	Ressurser og kostnader	16
4.3.6	Tilpasning til ulike fag	17
4.3.7	Organisatoriske forhold	18
4.3.8	CSE-senter	19
5	Eksempler	20
5.1	Matematikktunge realfag ved Universitetet i Oslo	21
5.1.1	Etablering	21
5.1.2	Struktur	21
5.1.3	Spredning til andre fag	25
5.1.4	En viktig bonus: økt interesse for undervisning	26

Arbeidsgruppen: Knut Mørken, Nina Sasaki Aanesen, Lars Oswald Dahl, Hugo Lewi Hammer, Terje Brinck Løyning, Anders Malthe-Sørenssen, Elisabeth Nøst, Ingve Simonsen, Jon Eivind Vatne og Tone Skramstad

Dato: 2/1/2011

På oppdrag fra Kunnskapsdepartementet har arbeidsgruppen utarbeidet en modell for hvordan beregningsorientert utdanning kan tas i bruk på lavere grad ved utdanningsmiljøer i naturvitenskap- og ingeniørfag.

Grafisk produksjon: o7 Gruppen AS

5.2	NTNU	26
5.2.1	Historisk bakgrunn	26
5.2.2	Studiets oppbygging	26
5.2.3	Dagens situasjon	26
5.2.4	Hvordan innføre CSE?	27
5.2.5	Fellesemner	27
5.2.6	Linjefagene	28
5.2.7	Hovedtanken bak innføring av beregninger	28
5.2.8	Beregningslaboratorier	28
5.2.9	Hva med realfagsstudentene?	28
5.2.10	Utfordringer	29
5.2.11	Oppsummering av anbefalinger for NTNU	29
5.3	Ingeniørutdanningene i Oslo, Bergen og Narvik	30
5.3.1	Bakgrunn og generelle betraktninger	30
5.3.2	Integrering av beregningsorientert matematikk i studieplanene	30
5.3.3	Faglig støtte	31
5.3.4	Læringsutbytte	31
5.3.5	Forankring i undervisningsledelse	31
5.3.6	Kostnader	31
5.3.7	Anbefalinger for ingeniørutdanningene	32
6	Sluttord	33
7	Litteratur	34
8	Bilder	34

1 Bakgrunn



Kunnskapsdepartementet (KD) har fulgt prosjektet Computers in Science Education ved Universitetet i Oslo over tid, og henviser til prosjektet på side 36 i realfagsstrategien Real FAG for framtida. Strategi for styrking av realfagene 2010-2014:

CSE-prosjektet (Computer Science in Education) er utviklet ved Matematisk naturvitenskapelig fakultet ved Universitetet i Oslo (UiO). Prosjektet går ut på at studentene helt fra starten av bachelorstudiet lærer å løse matematiske problemer ved hjelp av datamaskin. Fagområdet kalles numeriske metoder. Problemene er realistiske oppgaver, der studentene eksperimenterer med den virkeligheten de er opptatt av.

UiO er det første universitet i verden der begynnerstudentene har tatt i bruk avanserte beregninger på datamaskin. Andre universiteter venter med å introdusere numeriske metoder til en langt senere del av studiet, vanligvis ikke før i mastergraden. Ved UiO ser en det som et pedagogisk grep å starte dette samspillet med en gang. Slik blir studiet levende og relevant fra første dag, og en unngår en lang teoretisk periode i startfasen som gjør at mange kan miste motivasjonen. I tillegg får studentene innblikk i hva som skjer i forskningsfronten.

KD har et ønske om å integrere bruk av beregninger på lavere grad ved flere norske utdanningsinstitusjoner. På bakgrunn av dette ble mandatet til en nasjonal arbeidsgruppe utarbeidet.

1.1 Arbeidsgruppens oppnevning, mandat og arbeid

Mandatet for arbeidsgruppen ble godkjent av Kunnskapsdepartementet (KD) 6.9.2010, og kroner 500 000,- ble tildelt Universitetet i Oslo ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet (MN-fakultetet) til arbeidet.

Mandatet:

Oppdraget

Universitetet i Oslo ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet skal, på oppdrag fra Kunnskapsdepartementet, oppnevne og lede en arbeidsgruppe. Arbeidsgruppen skal utarbeide en modell for hvordan prosjektet CSE (Computers in Science Education) kan tas i bruk ved andre utdanningsmiljøer innen MNT¹-fag.

Departementet viser til strategien Real FAG for framtida og påpeker at prosjektet skal støtte opp under strategiens mål om økt kvalitet i norske MNT-utdanninger.

¹ Med MNT-fag menes fag innenfor matematikk, naturvitenskap og teknologi.

Overordnet mål

Spre kunnskap om CSE-prosjektet, herunder inkludering og integrering av et beregningsperspektiv i realfaglige og teknologiske studier på laveregrad.

Leveranse

På bakgrunn av de erfaringer Universitetet i Oslo har gjort siden oppstart av prosjektet, skal arbeidsgruppen utarbeide en skriftlig veileder og bidra til informasjonsspredning gjennom aktiviteter som støtter opp under de nevnte målene.

Veilederen skal som minimum inneholde følgende punkter:

- Gi en faglig begrunnelse for å vektlegge beregninger i undervisningen for laveregradsstudenter, herunder tekst som kan brukes som et beslutningsgrunnlag for å vurdere hvilke utdanninger som bør ha konkrete læringsmål knyttet til å beherske beregningsorientert matematikk.
- Beskrive forutsetninger, kostnader og gevinster/konsekvenser ved innføring av mer beregningsorientert realfaglig undervisning ved en institusjon. Det må i dette henseende tas hensyn til diversiteten i den norske utdanningssektoren, både hva ressurser, størrelse, avtakere og fagportefølje angår.
- Utforme en modell for hvordan en beregningsorientert tilnærming til realfaglige emner kan integreres og implementeres i andre realfaglige og teknologiske utdanninger, herunder beskrive ressurs- og kompetansebehov.

Det bør så langt det er mulig og hensiktsmessig skisseres opp løsninger for ulike grader av fordypning/omfang, anbefalinger for undervisningsformer, læringsmateriell og lignende.

I tillegg skal det opprettes et nettsted for formålet, hvor det blant annet kan legges ut læringsressurser som kan fungere som «good practice». Arbeidsgruppen oppfordres til å ha dialog med miljøer i UH-sektoren og eksterne interesser der dette sees som hensiktsmessig. Arbeidsgruppen vurderer selv om ytterligere elementer bør inkluderes i oppdraget, så fremt det kan løses innenfor den tildelte budsjettammen.

Sammensetning av utvalget

Arbeidsgruppen skal i størst mulig grad være representativt ut fra følgende prioriterte kriterier:

- ulike MNT -faglige miljøer
- størrelse på miljøene
- studentrepresentasjon
- representasjon fra avtaker/næringslivet
- geografi
- kjønn

Arbeidsgruppen skal ha en størrelse på 7-9 personer.

Tidsfrister

- Innen 01.01.2011: Arbeidsgruppen bør etterstrebe å få legge frem sitt foreløpige arbeid for Nasjonalt råd for teknologisk utdanning og Nasjonalt fakultetsmøte for realfag
- Innen 01.02 2011: Arbeidsgruppen avleverer sin rapport til Kunnskapsdepartementet
- Innen 01.06 2011: Avholde et seminar for informasjonsspredning for sektoren og andre interessenter

Arbeidsgruppen ble satt sammen etter kriteriene i mandatet og har hatt følgende medlemmer:

- Knut Mørken, professor, Institutt for informatikk/Senter for matematikk for anvendelser, Universitetet i Oslo – leder av arbeidsgruppen
- Nina Sasaki Aanesen, student, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet – studentrepresentant
- Lars Oswald Dahl, leder for risikostyring, Storebrand
- Hugo Lewi Hammer, førsteamanuensis, Avdeling for ingeniørutdanning, Høgskolen i Oslo
- Terje Brinck Løyning, prodekan ved Avdeling for teknologi, Høgskolen i Narvik
- Anders Malthe-Sørenssen, professor, Fysisk institutt/Geologiske prosessers fysikk, Universitetet i Oslo
- Elisabeth Nøst, Manager Flow Assurance, FMC Technologies
- Ingve Simonsen, professor, Institutt for fysikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
- Jon Eivind Vatne, førsteamanuensis, Institutt for data- og realfag, Avdeling for ingeniørutdanning, Høgskolen i Bergen
- Tone Skramstad, rådgiver, Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, Universitetet i Oslo – sekretær

Arbeidsgruppen har i perioden september 2010 til januar 2011 hatt seks dagsmøter. Disse har blitt avholdt på Gardermoen Park Inn. Det har i tillegg vært arbeid mellom disse samlingene.

Leder av arbeidsgruppen, professor Knut Mørken, deltok med innlegg på møtet i Nasjonalt fakultetsmøte for realfag på Svalbard 22.-23. november 2010. I referatet fra møtet står det:

Fakultetsmøtet takker Knut Mørken for orienteringen og anbefaler at KD tar modellen CSE inn i realfagstrategien. Utdanningsinstitusjonene bør seinere vurdere hvordan dette eventuelt kan implementeres.

1.2 Annet pågående arbeid

I perioden 1. januar 2010 til 15. oktober 2010 har det foregått et arbeid med å utarbeide ny rammeplan for ingeniørutdanningen i Norge. Arbeidet er initiert av Kunnskapsdepartementet. Det foreligger et forslag til forskrift om ny rammeplan for ingeniørutdanning som vil tre i kraft fra studieåret 2012/2013.ⁱⁱ

Medlemmene i arbeidsgruppen har fulgt med på arbeidet med den nye rammeplanen, og har kommet med innspill i høringsgrunden.

1.3 Videre arbeid for arbeidsgruppen

Som det fremgår av mandatet, skal arbeidsgruppen arrangere et seminar for spredning av CSE-prosjektet. Seminaret vil avholdes ved Universitetet i Oslo 20. mai 2011.

Arbeidsgruppen skal også utarbeide nettsider på mn.uio.no/om/samarbeid/undervisningssamarbeid/cse.

ⁱⁱ Rammeplanen fins på: http://www.regjeringen.no/nb/dep/kd/dok/andre/brev/utvalgte_brev/2011/ny-forskrift-om-rammeplan-for-ingeniorut.html?id=632491

2 Innledning



Naturvitenskap og ingeniørfag er grunnpilarer i samfunnsutviklingen. Energiproduksjon, bygningskonstruksjon, infrastrukturdesign, materialutvikling, værvarslings, finansiell risikostyring og medisinsk teknologi er eksempler på områder som er helt avhengige av disse grunnleggende fagene.

Et fellestrekk ved naturvitenskap og ingeniørfag er at sammenhenger kan beskrives i et matematisk språk, og dette er sentralt i problemløsning innenfor disse fagene. Utviklingen av datamaskiner og programvare har de siste tiårene gjort matematisk problemløsning på datamaskiner – beregninger – svært tilgjengelig. Resultatet er at problemer som tidligere var uløselige eller krevde enorme regnemaskiner, nå kan løses på en moderat PC. Store datamengder kan behandles og visualiseres på måter det før var vanskelig å forestille seg. Denne revolusjonen har endret fagene og deres anvendelser og gjort at beregninger har blitt en integrert og sentral del av forskning og utvikling, og et grunnleggende verktøy i næringsliv og industri.

Selv om utøvelsen av realfagene er betydelig endret, er dette i liten grad reflektert i elementærutdanningen ved de fleste universiteter og høyskoler. For mange fag betyr dette at studentene har et begrenset spekter av realistiske problemstillinger de kan forholde seg til tidlig i studiet, og de får dermed begrenset trening med viktige matematiske løsningsverktøy. Det vil derfor styrke norsk utdanning om beregninger integreres i utdanningen allerede fra første semester.

I dette arbeidet har arbeidsgruppen gjort noen observasjoner som kan sammenfattes som anbefalinger både til Kunnskapsdepartementet (KD) og til utdanningsinstitusjonene.

2.1 Anbefalinger til Kunnskapsdepartementet

- KD sørger for at alle relevante utdanningsinstitusjoner får kjennskap til veilederen.
- KD bevilger midler som kan fordeles til utdanningsinstitusjonene for å motivere til etablering av et beregningsperspektiv i utdanningen.
- KD etablerer et nasjonalt CSE-senter. Dette vil være et ressurscenter for beregningsorientert utdanning som samler læringsmateriell, eksempler og oppgaver. CSE-senteret vil også initiere og koordinere følgeforskning som vil studere ulike sider av beregningsorientert utdanning for å kunne dokumentere resultater og etablere god undervisningspraksis.

2.2 Anbefalinger til utdanningsinstitusjonene

- Alle relevante MNT-utdanninger setter av minst fem studiepoeng til beregningsrelevant programmeringsopplæring i første semester, og alle matematikkemner de første semestrene får et tydelig beregningsperspektiv som kobles til programmeringsopplæringen.
- Beregningskomponenten som etableres de første semestrene utnyttes aktivt i alle relevante emner senere i studiene.
- Undervisningsledelsen tar ansvar for å sikre at beregningsperspektivet blir ivaretatt på tvers av fag og over tid.
- Beregningsperspektivet inkluderes i læringsutbyttebeskrivelsene for de ulike utdanningene.

2.3 Innholdet i rapporten

I denne rapporten går vi først gjennom hvorfor det er viktig for næringsliv og realfags- og ingeniørutdanningene i Norge at beregningsperspektivet integreres tidlig i undervisningen. Vi forklarer også hva vi mener med beregningsorientert utdanning og går grundig gjennom hvordan beregninger bør integreres for å oppnå gode resultater.

Til slutt presenterer vi tre eksempler på beregningsorientert utdanning:

1. Universitetet i Oslo hvor beregningsorientert utdanning er integrert på lavere grad, hvordan dette er gjennomført og erfaringer med modellen
2. Hvordan beregningsorientert utdanning kan integreres på lavere grad både for de treårige og de femårige studieprogrammene ved NTNU og
3. Hvordan beregningsorientert utdanning kan integreres i ingeniørutdanningen ved høyskolene i Oslo, Bergen og Narvik.

Hva er beregninger og beregningsorientering?

Beregningsorientert problemløsning betyr å konstruere løsningen av et matematisk problem som en sekvens av presise steg som kan utføres av en datamaskin. Med beregninger mener vi utførelse av disse stegene på datamaskin.

3 Beregningsperspektiv i næringsliv og utdanning

Næringslivet etterspør beregninger

75 % av avgangsstudentene fra Teknisk fysikk ved NTNU bruker programmering eller beregningsverktøy i jobben ett år etter ferdig utdanning. (Masteroppgave, Arne Stormo, NTNU, 2009)



3.1 Beregningsperspektiv i næringslivet

Beregninger ligger til grunn for mange viktige beslutninger i næringslivet, og store investeringer er oftest tuftet på resultater fra beregninger. Kvalitet i kompetansen som benyttes til beregninger og analyser er særdeles viktig. Men tverrfaglighet får også bedre vilkår om flere evner å kjenne detaljene rundt en analyse og derved bakgrunnen for beslutninger. Beslutningstakere både i forkant og etterkant av beregningstunge prosjekter evner definitivt å ta bedre beslutninger om de kjenner dette fagfeltet godt.

Beregningskompetanse er en viktig basis både for dem som selv kommer til å utføre beregninger i en arbeidssituasjon og de som bare vil bruke resultatene fra beregningene.

3.1.1 Kostnadsreduksjon og kvalitetsforbedring

I større prosjekter i næringslivet vil medarbeidere som både har fagkompetanse på et aktuelt felt og kunnskap om beregninger, spille en viktig rolle. Kommunikasjon og kravspesifisering er en betydelig del av kostnaden i slike prosjekter, og prosjektdeltakere som kommuniserer godt på tvers av tradisjonelle faggrenser og forstår mulighetene og begrensningene ved beregninger er verdifulle.

Erfaring med små og moderate beregningsproblemer, også uten bruk av ferdigutviklet programvare, gjør en arbeidstaker umiddelbart operativ og gjør raskt en nyansett til en verdifull og fleksibel ressurs med stor produktivitet. I mindre utviklingsprosjekter vil slike kandidater kunne innta en profesjonell rolle og resultatene kan bli varige programvareløsninger og ikke bare kravspesifikasjoner. Det kreves god beregningskompetanse for å sikre at slike løsninger ikke utgjør en risikofaktor for feil, ustabilitet og blir lite distribusjonsvennlige.

Riktig satsning på dette feltet vil gi besparelser i næringslivet knyttet til to forhold: Økt effektivitet og produktivitet samt kvalitetsgevinst gjennom tverrfaglighet på et mer detaljert nivå.

3.1.2 Fornying og samarbeid

Universitet og høyskoler er de viktigste institusjonene for kompetansebygging. Næringslivets primærkilde for denne type kompetanse kommer dermed gjennom nyansettelse. Undervisningen må legges opp for å ivareta dette. Videre er det viktig for næringslivet å kunne fornye seg i en digital verden i stadig endring. Nyansatte representerer ny kunnskap inn i bedriften og kan være med på å sikre at fornyelsen

Tradisjonell og moderne beregningsanvendelse

Beregninger ligger til grunn for tradisjonelle og moderne teknologiske anvendelser som utvikling av elektronikk, datamaskiner, avanserte materialer, båter, fly, og oljeplattformer. Beregninger har den egenskapen at de kan understøtte eller erstatte fysiske eksperimenter i laboratorier eller i felt. Gjennom dette kan vesentlige besparelser og økt nøyaktighet oppnås. Noen ganger er beregninger det eneste alternativet når eksperimenter ikke kan gjennomføres fordi de er kontroversielle, farlige, ulovlige, umulige eller for kostbare. 75% av avgangsstudentene fra Teknisk Fysikk på NTNU bruker programmering eller beregningsverktøy i jobben etter år etter ferdig utdanning. (Masteroppgave, Arne Stormo, NTNU, 2009)

Arbeidsflyt ved løsning av ingeniørproblemer

Den vanlige arbeidsflyten i natur- og ingeniørfag er:

1. Et problem beskrives presist i vanlig språk.
2. Det oversettes til et matematisk problem ved hjelp av kjente lover og prinsipper.
3. Dette løses, svært ofte ved hjelp av beregninger på datamaskin.
4. Løsningen av beregninger visualiseres og tolkes.
5. Løsning på opprinnelig problem formuleres.

Alle stegene krever kunnskap om metoder og antakelser som ligger til grunn for beregningene og innsikt i hvilke muligheter og begrensninger metodene og beregningene kan ha.

«Hvordan kan en hjerne-svulst bestråles slik at svulsten dør, men mest mulig av det omkringliggende vevet overlever?»

ⁱⁱⁱ Se Jakobsen m.fl. 1994



har tilstrekkelig kvalitet. Beregninger vil ofte ligge til grunn for nye løsninger og arbeidsmetoder og nyansatte med beregningskompetanse er derfor verdifull.

Beregningskompetansen bør være moden hos studentene når de begynner i jobb. Det er derfor naturlig å starte med beregninger tidlig i studiet slik at ferdighetene kan utvikles over tid. Dette har også den fordel at studentene tidlig kan eksponeres for praktiske og realistiske problemstillinger i studiet. Dette vil i sin tur gi studentene kompetanse slik at de kan ta sin bachelor-, master- eller doktoroppgave i næringslivet. Beregningsorientert undervisning kan dermed bidra til å øke samarbeidet mellom lærested/student og næringslivet.

3.2 Beregningsperspektiv i utdanningen

Det er enighet om at ingeniør- og realfag er bærebjelker i dagens samfunn, og dette blir ofte brukt for å motivere ungdom til å studere disse fagene. Påstander om fagenes nytteverdi etterfølges ofte av en setning om at "dette er dessverre for avansert til å komme inn på her", også overfor studenter som allerede har begynt på en real- eller ingeniørfaglig utdanning. For en stor del er grunnen at studentene ikke møter verktøyene og teknikkene som brukes i den profesjonelle utøvelsen av fagene før mot slutten av bachelorstudiet eller i masterstudiet. En viktig årsak er at disse teknikkene svært ofte er beregningsorienterte, og i de fleste utdanninger er slikt stoff lagt til avanserte emner. De elementære emnene er stort sett fokusert rundt klassiske papir-og-blyant metoder, supplert med bruk av kalkulatorer og lignende verktøy.

Utdanning i realfag og ingeniørfag, slik den er skissert over, er veietablert i en solid, internasjonal utdanningstradisjon. Fagenes suksess underbygger at denne utdannings-tradisjonen har fungert godt. Terskelen for å gjøre endringer bør derfor være høy, men samtidig bør sentrale metoder og løsningsteknikker som er viktige i utøvelsen av fagene stadig vurderes inkludert i grunnutdanningen. Når dette gjøres må vekten legges på forståelse av grunnleggende prinsipper, noe som forhåpentligvis vil være kunnskap av varig art.

Ut fra den sentrale plassen beregninger har i næringsliv og forskning, er det på høy tid at grunnutdanningen i ingeniør- og realfag ved universiteter og høyskoler får et beregningsperspektiv. De grunnleggende prinsippene studentene trenger å lære er algoritmisk tenkning og problemløsning, og ikke bare spesielle programpakker som bygger på disse prinsippene. Slike programpakker er likevel viktige og nødvendige hjelpemidler i læringsmiljøet.

Beregningsanvendelser innen samfunnsfagene

Kunnskap om beregninger har også blitt viktig for yrkesgrupper som tradisjon-elt ikke forbindes med naturvitenskap og ingeniørfag. Eksempler er markeds-føring, forskning på sosiale nettverk eller innenfor miljøregnskap. Konkrete problemstillinger kan være:

- Bør en entreprenør inngå en avtale med pukkverk A eller pukkverk B i forbindelse med en større veiutbygging, når miljøhensyn tillegges størst vekt?
- Kan man benytte informasjon fra et firmas e-postsystem til å identifisere og kategorisere bedriftskulturen ved hjelp av kvantitative analysemetoder?

Utdanningene innenfor alle fag står dermed også overfor utfordringen om hvordan dette perspektivet kan trekkes inn i opplæringen.

Noen fordeler med å trekke beregninger inn i grunnutdanningen på denne måten er følgende:

- Siden studentene tidlig får erfaring med løsningsmetodene som brukes i utøvelsen av fagene, kan utdanningen fra starten gjøres relevant med tanke på faglig utøvelse i arbeidslivet. Dette vil være motiverende for studentene og positivt for senere arbeidsgivere.
- Veien fra metodefag til realistiske anvendelser blir kortere, og dermed blir det mulig å bedre studentenes forståelse og motivasjon for metodefagene. Dette kan være spesielt sentralt i kortere studier som ingeniørutdanningen.
- Beregningskompetanse gjør det mulig å studere mer realistiske og avanserte eksempler og problemer tidlig i studiet. Dette kan med fordel inkludere eksempler der den fullstendige teorien først kommer senere.
- Ideen bak en numerisk løsningsmetode er ofte enkel og intuitiv og kan ha en fysisk tolkning når den anvendes på et fysisk problem. Dette står i motsetning til analytiske løsningsmetoder som ofte framstår som triks for studentene. Riktig bruk av beregninger i undervisningen har derfor potensiale i seg til å bedre studentenes forståelse for teorien.



«Hvordan bør bilistene kjøre for å motvirke køtendenser ved stor trafikk?»

Beregningsperspektiv i fysikkutdanningen

I fysikkutdanningen gir integrasjon av beregninger muligheten til å introdusere mer realistiske og forskningsnære problemstillinger for studentene tidlig i utdanningen. Matematisk problemløsning står sentralt i fysikk.

Dessverre er kun et fåtall problemer eksakt løsbare, og uten mer slagkraftige beregningsmetoder må studentene derfor begrense seg til disse. De fleste fysikkstudentene lærer derfor om klassiske problemstillinger som en pendel uten luftmotstand eller en kule som ruller nedover et skråplan. Selv om dette er godt utviklede pedagogiske eksempler som er ikoniske i fysikkutdanningen, fremstår eksemplene som svært idealiserte og lite realistiske.

Ved integrert bruk av beregninger kan de samme fysiske prinsippene læres og anvendes i møte med mer realistiske problemstillinger tidlig i utdanningen: I stedet for en analyse av banen til en kanonkule uten luftmotstand, kan studentene selv lage en metode for å finne vindhastigheten i en tornado ved å beregne banen til et måleinstrument som skytes gjennom den. Det åpner for arbeidsmetoder og tenkemåter som er sentrale i utøvelsen av faget både i forskning og næringsliv. Samtidig er den klassiske fremstillingen av faget like sentral som før, og eksakte løsninger av forenklete problemer brukes der de gir god innsikt, men de kan nå inngå i en arbeidsflyt som minner mer om den studentene senere vil møte.

4 Beregningsorientert utdanning



4.1 Hva er beregningsorientert utdanning?

Beregningsorientert utdanning inkluderer beregninger på en systematisk og helhetlig måte på tvers av ulike fag, slik at studentene får en solid basis for bruk av beregninger i en framtidig arbeidskarriere. Dette innebærer blant annet at:

- Beregninger inngår naturlig og koordinert både i de grunnleggende metodefagene og i de tekniske emnene i utdanningen.
- Studentene får bevissthet om:
 - hvordan beregninger og klassiske, matematiske løsningsmetoder tilsammen gir en slagkraftig verktøykasse.
 - ulike feilkilder og begrensninger ved bruk av beregninger.
- Studentene får praktiske ferdigheter både i det å bruke ferdig programvare for beregninger og selv å programmere beregninger.
- Studentene får kunnskap om de grunnleggende prinsippene for hvordan data-maskiner fungerer. Dette er viktig for å forstå både begrensningene og mulighetene med beregninger og er med på å gi en allmenndannelse som er nyttig i en senere arbeidssituasjon.

Tanken er at grunnlaget i beregningsferdigheter legges så tidlig som mulig i studiet og utnyttes overalt der det er naturlig. Ved å legge grunnlaget tidlig trenger man ikke i senere fag å bruke tid på innlæring av de elementære ferdighetene.

4.2 Hva med tradisjonell matematikk?

Det er viktig å understreke at beregningsperspektiv ikke på noen måte må gå på bekostning av opplæring i grunnleggende matematikk. Tvert imot blir matematikkforståelse enda viktigere enn før. Noen eksempler på dette er:

- algebraisk manipulasjon av uttrykk slik at de kan programmeres effektivt
- fortrolighet med definisjoner av begreper som den deriverte og integralet slik at de kan programmeres og beregnes numerisk
- overføring av problemer til en standard matematisk form slik at de kan løses med standard programvare

4.3 Noen momenter ved innføring av beregningsperspektiv

Større faglige justeringer i de grunnleggende metodefagene er sjeldne, og de færreste har derfor rutiner for hvordan slike endringer bør gjennomføres. Under gir vi en kort gjennomgang av noen momenter som har vist seg å være viktige ved implementasjon av et beregningsperspektiv ved Universitetet i Oslo, samt et forslag om et nasjonalt senter som kan være til støtte i arbeidet:

- Tidlig innlæring
- Programmering
- Valg av programvare
- Læremidler
- Ressurser
- Tilpasning til ulike fag
- Organisatoriske forhold
- CSE-senter

4.3.1 Innlæring tidlig ved praktisk trening

Målet med å innføre beregningsperspektivet i utdanningen, er at studentene skal få kunnskap om relevante beregningsmetoder, hvordan de kan programmeres, deres egenskaper og begrensninger og deres anvendelser i ulike fag. Derfor er det viktig at beregningsperspektivet kommer inn så tidlig som mulig i studiet, helst i første semester. Slik kan beregninger utnyttes og videreføres i de senere semestrene.

Et overordnet mål bør være at studentene selv må programmere sentrale metoder. Det å eksperimentere med programmer som andre har skrevet kan ha sin plass, men virker ofte passiviserende og lite motiverende. Metodene bør dessuten knyttes sammen med teorien som undervises i de første matematikkemnene og brukes til å løse realistiske problemer i anvendte fag som tas parallelt. Det at grunnleggende metoder kommer inn flere ganger vil bidra til å bedre innlæringen.

4.3.2 Programmering

Et beregningsperspektiv slik det er skissert over forutsetter grunnleggende kunnskap om programmering. I en verden med trange studieplaner er det lett å tenke at dette ikke krever så mye tid og kan tas innimellom fagstoff i regulære emner. Erfaringen fra UiO er at dette fungerer dårlig og skaper frustrasjon hos studentene. Det er derfor

«Hvordan kan jeg vite effekten av reklamen jeg har på Google?»

«Hva vil havnivået være om 30 år?»

«Hvilken rute bør en hjemmesykepleier følge for å rekke flest mulig besøk i løpet av en arbeidsdag?»

svært viktig å sette av reell tid til læring av de grunnleggende programmeringsbegrepene samtidig med det første møtet med beregninger.

4.3.3 Valg av programvare

Kjernen i et beregningsperspektiv er hvordan problemer kan løses ved hjelp av presise algoritmer. Dette er en grunnleggende konseptuell forståelse som er uavhengig av konkrete programmeringsspråk og beregningsplattformer. Samtidig er det åpenbart viktig at studentene får praktisk erfaring med beregninger på datamaskin, noe som krever bruk av en konkret programmeringsomgivelse.

Diskusjon om valg av programmeringsspråk har lett for å bli konfliktfylt. Det er derfor viktig å først enes om de overordnede kravene en har til programmeringsspråket. Dette kan variere noe, men noen vanlige krav vil typisk være:

- Språket bør være egnet til å kunne fokusere på grunnleggende programmering.
- Språket bør gjøre bruk av de grunnleggende talltypene som støttes av standard maskinvare.
- En god plotteomgivelse bør være inkludert.
- Språket bør ikke være for omfattende, det gjør det vanskelig for studentene å få oversikt.

En konsekvens av det siste punktet er at språket ikke bør gi støtte for symbolske beregninger. Mulighet for symbolske beregninger øker læringsterskelen betraktelig og gjør det langt vanskeligere å fokusere på de grunnleggende programmeringsideene. For eksempel blir det lett forvirring omkring variable som noen ganger skal være symbolske og andre ganger numeriske. Det vil være en fordel for mange studenter å kjenne til symbolske beregninger, men erfaringsvis gjøres dette best i videregående emner når de grunnleggende programmeringskunnskapene allerede er etablert.

4.3.4 Læremidler

Læreboktradisjonen i realfag er utviklet over lang tid, med gode eksempler og oppgaver, og det fins et rikt utvalg av gode lærebøker. Samtidig er det svært få lærebøker med et integrert beregningsperspektiv slik det er skissert over. Dermed er det mest naturlige valget av læremidler for et nyutviklet beregningsorientert emne en klassisk bok, supplert med et kompendium eller en bok om numeriske metoder.

Ulempen med en slik løsning er at beregningsperspektivet blir et tillegg til det tradisjonelle, både rent faglig og mentalt hos studenten. På litt lengre sikt må målet være at beregningsperspektivet integreres med tradisjonell teori. På denne måten vil det totale volumet reduseres, ved at beregninger også brukes til å utvikle teorien. Samtidig vil teori, modellering og beregninger lettere kunne oppfattes som en helhet for studentene. Dette betyr at innføring av beregningsperspektiv i mange tilfeller vil innebære utvikling av læremateriell.

4.3.5 Ressurser og kostnader

Beregningsperspektiv i utdanningen vil være fremmed for de fleste faglærere og vil for alle som blir involvert kreve betydelig arbeid. Ekstra ressurser vil åpenbart kunne øke motivasjonen, men er også en forutsetning for deler av arbeidet. Når beregningsperspektivet er veletablert vil ikke denne typen undervisningen nødvendigvis være mer ressurskrevende enn tradisjonell undervisning, men dette kommer an på undervisningsformene. Det er ellers vanskelig å si noe presist om hvor mye en innføring

av beregningsperspektiv vil koste – dette vil avhenge av lokal organisering, ambisjonsnivå og mye annet. Følgende punkter identifiserer noen viktige kostnader:

- **Belønning.** Motivasjonen for en ekstra innsats kan økes ved at det stilles ekstra ressurser til rådighet i form av økte reisemidler, utstyrsmidler eller annen form for kompensasjon for lærere. Lignende insentiver kan også gis til institutter og andre organisatoriske enheter for å sette fart i arbeidet og oppmuntre til samarbeid. Tilgang på denne typen midler vil lette innføringen betraktelig – gulrotprinsippet fungerer alltid bedre enn pisk!
- **Utstyr.** En forutsetning for å lykkes er at studenter og lærere har tilgang til nødvendig utstyr. I dag har de fleste studenter egen bærbar datamaskin som de gjerne vil bruke i undervisningen. I så fall vil det være behov for et opplegg for installasjon av nødvendig programvare på studentenes maskiner. Dette er generelt krevende siden mangfoldet i maskinparken kan være stort. En måte å løse dette på er å gi studentene gode tilbud på (eventuelt dele ut gratis) maskiner med passende programvare ferdig installert. En annen løsning er å distribuere virtuelle maskiner med ønsket programvare. Uansett vil det de fleste steder også være behov for datarom med passende utstyr. Ikke minst er det viktig at undervisningsrommene gir mulighet for eksperimentering og programmering.
- **Kompetanseheving.** De fleste steder vil det være et betydelig antall lærere med begrenset erfaring med beregninger på datamaskin. Det å få disse inkludert i reformprosessen vil være viktig både med tanke på det kollegiale klimaet og det å spre belastningen på flest mulig. Det vil derfor mange steder være behov for videreutdanning av lærerstaben.

4.3.6 Tilpasning til ulike fag

I størstedelen av dette dokumentet er beregningsorientert utdanning beskrevet generisk, uten differensiering mellom ulike real- og ingeniørfag. Definisjonen av beregninger som er brukt her har imidlertid en tydelig matematisk undertone, og det er derfor ikke overraskende at beregningsorientert utdanning naturlig vil ta en litt forskjellig form for matematiske og mindre matematiske fag. Den generelle utfordringen er å gi et relevant grunnlag i metodefagene matematikk og informatikk, bundet sammen av beregninger, og så utnytte dette grunnlaget i sekundær- og tertiærfagene som kommer senere i utdanningsløpet.

I fag som statistikk, de matematiske delene av informatikk, fysikkfagene (fysikk, astronomi og geofysikk) og teoretisk kjemi er matematikk og matematisk modellering et svært sentralt verktøy. Utdanningen har derfor en betydelig matematikkomponent, og gjennomsnittsstudenten er interessert i matematikk. Dette betyr at det er relativt enkelt å innføre et beregningsperspektiv ved å inkludere beregningsmetoder i de grunnleggende matematikkemnene, typisk numeriske løsningsmetoder i tillegg til de analytiske.

I utøvelsen av de matematikktunge fagene gjøres det bruk av til dels avanserte metoder, også rent IT-teknisk. Av den grunn er det en fordel om programmeringsopplæringen i starten kan tilsvare den som gis til informatikk- (IT-) studenter, siden en del av studentene i disse fagene vil ønske en betydelig informatikkomponent i sitt studium. Ved Universitetet i Oslo har dette ført til at studentene i de matematikktunge fagene har et beregningsorientert programmeringsemne på 10 studiepoeng første semester, mens resten av semesteret brukes til klassisk kalkulus, numeriske metoder og digital representasjon av informasjon, se nærmere beskrivelse i kapittel 5.1.

De mindre matematiske realfagene omfatter blant annet geografi, geologi, biologi, deler av kjemi og farmasi. Selv om alle disse fagene også gjør bruk av matematikk,

«Hvordan skal mitt nye hjemmekinoanlegg innstilles for at lyden i min stue skal bli best mulig?»

«Hvordan bør en finansinstitusjon plassere sin kapital for minimere sin risiko, men samtidig ha gode muligheter for stabil avkastning?»

er det mindre utbredt og de matematiske metodene er som regel mindre avanserte enn i de matematiske fagene. For mange av studentene er matematikken som kreves et betydelig hinder, og matematikkomponenten i utdanningen er derfor både mindre i omfang og mindre avansert enn for de matematiske fagene.

I den tradisjonelle utøvelsen av disse fagene er matematisk modellering langt mindre utbredt enn i de matematikktunge fagene, men dette endrer seg raskt i takt med suksessen modellering har hatt i andre fag. Det er derfor viktig å gi disse studentene en relevant utdanning i beregningsorientert modellering. Utfordringen fra et utdanningsperspektiv blir da å gi beregningsopplæring til studenter som generelt har liten interesse for matematikk og har lite matematikk i sin grunnutdanning. En minimumsløsning er en opplæring i elementær programmering på fem studiepoeng med beregningsperspektiv, integrert med et emne på ti studiepoeng som inneholder relevant matematikk, også med et beregningsperspektiv.

Matematikk oppleves ofte tungt og irrelevant for studenter innen de mindre matematikktunge fagene. En spennende mulighet kan være å la modellering ved hjelp av beregninger og programmering være hovedfokus i denne metodeutdanningen, slik at matematikken supplerer beregningene og ikke motsatt.

4.3.7 Organisatoriske forhold

En helhetlig innføring av beregningsperspektiv i utdanningen er såpass omfattende at organisatoriske og andre menneskelige forhold er avgjørende for å lykkes. De viktigste blant slike forhold er følgende:

- **Støtte fra ledelsen.** Som nevnt krever innføring av et bredt beregningsperspektiv koordinerte endringer i studieplaner på tvers av grunnleggende metodefag som matematikk, statistikk og informatikk så vel som ulike anvendte fag. En slik prosess vil nødvendigvis involvere mange lærere med ulik bakgrunn og kompetanse. Det vil derfor nesten være en forutsetning at ledelsen ved avdelingen/fakultetet/institusjonen først har tatt en avgjørelse om at disse endringene skal gjøres og aktivt støtter arbeidet.
- **Styringsgruppe.** I etableringsfasen kan det være naturlig å organisere innføringen av beregninger i et prosjekt med en styringsgruppe som følger opp omleggingen spesielt. Målet må dog være at beregningsperspektivet inkluderes i undervisningen på permanent basis. Prosjektorganiseringen vil derfor være midlertidig.
- **Faglig samarbeid.** En rasjonell innføring av beregninger krever samarbeid på tvers av faggrenser, institutter og avdelinger. Da kan de anvendte fagene utnytte grunnlaget som legges i matematikk- og informatikkemner uten å bruke tid på innlæring av grunnleggende teknikker. For å få til noe slikt er det viktig å etablere et kollegialt samarbeidsklima på tvers av tradisjonelle faggrenser. Dette betyr at en del personlige kjepphester kanskje må vike for løsninger til glede for et større fellesskap, noe som gir belønning i form av et bredt og moderne undervisningstilbud som ikke kan implementeres av enkeltpersoner på egenhånd.
- **Faglig entusiasme.** Et viktig grunnlag for all god undervisning er faglig entusiasme. En vellykket innføring av et beregningsperspektiv er derfor avhengig av at det fins nøkkelpersoner som brenner for dette og er villige til å gjøre en innsats utover det vanlige. Arbeidet som vil hvile på slike ressurspersoner er planlegging av det faglige innholdet i sentrale emner og gjennomføring av undervisningen i disse emnene.

4.3.8 CSE-senter

Innføring av beregningsperspektiv i utdanningen er en betydelig oppgave der det kan være mye å hente ved samarbeid internt innen en utdanningsinstitusjon, men også på tvers av utdanningsinstitusjonene. Arbeidsgruppen mener derfor det vil være svært fordelaktig om det ble bevilget midler til opprettelse av et nasjonalt CSE-senter.

Dette senteret vil få i oppgave å samle relevante læringsressurser og erfaringer i forbindelse med innføring av beregningsperspektiv, initiere følgeforskning på effektene av endringene og bistå institusjoner i omleggingsfasen. Senteret vil også kunne få ansvar for å arrangere nasjonale konferanser med tanke på utveksling av erfaringer



5 Eksempler



«Hvordan kan en fresemaskin programmeres til å lage et gitt spor i en treplate?»

I dette avsnittet gir vi tre eksempler på hvordan et beregningsperspektiv kan inkluderes i grunnutdanningen. Det første eksempelet er fra MN-fakultetet ved Universitetet i Oslo. Dette er det eneste eksempelet på en utdanning som faktisk har innført beregningsperspektiv og som kan fortelle om konkrete erfaringer.

De to andre eksemplene beskriver hvordan innføringen tenkes gjort ved NTNU i Trondheim og ved ingeniørutdanningene ved høyskolene i Bergen, Narvik og Oslo. Årsaken til at disse utdanningene blir diskutert her er ene og alene at disse institusjonene er representert i arbeidsgruppen. Forhåpentligvis vil tankene som deles her også kunne være av interesse for landets øvrige universiteter og høyskoler.

5.1 Matematikktunge realfag ved Universitetet i Oslo

Beregninger på datamaskin har vært et sentralt verktøy innen matematikktunge realfag som fysikk, astrofysikk, geofysikk og kjemi ved UiO siden de første datamaskinene ble tilgjengelige. I mange år var imidlertid dette forbeholdt forskningen og var et verktøy studentene i stor grad måtte lære seg på egen hånd, gjerne i forbindelse med arbeid med hovedoppgaven eller doktoravhandlingen.

Rundt år 2000 var det flere miljøer, særlig ved Fysisk institutt, Institutt for informatikk og Matematisk institutt, som så et behov for en generell beregningsopplæring allerede fra første semester på lavere grad. Til å begynne med var disse initiativene i liten grad synkronisert. Etableringen av Senter for matematikk for anvendelser^{iv} i 2003 førte flere av disse miljøene sammen.

Samtidig førte innføringen av Kvalitetsreformen til at undervisningen i matematikktunge fag på lavere grad ble organisert i et fåtall bachelorprogram med faglig bredde, med de to programmene Fysikk, astronomi og meteorologi (FAM) og Matematikk, informatikk og teknologi (MIT) som de to største^v. Det var derfor naturlig at de tidligere spredte forsøkene på å få etablert et beregningsperspektiv ble synkronisert og systematisert i det såkalte CSE-(Computers in Science Education) prosjektet. Beskrivelsen nedenfor oppsummerer prosjektet som pilot og hvordan det framstår i 2011.

5.1.1 Etablering

Drivkraften bak CSE-prosjektet^{vi} har hele tiden vært fagpersoner med engasjement for undervisning, med en beregningsorientert forskningsprofil. Noen av disse personene var sentrale i etableringen av de nye studieprogrammene i 2003, og det var naturlig å se om det lot seg gjøre å etablere et beregningsperspektiv på de store, matematikktunge programmene. Fra starten av var ambisjonene klare om at CSE skulle etablere et helhetlig beregningsperspektiv på laveregradsutdanningen, på tvers av fag og undervisningsprogram. Samtidig var usikkerheten stor rundt hvordan dette skulle gjøres. Ingen hadde erfaring med hvordan slike prosesser kunne gjennomføres.

Det ble imidlertid fort klart at prosjektet måtte forankres i ledelsen ved MN-fakultetet. Sentrale personer i prosjektet fikk i stand et møte med dekanen, og resultatet var at fakultetets strategiplan fikk et punkt om at det skulle arbeides for å etablere et beregningsperspektiv på utdanningen. Med denne ryggdekningen, kombinert med respekt for det klassiske innholdet i utdanningen, var det relativt enkelt å få støtte for prosjektet fra ledelsen ved de ulike instituttene og mesteparten av undervisningsstaben.

5.1.2 Struktur

Alle de matematikktunge programmene har en fellesblokk de første semestrene der beregningsperspektivet etableres. Denne blokken består av emnene INF1100, MAT-INF1100, MAT1100, MAT1110 og MAT1120 som beskrives nedenfor. Fundamentet innen denne blokken består av de tre første emnene som går parallelt første semester og danner en naturlig helhet:

- **MAT1100 – Kalkulus.** Dette er et klassisk matematikkemne som tar for seg temaer som komplekse tall, konvergens og kontinuitet, derivasjon og integrasjon, samt elementær vektorregning, funksjoner av flere variable og partielle deriverte. I dette emnet er det ingen systematisk bruk av beregninger på datamaskin.

^{iv} CMA, et senter for fremragende forskning støttet av Norsk forskningsråd

^v Et annet stort program, Matematikk og økonomi, ble etablert fra studieåret 2007/2008.

^{vi} For en introduksjon til beregningsorientert undervisning, se artikkelen "A new way to teach science? Computers in Science Education" på http://www.uio.no/for-ansatte/organisasjon/ikt_laring/fleksibel-laering/2009/

<<Hvordan finner en GPS posisjonen på jorda?>>



- **MAT-INF1100 – Modellering og beregninger.** Dette emnet inneholder både en del klassisk matematikk, numeriske metoder og det som kan kalles generell digital kompetanse:
 - Klassisk matematikk: Induksjon, reelle tall og kompletthet, differensligninger, Taylor-polynomer med feilledd, ordinære differensialligninger
 - Numeriske metoder: Numerisk simulering av differensligninger, numerisk løsning av ligninger, numerisk derivasjon og integrasjon, numerisk løsning av differensialligninger, utledning av feilestimer, trunkeringsfeil og avrundingsfeil i numeriske metoder
 - Digital kompetanse: Representasjon av tall i ulike siffersystemer, representasjon av tall i datamaskinen, avrundingsfeil, representasjon av tekst, kompresjon med særlig vekt på tapsfrie metoder, litt om representasjon og manipulasjon av digitl lyd og digitale bilder.
- **INF1100 – Grunnkurs i programmering for naturvitenskapelige anvendelser.** Dette emnet gir opplæring i programmering uten krav om forkunnskaper. Eksempelene som brukes er stort sett utelukkende hentet fra matematikk og de øvrige realfagene. Ikke minst programmeres de fleste numeriske metodene isom gjennomgås i MAT-INF1100 i INF1100. Programmeringsspråket er Python. Emnet starter med en innføring i elementær programmering, men gir også en grundig innføring i objektorientering.

Tanken er studentene skal oppleve disse emnene som en helhet. Et typisk eksempel er at de møter definisjonen av integralet i MAT1100, numeriske metoder for å beregne integraler i MAT-INF1100 og programmerer disse metodene i INF1100. Tilbakemeldingene fra studentene er at dette krever mye arbeid, men at opplegget fungerer godt.

De to andre emnene i grunnblokken er **MAT1110 – Kalkulus og lineær algebra**, og **MAT1120 – Lineær algebra**. Disse emnene dekker et forholdsvis standard pensum i flervariabel analyse og lineær algebra, men med et tydelig beregningsperspektiv. Beregningsemner som dekkes er fikspunktiterasjon, løsning av lineære ligningssystemer, numeriske metoder for å finne egeneverdier og egenvektorer, minste kvadraters metode, singularverdidekomposisjon, ulike anvendelser som kompresjon av bilder, Googles page-rank-algoritme, Markovkjeder.

Tabell 1 viser oppbygningen av studieretningen Matematisk finans i bachelorprogrammet Matematikk og økonomi, mens tabell 2 viser studieretningen Astronomi i bachelorprogrammet Fysikk, astronomi og meteorologi. Selv om studieretningene er svært forskjellige, er begge bygd på den samme grunnblokken. Slik får studentene et felles grunnlag i matematikk med et tydelig beregningsperspektiv.

En del av de senere emnene har også en tydelig beregningskomponent. Innen matematisk finans gjelder dette de to statistikkemnene **STK1100 – Sannsynlighetsregning og statistisk modellering** og **SKT1110 – Statistiske metoder og dataanalyse 1**, mens alle emnene i astronomiretningen innholder beregninger i større eller mindre grad.

5.1.2.1 Programmeringsemner

Fram til 2006 ble programmeringsopplæringen gitt gjennom et tradisjonelt informatikk-emne, **INF1000 – Grunnkurs i objektorientert programmering**, basert på programmeringsspråket Java. I seg selv er dette et godt emne, men studentene opplevde emnet som fjernt fra matematikkemnet og etterlyste et mer matematikkorientert emne. **INF1100 – Grunnkurs i programmering for naturvitenskapelige anvendelser** ble innført høsten 2007 som et svar på dette. Tilbakemeldingene fra studentene tyder på at de nå opplever de tre emnene første semester som en helhet.

6. semester	EXPHIL03 Examen philosophicum	Valgfritt	Valgfritt samfunnsøkonomiemne på 2000-nivå eller høyere
5. semester	ECON3610 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet og økonomisk politikk	MAT2700 Matematisk finans og investeringsteori	MAT2410 Analyse 2
4. semester	MAT2400 Analyse 1	STK2130 Modellering av stokastiske prosesser	MAT2440 Differensiallikninger og optimal kontrollteori
3. semester	MAT1120 Lineær algebra	ECON2310 Makroøkonomisk analyse	STK1110 Statistiske metoder og dataanalyse 1
2. semester	MAT1110 Kalkulus og lineær algebra	ECON1500 Innføring i samfunnsøkonomi for realister	STK1100 Sannsynlighetsregning og statistisk modellering
1. semester	MAT1100 Kalkulus	MAT-INF1100 Modellering og beregninger	INF1100 Grunnkurs i programmering for naturvitenskapelige anvendelser
	10 studiepoeng	10 studiepoeng	10 studiepoeng

Tabell 1. Studieretningen for Matematisk finans i bachelorprogrammet Matematikk og økonomi ved UiO.

6. semester	AST3210 Stråling I	Valgfritt	Valgfritt
5. semester	FYS2160 Termodynamikk og statistisk fysikk	AST2120 Stjernene	AST2210 Observasjonsastronomi
4. semester	FYS2140 Kvantefysikk	Valgfritt	EXPHIL03 Examen philosophicum
3. semester	FYS1120 Elektromagnetisme	AST1100 Innføring i astrofysikk / GEF1100 Klimasystemet	MAT1120 Lineær algebra
2. semester	FYS-MEK1110 Mekanikk	MEK1100 Feltteori og vektoranalyse	MAT1110 Kalkulus og lineær algebra
1. semester	MAT1100 Kalkulus	MAT-INF1100 Modellering og beregninger	INF1100 Grunnkurs i programmering for naturvitenskapelige anvendelser
	10 studiepoeng	10 studiepoeng	10 studiepoeng

Tabell 2 Studieretningen for astronomi i bachelorprogrammet Fysikk, astronomi og meteorologi.

<<Hvordan kan oppbygningen til en stjerne bestemmes?>>

«Hvordan kan et fly landes med autopilot?»»

5.1.2.2 Sekundærfag – mekanikk

Så langt har vi beskrevet grunnemnene i matematikk og informatikk. En viktig tanke bak undervisningsreformen i Oslo er at beregningsperspektivet som legges i disse emnene utnyttes innen de ulike fagene som bygger på grunnblokken. Disse fagene er primært fysikk, meteorologi og oseanografi og astrofysikk, i tillegg til matematiske fag som statistikk og mekanikk.

- **FYS-MEK1110 – Mekanikk** er et sentralt emne med et tydelig beregningsperspektiv. Dette er et klassisk innføringskurs i Newtons mekanikk som tar for seg emner som kinematikk, Newtons lover, mekanisk energi, kollisjoner, rotasjon og spinn. Emnet dekker de klassiske temaene og eksemplene, men innfører også numeriske eksempler og metoder sømløst, spesielt i forbindelse med integrasjon av bevegelseslikningene. Dermed kan man regne direkte på eksperimentelle data og innføre og regne på mer avanserte kraftmodeller. Programmeringsspråket er Python eller Matlab, og det legges vekt på å bygge ferdigheter med mye trening i enkel programmering. Oppgavene som gis varierer fra år til år, men som et eksempel kan vi nevne beregning av satellittbaner. I denne oppgaven regnet studentene på banene til kjente satellitter og sammenlignet sine resultater direkte med måledata fra NASA.

5.1.2.3 Undervisningsformer

Innføring av beregningsorienterte emner i første semester og integrasjon av beregninger i de senere kurs har ført til noen endringer i hvordan undervisningen foregår. Den største endringen er knyttet til hvordan man innfører og følger opp øvelser som inneholder programmering. Slike emner krever en viss infrastruktur:

- Det må utvikles en programvareplattform som kan støttes og driftes på de systemene man trenger i undervisningen, fra maskiner som bruker på forelesninger, til maskiner på datalaber, på terminalstuer for studentene, samt på studentene og ansattes egne maskiner. Ved UiO har vi her valgt flere plattformer: en Python-basert pakke i noen kurs, Matlab i andre kurs, og C++, Java eller Fortran i mer avanserte kurs.
- Det kreves lokaler hvor studentene kan arbeide i mindre grupper med beregningsoppgaver, f.eks. data-laber med pc'er eller grupperom med god støtte for strømuttak og trådløs nettverk, samt tilstrekkelig AV-utstyr.
- Det krever systemer for innlevering av programmer og oppgaver som inneholder tekst, matematikk, programmer, og visualiseringer. Vanlige distribusjonssystemer som Fronter eller It's Learning kan her ha begrensninger.

Bruk av beregninger krever utvikling av både kunnskaper og ferdigheter hos studentene. Det er særlig viktig å utvikle ferdighetene tilstrekkelig, slik at studentene blir selvstendige og kan anvende beregninger senere i utdanningen, men dette krever betydelig øvelse over lang tid. Beregningsemner har derfor ofte innslag av innleveringsoppgaver.

For å oppnå god læring har beregningsoppgaver blitt gitt på forskjellig vis: som noen få større prosjektoppgaver eller obligatoriske innleveringsoppgaver med ekstra tilrettelagt undervisning i grupper og på datalab etter mønster av labundervisningen; som mange oppgaver som integreres i kurset og som da krever gruppelærere og lokaler som er fleksible til å følge opp forskjellige metoder; og som store prosjekter som krever egnede lokaler og gruppelærere. Erfaringen ser ut til at det er lettere å sikre at studentene utvikler ferdigheter i beregninger dersom dette også integreres i vurdering/eksamen.

Bruk av beregninger har gjort det mulig å innføre mer realistiske eksempler og oppgaver i anvendte fag som fysikk, geofag og astronomi. Det krever i mange tilfeller at nytt undervisningsmateriale utvikles. En særlig fordel er at beregninger gir mulig-

heter til å lage oppgaver som bedre reflekterer de arbeidsmetoder som brukes i forskning og næringsliv, men det krever at lærerkreftene har tilstrekkelig kompetanse til å legge opp til og veilede slike aktiviteter.

5.1.2.4 Eksamensresultater

Det er viktig å understreke at grunnlaget for å innføre et beregningsperspektiv på utdanningen er at beregninger har blitt et helt grunnleggende og sentralt verktøy i en profesjonell utøvelse av fagene. Vi har derfor ikke noe valg: våre kandidater må beherske dette verktøyet godt. Når det er sagt så er det opplagt at vi også bør høste fruktene av beregningsorientering og inkludere mer realistiske eksempler og forsøke å gi en mer motiverende undervisning. Et naturlig spørsmål er da om studentene vil gjøre det bedre i studiene, mer spesifikt, på eksamen?

Det er generelt vanskelig å svare på et slikt spørsmål av den enkle grunn at alle studenter i matematikktunge fag nå får en beregningsorientert utdanning ved UiO. Det fins altså ingen kontrollgruppe å sammenligne med. Følgende kommentarer kan likevel anføres:

- Studiet har blitt mer krevende i og med at studentene må forholde seg til programmering og en ny matematisk løsningsmetode i tillegg til klassisk matematikk og realfag. I skolen er det stor vekt på regneteknikk anvendt på konkrete eksempler. Numeriske metoder kan synes enkle, men for studentene er de mer abstrakte i og med at de er generelle og typisk programmeres for en vilkårlig funksjon f. De kan derfor ikke tilegnes ved hjelp av regneteknikk, slik de er vant til. Et stort hinder for studentene ser ut til å være å akseptere at numeriske løsninger er den 'vanlige' løsningstypen på problemer. Det er bare i spesielle tilfeller at en kan finne en løsning ved eksplisitt formel.
- Eksamensresultatene og strykprosenten i begynneremnene er omtrent som før beregningsperspektivet ble innført. Dette kan selvsagt ha mange årsaker, men det synes som om studentene mestrer beregningsorienteringen godt.

5.1.3 Spredning til andre fag

Innføring av beregningsperspektiv i grunnutdanningen ved MN-fakultetet ved UiO ble fra starten begrenset til matematikktunge fag. Dette fordi det i disse fagene var en gruppe av lærere som så behovet og tok initiativ til fagomleggingen. Fakultetsledelsen har imidlertid lenge hatt som mål at beregningsperspektivet skal innføres i alle realfag, og dette ble nedfelt i fakultetets strategiplan for perioden 2004–2009. Det må understrekes at det også i de andre fagene har vært enkeltemner med beregningskomponenter og mange studieplaner har inkludert grunnkurs i programmering, men dette har ikke vært en integrert del av grunnutdanningen.

Institutt for geofag omfatter matematikktunge fag som meteorologi og oseanografi som har vært involvert i CSE-prosjektet siden starten. Grunnemnene i bachelor-programmet Fysikk, astronomi og meteorologi fikk et beregningsperspektiv allerede i 2003. De videregående emnene i disse fagene begynte også innføring av et integrert beregningsperspektiv fra 2008.

Høsten 2008 ble også emnet GEO1040 – Grunnkurs i programmering for geofaglige problemstillinger – undervist for første gang. Dette emnet gir en innføring i elementær programmering basert på geofaglige eksempler. Emnet går ikke så langt i programmering som INF1100 (programmeringsemnet for de matematikktunge studentene) og er ikke koblet til noe matematikkemne. GEO1040 har blitt møtt med stor interesse fra fag som biologi og kjemi som ønsker seg et tilsvarende tilbud. Den generelle utfordringen



«Hvordan kan
hjertekirurger lære
å operere uten å øve seg
på mennesker og dyr?»

er å finne fram til en relevant og synkronisert grunnutdanning i matematikk og informatikk for alle de mindre matematikkintensive fagene.

5.1.4 En viktig bonus: økt interesse for undervisning

Arbeidet med etablering av beregningsperspektiv i utdanningen ved UiO har tatt mye tid for de involverte personene, med mange diskusjoner på tvers av tradisjonelle faggrenser. En del av diskusjonene har vært faglige, men en del har også vært mer fokusert rundt pedagogiske utfordringer. I tillegg har CSE-prosjektet arrangert et årlig CSE-seminar som de siste årene har samlet ca. 50 personer. Hovedtema har vært informasjon til interesserte personer i fagmiljøene om arbeidet med beregningsperspektiv, men etter hvert har seminaret også tatt opp mer allmenne undervisningstemaer.

Generelt er det de fleste steder vanskelig å fange interessen til realister for pedagogiske spørsmål. Innføring av beregningsperspektiv er imidlertid i utgangspunktet en faglig utfordring som ser ut til å interessere en betydelig del av staben. Refleksjon omkring undervisningsformer, evalueringsformer og liknende kommer naturlig inn i arbeidet, og for mange har dette resultert i økt interesse for undervisning generelt.

5.2 NTNU

5.2.1 Historisk bakgrunn

Siden opprettelsen av Norges Tekniske Høgskole (NTH) har Trondheim hatt et nasjonalt ansvar for ingeniørfagene. Denne tradisjonen er i dag videreført av Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). NTNU ble dannet i 1996 ved at blant annet NTH og den Allmennvitenskapelige Høgskolen (AVH), som var organisert etter den klassiske universitetsmodellen, ble slått sammen.

Dette har resultert i at man i dag innen de teknisk-naturvitenskapelige fagdisiplinene tilbyr gradene master i teknologi/sivilingeniør samt bachelor og master i realfag. Innen naturvitenskapelige fag som fysikk, kjemi og matematikk tilbyr NTNU alle disse gradene. Det er opp til studentene å velge studieprogram med tilhørende grad når de søker om opptak.

5.2.2 Studiets oppbygging

Hovedinnholdet i teknologistudiene ved NTNU er underlagt Forvaltningsutvalget for sivilingeniørutdanningen – FUS-utvalget^{vii}. Dette utvalget påvirker også indirekte realfagsstudiene, siden de fleste realfaglige studieprogrammene har felles undervisning med de tilhørende teknologifagene.

Alle teknologistudiene ved NTNU er bygd opp rundt samme lest: én del som består av tekniske og ikke-tekniske emner som er felles for alle studieprogrammer – fellesemner – og én annen del som består av linjespesifikke fag – linjefag. For eksempel vil så og si alle 1500 teknologistudenter ha Matematikk 1 og IT grunnkurs i første semester. I påfølgende semestre tar flesteparten av studentene emnene Statistikk og Matematikk 2–4. Videre har typisk alle teknologiske studieprogrammer minst ett grunnkurs i fysikk.

5.2.3 Dagens situasjon

Internasjonale evalueringer av både sivilingeniørstudiene generelt og spesifikke studieprogrammer spesielt har de senere årene etterlyst mer fokus på beregninger.

Det samme har norsk industri gjort, siden dagens ingeniører i økende grad bruker numeriske simuleringer i prosjektering, evaluering og uttesting av tekniske design^{viii}.

Som et resultat av disse tilbakemeldingene har man startet flere parallelle løp ved NTNU, både sentralt og på enkelte fakulteter/institutter, for å planlegge hvordan man mest hensiktsmessig kan innføre mer bruk av numeriske beregninger i de teknisk-naturvitenskapelige utdanningene. Så langt har dette dessverre bare i ubetydelig grad resultert i noen praktiske endringer av studiene. Likevel har flere faglærere ved NTNU som «brenner» for og ser viktigheten a, beregninger allerede innført dette i sine fag. Disse initiativene har vært personlig eller lokalt initiert og har ikke hatt noen overordnet koordinering. De kan derfor raskt falle bort ved et bytte av faglærere.

5.2.4 Hvordan innføre CSE?

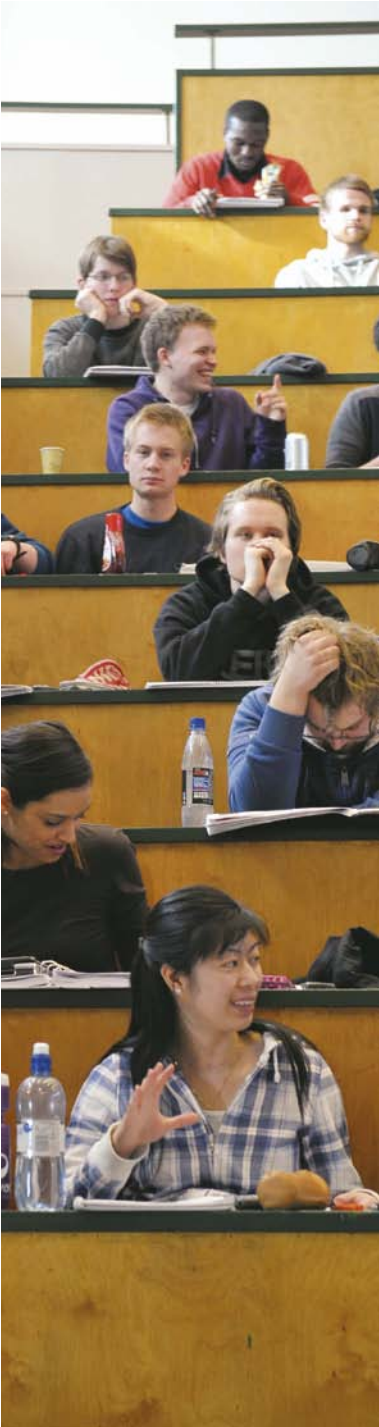
Arbeidsgruppens klare oppfatning, og anbefaling, er at når et beregningsorientert perspektiv skal innføres i utdanningen, så er det ytterst viktig at man sørger for at det er forutsigbarhet og kontinuitet i hva studentene lærer og i hvilke fag og rekkefølge de lærer dette i. Uten disse elementene på plass, vil studentenes antatte forkunnskaper være diffuse og usikre. De vil også kunne variere fra år til år, noe som gjør det utfordrende å planlegge og gjennomføre numeriske beregninger i et gitt fag innenfor de stramme tidsrammene man har til rådighet.

Siden beregninger er en så viktig del av moderne ingeniør- og naturvitenskap, mener vi at beregninger må innføres ved NTNU i alle de mer enn 25 ulike studieprogrammene innen disse fagdisiplinene. Innføringen bør skje både i fellesemnene og i linjefagene. I fellesemnene, som typisk kommer tidlig i studiet, bør man fokusere på generell beregnings- og programmeringskunnskap. Linjefagene derimot gir mulighet for å behandle mer fagspesifikke problemstillinger samt beregningsverktøy (programpakker).

Når man skal innføre beregninger innen en fagdisiplin, støter man ofte på problemstillingen at ikke alle vitenskapelig ansatte er like fortrolige med dette. Dette gjør det vanskelig å beholde kontinuiteten i et utarbeidet opplegg for beregninger når man i et fag f.eks. skifter faglærer, eller gjør andre mindre endringer. Vår oppfatning er derfor at det er mest praktisk og hensiktsmessig at hovedansvaret for beregninger ikke blir liggende primært hos faglærer. Selvsagt er det ønskelig, og forventet, at faglærer kommer med innspill til faglig relevante problemstillinger som er velegnet for beregningsaktiviteten i faget, men den praktiske planleggingen og gjennomføringen av denne aktiviteten bør ikke være faglærers ansvar.

5.2.5 Fellesemner

Konkret anbefaler vi at de to fellesemnene Matematikk 1 og IT grunnkurs, som tas parallelt i første semester av nesten alle teknologistudenter ved NTNU, begge blir gitt en beregningsorientert komponent. Dette betyr at aktiviteten i disse fagene må koordineres. Begge fagene bør ha noen beregningsoppgaver som henter sin problemstilling eller krever bruk av teknikker fra det andre faget. Matematikk 1 bør ha oppgaver som krever bruk av datamaskin for å utføre beregningen, mens man i IT grunnkurs har oppgaver som henter sin motivasjon fra den matematiske verden. De påfølgende fellesemnene i matematikk (Matematikk 2–4), statistikk og fysikk bør integrere beregninger på en tilsvarende måte, og senere emner i programmering bør også ha oppgaver med koblinger til matematikk, naturvitenskap og/eller ingeniørdisipliner.



^{viii} Se Computational Science and Engineering: Challenges and Opportunities Contributions Towards a Centre for Computational Science and Engineering at NTNU and SINTEF, NTNU 2010

^{vii} Se <http://www.ntnu.no/adm/utvalg/fus>

«Hva vil effekten være av at en del av et fjell raser ned i en fjord?»

Ordet «oppgaver» er ovenfor gitt den brede betydningen en aktivitet som er en del av kurset». Eksempler kan være problemer som studentene skal løse og eventuelt levere inn, mindre prosjekter eller semesteroppgaver.

Hvilken form som velges i et aktuelt emne vil avhenge av emnets karakter og natur. For emner som kommer tidlig i studiet, vil trolig det å integrere beregninger i de obligatoriske ukentlige problemene være å foretrekke. For videregående emner kan andre former brukes med hell. Uavhengig av hvilken form man velger, bør det sterkt vurderes om beregningsaktivitetene skal gjøres obligatoriske. Dette for å sikre at alle studenter gjennomfører disse på en tilfredsstillende måte og med akseptabelt resultat.

5.2.6 Linjefagene

Også i de ulike linjefagene bør beregninger bli integrert. Det anbefales at de fleste (om ikke alle) linjefag får minst én beregningsorientert oppgave over et tema som er relevant for faget. Dette betyr at kun en mindre justering av hvert enkelt emne er påkrevet for å få innført beregninger i de ulike studieprgrammene, noe som skulle gjøre det mulig å innføre beregninger relativt raskt i linjefagene.

5.2.7 Hovedtanken bak innføring av beregninger

Hovedtanken bak opplegget skissert og anbefalt ovenfor er at summen av beregninger og tilhørende metoder lært i de enkelte emnene jevnt gjennom hele studieløpet til sammen skal utgjøre en helhet. Ved fullført studium skal den samlede aktiviteten rundt beregninger ha gitt de vordende NTNU-ingeniører og naturvitere et erfarings-grunnlag og en «verktøykasse» for selv å kunne utføre, forstå og tolke resultatene av numeriske beregninger på en tilfredsstillende måte. Håpet er at beregninger rett og slett skal ha blitt en naturlig del av det å løse et problem!

For å oppnå dette må studieprogrammene identifisere relevante typer beregninger og omfanget av disse for sine studenter. Videre bør det med basis i de ulike enkelt-emnenes karakter, samt krav til rekkefølgen av beregningsmetodene, planlegges i hvilke emner de ulike beregningene skal bli gjennomført. De mest elementære beregnings-metodene er antatt å bli dekket i fellesemner som for eksempel Matematikk 1–4 og IT-fagene.

5.2.8 Beregningslaboratorier

For å sikre kontinuiteten bør det sterkt vurderes om ansvaret for beregningene i de ulike emnene bør ligge på en gruppe fast vitenskapelig ansatte. Med nødvendig kompetanse kan de ta på seg en slik rolle som en del av sin faste undervisning. På denne måten blir man mindre sårbar for varierende kunnskap om beregninger hos de faglærerne som kommer til å undervise et gitt fag.

På flere institutter har man allerede i dag en slik ordning omkring det obligatoriske eksperimentelle laboratoriearbeidet som inngår i enkelte emner. Det er her snakk om en tilsvarende organisering rundt beregninger, og vi anbefaler med andre ord innføring av «beregningslaboratorier».

5.2.9 Hva med realfagsstudentene?

Som tidligere nevnt er det noen naturvitenskapelige fagfelt ved NTNU (f.eks. fysikk og kjemi) hvor man tilbyr både tekniske og realfaglige studieprogrammer, og hvor mange emner undervises felles for begge programmene. Det er viktig at også realfags-

studentene har den nødvendige programmeringskompetansen som kreves for å gjennomføre beregningene i linjefagene. Innføring av beregninger må også føre til nødvendige justeringer av krav og anbefalinger til fagkombinasjoner i de tradisjonelt mer frie realfagsstudiene.

5.2.10 utfordringer

Hver høst tar mer enn 1500 ferske NTNU-studenter fagene Matematikk 1 og IT grunnkurs. På grunn av dette store antallet bør det utformes retningslinjer og konkrete planer for hvordan man skal løse mange av de praktiske problemstillingene som vil oppstå. Konkrete problemstillinger er:

- Skal det kreves at studentene har egne datamaskiner? Hva i så fall med dem som ikke har det?
- Hvordan sørger man for at alle studenter får installert fungerende software på egne maskiner og på datasalene?
- Har man nok strømuttak og nettverkstilknytningspunkter i de lokalene man tenker brukt til studentveiledning?

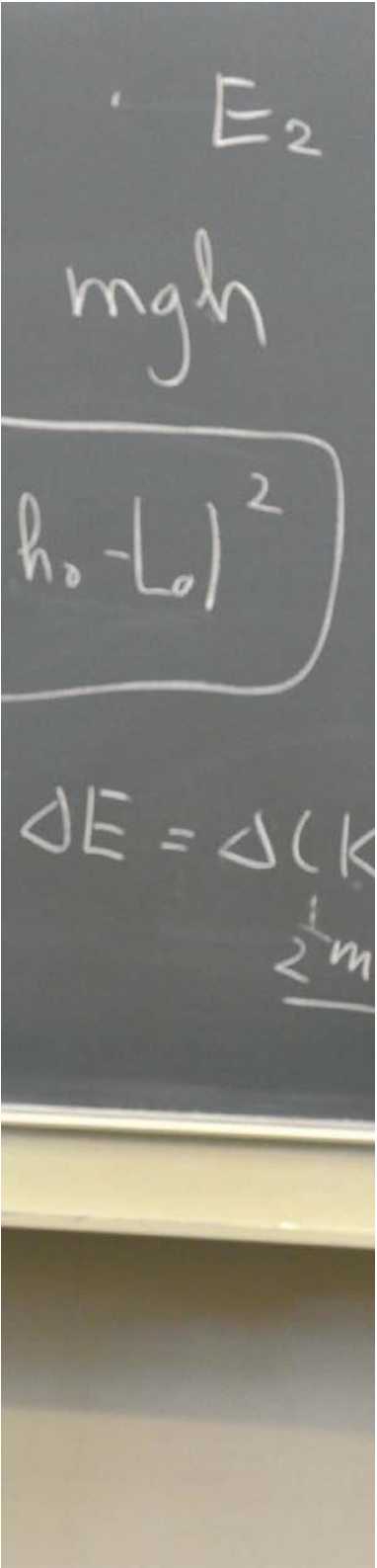
Løsningene på slike praktiske problemer har ofte uante innvirkninger på hvordan man kan utvikle og gjennomføre et godt og funksjonelt opplegg for bruk av beregninger i utdanningen.

Som nevnt tidligere er det en utfordring at en del av den vitenskapelige staben ikke behersker beregninger på datamaskin. Det bør derfor vurderes om man ser behovet for å opprette kompetansehevingkurs i beregninger for vitenskaplig ansatte.

5.2.11 Oppsummering av anbefalinger for NTNU

Kort kan man oppsummere de sentrale anbefalingene gitt ovenfor for innføring av beregninger ved NTNU via følgende punkter:

- Fellesemner, herunder Matematikk 1 og IT grunnkurs, brukes til å introdusere en felles koordinert plattform for beregninger.
- Alle linjefag gjennom hele studiet hvor dette er relevant får en beregningskomponent som består av faglig relevante og obligatoriske oppgaver som har som mål lære studentene en bestemt beregningsteknikk.
- Beregningslaboratorier opprettes for hvert studieprogram hvor man har egne «laboratorie-ansvarlige», som består av personer fra den vitenskaplige staben og som har beregningskompetanse.
- Den totale beregningsaktiviteten i et studieprogram skal utgjøre en velfundert helhet. Endringer skal bare gjøres unntaksvis og bare etter grundige vurderinger (da dette ofte kan ha utilsiktede konsekvenser for fag som blir tatt senere).



«Hvordan er det mulig å få tredimensjonale bilder av kroppens indre?»

5.3 Ingeniørutdanningene i Oslo, Bergen og Narvik

5.3.1 Bakgrunn og generelle betraktninger

Ingeniørutdanningene i Norge står foran en grunnleggende endring i form av ny forskrift og ny rammeplan som vil bli gjort gjeldene fra og med skoleåret 2012-2013. Dette betyr at høgskolene må gå igjennom alle sine studieprogram/-retninger og emner og endre disse i forhold til forskriften. Tidspunktet er derfor riktig for å kunne inkludere og integrere beregningsperspektivet i ingeniørutdanningene når de nå må revideres og endres.

Det er ikke alle studieprogram som er like matematikk- og beregningsorienterte, og noen vil hevde at det vil være bortkastet tid å lære studentene på disse studieretningene programmering og beregningsorientert matematikk. Her gjelder det samme argumentet som for alle andre emner og temaer i ingeniørutdanningen. Norske ingeniører i dag bør ha nok kompetanse innen klassiske ingeniørfag til å kunne kommunisere med andre ingeniører om problemstillinger som de ikke arbeider med til daglig.

Vi hevder i denne rapporten at beregningsorientert matematikk er blitt et klassisk ingeniørfag, og at det derfor er nødvendig at alle ingeniører har ferdigheter og kompetanse på dette feltet. I tillegg øker bruken av disse metodene også blant utøvere av fag som tradisjonelt ikke har vært så beregningsorienterte.

5.3.2 Integrering av beregningsorientert matematikk i studieplanene

Vi anbefaler at studentene gjennomfører et kurs i programmering så tidlig som mulig i studiet. Slik dannes et grunnlag for å øke beregningskompetansen utover i studiet, helst med oppstart tidlig i første semester. I følge den nye rammeplanen er det rom for dette i det som kalles fellesemner og programemner.

Fellesemnene er en emnegruppe som består av 30 studiepoeng og som skal være felles for alle studieprogrammene. I de nasjonale retningslinjer for ingeniørutdanningen står det at: «Denne emnegruppen har til hensikt å bidra til motivasjon, gjennomføring, helhetsforståelse og systemtenking samt et matematisk grunnlag for utdanningen».

Ingeniørfaglig innføringsemne (10 studiepoeng) er lagt til første semester, sammen med matematikk 1 (10 studiepoeng) og et programemne (10 studiepoeng). For dette emnet gir de nasjonale retningslinjene følgende beskrivelse og forslag til aktuelle temaer (sitat):

Prosjektarbeid, rapportskriving, presentasjonsteknikk, tilbuds- og kontraktskriving, etikk, helse, miljø og sikkerhet, livsløpsanalyser, prosjektøkonomi, laboratoriearbeid, beregningsperspektiv ved hjelp av datamaskin, bruk av algoritmer og matematiske beregninger med datamaskiner [vår utheving].

Programemnene er felles for studenter på et studieprogram. Emnegruppen er på 50 studiepoeng og består av kjernefagene i studiet. Kjernefagene skal gi grunnleggende innføring i sentrale programemner, og skal sette kandidaten i stand til å spesialisere seg innenfor sitt programområde.

Vår oppfatning er at det ville være best om programmeringsferdighetene ble undervist som et fellesemne, og at programemnene ble forbeholdt studieprogrammet. Dette kan imidlertid tilpasses. Det viktigste er at programmeringskompetansen øves i første semester og videreutvikles i studieprogrammenes fag jevnt utover i studiet.

Det er viktig at beregningsperspektivet integreres i alle fag og emner hvor beregninger har en naturlig plass, både i programemner og i spesialiseringsemnene. For å få dette til må faglærer lage arbeidskrav og innleveringer som inkluderer beregningsperspektivet i løsningsverktøy og metode.

5.3.3 Faglig støtte

Dersom faglærer har liten erfaring med numeriske beregninger og beregningsorientert matematikk, bør institusjonene legge til rette for assistanse og veiledning. Dette kan for eksempel løses ved at institusjonen oppretter et beregningslaboratorium hvor det ansettes en laboratorieansvarlig som skal være til støtte for faglærer uten egen kompetanse innen beregningsorientert matematikk. Faglærer og laboratorieansvarlig kan sammen finne en eller flere oppgaver innen emnet som er relevant for undervisning og læring.

Det er ikke ønskelig eller meningen at matematikkpensumet eller andre fagpensum skal reduseres eller endres i vesentlig grad utover det som må gjøres i forbindelse med ny forskrift og rammeplan, for å få plass til beregningsorientert matematikk. Men det vil være temaer og emner innen de enkelte fag som vil være bedre egnet for bruk av datamaskin enn andre emner og temaer.

5.3.4 Læringsutbytte

Det er viktig for studentenes kunnskap, ferdigheter, og generelle kompetanse at bruk av datamaskin som løsningsverktøy blir en integrert del av all undervisning på bachelornivå. Dette vil komme ingeniørstudenten til gode når vedkommende begynner på sitt hovedprosjekt og eventuelt går videre på master.

Masterprogrammene vil kunne få mer tid tilgjengelig ved at studentene allerede kan mye av det som i dag undervises på masternivå. Vi tror også at dette vil være et fortrinn for ingeniørkandidaten og et gode for de bedrifter hvor ingeniørene vil arbeide i fremtiden.

5.3.5 Forankring i undervisningsledelse

Vi tror at fakultets- og avdelingsledelse og de som har ansvar for kurs og undervisning på et overordnet nivå må ta aktiv del i integrering og innføring av beregningsorientert matematikk i de enkelte studieprogram og emner. Dette er en kvalitetssikring av at integreringen blir gjennomført selv om faglærerne slutter eller bytter fag.

5.3.6 Kostnader

Vi forutsetter at innføring og integrering av beregningsmatematikk vil føre til økt bruk av datautstyr som skolen og studentene disponerer, både det som er eid av skolen og eid av studentene. Dette kan føre til økte kostnader i form av økt kapasitet på maskinvare, mer tid som brukes på teknisk veiledning til installering av programvare, flere strøm-uttak i klasserom til bærbare pc'er osv. Det er mulig å minimalisere dette ved gjennomtenkte løsninger og nedskrevne veiledninger som gjøres tilgjengelig for alle. Det er derfor viktig at ledelsen ved skolen og avdelingene er forberedt på dette, og tar dette inn i sine strategier, handlingsplaner og budsjetter. Samtidig ser vi det som en fordel at innføring og integrasjon av beregningsorientert matematikk skjer samtidig med innføringen av ny forskrift og rammeplan for ingeniørutdanningen i Norge. Det betyr at ekstrakostnader i forbindelse med planlegging og endringer av studieprogram og studieplaner minimaliseres i forhold til om beregningsorientert matematikk skulle vært innført i dagens bachelorutdanninger.



«Hvordan kan vi lage et nytt materiale med en ønsket egenskap?»

5.3.7 Anbefalinger for ingeniørutdanningene

- Undervisningsledelsen ved hver institusjon må ta ansvar og aktiv del i diskusjonen om hvordan beregningsorientert matematikk skal tilpasses undervisningen på den enkelte institusjon.
- Kostnader forbundet med tilpasning til mer beregningsorientert matematikk i bachelorutdanningene må tas med i budsjettprosessene.
- Høgskolene bør sørge for å integrere beregningsorientert matematikk samtidig som høgskolene tilpasser undervisningen til den nye forskriften og rammeplanen for ingeniørutdanningene på bachelornivå.
- Et innføringskurs i programmering bør inngå i første semester, og koordineres med Matematikk 1. Institusjonene bør opprette et beregningslaboratorium for å sikre kompetanse og kontinuitet i undervisningen hvor beregningsorientert matematikk inngår. Ingeniørutdanningene bør planlegge å gjennomføre beregningsperspektiv i alle studieløp. Beregningsperspektivet innføres i alle relevante emner.

6 Sluttord



Arbeidsgruppen fikk et mandat fra Kunnskapsdepartementet og ble bedt om å utarbeide en "modell for hvordan prosjektet CSE (Computers in Science Education) kan tas i bruk ved andre utdanningsmiljøer innen MNT-fag" og mer spesifikt "utarbeide en skriftlig veileder og bidra til informasjonsspredning gjennom aktiviteter som støtter opp under de nevnte målene [om økt kvalitet i norske MNT-utdanninger]". Mandatet nevner så tre spesifikke punkter som skal diskuteres i veilederen.

Vi mener vi har besvart hvorfor og hvordan et beregningsperspektiv bør inkluderes i et bredt spekter av utdanninger, og hvordan arbeidet kan legges opp organisatorisk. Mange faglærere kan derfor finne nyttige tips for implementering av beregningsorientert undervisning i denne veilederen.

Enkelte mer krevende ønsker i mandatet har vi ikke har svart like grundig på. Det vi opplevde som det mest komplekse spørsmålet dreier seg om ressurser og kostnader. Det er vanskelig å skille både bruk av arbeidstid og andre ressurser brukt på innføring av beregningsperspektiv fra generell undervisningsinnsats og vedlikehold av utdanning.

Som vi har vært inne på tidligere, skjer større faglige revisjoner av realfaglige utdanninger kanskje bare et par ganger i et århundre. Når vi nå får være med på en slik revisjon, kan det derfor ses på både som et spesielt ansvar og en unik mulighet til å være med å forme framtidens samfunn.

7 Litteratur

Computational Science and Engineering: Challenges and Opportunities Contributions Towards a Centre for Computational Science and Engineering at NTNU and SINTEF, NTNU 2010

Hjort-Jensen, Morten, Knut Mørken, Annik Myhre og Hanne Sølna (2009): "A new way to teach science? Computers in Science Education", side 29-40 i Susanne Kjekshus Koch (red.): Ringer i vann. Lenge leve fleksibel læring ved Universitetet i Oslo, Universitetets senter for informasjonsteknologi, Universitetet i Oslo

B. Jakobsen, B. og F. Rosendahl: «The Sleipner Platform Accident» i *Structural Engineering International* 4(3), 1994

Kunnskapsdepartementet (2010): Realfag for framtida. Strategi for styrking av realfagene 2010-2014

Ny forskrift om rammeplan for ingeniørutdanning: http://www.regjeringen.no/nb/dep/kd/dok/andre/brev/utvalgte_brev/2011/ny-forskrift-om-rammeplan-for-ingeniorut.html?id=632491

Stormo, Arne (2009): Integrering av numeriske beregninger i grunnleggende fysikkurs, Masteroppgave i teknisk fysikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim

8 Bilder

Francesco Saggio:
Side: 1, 5, 12, 20, 25, 27, 29, 31, 36

Colourbox.com:
Side: 10, 13, 14, 19, 22, 33

ScandinavianStockPhoto
Side: 8

