

Simen Svagård

Pedagogisk forbedring av undervisningen på NTNU med emnet Elektriske kraftsystemer som eksempel

Masteroppgave i Energi og miljø

Veileder: Eilif Hugo Hansen

Juni 2019

Simen Svagård

Pedagogisk forbedring av undervisningen på NTNU med emnet Elektriske kraftsystemer som eksempel

Masteroppgave i Energi og miljø
Veileder: Eilif Hugo Hansen
Juni 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for elkraftteknikk

Sammendrag

I denne masteroppgaven sees det på hvordan undervisningen av emner på NTNU kan forbedres. Oppgaven beskriver ulike aktive læringsformer og pedagogiske prinsipper som Konstruktiv justering og relasjon, og viser hvordan disse benyttes i emner både på NTNU og andre universiteter. Selv om nye læringsformer er tatt i bruk i noen grad, er hoveddelen av undervisningen på NTNU fortsatt basert på tradisjonelle forelesninger. Aktiv læring handler om at de tradisjonelle forelesningene begrenses til å introdusere de sentrale begrepene i pensum. Deretter er det opp til studentene å ta ansvar og bruke forskjellige læringsformer for å ta til seg utfyllende informasjon for å oppnå identifiserte læringsmål. Oppgaven diskuterer hvordan aktive læringsformer kan anvendes i praksis i emnet Elektriske kraftsystemer og i undervisningen på NTNU generelt. Emnet har ifølge referansegrupperapporter forbedringspotensialer på en rekke områder. På bakgrunn av dette, samt egne erfaringer med emnet, foreslås det konkrete forslag til endringer. De siste årene har pensum primært blitt formidlet gjennom tradisjonelle forelesninger med støtte i lysbildeframvisning og tavleregning. Det foreslås derfor å forsøke en aktiv læringsform kalt Flipped classroom. Det er en moderne læringsform der studentene forbereder seg hjemme før forelesningen. Forelesningen erstattes med gruppediskusjon og oppgaveløsning. Et nytt øvingsopplegg, med faste øvingstimer i uka der øvingene ikke skal leveres inn, bør også prøves ut. Det kan kunne bidra til å løse dagens utfordringer med umotiverte studenter på grunn av lange øvinger, og også redusere juks med løsningsforslag som dessverre synes å være relativt vanlig på NTNU. Dyktige studentassistenter er nødvendig hvis disse læringsformene skal fungere. De trenger bedre pedagogisk opplæring for å kunne gruppeundervise og hjelpe studenter som står fast.

Abstract

This thesis addresses the topic of how the teaching methods of courses at NTNU can be improved. It describes active ways of learning and useful pedagogical principles like Constructive alignment and relations, and shows how these can be utilized. Although new methods have been introduced to some extent, the major part of the teaching at NTNU is still based on traditional lectures. Active teaching methods implies that the content of traditional lectures are limited to introducing the central concepts in the syllabus. Then it is up to the students to take responsibility and use different learning methods to embrace complementary information to achieve the identified learning goals. The thesis discusses how active forms of learning can be applied in practice on the course Power System Analysis specifically, and in the teaching at NTNU general. According to evaluations submitted from earlier students, Power System Analysis has great potential for improvements. Considering this and personal experiences with the course, concrete ways for improvement are proposed. In recent years, the course has been disseminated primarily through traditional lectures supported by slideshows and blackboard calculations. A teaching method called Flipped classroom is therefore proposed. It is a learning activity where the students prepare at home before the lecture. The lecture itself is replaced by group discussion and problem solving. A new assignment system, with fixed number of tutorial hours a week where the assignments are not to be submitted, should also be tested. It can help solve today's challenges with unmotivated students due to today's long assignments, and also reduce cheating with solution proposals that unfortunately seem to be relatively common. Skilled student assistants are needed if these learning activities are to work. They need better educational training to be able to teach and help the students in a constructive way.

Forord

Denne masteroppgaven utgjør siste semester av det femårige studieprogrammet Energi og miljø ved NTNU. Jeg vil takke min veileder Eilif Hugo Hansen for støtte og hjelp på veien. Jeg vil også takke Dr. Vijay Venu Vadlamudi for muligheten og for å få lov til å skrive om dette temaet. Til slutt vil jeg takke familien og kjæresten min.

Gjennom årene mine på NTNU har jeg sett mange muligheter for pedagogisk forbedring. Jeg brenner for pedagogikk og har et ønske om å jobbe som lærer etter fullført utdanning. Dette inspirerte meg til å skrive denne oppgaven. De pedagogiske forbedringene jeg foreslår i denne oppgaven kan gjøre at framtidige studenter som tar emnet Elektriske kraftsystemer lærer mer og får en bedre opplevelse.

Simen Svagård

Trondheim, juni 2019

Illustrasjonsliste

Illustrasjon 1: <i>Hierarchy of Skills</i> [5]	4
Illustrasjon 2: <i>Retention of Learning</i> [6]	5
Illustrasjon 3: Faglig engasjement vs. aktiv læring [8]	6
Illustrasjon 4: Koopen [31]	12
Illustrasjon 5: Sal R2 [40]	24

Forkortelser

CBL: Challenge-based learning

EK: Elektriske kraftsystemer

FC: Flipped classroom

IEL: Institutt for elkraftteknikk

LAB: Laboratorium

LF: Løsningsforslag

OPF: Optimal power flow

PBL: Problembasert læring

Stud.Ass.: Studentassistent

TBL: Team-based learning

TPS: Think-pair-share

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	i
Abstract	ii
Fordord	iii
Illustrasjonsliste	iv
Forkortelser	v
1: Introduksjon	1
1.1 Motivasjon.....	1
1.2 Problemstilling og formål	1
1.3 Metode	2
1.4 Struktur	2
2: Teori	3
2.1 Aktiv læring	3
2.2 Studentmangfold	5
2.3 Pedagogiske prinsipper	6
2.4 Aktive læringsformer.....	8
3: Bakgrunn	10
3.1 Læring i andre emner	10
3.2 Fakta om Elektriske kraftsystemer.....	12
3.3 Erfaringer fra tidligere studenter	13
3.4 Synspunkter fra faglærer	18
4: Forslag til forbedringer	20
5: Diskusjon	22
5.1 Flipped classroom	22
5.2 Øvingsopplegg	26
5.3 Opplæring av studentassistenter	28
5.4 Prosjekt.....	31
5.5 Laboratoriumsoppgave.....	32
5.6 Hjemmeeksamen	32
5.7 Midtsemesterprøve	33
6: Konklusjon	34
6.1 Videre arbeid.....	34
Referanseliste	35

Kapittel 1: Introduksjon

1.1 Motivasjon

Det er en populær video på videodelingsnettstedet YouTube, laget av den amerikanske filmskaperen Richard Williams [1]. Der påstår han at dagens skolesystem er gammelt og utdatert. Williams sammenligner gamle og moderne bilder av mobiltelefoner og biler, og viser hvor mye de har endret seg. Deretter vises et bilde av et gammelt og et nytt klasserom. De ser nesten identiske ut. Skolesystemet har nesten ikke endret seg på lang tid. Tradisjonelle forelesninger er fortsatt en stor del av undervisningen på universitetet. For noen studenter er dette en god læringsform, men for mange er det ikke det. Brigadier General Ruben Cubero ved United States Air Force (USAF) er tydelig på at mer aktive læringsformer må til:

“As you enter a classroom ask yourself this question: If there were no students in the room, could I do what I am planning to do? If your answer is yes, don't do it.”

Ruben A.Cubero [2]

Williams fortsetter med å sammenligne skolesystemet med helsesektoren. En doktor ville ikke gitt samme medisin til hver pasient. På samme måte må universitetet by på forskjellige læringsformer. William påstår i begynnelsen i videoen at alle er genier på hver sin måte, men hvis man dømmes en fisk etter evnen til å klatre i trær, vil den tro den er dum hele sitt liv. På samme måte, hvis universitetet kun tilbyr tradisjonelle forelesninger, vil ikke studentenes mangfold og unike egenskaper få utfolde seg.

1.2 Problemstilling og formål

I denne masteroppgaven sees det på hvordan undervisningen i emner på NTNU kan forbedres, sett fra et pedagogisk perspektiv. Emnet Elektriske kraftsystemer, TET4115, kalt Power System Analysis på engelsk, er blitt brukt som eksempel. Det er et emne som har sett stor utvikling de siste årene. Mange nye læringsformer har blitt lagt til. Emnet har vært i forandring, og trenger derfor å analyseres for å finne forslag til forbedringer som kan brukes i de neste årenes utgaver. Det vil si hvordan undervisningen i emnet kan gjøres bedre, både ved justeringer av det praktiske og ved å legge til moderne og aktive læringsformer. Formålet er å skape et godt likt emne med innovativ læring. Forbedringene er sett med

pedagogiske øyne. Det vil si at det ikke sees på forandringer knyttet til hva som er pensum i emnet.

1.3 Metode

Oppgaven bygger på artikler om pedagogiske prinsipper og aktive læringsformer, samt et casestudie av et emne på NTNU. En analyse av tidligere rapporter om emnet er gjennomført. Det har også blitt undersøkt hvordan aktuell undervisning og læringsformer gjennomføres i andre emner, både på og utenfor NTNU. Med utgangspunkt i dette har det blitt vurdert konkrete forslag til hvordan emnet kan forbedres, pedagogisk sett. Funnene er basert på en litteraturbasert metode, og rapporter fra de siste årene om allerede gjennomførte undersøkelser i emnet.

1.4 Struktur

Oppgaven har seks hovedkapitler; Introduksjon, Teori, Bakgrunn, Forslag til forbedringer, Diskusjon og Konklusjon. Teorikapitlet handler om pedagogisk teori, nærmere bestemt aktiv læring og pedagogiske prinsipper. I kapitlet Bakgrunn sees det på hvordan disse prinsippene og læringsformene tas i bruk andre emner. I tillegg inneholder det informasjon om emnet Elektriske kraftsystemer (EK), og hva tidligere studenter synes om det. Basert på dette foreslås det konkrete og beskrivende forslag til pedagogiske forbedringer i emnet i det kapitlet. I diskusjonskapitlet drøftes det praktiske og fordeler og ulemper ved implementeringen av forbedringene i emnet.

Kapittel 2: Teori

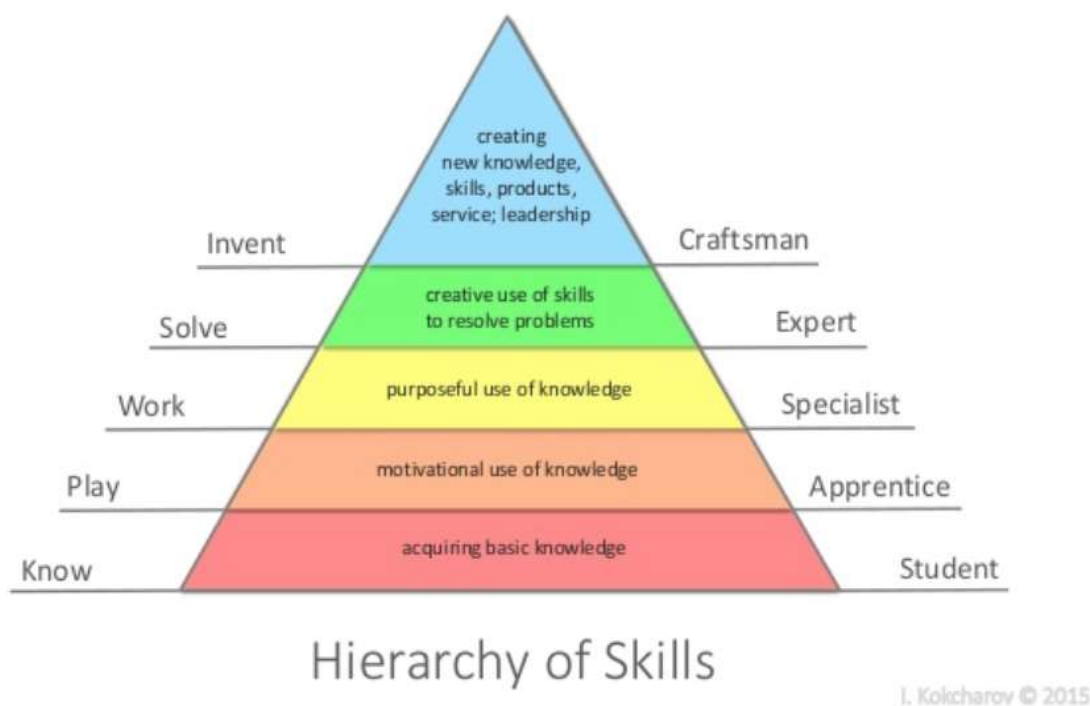
De pedagogiske forbedringene det foreslås i denne oppgaven bygger på relevant teori om aktiv læring og kjente pedagogiske prinsipper. Det er derfor viktig å forstå hva aktiv læring er, og hvorfor det gir den beste læringen. Å ha innblikk i forskjellige pedagogiske prinsipper er nødvendig når disse implementeres i praksis i emnet.

2.1 Aktiv læring

Det er mange måter å lære på. En læringsform er den metoden man bruker for å tilegne seg kunnskap. Læringsformer kan deles inn etter hvor aktiv man er under læringsprosessen. Under det man kaller aktiv læring benyttes mange sanser, og hjerneaktiviteten er derfor høy [3]. Laboratoriumsarbeid (LAB-arbeid) er et eksempel på dette. Man både ser, hører, snakker og føler, gjennom veiledning, utførelse og diskusjon. En tradisjonell forelesning er derimot en passiv læringsform. Man sitter passivt og hører på foreleser og noterer.

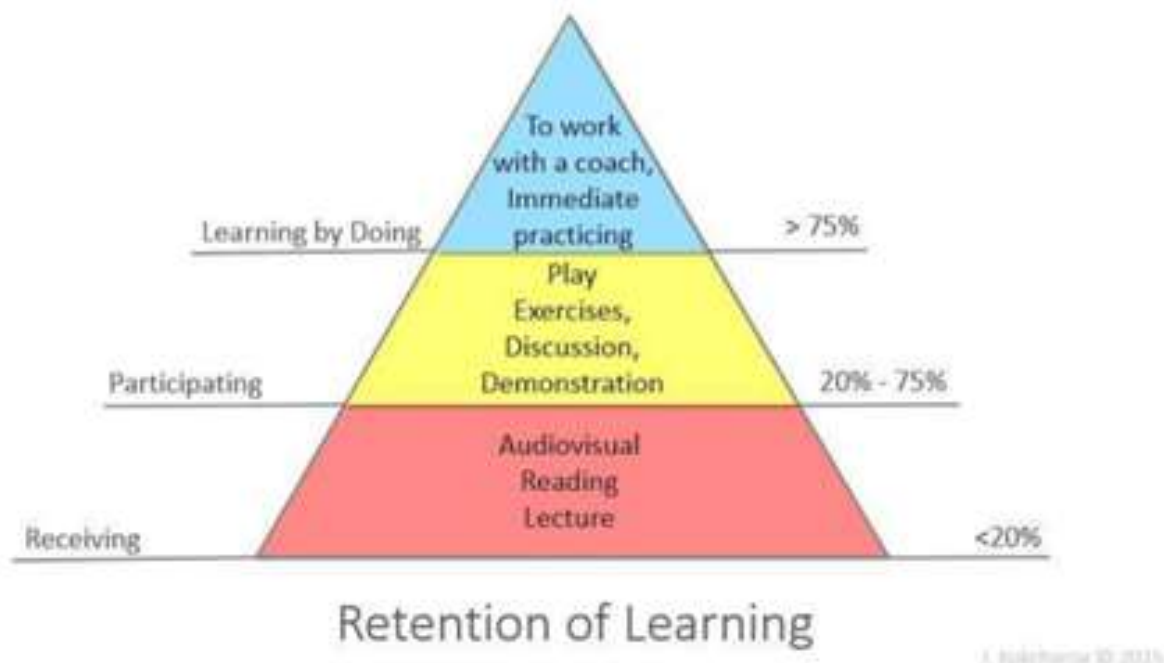
Læring bør være mer enn bare ervervelse av kunnskap. Målet med læringen bør være at studenten utvikler kompetanse ved at de utvikler ferdigheter til å anvende kunnskapen i praktiske situasjoner. I læreplanverket for Kunnskapsløftet er f.eks. kompetanse beskrevet som “evnen til å løse oppgaver og mestre komplekse utfordringer. Elevene viser kompetanse i konkrete situasjoner ved å bruke kunnskaper og ferdigheter til å løse oppgaver” [4].

Illustrasjon 1 under, *Hierarchy of Skills*, viser sammenhengen mellom kunnskap og ferdighet [5]. Utvikling av ferdigheter er en prosess fra ervervelse av kunnskap (bunnen av pyramiden), til anvendelse av kunnskapen gjennom arbeid og aktiv problemløsning (toppen av pyramiden).



Illustrasjon 1: *Hierarchy of Skills* [5]

Aktive læringsformer øker ferdighetsnivået hos studentene ved at man husker mer av det man lærer [6]. Illustrasjon 2 under, *Retention of Learning*, viser dette. Læring ved gjøring, som gir mest ferdigheter, er representert på toppen av pyramiden. Her ligger læringsformer basert på aktiv læring. Læring ved ren mottakelse av informasjon, ligger derimot i bunnen av pyramiden. Å kun motta informasjon, og ikke gjøre noe mer med den, går under passiv læring. Læringsformer som inkluderer praktisering med en trener og aktiv deltakelse gir mer læring og er mer kompetansebyggende enn passive læringsformer som det å lese selv eller lytte til en foreleser. Illustrasjonen indikerer at man husker mer enn 75 % ved å praktisere med en annen, men under 20 % av det man får presentert i en forelesning.

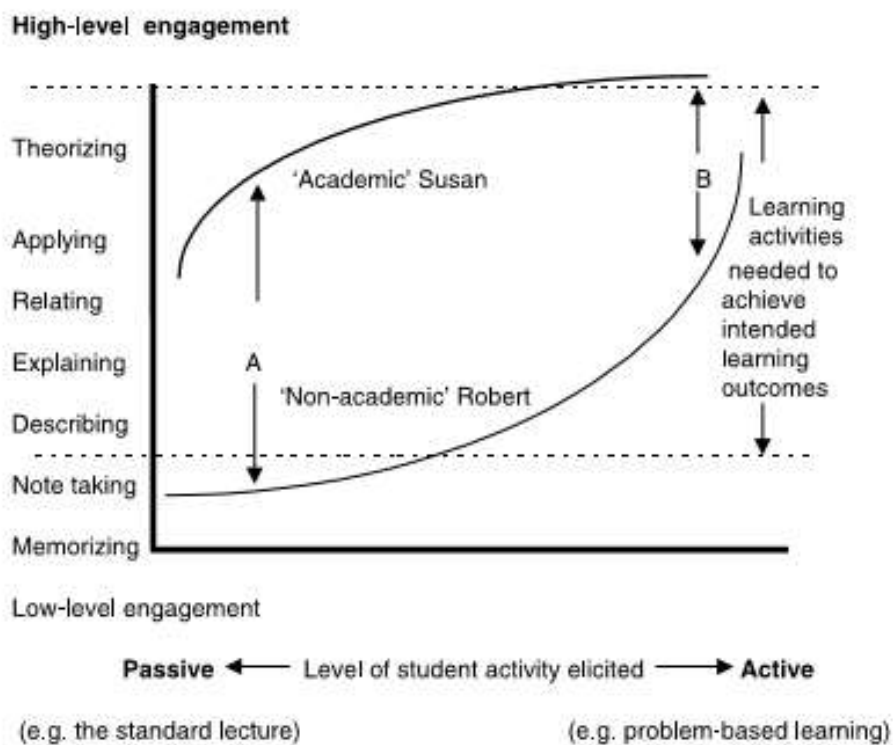


Illustrasjon 2: *Retention of Learning* [6]

2.2 Studentmangfold

Biggs trekker fram at det har skjedd en forandring ved universiteter de siste tjue årene [7]. Det har vært en stor økning i antall studenter, og mange av de som er der i dag ville trolig ikke vært der for tjue år siden. Biggs belyser dette ved å ta for seg to typiske studenttyper i dagens samfunn, representert ved studentene Susan og Robert. Susan er akademisk, karriererettet og har høye forventninger for seg selv. Hun har høy indre motivasjon for studiet. På 1980-tallet ville nesten alle studenter identifisert seg med Susan. Robert går først og fremst på universitetet på grunn av forventninger fra familie og venner. Denne ytre motivasjonen utgjør den største delen av all motivasjonen hans. Han har lite interesse for det han studerer. Robert ville ikke studert på universitetet for tjue år siden. Man kan spørre seg om denne utviklingen ved universitetet egentlig er et steg i riktig retning, og om Robert egentlig burde gått der i dag, men det gåes ikke mer inn på i denne oppgaven.

Det er lett å skylde på Robert for å mangle motivasjon, men mye av grunnen er læringsformene som brukes på universitetene. Biggs argumenterer for hvordan aktiv læring forbedrer det faglige engasjementet, ikke bare for Robert, men også for Susan [8]. Se illustrasjon 3 under.



Illustrasjon 3: Faglig engasjement vs. aktiv læring [8]

Illustrasjonen viser graden av det faglige engasjement blant studentene plottet mot hvor aktiv læringsformen er. Susan er representert ved den øvre kurven, og Robert den nedre. Man ser at Robert har lite faglig engasjement ved passive læringsformer, og han befinner seg på et lavt faglig nivå slik at han selv ikke oppnår de enklere læringsmålene. Læringskurven hans skyter derimot i været etterhvert som læringen blir mer aktiv. Susan befinner seg allerede på et høyt faglig nivå, men også hun får mer ut av læringen når den blir mer aktiv. Noe som er verdt å merke seg er at det er stor faglig forskjell mellom Susan og Robert ved passive læringsformer (punkt A), men ved mer aktive læringsformer (punkt B), har forskjellen minsket kraftig. Konklusjonen er at aktiv læring er bedre for begge typer studenter.

2.3 Pedagogiske prinsipper

Biggs snakker om Konstruktiv justering [9]. Dette er et viktig prinsipp under aktiv læring som inneholder tre elementer. Først er det viktig å sette gode læringsmål. Læringsmålene som settes bør følge SMART-prinsippet [10]. S'en står for spesifikk, M'en står for målbar, A'en står for oppnåelig, R'en står for realistisk og T'en står for tidsbasert. Det andre elementet er å bruke forskjellige læringsformer for å sørge for at studentene når målene. Til slutt er det

viktig med evaluering for å se om studentene er på rett vei. Da er det viktig å komme tilbake til læringsmålene. Aktiv læring handler ikke om å forelese hele pensum nøyte, men om å introdusere begreper. Deretter er det opp til studentene å ta ansvar og bruke forskjellige læringsformer for å ta til seg utfyllende informasjon for å oppnå læringsmålene [11].

Chickering trekker frem prinsipper for god undervisning i skolen [12]. En av disse er å gi tilbakemelding. Det er viktig å la studenter vite hvordan de ligger an gjennom semesteret, og ikke bare ved slutten. Da vet de hva de behersker, og hva de trenger å jobbe videre med. Dette kalles formativ tilbakemelding, og skiller seg fra summativ tilbakemelding som kan være slutt karakteren i emnet. Tilbakemelding inngår også i Biggs' Konstruktive justering [9].

En annet av Chickering's prinsipper er relasjon [12]. Dette kan både være relasjon med foreleser, institutt og medstudenter. Studenter lærer bedre når de kjenner sine omgivelser og læringsrammer. God relasjon kan gjøre at man blir mer avslappet og gi økt fokus.

Schön hevder at lærere også lærer selv når de lærer bort [13]. Studenter bør derfor diskutere pensum, og forklare begreper for hverandre. Dette er en læringsform som krever høy hjerneaktivitet. De både formulerer egne setninger, og får se pensum fra andre sider ved å høre på sine medstudenter og likemenn. På engelsk kalles dette derfor *Peer Teaching*. På mange språk, som f. eks norsk og russisk, kan samme ord benyttes for å lære bort (engelsk: teach), og for å være den som lærer (engelsk: learn). Å være sin egen lærer er en effektiv måte å tilegne seg kunnskap [14].

McGregor kom opp med to teorier angående studenter [15]. Han kalte disse teori X og teori Y. Teori X handler om at studenter ikke kan stoles på. De må fortelles akkurat hva de skal gjøre, ellers vil det ikke gjennomføres. Alle studieaktiviteter må være obligatoriske. Studenter verdsetter karakterer høyest, og vil ta snarveier der de kan når det kommer til egen læring. Til motsetning handler teori Y om at studenter bør ha frihet. De verdsetter læring, og lærer best når de ikke føler presset av obligatoriske studieaktiviteter. De tar ansvar for egen læring, og hvilke læringsformer de ønsker å benytte. Susan er en student som støtter opp teori Y.

Læring kan deles inn i dyp læring og overflatelæring [16]. Læringsformer som fører til høye kognitive nivåer regnes som dype læringsformer, og læringsformer som ikke øker de kognitive nivåene i spesiell grad regnes som overflatelæring. Fordi aktive læringsformer fører

til høy hjerneaktivitet [3], noe som hører sammen med høye kognitive nivåer, ser man at det er likheter mellom dyp læring og aktiv læring.

Fleming tar for seg forskjellige læringsstiler [17]. Han skiller mellom fire hovedtyper; visuell, auditiv, taktil og kinestetisk. En visuell student lærer best når han eller hun bruker øynene. Det kan være å lese på egen hånd, eller å følge med når foreleser går gjennom en PowerPoint-presentasjon. Auditiv læring handler om å lære gjennom hørselen. En auditiv student har ofte ufullstendige notater fordi de liker å høre på foreleser i stedet for å notere selv. Til motsetning lærer en taktil student best når hendene brukes. Denne studenten liker å skrive, notere og skissere. Skikkelige notater, f.eks. bruk av farger, kan være et tegn på at man er en taktil student. Til slutt er det den kinestetiske læringsstilen. Den handler om å like praktiske eksempler, og å bevege seg og bruke kroppen. LAB-forsøk er et eksempel på kinestetisk læring. Fleming forklarer videre at alle foretrekker en blanding av læringsstilene, men at en av de er den mest dominante. Miljø og dagsform kan også være med på å spille inn på hvilken læringsstil man foretrekker.

Tulving forklarer forskjellige typer minne [18]. Han skiller blant annet mellom prosedyrisk, episodisk minne og semantisk minne. Det prosedyriske minnet handler om å huske prosedyrer, f.eks. hvordan man kjører bil. Det episodiske minnet lagrer ikke bare selve episoden og hva som skjedde, men også tilknyttet informasjon, som f.eks. hvor og når det skjedde, og hvem som var involvert. Det semantiske minnet lagrer abstrakte fakta, f.eks. navnet på verdens hovedsteder.

Det er enklere å huske informasjon som lagret i det prosedyriske og det episodiske minne, enn i det semantiske [18]. Informasjon tilegnet fra aktiv læring havner ofte i de to førstnevnte minnene. Det vil si at man husker aktiv læring best, noe som samsvarer med illustrasjon 2. Et LAB-forsøk er på mange måter prosedyrisk informasjon. Gjennom prosedyrer vil man huske innholdet i forsøket bedre. En faglig diskusjon med studiekamerater er episodisk informasjon. Det at man husker når og hvor diskusjonen fant sted og hvem som var med kan hjelpe en å huske mer av selve innholdet i diskusjonen.

2.4 Aktive læringsformer

Flipped classroom (FC) er en av de mest kjente moderne og aktive læringsformene, utviklet av Aaron Sams og Jonathan Bergmann [19]. I stedet for at pensum foreleses på vanlig måte

etterfulgt av at studentene leser på det selv, er rekkefølgen byttet om. Studentene forbereder seg hjemme før forelesningen, som nå ikke er en tradisjonell forelesning, men en gruppediskusjon.

Think-Pair-Share (TPS) er en spesifikk og selvforklarende læringsform. Til å begynne med stiller foreleser et spørsmål eller gir en kort oppgave. Først skal man tenke selv og prøve å løse oppgaven. Etter noen minutter deler man hva man har kommet fram til med sidemannen, og fortsetter å diskutere i fellesskap. *Pair programming* er en variant av TPS innenfor programmering. Da programmerer to og to studenter sammen i par. Den ene skriver selve koden, og den andre er observatør.

Just-in-Time Teaching (JiTT) er en læringsform som bygger på tilbakemelding, men det handler om studentenes tilbakemelding til foreleser og ikke motsatt [20]. Studentene jobber selv med stoffet og sender inn spørsmål til foreleser om hva de synes var uklart. Foreleser retter opp i uklarhetene umiddelbart, derav navnet Just-in-Time Teaching. Et eksempel er *Minute paper*. Det er at studentene bruker ett minutt på slutten av en forelesning til å skrive ned hva de synes var uklart. Dette leveres deretter til foreleser.

Problembasert læring (PBL) er en aktiv læringsform hvor studentene lærer ved å sammen løse problemer relatert til det de skal lære [21]. Studentene blir ikke forelest pensum slik som i en vanlige forelesninger. Poenget med PBL er ikke å komme nøyaktig fram til riktig svar. Fokuset ligger på framgangsmåte, innsamling av informasjon og samarbeid. En nær relatert læringsform til PBL er *Challenge-Based Learning* (CBL), også kalt Project-Based Learning [22]. Oppgavene er større og mer komplekse og minner om problemer fra den virkelige verden.

Team-Based Learning (TBL) er en læringsform der studenter lærer ved å gjøre tester [23]. I følge *Testeffekten* gjør gjennomføring av tester at pensum huskes bedre [24]. Studentene forbereder seg hjemme, og i forelesningen gjennomfører de to tester. Først skal testen gjennomføres individuelt. Rett etterpå skal de parvis gjennomføre akkurat den samme testen. Til slutt kan testen eventuelt diskuteres i plenum.

Kapittel 3: Bakgrunn

For å gjøre undervisning og læringsformer best mulig, er det inspirerende å hente tips fra andre emner. Tidligere studenters meninger om EK er nødvendig for best mulig forbedring.

3.1 Læring i andre emner

FC har allerede vært prøvd på NTNU. Våren 2015 i emnet TDT4140, Programvareutvikling, Institutt for datateknologi og informatikk, bestemte førstelektor Carl-Fredrik Sørensen at han ville prøve noe nytt [25]. Han ba studentene se gamle videoforelesninger for å forberede seg. I “forelesningen” repeterte han først kort noen sentrale begreper etterfulgt av at studentene ble delt inn i mindre grupper der de jobbet med øvingsoppgaver som skulle dekke pensum. Disse oppgavene skulle leveres inn i slutten av uken. Sørensen estimerte at dette var en bedre læringsform for opp mot 80 % av studentene.

Ved Pittsburgh University, Pennsylvania, USA, har det også blitt bedre resultater med aktive læringsformer [26]. Foreleser i emnene Digital Logic og Computer Organization/Assembly Language hadde henholdsvis høsten 2016 og våren 2017 stor suksess med å benytte TPS, Minute paper og Pair programming. Betydelige høyere eksamensresultater ble registrert i semestrene med disse aktive læringsformene i motsetning til semestrene før.

På samme måte som det trengs dyktige forelesere i forelesningene, trengs det dyktige LAB-assistentene i LAB-øktene. Nikolic foreslår bedre opptrening av assistentene [27]. Han analyserte et opptreningsprogram ved School of Electrical, Computer and Telecommunications Engineering ved Wollongong University i Australia. De som ville ha jobben måtte først sende inn en søknad med forkunnskaper og tidligere erfaringer. Bare noen ble kalt inn til neste steg som var intervju. For å teste både tekniske og pedagogiske egenskaper, måtte kandidatene forklare og vise hvordan de ville hjelpe en student hvis han eller hun hadde spørsmål til LAB-oppgaven. Deretter skulle de gjennomføre oppgaven i praksis foran en høyere faglig ansvarlig. De kandidatene som gjennomførte alt dette på en tilfredsstillende måte fikk jobben. For å sikre høy kvalitet ga studentene som gjennomførte oppgaven gjennom semesteret tilbakemelding på assistentene til universitetet. Alt i alt førte opptreningsprogrammet til at flere studenter, og LAB-assistentene, var fornøyd med LAB-økten og følte de fikk mer ut av den.

Emnet Mekanisk fysikk ved Institutt for fysikk på NTNU har et interessant øvingsopplegg for studentene. I motsetning til de fleste andre emner, er det ikke obligatoriske øvinger som skal leveres inn hver uke. Studentene er delt inn i grupper, og én gang i uka er det en øvingsøkt for hver gruppe. Der er studentene delt inn i par og de jobber sammen med oppgaver. Studentene leverer ikke inn øvingen til godkjenning etterpå; de jobber bare så langt de kommer.

Øvingsopplegget på studieprogrammet Medisin på NTNU kombinerer Ingeniørstigen, praksis, PBL, og ingen innleveringer. Studentene deles inn i grupper og hver uke får de en ny case-pasient som skal analyseres. De får f.eks. oppgitt symptomer og blodprøver, også skal de selv komme fram til hva som feiler pasienten. Neste semester får de kanskje en lignende case-pasient, bare at nå har de lært mer til å stille en mer nøyaktig diagnose. Dette er en form for spirallæring og skiller seg fra bolklæring ved at man stadig kommer tilbake til samme tema. Dette ligner på Ingeniørstigen, beskrevet i neste avsnitt.

Tekniske studier har tradisjonelt fokus på teoretisk matematikk og fysikk de første årene. På studieprogrammet Elektronisk systemdesign og innovasjon (ELSYS) ved NTNU settes det derimot fokus på praksis tidlig i studiet [28]. Allerede første semester får studentene prøve å designe enkle elektroniske systemer, selv om de på langt nær forstår all bakgrunnsteorien. De neste semestrene fortsetter de å utvikle systemene etterhvert som de lærer mer. Dette kalles Ingeniørstigen. De lavere stegene på pensumstigen besøkes flere ganger, stadig med mer innsikt. Studentene på ELSYS blir også gitt hver sin lille personlige verktøykoffert som skal brukes på LAB-oppgavene og prosjektene gjennom studiet. Utstyret kan tas med hjem og kobles til PC, noe som åpner muligheten for at de enkelt kan jobbe hjemmefra.

Studentene ved ELSYS kan benytte seg av Koopen, et nytt og innovativt læringsområde reservert for dem [29]. Området brukes til gruppeundervisning på dagtid, og står fritt til å disponeres av studentene utenom disse tidene. Derfor blir det på mange måter deres identitetsområde. Det er moderne utstyr, som f.eks. whiteboard-tavler og store skjermer så studenter kan koble til egen PC. Koopen er et av mange nye, moderne og innovative læringsarealer på NTNU [30]. Se illustrasjon 4 under.



Illustrasjon 4: Koopen, NTNU [31]

3.2 Fakta om Elektriske kraftsystemer

Elektriske kraftsystemer, eller Power System Analysis på engelsk, TET4115, er et emne som administreres av Institutt for elkraftteknikk (IEL) på NTNU. Det har blitt undervist hver høst siden 2003. Emnet undervises på engelsk da det er mange internasjonale studenter som tar det. Det gir 7,5 studiepoeng, og er tilknyttet utdanningene nedenfor. Studenter fra andre studieprogram kan også ta emnet.

- Energi og miljø, 5-årig masterstudium (MTENERG)
- Energi og miljø, 2-årig masterstudium (MIENERG)
- Industriell økonomi og teknologiledelse, 5-årig masterstudium (MTIØT)
- Kybernetikk og robotikk, 5-årig masterstudium (MTTK)
- Innovative Sustainable Energy Engineering, 2-årig masterstudium (MSISEE)
- Electric Power Engineering, 2-årig masterstudium (MSELPOWER)
- European Wind Energy, 2-årig masterstudium (MSWIND)

EK er et teknisk emne som omhandler analyse av kraftsystemet i både i normal drift, og når det har oppstått feil [32]. Hvordan generatorer, transformatorer og kraftlinjer påvirker lastflyten er sentrale temaer. Forkunnskaper om matematiske beregninger i elektriske kretser

er derfor en nødvendighet. Emnet bygger videre på elkraftdelen av emnet Infrastruktur for energitransport, TET4155, også administrert av IEL. Noen studieprogram, f.eks. Energi og miljø, har dette emnet tidligere i studiet. En ekstra introduksjonsforelesning holdes i EK i begynnelsen av semesteret for de som ikke har tatt dette emnet.

Når det kommer til hvordan undervisningen er bygd opp, introduseres det med per-unit verdier og beregninger med disse, samt forskjellige noder i kraftnettet (PQ-bus, PV-bus og Slack-bus). Videre følger oppbygging av knutepunktsadmittans- og impedansmatriser. Deretter skal lastflyten analyseres både under kortslutninger og når den er optimalisert. Emnet har følgende aktiviteter for å nå læringsmålene: Forelesninger, øvinger, prosjektarbeid, LAB-arbeid, hjemmeeksamen, midtsemesterprøve og avsluttende eksamen.

3.3 Erfaringer fra tidligere studenter

Emnerapport er en rapport som faglærer skriver etter semesterslutt, som en evaluering av emnets innhold og oppbygning. Referansegrupperapport er en rapport basert på tilbakemeldinger gjennom referansegruppa fra studenter som tok emnet, og/eller en spørreundersøkelse studentene blir bedt om å ta etter semesterslutt. Resultater fra analyse av emnerapport [33] [34] og referansegrupperapport [35] [36] for emnet høsten 2017 og høsten 2018, samt min personlige evaluering av emnet fra høsten 2016, er gjengitt i påfølgende avsnitt.

Det skal nevnes at tilbakemeldingene i referansegrupperapportene er subjektive. Det er heller ikke nødvendigvis slik at det studentene sier de liker best i emnet gir best læring. Totalt gir dette tre år med informasjon om hvordan emnet har vært og hva studenter synes om det. Denne informasjonen er med på å legge grunnlaget for de forbedringene som foreslås i denne oppgaven.

Egne erfaringer fra 2016

I 2016 var karakteren man fikk i emnet kun basert på avsluttende eksamen. Det var ikke midtsemesterprøve eller hjemmeeksamen. Mange studenter, inklusiv undertegnede, var misfornøyde med at sluttkarakteren i emnet bare skulle baseres på en fire-timers eksamen i slutten av semesteret. Dette stemmer ikke overens med Chickerings prinsipp om flere tilbakemeldinger gjennom semesteret [12].

Prosjektarbeidet ble kun vurdert til godkjent / ikke godkjent, noe som førte til lite innsats for å gjøre det bra. Prosjektet var krevende men man fikk godt læringsutbytte av det. Prosjektet handlet om lastflyt, knutepunktsmatriser, kortslutningsfeil og bruk av matematiske algoritmer i et forenklet kraftnett i Telemark, Buskerud og Vestfold. Store deler av prosjektet skulle gjøres i MATPOWER, et kraftnettsimuleringsverktøy i MATLAB. Det var kun én enkel opplæringsforelesning i MATLAB og MATPOWER; resten måtte man finne ut på egen hånd. En stor del av tiden gikk derfor med til å lære seg programmet, i stedet for å anvende det for prosjektet. Det var også få veiledningstimer for prosjektet, og det virket som studentassistentene (Stud.ass'ene) ikke hadde særlig mer kunnskap enn studentene.

Fem av totalt ti øvinger måtte leveres inn ukentlig gjennom semesteret og godkjennes. Øvingene var interessante og arbeidskrevende, men løsningsforslag (LF) fulgte med. Generelt vurderer undertegnede det som positivt at LF følger med øvingene. Det gjør at man kan få tips hvis man står fast, og i tillegg lære seg hvilken fremgangsmåte som er den mest optimale for lignende oppgaver i framtiden. Studenter som aktivt går inn for å finne LF vil som regel finne det, ofte fra venner som tok emnet med de samme øvingene året før. Etter min erfaring er øvinger i tekniske emner på NTNU, inkludert EK, ofte krevende å løse på egen hånd. LF gir ekstra drahjelp, både fagmessig og motivasjonsmessig. Uten LF er det ofte vanskelig å komme i gang, og man blir demotivert hvis man står fast. Det negative ved å legge ved LF er at man risikerer at studentene skriver rett av uten å engang prøve å lære noe. I EK ble ikke øvingene godkjent hvis det var for mye likhet med LF'et, så man kunne ikke skrive rett av. Å legge ved LF bygger på McGregors teori Y [15]. Man stoler på at studentene bruker LF'et som en ressurs, og ikke en snarvei.

LAB-oppgaven var nyttig for læringen i emnet. Der arbeidet to og to studenter sammen og så på et symmetrisk 3-fase nettverk forsynt av en transformator, og brukte et digitalt multimeter for å måle spenninger. Hvert par skulle opprette jordfeilstømmer med et potentiometer, og regne på disse. Man skulle også demonstrere den minskende effekten av en Peterson-spole på feilstømmen. Dette var interessante og lærerike oppgaver, men det trakk ned at Stud.Ass'ene som skulle bidra med praktisk hjelp virket veldig uinteresserte. De slet med å svare på spørsmål, og var generelt pedagogisk svake. LAB-rapporten som skulle leveres telte heller ikke på den avsluttende karakteren, i likhet med prosjektet. Tilbakemeldingen var kun godkjent / ikke godkjent. Studenter som tok flere emner med LAB-oppgave på instituttet, f.eks. Krafftelektronikk, TET4190, skulle bare skrive rapport fra

ett av emnene. Dette er et eksempel på godt samarbeid mellom emner, fordi mange studenter tar begge emnene samme semester.

EK er ett av de eneste emnene undertegnede har hatt på NTNU som oppfordret til diskusjon mellom studentene i forelesning. I en forelesning om stegene for å finne knutepunktsadmittansmatrisen for et gitt kraftsystem, ble studentene etter gjennomgangen bedt om å gjenfortelle og diskutere stegene med sidemannen. Denne TPS-forelesningen husker jeg fortsatt i dag, fordi det trolig er lagret i mitt episodiske minne [18].

Oppsummering av egne erfaringer fra 2016

- Det var for få læringsformer med vurdering
- Prosjektet var lærerikt, men det var for lite opplæring i MATLAB på forhånd
- Det er positivt å la LF følge med øvingene hvis man vet hvordan man skal bruke det
- LAB-oppgaven var relevant, men veiledningen var svak.
- Noen forelesninger brukte TPS som læringsform

Erfaringer fra 2017

I 2017-utgaven ble en liten del av emnet, beskyttelse av kraftsystemet, tatt vekk fra pensum da det ble vurdert som lite relevant for resten av emnet. Dette ble flyttet over til et annet emne på instituttet; Vern og kontrollanlegg i kraftsystemet, TET4215. Midtsemesterprøve og hjemmeeksamen ble introdusert. Midtsemesterprøven var en digital tre-timers flervalgseksamen. Dette var den første digitale eksamen på instituttet, og den ble gjennomført uten komplikasjoner. Noen pekte på at liten regnefeil på en flervalgseksamen gjør at man ikke får noe uttelling hvis det fører til feil svar. Hjemmeeksamen skulle leveres ett døgn etter at oppgaven ble publisert. Den var ment å gjennomføres individuelt, men noen rapporterte om samarbeid likevel.

Karakteren man fikk i emnet gikk fra å være 100 % basert på avsluttende eksamen, til å være 35 % basert på aktiviteter i semesteret og 65 % på avsluttende eksamen. Hjemmeeksamen telte 5 %, midtsemesterprøven telte 15 %, og prosjektet telte 15 %. De fleste studentene var enig i at dette var en fornuftig gradering, selv om mange mente at arbeidsmengden var stor. Emnet var overkommelig, men spesielt var temaene Optimal lastflyt (OPF) og Kortslutningsfeil krevende. Det var det mye arbeid i november da studentene allerede hadde mye å gjøre i andre emner. Et forslag i referansegrupperapporten var å flytte noen faglige

aktiviteter til tidligere i semesteret. Noen nye, og litt kortere øvinger ble laget, men likevel var det noen som sa de brukte opp mot ti timer per øving.

Prosjektet fikk et nytt format. Studentene ble delt inn i grupper på fire til fem og fikk utdelt en vitenskapelig artikkel om kraftsystemer. De ble bedt om å gjenskape lastflytfunnene gjort i artikkelen ved å bruke de samme dataene. Det nye prosjektformatet ble generelt tatt negativt imot. Alt for dårlig veiledning ble tilbudt, og arbeidsmengden var stor. Vadlamudi så i ettertid at det var for lite fokus på T'en i SMART-prinsippet, altså at det var gitt for lite tid på prosjektet [10]. Mange mente også at det ble for lite relevant for den avsluttende eksamen. Igjen var det også manglende programmeringopplæring på forhånd. Én trakk fram at det bare var to på prosjektgruppa som hadde erfaring med MATLAB før, og at de studentene da endte opp med å gjøre hele programmeringsdelen av prosjektet. Det studentene trakk fram som positivt fra prosjektet var at det ga trening i å bearbeide andres forskning.

Mange av studentene, inklusiv undertegnede fra året før, mente at LAB-oppgaven var god for fagforståelsen. Det var mange uker mellom forelesning av pensum relatert til LAB-oppgaven og selve LAB-økten. Det ble nevnt at de burde vært tettere opp mot hverandre.

De aller fleste trakk fram at de likte foreleseren i emnet, Vijay Venu Vadlamudi. Han har vært emneansvarlig og faglærer i emnet de siste årene. Adjektiv som dyktig, pedagogisk og dedikert ble brukt. Andre mente det var tydelig at han brant for å undervise om kraftsystemer. Mange synes lysbildene brukt i forelesningene var enkle og informative, men at det kunne bli en noe repetitiv læringsform i lengden. De savnet mer fokus på skikkelig gjennomgang av regneeksempler. I tillegg til lysbilder hadde Vadlamudi en blogg som han oppdaterte etter hver forelesning med det viktigste som ble gjennomgått den dagen. Én trakk fram at han eller hun ikke brukte læreboken i det hele tatt gjennom semesteret.

Oppsummering av erfaringer fra 2017

- Den nye digitale midtsemesterprøven ble gjennomført uten komplikasjoner, men det var lett å regne feil og dermed få null uttelling
- Samarbeid ble meldt om på den individuelle hjemmeeksamen
- Det var positivt at de nye læringsformene telte på avsluttende karakter, men det ble travelt på slutten av semesteret
- Prosjektet var for lite relevant med for lite veiledning

- Det var for mange uker mellom undervisning av pensum knyttet til LAB-oppgaven og selve oppgaven
- Lysbildene var interessante i forelesningene, men det ble en noe repetitiv læringsform i lengden

Erfaringer fra 2018

Tidlig i september måtte dessverre Vadlamudi slutte som faglærer og foreleser på grunn av sykdom. Dette førte til at andre forelesere på instituttet og vitenskapelig assistent i emnet måtte ta over for han, som igjen førte til at utgaven av emnet ble noe amputert. Denne ressursmangelen førte dessverre til at LAB-oppgaven måtte kanselleres.

Referansegrupperapporten fra 2018 var ganske lik den fra 2017. Mange sa at de likte lysbildene brukt i forelesningene, synes svaralternativene på midtsemesterprøven var for like til å skilles skikkelig ved regning på tre timer, og nevnte samarbeid på hjemmeeksamen. Emnet la nå enda mer vekt på evalueringer gjennom semesteret hvor disse aktivitetene telte 50 %; midtsemesterprøve og prosjekt 20 %, og hjemmeeksamen 10 %. Det ble gjort opptak av hver forelesning, som ble lagt ut på NTNUs Multimediesenter [37]. Videoforelesningene ble godt likt, og noen brukte disse i stedet for å gå i forelesning.

Et nytt prosjekt ble konstruert grunnet dårlig respons på fjorårets versjon. Årets utgave var relativt likt det fra 2016, men med mindre arbeidsmengde. Prosjektet hadde med bruk av Newton-Raphson-algoritmen for lastflyten. Det var valgfritt å bruke Python eller MATLAB. Responsen på selve prosjektet var god. Mange likte at prosjektet var mindre tidskrevende, men igjen var det noen som trakk fram at det var for lite programmeringsopplæring på forhånd. Prosjektet såpass sent i semesteret at det dessverre ikke ble rullet å gi tilbakemelding til studentene før avsluttende eksamen.

På grunn av stor arbeidsmengde i emnet tidligere år ble det valgfritt å gjøre og levere inn øvingene. Dette førte selvfølgelig til at nesten ingen leverte de inn, men noen gjorde de likevel for egen læring. De savnet dog oppsatte øvingstimer hvor man kunne få hjelp av Stud.Ass.'ene.

På den avsluttende eksamen var det mye regnefeil med komplekse tall. Som ved tidligere eksamener i emnet, var det bare godtatt å bruke bestemte enkle kalkulatorer, f.eks Citizen

SR-270X. Den tillates i de fleste emner på NTNU. Denne kalkulatoren støtter ikke regning med komplekse tall. Si at man har to komplekse spenninger [V], $V_1 = 10 + j2$ og $V_2 = 5 + j3$ og ønsker å regne ut V_1 / V_2 . Da må man først regne om spenningene til absoluttverdi og vinkel [rad]. Kalkulatoren har heldigvis en funksjon for dette: $V_1 = 10,20 \angle 0,20$ og $V_2 = 5,83 \angle 0,54$. Deretter må man dividere absoluttverdiene og subtrahere vinklene og får $V_1 / V_2 = 1,75 \angle -0,34$. En annen metode er å multiplisere både teller og nevner i brøken med den komplekskonjugerte av nevneren, altså $5 - j3$. Begge disse metodene krever en del regning, og det er lett å slurve. Derfor blir det fra og med 2019 lov å bruke kalkulatoren Casio fx-991EX på eksamen. Den støtter regning med komplekse tall og man kan skrive inn $(10 + j2) / (5 + j3)$ direkte. Det er mye beregninger med komplekse spenninger og strømmer i emnet, og dette vil mest sannsynlig luke bort noen unødvendige feil hos studentene. Poenget med eksamen bør være å sjekke fagsforståelsen, ikke om man har en liten fortegnstfeil i en spenning.

Oppsummering av erfaringer fra 2018

- Svaralternativene på midtsemesterprøven var for like, og det var for lite tid til å skille de ved regning
- Karakteren i emnet var nå basert 50 % på aktiviteter gjennom semesteret, og 50 % på avsluttende eksamen
- Forelesningene ble tatt opp på video
- Det nye prosjektet ble tatt positivt imot, men det var for lite programmeringsopplæring
- Øvingene var valgfrie og det var ingen veiledningstimer, og derfor var det mange studenter som ikke gjorde de.
- En ny kalkulator som støtter regning med komplekse tall vil bli tillatt fra og med 2019

3.4 Synspunkter fra faglærer

TET4115 er et teknisk ingeniøremne som krever dyp forståelse. Det gjør aktive læringsformer og pedagogiske prinsipper enda mer viktig. Vadlamudi skrev i emnerapporten for 2017 at aktiv læring er nødvendig i emnet, ikke bare fra et pedagogisk ståsted, men for den generelle forståelsen av elkraftteknikk og elektriske kraftsystemer.

“There is a need for transition from the prevalent predominantly lecture-based process (‘passive learning’) to an approach that also includes considerable problem- and project-based (i.e., activity-based) process (‘active learning’). This transition in the course can tap into the greater potential that can be unlocked through ‘community learning’. This setting is necessary for harnessing the true power of inquiry-based learning that the very nature of the course Power System Analysis lends itself to.”

Vijay Venu Vadlamudi [33]

Kapittel 4: Forslag til forbedringer

Her foreslås det konkrete forslag til pedagogiske forbedringer og hvordan forbedringene skal gjennomføres.

- Implementasjon av Flipped classroom

Det første som bør skje under FC-økten er at foreleser repeterer noe relevant teoretisk faglig, og introduserer læringsmål. Under alle læringsformer bør læringsmålene komme tydelig fram [9]. I følge SMART-prinsippet bør de bør være enkle og spesifikke for hver aktivitet [10], f.eks. å kunne forskjellen på Positive, Negative og Zero sequence networks for feilberegninger i et kraftsystem.

Deretter bør studentene gå sammen i grupper på fem, og begynne å løse oppgaver gitt til de av foreleser. Oppgavene bør være problembaserte og dekke pensum og læringsmålene på en god måte. Nye oppgaver kan lages, noe som selvfølgelig vil ta tid og ressurser. Emnet har mye allerede eksisterende materiale som kan brukes. Mange likte lysbildene med eksemplene som ble gjennomgått i forelesningene [35] [36]. Disse eksemplene kan nå heller studentene gjennomgå i gruppene. I tillegg kan noen oppgaver fra øvingene brukes, både fra de gamle og fra de som ble laget for 2017-utgaven av emnet, da mange synes disse var lange [35] [36]. En siste mulighet er å bruke gamle eksamensoppgaver.

Stud.Ass.'ene og foreleser går rundt og hjelper gruppene hvis de skulle ha noen spørsmål eller trenger hjelp til å komme i gang. På denne måten skapes det relasjon, et av Chickerings prinsipper for god undervisning [12]. Foreleser går fra å være en passiv formidler til å bli en veileder og mentor. Er det noe mange av gruppene synes er krevende kan det gjennomgås i plenum. I slutten av økten er det viktig med en oppsummering. Da er det viktig å huske på læringsmålene. I følge Biggs' Konstruktive justering er det vel så viktig å komme tilbake til læringsmålene som å introdusere de [9].

- Et nytt øvingsopplegg

Studentene deles inn i øvingsgrupper på ti til femten i begynnelsen av semesteret. Hver gruppe har to sammenhengende øvingstimer i uka på et grupperom. Hver Stud.Ass. har ansvar for hver sin gruppe. Til og begynne økten med introduserer assistenten de medbragte

oppgavene og relevant pensum for den ukas øvingstimer. Dette blir en slags gruppeundervisning som også benyttes i Koopen av ELSYS [29]. Studentene er på forhånd delt inn to og to til å jobbe sammen med oppgavene. Det er helt greit at flere går sammen, hvis f.eks. en student mangler læringspartneren sin den dagen. Foretrekker man å jobbe alene og diskutere etterpå, er det selvfølgelig mulig. Inndelingen er der først og fremst for å sikre at alle har en medstudent å jobbe med. Øvingen leveres ikke inn etter fullførte øvingstimer.

- Bedre opplæring av studentassistentene

Søknadsprosessen og opplæringen av Stud.Ass.'ene bør inspireres av Wollongong University i Australia [27]. Det bør komme tydelig fram i stillingsbeskrivelsen at det kreves mer Stud.Ass.'ene enn tidligere. Alle søkerne kalles først inn til intervju med faglærer og/eller instituttet. Her blir man kjent med kandidaten for at han eller hun ikke lenger bare skal være et navn på en liste. Deretter må de aktuelle kandidatene vise at de er både faglige sterke og pedagogiske gjennom spesifikke tester som gjenspeiler Stud.Ass.-jobben. Kandidaten må demonstrere at de kan holde en miniforelesning om et gitt tema i pensum foran faglærere fra instituttet. Han eller hun må også vise at de kan hjelpe studenter å løse en gitt oppgave. For å vise at de er kvalifisert til å hjelpe til med LAB-oppgaven, må han eller hun kjenne utstyret såpass at de gjenkjenner måling- og koblingsfeil og mestrer å forklare dette til studentene.

- Noen justeringer rundt prosjektet, laboratoriumsoppgaven, hjemmeeksamen og midtsemesterprøven

Kapittel 5: Diskusjon

Skal man forbedre et emne på NTNU, må forslagene til forbedring vurderes. Det praktiske må være diskuteres, og det må sees på fordeler og ulemper.

5.1 Flipped classroom:

Forelesningene i EK har de siste årene vært preget av lysbildeframvisning og tavleregning. Dette er læringsformer som studentene i teorien kunne gjennomført alene. FC utnytter tiden med foreleser og medstudenter til aktiv læring. Referansegrupperapportene viser at studentene vil ha mer fokus på eksempler i forelesningene [35] [36]. Det får de med denne læringsformen.

For at FC skal fungere er det nødvendig at studentene forbereder seg på egen hånd før økten. Det er viktig å gi klar beskjed til studentene om dette. Susan vil nok forberede seg uansett. Spørsmålet er motivasjonen til Robert. Den ytre motivasjonen hans vil nok være høy da FC er en sosial aktivitet med studiekameratene sine. Det å ikke ha noe å bidra med i en slik diskusjon er nok noe mange har lyst til å unngå. Det er dog ingen god måte å sikre at diskusjonen alltid handler om det faglige. Men på samme måte kan man ikke tvinge noen til å følge med i en vanlig forelesning heller. Det er kan hende at noen i gruppa tar på seg sjefsrollen, men det er en naturlig del av alle gruppearbeid. Det kan være bedre å høre på en kompis "undervise" enn foreleser, fordi medstudenter er mer på samme faglige nivå. Dette er et eksempel på Peer Teaching.

Det er mange måter studentene kan forberede seg på til FC. For det første har emnet tilgjengelige videoforelesninger [37]. Andre universiteter, f. eks Massachusetts Institute of Technology, MIT, har lignende emner med videoforelesninger som er tilgjengelige for alle. Undertegnede likte en forelesningsserie om kraftsystemanalyse fra Indian Institute of Technology Kharagpur. Disse ligger på nettstedet YouTube [38]. For det andre har emnet lysbilder for hver forelesning. For det tredje kan læreboka i emnet brukes.

At det nå finnes videoforelesninger i emnet støtter opp for å prøve ut FC i årets utgave. De trenger ikke bare å brukes til forberedelse før gruppediskusjonene, men også for egen

oppsummering i etterkant. De som ikke liker FC kan velge å bare følge videoforelesningene som erstatning for mangel på vanlige forelesninger.

Videoforelesningene er produsert slik at videoskjermen er todelt. Den ene siden viser tavlen og hva foreleser skriver på den, og den andre viser det gjeldende lysbildet. Det er en del som kan forbedres med videoforelesningene. Det blir derimot vanskelig å forbedre disse hvis FC skal prøves ut. For det første kan det noen ganger være vanskelig å se hva foreleser har skrevet. Enten må det skrives større på tavlen, eller bli bedre fokus på kameraet. For det andre er ikke de forelesningene brukt til prosjektveiledning filtrert ut. Der hører man ingenting og ser bare noen mennesker foran tavlen i ny og ne. For det tredje er det viktig at foreleser repeterer alle spørsmål fra studentene gjennom forelesningen, da studentene ikke har mikrofon.

Mange emner på NTNU har videoforelesninger. Multimediesenteret på NTNU tilbyr også teknologien til å spille inn videoer på egen hånd. I emnet Lys og belysning, TET4165, også administrert av IEL, var det høsten 2018 mellom null og to studenter som møtte opp til forelesningene. Å ha vanlige forelesninger med én eller to studenter er misbruk av ressurser, selv om det hadde åpnet for ekstrem kontakt mellom foreleser og studentene. Faglærer Eilif Hugo Hansen spilte da heller inn egne instruksjonsvideoer av emnet. Der presenterer han lysbilder, mens man hører stemmen hans i bakgrunnen [39].

Hansen lagde også i vinter en video om symmetriske komponenter og kortslutningsberegninger relatert til pensumet i EK. Et positivt aspekt ved videoforelesninger er nettopp at de kan brukes i flere emner. Det krever litt ressurser å lage de, men når man først har gjort det kan de brukes i mange år framover. Det åpner også for fjernundervisning, og de er egnet for nettkurs.

For tre år siden utvekslet jeg et år på Technische Universität München, TUM. I emnet High Voltage Insulation Equipment var foreleser nøye med å introdusere enkle læringsmål for timen. Dette ga økt motivasjon, fordi studentene hele tiden ble minnet på hva de egentlig jobbet mot.

For at FC skal fungere skikkelig, er det viktig med moderne og pedagogisk utstyr. Forelesningssalen R2 i Realfagsbygget på NTNU ble i 2017 bygget om fra å være en

tradisjonell forelesningssal til å bli et innovativt læringsareal, som Koopen. Se illustrasjon 5 under.



Illustrasjon 5: Sal R2, NTNU [40]

Salen har ikke lenger rekker med pulter, men mange spredte gruppebord med stoler rundt. Hver stasjon har en skjerm på veggen ved siden av hvor studentene kan koble til egen PC. Foreleser kan styre hva som skal vises på alle skjermene. Stasjonene har i tillegg skriveflater (glasstavler), der studentene kan regne og skissere for hverandre. Høytalere er installert i alle bordene så man enklere hører hva foreleser sier. Denne salen hadde passet perfekt til EK's versjon av FC, som beskrevet over. De problembaserte oppgavene kan vises på skjermene og studentene kan løse de sammen på skriveflaten. R2 har også mikrofoner ved hvert gruppebord. Dette åpner for diskusjoner mellom gruppene. F.eks. kan en oppgave diskuteres i plenum etter den har blitt diskutert i de mindre gruppene. Etter egen erfaring synes derimot studenter det kan være litt skummelt å snakke foran hele salen, noe som kan hemme denne diskusjonen.

De siste årene har EK hatt mellom femti og hundre studenter. R2 har plass til hundre og seksti studenter [40]. Arealet er svært godt likt av både undervisere og studenter [41], og det er stor pågang om å benytte det [42]. Dessverre ligger det i Realfagsbygget, noen hundre meter unna Elektrobygget, som er der IEL holder til. Derfor vil nok ikke R2 bli et identitetsområde som Koopen er for studenter ved ELSYS. De fleste forelesningene i EK har tidligere blitt

holdt i EL5, den største forelesningssalen på Elektrobygget. Dette er en tradisjonell forelesningssal.

En venn av meg hadde FC i emnet Ulineære Systemer, TTK4150, administrert av Institutt for teknisk kybernetikk. Emnet hadde omtrent like mange studenter som EK, og de benyttet en tradisjonell forelesningssal. Problemet var at det var vanskelig å få delt inn grupper og få til skikkelige diskusjon om oppgavene som ble gitt. Fordi EK har relativt mange studenter vil et innovativt læringsareal, som R2, være nødvendig for at FC skal fungere optimalt.

FC gjør at studenter i mye større grad er sin egen lærer [14]. De må selv ta ansvar for egen læring. FC krever litt mer av studentene enn tradisjonelle forelesninger. For foreleser krever det mindre forberedelse på forhånd, og han eller hun kan bruke tiden sin i direkte kontakt med studentene. FC stemmer perfekt med Trigwells prinsipp om å introdusere begreper, og deretter gi studenter frihet til å finne mer informasjon, enten på egen hånd eller sammen med andre [11]. Gjennom diskusjon lærer man av sine medstudenter. Det passer med Schöns prinsipp om at man lærer også selv ved å lære bort [13]. Fordi det er en såpass aktiv læringsform, gir den studentene en dyp læring av stoffet. FC bruker mange av Flemings læringsstiler [17]. Studentene både diskuterer, lytter og skisserer for hverandre. Det gir ikke bare faglig trening, men også sosial og muntlig trening gjennom samarbeid [43].

Det burde ikke være obligatorisk å delta i FC, fordi arbeidsmengden i emnet allerede er stor. I Sørensens versjon av FC skulle gruppene levere inn oppgavene i slutten av uka [25]. Han innså selv at dette ble mye arbeid og tilbakemeldinger fra gruppene bekreftet dette. Ved å la det være frivillig, er det ikke sikkert alle møter opp til hver økt. Derfor blir det vanskelig å lage dele inn studentene på forhånd. Det er bedre at de bare går sammen i grupper i starten av økten.

Sørensen fikk også tilbakemeldinger på at noen av studentene foretrakk tradisjonelle forelesninger framfor FC [25]. Tradisjonelle forelesninger trenger ikke å legges helt bort i EK. Å undervise per-unit verdier og admittansmatriser kan passe med vanlige forelesninger, da dette er mer en introduksjon til det man skal lære senere i emnet.

FC bør testes ut i det pensumet studentene synes var vanskelig med ordinære forelesninger. Framgangsmåten for å lære pensum blir da helt annerledes. I EK synes studentene siste del av

emnet, kortslutningsfeil og OPF, var mest krevende [35] [36]. Det er heller ikke noe i veien for at noen av oppgavene som gis studentene kan være teoretiske, f.eks. å forklare stegene i en OPF-algoritme.

En variant av FC er at studentene selv lager oppgaver. De presenterer oppgavene i gruppene, og lar sine medstudenter prøve å løse de. Etterpå gir de tilbakemelding til hverandre. Dette er en uformell form for tilbakemelding, som kan gi god innsikt [44]. Det trengs ikke alltid prøver og tester for å gi studenter god tilbakemelding. Det kan gjøres på denne enkle måten. I tillegg vil studentene lære at det er flere måter å løse en oppgave på. Denne varianten av FC av krever enda mer forberedelse fra studentene.

Minute paper kan også brukes i FC. Fordelen med det er at etter en FC-økt sitter nok mange studenter igjen med en del spørsmål. Det er lurt å få satt ord på nøyaktig hva de synes er uklart når det sitter friskt i hodet. Ved å ta dette muntlig er det lett at foreleser og student snakker forbi hverandre. Det kan føles skummelt for studenter å spørre spørsmål foran hele salen, da de kan være redde for å dumme seg ut. Studentene vil trolig følge ekstra nøye med når foreleser oppklarer uklarhetene i neste økt.

5.2 Øvingsopplegg

I de fleste emner på NTNU skal øvinger leveres inn til godkjenning. Fordi EK allerede har mange andre obligatoriske aktiviteter kan det bli litt i meste laget å levere inn en obligatorisk øving én gang i uka. I tillegg synes studentene som tok emnet i 2017 at øvingene var lange [35] [36]. I 2018 var ikke lenger øvingene obligatoriske, men da savnet de veiledningstimer for øvingene [35] [36]. Løsningen kan være ukentlige økter hvor studentene jobber med øvingene, men de skal ikke skal leveres inn etterpå. De møter opp og jobber i to timer og er ferdig etterpå, selv om de ikke kom igjennom hele øvingen. LF kan eventuelt gis ut etter økten er ferdig, så studentene kan bli motiverte til å fortsette arbeidet hjemme. Dette øvingsopplegget vil trolig motivere Robert. Han slipper å tenke noe mer på innlevering med frist når han er ferdig med ukas øvingstimer. Han slipper stresset av å ikke vite hvor lang tid øvingen vil ta, noe som kan føre til manglende motivasjon.

Øvingsopplegget sparer Stud.Ass.'ene for tiden det tar å godkjenne av øvinger. Det skal i prinsippet skrives kommentarer på besvarelsen som en slags retting. Etter min erfaring etter mange år på NTNU, er denne rettingen er forholdsvis ikke-eksisterende, og Stud.Ass.'ene

ender opp med å kun godkjenne eller underkjenne øvingene. Øvingsopplegget løser også problemet med de studentene som jukser ved å skrive rett av LF'et.

Det nye øvingsopplegget blir en form for TPS. Fordelen med TPS er at man først får tenkt ut idéer angående oppgaven på egen hånd. Deretter får man nye innspill fra læringspartner, og disse vil ofte bekrefte noen av idéene man selv hadde tenkt ut. Stud.Ass.'en går rundt og hjelper ved behov. Han eller hun kan gi tips til studentene til å komme i gang med oppgaven. For mange kan det være bedre å få hjelp av et annet menneske som kan gi spesifikk hjelp, enn å få hjelp av å se på et LF.

Jeg tok emnet Mekanisk fysikk i fjor høst, og hadde dette øvingsopplegget. Stud.Ass.'en sjekket aldri at vi faktisk jobbet med oppgavene. Fordi studentene på forhånd var innstilt på at disse to timene skulle brukes til øvingsarbeid, gjorde dette at fokuset lå der det skulle. Fordi mine medstudenter jobbet rundt meg, ble jeg også mer motivert. Studentene jobbet med oppgavene fordi de ville, ikke fordi de måtte. Dette er et godt eksempel på McGregors teori Y om at studenter må stoles på til å ta ansvar for egen læring [15].

Fordi Stud.Ass.'ene i Mekanisk fysikk hadde hatt emnet tidligere, ble det en form for Peer Teaching. Det skapte en relasjon mellom studentene i samme øvingsgruppe, og mellom studentene og Stud.Ass. Relasjon er viktig for god undervisning [12]. Det samme skjedde da jeg tok emnet Matematikk 1, TMA4100, Institutt for matematiske fag. Stud.Ass'ene holdt øvingsforelesninger før eksamen. I stedet for at Stud.Ass.'en bare er en ukjent person som retter øvinger, kan man få et mer personlig forhold til dem.

Temaene på øvingene i EK følger undervisningen på en naturlig måte. De eksisterende øvingene i emnet er lange og må kortes ned hvis de skal passe for en totimers økt. Noen av de resterende oppgavene kan f. eks brukes i FC. Tidligere studenter savnet flere "vis at" oppgaver [35] [36]. Fordelen med slike oppgaver er at man vet når man har regnet riktig, noe som kan gi motivasjon.

Det bør klippes og limes sammen tolv nye øvinger. Fordi det er omtrent tolv uker med undervisning i emnet, blir det én øvingsøkt med to klokketimer i uka. Når det kommer til om det skal være obligatorisk å møte opp eller ikke, kan et lite dytt fra universitetet kan fungere godt her. Studentene må delta på åtte av tolv økter for å få øvingsopplegget godkjent.

I Mekanisk fysikk deltok mange studenter på øvingstimene selv om de hadde fått registrert nok oppmøter.

Dette foreslåtte øvingsopplegget kan være noe likt det som allerede har blitt foreslått i FC. I begge læringsformene samarbeider studenter om å løse problemer. Dette er en av de mest aktive læringsformer, selv om noen studenter kanskje vil synes det vil bli mye av det samme. Den største forskjellen er at det er færre studenter i øvingstimene, og at det derfor kan passe bedre med en diskusjon mellom alle studentene, eller ha en felles oppsummering på slutten.

TBL kan også prøves i øvingsopplegget. Det kan fungere fordi alle studentene allerede er inndelt i par. Under TBL er det mest vanlig å bruke flervalgsoppgaver, fordi det gjør det lett å sammenligne svar [23]. I så fall må nye oppgaver lages eller omformuleres. Oppgaver fra tidligere midtsemesterprøver kan brukes. Fordelen med TBL er studentene får nye idéer når de samarbeider om testen, og de forstår hvor viktig samarbeid kan være for å oppnå mest mulig resultat. Sammenligning av svarene vil være en tilbakemelding på den individuelle testen. Testeffekten gjør at de husker spørsmålene og svarene fra testene bedre [24].

Testene i TBL skal egentlig telle på studentenes karakter [23]. Det negative med det er at studentene da gjennomfører testene fordi de må, og ikke nødvendigvis fordi de vil. I emnet Matematikk 3, Institutt for matematiske fag, hadde vi ukentlige individuelle tester som øvingsopplegg. Et visst antall tester måtte bestås for å kunne gå opp til eksamen i emnet. Jeg husker jeg ofte var stresset dagen før en slik test, og det førte til at jeg forberedte meg dårligere. Derimot kan det være morsomt og interessant å gjennomføre tester hvis de er uformelle og mindre viktige.

5.3 Opplæring av studentassistenter

Dyktige Stud.Ass.'er er nødvendig hvis FC og det nye øvingsopplegget skal fungere optimalt. Stud.Ass.'ene kommer til å delta mye i disse læringsformene.

Utvelgelsen av Stud.Ass.'er i EK er overraskende simpel. I bunn og grunn baseres det på søkerens karakter i emnet. Pedagogiske ferdigheter og motivasjon for jobben har lite å si. Søkerne må heller ikke stille til noen som helst form for intervju. Hva det innebærer å

være Stud.Ass., ligger i ordet. Man skal assistere studentene til læring. Da hjelper det ikke å være ekspert i emnet selv hvis man ikke kan lære det bort på en god måte til andre.

I tillegg er det minimalt med opplæring når man har fått jobben. Øvingene og prosjektet må Stud.Ass.'ene sette seg inn i på egen hånd. LAB-oppgaven kjøres gjennom én gang sammen med emneansvarlig eller vitenskapelig assistent før emnets studenter skal gjennomføre den. Alle som skal oppholde deg i LAB'en, både studenter og Stud.Ass.'er, må gjennom gjennomføre et sikkerhetskurs. I følge referansegrupperapportene synes studentene at nivået på Stud.Ass.'ene i emnet generelt har vært for svak [35] [36]. De trenger bedre opplæring.

Det er ikke bare i EK at det er simpel søknadsprosess og opplæring av Stud.Ass.'ene. Det gjelder i de fleste emner på NTNU [45]. Søknadsprosessen for å bli Stud.Ass. på NTNU er oppsiktsvekkende enkel. Man søker på stillingene utlyst av fakultetet gjennom en felles søknadsportal [46]. Der fyller man ut om man har vært Stud.Ass. i emnet tidligere, og litt annen informasjon som f.eks. IT-kunnskaper. Kun på bakgrunn av dette velges det hvem som får jobben. En venn av meg var Stud.Ass. i Kraftelektronikk høsten 2017. Han hadde vært på utveksling i Spania året før, og hadde derfor ikke hatt emnet på NTNU. Det eneste han måtte vise til var at han hadde hatt et lignende emne i Spania. Noen som helst form for opplæring fikk han heller ikke.

NTNU tilbyr et pedagogisk kurs for Stud.Ass.'er (LAOS), men det er et teoretisk kurs. En Stud.Ass. som tar kurset får den nye tittelen Læringsassistent. Undertegnede har ikke hatt kurset selv, men mange bekjente som har hatt det sier store deler av kurset er unødvendig og kjedelig. Fra og med i høst blir kurset obligatorisk for alle Stud.Ass.'er på Fakultet ved informasjonsteknologi og elektroteknikk (IE) [46]. Det inkluderer dermed IEL og EK. Hvert institutt må dekke kurskostnadene for sine deltagere.

Testingen og opplæringen av Stud.Ass.'ene i EK vil kreve mye tid og ressurser. Det er selvfølgelig enklere å bare velge ut en Stud.Ass. ved å se på karakteren han eller hun fikk i emnet. Vadlamudi pleide å se om noen skilte seg ut i forelesningene til å være egnet som Stud.Ass. Tidligere har emnet hatt omtrent fem Stud.Ass.'er hvert år. I fjor var det bare to. Skal det nye øvingsopplegget fungere bør det i hvert fall være åtte, fordi alle skal ha én øvingsgruppe med studenter hver. Selv om Stud.Ass.'ene vil spare tid på å ikke rette øvinger, blir det bli mer arbeid. De siste årene har emnet hatt fem timeplansfestede timer i uka. I alle

timene, både i forelesningene med FC, øvingstimene og i prosjekthjelptimene, må nå Stud.Ass.'ene delta. Dette vil føre til høyere lønninger. I FC-øktene holder det kanskje med fem Stud.Ass.'er som går rundt og hjelper, noe som åpner for rotering og avlastning.

Et skikkelig opptreningsprogram for Stud.Ass.'er i alle emner på NTNU vil koste penger. Det er ikke helt gunstig med tanke på effektiviseringskrav fra regjeringen om at NTNU skal kutte budsjettet sitt med en halv milliard kroner de neste ti årene [47]. Konsulentselskapet EY (Ernst & Young) kommer videre med forslag om hvordan NTNU kan øke sine inntekter. Et av disse er å øke studenters gjennomføringsgrad, noe forslagene for undervisningsendringen presentert i denne oppgaven forhåpentligvis oppnår.

Nikolic skriver også at på Wollongong University er de fleste assistentene ikke permanente og jobber deltid [27]. Dette gjelder også på NTNU. De aller fleste Stud.Ass.'ene på NTNU er også studenter selv. De tar andre emner og er selvfølgelig opptatt med sitt. Fordi EK først og fremst er et fjerdeklasseemne på en femårig master og et første klasseemne på en toårig master, blir Stud.Ass.'ene sjeldent værende i to år. Det fører til mye utskiftning. EK har mange utvekslingsstudenter som bare utveksler i Trondheim i ett år. Dette gjør at de ikke kan bli Stud.Ass.

Det kan derfor være vanskelig å finne nok kvalifiserte og motiverte Stud.Ass.'er hvert år. Et forslag er å la det å være Stud.Ass. bli en fulltidsjobb. Da kunne noen jobbet som Stud.Ass. på fulltid i flere emner. Det vil selvfølgelig bety høyere lønninger å betale for instituttet. Men da slipper man utskiftningen og ny opplæring hvert år. Assistentene vil selv bli flinkere lærere etterhvert som de får mer erfaring [13]. Det er en mulighet å åpne for søkere utenfra NTNU som har lignende kompetanse fra andre utdanninger. Det negative med det er at de ikke har tatt det spesifikke emnet, og er nye for NTNU-systemet. Forelesere på NTNU kan bli meritterte ved å være pedagogiske og bruke aktive læringsformer [48]. Det kan være en lignende kåring blant Stud.Ass.'ene.

Gjennom semesteret er det viktig med god kontakt mellom foreleser og Stud.Ass.'ene. De fungerer, sammen med referansegruppen, som bindeleddet mellom foreleser og studentene. De kan fortelle foreleser hva studentene opplever som vanskelig i pensum. Stud.Ass.'enes innspill til justering og forbedring av læringsformene vil være viktig. Sammen med referansegrupperapporten vil disse innspillene spille en stor rolle når emnet skal evalueres.

5.4 Prosjekt

Emnet kan fortsette med en lignende versjon av 2018-utgaven av prosjektet. For å forhindre at studenter bruker venners prosjekter fra året før til blind hjelp, kan tallverdiene på spenninger og effekter enkelt forandres. Prosjektet ligner på et lastflytprosjekt fra den virkelige verden, noe som gjør det til CBL. Fordelen med dette er at det forbereder studenter på hva som kan vente dem etter studiene. Studentene får være med å løse virkelige problemer. Prosjektgruppene bør deles inn på forhånd. Dette for å forberede studentene på arbeidslivet hvor man i stor ikke bestemmer selv hvem man jobber med.

Fordi det ofte blir travelt på slutten av semesteret [35] [36], bør prosjektet introduseres tidligere. Selv om studentene da ikke har nok kunnskap til å fullføre hele prosjektet, vil de bli motivert til å lære mer. Dette blir en form for Ingeniørstigen. Arbeidsmengden blir den samme selv om prosjektet introduseres tidligere i semesteret, bare at studentene får bedre tid.

Det bør være mer programmeringsopplæring til prosjektet [35] [36]. Dette gjelder ikke bare for EK også i andre emner på IEL. Da jeg tok Kraftelektronikk høsten 2016, var det minimal opplæring i programmet Simulink, som skulle brukes i prosjektet. Opplæringen kan gjøres med Pair programming. Foreleser har koblet skjermen sin til projektoren, og parene gjør det samme som han eller hun på egen datamaskin. Fordelen med Pair programming er at man får se skjermen fra "to sider". Det kan være lettere å se feil i koden når man er observatør, enn når man skriver koden selv. Det er selvfølgelig viktig å bytte roller ofte, så den ene ikke ender opp med å gjøre alt.

Ikke alle tidligere studenter i EK gadd å sette seg skikkelig inn programmeringen i prosjektet [35] [36]. Det kan ha vært fordi det ikke var relevant for den avsluttende eksamen. Det er negativt, men forståelig, at studenter tenker slik. Mange bedrifter melder om lave IKT-ferdigheter blant nyutdannede studenter [49]. I emnet Fluidmekanikk, TEP4100, Institutt for energi- og prosessteknikk, brukes programmering som visualisering av emnet. Da jeg hadde emnet våren 2014, fikk vi en oppgave på eksamen der vi skulle skrive pseudokode for hvordan vi ville løst problemet i MATLAB. På den måten ble programmeringsdelen av emnet mer relevant. NTNU har begynt med digitale eksamener [50]. Det er dog mer egnet for rene programmeringsemner og emner der studenten skal produsere mye tekst. Å ha digital eksamen i emner som har mye regning, som EK, vil være mer komplisert.

Noen studenter ønsket seg mer bruk av annen software i emnet [35] [36]. Fordi det finnes mange gode programmer for analyse av elkraftteknikk og elektriske kraftsystemer, er det vanskelig å vite hvilke man skal bruke i undervisningen. Mye av tiden vil gå med til opplæring i programmet. Hvis en student begynner å jobbe i en bedrift som bruker et gitt program, vil han eller hun få noe opplæring i programmet av bedriften. Hovedfokuset ved en utdanning bør være å forberede studentene best mulig til arbeidslivet. Sykepleier- og lærerstudier har praksis tidlig i utdanningen, fordi utdanningene er så spesifikke. En utdannet elkraftingeniør kan komme til å jobbe med så mye forskjellig.

5.5 Laboratoriumsoppgave

LAB-rapporten bør telle inn på sluttkarakteren i emnet i likhet med prosjektet, midtsemesterprøven og hjemmeeksamen. Fordi den er mindre enn de andre læringsformene, kan 5 % være et passende måltall. Det kan bli vanskelig å få til dette allerede til høsten fordi det må legges fram og godkjennes av Felles Studentsystem (FS) ved NTNU. Karakteren i emnet er allerede satt til å være 50 % prosent basert på aktiviteter gjennom semesteret og 50 % basert på den avsluttende eksamen, som i fjor. Dette er en naturlig inndeling Studentene må også bestå den avsluttende eksamen alene for å bestå i emnet.

Selv om studentene jobber i par på LAB-oppgaven skal rapporten leveres individuelt. Tidligere studenter har påpekt dette [35] [36]. Rapporten bør leveres parvis [35] [36]. Som på prosjektet, bør ikke studentene få velge selv hvem de skal jobbe med. Det er ganske mange uker fra relevant pensum for LAB-oppgaven undervises til den faktisk gjennomføres. Derfor bør den flyttes tidligere i semesteret. Dette vil gjøre det mindre travelt på slutten av semesteret. På friluftslivstudiet på Høgskulen i Volda (HVO) holdes det forelesninger ute i friluft. Relevant pensum for LAB-oppgaven kan gjennomgås på LAB'en rett før LAB-oppgaven skal gjennomføres. Studenter vil trolig huske mer av f.eks. jordfeilstrømmer på denne måten, fordi de får brukt flere læringsstiler i samme læringsøkt [17].

5.6 Hjemmeeksamen

Hjemmeeksamener forbereder studenter på slik man jobber i arbeidslivet. Der har man alle ressurser tilgjengelig når man skal løse et problem. Tidligere studenter har reagert på samarbeid på hjemmeeksamen, selv om det er spesifisert at den skal gjennomføres alene [35] [36]. Det vil aldri være mulig å kontrollere dette på hjemmeeksamener. Derfor bør studentene deles inn i par på forhånd, og paret skal levere én besvarelse sammen. I 2017-utgaven av

emnet ble hjemmeeksamen lagt ut på ettermiddagen. Noen ga tilbakemelding på at de ønsket at den skulle legges ut tidligere på dagen [36] [36]. I 2018-utgaven ble den derfor lagt ut klokken 10.00, men fra og med neste år bør den legges ut enda tidligere, f.eks. 08.00. Dermed vil det ligne mer på en vanlig arbeidsdag.

5.7 Midtsemesterprøve

Fordelen med digital flervalgseksamen er at det brukes null tid og ressurser på å rette oppgavene, da dette skjer automatisk. Ulempen er, som noen studenter også rapporterte om, at en liten regnefeil på en oppgave kan føre til null uttelling [35] [36]. Derfor bør svaralternativene gjøres mer ulike. Dette gjør også at studentene blir mer sikre på svaret når de har regnet seg fram. Flere teorispørsmål kan også benyttes. På midtsemesterprøven får studentene minuspoeng for feil svar på en oppgave. Fordelen med dette er at det ikke lønner seg å gjette blindt på en oppgave man er helt blank på, men heller la den stå ubesvart. Denne mekanismen vil komme mer til sin rett ved når svaralternativene er mer ulike.

Kapittel 6: Konklusjon

Aktiv læring er handler om å involvere studenter mer i egen læring. Denne oppgaven beskriver aktive læringsformer bygget på nyttige pedagogiske prinsipper, og viser hvordan dette kan settes i praksis og forbedre emnet Elektriske kraftsystemer på NTNU.

Implementering av Flipped classroom vil aktivisere studentene på en helt annen måte enn tradisjonelle forelesninger. Et nytt øvingsopplegg kan få studentene til å gjøre øvingene, ikke fordi de må, men fordi de vil. Bedre opplæring av studentassistentene er nødvendig for disse nye aktive læringsformene, fordi assistentene vil spille en større rolle av læringen i emnet. Små justeringer ved det praktiske rundt prosjektet, såsom laboratoriumsoppgaven, hjemmeeksamenen og midtsemesterprøven, vil gjøre disse læringsformene mer pedagogisk riktige og mer interessante for studentene.

6.1 Videre arbeid

Innholdet i denne masteroppgaven bør legges til grunn for videre praktisk arbeid med å gjennomføre de foreslåtte forbedringene. Det nye og pedagogisk forbedrede emnet bør testes ut i praksis til høsten. Etter gjennomført semester bør emnet evalueres, med referansegrupperapporten for neste semester som sentralt verktøy. Denne bør legge grunnlaget for videre forandringer. Gjennom lignende casestudier av andre emner kan forbedringsforslagene analysert i denne masteroppgaven settes ut i praksis i flere emner på NTNU.

Referanser

- [1] Video laget av Richard Williams. (26.09.16). *I JUST SUED THE SCHOOL SYSTEM !!!*. Youtube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=dqTT0jTija8> Sist besøkt 14.06.19
- [2] Yell, M. (2011). *Michael Yell's Strategies for Using Primary Sources in Your Classroom*. Teaching History. URL: <https://teachinghistory.org/nhec-blog/24651> Sist besøkt 14.06.19
- [3] Daniella Kaufer: *What can Neuroscience Research Teach us about Teaching?* URL: <https://gsi.berkeley.edu/programs-services/hsl-project/hsl-speakers/kaufer/> Sist besøkt 14.06.19
- [4] Utdanningsdirektoratet (18.05.16). *Å forstå kompetanse*. URL: <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/forsta-kompetanse/> Sist besøkt 14.06.19
- [5] Kokcharov, I., ph.D. (2015). *Hierarchy of skills*. URL: <https://www.slideshare.net/igorkokcharov/kokcharov-skillpyramid2015> Sist besøkt 14.06.19
- [6] Rudin, P., based on research by Kokcharov, I., ph.D. (13.01.17). *THOUGHT ON HUMAN LEARNING VS MACHINE LEARNING*. Singularity 2030. URL: <https://singularity2030.ch/thoughts-on-human-learning-vs-machine-learning/> Sist besøkt 14.06.19
- Biggs, J., Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. McGraw-Hill House, Shoppenhangers Road, Maidenhead, Berkshire, England: Open University Press, McGraw-Hill Education. ISBN 13: 9780335242757
- [7] s. 3
 - [8] s. 6
 - [16] s. 16
- [9] Biggs, J. (1999). *What the Student Does: teaching for enhanced learning*, s. 8. Sydney: University of New South Wales. DOI: 10.1080/0729436990180105

- [10] Dalto, J. (19.11.2013). *HOW TO WRITE SMART LEARNING OBJECTIVES*. Convergence Training. URL: <https://www.convergencetraining.com/blog/how-to-write-smart-learning-objectives> Sist besøkt 14.06.19
- [11] Prosser, M., Trigwell, K. (1999). *Understanding Learning and Teaching: The Experience in Higher Education*. Buckingham: Open University Press. ISBN: 9780335198313
- [12] Chickering, A. W., Gamson, Z. F. (03.1987). *Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education*. Washington D.C: American Association for higher Education. DOI: 10.1016/0307-4412(89)90094-0
- [13] Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner*. New York: Basic Books. ISBN: 9780465068784
- [14] Hattie, J. A. C. (2009). *Visible Learning*. London: Routledge. ISBN: 9780415476188
- [15] McGregor, D. (1960). *The Human Side of Enterprise*. New York: McGraw-Hill. ISBN: 9780070450929
- [17] Fleming, N. D., Colleen, M. (1992). *Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection*, s. 4. Canterbury: Lincoln University. DOI: 10.1002/j.2334-4822.1992.tb00213.x
- [18] Tulving, E. (1985). *Memory and Consciousness*, s. 3. Toronto: University of Toronto. DOI: 10.1037/h0080017
- [19] Hertz, M. B. (22.12.15). *The Flipped Classroom: Pro and Con*. URL: <https://midwestprincipalscenter.org/wp-content/uploads/2015/12/The-Flipped-Classroom-Pro-and-Con--Edutopia.pdf> Sist besøkt 14.06.19
- [20] McGee, M., Stokes, L., Nadolsky, P. (2016). *Just in-Time Teaching in Statistics Classrooms*. DOI: 10.1080/10691898.2016.1158023

- [21] Jensen, K., Strømsø, H. I. (2018). *Problem-Based Learning: the Emergence of New Scripts and Roles for Teachers to Render Epistemic Practices Transparent*. DOI: 10.1007/s12186-018-09215-8
- [22] Hjemmesiden til Challenge-Based Learning. URL: <https://www.challengebasedlearning.org/about/> Sist besøkt 14.06.19
- [23] Hjemmesiden til Team-Based Learning. URL: <http://www.teambasedlearning.org/definition/> Sist besøkt 14.06.19
- [24] Carpenter, S. K. (2009). *Cue strength as a moderator of the testing effect: The benefits of elaborative retrieval*. DOI: 10.1037/a0017021
- [25] Mikkelsen, S. (19.11.15). *Studentene fikk bedre karakterer da faglærer endret undervisningen*. Trondheim: Universitetsavisa NTNU. URL: <https://www.universitetsavisa.no/student/2015/11/19/Studentene-fikk-bedre-karakterer-da-fagl%C3%A6rer-endret-undervisninga-53280.ece> Sist besøkt 14.06.19
- [26] Clark, R. M., Dickerson, S. J. (2018). *A Case Study of Post-Workshop Use of Simple Active Learning in an Introductory Computing Sequence*. DOI: 10.1109/TE.2018.2808274
- [27] Nikolic, S., James, P., Montserrat, R., Stirling, D., Ritz, C. (2015). *Improving the Laboratory Learning Experiment: A Process to Teach and Manage Teaching Assistants*. DOI: 10.1109/TE.2014.2335712
- [28] Lundheim, L., Tybell, T., Larsen, B. B., Ekman, T. (03.2015). *Den elektroniske ingeniørstigen – En tiltakspakke for mestring og identitetsbygging*. Bergen. URL: https://www.realfagsrekruttering.no/wp-content/uploads/2014/10/38-Lundheim_etal.pdf Sist besøkt 14.06.19
- [29] Furberg, K. (01.03.2016). *Det kan bli en modell for NTNUs nye campusløsning*. Trondheim: Universitetsavisa NTNU. URL: <https://www.universitetsavisa.no/campus/2016/03/01/Dette-kan-bli-en-modell-for-NTNUs-nye-campusl%C3%B8sning-18367752.ece> Sist besøkt 14.06.19

- [30] Innovative læringsarealer på NTNU. URL: <https://www.ntnu.no/laeringsarealer> Sist besøkt 14.06.19
- [31] Koopen - Elektrobygget. URL: <https://www.ntnu.no/laeringsarealer/koopen> Sist besøkt 14.06.19
- [32] Informasjon om TET4115 Elektriske kraftsystemer. URL: <https://www.ntnu.no/studier/emner/TET4115#tab=omEmnet> Sist besøkt 14.06.19
- [33] Emnerapport TET4115 Høst 2017. URL: https://spfarm.ntnu.no/system/doq/Emnerapporter/TET4115_Emnerapport_H2017.pdf#search=tet4115 Sist besøkt 14.06.19. (Krever innloggingsinformasjon fra NTNU eller Microsoft)
- [34] Emnerapport TET4115 Høst 2018. URL: https://spfarm.ntnu.no/system/doq/Emnerapporter/TET4115_2018%20H%C3%B8st%20Emnerapport.pdf#search=tet4115 Sist besøkt 14.06.19. (Krever innloggingsinformasjon fra NTNU eller Microsoft)
- [35] Referansegrupperapport TET4115 Høst 2017. URL: https://spfarm.ntnu.no/system/doq/Referansegrupperapporter/TET4115_Referansegrupperapport_H2017.pdf#search=tet4115 Sist besøkt 14.06.19. (Krever innloggingsinformasjon fra NTNU eller Microsoft)
- [36] Referansegrupperapport TET4115 Høst 2018. URL: https://spfarm.ntnu.no/system/doq/Referansegrupperapporter/TET4115_2018%20H%C3%B8st%20Referansegrupperapport.pdf#search=tet4115 Sist besøkt 14.06.19. (Krever innloggingsinformasjon fra NTNU eller Microsoft)
- [37] Videforelesninger TET4115 Høst 2018. URL: <https://mediasite.ntnu.no/Mediasite/Catalog/catalogs/tet4115-h18> Sist besøkt 14.06.19. (Krever innloggingsinformasjon fra NTNU eller Mediasite)
- [38] Videforelesningsserie om kraftsystemanalyse. (2008). YouTube. Kharagpur: Indian Institute of Technology Kharagpur. URL:

https://www.youtube.com/watch?v=fBm1dr_gRBk&list=PL36A60B630E8C7B56&index=1

Sist besøkt 14.06.19

[39] Videoforelesninger TET4165 Høst 2018. URL:

<https://mediasite.ntnu.no/Mediasite/MyMediasite/channels/708f60e4e4094663bc6d1fcb41636bb45f> Sist besøkt 06.06.19. (Krever innloggingsinformasjon fra NTNU eller Mediasite)

[40] R2 - Realfagsbygget. URL: <https://www.ntnu.no/laeringsarealer/r2> Sist besøkt 14.06.19

Årsrapport NTNU 2018 - 2019. Trondheim: NTNU. URL:

<https://www.ntnu.no/documents/10137/1279418159/NTNU+%C3%A5rsrapport+2018+Bokm%C3%A5l.pdf/a4a90a57-265e-48fa-88af-8ba3d4ac9de0> Sist besøkt 14.06.19

- [41] s. 36

- [42] s. 35

[43] Goodyear, P. (2015). *Teaching as Design*. Sydney: University of Sydney

[44] Nyberg, E. (20.08.14). *Slike tilbakemeldinger vil elevene ha*. Stavanger: Universitetet i Stavanger. URL: <https://forskning.no/pedagogiske-fag-skole-og-utdanning-universitetet-i-stavanger/slike-tilbakemeldinger-vil-elevene-ha/540236> Sist besøkt 14.06.19

[45] Mikkelsen, S. (31.10.2011). *Studentassistentene: Overlatt til seg sjøl*. Trondheim: Universitetsavisa NTNU. URL:

<https://www.universitetsavisa.no/student/2011/10/31/Overlatt-til-seg-sj%C3%B8l-18371338.ece> Sist besøkt 14.06.19

[46] Søknadsportal for studenter ved IE. URL: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Ledige+stillinger+for+studenter+ved+IME> Sist besøkt 14.06.19

[47] Mariussen, H. (08.05.19). *NTNU kan miste 500 millioner*. Trondheim: Universitetsavisa NTNU. URL: <https://www.universitetsavisa.no/incoming/2019/05/08/NTNU-kan-miste-500-millioner-18992874.ece> Sist besøkt 14.06.19

[48] Mikkelsen, S. (25.01.18). *Derfor blir de meritterte undervisere*. Trondheim: Universitetsavisa NTNU. URL: <https://www.universitetsavisa.no/campus/2018/01/25/Derfor-blir-de-meritterte-undervisere-18365220.ece> Sist besøkt 14.06.19

[49] Data fra spørreundersøkelse sendt ut 06.09.17 til alle studenter ved studieprogrammet Energi og miljø på NTNU

[50] Aker-Bjørke, D. (29.09.2015). *Innfører digital eksamen på NTNU*. Trondheim: Under Dusken. URL: <https://dusken.no/artikkel/25288/innfrer-digital-eksamen-pa-ntnu/> Sist besøkt 14.06.19

