Carl Angell har doktorgrad i realfagsdidaktikk. Han har undervist i fysikk og matematikk i den videregående skolen i mange år. Siden 1988 har han vært ansatt på Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt på Universitetet i Oslo der han har drevet etter- og videreutdanning for lærere og vært engasjert i en rekke forskningsprosjekter i fysikkdidaktikk. Han har vært sterkt engasjert både nasjonalt og internasjonalt i TIMSS for fysikkspesialister i 1995 og nå TIMSS Advanced.

Svein Lie har doktorgrad i kjernefysikk. Han har i mange år undervist i fysikk og matematikk i videregående skole, og har siden 1990 vært ansatt ved ILS på Universitetet i Oslo, der han er professor i naturfagdidaktikk ved enheten EKVA (Enhet for kvantitative utdanningsanalyser). Han har i mange år arbeidet med målinger av elevenes kunnskaper og holdninger og har spilt sentrale roller i de store undersøkelsene PISA, TIMSS og TIMSS Advanced både nasjonalt og internasjonalt.

Anubha Rohatgi har master grad i fysikk samt en bachelor grad i Education og har undervist i fysikk, kjemi og matematikk i den videregående skolen. Siden 2006 har hun vært ansatt ved Enhet for kvantitative utdanningsanalyser ved ILS på Universitetet i Oslo og har arbeidet med TIMSS Advanced og Osloprøven i naturfag.

CARL ANGELL

Universitetet i Oslo
carl.angell@fys.uio.no

SVEIN LIE

Universitetet i Oslo
svein.lie@ils.uio.no

ANUBHA ROHATGI

Universitetet i Oslo
anubha.rohatgi@ils.uio.no

TIMSS Advanced 2008: Fall i fysikk-kompetanse i Norge og Sverige

Abstract

TIMSS Advanced 2008 is an international comparative study, and deals with examining student achievement in mathematics and physics in the final year at upper secondary school. The theme of this article is to look at how Norwegian and Swedish students performed in physics in 2008 compared to the study conducted in 1995. The results from the TIMSS Advanced study provide an unambiguous picture. There is a significant decline in the performance in physics since the previous study in 1995 for both Norwegian and Swedish students. One important reason is related to the generally low level of results in science and mathematics at all levels in schools as shown by the downward trend for students in lower grades. The decline in physics performance can thus be explained by the fact that students with significantly weaker skills than before in mathematics and science come into upper secondary school. Lack of knowledge of basic arithmetic and algebra seems to be a contributing factor for this downwards trend in physics at upper secondary school level.

INNLEDNING

TIMSS Advanced 2008 (Trends in International Mathematics and Science Study) er en internasjonal sammenliknende studie i regi av den internasjonale organisasjonen International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), og den handler om matematikk og fysikk i det siste året i videregående skole (Mullis, Martin, Robitaille, & Foy, 2009). Prosjektets mål og perspektiver er beskrevet i et eget rammeverk (Garden et al., 2006). Studien er en oppfølging av

en tilsvarende TIMSS-undersøkelse som ble gjennomført i 1995, og de internasjonale resultatene herfra ble rapportert i Mullis et al. (1998).

Det var ni land som deltok i fysikkdelen av TIMSS Advanced i 2008: Armenia, Iran, Italia, Libanon, Nederland, Norge, Russland, Slovenia og Sverige. Deltakerlandene er forskjellige både når det gjelder elevens alder og andelen av årskullet som tar fysikk. I denne artikkelen vil vi studere norske resultater (se Lie, Angell, & Rohatgi, 2010) og gi en mer detaljert sammenlikning med Sverige (se Skolverket, 2009) som også deltok i TIMSS 1995. Det viktigste er altså at vi kan sammenlikne norske og svenske resultater med resultatene fra 1995. De norske og svenske resultatene fra 1995 er rapportert i henholdsvis Angell, Kjærnsli, & Lie (1999) og Skolverket (1998). Denne sammenlikningen kan vi gjøre fordi en rekke oppgaver har vært holdt hemmelig slik at de har kunnet bli brukt igjen i identisk form.

Når vi bruker begrepet fysikk-kompetanse (og i tittelen "fall i fysikk-kompetanse"), mener vi den kompetansen vi kan måle med data fra TIMSS Advanced. En kan selvsagt si at å ha god kompetanse i fysikk må bety mer enn å kunne løse oppgaver gitt i TIMSS. Dolin (2002) har foreslått at en kompetansebeskrivelse i fysikk må inneholde noe om at elevene skal kunne utøve fysikkfaglig tankegang, resonnere fysikkfaglig, planlegge og utføre eksperimenter, analysere modeller, arbeide med forskjellige representasjoner av fysiske fenomener, kunne kommunisere om fysikk, kunne kritisk vurdere fysikkens arbeider og resultater og kunne vurdere fysikkens verdinormer. Vi kan selvsagt ikke måle alle disse aspektene i en skriftlig test. Men for å svare på oppgaver i TIMSS Advanced må elevene være kjent med temaene som blir testet, og de må kunne bruke ulike kognitive ferdigheter. De må ha *kjennskap* til grunnleggende begreper og symboler, de må kunne *anvende* sin kunnskap til å løse problemer, og de må kunne *resonnere* og argumentere når de løser oppgaver.

Temaet for denne artikkelen er altså å beskrive elevenes *fysikk-kompetanse* slik den er målt i TIMSS Advanced 2008, samt å sammenlikne med resultatene fra 1995 og belyse noen faktorer som synes å ha sammenheng med endringen i prestasjoner. Og resultatene fra TIMSS Advanced gir et utvetydig bilde: Fysikk-kompetansen hos norske og svenske elever har hatt en betydelig nedgang i perioden fra 1995 til 2008. Hovedspørsmålet i denne artikkelen er derfor: Hvordan kan denne nedgangen forklares?

METODE

Elevene i utvalget i TIMSS Advanced representerer hele populasjonen av fysikkelever. I Norge vil det si alle elever som tok kurset 3FY i våren 2008, og i Sverige var det de elevene som fulgte Fysik B. Elevene ble trukket ut på en slik måte at alle i populasjonen hadde en viss kjent sannsynlighet for å bli utvalgt. Denne sannsynligheten var ikke nødvendigvis den samme for alle, og ved beregninger må elevene tillegges ulik vekt for å oppnå en god representativitet. I Norge deltok 101 skoler med 1642 elever. I Sverige var det 121 skoler med 2291 elever.

I fysikktesten ble det brukt fire forskjellige oppgavehefter med kombinasjoner av til sammen 73 oppgaver, 44 flervalgsoppgaver og 29 åpne oppgaver. En rekke trendoppgaver har som nevnt gjort det mulig å sammenlikne resultatene i 2008 med resultatene i 1995. I testen for fysikkspesialistene ble det regnet ut skårverdier ved hjelp av en IRT-modell (Item Response Theory), en metode som tillater at ikke alle elevene har fått de samme oppgavene. Skårverdiene er da regnet ut på bakgrunn av de oppgavene elevene har fått, og hvilke de har besvart riktig. På denne måten fikk hver elev tilegnet en internasjonalt standardisert skår. Det internasjonale gjennomsnittet for 1995-undersøkelsen ble satt til 500 poeng og standardavviket til 100 poeng. Ved hjelp av resultatene på de felles trendoppgavene er så 2008-dataene standardisert *langs den samme skalaen*. Det innebærer at prestasjonsmålene kan sammenliknes direkte. Framgang og tilbakegang framstår så enkelt som differansen mellom de to gjennomsnittsverdiene.

For å kunne "rette" de åpne oppgavene ble det utviklet en kodeguide for registrering av elevsvar i alle land. Kriteriene for de ulike kodene måtte være presise for å sikre høy overensstemmelse blant de som rettet. Et av målene med TIMSS Advanced er å få innsikt i elevers kunnskap om og forståelse av viktige begreper innen sentrale områder i matematikk og fysikk. For å få innsikt i hvordan elevene har tenkt, hvilke løsningsstrategier de har brukt, og eventuelle alternative forestillinger var det viktig at oppgavene ikke bare ble kodet for riktig/galt. For å ivareta den diagnostiske informasjonen som elevenes svar gir, ble det brukt et tosifret kodesystem for hver oppgave. Den norske prosjektgruppen i TIMSS 1995 bidro i utgangspunktet sterkt til å utvikle dette systemet (Angell, 1996; Angell, Kjærnsli, & Lie, 2000; Lie, Taylor, & Harmon, 1996). Det første sifferet forteller hvor mange poeng svaret er "verdt", eller graden av riktighet. Det andre sifferet referer til typer av svar, for eksempel hvilke tanker elevene synes å ha om et begrep, hvilke metoder de har brukt i løsningen, eller hvilke karakteristiske feil de har gjort.

For å belyse noen av de bakgrunnsfaktorene som kan ha betydning for elevprestasjoner i fysikk, ble det utviklet spørreskjemaer til både elever, lærere og skoleledere (TIMSSQuestionnaires, 2009).

I en studie som TIMSS Advanced er det svært viktig at dataene er av høy kvalitet. En omfattende kvalitetskontroll har funnet sted, alle trinn i kvalitetssikringen er behørig beskrevet, og omfanget og betydningen av dem analysert og rapportert. Det er publisert en internasjonal teknisk rapport som dokumenterer alt dette i detalj (Arora, Foy, Martin, & Mullis, 2009).

HOVEDRESULTATER I FYSIKK

Norge befinner seg blant de landene som har oppnådd de høyeste gjennomsnittsskårene. Bare nederlandske elever skårer signifikant høyere enn norske elever. Nederland framstår imidlertid med et mer "elitistisk" utvalg av elever når det gjelder fysikk i videregående skole (3,4 prosent av årskullet). Svenske elever representerer derimot et større elevutvalg enn de andre landene (11 prosent av årskullet), og de skårer omtrent som det "skalerte" gjennomsnittet. I Norge utgjør fysikk-elevene 6,8 prosent av årskullet.

Kompetansenivåer

Den internasjonale skalaen for prestasjoner på fysikkprøven er, som nevnt, standardisert slik at gjennomsnittet internasjonalt i 1995 er 500 poeng og standardavviket 100 poeng. Tre nivågrenser, såkalte *international benchmarks*, er satt langs denne skalaen med intervaller på 75 poeng, nemlig ved 475, 550 og 625 poeng. Det deler elevene inn i fire intervaller eller "nivåer". Figur 1 illustrerer de tre nivågrensene og de tilhørende fire nivåene.

Figur 1. Nivåer og nivågrenser for fysikk-kompetanse i TIMSS Advanced

Fordelingen av elever på hvert av disse nivåene i et land er en fin måte å diskutere den samlede fysikk-kompetansen på. For å gjøre dette vil vi først definere hver av disse nivågrensene. Det innebærer at man ved hjelp av oppgavenes krav til kompetanse og hvilke elever som klarer å besvare disse oppgavene, kan beskrive hva som kjennetegner elever som når en bestemt nivågrense. Ved å analysere dette i detalj og sette bestemte kriterier for hva som menes med å "mestre" en bestemt

oppgave, har man oppnådd at skalaen ikke bare er en normbasert skala, men knyttet til, eller ”forankret” til beskrevet kompetanse ved tre nivågrenser (se også Kelly, 1999; Mullis, et al., 2009). For eksempel er høyt nivå beskrevet som følger:

Elevene kan anvende lover i mekanikk, bevarelse av energi, samt om energioverganger til å løse problemer som involverer vertikal sirkelbevegelse, sammenpressing av fjær, snorstramming og støt. De kan anvende Ohms og Joules lover til å løse enkle problemer, og de kan identifisere egenskaper ved bevegelser til ladde partikler i elektriske og magnetiske felt. Elevene kan også anvende kunnskap om relative størrelser av et atom og dets atomkjerne, og de kan løse problemer som involverer halveringstid for en radioaktiv isotop. De kan også anvende grunnleggende kunnskap om varmekapasitet og relatere ulike typer av elektromagnetisk stråling til temperaturen til legemet strålingen kommer fra, og de kan demonstrere en forståelse for fenomenet lydbølger.

Alle kompetansemålene finnes i original formulering på engelsk i Mullis et al. (2009) og på norsk i Lie et al. (2010).

Sammenlikninger med TIMSS 1995

Et sentralt tema i denne artikkelen er: Hvordan presterer norske og svenske fysikkelever nå i forhold til i 1995? Som vi ser av tabell 1, er det en kraftig tilbakegang i prestasjoner i Norge og Sverige kombinert med en nedgang i andelen av årskullet som har valgt fysikk. I begge landene er ”fysikkspesialistene” altså blitt færre, og de framstår også med betydelig dårligere kompetanse.

Tabell 1 Trend-data for Sverige og Norge

	Andel av årskullet i 1995	Andel av årskullet i 2008	Gjennomsn. skår 1995	Gjennomsn. skår 2008	Endring (standardfeil)
Norge	8,4 %	6,8 %	581	534	- 47 (7)
Sverige	16 %	11 %	578	497	- 81 (7)

Figur 2 Prosentfordeling på kompetansenivåer for årskullet for Norge og Sverige i 1995 og 2008 (Feilmarginer for hvert nivå er av størrelsesorden 0,1-0,5 prosentpoeng.)

Figur 2 illustrerer situasjonen for hele elevkullet i de to landene. Og vi ser også på denne måten at situasjonen har endret seg dramatisk til det verre i begge landene, uansett hvilket nivå vi er opptatt av. Her vil vi spesielt peke på at andelen av årskullet i Norge på *Avansert* nivå i fysikk har gått ned fra 2,4 til 0,7 %. Og videre er andelen på minst Høyt nivå (*Avansert* og *Høyt* nivå til sammen) omtrent halvert. I Sverige har utviklingen vært enda verre. Der har andelen av årskullet på *Avansert* nivå i fysikk gått ned fra 4 til 0,8 %, og andelen på minst *Høyt* nivå har sunket til omtrent tredelen.

Når det gjelder hver enkelt oppgave, ser vi av figurene 3 og 4 at det har vært en nedgang for så godt som hver eneste oppgave fra 1995 til 2008 når det gjelder andel riktige svar i Norge og Sverige. Noen få av trendoppgavene viste seg å ikke fungere tilfredsstillende, og de er ikke med her eller i beregningen av fysikkskåren. Topoengsoppgaver er framstilt som to oppgaver, én for prosentandelen som klarte det første poenget, og én for andelen som *i tillegg* fikk det andre poenget.

Figur 3 Prosent riktige svar i Norge for hver av oppgavene som forekom både i 1995 og i 2008. Oppgavene er sortert etter fallende vanskegrad i 1995. (Feilmarginer både i 1995 og i 2008 er omkring 5 prosentpoeng.)

Figur 4 Prosent riktige svar i Sverige for hver av oppgavene som forekom både i 1995 og i 2008. Oppgavene er sortert etter fallende vanskegrad i 1995. (Feilmarginer både i 1995 og i 2008 er omkring 5 prosentpoeng.)

Det mest påfallende vi kan slutte fra disse to figurene, er at det dreier seg om en *generell* nedgang i kompetanse, og at eventuell ulik vektlegging av fagstoff eller oppgavetyper vanskelig kan være en forklaring. Nedgangen på ett område synes *ikke* å være oppveid ved framgang på et annet. Vi synes derfor å stå overfor en nødvendig erkjennelse av at norske og svenske ”fysikkspesialister” i tillegg til å ha blitt færre har blitt generelt sett betydelig svakere faglig. Det dreier seg om en nedgang på omtrent et halvt standardavvik for Norges vedkommende og enda mer for Sveriges.

I Norge er det særlig én oppgave som skiller seg ut ved at elevene svarer veldig mye dårligere i 2008 enn i 1995, og i Sverige er det to slike oppgaver. Begge disse oppgavene er åpne og gir maksimalt 2 poeng. De framkommer derfor i figurene som ”to” oppgaver, én for prosentandelen som klarte det første poenget, og én for andelen som i tillegg fikk det andre poenget. Den ene oppgaven er felles for de to landene og handler om fotoelektrisk effekt (PA13025,1 og 2). Den andre handler om krefter på en ladd partikkel i et elektrisk felt (PA13024,1 og 2). Begge krever at elevene kan ”oversette” det beskrevne fysiske fenomenet til matematiske uttrykk og regne med disse uttrykkene.

Kjønnsforskjeller i fysikkprestasjoner

Tabell 2 Jenteandel og kjønnsforskjeller i testskår (i guttenes favør) samt andel av årskullet for hvert kjønn

	Andel jenter	Differanse i testskår (Standardfeil)	Andel av årskullet for jenter	Andel av årskullet for gutter
Norge	29 %	25 (6)	3,9 %	9,7 %
Sverige	35 %	9 (6)	7,7 %	14 %

Tabell 2 inneholder noen nøkkeltall for en sammenlikning av kjønnsforskjeller mellom Norge og Sverige. Her er prestasjonsforskjellene mellom kjønn vist sammen med både jenteandelen i prosent og andelen av årskullet som tar fysikk for hvert kjønn for seg. Som det framgår av tabell 2, framstår Sverige på begge måter med en bedre kjønnsbalanse enn Norge. I Norge er bare 29 % av fysikkelevne jenter, noe som svarer til 3,9 % av årskullet av jenter, mens andelen for guttene er 9,7 %. Det er altså godt over dobbelt så mange gutter som jenter som velger 3FY i Norge, og i tillegg skårer guttene gjennomsnittlig bedre enn jentene. Det betyr for eksempel at av alle norske elever på avansert nivå er bare omtrent 15 % av dem jenter. De virkelige fysikkspesialistene på høyt nivå er altså en svært maskulin elevgruppe. Det ligger åpenbart mange utfordringer her når det gjelder en bedre kjønnsbalanse i videre studier og yrker.

Vi ser også fra tabell 2 at selv om kjønnsbalansen er bedre i Sverige enn i Norge, er det også der en betydelig større andel av årskullet av gutter som tar fysikk enn av jenter som tar fysikk. Imidlertid er gjennomsnittlig testskår for gutter og jenter omtrent like i Sverige (forskjellen på 9 poeng i guttenes favør er ikke signifikant). Også når vi ser på forskjellen mellom jenter og gutter på de ulike kompetansenivåene, finner vi forholdsvis små forskjeller. Riktignok er andelen av jenter på lavt nivå litt større enn andelen av gutter, og andelen av gutter på avansert nivå er større enn andelen av jenter (8,8 % mot 5,0 %).

Når det gjelder nedgangen fra 1995 til 2008, så vi at den var 47 poeng for alle elevene i Norge og 81 poeng i Sverige. I Norge har begge kjønn en signifikant tilbakegang, men jentenes tilbakegang er betydelig mindre enn guttenes, henholdsvis 36 og 50 poeng. Den svenske tilbakegangen på hele

81 poeng viser et liknende bilde: Jentene går tilbake med 60 poeng mot guttenes 90 poeng. Det er altså guttene som i størst grad har "skylda" for den sterke tilbakegangen i begge disse landene. Men kjønnsforskjellene i prestasjoner har altså dermed gått sterkt ned, i vårt land fra 51 til 24 poeng og i Sverige fra 49 til 9 poeng. Riktignok har det vært et mål å jevne ut kjønnsforskjeller i prestasjoner, men at dette skulle skje ved at guttene har fått så mye dårligere skår, er uenkelig også et betydelig "skår" i gleden.

HVA HAR SKJEDD?

Vi har vist at norske og svenske elever svarer vesentlig dårligere på fysikktesten i TIMSS Advanced enn de gjorde i TIMSS 1995. Det gjelder på testen som helhet, og det gjelder på enkeltoppgaver. I 1995 framsto fysikkfaget i begge landene nærmest som nasjonale "flaggskip". Norske og svenske elever skåret best av alle landene som deltok. Det store spørsmålet nå er selvsagt: Hva har skjedd? Som det framgår av figur 2, er det ikke slik at nedgangen særlig gjelder en bestemt nivågruppe, for eksempel de svakeste elevene. I begge land er det dominerende bildet at elevgruppen som helhet har fått lavere kompetanse, men at spredningen mellom elevene er omtrent som før. På ett punkt har vi imidlertid beskrevet en selektiv effekt, nemlig at det særlig er guttene som har stått for den sterkeste nedgangen. En slik endring av kjønnsforskjeller i jentenes favør er imidlertid en generell tendens i alle fag i grunnskolen i denne perioden (Hægeland & Kirkebøen, 2006). Betydningen av elevenes hjemmebakgrunn (minoritetsbakgrunn og sosio-økonomiske forhold) har også endret seg noe, men disse små endringene utgjør liten forklaringskraft når det gjelder de svekkete resultatene.

Nedadgående trender i både fysikk og matematikk

En måte å se nedgangen på er å gå noen år tilbake, til 2003, og la oss først se på norske resultater. I 2003 gikk "våre" fysikkelever på 8. trinn i grunnskolen, og noen av disse elevene deltok i TIMSS 2003 i naturfag og matematikk, de aller fleste som representanter for årskullet som er født i 1989. Figur 5 presenterer en måte å knytte disse undersøkelsene visuelt sammen på. Gjennomsnittsverdier for hver studie, TIMSS Advanced (fysikk og matematikk) og TIMSS 8. trinn (naturfag og matematikk) er framstilt som funksjon av fødselsåret med sin egen skala. Norge deltok riktignok ikke i TIMSS 1995 i matematikk, men undersøkelsen ble gjennomført i 1998 med nøyaktig de samme instrumentene. Målestokken er lik for alle undersøkelsene, idet avstanden mellom hver vannrette strek på figuren er 50 poeng, altså omtrent lik et halvt standardavvik.

Fra figur 5 kan vi se en meget tydelig nedadgående tendens i begge studiene i både matematikk og fysikk/naturfag. Når det gjelder naturfag, er det selvfølgelig viktig at fysikk, som måles i TIMSS Advanced, bare utgjør en del av naturfaget som er målt i TIMSS på 8. trinn. Men likevel framstår nedgangen i fysikk i TIMSS Advanced nærmest som en naturlig konsekvens av de svake resultatene som er målt for elever som er født rundt 1990 i forhold til de som er født rundt 1985 eller tidligere. Med en såpass svak bakgrunn i naturfag og matematikk fra grunnskolen, er det i utgangspunktet ikke annet å vente enn at denne svakheten skal gjøre seg gjeldende også på høyere nivå. Så langt synes det som om tilbakegangen i fysikk-kompetanse i hovedsak kan forklares med de betydelig svakere kunnskapene elevene kommer til videregående skole med.

Figur 6 viser akkurat de samme trendene for Sverige som vi så for Norge i figur 5, bare enda mer dramatisk. De svenske elevene på 8. trinn er imidlertid ett år eldre enn de norske på tilsvarende trinn. For TIMSS 1995 måtte vi her bruke svenske data spesielt rapportert for en eldre populasjon enn den som ble brukt ved hovedrapporteringen (se Appendiks D i Beaton et al., 1996). Derfor har vi heller ikke tegnet inn en vertikal strek som i figuren for Norge. Men selv om årskullene ikke er nøyaktig de samme i Norge og Sverige, er bildet det samme: En markant tilbakegang i TIMSS for 8. trinn kan langt på vei forklare de svake resultatene i TIMSS Advanced.

Figur 5 Trender for **norske** resultater fra TIMSS Advanced (fysikk og matematikk) og TIMSS 8. trinn (naturfag og matematikk). Årstallet for hver undersøkelse er angitt. Hver studie har sin egen skala, men målestokken er den samme, idet avstanden mellom hver vannrette linje er på 50 poeng, som svarer omtrent til et halvt internasjonalt standardavvik. Gjennomsnittlige skårverdier er framstilt som funksjon av fødselsår for årskullene som er undersøkt. Trender er visualisert som rette linjer for en enkel sammenlikning. Årskullet født 1989 er markert med en vertikal stiplet strek.

Figur 6 Trender for **svenske** resultater i to undersøkelser, TIMSS Advanced (fysikk og matematikk) og TIMSS 8. trinn (naturfag og matematikk). Årstallet for hver undersøkelse er angitt. Hver studie har sin egen skala, men målestokken er den samme, idet avstanden mellom hver vannrette linje er på 50 poeng, som svarer omtrent til et halvt internasjonalt standardavvik. Gjennomsnittlige skårverdier er framstilt som funksjon av fødselsår for årskullene som er undersøkt. Trender er visualisert som rette linjer for en enkel sammenlikning.

Vi ser også at nedgangen i matematikk i TIMSS Advanced er enda mer markant enn i fysikk i begge land. I Sverige var den gjennomsnittlige matematikkskåren 502 i 1995, mens den var sunket til 412 i 2008. Det er en forskjell på hele 89 poeng. I Norge er matematikkskåren i 1998 estimert til 500, og i 2008 finner vi at nedgangen har vært på 61 poeng, og trendlinjen for matematikk er brattere enn for fysikk (se også Grønmo, Onstad, & Pedersen, 2010). Men det er flere faktorer som kan ha betydning. I de neste avsnittene ser vi på noen av dem.

Søkelys på matematiske forutsetninger

Forholdet mellom fysikk og matematikk har vært, og er, et stadig tilbakevendende tema i fysikkdidaktikk. Flere har påpekt at mange elever har problemer med å se sammenhengen mellom matematikken de holder på med i matematikktimene, og den matematikken de faktisk bruker i fysikken (f.eks. Taber, 2006). Øystein Guttersrud (2008) diskuterer også problemer elever har med å se sammenhengen mellom en matematisk likning og dens fysiske tolkning. Elever har ofte ikke tenkt på at en formel i fysikk som $s = vt$ formelt sett er akkurat den samme likningen som $y = ax$, som de er vant med fra matematikken. Noe av det samme påpeker Bagno, Berger, & Eylon (2008) som har undersøkt forståelsen av formler i fysikk hos israelske elever i videregående skole. De fant at elevene hadde vage beskrivelser av komponentene i en formel, at de hadde problemer med å spesifisere under hvilke betingelser formelen gjaldt, og at de i liten grad kunne manipulere enheter i en formel. På den annen side er det i de senere år også vært rettet mye oppmerksomhet mot begrepet "conceptual physics" (se f. eks. Hestenes, 1987; Hewitt, 2006; Mazur, 1997), der en har vært opptatt av at man må ha en grunnleggende kvalitativ forståelse for begreper i fysikk, og ikke bare kunne regne mekanisk med en rekke formler.

For å se nærmere på dette har vi kategorisert alle fysikkoppgavene i TIMSS Advanced som følger:

E: Ett trinns anvendelse/resonnering (for eksempel sette tall rett i en formel)

G: Tolke graf (tegne/ tolke grafiske framstillinger)

K: Kjennskap (kjenne grunnleggende begreper og symboler)

M: Manipulasjon, regneferdigheter og algebra (for eksempel kunne beskrive et fysisk system med flere likninger og løse likningssettet)

R: Resonnering/anvendelse uten algebra (gjennomføre kvalitative resonnementer)

Figur 7 Svarprosent på ulike kategorier oppgaver.

Figur 7 viser gjennomsnittlig svarprosent for Nederland, Norge og Sverige for hver av disse kategoriene. Det er som det framgår av figuren, oppgaver som krever ett-trinns resonnement (E), graftolkning (G) eller kjennskap (K) som fremstår som lettest for elevene. Det framgår også at på

oppgaver som krever manipulering med formler, skårer elevene i Norge og Sverige spesielt lavt i forhold til Nederland, som altså var det landet som skåret høyest på hele testen.

Men også når det gjelder tallregning med brøker, synes elevene å svikte selv på helt enkle beregninger. Vi har også sett på resultatene fra 1995, og der finner vi ikke det samme mønsteret. Faktisk er kategorien *M: Manipulasjon, regneferdigheter og algebra* det området som svenske elever skårer forholdsvis best på i 1995. Uten tvil er de svekkete kunnskapene i matematikk en medvirkende årsak til de svake resultatene i fysikk. Som nevnt viste matematikkundersøkelsen i TIMSS Advanced en betydelig nedgang for både Sverige og Norge.

Norsk matematikkråd har gjennom mange år kartlagt grunnleggende matematisk kunnskap hos studenter som har begynt på matematikk-krevende studier i Norge. Disse undersøkelsene viser en meget stor tilbakegang. I 1984 var gjennomsnittlig andel rett svar på testen deres 73%, mens den i 2007 var sunket til 47 % (Rasch-Halvorsen & Johnsbråten, 2007). Resultatet blir noe bedre hvis vi bare tar med de studentene som har tre år med matematikk fra videregående skole. I 2007 var da gjennomsnittlig andel rette svar 55 %. Men det er viktig å være klar over at *alle* oppgavene i testen som ble gitt, tilhører pensum i grunnskolen. Det er med andre ord flere indikasjoner på at matematikkunnskapene til norske elever langt fra er gode nok.

Det svenske Skolverket påpeker også i sin rapport om TIMSS Advanced at den store nedgangen i prestasjoner har betydelig sammenheng med elevens evner til å håndtere matematikken i fysikken (Skolverket, 2010). Det er med andre ord grunn til å frykte at svake ferdigheter i aritmetikk og algebra fortsatt vil utgjøre et stort problem for fysikkfaget i våre to land.

Elevenes tidsbruk utenom skolen

Hvilken virkning har elevenes bruk av tid utenom skolen på elevenes resultater? I elevspørreskjemaet er det listet opp seks aktiviteter, og elevene skulle angi daglig tidsbruk utenom skolen på en vanlig dag. Vi skal ikke gå inn på hver av disse aktivitetene her, men trekke fram ett forhold som synes å ha særlig sammenheng med prestasjoner både i Sverige og Norge. Det er tid brukt på betalt jobb, og sammenhengen er vist i figur 8 for Sverige og figur 9 for Norge i form av gjennomsnittlig skår med konfidensintervaller for hver tidskategori. De to diagrammene viser at høyt tidsforbruk henger sammen med en dårligere fysikkskår i begge landene. Men de viser også at inntil én times tidsbruk *ikke* henger sammen med en slik nedgang, det er til og med tegn på det motsatte for norske elevers del. Selv om vi formelt sett ikke kan si at vi her har avslørt en enkel årsak og virkning, er sammenhengen likevel så markert at det kan være grunn til en advarsel.

I denne sammenheng vil vi også framheve at fysikkelevener langt fra framstår som noen skolener. Det de rapporterer, vitner om en gruppe ungdommer med et bredt spekter av interesser. Baksiden av dette er imidlertid at det ikke er mye av deres tid igjen til å gjøre lekser, altså skolearbeid hjemme. Ifølge elevenes egen rapportering bruker norske fysikkelever noe over 1,5 timer per uke til fysikklekser. De svenske elevene bruker omtrent én time per uke. I begge land rapporterer jentene betydelig mer tid til lekser enn guttene. Både de norske og svenske elevene rapporterer også omtrent én time per dag i gjennomsnitt til alt skolearbeid hjemme, altså i alle fag til sammen. Tilsvarende spørsmål til elevene ble stilt også i 1995, og den gangen rapporterte de norske fysikkelevener i gjennomsnitt noe over to timers leksearbeid per dag, og de svenske elevene omtrent to timer per dag. Det er vel naturlig at en halvering av hjemmearbeidet peker seg ut som én av flere mulige årsaker til den kraftige nedgangen i fysikkunnskaper i perioden.

Figur 8 Sammenhengen mellom fysikkskår og elevenes daglige tid brukt på betalt jobb i Sverige. Konfidensintervallene (95 %) for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

Figur 9 Sammenhengen mellom fysikkskår og elevenes daglige tid brukt på betalt jobb i Norge. Konfidensintervallene (95 %) for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

KOMMENTARER OG KONKLUSJONER

I denne artikkelen har vi diskutert noen viktige grunner til den store nedgangen som er målt i fysikktesten i TIMSS Advanced 2008 for Norge og Sverige. Vi har pekt på en klar nedadgående tendens for elever på lavere årstrinn, og med en så svak bakgrunn fra grunnskolen, er det i utgangspunktet naturlig at denne svakheten skal gjøre seg gjeldende også på høyere nivå. Videre synes også størrelsen av denne nedgangen i grunnskolen å være av omtrent samme omfang som den nedgangen vi har registrert i TIMSS Advanced. Følgelig synes det som om tilbakegangen i fysikk-kompetanse i hovedsak *kan* forklares med de betydelig svakere kunnskapene elevene kommer til videregående skole med. Og det gjelder særlig grunnskoleelevenes svekkete kompetansenivå i matematikk. Manglende kunnskaper i grunnleggende aritmetikk og algebra peker seg ut som en viktig årsak til nedgangen i fysikkkunnskaper på videregående skole, slik disse er målt i TIMSS Advanced.

Det er imidlertid tegn til at den markante nedgangen er i ferd med å stoppe opp fra og med elever født rundt 1990, i alle fall for Norges del. TIMSS 2007 for 4. trinn i Norge viser klart "tegn til bedring", og spesielt god er bedringen i matematikk, der framgangen er på hele 22 poeng (Grønmo & Onstad, 2009). Men også i naturfag har det vært en framgang fra 2003 til 2007 på 10 poeng på 4. trinn. På 8. trinn var det imidlertid en fortsatt nedgang i naturfag på 7 poeng, mens det var en framgang på 8 poeng i matematikk. Det er altså noen lyspunkter som må tas i betraktning når det gjelder utsikter for utviklingen de nærmeste årene. Tilsvarende lyspunkter er imidlertid ikke å finne i våre data fra TIMSS Advanced, men det kunne vi ut fra ovenstående resonnement heller ikke forvente. "Vårt" årskull presterte slett ikke bra i TIMSS 2003. I Sverige er det ikke samme tendens til framgang i grunnskolen. Sverige har ikke deltatt i TIMSS på 4. trinn, men på 8. trinn har nedgangen fortsatt. I naturfag var nedgangen fra 2003 til 2007 på 13 poeng, og i matematikk var den 8 poeng.

Hvis vi ser på de store linjene fra 1995 til 2008 i *norsk* skolefysikk, vil vi si at i hovedsak har det vært små endringer. Vi fikk riktignok en ny læreplan i forbindelse med læreplanreformen i 1994 (R94). Læreplanen i fysikk ble implementert i 1998-1999 slik at de norske elevene som var med i TIMSS i 1995 fulgte læreplanen fra før reformen, mens de som var med 2008 var det siste kullet som fulgte læreplanen fra R94. Endringene i læreplanen for fysikk i R94 var imidlertid nesten bare kosmetiske når det gjelder faglig innhold. Videre vil vi si at det i grove trekk er de "samme" lærerne, og at de er godt utdannet og har lang erfaring som fysikklærere. Det er også de "samme" elevene i den forstand at det er omtrent et like stort utvalg av årskullet (litt mindre) som tok 3FY i 2008 som i 1995. Disse elevene gjør det gjennomgående godt i alle skolefag, og de er i stor grad fornøyd med fysikkfaget, selv om de oppfatter det som både vanskelig og arbeidskrevende (Angell, Henriksen, & Isnes, 2003; Lie & Angell, 1990). Det er, så vidt vi kan se, ingenting som tyder på at elevutvalget som tar 3FY, har endret seg vesentlig fra 1995 til 2008 i så måte. Dette støttes også av Utdanningsdirektoratet (2010) som påpeker at 3MX- og 3FY-elevene hadde mye bedre karakterer i norsk hovedmål og sidemål, både i standpunkt og til eksamen, enn de øvrige elevene som gikk ut av videregående skole på studieforberedende program i 2008. For eksempel var gjennomsnittskarakteren til eksamen i norsk hovedmål 3,2 for alle elever, mens den var 3,8 for 3FY-elevene. Med andre ord, når det gjelder faget selv, lærerne og elevutvalget, er det vanskelig å peke på noen faktorer som skulle kunne forklare en så kraftig nedgang i prestasjoner som TIMSS Advanced viser.

I Sverige er det litt annerledes. I 1995 hadde de et sammenholdt kurs i fysikk med tilhørende obligatorisk matematikk. Dette var i 2008 delt opp i flere kurs (også matematikk) med avsluttende prøver lenge før gjennomføringen av TIMSS Advanced. En kan derfor si at de svenske elevene i 1995 var bedre forberedt til TIMSS-testen enn elevene var i 2008.

Når det gjelder fysikkfaget, er det imidlertid ikke så lett å forstå at litt svake kunnskaper i naturfag i grunnskolen kan bety så mye for læring i fysikk. På mange måter utgjør fysikkfaget på videregående skole (og den svenske gymnasieskolan) et toårig kurs som i stor grad bygges opp fra grunnen

som et konsistent kunnskapsområde med begreper, definisjoner og fysiske lover. Og dette området framstår med en felles epistemologisk status for hvordan disse begrepene og lovene er framkommet og hvilken status de har. Manglende grunnlag når det gjelder blomster og dyr, stjerner og planeter, berggrunn og breer, ja til og med syrer og baser, synes ikke nødvendigvis å være mye til hinder for god læring i fysikk.

I boka "Fysikk i fritt fall?" (Lie, et al., 2010) har vi pekt på at det foregår mye av det vi vil kalle tradisjonell fysikkundervisning, altså at læreren i stor grad gjennomgår stoff for hele klassen, og at elevene jobber med oppgaver under veiledning av læreren. Vi har også vist at det å jobbe hver for seg med oppgaver og det at lekser blir gjennomgått, har positiv sammenheng med prestasjoner. Men det vi også har vist, er at disse elevene hadde et svakere grunnlag fra grunnskolen enn fysikkelevne hadde i 1995. Vi kan derfor forestille oss at disse elevene nødvendigvis trenger mye individuell trening for å mestre den regningen og algebraen som er nødvendig for å løse tradisjonelle fysikkoppgaver. Slik grundig trening fikk mange elever tidligere gjennom matematikkundervisningen både i grunnskolen og i videregående skole. Men dette har også en annen side. Vi tror at den (kanskje) helt nødvendige fokuseringen på individuell trening på grunn av svakt grunnlag, kan ha tatt tid fra mer fordypning i fysikkfagets mange aspekter. Vi tenker her på mer tid til kvalitativ drøfting av fenomener, tid til å sette faget inn i en historisk, samfunnsmessig og til og med filosofisk sammenheng. FUN-undersøkelsen (Angell, et al., 2003) viste at elever ønsket seg mer av det som ble kalt kvalitativ fysikk (fysikk uten bruk av matematikk). Det er ikke bare regnetrening som skal til for å lære og forstå fysikk. Det er også viktig "å kunne snakke fysikk" som et ledd i forståelse av fysiske fenomener og begreper (Engdag, Gustafsson, & Jonsson, 2007; Mortimer & Scott, 2003). Vi tror det er viktig at en i undervisningen framhever både kvantitative og kvalitative aspekter som grunnlag for god forståelse i fysikk.

TIMSS Advanced gir, som nevnt, et utvetydig bilde av en nedgang i norske og svenske elevers kompetanse i fysikk i perioden fra 1995 til 2008. Det synes som denne nedgangen i noen grad kan knyttes til læreplanendringer i Sverige, men i liten grad i Norge. Det svake matematiske og naturfaglige grunnlaget elevene kommer til fysikkfaget med både i Norge og Sverige, betyr imidlertid mye. Som vi har påvist, takler norske og svenske elever i liten grad kvantitativ behandling av grunnleggende fysiske begreper. Og det er alvorlig, i og med at den kvantitative forståelsen av fysikkbegreper er (sammen med kvalitativ forståelse) helt sentral for elevenes utvikling av kompetanse i fysikk.

REFERANSER

- Angell, C. (1996). *Elevers fysikkforståelse. En studie basert på utvalgte fysikkoppgaver i TIMSS*. Unpublished Dr.scient thesis, Universitetet i Oslo, Oslo.
- Angell, C., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2003). "Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av!". Fysikkfaget i norsk utdanning: Innhold - oppfatninger - valg. In D. Jorde & B. Bungum (Eds.), *Naturfagdidaktikk. Perspektiver Forskning Utvikling*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Angell, C., Kjærnsli, M., & Lie, S. (1999). *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* Oslo: Universitetsforlaget.
- Angell, C., Kjærnsli, M., & Lie, S. (2000). Exploring students' responses on free-response science items in TIMSS. In D. Shorrocks-Taylor & E. W. Jenkins (Eds.), *Learning from others. International comparisons in education* (pp. 159 - 188). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Arora, A., Foy, P., Martin, M. O., & Mullis, I. V. S. (2009). *TIMSS Advanced 2008. Technical Report*. Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center. Boston College.
- Bagno, E., Berger, H., & Eylon, B. S. (2008). Meeting the challenge of students' understanding of formulae in high-school physics: a learning tool. *Physics Education*, 43(1), 75-82.

- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A., & Kelly, D. L. (1996). *Science Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: TIMSS International Study Center. Boston College.
- Dolin, J. (2002). *Fysikfaget i forandring. ("School physics in a process of change")*. Roskilde University, Denmark Roskilde
- Enghag, M., Gustafsson, P., & Jonsson, G. (2007). From Everyday Life Experiences to Physics. Understanding Occurring in Small Group Work with Context Rich Problems During Introductory Physics Work at University. *Research in Science Education*, 37, 449-467.
- Garden, R. A., Lie, S., Robitaille, D. F., Angell, C., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., et al. (2006). TIMSS Advanced 2008. Assessment Framework Available from http://timss.bc.edu/PDF/TIMSS_Advanced_AF.pdf
- Grønmo, L. S., & Onstad, T. (2009). *Tegn til bedring. Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2007*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S., Onstad, T., & Pedersen, I. F. (2010). *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole*. Oslo: Unipub.
- Guttersrud, Ø. (2008). *Mathematical Modelling in Upper Secondary Physics Education. Defining, Assessing and Improving Physics Students' Mathematical Modelling Competency*. Unpublished Ph.D thesis, University of Oslo, Department of Physics, Oslo.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440 - 454.
- Hewitt, P. G. (2006). *Conceptual Physics* (10th ed.). San Francisco: Pearson/Addison Wesley.
- Hægeland, T., & Kirkeboen, L. J. (2006). Skoleresultater 2006. En kartlegging av karakterer fra grunn- og videregående skoler i Norge. Statistisk sentralbyrå. Retrieved 24.09.2010, 2010, from http://www.ssb.no/emner/04/02/notat_200729/notat_200729.pdf
- Kelly, D. L. (1999). *Interpreting the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) achievement scales using scale anchoring*. Boston College, Boston.
- Lie, S., & Angell, A. (1990). *Fysikk i videregående skole: Hvem velger faget, og hvorfor?* Oslo: Universitetet i Oslo.
- Lie, S., Angell, A., & Rohatgi, A. (2010). *Fysikk i fritt fall?* Oslo: Unipub.
- Lie, S., Taylor, A., & Harmon, M. (1996). Scoring Techniques and Criteria. In M. O. Martin & D. Kelly (Eds.), *Third International Mathematics and Science Study, Technical Report, Volume 1 Design and Development*: Boston College.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: a User's manual*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Maidenhead - Philadelphia: Open University Press.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Beaton, A. E., Gonzalez, E. J., Kelly, D., & Smith, T. A. (1998). *Mathematics and Science Achievement in the Final Year of Secondary School. IEA's third international mathematics and science study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: Center for the study of testing, evaluation, and educational policy, Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Robitaille, D. F., & Foy, P. (2009). *TIMSS Advanced 2008. International Report. Findings from IEA's Study of Achievement in Advanced Mathematics and Physics in the Final Year of Secondary School*. Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center. Boston College.
- Rasch-Halvorsen, A., & Johnsbråten, H. (2007). *Norsk matematikkråds undersøkelse høsten 2007*. Notodden: Høgskolen i Telemark.
- Skolverket. (1998). *TIMSS. Kunnskaper i matematikk och naturvetenskap hos svenska elever i gymnasieskolans avgångsklasser*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2009). *TIMSS Advanced 2008. Svenska gymnasieelevers kunnskaper i avancerad matematik och fysik i ett internationellt perspektiv*. Retrieved 01.04, 2010, from <http://www.skolverket.se/publikationer?id=2291>

- Skolverket. (2010). Svenska elevers kunskaper i TIMSS Advanced 2008 och 1995. En djupanalys av hur eleverna i gymnasieskolan förstår centrala begrepp inom fysiken. Retrieved 17.03, 2010, from <http://www.skolverket.se/>
- Taber, K. S. (2006). Conceptual integration: a demarcation criterion for science education? *Physics Education*, 41(4), 286-287.
- TIMSSQuestionnaires. (2009). TIMSS Advanced 2008 Contextual Questionnaires. Retrieved 26.04, 2010, from http://timss.bc.edu/timss_advanced/context.html
- Utdanningsdirektoratet. (2010). *Personlig korrespondanse*.