

# **Fysikk i fritt fall?**

**TIMSS Advanced 2008 i videregående skole**

**Svein Lie, Carl Angell & Anubha Rohatgi**

Unipub 2010

©Unipub 2010

ISBN 978-82-7477-468-1

Henvendelser om denne boka rettes til:

T: 22 85 33 00

F: 22 85 30 39

E-post: [post@unipub.no](mailto:post@unipub.no)

[www.unipub.no](http://www.unipub.no)

Omslagsdesign og sats: Unipub

Trykk og innbinding: 07 Gruppen AS

Det må ikke kopieres fra denne boka i strid med åndsverkloven eller med andre avtaler om kopiering inngått med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

## Forord

Denne boka handler om det vi kan kalle «fysikkspesialister» (3FY-elever) i norsk skole. Den presenterer norske perspektiver og resultater fra den internasjonale undersøkelsen TIMSS Advanced 2008. Undersøkelsen dreide seg også om matematikkfaget, og det kommer en tilsvarende bok fra den delen av prosjektet. TIMSS Advanced er gjennomført i regi av organisasjonen IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) med deltakere fra ti land, hvorav ni deltok på fysikkdelen. Målet for prosjektet har vært å beskrive elevers fagkompetanse på tvers av og innen land, samt å beskrive sammenhengen mellom elevenes kompetanse og ulike bakgrunnsfaktorer. Kompetansen er målt ved hjelp av faglige tester, mens faktorer som hjemmebakgrunn, holdninger og trekk ved undervisningen er kartlagt ved spørreskjemaer til elever samt deres lærere og skoleledere.

En viktig begrunnelse for norsk deltakelse i TIMSS Advanced 2008 var å kunne sammenlikne med resultatene fra en tilsvarende undersøkelse i 1995. Mange faglige oppgaver derfra var i mellomtiden holdt hemmelig, og det har gjort det mulig med høy kvalitet å måle elevenes kompetanse i 2008 langs samme skala som for 1995-undersøkelsen. En kraftig nedgang for vårt lands vedkommende har gitt opphav til bokas tittel, og bakgrunnen for denne nedgangen blir grundig diskutert. Men også mange andre sider ved norsk skolefysikk blir belyst, slik som sterke og svake faglige sider, kjønnsforskjeller og andre forskjeller mellom elever, kjennetegn ved fysikklærere og fysikkundervisning i vårt land, samt hva som synes å kjennetegne elever og skoler som skårer høyt.

TIMSS-gruppen ved Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling (ILS), Universitetet i Oslo, knyttet til IEA-studiene tok i 2005 et initiativ overfor ledelsen i IEA med sikte på å ha en ny studie av elever i slutten av den videregående skolen. Dette initiativet ble støttet av Utdanningsdirektoratet ved Anne

Berit Kavli som norsk representant i IEA General Assembly. Norske myndigheter har også gitt betydelig økonomisk støtte til internasjonal planlegging og gjennomføring av studien. Den norske deltakelsen i TIMSS Advanced har vært finansiert av Utdanningsdirektoratet og utført i regi av ILS, nærmere bestemt ved forskningsgruppen EKVA i samarbeid med Fysisk institutt.

Liv Sissel Grønmo har vært nasjonal prosjektleder for TIMSS Advanced med spesielt ansvar for matematikkdelen av prosjektet. Svein Lie har vært internasjonal koordinator i fysikk og også nasjonalt ansvarlig for fysikkdelen. Forfatterne har som norsk fysikk-gruppe i TIMSS Advanced spilt en sentral rolle internasjonalt i utviklingen av rammeverk og instrumenter.

Vår nærmeste samarbeidspartner i Utdanningsdirektoratet har vært Grethe Hovland, og vi takker både henne og Anne Berit Kavli for et spennende oppdrag og godt samarbeid. Vi vil ellers rette en takk til våre faglige miljøer, spesielt til Rolf Vegar Olsen for gjennomlesing og mange gode faglige råd, og til Ole Magnus Skretting for mye arbeid med den praktiske gjennomføringen. Vi vil også takke forlagets språklige og faglige konsulenter for grundig arbeid. Til slutt vil vi takke alle elevene, lærerne og rektorene som deltok i undersøkelsen.

Oslo, januar 2010  
Forfatterne

# Innhold

1 Innledning .....	9
1.1 Hva er TIMSS Advanced, og hvem deltok? .....	9
1.2 Organisering internasjonalt og nasjonalt .....	11
1.3 Mål og sentrale problemstillinger .....	12
1.4 Populasjon og utvalg .....	14
1.5 Fysikkelevne i Norge og referanselandene.....	16
1.6 Oppsummering av resultater fra 1995.....	17
2 Rammeverk og læreplaner .....	21
2.1 «TIMSS Advanced 2008 Assesment frameworks» .....	21
2.2 De(n) norske læreplanen(e) i fysikk .....	27
2.3 Læreplaner i andre land .....	29
2.4 Nye læreplaner med Kunnskapsløftet 2006.....	31
3 Design, instrumenter og gjennomføring .....	35
3.1 Design og instrumenter .....	35
3.2 Gjennomføring og etterbehandling.....	41
3.3 Kvalitetssikring og -kontroll.....	44
4 Hovedresultater i fysikk .....	47
4.1 Internasjonale sammenlikninger av prestasjoner.....	47
4.2 Fordeling etter kompetansenivåer.....	51
4.3 Sammenlikninger med TIMSS-undersøkelsen i 1995 .....	55
4.4 Kjønnforskjeller i fysikkprestasjoner.....	59
4.5 Andre forskjeller mellom elever.....	64

<b>5 Resultater etter kategorier</b> .....	65
5.1 Prestasjoner etter faglige emner .....	65
5.2 Resultater etter kognitive kategorier.....	69
5.3 Kjønnforskjeller .....	70
<b>6 Enkeltoppgaver</b> .....	75
6.1 Innledning .....	75
6.2 Fysikkoppgavene i TIMSS Advanced.....	76
6.3 Mekanikk.....	78
6.4 Elektrisitet og magnetisme.....	94
6.5 Varme og temperatur .....	109
6.6 Atom- og kjernefysikk.....	117
<b>7 Sammenheng med bakgrunnsfaktorer</b> .....	125
7.1 Elevenes hjemmeforhold.....	125
7.2 Elevenes tidsbruk utenom skolen.....	133
7.3 Noen sammenlikninger med 1995 og med andre land.....	136
<b>8 Fysikkundervisningen</b> .....	139
8.1 Fagdidaktisk bakgrunn: Et teoretisk perspektiv .....	139
8.2 Hva foregår i klasserommet?.....	145
<b>9 Utdanningsplaner og grunner for valg av fysikk</b> .....	165
9.1 Utdanningsplaner .....	165
9.2 Grunner for valg av fysikk .....	168
<b>10 Informasjon fra skole spørreskjema</b> .....	173
10.1 Innledning .....	173
10.2 Pedagogisk klima .....	174
10.3 Rekruttering av fysikkelever og fysikklærere .....	177
10.4 Forhold som «hemmer» undervisningen.....	178
10.5 Vurdering av fysikklærere .....	180
10.6 Rektorrollen.....	181
<b>11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?</b> .....	183
11.1 Fordeling av varians mellom og innen skoler og klasser .....	183
11.2 Hva kan forklare forskjeller i prestasjoner mellom elever? .....	184
11.3 Hva kjennetegner skoler som skårer høyt? .....	192

12 Oppsummering og diskusjon.....	197
12.1 Oppsummering av funn.....	197
12.2 Noen funn i matematikkdelen av TIMSS Advanced 2008 .....	202
12.3 Diskusjon.....	203
Litteratur.....	219
Vedlegg: Forklaringer på noen metodiske og statistiske begreper .....	225





# 1 Innledning

## 1.1 Hva er TIMSS Advanced, og hvem deltok?

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 videregående skole. Konkret dreier det seg om elever i det siste året i videregående skole som studerer fysikk og/eller matematikk på høyt (høyeste) nivå. Formelt kalles de to fagområdene henholdsvis «Advanced Mathematics» og «Physics», og denne noe inkonsekvente terminologien skyldes at det i de fleste land er flere ulike tilbud av kurs i matematikk enn i fysikk. TIMSS Advanced retter seg mot elever som det siste året i videregående skole (*upper secondary school*) framstår som «spesialister» i matematikk eller fysikk. I vårt land dreide det seg våren 2008 om elever som tok henholdsvis 3MX og 3FY. Disse elevene har fulgt undervisning etter Reform 94. Studien er en oppfølging av en tilsvarende TIMSS-undersøkelse som ble gjennomført i 1995, og resultatene herfra ble rapportert av Angell, Kjærnsli & Lie (1999). Inneværende bok handler om fysikkdelen av undersøkelsen i 2008, mens det blir utgitt en egen bok om matematikkdelen (Grønmo, Onstad & Pedersen, 2010).

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Tabell 1.1 Deltakerland i TIMSS Advanced 2008 med noen sentrale data om fysikkelevne

Land	Deltok også i 1995	Physics Coverage Index (PCI)	Antall år i skolen	Gj.snittlig alder i år (med desimaler)	Andel jenter
Armenia		4,3 %	11	17,7	53 %
Iran		6,6 %	12	18,0	44 %
Italia	X (bare i matematikk)	3,8 %	13	18,9	40 %
Libanon		5,9 %	12	17,9	29 %
Nederland		3,4 %	12	18,1	19 %
Norge	X *	6,8 %	12	18,8	29 %
Russland	X	2,6 %	11	17,1	45 %
Slovenia	X	7,5 %	12	18,7	27 %
Sverige	X	11,0 %	12	18,8	35 %

\* Norge deltok formelt ikke i matematikk, men vi gjennomførte i 1998 på egen hånd en tilsvarende undersøkelse her i landet, der nøyaktig de samme instrumentene ble brukt.

Tabell 1.1 viser deltakerlandene i TIMSS Advanced. I kolonne 2 er det angitt hvilke land som også deltok i TIMSS Advanced 1995. Som det framgår av tabellen, var det i alt ni deltakerland som deltok i fysikkdelen. Deltakerlandene er forskjellige når det gjelder alder og andel av årskullet (PCI). Det varierer derfor sterkt i hvor stor grad sammenlikninger med deres resultater er av interesse i vår sammenheng. Særlig aksentuert blir dette når vi tar hensyn til *hvilke* elever i hvert land som ble ansett å representere «spesialistene» i landet. Avhengig av skolesystemet og tilgjengelige fysikkurs ble populasjonen i hvert land bestemt som elever i siste år som tok et bestemt (eller flere bestemte) kurs, i vårt land gjaldt det som nevnt 3FY. Siden dette innebærer ulik grad av spesialisering i hvert land, er det viktig å merke seg den såkalte TIMSS Advanced Physics Coverage Index, i denne boka kalt PCI, se kolonne 3. Den forteller hvor stor del av den aktuelle alderskohorten som faktisk hører med i populasjonen, med andre ord hvor stor prosentandel fysikkspesialistene (4181) utgjør av årskullet født i 1989 (61093, 92 % av elevene var født i 1989, de få resterende stort sett i 1988).

Tabell 1.1 inneholder også data om de deltakende elevene, deres antall år i skolen samt deres alder. Her er det viktig å merke seg at tallene gjelder for våren 2008. For Norges vedkommende gikk elevene i det vi kan kalle

«13. trinn», men her må vi ta hensyn til at elevene gikk i sitt 12. skoleår fordi de gikk direkte fra 1. til 3. trinn i 1997 på grunn av reformen som begynte det året. Dette var siste kull som i forhold til læreplan har vært helt uberørt av Kunnskapsløftet (se 2.2.1). Lengst til høyre i tabellen er det angitt hvor stor prosentdel av elevene som var jenter.

I denne boka vil vi i noen sammenhenger gi resultater for alle deltakerlandene, men i de fleste tilfellene vil vi heller gi en mer detaljert sammenlikning med tre utvalgte referanseland. To av dem, Sverige og Nederland, er av naturlige grunner av størst faglig og skolepolitisk interesse. Men som det framgår av tabell 1.1, har Slovenia en elevgruppe som både i alder og ved sin PCI likner mest på Norge, og det gjør det interessant å sammenlikne også med dette landet. (Data fra dette landet må tas med et betydelig forbehold fordi deltakerprosenten blant uttrukne skoler og elever ikke tilfredstilte de offiselle kravene.) Til sammen kan disse tre landene utgjøre en internasjonal bakgrunn for å fortolke de norske resultatene. Men det er viktig å merke seg at nederlandske elever er over et halvt år yngre enn de norske elevene. På den annen side representerer de nederlandske elevene med betydelig lavere PCI en mer spesialisert elevgruppe enn våre elever. Svenske elever framstår tydelig som den bredeste elevgruppen, siden de som eneste land har en PCI på over 10 %.

Men den viktigste målestokken for resultatene er de tilsvarende resultatene fra 1995. Endringer i de norske resultatene, i både faglige prestasjoner, holdninger og andre forhold, vil spille den viktigste rollen i denne boka. Alle slike endringer vil bli diskutert i lys av de endringene i læreplaner og andre premisser som har skjedd i mellomtiden. Disse endringene blir det gjort detaljert greie for i kapittel 2. For å se resultatene i en større sammenheng vil vi i diskusjonen også trekke inn resultater fra andre internasjonale undersøkelser av elevenes kompetanse i realfagene, nærmere bestemt TIMSS-undersøkelsene i 1995, 2003 og 2007 og PISA-undersøkelsene i 2000, 2003 og 2006.

## 1.2 Organisering internasjonalt og nasjonalt

TIMSS Advanced-undersøkelsen ble som nevnt gjennomført i regi av en internasjonal organisasjon for utdanningsforskning, International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). Ideen bak opprettelsen av organisasjonen var et ønske om «verden som et pedagogisk forskningslaboratorium», og den ble dannet i forbindelse med den første studien, FIMS

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

(First International Mathematics Study) (Husén, 1967). Etter matematikkstudien ble det i løpet av en periode på 6–7 år gjennomført liknende studier i seks fag, blant annet naturfag, FISS (First International Science Study) (Comber & Keeves, 1973).

I begynnelsen av 1980-årene ble det gjennomført en stor internasjonal studie av naturfagene i skolen i regi av IEA, SISS (Second International Science Study), der Norge deltok (Sjøberg, 1986). I 1995 ble TIMSS gjennomført som en kombinert studie i matematikk og naturfag, og spesielt inneholdt den en egen undersøkelse av «spesialister» i matematikk og fysikk på videregående skole, se tabell 1.1 (Angell et al., 1999). For Norges vedkommende var resultatet for fysikkdelen bemerkelsesverdig. Norske elever skåret aller høyest, selv om Sverige skåret nesten like høyt med et bredere elevgrunnlag.

Siden 1995 har TIMSS-studien for grunnskolen blitt gjentatt i 1999, 2003 og 2007, de to siste gangene med norsk deltakelse. Et viktig poeng ved disse gjentatte undersøkelsene har vært å lage pålitelige trend-data for elevprestasjoner på dette nivået. TIMSS Advanced 2008 utgjør en parallell til dette ved å repetere undersøkelsen for «spesialistene» i 1995.

Det internasjonale senteret for TIMSS Advanced har vært ved Boston College (TIMSS and PIRLS International Center) i USA og har blitt ledet av Ina V.S. Mullis og Michael O. Martin. I hvert land har det vært et nasjonalt senter som har hatt ansvar for all tilrettelegging og gjennomføring i sitt eget land. I Norge er dette lagt til Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling (ILS) ved Universitetet i Oslo med Liv Sissel Grønmo som prosjektleder og ansvarlig for matematikkdelen. Svein Lie har vært faglig ansvarlig internasjonalt for fysikkundersøkelsen (International Physics Coordinator) og har også vært ansvarlig for fysikkdelen av studien i vårt land.

### 1.3 Mål og sentrale problemstillinger

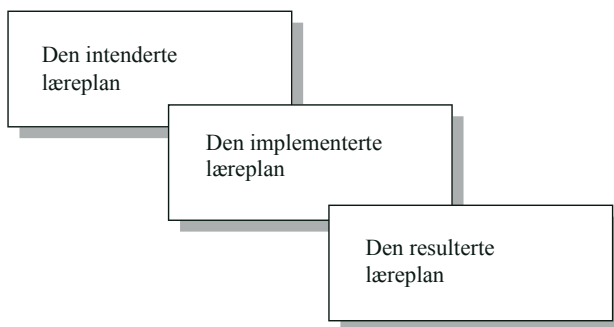
Prosjektets mål og perspektiver er beskrevet i et eget rammeverk (Garden et al., 2006). Målet kan kort sies å være å beskrive de ulike aspektene av «curriculum» i (matematikk og) fysikk for spesialistene i videregående skole. Sentralt står sammenlikning mellom elevgrupper og de ulike landene samt sammenlikning med tidligere resultater innen de forskjellige fagområdene. På den måten prøver man å komme fram til hvilke faktorer som synes å fremme læring best. I prosjektet er det data på følgende tre «nivåer»:

Det første nivået gjelder systemet, slik det legges til rette av myndighetene og samfunnet. Med «curriculum» mener vi på dette nivået det som står i læreplanene. TIMSS Advanced forutsetter omfattende studier av slike dokumenter. Vi snakker her om den intenderte læreplan, *intended curriculum*, i hvert land, slik denne kommer til syne i de konkrete nasjonale læreplanene. I tillegg er også systemets rammefaktorer kartlagt, eksempelvis strukturen i skolesystemet og elevenes muligheter for valg av skole og fag. All informasjon om systemnivået er gitt fra de nasjonale prosjektsentrene.

Neste nivå er skolen og klasserommet. Dette nivået handler om skole- og klassemiljø i tillegg til selve undervisningen i klassen. Hvordan blir den intenderte læreplanen satt ut i livet, og hvem er lærerne? Vi snakker her om den implementerte læreplan, *implemented curriculum*. Faktorer som blir analysert på dette nivået, er klassemiljø og hva som skjer faglig i timene, men relevant informasjon er også hva elevene gjør i fritiden, og hvor mye tid de bruker på hjemmearbeid. Informasjon er hentet fra spørreskjema til rektorer, fysikklærere og elevene selv.

Det tredje og siste nivået gjelder elevenes læringsresultater: Hva er oppnådd i form av kunnskaper og holdninger? Det kaller vi den resulterte læreplan, eller *attained curriculum*. Prosjektet har som mål å beskrive og sammenlikne elevprestasjoner både nasjonalt og internasjonalt og forsøke å forklare og forstå forskjeller i prestasjoner ut fra elevenes bakgrunn og holdninger. For å belyse dette har elevene svart på et spørreskjema og på en test med fysikkoppgaver.

Figur 1.1 illustrerer de tre nivåene av «læreplanen».



Figur 1.1 De tre nivåene av «læreplanen»

## 1.4 Populasjon og utvalg

### 1.4.1 Utvalg som representant for populasjonen

I en undersøkelse som TIMSS Advanced deltar et *utvalg* av elever fra hvert land i undersøkelsen, der de deltakende elevene er trukket ut fra en *populasjon*, i vårt tilfelle alle elever som tok kurset 3FY i Norge våren 2008. Elevene i utvalget representerer hele populasjonen, og de er trukket ut på en slik måte at alle elevene i populasjonen har en viss kjent sannsynlighet for å bli utvalgt. Denne sannsynligheten er ikke nødvendigvis den samme for alle, men ved beregninger må elevene tillegges ulik vekt for å oppnå en god representativitet.

Det er i utgangspunktet ikke spesielt interessant å vite resultatene for elevene i utvalget, poenget ligger i hva de kan fortelle om situasjonen for hele populasjonen. I den sammenheng er det viktig å finne ut i hvilken grad vi kan si at resultatene for utvalget også gjelder *for hele populasjonen*, altså for landet som helhet. I den forbindelse står begrepet *signifikans* sentralt (se vedlegg), noe vi stadig vil kommentere i tilknytning til sammenlikning mellom resultater for elevgrupper mellom og innen land.

### 1.4.2 Utvalg og deltakelse blant norske skoler, elever og lærere

Det endelige utvalget av skoler i vårt land ble laget gjennom et samarbeid mellom den norske prosjektgruppen og TIMSS Advanced sentralt (representert ved Statistics Canada). For å kunne trekke ut skolene som skulle delta i 3FY, måtte vi finne ut hvor mange som tok 3FY det året, og hvordan disse fordelte seg på ulike skoler. Slik oppdatert statistikk fantes ikke sentralt tilgjengelig på dette tidspunktet. Vi måtte derfor henvende oss direkte til alle videregående skoler i landet med allmennfaglig studieretning og be om tilbakemelding om antall 3FY-elever. For å få et tilstrekkelig høyt antall elever (for å få lav nok usikkerhet ved generalisering til hele populasjonen) ble alle aktuelle videregående skoler i landet invitert til å delta i TIMSS Advanced. Skolene ble tilfeldig fordelt på en slik måte at det var omtrent like mange som skulle delta i fysikk- som i matematikkundersøkelsen. På den måten var det ingen skoler eller elever som måtte delta i mer enn én av de to undersøkelsene.

I Norge ble alle skoler som hadde 3MX eller 3FY, invitert til å delta i enten matematikk eller fysikk, totalt 120 skoler i matematikk og 120 skoler i fysikk. Av de 120 skolene var det 101 som svarte positivt og gjennomførte fysikkundersøkelsen.

Skolene som takket nei, grunnga det i de fleste tilfellene med at det ikke passet med tiden, eller at de var for opptatt med spesielle ting. To skoler hadde ikke lenger aktuelle elever på grunn av omorganisering. Hvis vi ikke regner med disse to skolene, var deltakerprosenten blant skoler 86 %. Alle fysikkelevne på deltakerskolene ble bedt om å gjennomføre undersøkelsen. På de aller fleste skolene var det bare én fysikkgruppe, tjue skoler hadde to grupper, og på fire skoler var det hele tre grupper.

På elevnivå var det på de deltakende fysikkgruppene til sammen 1935 elever, 17 av disse var ikke lenger registeret som elever på det tidspunktet testen ble gjennomført. Det var internasjonale kriterier for hvilke elever som kunne ekskluderes. Blant de uttrukne elevene var dette svært få, både i Norge og i de andre landene. ( I Norge gjaldt dette bare én elev.) Det gjaldt enten fremmedspråklige elever som ikke kunne tilstrekkelig norsk til å lese teksten, eller elever med ulike fysiske handikap som gjorde gjennomføringen urimelig krevende.

Av de 1917 aktuelle elevene var det i alt 1642 (86 %) som faktisk deltok i undersøkelsen. Mye ble gjort fra vår side for å komme opp i tilstrekkelig høy deltakerprosent blant skolene, blant annet hadde vi telefonkontakt med samtlige skoler. Vår kontaktperson på hver enkelt skole ( gjerne rektor eller en fysikklærer) organiserte gjennomføringen (se om dette i kapittel 3), og godt arbeid på de aller fleste skolene gjorde at deltakerprosenten av elevene ble høy. På 14 skoler, der opprinnelig deltakerprosent blant elevene var lav, ble det senere gjennomført en såkalt *make-up session* for de elevene som var fraværende på den opprinnelige gjennomføringen.

I tillegg til elevene besvarte ledelsen på skolene et skolespørreskjema (skjemaet ble besvart av rektor på 99 av i alt 101 skoler), og i alt 129 fysikklærere til de deltakende elevene svarte på et eget lærerspørreskjema (skjemaet ble besvart av alle de aktuelle lærerne).

Alt i alt kan vi konkludere med at de strenge kravene til utvelging og deltakelse av skoler og elever angående representativitet ble oppfylt på alle punkter gjennom den aktuelle prosedyren. De innsamlete data framstår derfor som et meget godt grunnlag for pålitelige og omfattende analyser, og resultatene fra disse blir det gjort rede for i senere kapitler.

## 1.5 Fysikkelevne i Norge og referanselandene

Som en bakgrunn for sammenlikning av resultater mellom norske elever og elever fra de utvalgte referanselandene summerer vi her opp noen få kjennetegn ved de nasjonale skolesystemene og hva disse forteller om disse elevenes skolegang.

**Norge** kjennetegnes *i dag* ved å ha en felles tiårig grunnskole etterfulgt av en treårig videregående skole med et studieforbereende studieprogram der fysikkforydning er aktuelt. Elevene som deltok i TIMSS Advanced i 2008, var imidlertid de siste elevene som fulgte den forrige læreplanen. Elevene gikk ni år i grunnskolen og var våren 2008 i sitt tolvte skoleår. De begynte høsten 1996 som sjuåringer i første klasse og «hoppet over» 2. trinn og begynte på 3. trinn høsten 1997 i forbindelse med innføringen av L97. Det er viktig å peke på at de norske resultatene ikke kan ses i sammenheng med Kunnskapsløftet, som altså de aktuelle elevene ikke ble berørt av. De norske TIMSS Advanced-elevne var i sitt andre år med fysikkundervisning. Vi ser da bort fra den lille delen fysikk i naturfag på grunnkurset (som det het før Kunnskapsløftet). Det var skriftlig eksamen i 3FY som elevene hadde en stor sannsynlighet for å bli trukket ut til. De aller fleste av fysikkelevne tok samtidig full forydning i matematikk (3MX).

**Sverige** deltok med elever i sitt tolvte skoleår som på mange måter har samme bakgrunn som de norske, men de representerer en noe større del av ungdomskullet. Etter ni års felles grunnskole har elevene blant flere treårige studieprogrammer valgt Programmet för naturvetenskap og/eller Teknikprogrammet.

Fysikkelevne i **Slovenia** gikk også i sitt tolvte skoleår, som er fjerde året på «gymnaset» etter å ha gått i felles åtteårig grunnskole. Både som utvalg av ungdomskullet og når det gjelder alder, er fysikkelevne i landet like de norske.

**Nederland** har fysikkelever som er mer spesialisert enn elevene i de andre landene, men de er på den annen side betydelig yngre. Som i Slovenia har de gått i en åtteårig felles grunnskole. Etterpå har de valgt et fireårig akademisk program, og innenfor dette programmet har elevene valgt fysikk forydning.



## 1.6 Oppsummering av resultater fra 1995

### 1.6.1 Noen internasjonale resultater fra 1995

Det ble gitt ut en internasjonal hovedrapport for fysikk- og matematikkspecialistene i TIMSS 1995 (Mullis et al., 1998). I Norge ble boka *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* (Angell et al., 1999) utgitt, og den inneholdt en detaljert beskrivelse av resultatene sett i en nasjonal og internasjonal sammenheng. For å kunne se de nye resultatene våre i sammenheng med resultatene fra 1995 har vi i det følgende tatt med en oppsummering av funn hentet fra kapitlene 6 og 8 i boka fra 1999.

Tabell 1.2 Noen data for deltakerlandene i fysikk i 1995

Land	Gj.snitt skår	Andel i % av årskullet	Gj.snitt alder
Norge	581	8	19,0
Sverige	573	16	18,9
Russland	545	2	16,9
Danmark*	534	3	19,1
Tyskland	522	8	19,1
Australia*	518	13	17,7
Kypros	494	9	17,7
Latvia	488	3	18,0
Sveits	488	14	19,5
Hellas	486	10	17,7
Canada	485	14	18,6
Frankrike	466	20	18,2
Tsjekia	451	11	18,1
Østerrike*	435	33	19,1
USA*	423	14	18,0
Internasjonalt gjennomsnitt	500	14	18,4

\* Land der resultatene er beheftet med stor usikkerhet pga. utvalget av elever

Det deltok i alt 16 land i fysikkundersøkelsen i 1995: Australia, Canada, Danmark, Frankrike, Hellas, Kypros, Latvia, Norge, Russland, Slovenia, Sveits, Sverige, Tsjekia, Tyskland, USA og Østerrike. Tabell 1.2 viser noen data for deltakerlandene: Tabellen er sortert etter gjennomsnittlig skår og viser i tillegg andel av årskullet (PCI) og gjennomsnittlig alder. Tallene for noen land er noe mer usikre enn de andre på grunn av at ett eller flere av de tekniske kriteriene ved gjennomføringen av testen ikke var oppfylt. Disse

landene er i tabellen merket med \*. På grunn av spesielt stor usikkerhet ved utvalget av elever i Slovenia har vi valgt å utelate dette landet i tabellen.

### 1.6.2 Oppsummering av flere resultater fra 1995

Her vil vi summere opp de viktigste aktuelle funnene, slik de ble oppsummert av Angell et al. (1999):

- Blant fysikkspesialistene skåret norske elever (3FY) helt på topp internasjonalt. Men dette gode resultatet gjaldt bare for 8 % av årskullet, en prosentandel som var høyere i de fleste andre landene. Også svenske og danske fysikkelever markerte seg blant de beste internasjonalt.
- Norske elever skåret best på alle fysikkemnene bortsett fra elektromagnetisme. Varmelære var det emnet norske elever skåret forholdsvis dårligst på, men altså likevel best.
- Norske elever presterte bedre, ofte mye bedre, enn det internasjonale gjennomsnittet på nesten hver eneste fysikkoppgave. Når det gjaldt oppgaveformatet, skåret norske elever spesielt høyt på oppgaver som krevde at elevene uttrykker seg i sammenhengende tekst. Det var ingen tegn til at guttene ble favorisert ved flervalgsoppgaver i forhold til åpne oppgaver.
- Jenteandelen blant norske fysikkspesialister lå på 26 %, bare i Danmark lå dette tallet lavere.
- Guttene skåret klart bedre enn jentene i alle deltakerlandene. Forskjellen var ikke spesielt stor i vårt land. Guttene i Norge skåret bedre enn jentene i alle fysikkemner. Forskjellen var størst i mekanikk og minst i elektromagnetisme.
- Det var en klar positiv sammenheng mellom fysikkelevenenes prestasjoner og hjemmebakgrunn målt ved antall bøker hjemme.
- De landene som skåret høyt på fysikktesten (f.eks. Norge), hadde elever som likte fysikk forholdsvis godt.
- Det var ikke signifikante forskjeller mellom prestasjoner når det gjaldt om elevene brukte mye eller lite tid på lekser.
- Av de norske fysikkelevne var det 75 % som siktet seg inn på universitetsstudier. Det var noe under gjennomsnittet for alle fysikkelevne i TIMSS. I langt større grad enn jentene planla guttene realfagstudier, særlig ingeniørstudier og studier innen økonomiske fag. Det var derimot forholdsvis mange av jentene som planla utdanning innen området *helse*.

## 1 Innledning

- Spørsmålene om lærernes tidsforbruk viste at norske fysikklærere brukte svært lite tid til faglig egenutvikling og etterutdanning sammenliknet med de andre landene. Når det gjaldt tidsbruk til andre arbeidsoppgaver, fulgte norske lærere stort sett det internasjonale gjennomsnittet.



## 2 Rammeverk og læreplaner

### 2.1 «TIMSS Advanced 2008 Assessment frameworks»

#### 2.1.1 Innholdsmessige og kognitive kategorier

Rammeverket for TIMSS Advanced i fysikk er bygget opp rundt to dimensjoner (Garden et al., 2006). Den ene er en innholdsdimensjon (faglige emner) som ganske spesifikt angir hvilke faglige temaer som skal testes. Den andre er en kognitiv dimensjon (ferdigheter og prosesser) som beskriver hva slags (tanke-)prosesser som er forventet av elevene når de arbeider med oppgavene. Rammeverket er utviklet for fysikk og matematikk hver for seg, men det var ønskelig med større likhet mellom de to fagene i 2008 enn det var i 1995. Konkret ble det for den kognitive dimensjonen brukt de samme kategoriene i begge fagene: *Knowing – Applying – Reasoning*, eller som vi vil kalle det på norsk: *Kjennskap – Anvendelse – Resonnering*. Disse kategoriene forteller hvordan det forventes at elevene skal bruke kunnskapen sin i arbeidet med den aktuelle teksten eller oppgaven, om det for eksempel er en ren rutineoppgave, eller om det kreves en mer kompleks løsningsstrategi.

TIMSS Advanced 2008 ble gjennomført som en mest mulig parallell undersøkelse til fysikkundersøkelsen i TIMSS 1995. Utgangspunktet for å utvikle et rammeverk for den nye faglige prøven var derfor rammeverket for 1995. Men i dette arbeidet var det en vanskelig balanse mellom fornyelse og bevaring for å kunne måle endringer. To prinsipper har imidlertid vært viktige ved revisjonen. For det første skulle man gjøre nødvendige endringer for å fremme samsvar med deltakerlandenes læreplaner på en best mulig måte. Det førte til at beskrivelser og vektlegging av innholdskategoriene ble litt endret. Videre var det nødvendig å redusere antall innholdskategorier fra fem til fire for å få nok oppgaver i hver kategori til å ha håp om å kunne lage pålitelige skalaer for alle emnene. Dette viste seg imidlertid å være vanskelig, så slike skalaer ble ikke laget. Sammenlikninger mellom land for de ulike emnene er derfor gjort på en mer primitiv måte, med gjennomsnittlig prosent riktige

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

svar for hvert land. Endringene besto i at emnet *Bølgefenomener* fra 1995 ble fjernet som egen kategori, mens mekaniske og elektromagnetiske bølger ble flyttet til henholdsvis *Mekanikk* og *Elektrisitet og magnetisme*. For emnet *Moderne fysikk etc.* i 1995 ble enkel relativitetsteori tatt vekk og lagt til *Mekanikk*, slik at kategorien fikk et innhold som gjorde betegnelsen *Atom- og kjernefysikk* mer naturlig. For øvrig var endringene små. Rammeverket for både matematikk og fysikk er i sin helhet beskrevet av Garden et al. (2006).

Tabell 2.1 De fire innholdskomponentene og de tre kognitive kategoriene. Den tilstreberte omtrentlige fordelingen av oppgaver er vist i prosent.

Innholdsdimensjonen (Faglige emner)	Kognitiv dimensjon (Ferdigheter og prosesser)
Mekanikk (30 %)	Kjennskap (30 %)
Elektrisitet og magnetisme (30 %)	Anvendelse (40 %)
Varme og temperatur (20 %)	Resonnering (30 %)
Atom- og kjernefysikk (20 %)	

Kategoriene for fysikk er gjengitt i tabell 2.1 med den omtrentlige prosentfordelingen av oppgaver som var satt opp som ideelt, og som tilnærmet også ble det endelige resultatet. Vekting av hvert av fysikk- og matematikkemnene for spesialistene ble bestemt ut fra hvordan emnene var vektlagt i deltakerlandenes lærebøker og fagplaner. Begge dimensjonene Faglige emner og Ferdigheter og prosesser ble brukt under utvikling av oppgaver, og alle oppgavene ble klassifisert etter begge dimensjonene. Nedenfor blir hver av de to dimensjonene nærmere utdypet.

### 2.1.2 Den innholdsmessige dimensjonen: Faglige emner i fysikk

I det følgende har vi laget en noe forenklet gjengivelse av kategoriene på et mer detaljert nivå. For en fullstendig beskrivelse, se det offisielle rammeverket (Garden et al., 2006).

#### *Mekanikk*

I TIMSS Advanced er mekanikk et sentralt tema. Det dreier seg først og fremst om kraft og bevegelse, altså Newtons tre lover sammen med gravitasjonsloven. Men temaet mekanikk omfatter også noe relativitetsteori samt temaer som energi, bevegelsesmengde og mekaniske bølger. Rammeverket for Mekanikk inneholder følgende temaer:

1. betingelser for likevekt; dynamikken av ulike typer bevegelse
2. kinetisk og potensiell energi; bevaring av mekanisk energi
3. mekaniske bølgefenomener i lyd, vann og strenger; sammenhengen mellom fart, frekvens og bølgelengde; brytning
4. krefter (inkludert friksjon), Newtons lover og bevegelse med konstant akselerasjon
5. krefter som virker på et legeme i sirkulær bevegelse; sentripetalakselerasjon, hastighet og omløpstid; gravitasjonslov relatert til planetenes bevegelse
6. elastiske og uelastiske støt; loven om bevaring av bevegelsesmengde
7. aspekter ved relativitet (f.eks. lengdekontraksjon og relativistisk tid)

### *Elektrisitet og magnetisme*

De mest sentrale temaene i Elektrisitet og magnetisme er elektrostatikk, elektriske kretser, krefter og elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling. Aktuelle temaer i rammeverket er:

1. elektrostatikk, Coulombs lov og homogene elektriske felt
2. elektriske kretser – Ohms lov og Joules lov for sammensatte elektriske kretser
3. ladde partikler i magnetisk felt; elektromagnetisk induksjon; Faradays og Lenz' induksjonslover
4. elektromagnetisk stråling; bølgelengder og frekvenser av ulike typer bølger (f.eks. radio, infrarød, synlig lys, røntgen)

### *Varme og temperatur*

Varme og temperatur (altså termofysikk) er en viktig del av fysikken. TIMSS Advanced dekker temaene temperaturlikevekt og varme (overføring av energi), loven for ideelle gasser, termofysikkens første lov, stråling fra svarte legemer samt drivhuseffekten. Tematisk er fagområdet strukturert slik:

1. forskjell mellom varme og temperatur; varmeoverføring og spesifikke varmekapasiteter; fordamping og kondensering
2. varmetutvidelse; tilstandslikningen ( $pV/T = \text{konstant}$ ); termodynamikkens første lov
3. varmestråling ved ulik temperatur; fundamentale prinsipper bak drivhuseffekten

### *Atom- og kjernefysikk*

Moderne fysikk er dekket av hovedtemaet Atom- og kjernefysikk. Her finner vi temaene atomets oppbygning, absorpsjon og emisjon av lys, fotoelektrisk effekt, røntgenstråling, radioaktivitet, fisjon og fusjon. Atom- og kjernefysikk i rammeverket inneholder følgende temaer:

1. strukturen til atomet og dets kjerne; emisjon og absorpsjon av lys
2. fotoelektrisk effekt; røntgenstråling; fisjon, fusjon og radioaktivt henfall
3. radioaktive isotoper; halveringstid og virkningen på mennesker

#### **2.1.3 Den kognitive dimensjonen: Ferdigheter og prosesser**

For å svare på oppgaver i TIMSS Advanced må elevene være kjent med temaene (altså innholdet) som blir testet, og de må kunne bruke ulike kognitive ferdigheter. Det har vært et viktig poeng i utviklingen av oppgaver i TIMSS Advanced å ivareta sentrale kognitive mål i skolefysikken på tvers av de ulike innholdskomponentene. I praksis blir det gjerne et visst hierarki av de tre kognitive områdene når det gjelder hvor krevende oppgavene er for elevene. Men det er likevel flere nivåer i vanskegrad innenfor hvert av disse tre områdene.

#### *Kjennskap*

Det første kognitive området handler om å ha kjennskap til grunnleggende begreper, symboler, enheter, lover og prosesser i fysikk. Det handler også om å kunne bruke et vitenskapelig språk og kunne beskrive og vise forståelse for fysiske sammenhenger.

#### *Anvendelse*

Det andre kognitive området handler om anvendelse. Her fokuseres det på evnen elevene har til å kunne bruke kunnskap på gitte (standard) problemstillinger. Det innebærer også at elevene skal kunne bruke diagrammer og modeller til å illustrere strukturer og sammenhenger og demonstrere kunnskap om fysiske begreper. Elevene skal kunne finne løsninger på kvantitative og kvalitative problemer, og de skal kunne forklare fysiske fenomener og observasjoner.

#### *Resonnering*

Et hovedmål for fysikkutdanningen er at elevene skal kunne resonnerer og argumentere vitenskapelig når de løser oppgaver, at de skal utvikle forklaringer og trekke konklusjoner, og at de skal kunne utvide kunnskapen de



har til nye situasjoner. Det tredje kognitive området handler altså om resonnering. Dette området omfatter problemløsning som inneholder uvante og til dels komplekse fenomener. Elevene skal kunne analysere et problem og finne hvilke underliggende prinsipper som er involvert. De skal kunne finne og anvende likninger, formler og sammenhenger, og de skal kunne vise analytiske teknikker og dessuten kunne evaluere sine løsninger. Vitenskapelig tenkemåte involverer også å kunne utvikle hypoteser og kunne designe vitenskapelige undersøkelser i tillegg til å kunne analysere og tolke data.

### 2.1.4 Oppgaveutvalget

Det er mange hensyn som må ivaretas når det skal lages en fysikktest som skal brukes internasjonalt. Det er spørsmål om hvilke innholdsområder som bør være med, om vanskegraden på oppgavene, om omfanget av regneoppgaver, om omfanget av kvalitative problemstillinger i oppgavene, om flervalsoppgaver versus åpne oppgaver, o.l. I en komparativ studie som TIMSS Advanced er sammenlikninger mellom land et sentralt tema. Det betyr at et viktig premis for oppgaveutvalget er at det skal være mulig å sammenlikne elevprestasjoner i sentrale skolefysikkemner mellom ulike land. Derfor har det vært mye om å gjøre at så mange land som mulig har funnet oppgavene passende i innhold, vanskegrad og presentasjonsform. På grunnlag av enkeltlands vurderinger er de endelige fysikkoppgavene ment å kunne gi et bilde av fysikkunnskapene til elever som har valgt fysikk som fag i siste år av videregående skole.

De emnene som dekkes av oppgaveutvalget, inngår i tradisjonell skolefysikk i mange land. Det er mekanikk med krefter og bevegelse, elektrisitet og magnetisme inkludert elektromagnetisme og induksjon, bølgefenomener, varme og temperatur, og det er moderne fysikk med partikkel- og kvantefysikk, astrofysikk og relativitetsteori. Det er imidlertid ikke tatt med oppgaver om for eksempel vekselstrøm, rotasjonsmekanikk med treghetsmoment, sirkelbevegelse med baneakselerasjon, eller statikk. Det er emner som er utenfor pensum i de fleste deltakerlandene. Oppgaver som inneholder kompliserte beregninger som stiller krav om lange og omfattende beskrivelser eller utledninger, er heller ikke med.

Oppgavene kan også karakteriseres ved at de handler om «skolefysikk». Det dreier seg om de grunnleggende fysiske lovene og prinsippene som er typiske for fysikkurs på dette nivået. Det er dermed lagt noe mindre vekt på

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

oppgaver med mer hverdagsorienterte problemstillinger. Den viktigste grunnen til det er at denne typen oppgaver for mange land ville falle utenfor det elevene var fortrolige med.

### 2.1.5 Oppgaveformatet

I TIMSS Advanced har man valgt å ha to forskjellige oppgaveformater, nemlig flervalgsoppgaver og åpne oppgaver, med størst vekt på den første typen. På flervalgsoppgavene skal elevene krysse av for hvilket alternativ de mener er riktig. For de åpne oppgavene må elevene selv skrive svaret, begrunne det og eventuelt vise utregninger. Flervalgsoppgavene var beregnet til å ta gjennomsnittlig ca. 1 minutt per oppgave, mens de åpne oppgavene var beregnet til å kreve mellom 2 og 5 minutter med stor variasjon fra oppgave til oppgave.

#### *Flervalgsoppgaver*

Det er mange grunner til at storskala-undersøkelser stort sett har bestått av flervalgsoppgaver. Flervalgsoppgavene har fire eller fem svaralternativer, hvorav ett er riktig og gir uttelling (1 poeng). Ved bruk av flervalgsoppgaver har man mulighet for å ha mange flere oppgaver, noe som igjen vil gi høyere reliabilitet, og kunne dekke et bredere spekter av faglige emner. I tillegg kan svarene rettes objektivt, rettingen er mindre tidkrevende, testen kan lett standardiseres, og administrasjonskostnadene er lavere. Og endelig blir det færre blanke svar, siden elevene på en måte får hjelp til å forstå hva spørsmålet *egentlig* dreier seg om. Flere positive sider ved flervalgsoppgaver er for øvrig diskutert av Olsen, Turmo & Lie (2001).

#### *Åpne oppgaver*

Det er også viktige sider ved elevenes kunnskaper som flervalgsoppgaver ikke så lett kan måle. I de åpne oppgavene kan ikke elevene «gjette» seg fram til svaret ved eliminering, man får lettere innsikt i elevenes begrunnelser for hvordan de svarer, og man kan finne fram til eventuelle feilforestillinger som ikke alltid kan legges inn i svaralternativene i flervalgsoppgavene. Slike oppgaver kan kreve et svar i form av ett ord eller en setning. Men andre oppgaver krever utregninger og/eller forklaringer som kan være ganske omfattende.

## 2.2 De(n) norske læreplanen(e) i fysikk

### 2.2.1 Læreplaner i 1995 og 2008

Da TIMSS Advanced ble gjennomført våren i 2008, var elevene som deltok, det siste kullet som brukte læreplanen fra Reform 94 (Utdanningsdirektoratet, 1996). De elevene som deltok i TIMSS 1995, hadde ikke tatt i bruk nye læreplaner i Reform 94. Det betyr at vi nå sammenlikner elever fra før Reform 94 med Reform 94-elever.

Det faglige innholdet i læreplanen fra Reform 94 (fysikkplanen er fra 1996 og ble implementert i 1997 for 2FY og i 1998 for 3FY) adskilte seg ikke mye fra den tidligere planen, men den ble formulert på en ny måte. Læreplanen skulle være målstyrt. Det vil si at man gikk bort fra en fagplan som beskrev det faglige innholdet, og over til en læreplan som beskrev hva elevene var forventet å skulle kunne. Målene ble utdypet med hovedmomenter som noe mer detaljert beskrev målene. Det ble brukt ulike verb for å skille mellom forskjellige kognitive nivåer, for eksempel *ha kjennskap til*, *kunne bruke*, *kunne vurdere*, *kunne gjøre beregninger*, osv. Vi finner altså et visst hierarki i hovedmomentene som noenlunde tilsvarer hierarkiet i de kognitive områdene i TIMSS (se 2.1.3).

Man kan kanskje si at det er to perspektiver som gjenspeiles i læreplanen, det studieforberevende og det mer allmenndannende perspektivet. Det allmenndannende perspektivet kommer til uttrykk ved at læreplanen vektlegger at fysikk utgjør en viktig del av vår kulturarv, at fysikk og teknologi representerer mye av grunnlaget for vår levestandard, og at den vektlegger forståelse av naturen sammen med filosofisk tenkning, etiske dilemmaer og historisk innsikt. Det studieforberevende perspektivet kommer klarest til uttrykk i 3FY, der man i større grad enn i 2FY vektlegger det kvantitative og matematiske aspektet, fysikk som metode og mer komplekse fenomener.

Som nevnt ble de faglige temaene i liten grad endret med læreplanen i Reform 94. Fortsatt var mekanikk, elektromagnetisme, termofysikk og energi, moderne fysikk med atom- og kjernefysikk og noe kvantefysikk, astrofysikk og eksperimentell fysikk sentrale temaer.

Fysikk og matematikk henger selvsagt tett sammen, og den norske læreplanen framhever også matematikkens betydning for fysikkfaget. De aller fleste elevene som tar fysikk, tar også matematikk, og det kan synes som et paradoks at det er lite av matematikken fra matematikkursene som brukes i

fysikken. Det er nesten bare enkle lineære likninger med én eller to ukjente. Kanskje det av og til dukker opp en annengradslikning. Men elevenes kunnskaper i differensial- og integralregning blir i liten grad utnyttet i fysikkfaget. Man kan si at norsk skolefysikk i stor grad er algebrabasert, og at man i tillegg har forsøkt å legge vekt på en kvalitativ tilnærming (særlig i 2FY). Likevel opplever norske fysikkelever at den matematiske formalismen er vanskelig (Guttersrud, 2008).

Når vi sammenlikner den norske læreplanen i fysikk med læreplanen for de andre deltakerlandene, synes det ikke som om forskjellene er veldig store. Graden av detaljstyring varierer ganske mye, men når det kommer til omfang og hvilke temaer som er med, er likhetene mer slående enn forskjellene.

### 2.2.2 Hvor godt passer norske læreplaner med rammeverket i TIMSS Advanced?

Av det foregående går det fram at rammeverket i TIMSS Advanced passer godt til den norske læreplanen i fysikk. Vi har gått gjennom alle oppgavene og sett på hvor godt de er dekket av den norske læreplanen. Resultatet er at alle bortsett fra én oppgave har god forankring i den norske planen. Den ene handler for øvrig om lengdeutvidelse ved oppvarming og er strengt tatt ikke med i norsk skolefysikk. Vi ser også at den måten den kognitive dimensjonen er beskrevet på i rammeverket, passer ganske godt til måten hovedmomentene i læreplanen er formulert på.

Rammeverket har naturligvis vært styrende for oppgaveutviklingen. Utgangspunktet er som sagt at rammeverket passer godt for norske forhold. Men man kan likevel spørre om hvordan oppgavene passer med norsk oppgavetradisjon når det gjelder både format, omfang og vanskegrad. For det første er det for norske elever forholdsvis uvant med flervalgsoppgaver. Nå viser det seg imidlertid fra tidligere studier (se f. eks. Angell et al., 1999) at norske elever behersker flervalgsoppgaver omtrent like godt som elever fra andre land. Når det gjelder omfanget av problemstillingene i oppgavene, er de også nokså tradisjonelle, slik man finner i de fleste lærebøkene i mange land. Også når det gjelder vanskegraden, passer de etter vårt skjønn stort sett godt til den norske læreplanen. De fleste oppgavene er typiske skolefysikkoppgaver der det er lagt vekt på å få fram forståelse av grunnleggende fysiske fenomener og fysiske begreper. I kapittel 6 har vi vist og diskutert resultater for alle de frigitte oppgavene.

### 2.2.3 Forholdet mellom 2FY og 3FY

Som nevnt synes rammeverket for TIMSS Advanced å passe godt med norske læreplaner i fysikk. Men det er viktig å være klar over at det var elever som gikk i 3. klasse og tok 3FY, som ble testet. Rammeverket inneholder selvsagt en del stoff fra 2FY, og mye av det var det lenge siden elevene hadde befattet seg med. Mekanikk utgjør betydelige deler av både 2FY og 3FY, men temaer som for eksempel lys, elektriske kretser og termofysikk ble avsluttet i 2FY. Rekkefølgen av temaer og fordelingen av temaer mellom 2FY og 3FY spiller med andre ord en viktig rolle for hvor godt forberedt elevene var innenfor de ulike fagemnene på testtidspunktet.

## 2.3 Læreplaner i andre land

### 2.3.1 «Den intenderte læreplan»

Et viktig premiss for fysikktesten skulle være at den var basert på fagstoff og kognitive utfordringer som framstår som vanlige i de aller fleste deltakerlandene. Samtidig skulle det unngås at emnene innskrenket seg til et for snevert utvalg gjennom å begrense seg til et strengt snitt av alle landenes konkrete læreplaner.

Tabell 2.2 Antall emner i hvert fagområde som er tydelig med i læreplanen i hvert land

	Mekanikk (7)	Elektrisitet og magnetisme (4)	Varme og temperatur (3)	Atom- og kjernefysikk (3)	Totalt (17)
Armenia	7	4	3	3	17
Iran	5	4	3	3	15
Italia	7	4	3	3	17
Libanon	7	4	1	3	15
Nederland	6	3	3	3	15
Norge	7	4	3	3	17
Russland	7	4	3	3	17
Slovenia	6	4	3	3	16
Sverige	6	4	3	3	16

Tabell 2.2 viser en enkel versjon av det vi kan kalle den intenderte læreplanen i fysikk i deltakerlandene (se 1.3). De enkelte emnene er beskrevet i 2.1.2, og det antallet som er dekket av læreplanen i hvert land, er vist i tabellen. Som det framgår av tabellen, er det bare få emner som ikke er dekket. Emnet

relativitet i mekanikk er det som flest land ikke behandler. Men dette gjelder bare én oppgave, så denne «urettferdigheten» får liten praktisk betydning. Vi konstaterer at fysikkprøven synes å passe meget bra til elevenes intenderte læreplan, med et unntak for Libanon, der varmelære synes å være dårlig dekket.

### 2.3.2 Læreplaner i Sverige og Nederland

Som tidligere kommentert er det forholdsvis få land som er med i TIMSS Advanced. Det er heller ikke alle landene som det er veldig naturlig å sammenlikne Norge med. Vi har derfor valgt særlig å sammenlikne norske resultater med data fra tre referanseland, Sverige, Slovenia og Nederland. På denne måten får vi satt norske resultater inn i et perspektiv ut over norske forhold. Spesielt vil vi kommentere læreplanene i Sverige og Nederland.

I Sverige er det tre fysikkurs. Fysik A er sammenliknbart med 2FY i Norge. Det er et felles kurs i naturvetenskapsprogrammet og Teknikprogrammet. Det er et forholdsvis kvalitativt kurs, selv om en viss matematisk behandling inngår. Kurset inneholder temaer som bevegelse, energi og varme, lys og elektrisitet og materiens oppbygning. Kurset inneholder dessuten en orientering om fysikkens idéhistoriske utvikling og om problemstillinger knyttet til energi og energiresurser. Det finnes også et annet kurs, Fysik breddning. Det er et valgfag som gir bredde eller fordypning innenfor noen områder i fysikk. Ingen av disse to gruppene av fysikkelever var med i TIMSS Advanced.

De svenske elevene som ble testet i TIMSS Advanced, fulgte Fysik B, som er et felles kurs i retningen naturvetenskap innenfor naturvetenskapsprogrammet. Elever som går på andre retninger innenfor naturvetenskapsprogrammet og Teknikprogrammet, kan også velge Fysik B. Fysikkfaget kan velges i andre programmer også, men det er svært sjelden. Fysik B kan sammenliknes med 3FY i Norge. Kurset er mer matematisk enn Fysik A, og det handler om mekanikk, elektromagnetisme, bølger, atom- og kjernefysikk og noe astrofysikk. I begge kursene inngår eksperimentelt arbeid. I 2008 var andelen av årskullet av svenske elever som tok Fysik B, 11 %. I Norge var det til sammenlikning 6,8 % av årskullet som tok 3FY.

Fysikkelevne som ble testet i Nederland, tok i all hovedsak fysikkurs innenfor de studieforbredende programmene Science & Technology (91 %) eller Science & Health (8 %). Det utgjør omtrent 18 % av alle elevene som går på studieforbredende kurs, eller ca. 3,4 % av hele årskullet av 18-årin-

ger. Det er altså en liten andel av nederlandske elever som tar fysikk på høyt nivå. Se mer om elevene i hvert land i tabell 1.1.

Innholdet i de nederlandske læreplanene for fysikk har absolutt mye til felles med de norske. Også i Nederland legges det vekt på grunnleggende ferdigheter og tradisjonelle fysikktemaer som mekanikk, elektromagnetisme, termofysikk, bølger og stråling og moderne fysikk inkludert astrofysikk.

#### **2.4 Nye læreplaner med Kunnskapsløftet 2006**

Elevene som deltok i TIMSS Advanced, var som nevnt det siste kullet som fulgte læreplanen fra Reform 94. Det er derfor interessant å se den nye læreplanen i sammenheng med undersøkelsen. I 2006 ble Kunnskapsløftet innført i norsk utdanningssystem, med nye læreplaner for alle fag fra 1. klasse i grunnskolen til 3. klasse i videregående skole. De gamle studieretningsfagene i fysikk på videregående skole, 2FY og 3FY, ble i Kunnskapsløftet erstattet med programfagene Fysikk 1 og Fysikk 2 (Utdanningsdirektoratet, 2006). I de nye læreplanene er fysikkfaget delt inn i fem hovedområder, hvert med sine kompetansemål for elevene. Mange av kompetansemålene er knyttet til nytt innhold i fysikkfaget. For eksempel setter de nye læreplanene i større grad søkelyset på matematisk modellering, på teknologiske anvendelser av fysikk og på noen helt nye temaer innen moderne fysikk. Det ble undervist i programfaget Fysikk 1 for første gang i skoleåret 2007/2008, og Fysikk 2 ble innført året etter.

En problemstilling som lenge har vært aktuell i diskusjoner om norsk skolefysikk, er spenningen mellom fagets funksjon som allmenndanning og som forberedelse til høyere utdanning. Selv om de allmenndannende aspektene kan sies å ha vært mer framtrødende siden reformen i 1984, viser undersøkelser at faget fortsatt i stor grad fungerer som forberedelse til videre studier (Angell, Henriksen & Isnes, 2003).

I 2004 ga Norsk fysikklærerforening ut rapporten «Fysikk for fremtiden: En drøfting av og grunnlag for framtidig læreplan i fysikk» (Olsen et al., 2004) som et innspill til utvikling av nye læreplaner i fysikk, og i 2005 startet det offisielle læreplanarbeidet i Kunnskapsløftet. Viktige ideer i Kunnskapsløftet har blant annet vært lokal tilpasning, søkelys på lærerkompetanse og elevers læringsstrategier. Den nye læreplanen for fysikk programfag ble til gjennom en prosess med omfattende høringsrunder, og faget er nå strukturert

i hovedområder som det er formulert kompetansemål for. Hovedområdene utfyller hverandre og må ses i sammenheng. De fem hovedområdene er *Klassisk fysikk*, *Moderne fysikk*, *Å beskrive naturen med matematikk*, *Den unge forskeren* og *Fysikk og teknologi*. Det er de samme hovedområdene i Fysikk 1 og Fysikk 2.

Læreplanen for programfaget fysikk er altså formulert ved hjelp av kompetansemål. Det er en videreføring av ideen i læreplanen fra Reform 94 som ble omtalt som målstyrt. I Kunnskapsløftet er kanskje ideen om hvilke kompetanser elevene er forventet å oppnå, blitt enda tydeligere. Samtidig er det faglige innholdet i varierende grad beskrevet i detalj. For eksempel er det et kompetansemål i Fysikk 2 under hovedområdet *Å beskrive naturen med matematikk* som sier: «Eleven skal kunne beskrive banen til en partikkel ved hjelp av parameterframstilling, og bruke derivasjon og integralregning til å regne ut posisjon, fart og akselerasjon når en av de tre størrelsene er kjent.» Det må jo sies å være en temmelig detaljert beskrivelse, og den etterlater liten tvil blant lærere og elever om hva som forventes. En motsatt ytterlighet finner vi under *Moderne fysikk*, også i Fysikk 2. Her står det: «Eleven skal kunne gjøre rede for postulatene som er grunnlag for den spesielle relativitetsteorien, drøfte kvalitativt noen av konsekvensene av denne teorien for tid, bevegelsesmengde og energi, og gi en kvalitativ beskrivelse av den generelle relativitetsteorien.» Det er særlig det siste punktet om generell relativitetsteori som er uklart når det gjelder hva som inngår i kompetansemålet.

Et viktig poeng i læreplanen er at man skal skille klart mellom temaer som skal behandles kvalitativt, og temaer som skal behandles mer kvantitativt, altså matematisk. Hovedområdet *Å beskrive naturen med matematikk* framhever dette skillet. Det betyr at man i noen tilfeller skal bruke mer avansert matematikk enn det den forrige læreplanen la opp til. Det gjelder særlig bruk av differensial- og integralregning. Samtidig er det temaer som bare er tenkt behandlet kvalitativt. For eksempel står det ikke lenger at man skal kunne regne på interferens, altså kunne formelen for konstruktiv interferens, men bare beskrive fenomenet uten matematikk.

Innenfor *Moderne fysikk*, *Fysikk og teknologi* og *Den unge forskeren* er det kommet med nye temaer. Det gjelder for eksempel generell relativitetsteori, sammenfultrede fotoner, digitalisering av lyd, noe elektronikk og prinsipper bak medisinske undersøkelser som ultralyd og magnetisk resonansavbildning. Det er også lagt mer vekt på vitenskapsteori og vitenskapshistorie. Et spesielt



## 2 Rammeverk og læreplaner

interessant kompetansemål i den forbindelse er knyttet til fenomenet sammenfildrede fotoner. Det står: «Eleven skal kunne gjøre rede for Heisenbergs uskarphetsrelasjoner, beskrive fenomenet sammenfildrede fotoner og gjøre rede for erkjennelsesmessige konsekvenser av dem.» Elevene skal altså kunne beskrive disse fenomenene. Men det viktigste er kanskje at de skal gjøre rede for erkjennelsesmessige konsekvenser, og det er ingen enkel sak!



## 3 Design, instrumenter og gjennomføring

### 3.1 Design og instrumenter

#### 3.1.1 Oppgave- og testutvikling

Det var en lang prosess for å komme fram til de oppgavene som ble brukt i selve undersøkelsen. En betydelig andel av fysikkoppgavene fra 1995 var holdt hemmelig, og disse ble brukt på nytt. Nye oppgaver ble utviklet av flere nasjonale sentre, men særlig leverte den norske prosjektgruppen mange oppgaveforslag, for øvrig i tråd med det vi gjorde i 1995. Mange nye oppgaver ble prøvd ut på et lite utvalg elever i vårt eget land høsten 2006. Svein Lie fungerte for øvrig som «International Physics Coordinator» for TIMSS Advanced med et overordnet ansvar for testutviklingen i fysikk.

Det ble gjennomført en omfattende utprøving av forslag til nye oppgaver (sammen med nye spørsmål til spørreskjemaene) i form av «generalprøven» i alle deltakerlandene våren 2007. Her var det omtrent det dobbelte antall oppgaver av det man trengte. Basert på data fra generalprøven (vanskegrad, svarfordeling og diskriminering for hver oppgave i hvert land) og på de nasjonale representantenes vurdering av oppgavens kvalitet ble rammeverket fylt på beste måte.

Som beskrevet tidligere (se 2.1.2) var fysikkoppgavene fordelt på fire forskjellige emnekategorier. Tabell 3.1 viser en oversikt over antall flervalgsoppgaver og åpne oppgaver innen hvert av disse emnene. Sammenlikning med tabell 2.1 viser at prosentfordelingen av oppgaver etter emner i praksis lå veldig nær opp til det som var målet i rammeverket (henholdsvis 30, 30, 20 og 20 %). De fleste åpne oppgavene ga ett poeng for riktig svar, mens noen mer omfattende oppgaver kunne gi ett (delvis riktig) eller to poeng (riktig svar). Her er det viktig å påpeke at begrepet «riktig» i denne forstand ikke

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

alltid kan tas bokstavelig, men ofte må fortolkes som «godt nok til full uttelling i denne sammenheng».

Tabell 3.1 Oversikt over alle gitte oppgaver etter oppgaveformat og faglige emne

Emneområde	Antall flervalgsoppgaver	Antall åpne oppgaver	Antall oppgaver totalt
Mekanikk	11	9*	20*
Elektrisitet og magnetisme	13	8	21
Varme og temperatur	7	8	15
Atom- og kjernefysikk	11	4	15
Ekstra oppgaver fra 1995 utenfor rammeverket (teller ikke med)	2		2
Totalt	42 (+2)	29	71 (+2)

\* Én åpen oppgave besto av to spørsmål, og her regner vi det som to oppgaver.

To flervalgsoppgaver fra 1995 falt utenfor det reviderte rammeverket og telte derfor ikke med ved beregning av fysikkprestasjoner. Grunnen til at disse oppgavene likevel var med, var behovet for å gjøre minst ett av heftene i sin helhet fullstendig identisk med ett som ble brukt i 1995. På den måten ble kvaliteten på trendmålene fra 1995 til 2008 ytterligere sikret. De to oppgavene er vist og diskutert i kapittel 6 sammen med alle de andre frigitte oppgavene.

Tre oppgaver, to i *Mekanikk* og én i *Atom- og kjernefysikk*, fungerte ikke tilfredsstillende. Problemet var at de i mange land diskriminerte for dårlig mellom gode og svake elever på prøven totalt sett. De var derfor heller ikke tellende ved beregning av testskår. Sammen med de to oppgavene utenfor rammeverket ble det i alt fem oppgaver som ikke telte med, og derfor var det i alt 68 tellende oppgaver. Noen av de åpne oppgavene ga i alt to poeng, slik at antall poeng for hvert emne ble høyere enn antall oppgaver. Tabell 3.2 viser fordelingen av de «tellende» 68 oppgavene med hensyn til poeng etter kognitive kategorier (se 2.1.3) og fagemne. Det framgår av tabellen at det har vært for krevende å oppnå en jevn fordeling etter kognitive kategorier for fagemnene hver for seg. Men når det gjelder den samlede fordelingen i nederste rad, samsvarer disse prosenttallene rimelig bra med den fordelingen som var satt som et mål i rammeverket (henholdsvis 30, 40 og 30 %, se tabell 2.1).

De to kolonnene lengst til høyre i tabell 3.2 viser fordelingen av i alt 77 tellende poeng for hvert emne. Tabellen gir et bilde av relativ vekt ved beregning

### 3 Design, instrumenter og gjennomføring

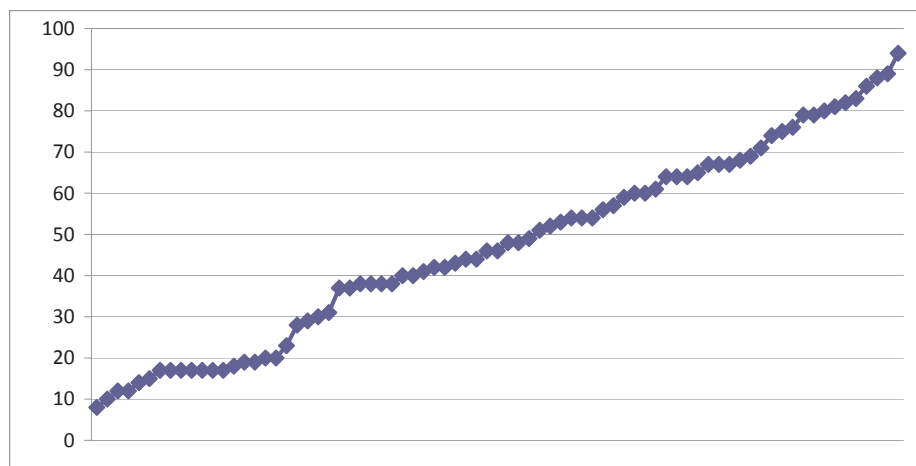
av de endelige testskårene fra de 68 oppgavene. Her er altså ikke de to nevnte oppgavene utenfor rammeverket med, og det er heller ikke de tre oppgavene som ikke fungerte etter forutsetningene.

Tabell 3.2 Fordeling av de i alt 77 skårpoengene for de 68 tellende oppgavene etter fagemner og kognitive kategorier

Emneområde (antall tellende oppgaver)	Kjennskap	Anvendelse	Resonnering	Sum poeng	Prosentfordeling
Mekanikk (18)	4	9	7	20	26 %
Elektrisitet og magnetisme (21)	5	12	5	22	29 %
Varme og temperatur (15)	4	10	6	20	26 %
Atom- og kjernefysikk (14)	5	8	2	15	19 %
Totalt antall poeng	18	39	20	77	
Prosentfordeling	23 %	51 %	26 %		

Når det gjelder vanskegraden til oppgavene, er det viktig med god spredning slik at testen skiller mellom elever på ulike nivåer. Flervalgsoppgaver bør gjerne besvares riktig av flere enn det som svarer til «gjettenivå», altså over 25 % riktig dersom det er fire svaralternativer. De vanskeligste oppgavene blir derfor åpne oppgaver. Og spesielt for topoengsoppgaver gjelder at det andre poenget gjerne kan være krevende, selv om mange av elevene oppnår ett poeng. Figur 3.1 viser fordelingen av  $p$ -verdier (prosent riktig) for alle oppgavene, sortert etter fallende vanskegrad. For topoengsoppgaver er det første og det andre poenget gitt hver for seg. Oppgavene er ikke identifisert på figuren da hensikten her bare er å konstatere at testen inneholder oppgaver med god spredning av vanskegrad, med  $p$ -verdier fra ca. 10 % til over 90 %. Med andre ord: Alle elevene har fått utfordringer på sitt nivå.

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 3.1 Oversikt over vanskegrad (prosent riktige svar) for alle fysikkoppgavene for norske elever. Oppgavene er sortert fra de vanskeligste til de letteste.

#### 3.1.2 Oppgaveheftene

I den endelige fysikktesten ble det brukt fire forskjellige oppgavehefter med kombinasjoner av til sammen 73 oppgaver, 44 flervalgsoppgaver og 29 åpne oppgaver. Hvert av de fire heftene var satt sammen av tre av i alt sju «blokker» med varierte oppgaver. Av disse sju blokkene var blokk nummer 1, 2 og 3 såkalte *trend blocks* med nøyaktige kopier av oppgaver fra 1995 (rekkefølgen av oppgavene var også den samme som i 1995). Blokk 1 var en direkte kopi av blokk E fra 1995, mens blokk 2 inneholdt oppgavene fra første halvdel og blokk 3 fra andre halvdel av blokk F fra 1995.

Hvert av de fire heftene inneholdt en kombinasjon av tre slike blokker, og hver elev svarte på ett oppgavehefte. De fleste blokkene forekom i to hefter slik at sammenhengen mellom svar på oppgavene kunne studeres for mange par av oppgaver. Heftene framsto som rimelig like hva gjelder vanskegrad og fordeling av emner og oppgavetyper. Tabell 3.3 viser hvordan heftene var satt sammen. Spesielt var det viktig at hefte nummer 5 var en nøyaktig kopi av et hefte i 1995, noe som bidro til å kunne måle elevene i 2008 langs samme skala som elevene i 1995 med god presisjon. Vi vil gjøre oppmerksom på at den konkrete fordelingen av blokker i heftene ble litt annerledes enn det som er angitt i rammeverket (se Garden et al., 2006).

Tabell 3.3 Sammensetting av oppgaveheftene

Hefte nr.	Blokk nr.	Antall flervalgsoppgaver	Antall åpne oppgaver	Antall oppgaver	Maks poeng
5	1, 2 og 3	21	8	29	31
6	4, 3 og 5	12	18	30	36
7	6, 4 og 1	22	10	32	35
8	2, 5 og 7	21	12	33	36

I hvert hefte var det en innledning som besto av flere viktige typer informasjon. Elevene fikk en grundig innføring i hvordan de skulle besvare oppgavene, og hvilken tidsramme som var tilgjengelig. Denne informasjonen ble også gitt muntlig. Et viktig premiss var for øvrig at de kunne bruke kalkulator så mye de ville. Videre var det en omfattende liste med relevante fysiske formler med vanlig brukte (for elevene) symboler. Men det var ikke angitt hvilket fysisk fenomen hver enkelt formel refererte til. Videre fikk elevene en liste over de mest aktuelle fysiske konstantene som de trengte for å løse oppgavene.

### 3.1.3 Spørreskjemaene

For å belyse noen av de bakgrunnsfaktorene som kan ha betydning for elevprestasjoner i matematikk og fysikk, ble det utviklet spørreskjemaer til både elever, lærere og skoleledere. I likhet med oppgavene er spørreskjemaene også et resultat av en lang prosess med mange revisjoner. Alle deltakerlandene har hatt mulighet til å påvirke utviklingen av spørreskjemaene, men likevel var det i utgangspunktet en forutsetning at man ikke kunne gå inn på en omfattende endring fra 1995-undersøkelsen. Noen varianter ble prøvd ut i generalprøven i 2007, og etter det ble de endelige versjonene fastsatt gjennom en konsensusprosess blant deltakerlandenes representanter.

Elevspørreskjemaet inneholdt en rekke bakgrunnsspørsmål som gikk på kjønn, hvor ofte de snakket norsk hjemme, om eleven og foreldrene var født i Norge eller ikke, om hvor mange bøker de hadde hjemme, og om de hadde ting som lommeregner, datamaskin, leksikon og video. Elevene ble også bedt om å angi hvilke grunner som var viktige for dem når det gjaldt valget av å ta fysikkurset 3FY. Videre fikk de spørsmål om hvilke aktiviteter de var med på utenom skolen, om hva som skjedde i fysikktimene og detaljer om sin bruk av IKT på og utenfor skolen. Noen få spørsmål ble gitt av oss bare til norske elever, og svarene på disse kan selvsagt ikke sammenliknes internasjonalt. Det

gjaldt noen spørsmål om eiendeler hjemme, om noen forhold ved undervisningen, og om hvilke karakterer de fikk i siste termin i realfagene.

Spørreskjemaet til fysikklærerne dreide seg om forhold knyttet til lærerens kjønn, utdanning og yrkespraksis. I tillegg skulle lærerne gi detaljert informasjon om i hvilken grad ulike faglige emnene var behandlet i undervisningen, og hvordan undervisning og elevenes arbeid var organisert. De ble også for hvert faglige emne bedt om å tilkjenne i hvor stor grad de følte seg fortrolig med å undervise i det. Videre var det noen spørsmål om arbeidsmiljø, bruk av kalkulator og IKT og dessuten bruk av hjemmearbeid og prøver. Siden disse lærernes fysikkelever gjennomførte testen, var det mulig å sammenholde lærernes svar med elevenes prestasjoner.

Et skolespørreskjema skulle besvares av rektor eller en annen i administrasjonen. Dette skjemaet inneholdt spørsmål om skolens beliggenhet, skole- og klassestørrelse, antall lærere og andre ansatte ved skolen og om skolens miljø. Videre var det spørsmål om rektors rolle og daglige plikter, og det var spørsmål som gikk på om skolens undervisning blir påvirket eller begrenset på grunn av mangel på ting som læremateriell, lokaler, datamaskiner og laboratorieutstyr. I den norske versjonen av skolespørreskjemaet ble det gjort en del forandringer dels fordi spørsmålene ikke passet til norske forhold, dels fordi en del spørsmål handlet om forhold som var like for alle norske skoler og derfor kunne besvares sentralt. Som for lærerspørreskjemaet er det mulig å analysere sammenhenger mellom skolens karakteristika og elevprestasjoner, men med bare rundt 100 skoler skal det mye til for å finne klart signifikante sammenhenger her.

Fra hvert land ble det svart på et spørreskjema om læreplaner, undervisning, organisering av fagkurs, eksamen og krav til lærerkompetanse i både avansert matematikk og fysikk.

#### 3.1.4 Oversetting

Alle de internasjonale instrumentene ble utviklet på engelsk og måtte oversettes til de(t) aktuelle språk(ene) i hvert av deltakerlandene. Samme tekst kan oversettes på mange ulike måter og likevel være «riktig», men ulike oversettelser kan gjøre vanskegraden av oppgaver forskjellig. For å imøtekomme så mye som mulig av den kritikken som har vært reist mot komparative studier nettopp når det gjelder oversetting, ble det i denne undersøkelsen satt strenge krav til oversettingsprosedyrene.



De nasjonale sentrene i hvert land var ansvarlige for å oversette og ferdigstille instrumentene. Det var stilt krav om å finne ord og uttrykk som var så betydningslike den engelskspråklige versjonen som mulig, å passe på at vanskegraden når det gjaldt både det faglige innholdet og lesbarheten skulle bli så lik som mulig, å minimalisere kulturelle forskjeller og å bruke en layout som var nøyaktig lik for alle land. Minst to personer måtte involveres i oversettelsen av oppgavene.

Hvert land sendte oversettelsene til det internasjonale senteret hvor språkekspertene i hvert språk gikk gjennom teksten og grafikken til hver eneste oppgave for å kontrollere disse ut fra den originale versjonen.

Siden vi måtte lage versjoner av spørreskjemaer og oppgaver på begge skriftspråkene våre, sendte vi våre bokmålsversjoner til kombinert språklig gjennomgang og «oversetting» til nynorsk. Det viste seg som i tidligere undersøkelser at nynorskversjonen førte til at det ble gjort flere endringer i bokmålsversjonen som innebar en klar språklig forbedring.

Et viktig moment ved undersøkelsen var å skaffe en pålitelig sammenlikning med undersøkelsen i 1995. Derfor var det et viktig poeng å *ikke* gjøre språklige endringer i de oppgavene som ble videreført fra den gangen.

## 3.2 Gjennomføring og etterbehandling

### 3.2.1 Gjennomføring på skolene

De fleste landene gjennomførte selve hovedundersøkelsen i perioden mars–april 2008. I Norge gjennomførte de fleste skolene undersøkelsen i mars på et for hver skole egnet tidspunkt. Hver skole fikk i god tid tilsendt alt materialet, og vi var i kontakt per telefon eller e-post med alle skolene. Skolene fikk også en veiledning som i detalj forklarte hvordan undersøkelsen skulle gjennomføres.

Oppgaveheftene skulle besvares i løpet av 90 minutter, og det var ca. 30 oppgaver i hvert av de fire hefter. Disse heftene ble fordelt på elevene på en tilfeldig måte. Skolene hadde på forhånd angitt antall elever på 3FY-kurset/3FY-kursene, og disse ble listeført slik at hver elev fikk angitt ett bestemt av de fire oppgaveheftene. Heftene var betegnet som hefte nummer 5–8, siden de fire første numrene ble brukt til de tilsvarende heftene i matematikk.

Etter at elevene hadde besvart oppgaveheftet og hadde fått en pause, fikk de 30 minutter til å svare på et elevspørreskjema. Fysikklærerne til de

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

deltakende elevene skulle besvare et eget lærerspørreskjema, og endelig ble rektor spurt om å fylle ut et eget skolespørreskjema.

Deretter ble alle heftene og spørreskjemaene (samt en rapport om hvordan gjennomføringen skjedde) sendt tilbake til oss. All viderebehandling som retting, inntasting og rensing av data ble gjort av oss. Alle data ble sendt til det internasjonale TIMSS/IEA-senteret for videre internasjonal databehandling.

### 3.2.2 Retting av åpne oppgaver

For å kunne «rette» de åpne oppgavene måtte det utvikles 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 noen oppgaver også med mulighet for «delvis riktig»). For å ivareta den diagnostiske informasjonen som elevenes svar gir, ble det brukt et tosifret codesystem 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 refererer 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. Gjennomgående er siste siffer 9 en samlekategori for «andre svar». Koder mellom 20 og 29 vil si at det er gitt to poeng for svaret, mens koder mellom 10 og 19 vil si ett poeng. Koder mellom 70 og 79 viser at svaret er feil (ingen poeng). Det ble gitt en egen kode (99) for blanke svar. Førstesiffer på 7 eller 9 gir derfor 0 poeng. Vi vil gi mange eksempler på koding av åpne oppgaver og fordeling av elevsvar i henhold til slike koder i kapittel 6.

For «ankeroppgavene» fra 1995 var det et viktig poeng at kodene ikke skulle endres i betydelig grad. Det var imidlertid uproblematisk i noen tilfeller å slå sammen koder for å gjøre det enklere for dem som rettet, så lenge det dreide seg om å slå sammen koder innenfor samme poengsum.

### 3.2.3 Forenklet beregning av testskår

For at alle deltakerskolene raskt skulle få faglig informasjon tilbake, laget vi på en forenklet måte en skårverdi for hver elev. Det gjorde vi ved å standardisere de oppnådde poengsummene for hver av de fire heftene på samme måte (såkalt T-skår med gjennomsnitt 50 poeng og standardavvik 10 poeng, se for øvrig vedlegg om standardisering). Vi kunne da allerede i september 2008 rapporterte til hver av skolene fordelingen av elevenes (anonyme) skår og skolens gjennomsnitt. Ingen av skolene fikk vite om andre skolers resultater, men de kunne sammenlikne seg med fordelingen av *alle* deltakerskolene (også anonyme).

### 3.2.4 Offisiell databehandling og testskår

For å sikre at alle dataene holdt høy kvalitet for videre analyse, ble det lagt mye arbeid i alle prosedyrene, fra registrering av dataene i de enkelte land til den ferdige internasjonale databasen. Etter at de norske dataene var registrert og rensket ved hjelp av programmer laget spesielt for TIMSS Advanced, ble de sendt til IEA Data Processing Center i Hamburg. Der ble alle lands data grundig behandlet. Alle avvik fra de internasjonale instrumentene ble identifisert, og detaljert dokumentasjon på kvaliteten av dataene både nasjonalt og internasjonalt ble laget. Under denne prosessen fikk hvert land mulighet for å kontrollere dataene sine flere ganger. Hvert land fikk også statistikk over svar for hver oppgave og hvert spørsmål for å kontrollere om det kunne være noe som av ulike grunner ikke hadde fungert.

I testen for fysikkspesialistene ble det regnet ut elevenes skårverdier for samlet skår. Skårene ble regnet ut ved hjelp av en såkalt IRT-modell (Item Response Theory, se vedlegg), en metode som plasserer elevene langs samme skala selv om de ikke har fått de samme oppgavene. Skårverdiene er da regnet ut på bakgrunn av de oppgavene elevene har fått, og hvilke de har besvart riktig. Fra hvert land ble 1000 elever tilfeldig trukket ut og samlet i en internasjonal datafil. Denne filen ble brukt som grunnlag for å konstruere en internasjonal skala. De internasjonale skårene ble standardisert slik at gjennomsnittsverdien og standardavviket for disse elevene fra alle land sett under ett ble satt til bestemte verdier. Samme skala ble så brukt på alle elevene i hvert land. På denne måten fikk hver elev tilegnet en internasjonalt standardisert skår, og det er disse verdiene vi konsekvent har brukt i denne boka.

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Et sentralt tema i prosjektet er sammenlikning med høy kvalitet med resultater fra 1995-undersøkelsen. For å kunne gjøre det på den beste måten er data fra 1995 bearbeidet og analysert på nytt og med nøyaktig samme metode som 2008-data. Denne metoden innebærer imidlertid en litt annen målemodell enn den som opprinnelig ble brukt i 1995. Det internasjonale gjennomsnittet for 1995-undersøkelsen ble satt til 500 poeng og standardavviket til 100 poeng. Ved hjelp av resultatene på de felles ankeroppgavene er så også 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. Denne prosedyren har som bivirkning at alle resultatene fra 1995 er regnet om og ikke er nøyaktig de samme som de som faktisk ble publisert fra undersøkelsen den gangen. I denne boka vil alle skårverdier i poeng relatere seg til den nye skalaen, og de kan altså direkte sammenliknes med hverandre. Men de kan ikke sammenliknes nøyaktig med data som tidligere er rapportert fra 1995-undersøkelsen.

Mens internasjonale resultater er rapportert internasjonalt (Mullis et al., 2009), har vi i denne boka også gjort mange utdypende analyser av sammenhenger mellom ulike variabler. Spesielt har vi studert nokså systematisk for vårt eget land (og for noen få andre for sammenlikningens skyld) hvilke faktorer som ser ut til å henge positivt sammen med gode resultater på fysikktesten. Disse analysene har vi gjennomført med statistikkprogrammet SPSS v.16. Mange av de internasjonale sammenlikningene er visualisert ved grafisk framstilling ved hjelp av regnearkprogrammet Excel.

### 3.3 Kvalitetssikring og -kontroll

I en studie som TIMSS Advanced er det svært viktig at dataene er av høy kvalitet og sammenliknbare mellom landene. En av måtene å sikre kvalitet på i TIMSS Advanced-prosjektet var at det ble utviklet standardiserte og detaljerte manualer for alle trinn av prosjektet. Disse manualene danner i ettertid en klar og eksplisitt dokumentasjon av alle de operasjonelle prosedyrene.

Som nevnt tidligere (se 3.1.4) var det også en omfattende prosedyre for kontroll av all oversettelse. Det ble dessuten gjort en egen kvalitetskontroll for selve gjennomføringen av undersøkelsen på de enkelte skolene. Et bestemt antall skoler i hvert land fikk uanmeldt besøk av en observatør fra prosjektet

### 3 Design, instrumenter og gjennomføring

på gjennomføringsdagen for å se at alle retningslinjene ble overholdt. Etter disse rapportene å dømme har gjennomføringen foregått så godt som uten problemer på skolene.

En annen viktig form for kvalitetssikring og -kontroll fant sted i forbindelse med rettingen av oppgavene. Koding av elevsvar på de åpne oppgavene ble gjennomgått i detalj på et internasjonalt prosjektmøte. På et utvalgt sett av oppgaver ble det delvis hentet inn fra generalprøven og delvis utviklet mange mønsterbesvarelser for demonstrasjon og trening. De nasjonale gruppene som rettet de åpne oppgavene, måtte også gjennom opplæring, trening og diskusjon for hver oppgave. Selve rettingen i hvert land foregikk etter en bestemt plan, og i denne planen inngikk det at noen av de åpne oppgavene ble rettet av flere personer uavhengig av hverandre. Dermed kunne den såkalte sensor-reliabiliteten studeres i hvert land, ved å se på hvor stor prosent av elevsvarene oppgave for oppgave som ble vurdert forskjellig av ulike sensorer. Det kunne konstateres at kvaliteten av rettingen var bra, og at innslagene av forskjellig retting var små og bidro lite til variasjonene i prestasjoner. Overensstemmelsen i poeng (0 vs. 1 poeng eller 0 vs. 1 vs. 2 poeng) var godt over 90 % for de aller fleste oppgavene i alle land, deriblant vårt eget. Det ble også gjennomført en *internasjonal* undersøkelse av sensorreliabiliteten blant sju land. Det skjedde ved at i alt rundt 900 elevbesvarelser på engelsk på til sammen ni åpne oppgaver ble sendt ut og ble rettet (kodet) av nasjonale representanter for «rettekorpset» i hvert av landene. Her kunne man sammenlikne på tvers av land for å sjekke om noen land systematisk hadde vært «mildere» eller «strengere» i vurderingen sin. Totalt ble det funnet få slike eksempler, og ingen av disse kan sies å utgjøre en trussel mot den internasjonale reliabiliteten.

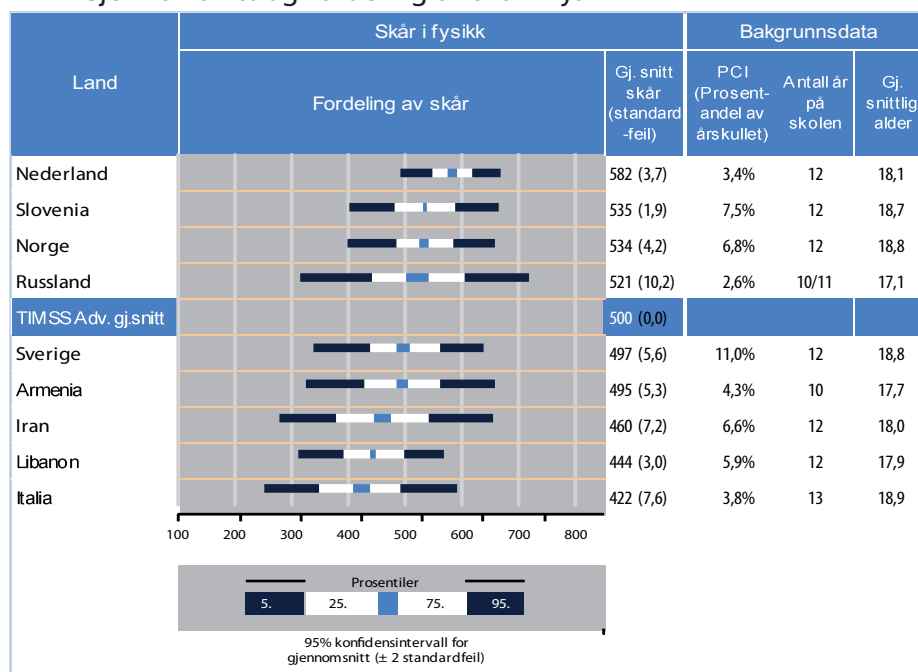
Alle trinnene i kvalitetssikringen er behørig beskrevet, og omfanget og betydningen av dem analysert og rapportert. Vi konstaterer at dataene på mange viktige områder er kvalitetssikret og framstår med høy kvalitet. Svært mye er altså gjort for at dataene i prosjektet virkelig er sammenliknbare på tvers av land og også kan sammenliknes med 1995-data med god presisjon. Det er publisert en internasjonal teknisk rapport som dokumenterer alt dette i detalj (Arora et al., 2009).



## 4 Hovedresultater i fysikk

### 4.1 Internasjonale sammenlikninger av prestasjoner

#### 4.1.1 Gjennomsnitt og fordeling av skår i fysikk



Figur 4.1 Internasjonale resultater i fysikk (Resultatene for Nederland og særlig Slovenia er litt mindre pålitelige enn for de andre landene siden kravene til deltakerprosent ikke ble helt oppfylt.)

Figur 4.1 er en omfattende presentasjon av elevenes prestasjoner i fysikk i hvert land, både grafisk og i tabellform. I tillegg til gjennomsnitt og fordeling av prestasjoner er det vist elevenes alder og hvor stor andel av årskullet de representerer (PCI). Første tabellkolonne viser skårverdien for hvert land, gitt på en skala der det internasjonale gjennomsnittet (i 1995) er satt til 500 og

#### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

standardavviket (i 1995) til 100 poeng. I parentes er standardfeilen angitt, en størrelse som gir informasjon om usikkerheten knyttet til disse gjennomsnittsverdiene (se vedlegg). Til venstre for disse kolonnene er fordelingen av elevenes skår vist i et diagram som angir 5-, 25-, 75- og 95-prosentilene. Det mørke feltet i midten angir gjennomsnittsverdien med 95 % konfidensintervall (to standardfeil i hver retning). Rekkefølgen av land framstår her som en rangeringsliste satt opp etter fallende gjennomsnittsverdier. Men det er viktig å peke på at denne rangeringen alene ikke gir noen god rangering etter kvalitet i utdanningen. Prestasjonsmålene må i høyeste grad vurderes i sammenheng med både elevenes alder og hvor utvalgte de er ut fra elevkullet (PCI). Og ikke minst er det selvsagt mange faktorer i samfunnet utenfor skolen, både økonomiske og kulturelle, som sterkt påvirker forutsetningene for undervisning og læring. Vi kommer derfor bare i liten grad til å kommentere resultater for land som står oss fjernt i så henseende (se kapittel 1.1).

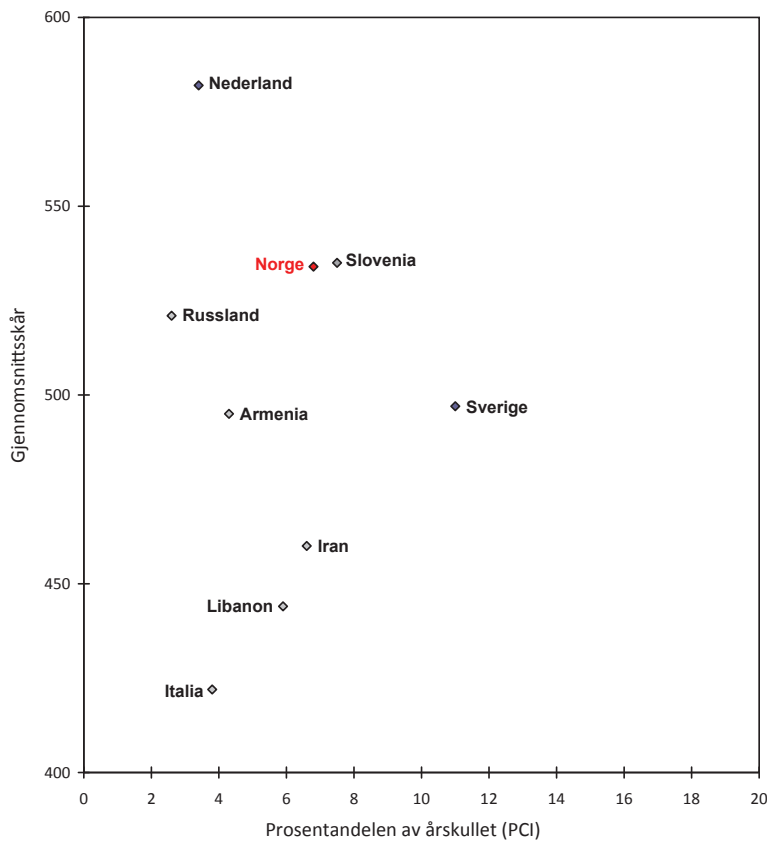
Norge befinner seg, som det framgår av figuren, blant de landene som har oppnådd de høyeste gjennomsnittsskårene. Bare nederlandske elever skårer signifikant høyere enn norske elever. Nederland framstår imidlertid med et mer «elitistisk» utvalg av elever når det gjelder fysikk i videregående skole, men også med yngre elever. Svenske elever representerer derimot et større elevutvalg enn de andre landene, og de skårer omtrent som gjennomsnittet (for 1995). Ellers vil vi konstatere at Slovenia, som det siste av våre referanseland, skårer omtrent som Norge, og også elevene er påfallende like de norske både i alder og i andel av årskullet (PCI, Physics Coverage index, se 1.1). Vi minner om at data fra Slovenia må tas med større forbehold enn for de andre landene (se 1.1) på grunn av lav deltakelse. Vi konstaterer for øvrig at italienske elever skårer svakt, men vi vil i liten grad diskutere situasjonen i Italia i denne boka.

Når det gjelder spredningen av skår for hvert enkelt land, kan vi sammenlikne lengden av søylene i figur 4.1. Den varierer mye fra land til land, med påfallende lav spredning i Nederland og usedvanlig høy spredning i Russland. I vårt land er den nokså gjennomsnittlig.

I figur 4.2 har vi illustrert kombinasjonen mellom gjennomsnittsprestasjon og PCI for landene. Dette er en annen måte å sammenlikne situasjonen i deltakerlandene når det gjelder elevenes fysikk-kompetanse. Det «ideelle» for et land er å bli plassert høyt oppe og til høyre i grafen. Her er det naturlig å minne om at det er en uttalt målsetting i vårt land om å øke andelen som velger realfag. Hvilket land som framstår som «best» her, avhenger av



øynene som ser. En slik framstilling inviterer til en diskusjon i hvert land om hvor «gode» versus hvor «spesialiserte» man vil ha som mål at fysikkelevne skal bli. Figur 4.2 viser at norske elever i og for seg presterer rimelig bra ut fra elevandelen. Svenske elever har en betydelig høyere PCI, men altså med lavere skår enn norske.



Figur 4.2 Sammenhengen mellom landenes gjennomsnittsskår og prosentandelen av årskullet (PCI)

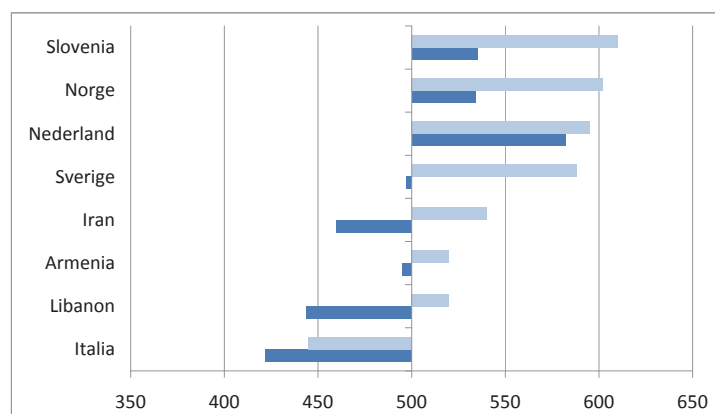
#### 4.1.2 Resultater for de 3 prosent beste av årskullet

Vi har allerede påpekt det problematiske ved direkte å sammenlikne land med så store variasjoner i PCI (og alder). For å utdype dette noe, har vi beregnet verdier for de 3 % beste av årskullet i hvert land. Når vi her har valgt denne grensen, er det fordi dette representerer verdier nokså nær PCI for det

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

høyest skårende landet, Nederland, og også fordi vi dermed kan regne ut sammenliknbare verdier for alle landene unntatt Russland (som likevel er så forskjellig også i alder). For å gjøre den beregningen har vi systematisk fjernet de svakeste elevene i hvert land, slik at de resterende tilsvarer 3 % av årskullet. Vi har da gjort forutsetningen at de ungdommene i årskullet som *ikke* er representert i utvalget fordi de *ikke* tar et videregående kurs i fysikk, er altfor svake i fysikk til å kunne komme med blant de 3 % beste i en tenkt prøve.

Situasjonen er illustrert i figur 4.3, der resultatene for alle elevene og for de 3 % beste er vist under hverandre. Figuren viser at noen land med en stor andel fysikkelever får et betydelig bedre resultat når vi sammenlikner de 3 % beste elevene i årskullet. Landene er rangert etter prestasjonene til disse tre prosentene. På figuren har vi til sammenlikning også vist landenes *totale* gjennomsnittsskår. Russland, som har en PCI som er lavere enn 3 %, er ikke med i figuren. Vi ser her at når vi sammenlikner de 3 % beste elevene i hele årskullet (under de gitte forutsetningene), ligger ikke lenger Nederland spesielt gunstig an. Faktisk er det grunn til å hevde at når det gjelder virkelige «spesialister» i fysikk, de 3 % beste «fysikerne» i ungdomskullet, framstår Slovenia og Norge som bedre og Sverige som ikke mye dårligere forspent med kompetanse enn Nederland.



Figur 4.3 Resultater for (og sortert etter) de 3 % beste av årskullet i hvert land (lyse søyler). Også resultater for hele utvalget av alle elever er vist (mørke søyler). Feilmarginer er omtrent som for figur 4.1.

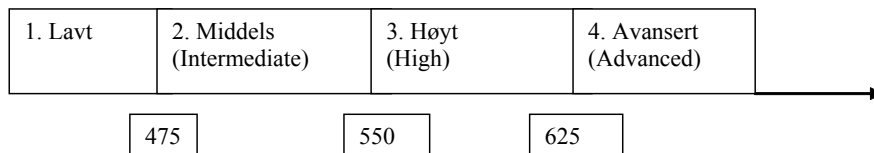
For øvrig kommer Italia med en PCI på 3,8 % bemerkelsesverdig dårlig ut uansett hvordan vi ser på det. Italias 3 % beste i fysikk skårer i gjennomsnitt

langt dårligere enn det totale internasjonale gjennomsnittet (dvs. i 1995, altså 500 poeng).

## 4.2 Fordeling etter kompetansenivåer

### 4.2.1 Definisjon av kompetansenivåene

Den internasjonale skalaen for prestasjoner på fysikkprøven er, som forklart tidligere, 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», som vi vil kalle dem. Figur 4.4 illustrerer de tre nivågrensene og de tilhørende fire nivåene



Figur 4.4 Nivåer og nivågrenser for fysikkkompetanse i TIMSS Advanced

Fordelingen av elever på hvert av disse nivåene i et land er en fin måte å diskutere den samlede fysikkkompetansen på. For å gjøre dette vil vi først definere hver av disse nivågrensene. «Scale anchoring» er et viktig begrep i den sammenheng (Kelly, 1999; Mullis et al., 2009). Det innebærer at man ved hjelp av oppgavens 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 skalaen er knyttet til, eller «forankret» til beskrevet kompetanse ved tre nivågrenser.

Forenklet kan framgangsmåten beskrives slik: For at en flervalgsoppgave skal «forankre» på *Advanced benchmark* på 625 poeng, kreves det at minst 65 % av elevene på dette punktet på skalaen og under 50 % på nivågrensen nedenfor (550 poeng) svarer riktig. Det samme gjelder for elevene på nivået nedenfor, 550 poeng og ned til 475 poeng. For åpne oppgaver, der det ikke forekommer gjetting eller svar ved eliminering, er kriteriene satt litt

annerledes. Her er det tilstrekkelig at 50 % av elevene får «fullt hus» (ett eller to poeng) på oppgaven. På den måten sitter man med et bestemt utvalg av oppgaver som forankrer hver av de tre poenggrensene. På et internasjonalt møte (der bl.a. to av forfatterne deltok, SL og CA) arbeidet vi oss fram til kompetansebeskrivelser for hver av disse poenggrensene ut fra en omfattende diskusjon og analyse av hva hver av de aktuelle oppgavene krevde. Det er viktig å legge merke til at etter en slik prosess kan vi ikke beskrive kompetansen til elever under 475 poeng på annen måte enn at de *ikke* har nådd *Middels* nivå. Vi vil i denne boka betegne disse elevene som elever på *Lavt* nivå, selv om denne betegnelsen ikke brukes internasjonalt. Men vi må være oppmerksom på at dette «nivået» ikke er begrenset nedad, og derfor omfatter det også elever som nesten ikke kan noe som helst i fysikk. Det er naturlig her å peke på at prøven i stor grad er tilpasset nivået slik det var for fysikkspesialistene i 1995, nettopp for å kunne måle endringer over tid.

Beskrivelsene av hver poenggrense/benchmark er gitt nedenfor. Som det framgår, er beskrivelsen i liten grad formulert i generalisert form. For å knytte kompetansebeskrivelsen til det som er målt, er det ansett som viktig å ikke formulere kompetansene for fjernt fra det oppgavene faktisk handlet om.

#### *Avansert nivå (625 poeng)*

**Elevene kan kombinere og anvende begreper og lover i fysikk til å løse komplekse problemer i forskjellige situasjoner.**

Elevene kan kombinere begrepsforståelse resonnement og utregninger til å løse problemer. De kan også velge ut relevant informasjon og fortolke og anvende data fra grafer og diagrammer. Elevene kan kombinere og anvende begreper og lover i mekanikk, inkludert bevegelsesmengde, i sammensatte problemsituasjoner. De kan anvende Ohms og Joules lover på sammensatte kretser, og de kan identifisere retningen til krefter på en leder i et magnetfelt. De kan også bestemme retning og størrelse til resulterende kraft og til elektrisk felt fra et arrangement av ladde partikler. Elevene kan løse problemer ved å anvende sine kunnskaper om varmeledning. De kan sammenlikne lengder ved å anvende lengdeutvidelseskoeffisienter, og de kan anvende gasslovene til å løse enkle problemer. De kan også anvende sin kjennskap til notasjon og konserveringslover for ladning og nukleontall på situasjoner med radioaktivitet og andre kjernereaksjoner.

*Høyt nivå (550 poeng)*

Elevene kan anvende grunnleggende lover i fysikk til å løse problemer i forskjellige situasjoner.

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.

*Middels nivå (475 poeng)*

Elevene kan demonstrere kunnskaper om fysikk som ligger bak en rekke fenomener de møter i dagliglivet.

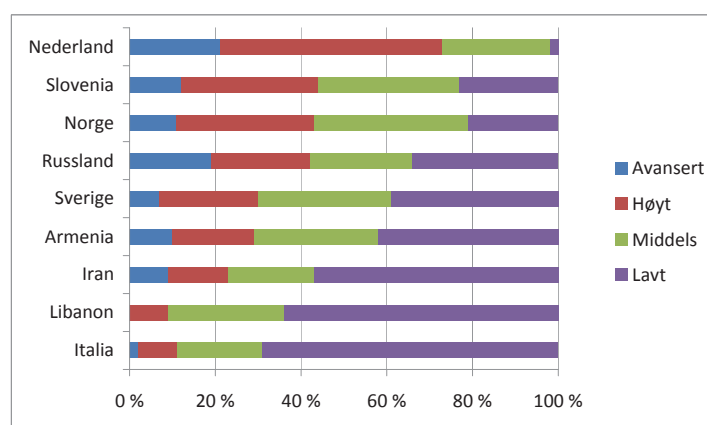
Elevene kan anvende grunnleggende lover i mekanikk på situasjoner som involverer fritt fall, sirkelbevegelse og bølgebevegelse. De kan også anvende kunnskap om varme og temperatur i ulike sammenhenger, slik som varmeoverføring, årsaken til drivhuseffekten, og trykkets rolle for sammenhengen mellom temperatur og høyde over havet. Videre kan de relatere ulike typer elektromagnetisk stråling til bølgelengden, og de forstår diagrammer for enkle strømkretser. Elevene kan demonstrere kunnskap om atomkjerner og deres notasjon, og de kan anvende kunnskaper om fotoelektrisk effekt.

#### 4.2.2. Fordeling etter nivåer

Figur 4.5 viser hvordan elevene fordeler seg på kompetansenivåer i alle deltakerlandene. Åpenbart er denne fordelingen påvirket både av gjennomsnitt og av spredning av elevenes resultater, som allerede er gjengitt tidligere (figur 4.1). Men her blir en annen side ved resultatene belyst. I figuren er landene sortert etter gjennomsnittsresultater, men man kan selvsagt sortere landene etter andel på et hvilket som helst nivå. Så lenge vi bare ser på prosentandelen av de som er representert i undersøkelsen, gir denne figuren et godt bilde av fordelingen

#### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

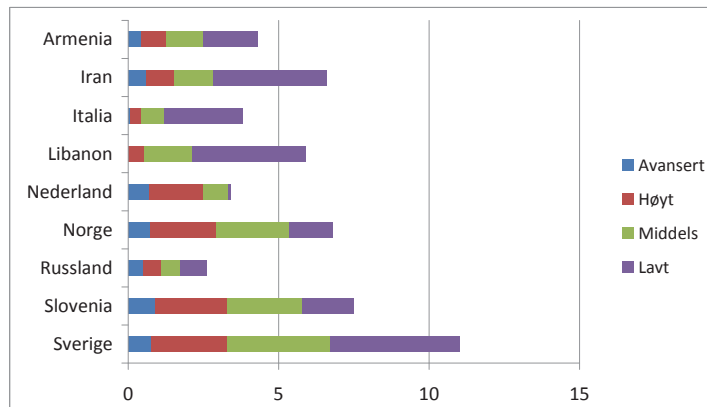
av fysikkkompetanse. Nederland og Russland har klart høyest andel på *Avansert* nivå, men elevene i disse landene er jo også de mest spesialiserte. Andelen som når minst *Høyt* nivå, er tydelig høyest i Nederland (73 %), etterfulgt av Slovenia, Russland og Norge (alle litt over 40 %). Når det gjelder andelen på *Lavt* nivå, er den spesielt lav i Nederland.



Figur 4.5 Prosentfordeling etter kompetansenivåer for de deltagende elevene i hvert land (Feilmarginer for hvert nivå er av størrelsesorden noen få prosentpoeng.)

En annen måte å illustrere situasjonen på er å ta hensyn til PCI og se på prosentfordelingen av *hele elevkullet*. Prosenttallene blir da selvsagt lave, men de forteller likevel noe viktig om fordelingen av fysikkkompetanse blant ungdommene i hvert land totalt sett. Figur 4.6 viser nettopp det. Lengden av hver hele søyle utgjør her prosentandelen som er representert i utvalgene, altså PCI. Sett i dette perspektivet er det vanskelig å si hvilket land som er «best», og derfor står landene i alfabetisk rekkefølge. Hvilket land som skårer «best», er jo åpenbart avhengig av hva man legger mest vekt på. I dette perspektivet står det for eksempel ikke spesielt bedre til i Nederland enn i Sverige, Slovenia og Norge. Vi kan imidlertid konkludere med at Norge sammenliknet med de andre deltakerlandene framstår som blant de «beste» uansett hvilket kompetansenivå vi er mest opptatt av.

## 4 Hovedresultater i fysikk



Figur 4.6 Prosentfordeling på kompetansenivåer sett i sammenheng med årskullet

### 4.3 Sammenlikninger med TIMSS-undersøkelsen i 1995

#### 4.3.1 Endring i PCI og prestasjoner

Så langt i vår framstilling framstår de norske resultatene som rimelig gode sammenliknet med andre deltakerland. Men den kanskje viktigste grunnen til at norske myndigheter var spesielt interessert i at TIMSS Advanced skulle bli gjennomført med norsk deltakelse, var at det ville by på en enestående mulighet for å sammenlikne med TIMSS-resultater for tilsvarende gruppe av fysikkelever i 1995. Som pekt på tidligere er derfor trend-data for vårt eget land av spesiell interesse: Hvordan presterer norske fysikkelever nå i forhold til i 1995? En stor andel «ankeroppgaver» har muliggjort en «test equating» prosedyre, noe som betyr at elevene i 2008 er målt på *samme skala* som i 1995. (Vi minner om at resultatene fra 1995-undersøkelsen er regnet om igjen på en litt annen og mer sofistikert måte enn den gangen, så de detaljerte skårverdiene publisert i 1995 gir ikke et helt riktig sammenlikningsgrunnlag.)

Tabell 4.1 viser noen sentrale data om sammenlikninger mellom 1995 og 2008 for de fire landene som var med i begge undersøkelsene. Og for de tre siste landenes vedkommende dreier det seg om en sterk faglig tilbakegang i fysikk. Når det gjelder Slovenia, vil vi ikke legge særlig vekt på disse resultatene, siden dataene er lite sammenliknbare på grunn av enormt store endringer i PCI. For øvrig var det betydelig usikkerhet knyttet til representativiteten av dataene, særlig den usedvanlig høye PCI-en i 1995. Også i 2008 var det problemer med dataene fra dette landet (se 1.1). En så utrolig sterk tilbakegang i andelen elever som tar fysikk, representerer i seg selv en sterk

#### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

svekkelse av den nasjonale kompetansen også for dette landet. Vi konstaterer derfor at for de landene der vi kan sammenlikne, med forbehold om at endringen i Russland ikke er signifikant, framstår «fysikkspesialistene» som tydelig svekket.

Tabell 4.1 Trend-data om PCI og prestasjoner.  
Landene er sortert etter graden av endring.

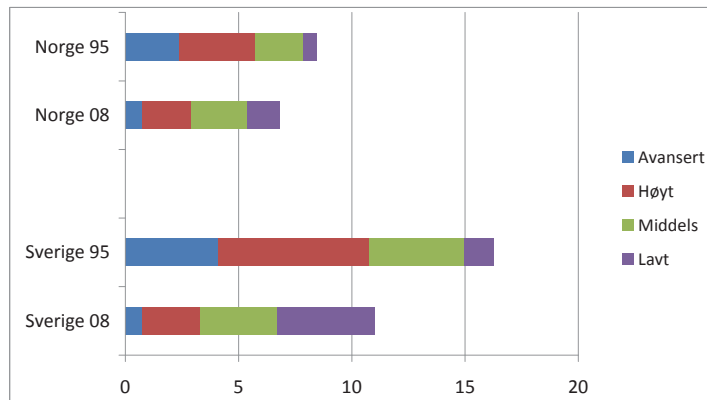
	PCI 1995	PCI 2008	Gjennomsn. skår 1995	Gjennomsn. skår 2008	Endring (standardfeil)
Slovenia	39 %	7,5 %	532	535	3 (13)
Russland	1,6 %	2,6 %	546	521	-24 (15)
Norge	8,4 %	6,8 %	581	534	-47 (7)
Sverige	16 %	11 %	578	497	-81 (7)

Som vi ser av tabell 4.1, er det en spesielt kraftig tilbakegang i prestasjoner i Norge og Sverige kombinert med svekkelse av PCI. For nabolandet vårt framstår slike data som bortimot katastrofale, men også den norske tilbakegangen er formidabel. I begge landene er «fysikkspesialistene» altså blitt færre, og de framstår også med betydelig dårligere kompetanse.

Figur 4.7 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 nabolandet vårt 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.

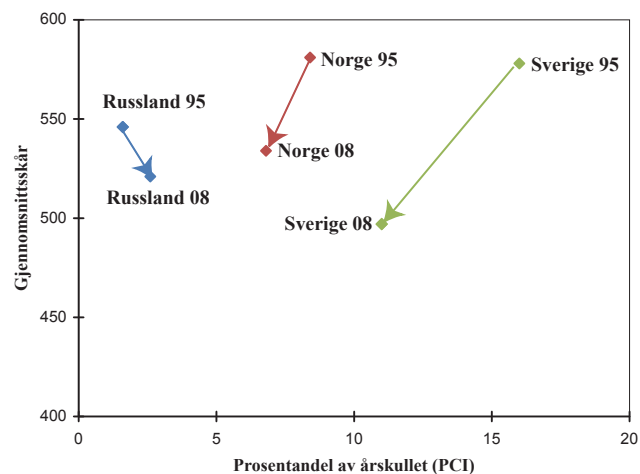


#### 4 Hovedresultater i fysikk



Figur 4.7 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.)

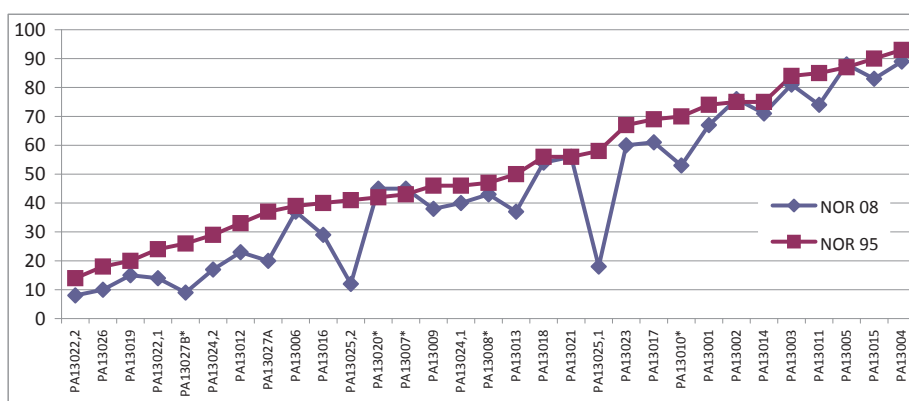
En annen måte å anskueliggjøre endringen fra 1995 til 2008 på er vist i figur 4.8. Endringen er her vist både for Sverige og for Russland i tillegg til vårt eget land. Tilbakegangen for Norge gjelder både gjennomsnittlige prestasjoner og prosentandelen av årskullet som dette gjennomsnittet representerer (PCI). Forandringen innebærer en utvikling nedover og til venstre i figuren. Det framgår også at utviklingen i Sverige har gått i samme retning, men enda mye mer dramatisk. Derimot er nedgangen for Russlands vedkommende til en viss grad kompensert med en økende PCI.



Figur 4.8 Sammenhengen mellom landenes gjennomsnittsskår og prosentandelen av årskullet (PCI) i 1995 og 2008

#### 4.3.2 Sammenlikning for hver av trendoppgavene

Figur 4.9 viser en oversikt over alle oppgavene i 2008 som også ble brukt i 1995. For hver oppgave er antall prosent riktige svar vist både for 1995 og for 2008. Topoengsoppgaver er her framstilt som to oppgaver, én for prosentandelen som klarte det første poenget, og én for andelen som *i tillegg* fikk det andre poenget. De fem oppgavene som ikke telte med ved beregningen av testskår, er merket med stjerne (langs x-aksen).



Figur 4.9 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.)

Det framgår av figur 4.9 at så godt som hver eneste oppgave viser en nedgang fra 1995 til 2008 når det gjelder andel riktige svar. Faktisk er det slik at de to eneste oppgavene som kan vise til en (riktignok ørliten) framgang, ikke fungerte tilfredsstillende, fordi de hadde for lav diskriminering. Resultatene fra disse oppgavene er derfor ikke pålitelige nok til å telle med ved beregning av fysikkskår (se kapittel 3.1.1). Det mest påfallende vi kan slutte fra figur 4.9, 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 kan også se på gjennomsnittlig prosent riktig svar på trendoppgavene. For Norge var den 54 prosent i 1995, mens den var 45 prosent i 2008. Til sammenlikning var gjennomsnittlig prosent riktig svar for norske elever 47 prosent på hele testen i 2008.

Vi synes derfor å stå overfor en nødvendig erkjennelse av at norske «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. Og det kaller selvsagt på en diskusjon og forsøk på en forklaring. Dette temaet vier vi stor oppmerksomhet i det avsluttende kapitlet i boka. I kapittel 5 vil vi studere nærmere hvordan nedgangen fortoner seg når vi tar for oss hvert av de fire fagemnene og de tre kognitive kategoriene hver for seg.

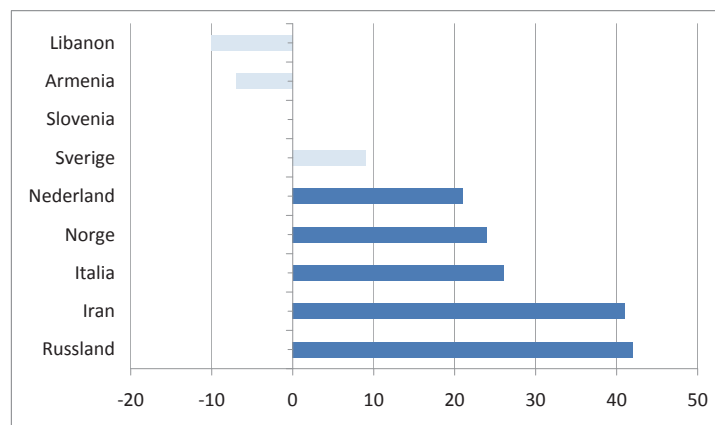
## 4.4 Kjønnforskjeller i fysikkprestasjoner

### 4.4.1 Internasjonalt

«Jenter og fysikk» har lenge vært et problematisk område i norsk skole, både når det gjelder valg av og prestasjoner i faget. Boka «Myke» jenter i «harde» fag? (Lie & Sjøberg, 1984) drøftet situasjonen og mulige virkemidler. I 1995 var det 26 % jenter som tok fysikk til topps på videregående skole, og i TIMSS i 1995 skåret jentene så mye som 51 poeng lavere enn guttene. Poengene var den gangen målt langs samme skala som i 2008. Situasjonen i Sverige var nokså nær den samme både i valg og i prestasjoner. Men det skal også legges til at i andre land forekom både mye større (Tsjekkia, Sveits, Østerrike, Russland) og mye mindre (USA, Frankrike, Hellas) forskjeller mellom kjønnene.

Når det gjelder norske kjønnforskjeller på fysikktesten i 2008, er det for det første en svak økning i jenteandelen fra 1995, men ikke mer enn til 29 % (se tabell 4.2). To forhold er ellers interessante, det gjelder forskjeller i total skår og forskjeller i prosentfordelingen etter kompetansenivåene. Figur 4.10 illustrerer det første temaet. Her er differansen mellom guttenes og jentenes gjennomsnittsverdier framstilt for hvert land. Positiv retning på figuren gjelder forskjeller i guttenes favør, siden guttene skårer høyest i de fleste landene.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 4.10 Differansen mellom guttenes og jentenes gjennomsnittlige testskår i fysikk. Positiv retning betyr i guttenes favør, og lyse søyler betyr at differansen ikke er signifikant.

Fra figur 4.10 framgår det at guttene skårer klart best i fem av landene, deriblant Norge. For fire lands vedkommende er forskjellene små og ikke signifikante. Det er altså en påfallende forskjell mellom landene når det gjelder kjønnsforskjeller. Men en diskusjon om dette må selvsagt også ta med i betraktningen hvordan kjønnsfordelingen er blant elevene som velger fordypning i fysikk.

Tabell 4.2 Jenteandel og kjønnsforskjeller i testskår (i guttenes favør) samt PCI for hvert kjønn

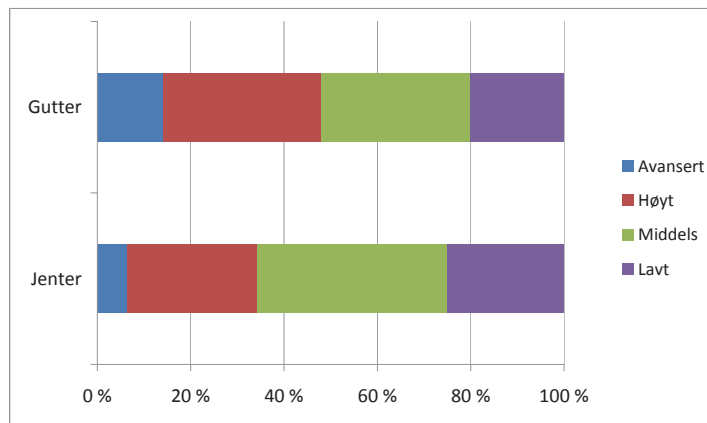
	Andel jenter	Differanse i testskår (Standardfeil)	PCI jenter	PCI gutter
Nederland	19 %	20 (4)	1,3 %	5,5 %
Norge	29 %	25 (6)	3,9 %	9,7 %
Slovenia	27 %	0 (7)	4,1 %	11 %
Sverige	35 %	9 (6)	7,7 %	14 %

Tabell 4.2 inneholder noen nøkkeltall for en sammenlikning mellom Norge og våre referanseland. Her er prestasjonsforskjellene vist sammen med både jenteandelen i prosent og PCI-indeksen (andelen av årskullet som tar 3FY) for hvert kjønn for seg. Særlig Sverige, men også Slovenia, framstår med en mye bedre kjønnsbalanse enn Norge (og Nederland) når det gjelder kombinasjonen av testskår og PCI. De svenske resultatene i fysikk framstår stort sett ikke

som særlig forbilledlige, men akkurat på dette området har vi tydeligvis noe å lære. For øvrig henviser vi til tabell 1.1 for jenteandelen i *alle* deltakerlandene.

#### 4.4.2 Nasjonalt

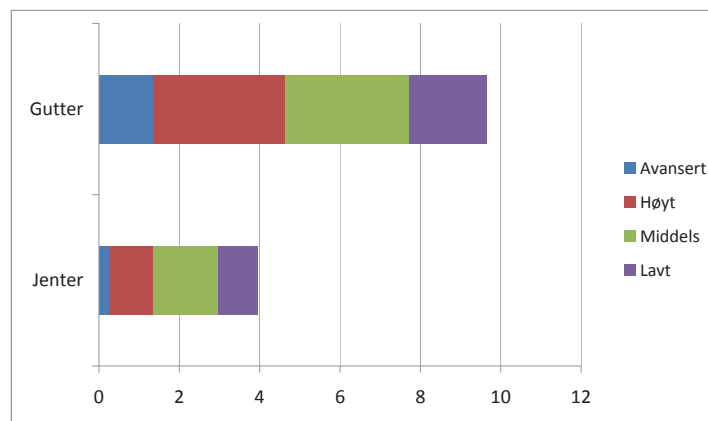
Her vil vi gå litt mer i detalj inn på kjønnsforskjellene i prestasjoner for vårt eget land. Figur 4.11 illustrerer hvordan kjønnsforskjellene fortoner seg fordelt etter kompetansenivåer for norske gutter og jenter hver for seg. Guttene skårer i gjennomsnitt høyere, og det betyr at det selvsagt er forholdsvis flere gutter enn jenter på høye nivåer og færre gutter enn jenter på lavere nivåer.



Figur 4.11 Fordeling etter nivåer i prosent av alle norske fysikkelever for hvert kjønn (Feilmarginer for hvert nivå er omtrent 5 prosentpoeng, størst for jentene.)

En annen måte å vise kjønnsforskjellene på er å ta hensyn til at bare 29 % av fysikkelevne er jenter, noe som i henhold til tabell 4.2 svarer til en PCI på 3,9 %, mens PCI for guttene er 9,7 %. Fra dette og nivåfordelingen for hvert kjønn kan vi i analogi med figur 4.6 og 4.7 vise hvordan hele årskullet av jenter og hele kullet av gutter er representert på ulike nivåer når det gjelder fysikkkompetanse. Dette er vist i figur 4.12. Her er en dobbel effekt i guttenes favør visualisert: For det første er det godt over dobbelt så mange gutter som jenter som velger 3FY, og for det andre 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.

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 4.12 Prosentandel av årskullet på ulike kompetansenivåer for hvert kjønn for seg

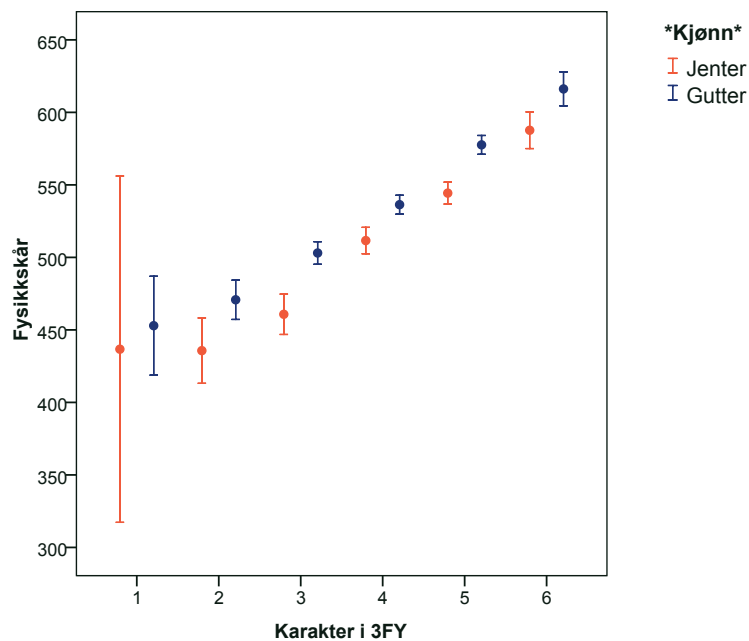
Vi beskrev nedgangen i kompetanse siden 1995 i kapittel 4.3.1. Denne trenden kan vi også studere for hvert kjønn for seg. Fra 1995 var nedgangen for alle elevene 47 poeng. Begge kjønn har en signifikant tilbakegang, men jentenes tilbakegang er betydelig mindre enn guttenes, henholdsvis 36 og 50 poeng. 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 unektelig også et betydelig «skår» i gleden.

Ser vi på resultatene internasjonalt, er det verdt å merke seg at det har skjedd en betydelig endring i jentenes favør jevnt over. I 1995 lå guttens forsprang mellom 83 og 28 poeng blant 15 land, mens det i 2008 varierte fra 43 poeng i guttenes favør til 10 poeng i jentenes favør blant ni land.

Et annet tema er sammenhengen mellom fysikkprestasjonene i TIMSS Advanced og den karakteren i 3FY som elevene har rapportert fra første termin. For å studere denne sammenhengen i et kjønnsperspektiv har vi i figur 4.13 framstilt data for jenter og gutter hver for seg. Og her framkommer et tydelig trekk: For samme karakter i 3FY skårer guttene betydelig og signifikant høyere enn jentene i TIMSS Advanced. (Svært få elever har rapportert karakteren 1, og noen av disse har ikke oppgitt kjønn, derfor er data

for denne gruppen ikke noe å feste seg ved.) Eller sagt på en annen måte, for gutter og jenter med samme prestasjoner i TIMSS Advanced, får jentene omtrent en hel karakter bedre terminkarakter i kurset 3FY. Jentene rapporterer i gjennomsnitt signifikant bedre karakterer enn guttene i skolekurset 3FY, 4,25 mot guttenes 4,08, med feilmarginer på omtrent 0,1.

Jentene framstår som gjennomgående mer samvittighetsfulle og lærer seg «pensum» i større grad enn guttene. Men når de blir spurt om ting på en litt uvanlig måte eller om noe som ligger litt utenfor pensum, har de en tendens til å ha større problemer enn guttene. I kapittel 5.3, og spesielt i tabell 5.3 og 5.4, har vi presentert data om oppgaver som viser de største forskjellene i hvert kjønns favør. Der peker vi på at det typiske er at «jenteoppgavene» i stor grad handler om typisk lærestoff i 3FY, mens «gutteoppgavene» i større grad representerer stoff som krever en dypere forståelse og bredere kjennskap til fenomener i fysikk. Det samme forholdet mellom kjønnene ble påpekt av Angell (1996) om fysikkundersøkelsen i 1995.



Figur 4.13 Gjennomsnittlig fysikkskår med konfidensintervaller som funksjon av 3FY-karakter i første termin for norske jenter og gutter hver for seg

#### 4.5 Andre forskjeller mellom elever

To andre forskjeller mellom elevene er også verdt å nevne, selv om disse forskjellene ikke spiller noen stor rolle i en videre sammenheng. For det første fulgte de aller fleste 3FY-elevne også matematikkurset 3MX, det gjelder så mye som 95 % av dem. Henholdsvis rundt 2 og 3 % av elevene hadde kurset 3MZ og ikke noe matematikkurs. De 28 elevene med 3MZ skåret i gjennomsnitt 447 poeng, altså så mye som rundt 90 poeng svakere enn elevene med 3MX, som skåret 537 poeng. Elevene uten matematikk dette året skåret 491 poeng. Noen av disse kan ha hatt 3MX som privatist.

Tabell 4.3 Sammenheng mellom fysikkskår og fødselsår

Fødselsår	Antall elever	Gj.snittlig fysikkskår
1988	91	519
1989	1493	538
1990	21	546

Et annet forhold som er verdt å trekke inn her, gjelder elevenes alder. Hvis vi ser bort fra 14 elever som er født i 1987 eller 1986, er fordelingen for de som vi har fødselsdata på, gitt i tabell 4.3. Det framgår her at elevene skårer høyere med synkende alder. Elevene født i 1988 skårer signifikant lavere enn hovedgruppen født i 1989, men elevene født i 1990 skårer ikke signifikant høyere enn hovedgruppen. Det er ikke så vanskelig å forstå denne tendensen, det handler trolig om en seleksjonseffekt ved at elever som begynner for tidlig på skolen, vanligvis har gode evner.



## 5 Resultater etter kategorier

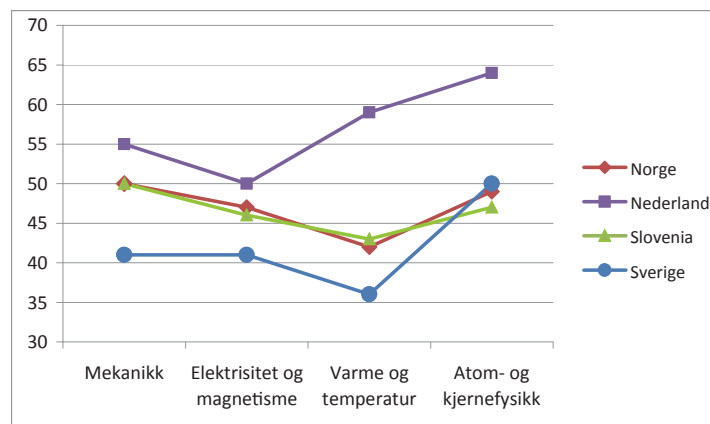
### 5.1 Prestasjoner etter faglige emner

I forrige kapittel beskrev vi ulike resultater for fysikkprestasjoner i Norge og de andre landene. Men der var det hele tiden resultatene for den samlede fysikkprøven som var tema. Dette kapitlet handler om prestasjoner for ulike kategorier av oppgaver. Først tar vi for oss de faglige emnene og ser hvordan norske, svenske, slovenske og nederlandske elever skårer på hvert av de fire fagemnene som ble definert i kapittel 2. Det var ikke nok oppgaver i hvert fagemne til å lage en god IRT-skala (se vedlegg) for hvert av de fire emnene. Den internasjonale rapporten nøyer seg med en enklere variant, nemlig å presentere gjennomsnittlig prosent riktige svar innenfor hvert emne. Og det samme gjør vi i vår presentasjon. Tabell 5.1 viser prosentandel riktige svar for hele prøven og for hvert fagemne sett under ett.

Tabell 5.1 Gjennomsnittlig prosent riktige svar for hvert fagemne  
(Feilmarginer for prosenttallene er omtrent 2 prosentpoeng.)

Land	Fysikk generelt	Mekanikk	Elektrisitet og magnetisme	Varme og temperatur	Atom- og kjernefysikk
Norge	47	50	47	42	49
Nederland	57	55	50	59	64
Slovenia	47	50	46	43	47
Sverige	41	41	41	36	50

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



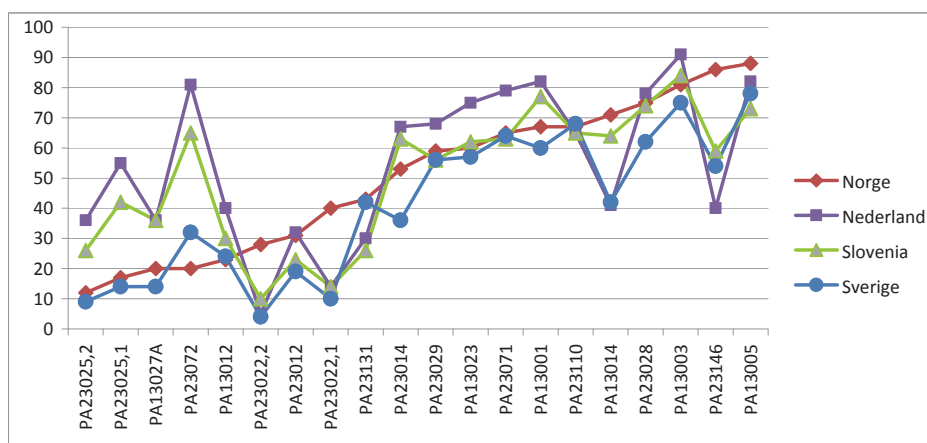
Figur 5.1 Gjennomsnittlig prosent riktige svar for hvert fagemne i de fire landene

En sammenlikning mellom de fire landene er framstilt i figur 5.1. Fra både tabellen og figuren ser vi her at norske elever viser stor likhet med elever fra Slovenia. Svenske elever framstår som relativt sterke i *Atom- og kjernefysikk*. Nederlandske elever oppnår spesielt høy skår innen *Atom- og kjernefysikk* og *Varme og temperatur* og forholdsvis lavere innen *Elektrisitet og magnetisme*. For vårt lands vedkommende noterer vi, ut fra gjennomsnittet av de fire landene, relativt sterke resultater i *Mekanikk* og *Elektrisitet og magnetisme* og forholdsvis svakere resultater i *Atom- og kjernefysikk*. Denne profilen har mye til felles med situasjonen i 1995, som er beskrevet av Angell et al. (1999), bortsett fra mye bedre resultater for den «moderne» fysikken den gangen. For eksempel er det en sterk nedgang for den frigitte oppgaven om fotoelektrisk effekt, se oppgave PA13025 i kapittel 6.

Hittil har vi sett på gjennomsnittlig svarprosent, men vi vil også presentere svarprosentene på oppgavenivå, og dette presenterer vi i fire diagrammer, ett for hvert fagemne. Oppgavene er identifisert på en slik måte at man kan finne de frigitte oppgavene igjen under gjennomgangen av enkeltoppgaver i kapittel 6. Figurene i det følgende viser  $p$ -verdier, prosent riktige svar på hver oppgave. For oppgaver som gir to poeng, er det gitt to prosenttall, ett for prosentandelen som klarte det første poenget, og ett for andelen som også fikk med seg det andre poenget. De to poengene for samme oppgave er angitt ved henholdsvis «1» og «2» etter oppgavens symbol, for eksempel PA23025,1 og PA23025,2 som er vist lengst til venstre i figur 5.2.

## 5 Resultater etter kategorier

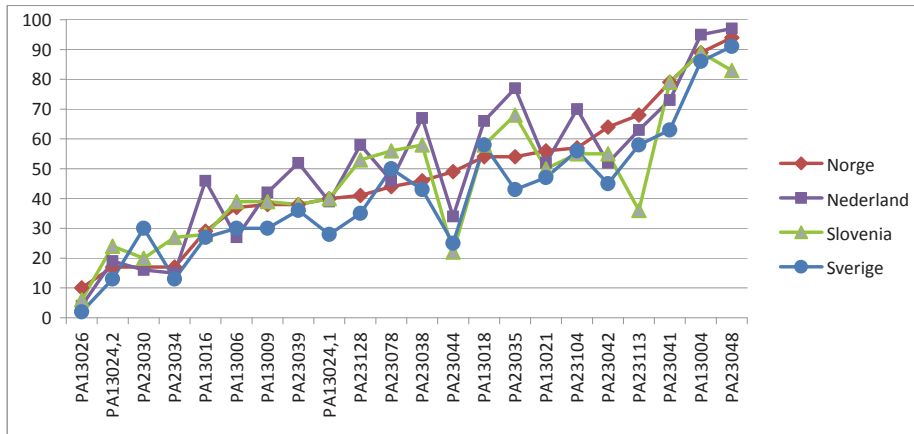
Figur 5.2 viser situasjonen i *Mekanikk*. Resultatene svinger mye fra oppgave til oppgave, men noen trekk er tydelige, særlig at svenske elever holder tydelig «følge med» de norske elevene når det gjelder de vanskeligste oppgavene. For de lette oppgavene er det elever fra Slovenia som har en profil som likner på den norske.



Figur 5.2 Prosent riktige svar i fire land på hver oppgave innen emnet *Mekanikk*. Oppgavene er sortert etter fallende vanskegrad i Norge. (Feilmarginer for prosenttallene for enkeltoppgaver er omtrent 5 prosentpoeng.)

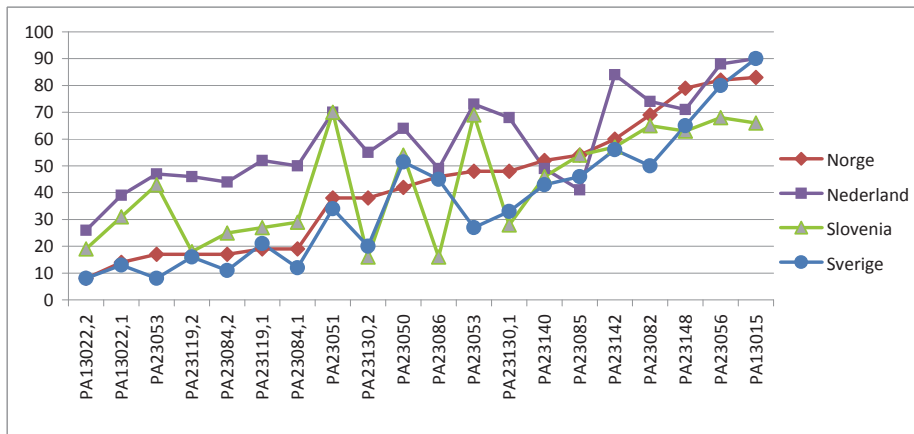
Det neste emnet er *Elektrisitet og magnetisme*, og situasjonen er framstilt i figur 5.3. Riktignok er det noen kraftige opp-og-ned-svingninger for Nederland, men landene følger hverandre noe bedre fra oppgave til oppgave enn de gjorde innen *Mekanikk*. Det tyder på relativt små forskjeller mellom landene når det gjelder hva som vektlegges i dette emnet.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 5.3 Prosent riktige svar i fire land på hver oppgave innen emnet Elektrisitet og magnetisme. Oppgavene er sortert etter fallende vanskegrad i Norge. (Feilmarginer for prosenttallene for enkeltoppgaver er omtrent 5 prosentpoeng.)

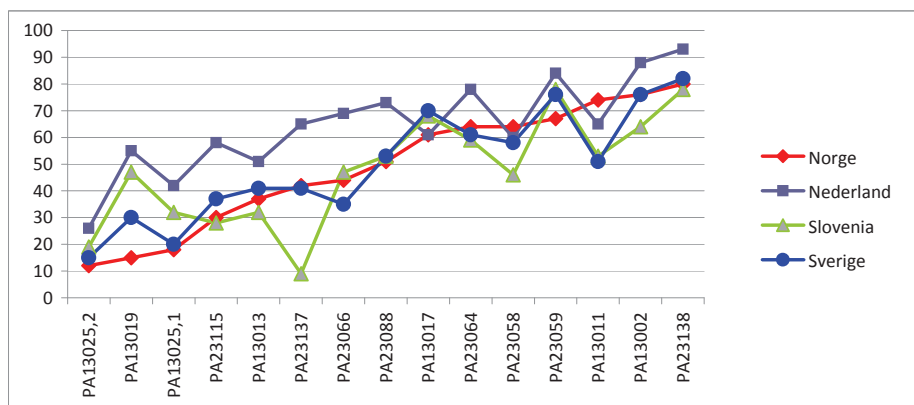
Figur 5.4 viser situasjonen i emnet *Varme og temperatur*. Her er det betydelig større forskjell mellom landene. Særlig tydelig er det at nederlandske elever skårer klart høyest nesten hele veien. Og spesielt gjelder det for den vanskeligste halvparten av oppgavene. Svenske elever avviker ikke mye fra norske på dette emnet heller, men skårer gjennomgående litt svakere.



Figur 5.4 Prosent riktige svar i fire land på hver oppgave innen emnet Varme og temperatur. Oppgavene er sortert etter fallende vanskegrad i Norge. (Feilmarginer for prosenttallene for enkeltoppgaver er omtrent 5 prosentpoeng.)

## 5 Resultater etter kategorier

Det siste emnet er *Atom- og kjernefysikk*, og figur 5.5 viser situasjonen. Vi finner her igjen mange av de samme karakteristiske egenskapene som for de andre emnene, ikke minst at nederlandske elever skårer konsistent bedre på det aller meste.



Figur 5.5 Prosent riktige svar i fire land på hver oppgave innen emnet *Atom- og kjernefysikk*. Oppgavene er sortert etter fallende vanskegrad i Norge. (Feilmarginer for prosenttallene for enkeltoppgaver er omtrent 5 prosentpoeng.)

Som en oppsummering vil vi for det første peke på at noen karakteristiske trekk går igjen fra emne til emne. Nederlandske elever skårer klart best totalt og altså også gjennomgående best på de fleste oppgavene. Norske og svenske elever likner hverandre i betydningen at profilene fra oppgave til oppgave følger hverandre. Og endelig vil vi peke på et viktig trekk ved utvalget av oppgaver: Innen hvert emne finner vi både svært lette og svært vanskelige oppgaver, spredningen av  $p$ -verdier er for Norges vedkommende omtrent fra 10 til over 80 % innen hvert av emnene. En slik høy spredning av vanskegrad er med på å gjøre fysikktesten til en god målestokk med god presisjon for fysikkkompetanse fra de svakeste til de dyktigste elevene.

## 5.2 Resultater etter kognitive kategorier

Tabell 5.2 viser prosent riktige svar for hele prøven og for hver kognitive kategori hver for seg. For norske elevers vedkommende er resultatene forholdsvis sterke for oppgaver innen kategorien *Kjennskap* og tilsvarende forholdsvis svake innen kategorien *Anvendelse*. Nederlandske elever skårer klart høyest

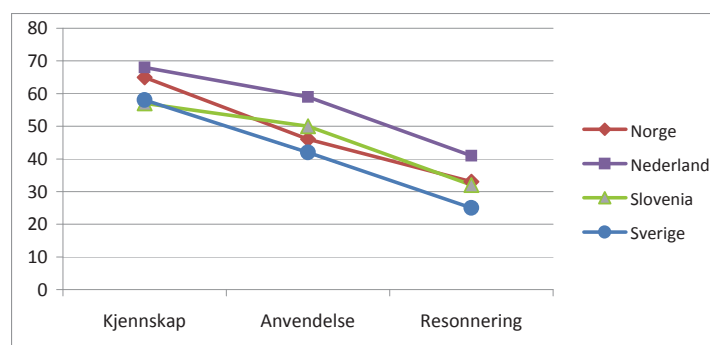
## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

innen alle tre kategoriene. For øvrig er det ingen dramatiske forskjeller mellom land når det gjelder det vi kan kalle den kognitive profilen fra kategori til kategori.

Tabell 5.2 Gjennomsnittlig prosent riktige svar for de tre kognitive kategoriene (Feilmarginer for prosenttallene er omtrent 1 prosentpoeng.)

Land	Fysikk generelt	Kjennskap	Anvendelse	Resonnering
Norge	47	65	46	33
Nederland	57	68	59	41
Slovenia	47	57	50	32
Sverige	41	58	42	25

I figur 5.6 er landene sammenliknet når det gjelder deres kognitive profil. Ikke uventet er det for alle land en sterkt fallende tendens fra venstre til høyre i figuren. Oppgaver som krever resonnering, og til dels også de som representerer en anvendelse, framstår som vanskeligere enn oppgaver som kan besvares «rett fram» ut fra kjennskap til fakta, begreper eller naturlover.

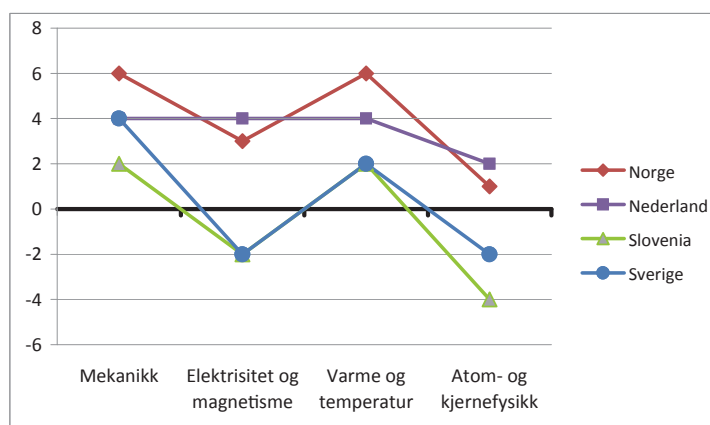


Figur 5.6 Gjennomsnittlig prosent riktige svar for de tre kognitive kategoriene i de fire landene

### 5.3 Kjønnsforskjeller

Figur 5.7 viser kjønnsforskjellene (positive i guttenes favør) når det gjelder antall prosent riktige svar på oppgavene (egentlig ut fra «fullt hus» i poeng) innen hvert fagemne for seg. Effektene er ikke store, men det er likevel en tydelig tendens til en felles profil for fire av landene: *Mekanikk* og *Varme og temperatur* framstår som «gutteemner» der kjønnsforskjellene er størst i guttenes favør. Tilsvarende får vi et bilde av *Elektrisitet* og *magnetisme* og

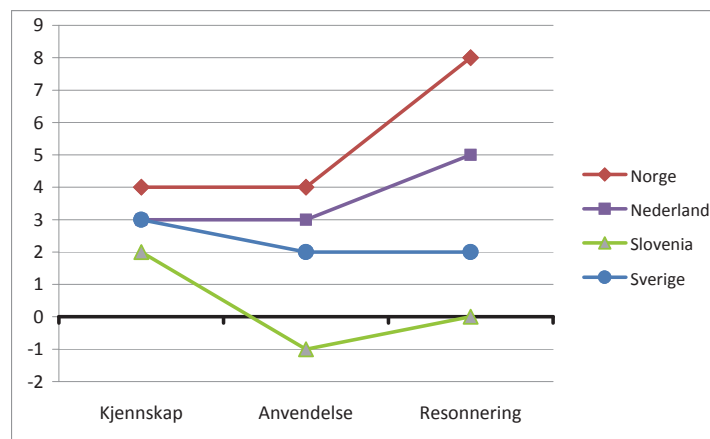
*Atom- og kjernefysikk* som «jenteemner» når vi ser det i sammenheng med kjønnsforskjeller generelt. For Norges (og Nederlands) vedkommende er det verdt å merke seg at forskjellen er positiv, altså at guttene skårer høyest, på alle fire fagemnene. Forskjellene vi har diskutert her, er imidlertid små og må ikke tillegges for stor vekt. Gjennomgående må disse kjønnsforskjellene være omtrent 3 prosentpoeng i absoluttverdi for å være signifikante.



Figur 5.7 Kjønnsforskjeller for riktige svar for hvert fagemne og for fire land, gitt i prosentpoeng i guttenes favør og avrundet til hele tall (Feilmarginer for prosenttallene er mellom 1 og 2 prosentpoeng.)

Analogt med figur 5.7 viser figur 5.8 situasjonen når vi sammenlikner de tre kognitive kategoriene. Også her kreves forskjeller på omtrent 3 prosentpoeng for at de skal bli statistisk signifikante. Det framgår av figuren at det er store forskjeller mellom land, men forskjellene markerer seg lite innenfor den «laveste» kategorien, *Kjennskap*. For de to andre kategoriene, og særlig for *Resonnering*, skårer guttene desidert mye høyere enn jentene i Norge. Sett i lys av tidligere undersøkelser om kognitive kjønnsforskjeller i naturfag i grunnskolen (se f. eks. Kjærnsli et al., 2007) var det kanskje grunn til å vente at jentene også her ville skåre forholdsvis bedre når det gjaldt mer resonnerende oppgaver. Men vi observerer det motsatte for fysikkspesialistene. Vi ser egentlig ikke at det behøver å være noen stor motsetning i dette, siden populasjonene i de aktuelle undersøkelsene er så forskjellige (fysikk i videregående for en utvalgt gruppe vs. naturfag i grunnskolen for alle).

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

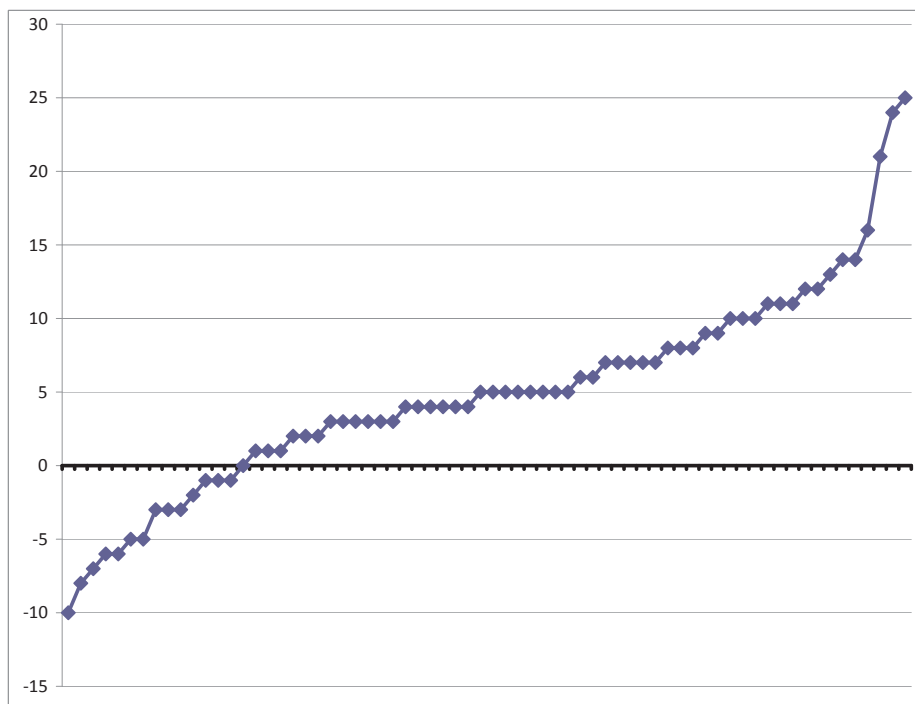


Figur 5.8 Kjønnsforskjeller for riktige svar for hvert kognitive område og for noen land, målt som prosentpoeng i guttenes favør (Feilmarginer for prosenttallene er mellom 1 og 2 prosentpoeng.)

I gjennomsnitt for alle oppgavene skårer guttene omtrent 4 prosentpoeng høyere enn jentene i vårt land. Det er også interessant å studere de målte kjønnsforskjellene oppgave for oppgave for å se om det er noe spesielt trekk ved oppgaver med store kjønnsforskjeller. På figur 5.9 har vi vist hvor stor forskjellen i prosentpoeng (i guttenes favør) er for hver eneste oppgave. Oppgavene er her sortert etter økende forskjell i guttenes favør.



## 5 Resultater etter kategorier



Figur 5.9 Fordeling av oppgaver etter økende kjønnsforskjeller i prestasjoner i vårt land, angitt i differanser i prosentpoeng riktige svar. Positive verdier betyr i guttenes favør. (Feilmarginer for differansene for enkeltoppgaver er av størrelsesorden 5 prosentpoeng.)

Som det framgår av figuren, er det noen få oppgaver med veldig store avvik fra det «normale», her definert som 10 prosentpoengs avvik fra gjennomsnittet, 4 poeng, og vi vil nå se litt på hva som skjuler seg bak disse oppgavene. Vi velger da å plukke ut som «gutteoppgaver» de seks oppgavene der guttene skårer minst 14 prosentpoeng høyere enn jentene. Og tilsvarende er det fem «jenteoppgaver» der jentene skårer minst 6 prosentpoeng høyere enn guttene.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Tabell 5.3 Oppgavene med de største forskjellene i guttenes favor. Kolonnen «G–J» viser forskjellen i prosentpoeng. Oppgaver merket \* er frigitt og derfor gjengitt og diskutert i kapittel 6.

Oppgave	G–J	Fagemne	Kognitivt	Oppg.type	Hva oppgavene handler om
PA23142 *	25	Varme	Kjennskap	Flervalg	Temperaturstråling fra jorda
PA23012	24	Mekanikk	Resonnere	Åpen	Snorstramming når et system faller
PA23014 *	21	Mekanikk	Kjennskap	Åpen	Krefter på en stein etter å ha blitt kastet
PA23050 *	16	Varme	Anvendelse	Flervalg	Forklare at metall føles kaldere enn tre
PA23084 *	14	Varme	Resonnere	Åpen	Totaltrykket i en gassblanding
PA13013	14	Atom	Anvendelse	Flervalg	Rutherford eksperiment
PA23131	13	Mekanikk	Kjennskap	Flervalg	Lysfarten uavhengig av relativ bevegelse

Tabell 5.4 Oppgavene med de største forskjellene i jentenes favor. Kolonnen «J–G» viser forskjellen i prosentpoeng. Oppgaver merket \* er gjengitt og diskutert i kapittel 6.

Oppgave	J–G	Fagemne	Kognitivt	Oppg.type	Hva oppgavene handler om
PA13017	10	Atom	Anvendelse	Flervalg	Betingelser for fotoelektrisk effekt
PA23128 *	8	Elektr.	Kjennskap	Åpen	Hvorfor vi ikke blir solbrent bak glass
PA13011	7	Atom	Kjennskap	Flervalg	Årsak til Fraunhofer-linjer
PA23041	6	Elektr.	Kjennskap	Åpen	Forklare hvilke størrelser symboler står for
PA23137	6	Atom	Kjennskap	Åpen	Notasjon for atomkjerner
PA23085	5	Varme	Anvendelse	Flervalg	Lengdeutvidelse av metallstenger
PA23059 *	5	Atom	Kjennskap	Flervalg	Antall nøytroner i en atomkjerne med gitt Z og A

Tabell 5.3 og 5.4 viser en oversikt over de mest ekstreme oppgavene i hver retning. Som det framgår av tabellene, er det ikke entydige forskjeller som peker seg ut. Men det er likevel verdt å merke seg noen trekk, særlig at gutteoppgavene inneholder stort sett *Mekanikk* og *Varme* og *temperatur*, mens jenteoppgavene inneholder mye om *Elektrisitet* og *magnetisme* samt *Atom- og kjernefysikk*. Det stemmer godt med det bildet som framkom da vi så på alle oppgavene for hvert fagemne i figur 5.7.

## 6 Enkeltoppgaver

### 6.1 Innledning

I dette kapitlet skal vi vise og diskutere resultater for enkeltoppgaver. Alle de frigitte<sup>1</sup> oppgavene vil bli presentert. Oppgavene er ordnet emnevis, altså *Mekanikk, Elektrisitet og magnetisme, Varme og temperatur* og *Atom- og kjernefysikk*. Det er et viktig poeng for oss å kunne sammenlikne resultatene fra TIMSS 1995 med resultatene fra TIMSS Advanced 2008, og det særlig for de norske elevenes vedkommende. Derfor presenterer vi for hvert emne først oppgavene som er felles for de to undersøkelsene.

For hver oppgave viser vi resultatet for norske elever og det internasjonale gjennomsnittet. I tillegg tar vi med resultatet fra Nederland, Slovenia og Sverige. Det er jo ikke så mange land med i TIMSS Advanced, og derfor har vi valgt noen land som det kan være naturlig å sammenlikne Norge med. Det internasjonale gjennomsnittet er dermed ikke så veldig viktig, men vi har tatt det med for å ha en slags referanse for hver oppgave. For flervalgsoppgaver er det gitt svarprosenten for hvert svaralternativ, og rett svar er merket med \*. For de åpne oppgavene er det gjengitt et litt forenklet kodeskjema, og for hver kode er svarprosenten vist (se kapittel 3.2).

Vi har gitt hver oppgave et nummer som korresponderer med nummeret som var gitt i oppgaveheftet elevene fikk. Dessuten har vi angitt i hvilken kognitiv dimensjon oppgaven er kategorisert (se kapittel 2 om læreplanen og rammeverket i TIMSS Advanced). Vi har holdt oss til de offisielle klassifikasjonene, men vi vil gjøre oppmerksom på at noen oppgaver vanskelig kan plasseres entydig. Dersom det er betydelige kjønnsforskjeller på enkeltoppgaver, vil vi påpeke det.

---

<sup>1</sup> Omtrent halvparten av oppgavene vil ikke bli offentliggjort siden de skal kunne brukes i en eventuell senere undersøkelse.

I dette kapitlet har vi ikke gitt feilmarginer til elevresultatene, idet dette neppe har særlig interesse. Vi nøyer oss med å minne om at feilmarginene for prosent riktige svar ( $p$ -verdier) nasjonalt sett er av størrelsesorden 5 prosentpoeng. Omtrent det samme gjelder for prosentandeler for hyppig forekommende ikke-riktige svarkategorier.

Før vi presenterer enkeltoppgaver vil vi imidlertid komme med noen betraktninger om oppgaver og oppgaveløsning litt mer generelt, og vi vil komme litt inn på oppgaveutvalget i TIMSS Advanced.

## 6.2 Fysikkoppgavene i TIMSS Advanced

Oppgaveløsning har en framtrødende plass i fysikkundervisningen i videregående skole. Det synes å være en sterk tro på at regning og løsning av oppgaver har en gunstig læringseffekt. I norske og i mange andre lands lærebøker er det et betydelig omfang av øvelsesoppgaver knyttet til teoriframstillingen. Det forventes at elevene løser mange slike standard øvelsesoppgaver som et viktig ledd i læreprosessen.

Fysikkoppgaver som gis til prøver og eksamen her i Norge, vil ofte være slik at elevene får vist *forståelse* for faget. Det er ikke tilstrekkelig med oppgaver som bare krever reproduisering og enkel formelinnsetting. Det samme gjelder oppgaver som brukes som øvelser i undervisningen. Elevene må få ulike utfordringer gjennom løsning av forskjellige typer oppgaver og av oppgaver som stiller ulike krav til kognitive ferdigheter.

Når det gjelder løsning av standard fysikkoppgaver, er et av hovedproblemene for elever at de ofte ikke er i stand til å gjennomføre en *kvalitativ* analyse av problemstillingene i oppgaven før de løser den. Det medfører for eksempel at de går rett på formler eller likninger som inneholder den ukjente, uten først å se helheten i problemstillingen.

Det kan også stilles spørsmålstegn ved verdien av en del typer øvelsesoppgaver i fysikk. Kanskje er det slik at vektleggingen av oppgaveløsning er et hinder for elevenes begrepsutvikling. Man kan godt tenke seg at oppgaver som er svært rutinepregete med innsetting av tall i en formel, kan virke mot sin hensikt. Fordi det faktisk er temmelig lett å få «rett svar» på slike oppgaver, kan denne typen oppgaver være med på å tilsløre begreper som egentlig kan være vanskelige. Til og med nokså kompliserte regneoppgaver kan løses uten at de grunnleggende begrepene er forstått. En slik instrumentell forstå-

else knyttet til oppgaveløsning kan altså være med på å gi både elever og lærere en misvisende oppfatning av hva som faktisk er forstått.

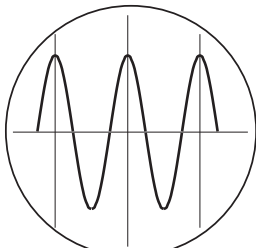
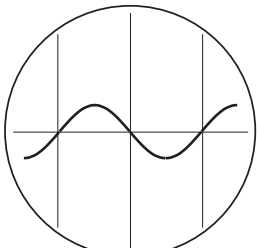
Hvis man sammenlikner TIMSS Advanced-oppgavene med norske eksamensoppgaver, vil man etter vår vurdering kunne si at TIMSS Advanced-oppgavene framstår som forholdsvis lette. Men som vi skal se, fungerer de slett ikke som lette verken for norske eller for andre lands elever. Hver oppgave i TIMSS Advanced har én sentral problemstilling, og det dreier seg som oftest om grunnleggende fysiske prinsipper og begreper. Mange norske eksamensoppgaver er mer sammensatte og har mer komplekse problemstillinger. Men det betyr ikke at oppgavene i TIMSS Advanced er enkle å løse. Det er lagt stor vekt på å finne fram til oppgaver som skal teste forståelse i motsetning til enkel reproduksjon eller formelinnsetting.

Ved utviklingen av oppgavene i TIMSS Advanced har det hele tiden vært tatt betydelig hensyn til interessante fagdidaktiske spørsmål og forskningsmessige problemstillinger. Oppgavene i TIMSS Advanced spenner over et stort og sentralt innholdsområde, og de varierer i vanskegrad. De gjenspeiler mange sentrale problemstillinger som har vært tatt opp i andre undersøkelser, og gir derfor et godt utgangspunkt for å diskutere elevtenkning, alternative forestillinger eller intuitive ideer, elevers løsningsstrategier og kunnskaper og forståelse i fysikk. Derfor vil vi også oppfordre fysikklærere til å bruke de offentliggjorte TIMSS-oppgavene, som alle er gjengitt i denne boka, i undervisningen.

Som nevnt tidligere er det et helt sentralt poeng for oss at vi kan sammenlikne norske elever i 2008 med norske elever i 1995. Det betyr at ganske mange av oppgavene i 2008 er helt identiske med oppgaver fra 1995 (se også kapittel 2). Det er altså ikke gjort noen endringer verken når det gjelder innhold, språk eller figurer i disse oppgavene.

### 6.3 Mekanikk

#### PA13001 Sammenlikne toner på et oscilloskop

PA13001	Anvendelse
<p>Et oscilloskop blir brukt til å undersøke to toner (I og II) som er tatt opp med en mikrofon. To kurver fremkommer som vist nedenfor. Oscilloskopinnstillingene</p>	
 <p>Tone I</p>	 <p>Tone II</p>
<p>er de samme i begge tilfellene. Hvilket av de følgende utsagnene er sant? Sammenlignet med tone II er tone I:</p>	
<p> <input type="radio"/> (A) sterkere og har høyere tone  <input type="radio"/> (B) sterkere og har lavere tone  <input type="radio"/> (C) svakere og har høyere tone  <input type="radio"/> (D) svakere og har lavere tone                 </p>	

	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
A*	74	67	82	77	60	63
B	7	8	2	9	9	12
C	9	11	2	12	13	11
D	10	13	13	2	17	12
Blank	1	0,6	0,5	0,6	0,6	2

Denne oppgaven handler om å kunne tolke og forstå kurver som er framkommet på et oscilloskop. Det er to «tonebilder» der frekvens og amplitude er forskjellig. Man skal altså forstå både at tone 1 har høyere tone fordi bølgelengden er kortere, altså høyere frekvens, og at tonen er sterkere fordi amplituden på signalet er større. Oppgaven er ikke spesielt vanskelig, men den knytter kurver (grafer) til fysiske fenomener, noe som har vist seg å være vanskelig for mange elever. Oscilloskopbildene er altså representasjoner av fenomenet som studeres,

og som vi skal se flere eksempler på i denne boka, er det svært viktig at elevene er i stand til å se sammenhengen mellom ulike representasjonsformer.

Selv om forskjellen ikke er veldig stor, viser resultatene at det var flere norske elever som fikk til denne oppgaven i 1995 enn i 2008. Vi ser også at nederlandske elever svarer godt på oppgaven. Det er en del som svarer alternativ D, altså akkurat motsatt av det rette. Disse elevene kan ha byttet om og svart på hva tone 2 er sammenliknet med tone 1.

Språkbruken her kan imidlertid by på problemer for enkelte norske elever. Vi bruker ordet «høy» i to betydninger. Vi sier både *høy* tone, altså høy frekvens, og vi sier *høy* lyd, altså i betydningen sterk lyd.

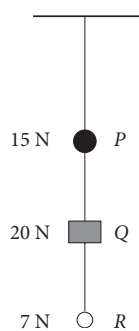
Vi vet ikke hvor mange av elevene våre som har sett et slikt oscilloskopbilde, men vi tror ikke det er så veldig mange. Oscilloskop er et flott instrument som sikkert mange skoler har i samlingen sin. Terskelen for å bruke et oscilloskop er nok ganske høy. Nå kan man imidlertid bruke oscilloskopfunksjonen på moderne dataloggingssystemer, og det er mye enklere.

### PA13003 Snordrag mellom kuler

PA13003

Anvendelse

Kulene *P*, *Q* og *R* har tyngden 15 N, 20 N and 7 N. De henger i en tyynn snor.



Hva er draget i snora mellom *P* og *Q*?

- (A) 42 N
- (B) 35 N
- (C) 27 N
- (D) 15 N
- (E) 7 N

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
A	8	9	4	9	10	10
B	5	7	3	4	10	15
C*	84	81	91	84	75	65
D	2	3	1	2	3	5
E	1	0,6	0,1	0,7	2	2
Blank	1	0,5	0,6	0,4	0,4	3

Dette er en lett oppgave som de fleste norske elever får til. Det gjorde de også i 1995. Andelen av rette svar er høy i flere av de andre landene også. Vi ser at det mest populære feilsvaret er alternativ A. Da er alle verdiene på kulene lagt sammen. Det er mulig at noen elever tenker at det må være samme snordrag over hele snoren, og at de dermed legger sammen alle verdiene som er gitt. At snordraget er summen av tyngdene til de to nederste kulene, burde ikke være vanskelig å innse, selv uten veldig mye fysikkunnskap. En annen ting er at hvis man vil gjøre en fullstendig kraftanalyse på alle kulene og alle delene av snoren, blir det hele ganske komplisert.

Det er verdt å nevne at norske elever gjør det betydelig bedre enn det internasjonale gjennomsnittet. Nederland utmerker seg med svært høy andel rette svar.

Både for Norges del og for de andre landenes del er andelen rette svar ganske mye høyere for guttene enn for jentene. I Norge er forskjellen 10 prosentpoeng, og i for eksempel Nederland er den så mye som 12 prosentpoeng.

**PA13005 Dybden av en brønn**

PA13005	Anvendelse
<p>En stein slippes fra ro ned i en tom, dyp brønn. Det tar 2,0 s før den treffer bunnen.</p> <p>Hvor dyp er brønnen?</p> <p>Vi ser bort fra luftmotstanden og setter <math>g = 9,8 \text{ ms}^{-2}</math>.</p> <p>(A) 4,9 m                      (B) 9,8 m                      (C) 19,6 m                      (D) 39,2 m                      (E) 78,4 m</p>	



## 6 Enkeltoppgaver

	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
A	1	2	1	4	5	6
B	3	4	4	6	6	6
C*	87	88	82	73	78	75
D	7	6	12	15	8	9
E	1	0,7	0,9	2	1	2
Blank	0	0,5	0,6	0,8	0,7	3

Oppgaven handler om bevegelse og fritt fall, og den er lett. Det er bare en enkel formel som skal benyttes,  $s = \frac{1}{2}gt^2$  og den er gitt på formelarket forrest i heftet. Dessuten skal det bare settes tall direkte inn slik som formelen står, ingen manipulasjon med «bokstaver». De fleste får den da også til. Dette var sentralt stoff i 2008, og det var sentralt i 1995, og svarfordelingen for norske elever har heller ikke endret seg nevneverdig siden 1995. «Fysikk i fritt fall» gjelder altså ikke for denne oppgaven om fritt fall! Det er imidlertid verdt å nevne at hvis noen feilaktig har valgt formelen for farten, altså  $v = gt$ , har de fått «riktig» svar fordi tiden er akkurat 2 s.

Som nevnt er det få som har valgt feil alternativ. Det er imidlertid noen (særlig i Slovenia og Nederland) som har valgt alternativ D. De har sannsynligvis mistet  $\frac{1}{2}$  i formelen for strekningen.

Det er ofte pekt på problemet elever har med å formulere fysiske fenomener matematisk. Her ser vi imidlertid et eksempel på at beskrivelsen i oppgaveteksten er så «rett fram» at den matematiske oversettelsen ikke byr på nevneverdige problemer for de fleste elevene verken i Norge eller i flere andre land. Direkte innsetting av tall i en formel er lett. Vi skal derimot se i noen andre oppgaver (se f.eks. oppgave PA23025 og PA13026) at sammenhengen mellom en oppgavetekst og en matematisk beskrivelse ikke synes å være enkel.

Dette er det vi kan kalle en typisk skoleoppgave som finnes i de fleste lærebøker i fysikk. Men det er et problem at situasjonsbeskrivelsen er så urealistisk. Hvor finner man en 20 m dyp brønn – og til og med uten vann? Og hvordan skal man ta tiden? Og selv for en kompakt, tung stein vil luftmotstanden bli betydelig i et fall på 20 m!

**PA13010 Tiden lyset bruker gjennom et brilleglass**

PA13010	
Tiden lyset bruker på å passere rett gjennom et vanlig brilleglass, er omtrent	
(A)	$10^{-11}$ s
(B)	$10^{-9}$ s
(C)	$10^{-7}$ s
(D)	$10^{-5}$ s
(E)	$10^{-3}$ s

	NOR 95	NOR 08
A*	70	53
B	16	22
C	9	16
D	3	5
E	1	3
Blank	1	2

Denne oppgaven er utelatt fra de internasjonale resultatene fordi den ikke passer inn i rammeverket for TIMSS Advanced. Kinematikk uten noe dynamisk element blir i mange land oppfattet som matematikk. I oppgaven her handler det bare om fart, tid og strekning uten noen krefter involvert. Oppgaven ble med i 2008-testen for at ett hefte skulle være helt identisk med ett hefte fra 1995.

Vi tar likevel med de *norske* resultatene her. Denne typen oppgaver som går ut på å gjøre estimater, har ikke vært så vanlig i norsk skolefysikk. Vi tror imidlertid at slike problemstillinger kan bidra positivt til elevenes måte å tenke fysikk på og til deres forståelse for størrelsesordener (se også oppgave PA13008). Nobelprisvinneren Richard Feynman har sagt at en fysiker skal kunne estimere hva som helst når som helst på nærmeste størrelsesorden.

Vi ser at omtrent halvparten av elevene svarer riktig, og i 1995 var det langt flere som greide oppgaven. Det er et tankekors. Her må man altså kunne anslå tykkelsen til et brilleglass (størrelsesorden  $10^{-3}$  m) og så dividere på lysfarten (størrelsesorden  $10^8$  m/s). Som nevnt har vi stor tro på slike øvelser i å gjøre kvantitative overslag, og vi tror dette burde få en mye mer framtreddende plass i fysikkundervisningen.

**PA13023 Bølgelengde på grunt vann**

PA13023	Anvendelse
Hastigheten til bølger på vannoverflaten er 0,32 m/s på dypt vann og 0,20 m/s på grunt vann.	
Hva er bølgelengden på grunt vann dersom bølgelengden på dypt vann er 0,016 m?	

Koder	Svaralternativer	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>							
10	$\lambda = 0,010$ m basert på konstant frekvens ( $f = \frac{v}{\lambda}$ )	67	60	75	62	57	53
<b>Ikke riktig</b>							
70	Riktig metode (likning). Regnefeil	4	5	3	0,9	4	4
71	$\lambda = 0,026$ m (feil forhold mellom fartene)	7	7	12	14	6	8
72	$\lambda = 0,010$ m uten begrunnelse	6	3	2	2	6	4
79	Andre gale svar	8	13	5	13	14	12
Blank		9	12	2	9	13	2

Sentralt i denne oppgaven er det å forstå at frekvensen er konstant. 60 % av de norske elevene fikk til oppgaven. Det er noe bedre enn det internasjonale gjennomsnittet, men svakere enn resultatet i Nederland. I tillegg er det noen som har brukt riktig uttrykk, men regnet feil (kode 70). Det er også noen som har byttet om forholdet mellom hastighetene (kode 71), så de er jo et godt stykke på vei de også. Nederland og Slovenia har en del elever i denne kategorien. For Norges vedkommende ser vi at resultatet i 1995 var litt bedre enn i 2008.

Guttene i Norge og Nederland svarer litt bedre enn jentene, men i Sverige og Slovenia svarer jentene best.

Situasjonen som er beskrevet i oppgaven, er ikke særlig realistisk hvis vi ser for oss bølger inn mot en strand der endringen i dybde skjer gradvis. Men den passer ganske godt til forsøk man kan gjøre med en bølgetank i laboratoriet.

**PA13027 Verdien av tyngdeakselerasjonen**

PA13027	Resonnering
<p>I et eksperiment for å finne tyngdeakselerasjonen <math>g</math>, målte vi tiden <math>t</math> en metallkule brukte på å falle fritt fra ro fra ulike høyder <math>h</math>. Grafen viser <math>h</math> plottet mot <math>t^2</math>.</p>	
<p>Bruk dataene vist i grafen, og beregn en verdi for <math>g</math>. Anslå usikkerheten i verdien for <math>g</math>. Vis hvordan du kom fram til svarene.</p>	

Denne oppgaven er basert på eksperimentelle data, og elevene skal bruke dataene fra grafen til å bestemme en verdi for  $g$  og deretter estimere usikkerheten i målingene. Den siste delen av oppgaven har vist seg ikke å fungere godt nok internasjonalt, og data derfra er tatt ut av den internasjonale databasen. Vi vil derfor bare se på de norske resultatene for den delen av oppgaven.

Vi ser på første del av oppgaven først. Det følgende viser kodeskjemaet og svarfordelingen.

Koder	Svaralternativer	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>							
10	$g = 10 \text{ m/s}^2$ (9 $\text{m/s}^2$ til 11 $\text{m/s}^2$ ), basert på beste tilpassede linje (eller gjennomsnittet av maksimum og minimum linje) og $g = \frac{2h}{t^2}$	22	3	11	1	3	4
11	$g = 10 \text{ m/s}^2$ (9 $\text{m/s}^2$ til 11 $\text{m/s}^2$ ), basert på en verdi eller gjennomsnittet av to eller flere verdier. $g = \frac{2h}{t^2}$ . Ingen bruk av grafen.	14	16	25	35	11	17

## 6 Enkeltoppgaver

19	Andre riktige svar (inkludert bruk av kalkulator og regresjon)	1	1	0,4	0	0,2	0,7
Ikke riktig							
70	Som kode 10, men med regnefeil	16	4	10	0,9	7	4
71	Som kode 11, men med regnefeil	10	22	20	31	12	13
72	En linje i diagrammet og/eller en formel for $g$ . Ingen verdi for $g$ .	10	3	2	0,2	3	2
79	Andre gale svar	9	22	23	21	26	21
Blank		18	29	8	10	39	39

Vi ser at oppgaven er meget vanskelig for de norske elevene, og det er betydelig færre som svarer riktig i 2008 sammenliknet med 1995. Også internasjonalt framstår oppgaven som meget krevende. Det er bare 20 % av de norske elevene som svarer riktig (kode 10, 11 og 19), mens det er 36 % i Nederland og Slovenia som gjør det. Sveriges resultat er enda svakere enn de norske.

Det er to måter å angripe oppgaven på. Man kan finne den best tilpassete linjen enten direkte på grafen eller ved hjelp av kalkulator og regresjon, eller man kan beregne verdien for  $g$  på bakgrunn av ett eller flere datapunkter på grafen. I begge tilfeller må beregningen også baseres på formelen for fritt fall,  $h = \frac{1}{2}gt^2$ .

Som nevnt viser oppgaven seg å være vanskelig, og det er bare de aller beste norske elevene som klarer den. I gjennomsnitt skårer disse elevene omtrent 0,8 standardavvik høyere enn gjennomsnittet på testen som helhet. Det er også verdt å nevne at det er flere norske elever i 2008 som er kodet 79 (andre gale svar) og blank enn i 1995. Det forsterker inntrykket av at oppgaven framstår som mye mer problematisk for elevene i 2008 enn den gjorde 13 år tidligere. Vi legger også merke til at Sverige har en høy andel som er kodet 79 eller blank.

Det var altså mange flere norske elever som svarte korrekt i 1995 enn i 2008. Forskjellen er betydelig, 17 prosentpoeng. Det er også påtakelig at bare 7 % av elevene brukte metoden med beste tilpassete linje i 2008 (riktig eller galt), mens 37 % brukte denne metoden (riktig eller galt) i 1995. Det er dessuten verdt å legge merke til at det bare er nederlandske elever som i noen grad bruker denne metoden.

Både i 1995 og i 2008 var det forholdsvis mange elever som mistet 2-tallet i formelen for fritt fall,  $g = \frac{2h}{t^2}$ . Praktisk talt alle som er kodet 70 eller 71,

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

har basert utregningen på helningen til grafen uten å ta hensyn til formelen. Dermed har de altså mistet et 2-tall og fått  $g \approx 5 \text{ m/s}^2$ .

Det tyder på at flere elever bare brukte dataene fra grafen uten å tenke på teorien og formelen for fritt fall som de skulle knytte dataene til. Det er jo ikke nok å finne helningen på linjen eller forholdet mellom to tall i grafen. Noen elever kan nok ha oversett 2-tallet fordi helningen eller forholdet ga et tall med rett enhet ( $\text{m/s}^2$ ). Man kunne også tenkt seg at flere ville reagert på at de fikk ca.  $5 \text{ m/s}^2$ , altså omtrent halvparten av  $g$ . Enten har de ikke tenkt over rimeligheten i svaret, eller så har de kanskje tenkt at forsøket foregikk på en annen planet! Vi tror det er svært viktig å se sammenhengen mellom teori og eksperiment. Uten noen teoretisk kunnskap er det vanskelig (eller umulig) å stille relevante spørsmål i tilknytning til eksperimenter, og det er problematisk å tolke eksperimentelle resultater.

Kodeskjemaet og svarfordelingen for den andre delen av oppgaven er vist i det følgende. Elevene er altså bedt om å anslå usikkerheten i verdien for  $g$ . Som sagt har vi bare norske resultater for denne delen av oppgaven.

Koder	Svaralternativer	NOR 95	NOR 08
<b>Riktig</b>			
10	Riktig (2 % til 10 % eller absolutt verdi), basert på linjer med størst og minst stigningstall	19	1
11	Riktig (2 % til 10 % eller absolutt verdi), basert flere utregnede verdier for $g$	7	8
12*	Riktig (2 % til 10 % eller absolutt verdi), basert på regresjon på lommeregneren	*	0
19	Andre riktige svar	0	0
<b>Ikke riktig</b>			
70	Akseptabel verdi for usikkerheten, men uten begrunnelse	7	6
71	Ikke akseptabel verdi for usikkerheten, basert på linjer i diagrammet eller flere utregnede verdier for $g$		4
72	Verbalt utsagn om usikkerhet, uten kvantitativt estimat		5
73	Avvik fra tabellverdi for $g$ ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )		1
79	Andre gale svar	13	12
Blank		42	63

\* Denne koden ble ikke brukt i 1995.

Selv om resultatet for de norske elevene var dårlig i 1995, var det mye verre i 2008. Bare 9 % svarte riktig, mens det tross alt var 26 % som svarte riktig i 1995. Av de 3 % av elevene som fant rett verdi for  $g$  basert på den best tilpassete linjen, var det bare *to elever* som brukte største og minste helning på linjene til å anslå usikkerheten. Det er mildt sagt oppsiktsvekkende. Hva grunnen kan være, er ikke lett å si. Men uansett, vektleggingen av eksperimentell usikkerhet og grafiske metoder må ha blitt betydelig redusert i fysikklasserommene fra 1995 til 2008. Det er imidlertid lite i læreplanen som skulle tilsi en slik endring. Riktignok forsvant kravet om et bestemt antall elevøvelser i læreplanen fra Reform 94, men kravet om å utføre eksperimenter forsvant selvsagt ikke. Det kan likevel være grunn til å stille spørsmål ved om vektleggingen av forsøk i fysikkfaget likevel ble redusert med Reform 94.

En forklaring på dette dårlige resultatet kan imidlertid være at elevene er uvant med å tegne grafer for hånd, og at de er mer avhengig av å bruke grafisk kalkulator. 92 % av de norske elevene svarte at de brukte grafisk eller mer avansert kalkulator i fysikktimene. Men det var praktisk talt *ingen* som brukte den grafiske kalkulatoren sin til å beregne  $g$  eller til å anslå usikkerheten. Det er kanskje overraskende at ikke flere har brukt kalkulatoren sin her. Men en mulig forklaring kan være at datapunktene er gitt i en graf, og at det derfor er et langt sprang fra grafen til å legge dataene inn på kalkulatoren.

### PA23072 Sammenpressing av en fjær

PA23072	Anvendelse
<p>En kloss med massen 2,0 kg beveger seg horisontalt med farten 2,5 m/s mot en masseløs fjær med fjærkonstanten 800 N/m. Etter at klossen treffer fjæra, avtar farten, og fjæra presses sammen. Hva er den største lengden fjæra presses sammen?</p> <p>(Se bort fra friksjon og luftmotstand.)</p> <p>Vis hvordan du kom fram til svaret.</p>	

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>						
10	Bevaring av mekanisk energi. $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kx^2, x=0,13\text{ m}$	16	71	53	26	38
11	Riktig, men regnefeil eller manglende eller feil enhet	4	10	12	6	9
<b>Ikke riktig</b>						
70	0,025 m basert på $mg=kx$	1	0,5	4	1	1
71	Riktig svar uten begrunnelse	0	0	0	0,2	0,1
79	Andre gale svar	52	17	28	50	32
Blank		27	2	4	18	20

Det er tydelig at norske elever i liten grad kjenner uttrykket for potensiell energi i en fjær. Dette er et tema som har vært inn og ut av norsk fysikkpensum flere ganger. Læreplanen i R94 som TIMSS-elevene altså fulgte, hadde ikke med energi i en fjær. Men det er jo noen som får det til (20 % hvis vi tar med kode 11). Det er mulig at noen likevel har fått det gjennomgått, og det kan være at noen har utnyttet formelarket de fikk utdelt, til å finne rett uttrykk slik at de var i stand til å bruke prinsippet om bevaring av mekanisk energi. Vi ser også at dette er et tema som spesielt elevene i Nederland i høy grad får til, men også elever i andre land. Det internasjonale gjennomsnittet er betydelig høyere enn for Norge. For mange land er det naturlig å ta med kraft og energi i en fjær. Det gir en enkel mulighet til å demonstrere en kraft som endrer seg (lineært) med posisjonen, og mekanisk energibevaring.

**PA23022 Venus beveger seg med større fart enn Jorda**

PA23022	Resonnering
	<p>Planetet Venus går, som Jorda, rundt Sola i tilnærmet sirkelbane. Venus er nærmere sola enn Jorda er.</p> <p>Bruk Newtons 2. lov og gravitasjonsloven til å vise at Venus beveger seg med større fart enn Jorda gjør.</p>



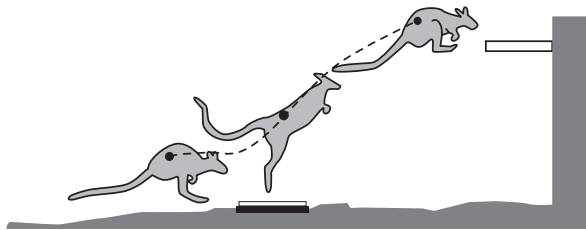
## 6 Enkeltoppgaver

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig						
20	Svar med følgende trinn: 1) $F = Ma, F = \gamma \frac{Mm}{r^2}$ 2) $a = \frac{v^2}{r}$ 3) $v = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}}$ som viser at farten til Venus er større enn farten til Jorda	28	5	10	4	13
Delvis riktig						
10	Trinn 1) og 2) er riktig, men uttrykket for farten samt konklusjon mangler.	12	9	4	6	7
Ikke riktig						
70	Bare trinn 1) er riktig.	9	34	30	13	17
79	Andre gale svar	26	40	35	40	30
Blank		26	11	21	37	34

Satellittbevegelse (planetbevegelse) og regning med Newtons gravitasjonslov er sentralt stoff i norsk skolefysikk. Denne oppgaven er «klassisk» i så måte. Men den krever altså både at man kjenner til (eller kan finne fram til på formelarket) lovene og likningene som skal brukes, og at man kan gjøre de algebraiske manipulasjonene som er nødvendig. I tillegg må man kunne tolke resultatet og betydningen for farten. Dette er altså et problem som må løses gjennom flere trinn, og det er bare 28 % av de norske elevene som får det til. Sett i sammenheng med oppgaven om en ladd partikkel i et magnetfelt som også inneholder algebraiske manipulasjoner i flere trinn (se oppgave PA13026), er resultatet her i alle fall en del bedre. Dessuten svarer norske elever tross alt bedre enn elevene i de landene vi sammenlikner med. Det er likevel foruroligende at norske elever ikke er bedre til å regne ganske enkel algebra.

De andre landenes resultater tyder på at dette er et område som ikke er like sentralt som i Norge. Vi merker oss at svenske elever svarer svært mangelfullt. Selv nederlandske elever, som ellers gjør det godt, klarer ikke denne oppgaven. En god del svar er imidlertid kodet 70, og det betyr at de i alle fall skjønner at de skal bruke gravitasjonsloven. De er med andre ord ikke helt på jordet.

PA23110 Kraft og motkraft

PA23110	Anvendelse
	
<p>En kenguru hopper bortover og hopper så fra en flat plate på bakken opp til en hylle, som vist ovenfor. Når en hoppende kenguru er i kontakt med platen, virker det en kraft i vertikal retning på platen fra føttene, og det virker en kraft fra platen på kenguruens føtter. Hvilken påstand beskriver BEST størrelsene til disse kreftene?</p>	
<p>(A) Begge kreftene er lik massen til kenguruen.          (B) Begge kreftene er lik halve massen til kenguruen.          (C) De varierer i størrelse, men er alltid lik hverandre.          (D) Kraften fra platen blir større enn kraften fra føttene.</p>	

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	12	12	15	13	19
B	0,9	1	3	2	4
C*	67	65	65	68	51
D	19	20	18	16	23
Blank	0,8	2	0	0,7	4

Newtons 3. lov er selvsagt sentral i fysikkfaget i skolen rundt om i verden. Men vi vet at det kan være vanskelig å holde fast ved at kraft alltid er lik motkraft, også når legemene som er involvert, er akselererte. Og det siste er tilfellet her. Mange av de norske elevene svarer riktig, og det ser vi at mange elever i flere andre land òg gjør. Noen svarer alternativ A, som også inneholder noe riktig, nemlig at kreftene er like. Men her blandes begrepene kraft og masse sammen, og svaret blir altså feil. Alternativ D er den mest populære distraktoren. Forestillingen om at det må være en større kraft fra platen, inneholder nok en sammenblanding med Newtons 2. lov, som altså handler om kreftene som virker på *ett* legeme, og ikke vekselvirkningen mellom *to* legemer. Det er selvsagt viktig å kunne identifisere krefter som virker på *ett* system, og hvilke *andre* systemer det vekselvirker med, for å kunne forstå Newtons lover. Det krever imidlertid at man ikke bare kan regne med formler, men at man også

kan håndtere kvalitative problemstillinger og forklare med ord hvilke krefter som virker, og hvor disse kreftene kommer fra.

I Nederland og Norge er det ganske liten forskjell på jenter og gutter, men i både Slovenia og Sverige skårer guttene betydelig bedre enn jentene. I Sverige er forskjellen hele 17 prosentpoeng!

### PA23014 Krefter på stein kastet opp i lufta

PA23014	Kjennskap
Lisa kastet en liten stein rett opp i lufta.	
Hvilke krefter virker på steinen etter at den ble kastet?	

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig						
10	Tyngdekraften og luftmotstanden	53	67	63	36	51
Ikke riktig						
70	Tyngdekraften, men ikke luftmotstanden	25	6	35	27	22
71	Luftmotstanden, men ikke tyngdekraften	0,2	0,3	0,4	0,2	0,7
79	Andre gale svar	21	25	2	36	20
Blank		1	2	0,4	2	6

Omtrent halvparten av de norske elevene svarer riktig her. Det er slett ikke dårlig, og mange som svarer galt, har «bare» unnlatt å ta med luftmotstanden. Det er kanskje ikke uventet fordi så mye av skolefysikken dreier seg om idealiserte tilfeller der man ser bort fra friksjon, luftmotstand o.l. Vi ser imidlertid at elevene i Nederland og Slovenia i høyere grad enn elevene i Norge svarer riktig. Det er også interessant at svært få elever fra Nederland utelater luftmotstanden.

I Norge svarer guttene betydelig bedre enn jentene, forskjellen er på hele 21 prosentpoeng. Også i Sverige er forskjellen stor i guttenes favør. I Nederland, derimot, svarer jentene litt bedre enn guttene.

I den fysikkdidaktiske litteraturen finner vi mange undersøkelser som viser at elever har en forestilling om at det (alltid) må være en kraft i bevegelsesretning (altså oppover i dette tilfellet) etter at steinen er kastet opp i lufta (se f. eks. Angell, 1996; Angell et al., 1999). Men blant svarene på denne undersøkelsen finner vi ikke en slik forestilling. Noen elevsvar som bygger på en slik forestilling, kan være skjult i kode 79, men det er ingen klare svar fra elevene som har medført en egen kode for dette. En grunn kan være at elevene

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

ikke er spurt om retninger på kreftene, og at det bak navnene tyngdekraft og luftmotstand kan skjule seg en kraft oppover.

**PA23025 Skøyteløpere og bevaring av bevegelsesmengde**

PA23025	Resonnering
<p>To skøyteløpere, en med massen 80 kg og en med massen 60 kg, står på isen vendt mot hverandre. De dytter hverandre slik at de glir fra hverandre. Etter noen få sekunder er avstanden mellom dem 4 m.</p> <p>Hvor langt har personen på 60 kg beveget seg? (Se bort fra friksjon og luftmotstand.)</p> <p>Vis hvordan du kom fram til svaret.</p>	

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>						
20	$m_1 v_1 = m_2 v_2$ og $m_1 \frac{x_1}{t} = m_2 \frac{x_2}{t}$ og $x_1 + x_2 = 4$ m gir $x_2 = 2,3$ m	12	36	26	9	15
<b>Delvis riktig</b>						
10	Bytter om personene, gir $x_1 = 1,7$ m	4	16	11	3	5
11	Riktig fysikk, men regnefeil og/eller manglende eller feil enhet	1	3	5	2	3
<b>Ikke riktig</b>						
70	Riktig, men ingen begrunnelse	0,2	2	2	5	2
71	3 m (forholdet mellom massene ganger 4)	14	11	7	10	6
72	2 m (begge glir like langt)	4	0,8	3	3	2
79	Andre gale svar	38	24	25	46	32
Blank		26	7	11	23	36

Som vi ser av tabellen, er denne oppgaven svært vanskelig. Det er litt overraskende fordi den bare krever det velkjente prinsippet om bevaring av bevegelsesmengde og et uttrykk for konstant fart. Det inngår imidlertid algebraiske uttrykk som man må regne med, og det faller som vi har sett tidligere, vanskelig for mange elever, særlig for elevene i Norge og Sverige. I denne oppgaven er det til og med tre likninger som skal kombineres. I tillegg er nok problemstillingen noe uvant, og det kan i noen grad forklare at ganske mange har oppgaven helt blank eller er kodet «andre gale svar» (altså kode 79). Totalt får bare 17 % av de norske elevene poeng på oppgaven. Det er en del som er kodet 71. Disse elevene har nok en idé om at forholdet mellom massene spiller en rolle, men de overskuer ikke problemet ut over det.

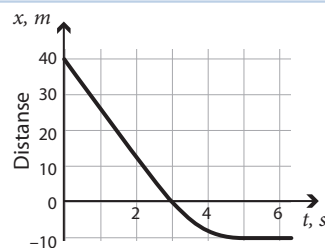
Nederland utmerker seg med betydelig bedre resultat enn de andre landene, også hvis vi tar med delvis riktige svar. Både kode 10 og kode 11 innebærer riktig tankegang i fysikk, selv om problemet ikke er løst fullt ut.

På denne oppgaven gjør jentene det noe bedre enn guttene i Nederland, Slovenia og Sverige, mens de norske guttene skårer bedre enn jentene.

### PA23028 Bevegelsesmengden til en syklist

PA23028

Anvendelse



Grafen ovenfor viser en syklist som nærmer seg og passerer mållinjen i et sykkelritt. Hvis syklisten veier 60 kg, hvor stor er hennes bevegelsesmengde idet hun krysser mållinjen?

- (A) 2400 kg · m/s
- (B) 800 kg · m/s
- (C) 600 kg · m/s
- (D) 0 kg · m/s

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	6	4	7	9	9
B*	75	78	74	62	55
C	11	9	11	22	18
D	6	8	7	6	12
Blank	2	2	2	2	7

Denne oppgaven fokuserer på hvordan en graf som beskriver bevegelsen til en syklist, kan brukes som kilde til å beregne syklistens bevegelsesmengde idet hun krysser målstreken. Her må altså elevene kunne tolke grafen for å finne farten ved målpassering for så å finne bevegelsesmengden. De norske elevene svarer godt på denne oppgaven. Det gjør mange andre lands elever også. Vi kunne kanskje ha forventet flere gale svar fordi man må finne farten fra grafens helling. Elevene blir imidlertid ikke spurt om å manipulere med formler (algebraiske uttrykk), men bare om å sette tall inn i uttrykket for bevegelsesmengden.

Alternativ C, som en del elever svarer, kan kanskje være nesten riktig. Hvis man er litt grovere i avlesningen av stigningstallet ved målpassering, finner man at farten er omtrent 10 m/s. Da blir bevegelsesmengden 600 kg m/s, altså alternativ C.

## 6.4 Elektrisitet og magnetisme

### PA13004 Motstander i en boks

PA13004	Anvendelse
<p>Tegningen under viser en boks med fire kontaktpunkter <math>P</math>, <math>Q</math>, <math>R</math> og <math>S</math>. Vi har målt og funnet at</p>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. det er elektrisk resistans mellom <math>P</math> og <math>Q</math>.</li> <li>2. resistansen mellom <math>P</math> og <math>R</math> er dobbelt så stor som mellom <math>P</math> og <math>Q</math>.</li> <li>3. det er ingen målbar resistans mellom <math>Q</math> og <math>S</math>.</li> </ol> <p>Hvilken av følgende strømkretser finnes antakelig i boksen?</p> <p>Alle motstandene har samme resistans. (Tegnet <math>\text{⏏}</math> blir brukt som symbol for motstand.)</p>	
(A)	
(B)	
(C)	
(D)	
(E)	

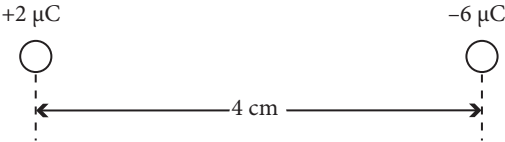
## 6 Enkeltoppgaver

	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
A	1	1	0,5	1	2	2
B	1	0,8	1	2	2	2
C	2	3	0,5	4	5	6
D*	93	89	95	89	86	79
E	3	4	2	4	3	7
Blank	1	2	0,6	0,8	2	4

Som vi skal se senere (se oppgave PA13009) viser det seg ofte at kretsoppgaver, som er pensum i 2FY, er vanskelige for våre elever. Det er derfor kanskje litt overraskende at så mange får til denne oppgaven. I tillegg er det jo mye å lese, og ganske mye å forholde seg til. Men oppgaven er jo egentlig ganske lett. Punkt 3 i oppgaven sier at det ikke er resistans mellom Q og S, og det betyr at det bare er alternativ D og E som kan være riktig. De aller fleste har, som vi ser, valgt alternativ D, som er riktig svar.

Svarfordelingen for de norske elevene i 2008 er temmelig lik den i 1995. Norske elever skårer imidlertid bedre enn det internasjonale gjennomsnittet og ganske likt som Sverige og Slovenia.

**PA13006 Krefter på ladd partikkel**

PA13006	Anvendelse
<p>To små ladde partikler med ladning henholdsvis <math>+2 \mu\text{C}</math> og <math>-6 \mu\text{C}</math> plasseres 4 cm fra hverandre slik figuren viser.</p>  <p>Hvor må vi plassere en tredje ladning på <math>-8 \mu\text{C}</math>, slik at summen av kreftene på partikkelen med ladning <math>-6 \mu\text{C}</math> blir null?</p> <p>(A) 4 cm til venstre for partikkelen med ladning <math>-6 \mu\text{C}</math>  (B) 16 cm til venstre for partikkelen med ladning <math>-6 \mu\text{C}</math>  (C) 16 cm til høyre for partikkelen med ladning <math>-6 \mu\text{C}</math>  (D) 8 cm til venstre for partikkelen med ladning <math>-6 \mu\text{C}</math>  (E) 8 cm til høyre for partikkelen med ladning <math>-6 \mu\text{C}</math></p>	

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
A	20	17	23	15	22	17
B	16	22	29	19	24	17
C	11	11	14	10	11	10
D*	39	37	27	39	30	38
E	12	11	6	13	11	12
Blank	2	3	2	3	3	6

Coulombs lov og elektrostatikk står sentralt i norsk skolefysikk. Oppgaven her handler om både størrelser og retninger på krefter mellom ladde partikler. Man kan innse at den tredje ladningen må plasseres til venstre for partikkelen med ladning  $-6 \mu\text{C}$  for at de to kreftene som virker på den, skal ha motsatte retninger. Deretter må man bruke Coulombs lov til å finne avstanden. Det er åpenbart ikke lett. Vi ser av resultatene at bare litt over en tredel av de norske elevene svarer riktig. Det er nokså likt det internasjonale gjennomsnittet og ganske likt gjennomsnittet til de landene vi sammenlikner oss med. Dessuten sprer svarene for alle landene seg ganske mye på de ulike svaralternativene. Det tyder på at ganske mange er usikre, og kanskje at ganske mange gjetter. De fleste av dem som svarer feil, krysser imidlertid av for A eller B. De har i alle fall riktig retning på kraften som virker, men de greier ikke å bruke Coulombs lov korrekt. Svarfordelingene i 1995 og 2008 er temmelig like for de norske elevene.

I ett av de fire norske heftene som ble sendt til skolene, var det en trykkfeil i denne oppgaven. Vi sendte e-post til alle skolene med beskjed om å rette feilen. Alle bortsett fra to skoler bekreftet at de hadde mottatt meldingen. Resultatene for oppgaven viste ingen påfallende tendenser for disse to skolene, så vi antar at trykkfeilen har spilt en helt minimal rolle for resultatene.

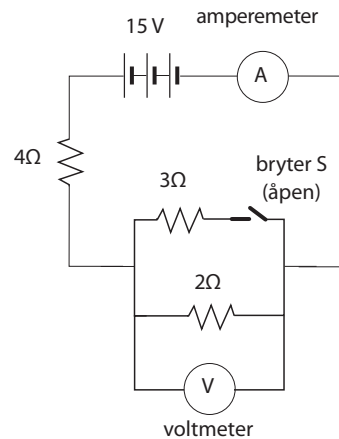


## PA13009 Strøm og spenning i en elektrisk krets

PA13009

Resonnering

I den elektriske kretsen nedenfor er bryteren S åpen.



Hvordan går det med amperemeter- og voltmeterutslagene når bryteren S blir **lukket**?

- (A) Amperemeterutslaget øker, voltmeterutslaget avtar.
- (B) Amperemeterutslaget avtar, voltmeterutslaget øker.
- (C) Amperemeterutslaget øker, voltmeterutslaget øker.
- (D) Amperemeterutslaget avtar, voltmeterutslaget avtar.

	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
A*	46	38	42	39	30	36
B	19	26	22	23	25	24
C	16	15	13	18	18	21
D	19	20	21	19	24	15
Blank	1	2	2	0,8	3	4

Dette er en klassisk, men krevende oppgave om elektriske kretser. Kombinasjonen av parallell- og seriekopling sammen med en bryter som endrer kretsen, er erfaringsmessig vanskelig. Her er det i tillegg spørsmål om hvordan både strømmen og spenningen endrer seg når bryteren blir lukket. Man må innse at når bryteren blir lukket, vil den totale resistansen i kretsen gå ned på grunn av parallellkoplingen. Dermed øker strømmen i kretsen, og amperemeterutslaget øker. Når strømmen øker, vil spenningen over  $4\ \Omega$ -motstanden også øke. Dermed vil spenningen over parallellkoplingen avta.

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Resultatet for de norske elevene bør sees i sammenheng med at elevene som var med i testen, gikk i 3. klasse, og elektriske kretser er pensum i 2. klasse. Det var altså omtrent ett år siden disse elevene hadde arbeidet med kretser av denne typen.

Når vi ser på de norske feilsvarene, ser vi at alternativ B og D er mest brukt. Slik var det òg i 1995. Også i Nederland og Sverige er alternativ B og D mest brukt. I begge disse alternativene avtar strømmen. Mange elever kan med andre ord ha tenkt at når det koples inn én motstand til (riktignok i parallell), må strømmen bli mindre. Det er en misoppfatning som er beskrevet i mange forskningsprosjekter (se f.eks. Angell, 1996). Kretsen i oppgaven er jo ganske kompleks, og det kreves at man ser både helheten i kretsen og enkelt-elementene samtidig. At det er en utfordring for mange, er ikke uventet. Det er fristende å peke på at i klasserommet er denne typen oppgave godt egnet til å kombinere med praktiske forsøk. Man kan for eksempel la elevene prøve å løse oppgaven teoretisk først, og deretter la dem prøve det ut i praksis. Resultatet av forsøket vil dermed komme ut som «fasit» på oppgaven.

#### PA13021 Bølgelengden til ulike typer stråling

PA13021	Kjennskap
I det elektromagnetiske spekteret er det ulike typer stråling. Hvilken av de følgende listene gir strålingstypene med økende bølgelengde?	
Ⓐ $\gamma$ -stråling, røntgenstråling, synlig lys, radiobølger	
Ⓑ Røntgenstråling, radiobølger, synlig lys, $\gamma$ -stråling	
Ⓒ Radiobølger, $\gamma$ -stråling, synlig lys, røntgenstråling	
Ⓓ $\gamma$ -stråling, røntgenstråling, radiobølger, synlig lys	

	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
A*	56	56	52	50	47	50
B	9	9	11	12	11	12
C	16	13	11	14	15	15
D	17	21	26	24	25	20
Blank	2	0,6	0,6	0,6	2	3

Litt over halvparten av de norske elevene får til denne oppgaven. Den er jo ikke spesielt vanskelig, men den krever noen faktakunnskaper. Oppgaven hører følgelig til det kognitive området *Kjennskap*.

## 6 Enkeltoppgaver

Det mest populære feilsvaret i alle landene er alternativ D. Feilen elevene gjør, er å bytte om rekkefølgen på radiobølger og synlig lys. Det er kanskje ikke så rart at ganske mange tror at radiobølger har kortere bølgelengde enn lys. Tidligere var muligens dette klarere. Da opererte vi med radiobølger blant annet i langbølgeområdet, med opptil kilometerlange bølgelengder. I dag oppgir vi frekvenser i FM-båndet, og etter hvert vil radiosignalene utlukende være digitalisert.

### PA13024 Elektrisk feltstyrke

PA13024	Anvendelse
En liten ladd isoporkule blir holdt i ro av et elektrisk felt mellom to store, horisontale og motsatt ladde plater.	
Ladningen på kula er $5,7 \mu\text{C}$ og massen er $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ . Hvor stor er den elektriske feltstyrken? Vis hvordan du kom fram til svaret.	

Koder	Svaralternativer	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig							
20	$E = 240 \text{ V/m}$ eller $E = 240 \text{ N/C}$ basert på $qE = mg$	29	17	19	24	13	17
Delvis riktig							
10	Som kode 20, men med regnefeil og/eller uten eller feil enhet	15	22	18	16	15	14
19	Andre delvis riktige svar	2	0,9	2	0	0,1	0,6
Ikke riktig							
70	Formelen $E = \frac{F}{q}$ er med. Ikke mer eller feil resonnement	8	8	5	10	2	6
71	Refererer til Coulombs lov. $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$	2	0,4	0,4	1	1	0,7
72	$E = 240 \text{ V/m}$ eller $E = 240 \text{ N/C}$ . Uten begrunnelse	0	0	0	0,2	0	0,1
79	Andre gale svar	18	21	35	25	33	23
Blank		26	30	21	25	37	38

Dette må sies å være en helt enkel og klassisk fysikkoppgave som finnes i de fleste lærebøker rundt om i verden, og det er sentralt stoff i 3FY i Norge. Oppgaven krever at man setter opp likningen for kreftene som virker, og

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

at man kan definisjonen av elektrisk felt. Formelen ( $E = \frac{F}{q}$ ) sto for øvrig i elevenes oppgavehefte. Av de norske elevene klarer langt færre enn i 1995 oppgaven helt riktig (kode 20), men tar vi med delvis riktig svar (kode 10 og 19), blir bildet noe bedre. Elevene som har gitt svar innenfor disse kategoriene, har jo skjønt fysikken, men gjort regnefeil eller kanskje bare «glemt» enheten i svaret.

Selv om forskjellene ikke er veldig store, skårer jentene bedre enn guttene i alle de fire landene. Forskjellen er størst i Sverige med 8 prosentpoeng i jentenes favør.

**PA13026 Omløpstiden til en ladd partikkel i et magnetfelt**

PA13026	Resonnering
En partikkel med ladningen $q$ og massen $m$ beveger seg med farten $v$ i et homogent magnetfelt med flukstettheten $B$ . Farten står normalt på flukstettheten. Partikkelen beveger seg i en sirkel.	
Vis at omløpstiden $T$ til partikkelen er uavhengig av $v$ .	

Koder	Svaralternativer	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>							
10	Svar basert på Newtons 2. lov. $T = \frac{2\pi m}{qB}$	18	10	4	6	2	10
19	Andre riktige svar	0	0,3	0,3	0	0,1	0,3
<b>Ikke riktig</b>							
70	Riktig svar uten begrunnelse	0	0	0,1	0	0,3	1
71	Svaret inneholder $v$ eller størrelser avhengig av $v$ , f.eks. $r$ .	21	21	6	5	4	5
72	Riktig resonnement, men feil svar	3	0,3	2	2	0,8	1
79	Andre gale svar	33	35	61	53	45	35
Blank		26	33	27	34	48	48

Som vi ser var det ganske få norske elever som svarte riktig i 1995. Dette var imidlertid en vanskelig oppgave for de fleste landene som deltok i 1995, og det var bare noen få land den gang som skåret høyere enn Norge. Den gjennomsnittlige internasjonale svarprosenten var på 12 %. I 2008 er resultatet

for de norske elevene ganske mye dårligere enn i 1995, og det internasjonale gjennomsnittet er også svært lavt.

Oppgaven er «klassisk» og finnes i ulike varianter i mange lærebøker og oppgavesamlinger beregnet for videregående skole. Den går altså ut på å bruke likningen for kraften på en ladd partikkel i et magnetfelt og kombinere denne med Newtons 2. lov anvendt på en sirkelbevegelse (se rammen).

$$qvB = ma = \frac{v^2}{r} \text{ og } v = \frac{2\pi r}{T}$$

som gir  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  som altså er uavhengig av  $v$ .

Alle de nødvendige formlene var gitt på formelarket forrest i elevenes oppgavehefte.

10 % av de norske elevene fikk helt riktig (kode 10 og 19). Det er ikke mange og som ventet er disse blant de aller beste. De skåret i middel omtrent ett standardavvik bedre enn gjennomsnittet på hele testen. Det er ingen signifikant forskjell mellom gutter og jenter når det gjelder de som har riktig svar. Derimot er det en større andel av guttene enn av jentene som lar være å svare. Jentene gjør med andre ord i større grad enn guttene et forsøk på å løse oppgaven.

Det er 21 % som har fått kode 71. I dette tilfellet betyr det at de har gjort et forsøk på å løse oppgaven, men svaret de har fått, inneholder farten  $v$  eller en størrelse som er avhengig av  $v$  (f.eks.  $r$ ). Videre er det 35 % som er kodet 79, det vil si andre og ikke kategoriserte svar. Hele 33 % har overhodet ikke svart på oppgaven.

Ut fra læreplanen, lærebøker og tradisjonen i fysikkfaget i Norge burde man forvente et bedre resultat på en oppgave av denne typen. At elevene i tillegg svarer betydelig dårligere i 2008 enn i 1995, gir grunn til bekymring.

En annen ting er at de andre landene vi har sammenliknet oss med, gjør det enda dårligere. Selv om vi tar med kode 70, 71 og 72 (som i alle fall viser at elevene er på rett vei), får vi bare med 12 % fra Nederland, 13 % fra Slovenia og 7 % fra Sverige. Oppgaven oppfattes tydeligvis som svært vanskelig i alle landene.

Det er to hovedutfordringer elevene står overfor i denne oppgaven. For det første må de kunne tolke teksten slik at de blir i stand til å formulere problemstillingen matematisk. Det er i seg selv en krevende oppgave og er påpekt tidligere i en rekke fysikkdidaktiske sammenhenger (se f. eks. Angell et al., 2003). Dette handler altså om å kunne veksle mellom en verbal (tekstlig) beskrivelse og en matematisk beskrivelse. Det andre er at elevene må kunne manipulere med algebraiske uttrykk. En slik analytisk tilnærming tror vi er helt avgjørende både for å forstå fysiske fenomener og for å se hvor fruktbart det er å bruke matematikk for å beskrive dem. Resultatet her kan tyde på at elevene ikke har fått den nødvendige treningen som skal til. Det er fristene å peke på bruken av lommeregner og liten vekt på enkel algebra i matematikkundervisningen som mulige forklaringer. Samtidig kan det synes som et paradoks at fysikkelevne som også tar matematikkurs (de aller fleste TIMSS-elevne hadde 3MX) som inneholder mye mer og avansert matematikk enn enkel algebra, tilsynelatende ikke kan anvende denne matematikken. Det er flere som 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 Gutterrud (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  $s = vt$  er akkurat den samme likningen som  $y = ax$ , som de er vant med fra matematikken.

I de senere år har det vært rettet mye oppmerksomhet mot begrepet «conceptual physics» (se f. eks. Hestenes, 1987; Hewitt, 2006; Mazur, 1997). Også i Norge har vi 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. Men det kan synes som om dette har ført til en *for* liten vektlegging av den matematiske siden av faget. Her er det ikke snakk om et enten–eller, men et både–og.

## PA23030 Krefter på to ladde partikler

PA23030	Anvendelse
To partikler har ladninger henholdsvis $q$ og $2q$ . Hvilken figur viser BEST de elektriske kreftene som virker på de to partiklene?	
(A)	
(B)	
(C)	
(D)	

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	48	48	38	38	41
B*	17	16	20	30	22
C	26	32	30	25	26
D	8	4	12	5	10
Blank	0,5	0,8	0,8	1	1

Det er bare 17 % av de norske elevene som krysser av for rett alternativ her, og det er faktisk under gjettensnivå! Resultatet i de andre landene er omtrent like dårlig, riktignok litt bedre i Sverige. Gjennomgående svarer guttene bedre enn jentene. Rent testmessig fungerer denne oppgaven dårlig i og med at så få (under gjettensnivå i flere land) krysser av for rett svar. Imidlertid gir den interessant diagnostisk og didaktisk informasjon.

Det er mulig at det er lett å bli «lurt» av at partiklene har ladninger på henholdsvis  $q$  og  $2q$ . Men hvis man har en solid forståelse av Newtons 3. lov, burde man ikke la seg forvirre av det. Heller ikke burde man svare feil hvis man tar utgangspunkt i Coulombs lov. Der inngår jo ladningen til begge partiklene i uttrykket for kraften mellom dem. Men de fleste, i alle landene, synes å tenke at den partikkelen med størst ladning må bli utsatt for størst kraft. Og de som krysser av for alternativ C, tenker kanskje at kraften på partikkelen

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

med ladning  $q$  må bli størst fordi kraften kommer fra en partikkel med større ladning? Uansett er det svært mange som ikke greier å bruke grunnleggende, men forholdsvis enkel fysikk til å løse det foreliggende problemet. I så måte vil vi si at oppgaven er «god» i den forstand at den avslører hvor svak den grunnleggende forståelsen faktisk er.

De forholdsvis få norske elevene som svarer riktig, er også blant de aller beste. I gjennomsnitt har disse elevene en totalskår på 601, altså langt over gjennomsnittsskåren til norske elever som helhet.

**PA23078 Summen av kreftene på en ladd partikkel**

(PA23078) Resonnering

Figuren ovenfor viser tre punktladninger A, B, og C. Summen av kreftene fra A og B på C er vist som en pil.

De to ladningene A og B bytter deretter plass. Tegn en pil på figuren nedenfor for å vise hvordan summen av kreftene fra A og B på C vil bli nå.

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig						
10	Svar som inneholder alle de tre følgende kriteriene: 1. Pilen peker nedover og mot venstre. 2. Pilen nærmere vertikalen enn opprinnelig. 3. Pilen lengre enn opprinnelig.	8	15	19	10	14



## 6 Enkeltoppgaver

11	Svar med kriterium 1 og 3, men ikke 2	32	20	33	37	23
12	Svar med kriterium 1 og 2, men ikke 3	4	11	5	3	5
Ikke riktig						
70	Svar med bare kriterium 1	25	23	11	15	21
79	Andre gale svar	29	29	31	32	31
Blank		2	1	1	3	6

Oppgaven handler om å forstå krefter mellom ladninger og å kunne bruke Coulombs lov kvalitativt. For å svare fullstendig korrekt er det ganske mye å forholde seg til. Det er avstanden mellom ladningene og hvilke fortegn ladningene kan ha, og det er kraften, altså lengden av pilen. For å rette denne oppgaven var det laget en «mal» som anga innenfor hvilke grenser som ble godtatt som riktig for retningen (ca.  $\pm 10^\circ$ ) og for lengden. Vi ser at det er få som greier alt. Men det er tross alt ganske mange som kommer et stykke på vei. Slår vi sammen alle kodene 10, 11, 12 og 70, ser vi at nesten 70 % av de norske elevene har svar som inneholder at pilen (og altså kraften) må peke nedover og mot venstre. Både Nederland og Slovenia har riktignok høyere andel *helt* riktig svar (kode 10) enn Norge.

Norske gutter har noe høyere andel riktige svar enn jentene. Det gjelder de andre landene også, bortsett fra Slovenia, der forskjellen er liten (men i jentenes favør).

## PA23113 Hvorfor laserlys kan være skadelig for øynene

PA23113	Resonnering
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p><b>Laserstråling</b>  <b>Advarsel: Ikke stirr inn i strålen.</b>  <b>Klasse II-laserprodukt</b></p> </div>	
<p>Susanne har en rød laserpenn med bølgelengde 630-680 nm og maksimum stråling mindre enn 1 mW. Merkelappen på Susannes penn er vist ovenfor. Hvilken påstand forklarer hvordan laserlys kan skade øynene til Susanne?</p>	
<p>(A) Fotonenergien til rødt lys er stor nok til å ødelegge de lysfølsomme cellene i øynene hennes.</p>	
<p>(B) Rødt lys fra en laser har høyere fotonenergi enn rødt lys fra en glødelampe.</p>	
<p>(C) Laserpennen produserer flere fotoner per sekund enn en 100 W glødelampe.</p>	
<p>(D) Røde lysfotoner i laserpennen spres over et mindre område enn fotoner fra en lyspære.</p>	

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	22	25	42	20	27
B	7	4	10	8	12
C	4	8	11	12	12
D*	68	63	36	58	45
Blank	0,4	0,2	1	2	4

Mange norske elever vet at noe av det spesielle med en laser er at den har en svært godt fokusert stråle slik at energien blir konsentrert om et lite område (alternativ D). Ganske mange velger også alternativ A, det gjelder særlig elevene fra Slovenia. Det er vel heller ikke så helt galt. Selv om det ikke er energien i rødt lys i seg selv som er farlig, pekes det på at lys *kan* ha nok energi til å være ødeleggende for cellene i øynene.

Oppgaven er kategorisert som *Resonnering*, og den er et eksempel på at ikke alle resonneringsoppgaver nødvendigvis må være veldig vanskelige. Her må man altså bruke kunnskaper om laserlys til å forklare hvordan laserlys kan virke på øynene.

Forskjellen mellom gutter og jenter, i guttenes favør, er forholdsvis stor i flere land. I Norge er forskjellen 12 prosentpoeng, og i Nederland er den hele 24 prosentpoeng!

**PA23128 Ultrafiolett lys og solbrennethet**

PA23128	Kjennskap
Ultrafiolett lys kan forårsake at vi blir solbrente. Forklar hvorfor vi ikke blir solbrente når vi sitter bak et glassvindu.	

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig						
10	Vindusglass blokkerer/absorberer mesteparten av ultrafiolett lys.	41	58	53	35	39
Ikke riktig						
70	Vindusglass reflekterer ultrafiolett lys.	36	22	35	33	24
71	Vindusglass bryter ultrafiolett lys.	9	4	5	7	6
72	Vindusglass endrer bølgelengden til ultrafiolett lys.	3	0,8	1	4	3
79	Andre gale svar	7	13	4	16	18
Blank		4	2	3	6	11

## 6 Enkeltoppgaver

Dette fenomenet, at man ikke blir brun gjennom vindusglass, burde jo være en «hverdagerfering» for mange. Men det er altså godt under halvparten av norske elever som vet grunnen. Dette er jo en typisk oppgave i *Kjennskap*. Enten vet du det, eller så vet du det ikke. Vi ser at ganske mange er kodet 70, altså at det er refleksjon som er årsaken. Det er det jo også noe riktig i, noe UV-stråling blir reflektert, men den klart viktigste effekten er likevel absorpsjon.

Vi ser at både nederlandske og slovenske elever svarer bedre enn de norske, men det er også ganske mange elever i disse landene som skriver om refleksjon som årsaken.

Det er verdt å merke seg at på denne oppgaven svarer jentene i Norge og Nederland bedre enn guttene. Forskjellen er på henholdsvis 8 og 7 prosentpoeng.

### PA23034 Retningen på elektrisk felt

PA23034	Anvendelse
---------	------------

To punktladninger befinner seg i ro i en viss avstand fra hverandre, som vist på figuren ovenfor. Tegn en pil fra punkt A for å vise retningen til det totale elektriske feltet i A som lages av de to ladningene til sammen.

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig						
10	Pilen peker mot høyre og er parallell til linjen mellom ladningene $\pm 10^\circ$	17	15	27	13	33
Ikke riktig						
70	Pilen peker opp eller ned (vertikalt) $\pm 10^\circ$	53	54	33	40	31
71	Pilen peker mot venstre og er parallell til linjen mellom ladningene $\pm 10^\circ$	4	7	5	3	4
79	Andre gale svar	10	15	25	20	16
Blank		15	10	11	24	18

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

De fleste elevene svarer feil her. Omtrent halvparten tegner en pil som peker opp eller ned (vertikalt). Samtidig ser vi at elevene har det samme problemet i flere av de andre landene også.

Oppgaven burde ikke være så problematisk. En forklaring kan imidlertid være at det *ikke* står i *teksten* at ladningene har motsatte fortegn. Det må man se ut fra figuren. Hvis noen har oversett fortegnene og tror at ladningen er like, er jo kode 70 riktig.

**PA23044 Demonstrasjon av elektromagnetisk induksjon**

PA23044	Anvendelse
Beskriv hvordan du ville demonstrere "elektromagnetisk induksjon" til en gruppe elever. Beskriv utstyret du ville bruke, men du skal ikke forklare fenomenet.	

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>						
10	1. Utstyr – magnet og spole/ledersløyfe 2. Bevege magnet eller spole, eller slå av og på en elektromagnet for å endre magnetfeltet i spolen 3. Bruke en detektor (f.eks. amperemeter) til å vise induisert strøm (eller spenning)	47	29	17	23	22
11	Annen adekvat demonstrasjon	2	5	5	2	3
<b>Ikke riktig</b>						
70	Adekvat beskrivelse av punkt 1 og 2 fra kode 10	8	5	2	5	4
71	Teoretisk beskrivelse av fenomenet, men ingen demonstrasjon	2	0,8	1	3	2
79	Andre gale svar	23	46	36	26	30
Blank		18	15	29	41	40

Det spesielle med denne oppgaven er at man ikke blir spurt om å forklare fenomenet induksjon, men bare om hvordan man vil demonstrere det. Likevel er det fra 2 til 5 %, riktignok ganske få, som gir en teoretisk forklaring. Nesten halvparten av de norske elevene klarer imidlertid oppgaven. Det er betydelig bedre enn de landene vi sammenlikner oss med. Det tyder på at et eksperiment der man beveger en magnet i forhold til en spole og registrerer at det går strøm, gjøres forholdsvis hyppig i norske klasserom.

For at svaret skal kodes 10, kreves det at man beskriver utstyret, hvordan man bruker det, og hvordan man kan påvise induisert strøm (eller spenning).

## 6.5 Varme og temperatur

### PA13008 Antall molekyler i et rom

PA13008	
Hvilket av tallene nedenfor viser best antall molekyler i lufta i rommet du sitter i?	
(A)	$10^{15}$
(B)	$10^{21}$
(C)	$10^{24}$
(D)	$10^{27}$

	NOR 95	NOR 08
A	5	3
B	15	14
C	31	37
D*	47	43
Blank	2	4

Denne oppgaven er én av to som ble utelatt fra de internasjonale resultatene fordi den ikke passer inn i rammeverket for TIMSS Advanced (se også oppgave PA13010). Tilstandslikningen blir i mange land betraktet som kjemi, og derfor er den ikke med som en del av fysikken her.

Vi presenter likevel de *norske* resultatene. Her må man skjønne at man må finne ut omtrent hvor stort klasserommet er, man må finne en rimelig temperatur, og man må så sette tallene inn i gasslikningen  $pV=NkT$ . Selv om denne likningen ikke er sentral for norske elever, sto den på formelarket de hadde. 43 % av de norske elevene krysser av for riktig alternativ. Det er litt færre enn i 1995, men forskjellen er ikke stor. Ganske mange krysser av for alternativ C, det nest høyeste tallet. Det kan jo tyde på at mange har en forestilling om at antall molekyler i et rom er stort, og at de derfor krysser av for de største tallene, uten å gjøre et ordentlig overslag.

**PA13022 Sluttemperaturen til et system (kalorimetri)**

PA13022	Anvendelse
Vi heller 100 g vann med temperaturen 90 °C opp i en aluminiumsbeholder med temperaturen 20 °C. Massen til beholderen er 50 g.	
Hva blir sluttemperaturen til systemet? Vi antar at det ikke er noen varmeutveksling med omgivelsene. Vis hvordan du kom fram til svaret.	
Spesifikk varmekapasitet til vann er 4,2 kJ/(kg K). Spesifikk varmekapasitet til aluminium er 0,92 kJ/(kg K).	

Koder	Svaralternativer	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>							
20	T = 83 °C basert på avgitt varme fra vann lik mottatt varme til aluminium ( $c_1 m_1 \Delta T_1 = c_2 m_2 \Delta T_2$ )	14	8	26	19	8	16
<b>Delvis riktig*</b>							
10	Riktig metode, men regnefeil og/eller manglende eller feil enhet	5	5	10	10	5	7
11	Riktig metode, men ingen verdi for temperaturen	1	1	0,8	2	0,1	1
19	Andre delvis rette svar	4	0,1	2	0,4	0	0,7
<b>Ikke riktig</b>							
70	Formel for avgitt og mottatt varme er brukt. Ufullstendig eller feil	18	24	26	4	5	12
71	T = 83 °C, men ikke noe arbeid er vist.	0	0,2	0,8	0,3	0,2	1
79	Andre gale svar	24	23	29	57	53	31
Blank		33	39	5	7	29	31

\*I 1995 var delvis riktig svar delt på flere koder enn i 2008.

Dette er en tradisjonell kalorimetri-oppgave, men norske elever er nok ikke så godt trent i denne typen oppgaver. Kalorimetri var pensum i 2FY, og dermed vil nok mange elever ha «glemt» mye av dette når de er kommet til 3FY i 3. klasse. Men det sto i læreplanen (R94) at elevene skulle kunne gjøre energiberegninger i forbindelse med temperaturendringer og faseoverganger. Dessuten var formelen gitt på formelarket elevene fikk, og nødvendige varmekapasiteter med enheter var gitt i oppgaveteksten. Det skulle dermed ikke så veldig mye resonnering til for å greie oppgaven. Men, som vi ser, det er svært få som får til dette.

## 6 Enkeltoppgaver

Resultatet i Norge var dårlig i 1995, og i 2008 var det enda verre. I 1995 var det tross alt 14 % som fikk 2 poeng (kode 20), mens det i 2008 bare var 8 %. Vi merker oss også at mange ikke engang prøver seg. Det er 39 % av de norske elevene som overhodet ikke svarer, og det er 23 % som er kodet 79, altså ikke kategoriserbare feilsvar. De som er kodet 70, har gjort forsøk på å bruke et uttrykk for mottatt og avgitt varme. Disse elevene har i alle fall funnet fram til hva oppgaven handler om, selv om de ikke har klart å løse den. Det er også 10 % som har fått ett poeng på oppgaven. Disse elevene har brukt riktig formel, men de har enten regnet feil eller brukt feil eller ingen enhet.

Vi så ovenfor at våre elever svarte forholdsvis dårlig på en typisk 2FY-oppgave om elektrisitet. Det er dermed et tankekors at elevenes kunnskaper ikke ser ut til å være solide eller dype nok til at de kan brukes ett år etter at de har arbeidet med stoffet.

Norske elever gjør det noe svakere enn det internasjonale gjennomsnittet på denne oppgaven. Men vi ser at oppgaven faller vanskelig i flere andre land også. Hvis vi tar med delvis riktige svar, ser vi at 39 % i Nederland får poeng mot 14 % i Norge.

### PA23050 Hvorfor metall føles kaldere enn tre

PA23050	Anvendelse
Et bord med bein av metall og bordplate av tre befinner seg i et rom med temperatur omtrent 20 °C. Hvilken påstand forklarer hvorfor metallbeina føles kaldere enn treplata?	
<p>(A) Varmekapasiteten til metallbeina er lavere enn for treplata.</p> <p>(B) Metallet har lavere temperatur enn treplata.</p> <p>(C) Metallet leder varme bedre enn tre.</p> <p>(D) Molekylene beveger seg raskere i metall enn i tre.</p>	

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	45	30	32	37	34
B	6	6	10	5	9
C*	42	64	54	52	49
D	7	0,8	2	6	6
Blank	0,7	0	2	0,2	2

Opgaven omhandler et fenomen mange sikkert har erfart, men det er kanskje ikke så mange som har tenkt over det. Treplata og metallet har selvsagt

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

samme temperatur, men det føles ikke slik. Det kommer av at metallet leder varmen bort fra hånda bedre enn tre. Det kreves altså at elevene må benytte kunnskaper om varme og varmeledning for å kunne svare riktig på oppgaven. Den mest populære distraktoren er A (for alle landene), nemlig at varmekapasiteten er lavere for metallet enn for treplaten. De to andre distraktorene er ikke så populære, og de er kanskje mer åpenbart feil enn alternativ A, som jo inneholder et relevant fysisk begrep.

I Norge er andelen riktige svar lavere enn i flere andre land, også lavere enn det internasjonale gjennomsnittet. Særlig distraktor A er populær hos oss.

Forskjellen mellom jenter og gutter er forholdsvis stor i flere land, spesielt i Norge og Slovenia med henholdsvis 16 og 21 prosentpoeng i guttenes favør.

Det hevdes ofte at fysikken må være mer virkelighetsnær og handle mer om elevenes hverdag for å framstå som mer forståelig og interessant. Vi konstaterer at i dette tilfellet ser det ikke ut som erfaringer og tilknytning til hverdagen hjelper veldig mange elever til å forstå et hverdagsfenomen. Og det er vel heller ikke sikkert at hverdagen blir trukket inn i undervisningen i særlig stor grad. En annen sak er at ideen om at det «hverdagsnære» er mer interessant for våre elever, ikke så sikkert er helt riktig. Det kan være rimelig å tolke elevens oppfatning av «hverdagen» temmelig vidt. Fysikk i videregående skole behandler jo noen av de store temaene og perspektivene på verden gjennom relativitetsteori, litt kvantefysikk og astrofysikk. Når elevene får diskutere og undre seg over disse store perspektivene, framstår fysikken både som viktig, interessant og på en måte knyttet til egne «erfaringer» og opplevelser (se også Angell et al., 2003).

#### PA23056 Drivhuseffekten

PA23056	Kjennskap
Hvilken påstand er den BESTE forklaringen av drivhuseffekten?	
<p>(A) På grunn av hull i ozonlaget vil mer solstråling treffe jordoverflaten, og den blir varmere.</p> <p>(B) Lysstråler fra sola går gjennom atmosfæren og varmer opp jordoverflaten. Noe av varmestrålingen fra overflaten blir absorbert av visse gasser i atmosfæren og holdes igjen.</p> <p>(C) Utslipp av gasser som CO<sub>2</sub> i atmosfæren fører til temperaturøkning på Jorda.</p> <p>(D) Lys fra sola får molekylene i atmosfæren til å vibrere, og den blir varmere.</p>	



## 6 Enkeltoppgaver

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	7	4	13	11	14
B*	82	88	68	80	67
C	10	8	19	9	17
D	0,7	0	0,4	0,1	2
Blank	0	0	0,4	0,2	1

Det er ikke lett å lage oppgaver som skal handle om viktige samfunns- spørsmål og samtidig ha klar forankring i skolefaget fysikk. Drivhuseffekten er et fenomen som både er viktig og ofte blir omtalt i media. Men når man skal formulere en best mulig (men ganske kort) forklaring av fenomenet, blir det faktisk ganske vanskelig. Alternativ B regnes som «riktig» her og inneholder i alle fall noen viktige elementer av en mer fullstendig forklaring. Det ser det ut til at mange norske elever også oppfatter som en OK forklaring. Alternativ C er heller ikke helt galt, så alt i alt svarer norske elever godt på denne oppgaven. Det gjør for øvrig elevene i de andre landene også.

Skolefysikken har som mål å se fysikkfaget i sammenheng med samfunnsmessige aspekter, og det gjelder ikke minst store spørsmål knyttet til klimaendringer, forurensinger osv. Det hevdes også at kunnskaper i naturfag generelt og fysikk spesielt er viktig for at man skal kunne medvirke i samfunnet. Fysikkfaget i skolen skal altså ha et bredt perspektiv der det fysikkfaglige med metode, eksperimenter og bruk av matematikk er viktig samtidig som det mer allmenndannende med vekt på samfunn, historie og filosofi også har sin plass. Det er derfor oppmuntrende at norske elever svarer såpass godt på oppgaven om drivhuseffekten.

**PA23142 Elektromagnetisk stråling fra Jorda**

PA23142	Kjennskap
En satellitt observerer temperaturen på Jorda. Hvilken type elektromagnetisk stråling bør måleinstrumentene kunne registrere?	
<p>(A) radiobølger</p> <p>(B) infrarødt lys</p> <p>(C) synlig lys</p> <p>(D) ultrafiolett lys</p>	

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	7	2	5	10	15
B*	60	84	57	56	51
C	5	1	6	5	8
D	28	12	32	30	24
Blank	0,2	0	0,4	0,2	2

Oppgaven krever egentlig bare forholdsvis enkel kunnskap om det elektromagnetiske spekteret. De fleste svarer riktig, nemlig at det er infrarød stråling som må registreres for å kunne observere temperaturen på jorda. Men det er også ganske mange som svarer ultrafiolett lys (alternativ D), mens forholdsvis få svarer radiobølger eller synlig lys. Det er mulig at ultrafiolett lys høres ut som eller oppfattes som mer plausibelt enn de andre distraktorene. Nederland skiller seg noe ut med høy svarprosent for riktig svar.

Særlig i Norge, Nederland og Slovenia svarer guttene betydelig bedre enn jentene. Forskjellen mellom guttene og jentene er størst i Norge der den er på så mye som 25 prosentpoeng.

Man kan kanskje spørre seg om dette er viktig kunnskap å ha. Eller mer generelt: Hva bør vi kreve av faktakunnskap av våre elever? Vi tror at det er en del grunnleggende faktakunnskap som er nødvendig, og også nyttig, for å kunne forholde seg til den fysiske verden vi lever i. Så selv om man ikke behøver å ha detaljkunnskaper om det elektromagnetiske spekteret, tror vi det er nyttig å ha en oversikt (i hodet) over de ulike delene av spekteret og hva som er karakteristisk for hver av dem. Det er ikke slik at man alltid bare kan gå på Internett for å finne svar.

**PA23082 Spesifikk varmekapasitet for vann og sand**

PA23082	Resonnering
Sanden på en strand er veldig varm på en varm solskinsdag, men er kald om natta. Som en kontrast til dette varierer temperaturen i sjøen lite mellom dag og natt. Hva forteller dette deg om spesifikk varmekapasitet for sand sammenliknet med for vann?	

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig						
10	Spesifikk varmekapasitet for sand er (mye) lavere enn for vann.	69	74	65	50	52

## 6 Enkeltoppgaver

Ikke riktig						
70	Spesifikk varmekapasitet for sand er høyere enn for vann.	16	18	21	19	16
79	Andre gale svar	10	5	7	21	13
Blank		6	3	7	10	20

Oppgaven er kategorisert som *Resonnering*, og norske elever klarer den ganske bra. Men det kreves at man har kjennskap til begrepet varmekapasitet, og at man forstår konsekvensene for hvordan temperaturen varierer i henholdsvis sand og vann.

Spesielt elevene fra Nederland har høy andel riktige svar, men også for flere andre land ser dette ut til å være forholdsvis enkelt.

**PA23140 Elektromagnetisk stråling og synlig lys**

PA23140	Kjennskap
<p>Alle legemer sender ut elektromagnetisk stråling. De karakteristiske egenskapene til strålingen avhenger sterkt av temperaturen til legemet. Ved noen temperaturer observeres strålingen av øynene våre og kalles "lys". Ved hvilke temperaturer til legemet er den elektromagnetiske strålingen, ved maksimal intensitet, i det synlige området?</p> <p>(A) ved temperaturer på noen titalls grader celsius  (B) ved temperaturer på noen hundre grader celsius  (C) ved temperaturer på noen tusen grader celsius  (D) ved temperaturer på noen millioner grader celsius</p>	

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	8	9	16	14	13
B	22	21	23	25	23
C*	52	49	46	43	40
D	16	19	15	16	15
Blank	2	3	2	3	9

Her svarer omtrent halvparten av de norske elevene riktig, og det er godt over det internasjonale gjennomsnittet.

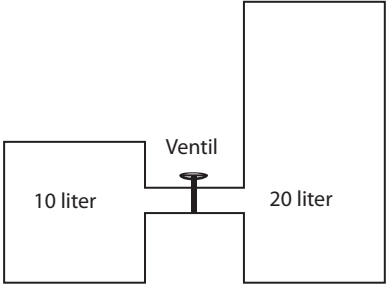
Dette er et typisk spørsmål innenfor kategorien *Kjennskap*, det er noe man må vite. Det er mulig noen vet at overflatetemperaturen på sola er litt under 6000 grader, og dermed innser at temperaturer på noen tusen grader celsius gir stråling i det synlige området. Svaralternativ A virker ikke særlig troverdig. Da ville vi alle gått rundt og strålt som lys – bokstavelig talt.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Riktignok stråler vi, men det er i det infrarøde området. Det er litt lettere å skjønne at noen elever krysser av for noen hundre grader eller noen millioner grader hvis de ikke vet svaret.

Oppgaven handler om det vi kaller sort stråling. Hvis vi for eksempel ser på strålingskurven (Planck-kurven) fra en glødelampe, vil vi finne at maksimal intensitet og mesteparten av kurven ligger i et bølgelengdeområde som ikke er i den synlige delen av spekteret. Mesteparten av kurven ligger i det infrarøde området, og det betyr at mesteparten av strålingen fra en glødelampe ikke går til lys, men til varme. En glødetråd i en lampe kan ha en temperatur på et par tusen grader.

**PA23084 Totaltrykket i en gassblanding**

PA23084	Resonnering
	
<p>Et tynt rør med en lukket ventil forbinder to beholdere. Den ene beholderen er på 10 liter og er fylt med en gass med trykket 1 atmosfære. Den andre beholderen er på 20 liter og er fylt med nitrogen med trykket 2 atmosfærer. Begge beholderne har temperaturen 27 °C. Hvis ventilen åpnes og de to gassene blander seg ved temperaturen 27 °C, hva blir det totale trykket (i atmosfærer) i de to beholderne?</p> <p>Vis hvordan du kom fram til svaret.</p>	

Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>						
20	Tilstandsligningen og Daltons lov gir: $p_1V_1 + p_2V_2 = p(V_1 + V_2)$ og $p = 1,7 \text{ atm}$	18	44	25	11	17
<b>Delvis riktig</b>						
10	Riktig, men regnefeil	0,7	4	4	0,9	3
11	Riktig, men feil enhet	1	2	0	0,2	0,7

## 6 Enkeltoppgaver

Ikke riktig						
70	Feil forklaring, men brukt $\frac{pV}{T} = \text{konstant}$	10	13	12	3	7
79	Andre gale svar	25	26	26	42	25
Blank		46	11	24	44	48

Temaer fra 2FY i 2. klasse er det som tidligere nevnt, mange som husker lite fra. Det ser vi i denne oppgaven også. Det er 20 % av de norske elevene som får poeng, og det er ikke særlig mange. 46 % blanke svar tyder på at dette er stoff som er fjernt for dem. Det som kompliserer oppgaven, er nok at man må forholde seg til både tilstandslikningen for ideelle gasser og Daltons lov om gassblanding. Ut fra den norske læreplanen (R94) passer denne oppgaven i termofysikk imidlertid godt. Det er forholdsvis mange elever i Slovenia, og særlig i Sverige, som heller ikke får til oppgaven. Nederlandske elever gjør det betydelig bedre, halvparten av elevene der får poeng.

### 6.6 Atom- og kjernefysikk

#### PA13002 Halveringstid for thorium

PA13002	Anvendelse
Radioaktivt thorium med massen 2,0 g sender ut stråling i 72 døgn. Da er det 0,25 g thorium igjen.	
Hva er halveringstiden for thorium?	
<input type="radio"/> (A) 12 døgn <input type="radio"/> (B) 24 døgn <input type="radio"/> (C) 48 døgn <input type="radio"/> (D) 72 døgn	

	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
A	6	6	3	9	7	7
B*	75	76	88	64	77	60
C	17	17	8	21	15	22
D	1	1	0,7	3	1	4
Blank	2	0,8	0,6	3	0,3	7

Likningen for aktiviteten til en radioaktiv kilde er ikke pensum for norske elever. Men den likningen behøver de heller ikke å bruke her, siden det er tilstrekkelig å innse at det har foregått tre (et helt antall) halvinger. Det

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

kreves med andre ord egentlig bare enkel hoderegning (72/3) hvis man har en forståelse av hva halveringstid er. Det er ingen vesentlig forskjell mellom resultatene i 1995 og 2008 for de norske elevene, men dette er en av de veldig få oppgavene der en framgang (om enn veldig svak) er påvist.

Norske elever skårer klart bedre enn det internasjonale gjennomsnittet, og særlig Nederland har høy andel riktige svar. Alternativ C er ganske populært i flere land. Det er imidlertid vanskelig å peke på en «god» grunn til at de svarer akkurat 48 døgn.

**PA13025 Fotoelektrisk effekt fra tre metaller**

PA13025	Resonnering
Tabellen viser løsrivningsarbeidet for fotoelektrisk effekt i tre ulike metaller.	
<u>Metall</u>	<u>W</u>
Ca	$4,60 \cdot 10^{-19} \text{J}$
Li	$4,65 \cdot 10^{-19} \text{J}$
Zn	$6,94 \cdot 10^{-19} \text{J}$
Hvilke av disse metallene vil emittere elektroner når det bestråles med synlig lys med bølgelengden 400 nm?	
Begrunn svaret.	

Koder	Svaralternativer	NOR 95	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
<b>Riktig</b>							
20	Ca og Li emitterer. Sammenlikner fotonenergien med løsrivningsarbeidet. Eller viser at det blir negativ kinetisk energi for Zn.	38	11	25	18	14	15
21	Ca og Li emitterer. Sammenlikner fotonfrekvensen (bølgelengden) med grensefrekvensen (bølgelengden).	3	0,5	0,9	0,7	0,9	0,7
<b>Delvis riktig</b>							
10	Riktig metode, men regnefeil	1	0,5	3	0,2	0,8	1
11	$hf = \frac{hc}{\lambda} = 5,0 \cdot 10^{-19} \text{J}$ er riktig, men ingen eller feil konklusjon	12	4	7	12	3	6

## 6 Enkeltoppgaver

12	Riktig resonnement, men feil konklusjon	3	1	2	0,5	0,6	2
19	Andre delvis riktige svar	1	0,5	4	0,2	1	2
Ikke riktig							
70	Ca vil emittere elektroner fordi $W$ er minst.	4	2	5	5	1	4
71	Riktig konklusjon uten begrunnelse	0	3	1	0	4	1
79	Andre gale svar	13	30	38	38	34	27
Blank		26	48	16	26	40	4

Forskjellen mellom resultatene i 1995 og 2008 er svært stor i Norge. Det skiller hele 29 prosentpoeng for dem som er kodet riktig (20 og 21). I tillegg har andelen av dem som har andre gale svar eller overhodet ikke har svart, økt med 39 prosentpoeng. Det er ingenting i læreplanen som skulle kunne forklare denne endringen i resultat. Fotoelektrisk effekt var pensum i 1995 og var det fortsatt i 2008. En mulig forklaring kan være at en del skoler avholdt TIMSS-testen før de var kommet til avsnittene om kvantefysikk. For skoler som gjennomførte testen før midten av mars, vil nok dette kunne være tilfellet. I 1995 ble TIMSS-testen gjennomført på omtrent samme tid av året som i 2008. Det kan derfor ikke *bare* være tidspunktet som har hatt betydning for resultatet.

Vi tror at også denne oppgaven viser hvor vanskelig sammenhengen mellom en matematisk beskrivelse og et fysisk fenomen er for våre elever. Som nevnt tidligere er problemet med matematikk og fysikk diskutert i mange sammenhenger i mange år. Det påtakelige er at det ikke ser ut til at problemet er blitt mindre, det ser snarere ut til at det stadig blir større. Læreplanen etter Kunnskapsløftet gir imidlertid en klarere anvisning på hva slags matematikk som kreves i de ulike emnene (se kapittel 2). Et av hovedområdene er kalt *Å beskrive verden med matematikk*, og det indikerer at noen utvalgte temaer skal behandles mer matematisk enn andre. Det er altså et klarere skille mellom temaer som skal behandles kvantitativt og kvalitativt. Det gjenstår å se hva slags utslag dette vil gi for forståelsen av matematikk brukt i fysikk.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Det er i hovedsak to måter å komme fram til et svar på oppgaven på. Enten sammenlikner man energier,  $hf = h\frac{c}{\lambda} > W$ , eller så sammenlikner man frekvenser,  $f_0 = \frac{W}{h} < f_{\text{fys}}$ .

Av tabellen ser vi at det nesten ikke er noen, uansett land, som sammenlikner frekvenser. Det er kanskje rimelig, siden Einsteins fotoelektriske likning er så sentral i lærebøkene framstilling.

Vi legger også merke til at nederlandske elever gjør det bedre enn elevene i de andre landene, men vi ser òg at Nederland skårer betydelig svakere enn Norge gjorde i 1995.

**PA23058 Forholdet mellom størrelsen av atomkjernen og hele atomet**

PA23058	Kjennskap
Når en strøm av heliumkjerner beveger seg mot en veldig tynn gullfolie, vil mesteparten av kjernene passere gjennom folien. Hvilken av disse hypotesene blir støttet av dette resultatet?	
(A) Kjernen til gullatomet er veldig tung i forhold til hele atomet.	
(B) Heliumkjernenes bølgenatur tillater dem å trenge gjennom gullfolien.	
(C) Kjernen til gullatomene er veldig liten i forhold til hele atomet.	
(D) En heliumkjerne har omtrent samme masse som en gullkjerne.	

	NOR	NDL	SLO	SVE	SVE	INT
A	12	7	11	12	12	10
B	22	31	40	27	27	30
C*	64	60	46	58	58	51
D	2	2	2	2	2	6
Blank	0,6	0,5	2	0,9	0,9	2

Det å begripe dimensjonene i et atom er ikke lett. Men det er altså slik at kjernen i atomet er forsvinnende liten i forhold til hele atomet med elektron-sky. Oppgaven handler indirekte om Rutherfords spredningsforsøk. Det er vel et av de mest berømte eksperimentene i fysikkhistorien og får gjerne bred behandling i lærebøkene. Rutherford gjorde det som er beskrevet i denne oppgaven, og hans tolkning av resultatet er blitt stående som et viktig bidrag til vår forståelse av atomverdenen.

Selv om oppgaven spør om hvilken *hypotese* som blir støttet av resultatet, kreves det ikke veldig mye for å kunne krysse av for rett alternativ. Resultatet i Norge ligger godt over de andre landene vi sammenlikner med.



Alternativ B er den mest populære distraktoren i alle landene. Det er kanskje den tilsynelatende «vitenskapelige» formuleringen som tiltrekker en del elever. De som svarer alternativ A, er kanskje også inne på noe riktig, siden massen til kjernen er så stor i forhold til elektronenes masse.

### PA23115 Betastråling

PA23115	Anvendelse
$X \rightarrow Y + e$	
Betastråling ( $\beta$ ) fra en radioaktiv isotop kan representeres ved en generell reaksjon, som vist ovenfor. Elektronet oppstår med stor hastighet og kan helt forlate materialet som inneholder X og Y. Hva er den BESTE forklaringen på hvor elektronet kom fra?	
<p>(A) en overgang fra et høyt til et lavere energinivå for elektroner i X</p> <p>(B) et proton og et nøytron slår seg sammen i kjernen Y</p> <p>(C) et elektron blir slått ut fra X ved kollisjon med et annet atom</p> <p>(D) et nøytron er blitt til et proton og et elektron i kjernen X</p>	

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	30	18	21	33	27
B	5	3	7	4	7
C	34	20	42	26	27
D*	30	58	28	37	33
Blank	1	0,2	2	0,7	6

Her skal elevene bruke kunnskapene sine om radioaktivitet. Det er jo ikke opplagt hvor elektronene i betastråling kommer fra. Men det er slik at et nøytron kan bli til et proton og et elektron. Det må bli til både et elektron og et proton for å bevare den totale ladningen (som er null). Bare omtrent 1/3 av de norske elevene kan dette. Nederlandske elever skiller seg ut ved å svare langt bedre enn elevene i de andre landene. I de fleste landene er C den mest attraktive distraktoren. Her tilkjenner elevene en slags kollisjonsmodell. Det kan være at noen tenker seg en analogi til fotoelektrisk effekt der fotoner «i støt med» elektroner får løsrevet elektroner fra atomene i et metall. Alternativ A inneholder på samme måte som alternativ C også forestillingen om at elektronene i betastråling er der fra før og bare må komme ut på en måte. En bedre modell er jo at det *oppstår* elektroner i denne prosessen der nøytroner omdannes til protoner.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Guttene svarer stort sett bedre på denne oppgaven enn jentene, bortsett fra i Slovenia der jentene svarer litt bedre.

### PA23059 Nøytroner i atomkjernen

PA23059	Kjennskap
Hvor mange nøytroner er det i atomkjernen $^{238}_{92}\text{U}$ ?	
(A)	0
(B)	92
(C)	146
(D)	238

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	0,4	0	0,3	0,9	1
B	24	10	16	14	14
C*	67	84	78	76	76
D	8	4	5	7	6
Blank	0,9	2	1	2	3

Kjernefysikken hører hjemme i 2FY, men symbol- og notasjonsbruken i kjernefysikk er likevel noe vi forventer at elevene fortsatt skal kunne eller ha kjennskap til. I motsetning til elektrisitet og termofysikk som også er 2FY-stoff, ser det ut som elevene husker en del av kjernefysikkens begreper.

Omtrent 2/3 av de norske elevene svarer alternativ C, altså at nøytrontallet er differansen mellom nukleontallet og protontallet. Ganske mange svarer alternativ B, særlig i Norge, men det er protontallet. Vi ser også at norske elever skårer dårligere enn elevene i de andre landene, særlig sammenliknet med Nederland.

### PA 23138 Beskrivelse av atomkjernen

PA23138	Kjennskap
Hva er den BESTE beskrivelsen av en atomkjerne?	
(A)	en kompakt gruppe av elektroner, protoner og nøytroner
(B)	elektroner og protoner som beveger seg rundt en kjerne av nøytroner
(C)	en kompakt gruppe av protoner og nøytroner
(D)	protoner som beveger seg rundt en kjerne av nøytroner

## 6 Enkeltoppgaver

	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
A	8	2	11	8	11
B	10	2	7	7	10
C*	80	93	78	82	71
D	1	1	4	1	5
Blank	0,9	2	0,3	2	2

Det er ikke så mye å si om denne oppgaven. De fleste elevene vet at atomkjernen består av protoner og nøytroner, og det gjelder de fleste landene.

**PA23137 Symbol for atomkjernen**

PA23137	Kjennskap
En bestemt atomkjerne representeres ved et symbol som består av tre tegn. Hva er det riktige symbolet for en atomkjerne som består av seks protoner og åtte nøytroner?	
(De første grunnstoffene etter økende masse er hydrogen, helium, litium, beryllium, bor, karbon, nitrogen og oksygen.)	

Koder	Svaralternativer	NOR 08	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig						
10	${}^{14}_6\text{C}$	42	65	9	41	41
Ikke riktig						
70	Riktige tall og symbol, men feil plassert (f.eks. ${}^6_{14}\text{C}$ )	0,9	0,2	1	2	2
71	Riktig tall plassert, men feil symbol (f.eks. ${}^{14}_6\text{Be}$ )	6	9	28	5	10
79	Andre gale svar	38	21	47	33	25
Blank		14	5	15	20	23

Noe under halvparten av de norske elevene svarer rett på dette. Dessuten inneholder både kode 70 og 71 noe riktig, nemlig riktige tall, men tallene er feil plassert, eller det er brukt feil symbol. Det ser dermed ut som om omtrent halvparten av elevene får til hele eller deler av oppgaven. Tatt i betraktning at kjernefysikk som sagt er 2.-klassestoff hos oss, er ikke resultatet så dårlig. Elevene i Nederland er imidlertid betydelig bedre, mens Slovenia har et oppsiktsvekkende svakt resultat. Ganske mange slovenske elever har riktignok riktige tall, men så har de feil symbol (kode 71).

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Prosentandelen riktige svar er større for jenter enn for gutter. Det gjelder for alle de fire landene. I Norge er forskjellen 7 prosentpoeng i jentenes favør.

# 7 Sammenheng med bakgrunnsfaktorer

## 7.1 Elevenes hjemmeforhold

### 7.1.1 Innledning

I dette kapitlet vil vi se på noen sammenhenger mellom faglige prestasjoner og noen sentrale bakgrunnsvariabler. De aktuelle bakgrunnsvariablene dekker ulike hjemmefaktorer og litt om elevenes fritidsaktiviteter. De norske resultatene vil bli sammenliknet med resultatene fra 1995 og noen ganger også med andre land. Å jevne ut effekten av forskjeller i elevenes hjemmebakgrunn, ofte karakterisert ved økonomisk og kulturell status, er en høyt prioritert oppgave for norsk skole. Det kan selvsagt reises viktige spørsmål om i hvor stor grad dette er både ønskelig og mulig. Men det er i hvert fall av en betydelig skolepolitisk interesse. Riktignok er det i grunnskolen at dette er viktigst, og våre fysikkelever er selvsagt en utvalgt og spesiell gruppe. Da kan man kanskje vente at de allerede er såpass selektert at kulturelle forskjeller ikke lenger er så framtrepende. Det vil vi se nærmere på i dette kapitlet.

Når vi snakker om sammenhenger mellom fysikkprestasjoner og ulike bakgrunnsfaktorer, spør vi ofte om hvor mye hver slik faktor kan «forklare» av prestasjonene. Konkret mener vi egentlig hvor stor del av variansen i prestasjonene som «varierer i takt med» denne faktoren. At to variabler varierer delvis «i takt», kan måles som en korrelasjonskoeffisient ( $r$ ), og kvadrerer vi denne, får vi andelen av variansen som er «forklart». En multippel korrelasjonskoeffisient ( $R^2$ ) angir hvor stor andel av variansen som er «forklart» av flere variabler til sammen, se vedlegg. Med «forklart» menes ikke at sammenhengen behøver å være kausal, og i den grad den skulle være det, vet vi ikke hva som eventuelt er årsak, og hva som er virkning. Likevel tillater vi oss her, som andre steder i boka, å bruke «forklare» i nevnte betydning.

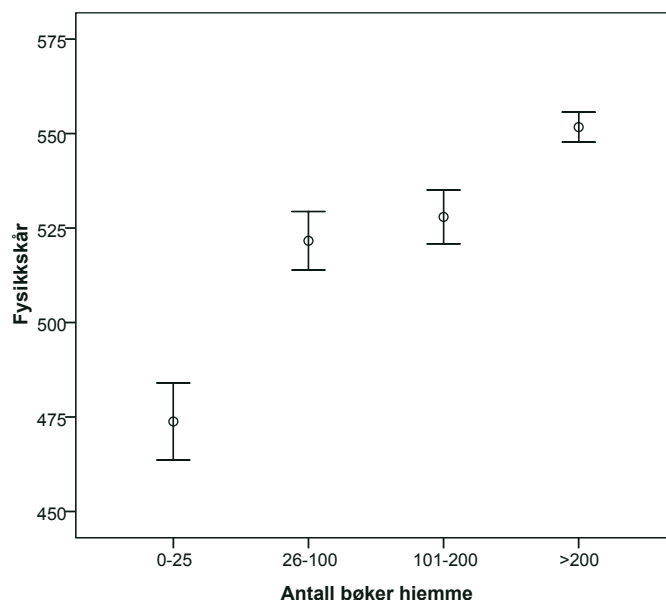
## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

I dette kapitlet har vi ikke funnet det formålstjenlig å gi en systematisk rapportering av feilmarginer til de målte bakgrunnsfaktorene. Når det gjelder sammenhenger med fysikkskår, har vi gjennomgående vist disse i såkalte «error-bar» diagram, der feilmarginene i fysikkskår for hver kategori framgår av de gitte konfidensintervallene, se vedlegg.

### 7.1.2 Antall bøker hjemme

I 1995 ble antall bøker hjemme brukt som indikator for sosioøkonomisk (eller snarere sosiokulturell) bakgrunn, og den er senere mye brukt, bl. a. i alle PISA og TIMSS undersøkelsene. Figur 7.1 viser sammenhengen mellom antall bøker i hjemmet og elevenes fysikkskår, og en positiv sammenheng mellom disse to variablene er svært tydelig. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er her vist som vertikale streker for hver kategori. En tilsvarende sammenheng var det også i 1995 og i alle tilsvarende undersøkelser i TIMSS- og PISA-sammenheng. Elever fra hjem med mange bøker skårer som gruppe høyere enn de med færre bøker hjemme. Det betyr selvsagt ikke at bøkene i seg selv har noen stor betydning. Men mange bøker kan oppfattes som en indikasjon på høyt utdanningsnivå og akademiske interesser blant foreldrene, noe som igjen henger positivt sammen med elevenes skoleprestasjoner. Og selv om sammenhengen er tydelig i figuren, er korrelasjonen mellom antall bøker og prestasjoner i fysikk ikke større enn 0,29, hvilket tilsier at litt under 9 % av variansen i prestasjoner kan forklares ved antall bøker hjemme. Det er omtrent like høyt som det som er funnet i TIMSS for 8. trinn (Grønmo et al., 2004), og litt lavere enn i PISA for 10. trinn (Kjærnsli et al., 2007).

## 7 Sammenheng med bakgrunnsfaktorer



Figur 7.1 Sammenhengen mellom antall bøker hjemme og skår i fysikk. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

En annen måte å beskrive hvor mye av prestasjonene som bøkene hjemme kan «forklare», er å konstatere fra figuren en differanse på rundt 80 poeng for forskjellen mellom høyeste og laveste kategori av bøker. Og det utgjør faktisk et helt standardavvik. Et annet spørsmål er hvordan bokhyllene har endret seg siden undersøkelsen i 1995, og hvilken betydning denne endringen har hatt. Fordelingen av hjemmenes boksamlinger for begge de to undersøkelsene er vist i tabell 7.1. Tabellen viser også fysikkskår i hver elevgruppe samt korrelasjon med fysikkskår.

Tabell 7.1 Fordeling av antall bøker og tilhørende fysikkskår i 2008 og 1995

		0–25 bøker	26–100 bøker	101–200 bøker	>200 bøker	Korrelasjon med fysikkskår
Norge 2008	Fordeling	10 %	16 %	20 %	53 %	0,29
	Fysikkskår	470	521	530	551	
Norge 1995	Fordeling	3 %	15 %	21 %	61 %	0,19
	Fysikkskår	540	561	582	591	

Det framgår av tabell 7.1 at i 2008 rapporterer elevene noe færre bøker enn elevene gjorde i 1995. Andelen med flere enn 200 bøker har sunket fra 61 til

53 %, og en tilsvarende økning har skjedd i kategorien med veldig få bøker. Denne nedgangen i antall bøker kan bare i liten grad forklares ved et økt antall minoritets elever. Riktignok selges det stadig mange bøker i vårt land. Men med vår enkle tilgang til digitalisert kultur og informasjon er det kanskje ikke så merkelig at hjemmenes boksamlinger er i ferd med å krympe. På den annen side ser vi i kolonnen lengst til høyre i tabellen at lengden av bokhylla forklarer betydelig mer av prestasjonene i fysikk i 2008 enn den gjorde i 1995, idet korrelasjonen mellom fysikkprestasjoner og antall bøker har økt påtaketlig i perioden. Tabellen viser også gjennomsnittlige prestasjoner i fysikk for hver av elevgruppene. Vi konstaterer at for alle disse gruppene har det vært en formidabel nedgang i fysikkprestasjoner, og da aller mest for de med færrest bøker hjemme. Men først og fremst konstaterer vi at sammenhengen mellom elevenes prestasjoner og hjemmets sosiokulturelle bakgrunn, målt som antall bøker hjemme, er blitt betydelig sterkere i perioden.

### 7.1.3 Andre eiendeler hjemme

I undersøkelsen var det en rekke spørsmål til elevene om hvorvidt de hadde noen spesifiserte eiendeler hjemme, og vi vil studere hvilken sammenheng det er mellom disse eiendelene og fysikkprestasjoner. Mange av disse eiendelene var valgt nasjonalt, og internasjonale sammenlikninger kan derfor ikke gjøres for annet enn for noen få av tingene. Her vil vi nøye oss med en kort beskrivelse av funn. Vi har delt inn alle tingene etter om de hadde et kulturelt (eller eventuelt pedagogisk) perspektiv, eller om de i hovedsak må anses som en økonomisk indikator. Ved å addere disse enkelttingene fikk vi to variabler eller indekser som anga hvor mange av de aktuelle tingene som forekom i hjemmet:

- «Kulturelle indikatorer»: skrivepult/bord, leksikon, atlas, globus, kikkert, akvarium, piano
- «Økonomiske indikatorer»: datamaskin, Internett, hytte/stor båt, DVD/video, videokamera, mer enn én TV, mer enn én bil

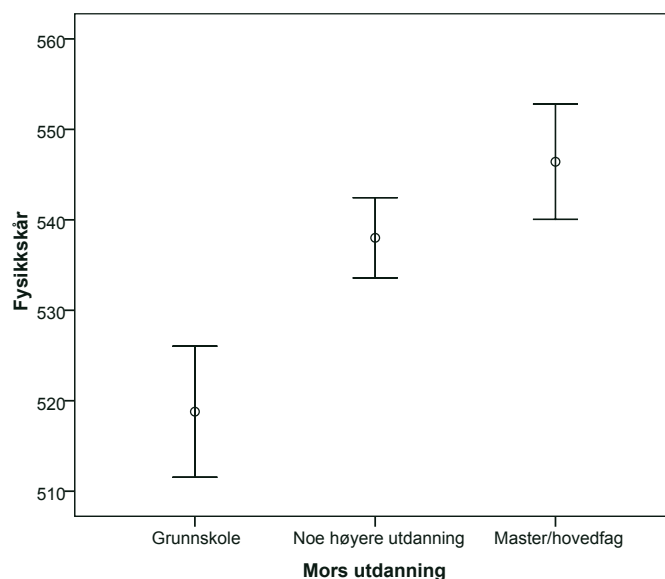
Selv om hver av de to variablene ikke fungerer som et konstrukt med høy reliabilitet (Chronbachs alfa  $< 0,5$ ), er det likevel interessant å se hvordan hver av disse to summene korrelerer med fysikkprestasjoner. Korrelasjonskoeffisienten er 0,13 for «kulturelle ting» og -0,04 (ikke signifikant) for «økonomiske ting». Uten å slutte for mye fra dette vil vi peke på at hjemmets «kulturelle kapital» i betydelig større grad enn økonomi i form av fint hus og flere biler kan forklare



prestasjonsforskjeller i skolen. Tilsvarende forhold finner vi i undersøkelser gjort i grunnskolen, som PISA og TIMSS (Grønmo et al., 2004; Kjærnsli et al., 2007). Den relativt store «forklaringskraften» til bokhylla som er beskrevet ovenfor, er et annet godt eksempel på at kulturell kapital betyr mye.

#### 7.1.4 Foreldrenes utdanning

Elevene ble spurt om foreldrenes høyeste fullførte utdanning, og svaret viser seg å ha sammenheng med elevenes fysikkprestasjoner. Figur 7.2 viser bare mors utdanning, men sammenhengen er omtrent den samme for fars vedkommende. Som det framgår av figuren, har vi slått kategoriene for utdanning sammen til tre: bare grunnskole, noe høyere utdanning og master/hovedfag. Forskjellen mellom høyeste og laveste kategori utgjør her ca. 30 poeng, eller omtrent 40 % av et standardavvik. Korrelasjonen mellom denne utdanningsvariabelen og fysikkskår er 0,14. For fars utdanning er korrelasjonen omtrent like stor. Disse tallene svarer nokså nøyaktig til det som er rapportert om sammenheng med naturfagprestasjoner i PISA og TIMSS (Grønmo et al., 2004; Kjærnsli et al., 2007).

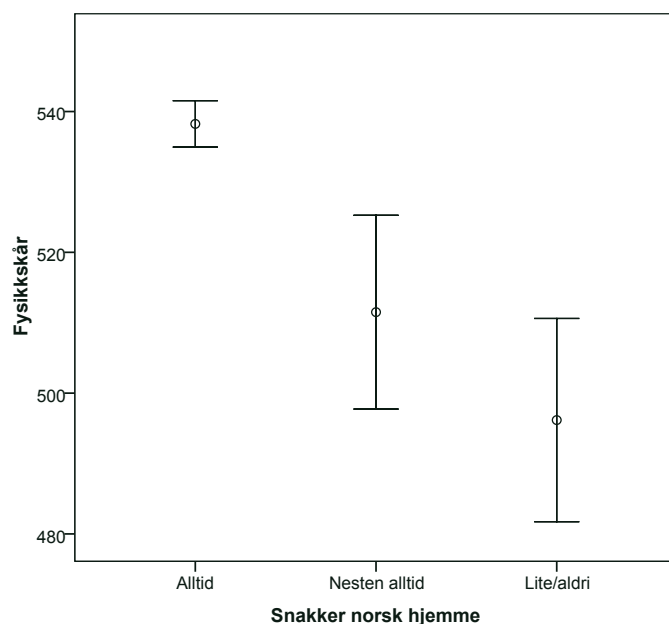


Figur 7.2 Sammenhengen mellom mors utdanning og fysikkskår. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

### 7.1.5 Majoritets- og minoritets elever

#### *Språksituasjonen*

Spørreskjemaet til elevene inneholdt flere spørsmål om elevenes status som majoritets- eller minoritets elever med hensyn til både språk og innvandring. Data for det første temaet er framstilt grafisk i figur 7.3 og beskriver hvor ofte eleven snakker norsk i hjemmet. For ikke å få altfor få elever i hver gruppe har vi her slått sammen kategoriene «av og til» og «aldri» til det vi har betegnet «lite/aldri». Det gjelder 5 % av elevene, mens 8 % faller i gruppen «nesten alltid». Siden det er få elever i disse to kategoriene (til høyre i figuren), blir konfidensintervallene for gjennomsnittet nokså store. Forskjellen mellom øvre og nedre kategori svarer til 43 poeng, noe som utgjør omtrent et halvt standardavvik. Korrelasjonen mellom de to variablene er  $r = -0,14$  (negativ verdi fordi «alltid» er betegnet med lavest variabelverdi).



Figur 7.3 Sammenhengen mellom elevens bruk av norsk språk hjemme og fysikkskår. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

#### *Immigrantstatus definert i TIMSS Advanced*

Et annet, men beslektet tema er foreldrenes og elevenes eventuelle immigrantstatus. Det var spesifikke spørsmål om både mor, far og elevene selv når det gjaldt om de var født i Norge eller ikke. Det brukes ulike måter å kombinere

## 7 Sammenheng med bakgrunnsfaktorer

disse dataene på for å gruppere elevene etter innvandrerstatus. Vi har valgt å gjøre dette på to måter for litt ulikt formål. Først konstruerte vi en tredelt skala for variabelen «immigrant» med følgende tre variabelverdier:

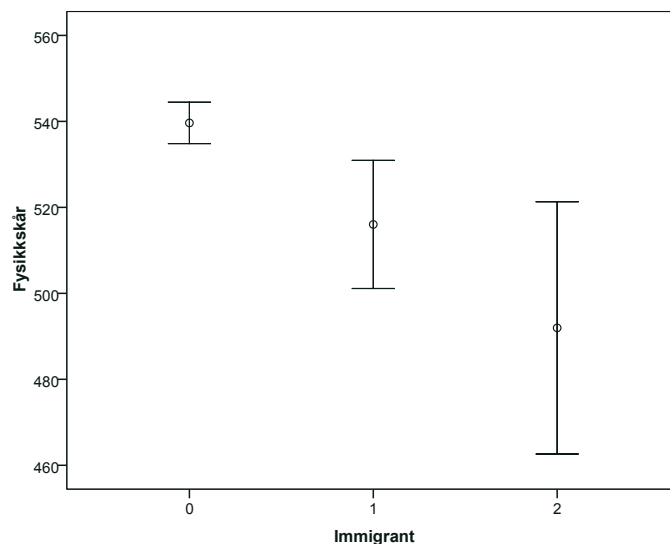
- *Immigrant* = 0: Begge foreldrene og eleven selv er født i Norge, 83 % av elevene.
- *Immigrant* = 1: Minst én av foreldrene eller eleven selv er født i et annet land, 13 % av elevene.
- *Immigrant* = 2: Begge foreldrene og eleven selv er født i et annet land, 4 % av elevene.

Det er for det første verdt å merke seg at i tråd med den sterkt økende innvandringen til vårt land har også andelen fysikkelever av kategori 1 og 2 økt betraktelig. I 1995 var andelen av fysikkelevne i kategori 0 på 90 %, og den andelen har altså nå sunket til 83 %.

Sammenhengen mellom denne variabelen og prestasjoner i fysikk er vist i figur 7.4, og som vi forventet, framstår også her en tydelig og lett forståelig tendens. Denne figuren er nesten helt lik figur 7.3, og som for språkvariabelen ovenfor, utgjør differansen i fysikkskår mellom høyeste og laveste elevgruppe 45 poeng.

Det er for øvrig verdt å konstatere at kjønnsfordelingen med omtrent 30 % jenter er den samme for elevene i de to siste kategoriene som for hele gruppen av fysikkelever.

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 7.4 Sammenhengen mellom elevenes immigrantstatus og fysikkskår. Kategoriene for variabelen «immigrant» er forklart i teksten. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

De to variablene vi har brukt for å karakterisere innvandrersituasjonen, varierer til en viss grad i takt siden de langt på vei er uttrykk for den samme virkeligheten. De korrelerer derfor rimelig høyt innbyrdes ( $r = 0,70$ ), og til sammen forklarer de nesten ikke noe mer av variansen i fysikkskår enn de to gjør hver for seg, nemlig bare litt over 2 % (ut fra korrelasjonen på  $-0,14$  blir  $r^2 = 0,14^2 = 0,02$ ).

En sammenlikning med andre land når det gjelder minoritetselever, viser et fragmentert bilde. For flere av landene er situasjonen nokså lik som for Norge. Men det er verdt å peke på at i Sverige er andelen av fysikkelevne i kategorien *immigrant* = 0 så lav som 78 %. I noen land (Russland, Armenia og Libanon) skårer immigrantelevne høyere enn majoritetselevne. Hvilken sosial og pedagogisk situasjon som ligger bak slike tall, er det ikke naturlig for oss å gå inn på.

### Immigrantstatus i henhold til definisjonen i PISA

For å kunne sammenlikne med norske data fra PISA (riktignok for tre år yngre elever) har vi i tillegg karakterisert elevene på en annen måte. I PISA 2006 fant man denne fordelingen:

## 7 Sammenheng med bakgrunnsfaktorer

- Minst én av foreldrene er født i Norge, 93 % av elevene.
- Begge foreldrene er født i et annet land, men eleven selv født i Norge, 3 % av elevene.
- Begge foreldrene og eleven selv er født i et annet land, 3 % av elevene.

Hvis vi deler inn våre fysikkelever på nøyaktig samme måten som det er gjort for elevene på 10. trinn i PISA, får vi henholdsvis 94, 3 og 4 % for de tre kategoriene. Elevene som velger fysikk, har altså samme fordeling med hensyn til innvandring som elever flest. Det oppfatter vi som et svært positivt trekk.

Med en mer restriktiv definisjon av innvandring blir det selvsagt mye færre elever i de to minoritetsgruppene når de inndeles på denne måten, enn når vi brukte kriteriene i TIMSS Advanced. Hvis vi slår sammen de to siste kategoriene og kaller dem *minoritets elever*, finner vi at disse skårer omtrent 60 poeng lavere enn majoritets elevene. Det utgjør omtrent 75 % av et standardavvik for norske elever. Det er av samme størrelsesorden som tilsvarende forskjell mellom elevgruppene for naturfagskår i PISA 2006, som også var på ca. 60 poeng, men som der utgjorde litt over 60 % av et nasjonalt standardavvik (Kjærnsli et al., 2007).

### 7.2 Elevenes tidsbruk utenom skolen

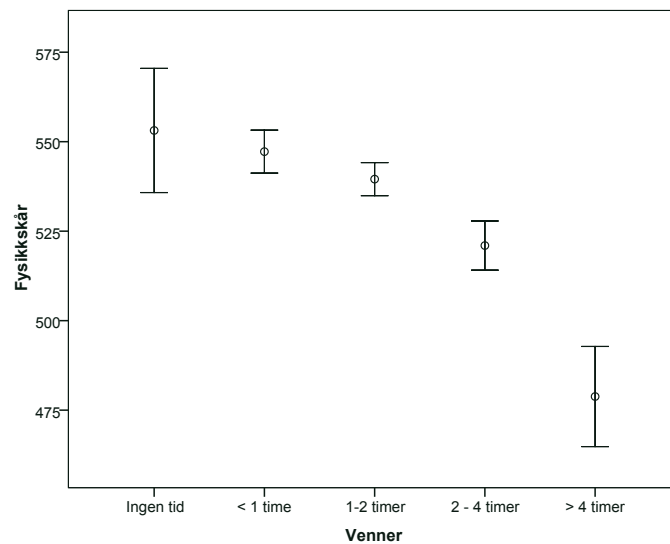
Hvilken virkning har elevenes bruk av tid utenom skolen på elevenes resultater? I elevspørreskjemaet er det listet opp seks aktiviteter, og elevene skulle angi daglig tidsbruk utenom skolen på en vanlig dag. De aktuelle aktivitetene var:

- skolearbeid
- organiserte aktiviteter (sport, musikk etc.)
- bruk av PC til annet enn skolearbeid
- samvær med venner
- betalt jobb
- TV eller kino

For to av disse aktivitetene er det liten sammenheng med prestasjoner, nemlig tid brukt på skolearbeid og bruk av PC til annet enn skolearbeid. PC-bruk kommer vi litt tilbake til i kapittel 8. Vi vil først studere de andre aktivitetene litt i detalj fordi sammenhengen med fysikkskår gir noen tydelige signaler. For to av aktivitetene, tid sammen med venner og tid brukt på betalt jobb,

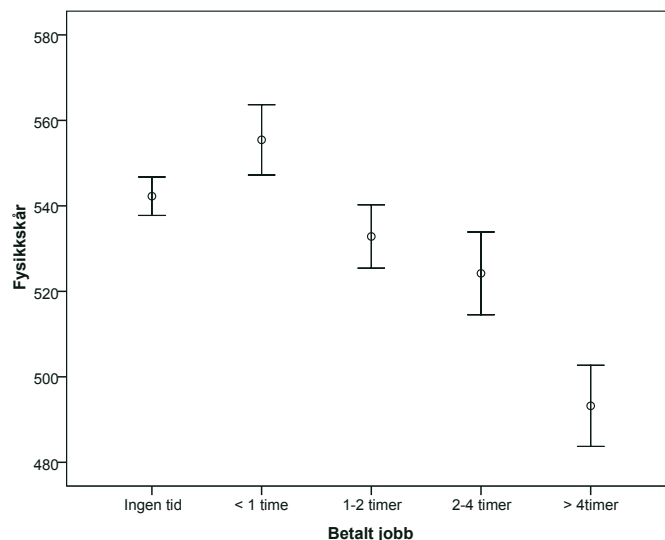
### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

er sammenhengen vist i figur 7.5 og 7.6 i form av gjennomsnittlig skår med konfidensintervaller for hver tidskategori. De to diagrammene har til felles at høyt tidsforbruk henger sammen med en dårligere fysikkskår. Men de har også til felles at inntil én times tidsbruk *ikke* henger sammen med en slik nedgang, for betalt jobb er det til og med tydelige tegn på det motsatte. For to andre aktiviteter viser bildet omtrent den samme tendensen, nemlig for organiserte fritidsaktiviteter og for tid til TV eller kino. Selv om vi formelt sett åpenbart 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: Det synes å være uheldig for skolekunnskapene å engasjere seg med altfor mange og tidkrevende aktiviteter. På den annen side er det ingen grunn til å advare mot moderat daglig bruk av de aktuelle aktivitetene.



Figur 7.5 Sammenhengen mellom fysikkskår og elevenes daglige tid sammen med venner. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

## 7 Sammenheng med bakgrunnsfaktorer



Figur 7.6 Sammenhengen mellom fysikkskår og elevenes daglige tid brukt på betalt jobb. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

Et viktig forbehold må vi riktignok ta når det gjelder rapportert tidsbruk og sammenheng med fysikkskår. Spørsmålet til elevene var: «Hvor mye tid bruker du før eller etter skolen på hver av disse tingene på en vanlig skoledag?» Hvis vi ser på elevenes *totale* rapporterte tidsbruk på alle aktivitetene, de omtalte fire pluss lekser og bruk av PC til annet enn skolearbeid, blir summen av alt dette urimelig høy for en del elever. Selv gjennomsnittet for alle elevene kommer over åtte timer, og det kan rett og slett ikke være riktig. Det er derfor mulig at noen ikke har klart å tenke på en «gjennomsnittlig» dag, men ført opp hele tiden på noe de kanskje gjør bare én dag i uka. På den annen side er det naturlig at summen av alle aktivitetene kan bli svært stor, simpelthen fordi noen av de aktuelle aktivitetene godt kan foregå samtidig (f.eks. samvær med venner og organiserte aktiviteter).

På tross av det nevnte forbeholdet vil vi likevel trekke fram noen interessante forhold. For det første framstår fysikkelevne våre langt fra som noen skolenerder. Det de rapporterer, vitner om en gruppe ungdommer med et bredt spekter av interesser. For det andre er baksiden av dette at det ikke er mye av deres tid igjen til å gjøre lekser, altså skolearbeid hjemme. Ifølge elevenes egen rapportering bruker fysikkelevne omtrent én time per dag i gjennomsnitt til alt skolearbeid hjemme, altså i alle fag til sammen. Tilsvarende spørsmål til

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

elevene ble stilt også i 1995, og den gangen rapporterte fysikkelevene i gjennomsnitt omtrent to timers leksearbeid 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.

### 7.3 Noen sammenlikninger med 1995 og med andre land

De forholdene vi har beskrevet hittil i dette kapitlet, dreier seg delvis om elevenes hjemmebakgrunn og delvis om deres bruk av tiden utenom skolen. Vi er ikke primært ute etter å kartlegge slike data i seg selv. Det viktige i vår sammenheng er hvilken betydning dette kan ha for fysikkprestasjoner, altså er vi interessert i sammenhengen mellom de aktuelle variablene og fysikkskår, noe vi et stykke på vei har vært innom flere steder tidligere i kapitlet. Når det gjelder slike sammenhenger, er vi imidlertid interessert i en mer systematisk sammenlikning med andre land og med norske resultater fra 1995. På den måten kan dataene settes inn i en mer meningsfull sammenheng. Vi vil spesielt ta for oss de variablene som ifølge analysene tidligere i kapitlet framstår med sterkest sammenheng med prestasjoner.

I tabell 7.2 har vi presentert korrelasjonen med fysikkskår for noen av de omtalte variablene. Vi har også sammenliknet disse med tilsvarende data i våre referanseland og med 1995-data. Når det gjelder hvor mye av elevenes prestasjoner som kan «forklares», spiller i og for seg fortegnene ingen rolle. Men fortegnene er selvsagt viktige for å kunne fortolke denne «forklaringen», eventuelt med tanke på en mulig kausal sammenheng. Og i denne tabellen er det ingen uventete fortegn i så måte.

*Tabell 7.2 Korrelasjonskoeffisienter med fysikkskår for noen sentrale variabler sammenliknet mellom land og med data fra 1995*

Land	Antall bøker hjemme	Mors utdanning	Annet enn norsk språk hjemme	Tid til betalt jobb	Tid med venner
Norge 2008	0,29	0,15	-0,14	-0,17	-0,19
Norge 1995	0,19	0,15	-0,09	-0,04	-0,16
Nederland	0,09	0,20	-0,03	-0,14	-0,16
Slovenia	0,20	0,19	-0,04	-0,21	-0,19
Sverige	0,30	0,21	-0,20	-0,22	-0,20



Noen karakteristiske trekk ved denne tabellen er at forskjellene fra land til land i 2008 ikke er veldig store når det gjelder hvor mye tidsbruken kan forklare av prestasjonene, heller ikke for mors utdanning. Derimot er bøkens stilling som den overlegent beste indikatoren for prestasjoner tydelig i Norge og Sverige, i motsetning til i de andre landene. Når det ellers gjelder bøker, er det naturlig å trekke fram den lave korrelasjonen for Nederlands vedkommende. Det er mye som tyder på at dette må ses i sammenheng med landets tradisjon med å selektere elever i skolesystemet fra tidlig alder, og at hjemmets påvirkning allerede har vært stor i den prosessen.

Tre viktige endringer fra 1995 til 2008 for vårt land framgår tydelig av tabellen. Både antall bøker hjemme, språksituasjonen i hjemmet og tidsbruk på betalt jobb har økt betydelig i «forklaringskraft». Når det gjelder minoritets elever, er det ganske åpenbart at den økte forklaringskraften simpelthen er en konsekvens av at andelen minoritets elever har økt så kraftig i perioden. Forskjellen mellom majoritets elever og minoritets elever i fysikkskår er derimot omtrent den samme, rundt 50 poeng, litt avhengig av nøyaktig hvilket minoritetskriterium man velger å bruke.

Elevenes tidsbruk på betalt jobb gir grunn til bekymring. Elevenes behov for en selvstendig økonomi for feriereiser, fritid og russetid, fører naturlig nok til en omfattende jobbvirksomhet. Det har riktignok ikke vært noen økning fra 1995 i så henseende. Men som tallene i tabellen viser, signaliserer dataene at denne virksomheten i mye større grad enn i 1995 henger sammen med dårlige resultater. Noen data kan illustrere dette. Av elever med mer enn 200 bøker hjemme rapporterer 19 % at de har en betalt jobb mer enn to timer per dag. Men blant elever med 0–25 bøker er det hele 35 % som sier det samme. Vi ser altså spor av at mye betalt arbeid innebærer at betydningen for prestasjoner av de sosiokulturelle forskjellene forsterkes. Vi ser for øvrig at det kan være like god grunn til bekymring i de andre landene. At også et omfattende samvær med venner henger sammen med lav skår, er det kanskje vanskelig å være like bekymret for, siden vi ikke kan påvise noen særlig endring fra 1995 verken i omfang eller i korrelasjon med skår.



## 8 Fysikkundervisningen

### 8.1 Fagdidaktisk bakgrunn: Et teoretisk perspektiv

I dette kapitlet skal vi se nærmere på hva som foregår i fysikklasserommene, sett fra både elevenes og lærernes synspunkt. I TIMSS Advanced fikk som nevnt både lærere og elever spørreskjemaer de skulle fylle ut. Svarene på disse skjemaene danner grunnlaget for analysene i dette kapitlet. For å gi en bakgrunn til disse analysene vil vi imidlertid ta opp noen fagdidaktiske spørsmål som har stått sentralt i de ca. 20 siste årene, og deretter vil vi komme litt inn på undervisning i fysikk mer generelt.

#### 8.1.1 Skolefysikkens mål

Skolefysikken har et vidt mål. På den ene siden er skolefysikken et fag der evnen til presise matematiske formuleringer av fysiske problemstillinger er viktig, og på den andre siden et fag av mer kvalitativ karakter som skal gi grunnlag for naturvitenskapelig funderte meninger og deltakelse i samfunnet. Fysikk i skolen har altså både et fysikkfaglig og et fysikkmetodisk perspektiv, og faget har et mer allmenndannende perspektiv. Det behøver imidlertid ikke å være så stor motsetning mellom disse perspektivene, fordi fysikkfaget selv er med på å danne grunnlaget for allmenndannelse. Vi vil hevde at noen grunnleggende fysikkunnskaper er viktig for å forstå (i alle fall noe av) den verden vi lever i, og det hører utvilsomt med til det vi vil kalle allmenndannelse.

Fysikkfaget i den videregående skolen blir kritisert for at faget har for liten tilknytning til virkeligheten og dagliglivet. På den ene siden er det lett å slutte seg til en slik kritikk. Studier av klossers bevegelse på skråplan, kastebevegelser i lufttomt rom, idealgassers egenskaper, atomkjernens oppbygning osv. kan synes langt fra elevenes dagligdagse erfaringsområde. På den annen side er det et poeng at skolefysikken *ikke bare* skal handle om dagliglivet og det umiddelbart observerbare. Fysikk dreier seg også om å utvikle modeller av virkeligheten. For å forstå grunnleggende lovmessigheter i naturen er det nødvendig

å utvikle forenklete modeller, og da er det ikke alltid at utgangspunktet kan være elevenes umiddelbare erfaringsverden. Med andre ord: For å forstå noe av fysikkens egenart, dens lover, begreper og teorier, må elevene også forholde seg til abstrakte begreper som kan synes fjerne fra deres «virkelighet».

### 8.1.2 Konstruktivismen

Både naturfagdidaktikk generelt og fysikkdidaktikk spesielt har vært dominert av et konstruktivistisk syn på kunnskap og læring, og konstruktivismen som teorifundament for naturfagdidaktisk forskning både her i landet og internasjonalt har hatt en meget solid posisjon (Sjøberg, 2009). Konstruktivismen er en erkjennelsesteori eller kunnskapsteori (epistemologi). Epistemologi er en gren av filosofien og er læren om vår erkjennelse, om dens karakter og om den måten vi oppnår erkjennelse på. Epistemologien er opptatt av følgende spørsmål: *Hva er kunnskap? Hvordan tilegnes kunnskap?*

Konstruktivismen genererer et syn på læring og læringsprosessen som har konsekvenser for undervisning, og den genererer et syn på hvordan vitenskapelig kunnskap oppstår og utvikler seg. Konstruktivismen er ikke én læringsteori eller én teori for undervisning. Til det er den altfor generell. Konstruktivismen er en slags overordnet idé på det filosofiske plan. Et helt sentralt poeng er imidlertid at i et konstruktivistisk perspektiv betraktes eleven som et subjekt med ansvar for sin egen læring.

Teoriene til den amerikanske læringspsykologen David P. Ausubel har også bidratt til utviklingen av et konstruktivistisk perspektiv på læring. Meningsfull læring knyttes til eksisterende kunnskap. Nytt stoff og allerede etablert kunnskap tilpasses hverandre. Det eleven allerede vet, er den viktigste faktoren som influerer læring. Ausubel (1978) har uttrykt det slik i sin ofte siterte tese:

If I had to reduce all of educational psychology just to one principle, I would say this: the most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.

Ikke minst har arbeidene til Rosalind Driver fra Storbritannia gitt vesentlige bidrag til et konstruktivistisk syn på læring. Hun forsøker å gi lærere i naturfagene en forståelse av hvordan elever tenker, og hvilke vanskeligheter de har med å forstå de mer abstrakte ideene som de blir presentert for. Et av

Drivers hovedpunkter er at lærere i naturfagene må erkjenne og forholde seg til *alternative forestillinger* som elevene bringer med seg til skolen (Driver & Easley, 1978).

### 8.1.3 Alternative forestillinger

Elevene bygger opp begreper og forståelse gjennom erfaring, og det kan føre til alternative forestillinger. Det er forestillinger som ikke passer med begreper og teorier vi som naturvitere har, og det viser seg å være vanskelig å rydde dem av veien. Kortfattet kan vi si at for alternative forestillinger gjelder at de er fornuftige sett fra elevenes side, de bygger på erfaring, de kan på et vis forstås, de deles av mange, og de er motstandsdyktige overfor undervisning.

Et klassisk eksempel på en alternativ forestilling er at det alltid må virke en kraft i bevegelsesretning. Dette blir ofte omtalt som en aristotelisk oppfatning av kraftbegrepet der kraften er proporsjonal med farten, og ikke, som i newtonsk teori, med akselerasjonen.

Når vi snakker om *alternative forestillinger*, assosieres det ofte med en beskrivelse av elevtenkning der oppmerksomheten rettes mot det som er galt, men som likevel impliserer en form for ordnet kunnskapsstruktur. En alternativ forestilling inngår i et system som utgjør elevens måte å tolke virkeligheten på. Dermed vil alternative forestillinger oppvise en form for konsistens. De deles av mange, og de kommer fram i ulike oppgaver eller problemstillinger. Alternative forestillinger kan riktignok inneholde elementer av noe riktig, men poenget er at søkelyset settes på det gale som elevene må konfronteres med, slik at de kan endre og dermed erstatte sine oppfatninger med korrekte vitenskapelige teorier.

Imidlertid vil elevens forestillinger ofte mangle den systematikken som kjennetegner vitenskapelige begreper eller teorier. Det er elevideer som bedre kan beskrives som en fragmentert samling forestillinger relativt løst forbundet med hverandre. Elever vil både med bakgrunn i erfaringer utenom skolen og i møte med fysikkbegreper i undervisningen erverve forestillinger som ofte kan komme til uttrykk som *intuitive* eller *spontane* kunnskapselementer. Slike forestillinger kan være gale sett fra en naturviteres synspunkt, men vil ofte inneholde elementer av korrekt tenkning. Oppmerksomheten rettes dermed mot det som er riktig og som det kan bygges videre på i undervisningen. I møte med oppgaver i fysikk vil elever nokså spontant kunne assosiere problemstillingene med noe som likner, noe de har sett før, men som fører galt av

sted i noen tilfeller, og som blir riktig i andre tilfeller. Med andre ord blir det essensielt at man må bygge på disse intuitive ideene eller spontane kunnskaps-elementene når man i undervisningen skal gi elever muligheter til å forstå sentrale fysiske fenomener og begreper (se også Angell, 2004; diSessa, 1993).

#### 8.1.4 Konstruktivisme og undervisning

Det er utvilsomt rom for svært ulike tolkninger av hva som er konstruktivistiske prinsipper, og ikke minst hva som er undervisningsmessige konsekvenser. Men til tross for at konstruktivismen kan framstå som noe diffus, har den hatt stor betydning som en bredt akseptert teori innenfor det naturfagdidaktiske fagfeltet. Kanskje nettopp denne åpenheten der ulike syn kan integreres, er noe av svaret på hvorfor konstruktivisme har hatt slik suksess. Konstruktivisme har utvilsomt muliggjort en økende innsikt i elevers ideer og begreper. Men det er ikke gjort like store framskritt når det gjelder undervisningsmessige konsekvenser. Noen vil hevde at konstruktivisme i beste fall bare er sunn fornuft. Konstruktivismen gir ingen anvisninger om hva som er «konstruktivistisk undervisning». Dessuten dreier mye av kritikken mot konstruktivisme seg om den sterke interessen for den enkelte og den individuelle konstruksjonsprosessen, noe som fører til neglisjering av den sosiale dimensjonen i en læringsprosess. Likevel, man kan kanskje si at konstruktivisme støtter en form for interaktiv, antidogmatisk og engasjerende undervisning som utvikler kritisk sans og forståelse.

#### 8.1.5 Skolefysikken er et krevende fag

Skolefysikken betraktes ofte som et vanskelig og krevende fag (Angell et al., 2003; Carlone, 2003; Dolin, 2002; Osborne & Collins, 2001). Og med rette: Grunnleggende begreper som akselerasjon, kraft, spenning, felt o.l. er vanskelige. Det er også krevende å forstå den matematiske beskrivelsen av fysiske fenomener. Selv enkle matematiske likninger, for eksempel Newtons 2. lov på formen  $F = ma$ , er vanskelig fordi begrepene den omhandler, er så abstrakte. At kraften er proporsjonal med akselerasjonen og ikke med farten, er nærmest kontraintuitivt. Verden, eller «virkeligheten», oppfører seg tilsynelatende «ikke-Newtonsk» (Angell, 1996). Hvis vi for eksempel drar en kjelke, opplever vi at vi drar med en kraft, og at i det øyeblikket vi slutter å dra, stopper kjelken å gli. Det skal altså en kraft til for å holde bevegelsen i gang. Men det man lett kan overse, er at det er en kraft til som virker, nemlig

friksjonen fra underlaget. Og så lenge farten er konstant er de to kreftene like store, og summen av dem er null.

Gjennom mange år er det gjort mye fysikkdidaktisk forskning, og et stadig tilbakevendende spørsmål er hvorfor fysikk oppfattes som så vanskelig. Og i forlengelsen av dette kommer spørsmålet om hvordan undervisningen bør tilrettelegges for å møte denne utfordringen. Det har vært gjort mange forsøk på å finne svaret. Vi tror imidlertid ikke det finnes noe entydig og enkelt svar, snarere tvert imot. Det er gjennom et mangfold av tilnærminger og metoder at fysikkfaget kan framstå som både utfordrende og interessant.

Det er likevel noen perspektiver på fysikkfaget som er trukket mer fram i de senere årene, og som vi gjerne vil framheve. For det første er det mange elever som synes det er vanskelig å «oversette» en fysisk situasjon til en matematisk form. Mer generelt kan vi si at en av de største utfordringene for elevene er at de må kunne forholde seg til mange ulike *representasjoner* av et fenomen på én gang: observasjoner, eksperimenter, grafer, begreper, verbale beskrivelser, likninger. Når en erfaren fysiker ser en graf som viser farten ved fritt fall, «ser» han eller hun både fenomenet, grafen og matematikken som beskriver fenomenet, *samtidig*. Fysikeren kan relativt utvungent bevege seg mellom de ulike representasjonsformene. En fysikkelev vil ofte finne dette vanskelig. For eksempel opplever mange elever at matematikken er løsrevet fra selve det fysiske fenomenet (se også kapittel 6, PA13026, om omløpstiden til en ladd partikkel i et magnetfelt).

Innenfor det fysikkdidaktiske feltet har modeller og modellering fått økt oppmerksomhet i det siste (Angell et al., 2008). Modeller og modellering er av stor betydning både fordi ferdigheter i modellering blir sett på som viktig i vitenskap og teknologi, og fordi forståelse for modellenes rolle i naturvitenskapen er viktig fra et allmenndannelsesperspektiv. Vi tror det er verdt å fokusere på at fysikk dreier seg om å lage (matematiske) modeller av virkeligheten. Å arbeide med fysikk dreier seg i økende grad om å utvikle, teste og bruke *modeller*, og dette bør reflekteres i skolens fysikkfag. Dessuten kan modeller og modellering være gode redskaper når man skal undervise i og lære fysikk (Hestenes, 1996; Van Driel & Verloop, 1999; Wells, Hestenes & Swackhamer, 1995).

Det andre perspektivet vi vil framheve, er det «å snakke fysikk». Basert på blant annet Lev Vygotskys arbeider på 1920–30-tallet i Sovjetunionen har oppmerksomheten i den senere tid blitt mer rettet mot det sosiale og språkets

betydning for læring. Det sosialkonstruktivistiske perspektivet som i stor grad er basert på Vygotskys arbeider, framhever også at søkelyset har blitt flyttet fra eleven som enslig tenker til eleven i en sosial kontekst der hverdagsbegreper integreres i et system av sammenhengende begreper gjennom interaksjon med andre. Elevers hverdagsforestillinger kan i denne sammenheng betraktes som startpunkter for utvikling av ønskete vitenskapelige begreper.

Vygotsky er særlig kjent for å ha etablert begrepet *nærmeste utviklingszone* for å beskrive elevers utviklingspotensial (Vygotsky, 1987). Den nærmeste utviklingssonen betegner forskjellen på det en elev kan hanskkes med på egen hånd, og det hun/han kan løse av oppgaver under medvirkning av en lærer eller en annen person med mer ekspertise. Et viktig poeng her er altså «å kunne snakke fysikk» som et ledd i å øke forståelsen av fysiske fenomener og begreper (se også f. eks. Mortimer & Scott, 2003).

I sin hovedfagsoppgave skrev Guttersrud (2001) på bakgrunn av intervjuer med fysikkelever at klassediskusjonen ble beskrevet som en undervisningsmetode med evne til å gjøre vanskelig teoristoff mer forståelig. Når elever følte at undervisningen skred for fort fram, var mangelen på diskusjon rundt emnet en årsak til det. Interessante fortellinger knyttet opp mot temaer som ble gjennomgått, var også noe fysikkelever satte pris på å høre.

### 8.1.6 Eksperimenter i fysikkundervisningen

Fysikk er et eksperimentelt fag, og det må selvsagt gjenspeiles i skolefysikken. I FUN-prosjektet (Angell et al., 2003) kom det fram at elevene verken så på fysikkfagets eksperimentelle karakter som *viktig* eller så på den som *karakteristisk* for faget. Derimot ga mange elever uttrykk for at «å gjøre eksperimenter i fysikk» er interessant. Kan det tenkes at elevøvelser, slik de fungerer i dag, oppfattes av elevene som «artig krydder» i undervisningen, men at øvelsene *ikke* lykkes i å illustrere for elevene den viktige rollen eksperimenter har i utviklingen av naturvitenskapen?

Det har vært gjort mange forsøk på å utvikle den eksperimentelle siden av skolefysikken. På 1960-tallet var slagordet «discovery learning» (Bruner, 1961). Man tok utgangspunkt i at elevene, i stedet for å få tradisjonell undervisning med lærergjennomgåelse og mye utenatlæring, skulle utvikle eksperimentelle og analytiske ferdigheter gjennom å stille spørsmål, være aktive og selv å oppdage sammenhenger i naturen. Nå er det imidlertid ikke slik at man i skolen skal tro at elevene selv gjennom eksperimenter skal kunne finne fram



til naturlover. Det er misforstått og naivt, og de fleste tilhengerne av «discovery learning» gikk nok ikke så langt heller. Derimot kan det ganske sikkert tilrettelegges for, og gjennomføres, en mer utfordrende og eksperimentell fysikkundervisning enn det som ofte gjøres i dag.

På 1990-tallet fikk vi en variant av det samme under betegnelsen «enquiry-based learning». Noe av ideen var at elevene gjennom undersøkelser og eksperimentelt arbeid skulle bruke de samme (?) framgangsmåtene som vitenskapsfolk gjør når de driver forskning. På den måten blir elevene «minivitenskapsfolk». Ofte blir «enquiry» assosiert med en konstruktivistisk idé om læring. Man formulerte også eksperimentets ulike antall «frihetsgrader» (Anderson, 1989; Nielsen & Paulsen, 1992). Det tradisjonelle var «kokebokoppskriften» med null frihetsgrader. Forsøket som skulle gjøres, var detaljert beskrevet, metoden var gitt, og svaret sto i læreboka. I den andre enden av skalaen var det åpne forsøket med tre frihetsgrader, altså åpen problemstilling, åpen metode og åpent resultat. Det er opplagt gode elementer i både «discovery learning» og «enquiry-based learning», men problemet er at heller ikke disse metodene løser alle problemer med naturfag- og fysikkundervisningen. Denne problematikken vil vi komme tilbake til i kapittel 12. Ved siden av å virke motiverende og gjenspeile et karakteristisk trekk ved fysikkfaget begrunnes ofte eksperimentelt arbeid i skolen med at det skal være med på å bygge opp de grunnleggende (teoretiske) begrepene i fysikk. Et viktig spørsmål i denne sammenhengen er om det er mulig å gjøre meningsfullt eksperimentelt arbeid uten noen form for teoretisk utgangspunkt. Verner Schilling (2006) skriver at det ultimate målet med fysikkundervisningen er eksperimentet. Ifølge Schilling må man derfor i fysikkundervisningen bygge opp teori slik at det blir mulig å stille adekvate spørsmål som kan behandles eksperimentelt. Man må med andre ord utvikle teori og begreper for å kunne gjøre eksperimenter, og ikke omvendt!

### 8.2 Hva foregår i klasserommet?

Etter denne teoretiske gjennomgangen vil vi nå undersøke hva som *faktisk* foregår i fysikktimene. Spørreskjemaet til både elevene og lærerne inneholdt som sagt en rekke spørsmål knyttet til undervisningen i fysikk. Vi vil her påpeke at vi i teksten flere ganger bruker formuleringen «andelen av lærerne» svarer sånn og sånn. Hvis vi skulle være mer presise, mener vi «prosentandelen

av elevene som har lærere som svarer sånn og sånn». Det kommer av at det er elevene som er trukket ut, og de representerer et tilfeldig utvalg av alle norske fysikkelever. Lærerne, derimot, er ikke trukket ut. De følger med elevene sine, og de utgjør derfor i prinsippet ikke fullt ut et representativt utvalg av norske fysikklærere. Som også beskrevet i kapittel 7, har vi ikke funnet det formålstjenlig å oppgi detaljerte feilmarginer for de målte bakgrunnsfaktorene, som her gjelder data fra elever og lærere om prosentfordelinger av ulike forhold i fysikkundervisningen. Men grovt sett kan vi si at vi for nasjonale prosentverdier kan regne med feilmarginer på opptil 5-10 prosentpoeng, men betydelig mindre for svært lave eller svært høye prosenttall.

Vi vil også påpeke at det ikke er helt uproblematisk å sammenlikne elev-ers og læreres beskrivelser av «samme virkelighet». For eksempel i FUN-prosjektet (Angell et al., 2003) var det på noen spesielle punkter ganske stor forskjell i hvordan elever og lærere oppfattet det som foregikk i fysikktimene. Men på andre områder var det god overensstemmelse.

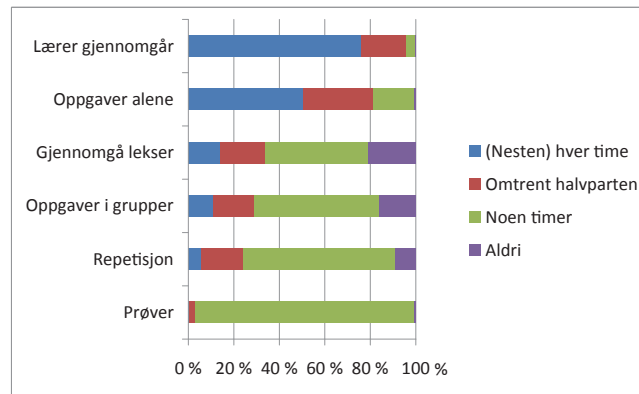
I det følgende har vi i noen tilfeller gitt korrelasjonskoeffisienter der disse er signifikante, og signifikansnivået for disse er satt til 5 %. Tilsvarende er grafer med feilmarginer gitt med 95 % konfidensintervall. I dette kapitlet har vi analysert enkeltvariabler når det gjelder hvor mye av variansen i prestasjoner de kan «forklare». I kapittel 11 har vi vist analyser der vi ser på disse variablene i sammenheng.

### 8.2.1 Aktiviteter i norske klasserom

Både elevene og lærerne fikk to spørsmål som går direkte på aktiviteter i timene. De to spørsmålene handler i hovedsak om det samme og kunne vært behandlet under ett. Men det ene spørsmålet er nokså forskjellig formulert til henholdsvis elever og lærere. Derfor har vi behandlet de to spørsmålene hver for seg.

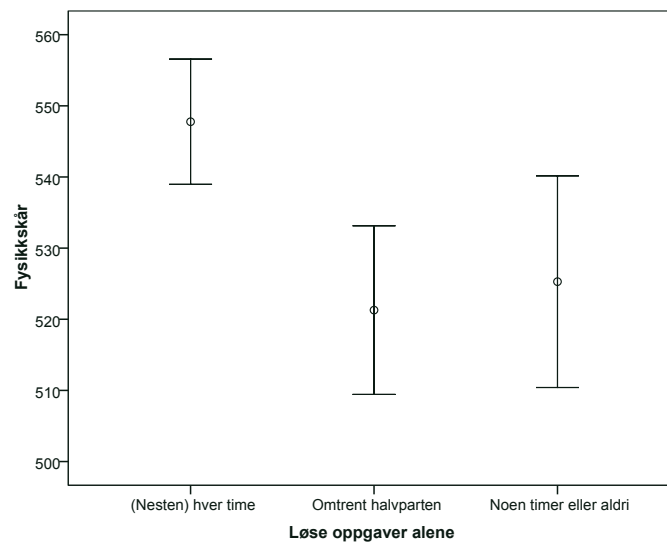
I figur 8.1 har vi vist fordelingen av noen aktiviteter som ifølge de norske elevene forekommer mer eller mindre ofte i fysikktimene. Det helt dominerende trekket er at elevene hører på læreren som gjennomgår eller foreleser fagstoff, og at de arbeider med oppgaver på egen hånd («alene»).

## 8 Fysikkundervisningen



Figur 8.1 Hvor ofte ulike aktiviteter forekommer i timene. Elevenes svar

Det viser seg også at de elevene som svarer at de arbeider med oppgaver i hver eller nesten hver time, skårer høyere på TIMSS-testen enn de som arbeider sjeldnere med oppgaver. Det er viktig å presisere at «på egen hånd» her betyr at elevene arbeider individuelt, men læreren er naturlig nok til stede og går rundt og veileder elevene.

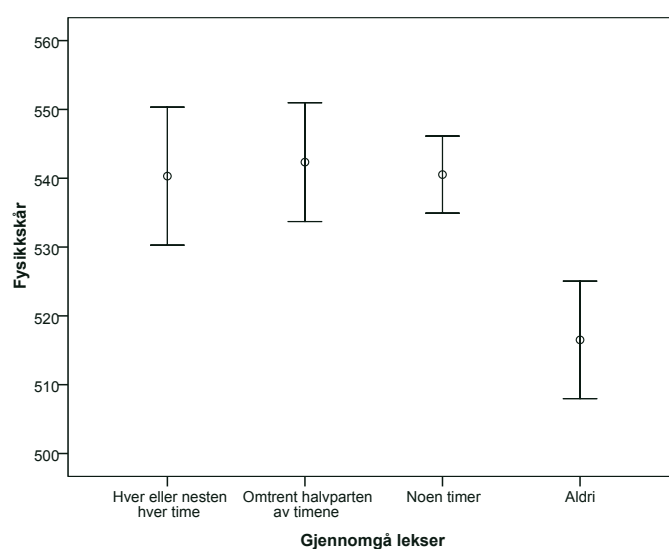


Figur 8.2 Hvor ofte elevene arbeider på egen hånd med oppgaver sett i sammenheng med prestasjon i fysikk. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Omtrent halvparten av elevene svarer at de arbeider hver for seg med oppgaver hver eller nesten hver time. Som vi ser, skårer disse signifikant høyere på testen som helhet enn de som løser oppgaver sjeldnere.

Det er omtrent 20 % av elevene som svarer at de aldri *gjennomgår* lekser i timene (se figur 8.1). Et interessant trekk ved disse elevene er at de skårer signifikant dårligere enn de resterende elevene. Om de gjennomgår lekser mer eller mindre ofte, ser ikke ut til å spille noen rolle (se figur 8.3), men noen ganger må til!



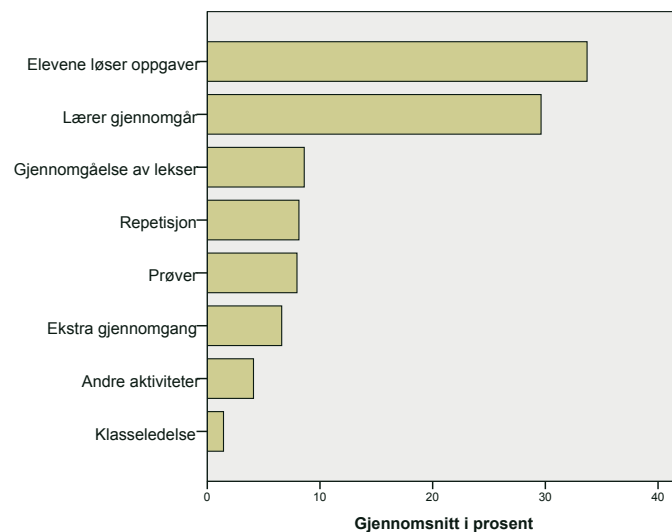
Figur 8.3 Gjenomgåelse av lekser i timene sett i sammenheng med prestasjon i fysikk. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

Vi har også sett på sammenhengen mellom gjennomsnittsskåren per klasse og hvor ofte lekser blir gjennomgått. Det viser seg at sammenhengen her er ganske klar. Det vil si at gjennomsnittsresultatet i de klassene der lekser gjennomgås forholdsvis ofte, er bedre enn i andre klasserom. Vi kan altså spore ulike klasseromskulturer med hensyn til lekser. En annen ting er at 74 % av lærerne sier at de *gir* lekser hver eller nesten hver time, og 17 % sier omtrent i halvparten av timene.

Elevene ble spurt om hvor mange minutter de brukte per uke på fysikkleksene. Her viser det seg å være ganske stor forskjell mellom jenter og gutter. Jentene bruker i gjennomsnitt 125 minutter per uke, mens guttene bruker 87 minutter. Lærerne anslår (i gjennomsnitt) at en gjennomsnittselev trenger

mellom 30 og 60 minutter til å gjøre en vanlig lekse som blir gitt i fysikk. Det er en svak tendens til at jo mer tid man bruker på fysikkleksene, jo svakere skårer man på hele testen ( $r = -0,08$ ). Her er det grunn til å advare mot kortslutninger. Dette kan selvsagt ikke framstilles som at mye arbeid med lekser *fører til* dårlige resultater. Mye mer sannsynlig er det at kausaliteten går motsatt vei: svake elever har en tendens til å bruke lengre tid på leksene. Dette er et godt eksempel på at TIMSS Advanced med sitt design innbyr til en analyse av sammenhenger mellom variabler, men ikke til en enkel fortolkning av *kausale* sammenhenger.

Lærerne fikk et tilsvarende spørsmål som elevene, men riktignok litt annerledes formulert. De skulle angi prosentandelen av tiden de brukte på noen aktiviteter i en typisk uke med fysikktimer. Figur 8.4 viser fordelingen, og vi kan se at det er ganske god overensstemmelse mellom elever og lærer når det gjelder oppfatningen av hva som foregår i fysikktimene. Det som dominerer, er at elevene løser oppgaver eller hører på at læreren gjennomgår nytt fagstoff.

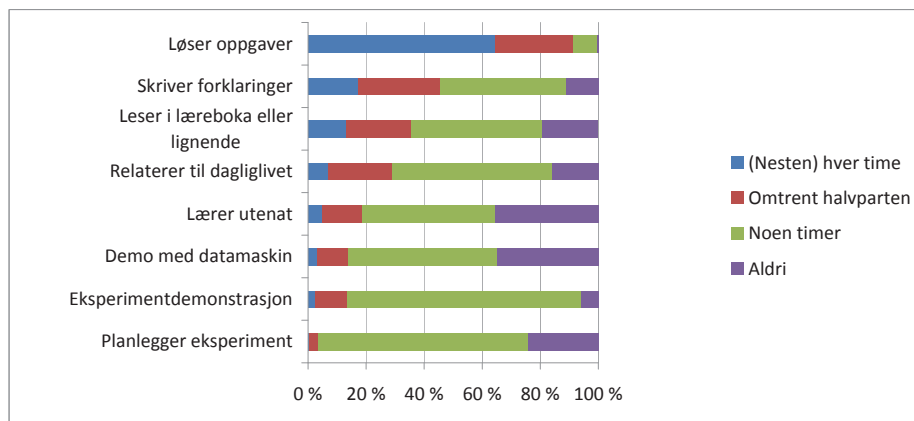


Figur 8.4 Prosentandelen av tiden som brukes til ulike aktiviteter. Lærernes svar

Figur 8.5 viser også noe om hva elevene gjør i timene. Her er imidlertid søkelyset i større grad satt på hva innholdet i aktivitetene er. Det slående er at det er én ting som overskygger alt annet, nemlig å bruke fysikkens lover og

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

formler i fysikk til å løse oppgaver. De elevene som bruker mye tid på oppgaveløsning, skårer også høyere enn de som bruker mindre tid ( $r = 0,14$ ).

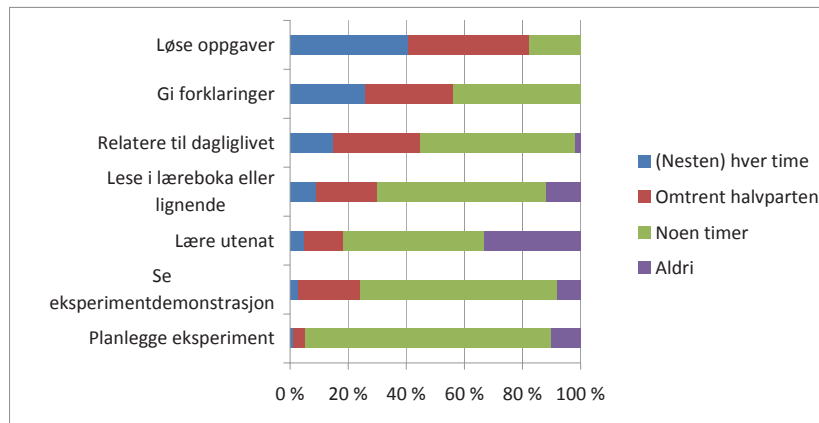


Figur 8.5 Hvor ofte ulike aktiviteter forekommer i timene. Elevenes svar

Vi ser at det å se på at læreren viser et eksperiment eller en undersøkelse på en datamaskin, ikke forekommer ofte. Nesten 40 % svarer «aldri». Korrelasjonen mellom hvor ofte elevene ser læreren demonstrere på en datamaskin, og prestasjoner er negativ ( $r = -0,11$ ). Tilsvarende er det sjelden at elevene planlegger et eksperiment eller en undersøkelse, og de få som svarer at de gjør det, har en tendens til å skåre dårligere enn de andre ( $r = -0,13$ ). Legg merke til at det siste spørsmålet handler om å *planlegge* et eksperiment, ikke utføre det.

De aller fleste krysser av for at de har muntlige eller skriftlige prøver i *noen* timer. De elevene, riktignok ganske få, som har hyppigere prøver, skårer i gjennomsnitt dårligere på testen.

Lærerne fikk også her et tilsvarende spørsmål. Riktignok var ordlyden noe forskjellig fra elevenes. De ble spurt om hvor ofte de ba elevene gjøre noen ulike aktiviteter, og figur 8.6 viser svarfordelingen.



Figur 8.6 Hvor ofte læreren ber elevene gjøre ulike aktiviteter. Lærernes svar

Figurene 8.5 og 8.6 gir et helhetsbilde av en rimelig god overensstemmelse mellom elevenes og lærernes oppfatning av hva som foregår i timene. Innslaget av oppgaveløsning er stort i forhold til de andre aktivitetene sett fra både lærernes og elevenes synspunkt. Men å gi eller skrive forklaringer forekommer også relativt hyppig. Godt over 50 % av lærerne sier de gir forklaringer på noe de arbeider med, i mer enn halvparten av timene, og nesten halvparten av elevene på sin side sier at de skriver forklaringer på det de arbeider med, mer enn i halvparten av timene. Vi finner imidlertid ingen signifikant sammenheng mellom å bruke tid på forklaringer og prestasjoner på testen.

Videre fikk lærerne spørsmål om hvor stor prosentandel av undervisningstiden de brukte på de ulike områdene gitt av rammeverket i TIMSS Advanced. Norske lærere oppga ikke uventet at i 3. klasse brukes mest tid på emnet *Mekanikk* (38 %), nesten like mye på *Elektrisitet og magnetisme* (30 %), lite på *Varme og temperatur* (6 %) og noe tid på *Atom- og kjernefysikk* (15 %). Det er jo klart i overensstemmelse med læreplanen i 3FY. I tillegg oppga lærerne i gjennomsnitt at de brukte 10 % av tiden til andre ting. Et interessant poeng er at når vi ser på sammenhengen mellom tiden som brukes på de ulike områdene, og elevenes gjennomsnittsskår per klasse på testen, viser det seg at det ikke er noen signifikante korrelasjoner når det gjelder noen av de faglige områdene, men det er en klar og signifikant negativ korrelasjon mellom skår og bruk av tid til andre ting ( $r = -0,29$ ). Med andre ord har elevene fordel av at læreren konsentrerer seg om sentrale deler av pensum.

### 8.2.2. Den implementerte læreplanen – hovedemnene i TIMSS-testen

I kapittel 2 (se tabell 2.2) så vi at de fleste emnene i rammeverket til TIMSS Advanced er dekket i de ulike deltakerlandenes intenderte læreplan. Et unntak er relativitet i mekanikk som flere land ikke behandler. I tillegg påpekte vi at varmelære synes å være dårlig dekket i Libanon. Hvordan er det så med den implementerte læreplanen, det vil si hvilke emner *er* undervist i TIMSS-klasse-  
ne?

Tabell 8.1 Prosentandel av lærerne som angir at de har undervist det aktuelle fagstoffet

	Mekanikk	Elektrisitet og magnetisme	Varme og temperatur	Atom- og kjernefysikk
Armenia	97	98	91	78
Iran	79	95	95	90
Italia	90	89	90	39
Libanon	96	96	43	90
Nederland	88	93	91	92
Norge	94	99	92	88
Russland	99	99	92	83
Slovenia	90	99	96	85
Sverige	94	96	84	72

I lærernes spørreskjema ble alle emnene i TIMSS Advanced-testen listet opp (se kapittel 2), og lærerne ble spurt om å angi når de ulike emnene ble undervist, eller om de ikke var gjennomgått. Vi må huske på at det var noe tid igjen av skoleåret, slik at noe av det som ikke var gjennomgått på testtidspunktet, kunne bli gjennomgått senere i skoleåret. Tabell 8.1 viser for hvert hovedemne gjennomsnittlig prosentandel av lærerne som angir at de har undervist i emnet. For eksempel for Norge betyr det at når det gjelder *Mekanikk*, svarer i gjennomsnitt 94 % av lærerne at de har undervist i alle de 7 delemnene som det består av.

I grove trekk kan vi si at det har blitt undervist i de aller fleste temaene innenfor hvert hovedemne, enten hovedsakelig før det skoleåret da testen ble gjennomført, eller hovedsakelig i løpet av det skoleåret. Men det er noen unntak. I *Mekanikk* er det temaet relativitet som skiller seg ut. I Nederland svarer 75 % av lærerne at relativitet ikke er gjennomgått, i Norge svarer 29 % det samme, i Slovenia 65 % og i Sverige 39 %. Det betyr at for eksempel i Norge er relativitet ennå ikke gjennomgått i en del klasserom, mens i land som Nederland og Slovenia er det heller ikke tydelig med i den inten-



derte læreplanen. For den ene oppgaven om relativitetsteori vil selvsagt slike forhold påvirke resultatet.

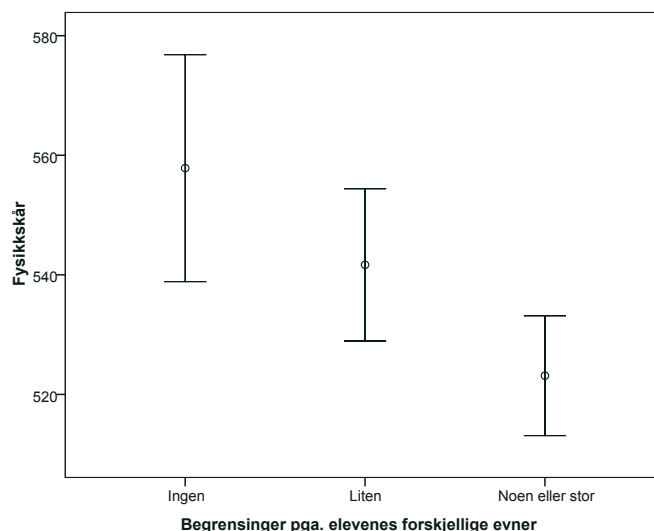
I varmelære er det først og fremst temaet varmestråling og temperatur som en del lærere i noen land angir at de ikke har gjennomgått – for eksempel 21 % i Norge og 19 % i Sverige. Og som nevnt har Libanon i liten grad dekket hele emnet *Varme og temperatur*.

*Atom- og kjernefysikk* er det hovedemnet som i størst grad har emner som ikke er gjennomgått eller bare så vidt introdusert i flere av landene. For eksempel svarer 36 % i Italia og 27 % i Sverige at de ikke har gjennomgått temaet atomstruktur og atomkjernen. Videre svarer 59 % i Italia og 33 % i Norge at de ikke har gjennomgått utstråling og absorpsjon av lys, og 86 % i Italia, 24 % i Slovenia og 44 % i Sverige svarer at de ikke har gjennomgått kjernereaksjoner. Men som allerede nevnt ser det stort sett ut til at den implementerte læreplanen stemmer godt overens med den intenderte, slik vi presenterte den i kapittel 2.

### 8.2.3 Begrensninger på undervisningen

Lærerne ble spurt om i hvilken grad noen ulike faktorer satte begrensninger på hvordan de underviste fysikklassen. Det gjaldt både elevene selv (f.eks. elever med forskjellig bakgrunn) og ressurser (f.eks. mangel på undervisningsmateriell). Det er to faktorer som peker seg ut som mye mer betydningsfulle enn de andre. For det første er det at klassen har elever med forskjellige evner. 59 % av lærerne krysser av for at elevenes ulike evner legger noen eller stor begrensning på hvordan de underviser i klassen. For det andre er det mangel på utstyr til demonstrasjoner og andre aktiviteter. Her er det 45 % som svarer at det legger noen eller stor begrensning på undervisningen. Det er jo ikke overraskende at lærerne mener at elevenes ulike nivåer og differensieringsproblemer legger begrensninger på undervisningen. Det er imidlertid få av alle de opplistete faktorene som ser ut til å ha vesentlig betydning for elevenes prestasjoner, bortsett fra én ting som skiller seg klart ut: De klassene der læreren oppgir liten eller ingen begrensning på undervisningen på grunn av elever med forskjellige evner, skårer i gjennomsnitt høyere enn andre klasser ( $r = 0,24$ ). Figur 8.7 viser gjennomsnittsskåren i de klassene der læreren mener at undervisningen begrenses i henholdsvis ingen, liten, noen eller stor grad på grunn av elevenes forskjellige evner.

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 8.7 Sammenhengen mellom fysikkskår og lærernes følelse av begrensninger på undervisningen på grunn av elevers ulike evner. Konfidensintervallene for gjennomsnittene er vist som vertikale streker.

Også når vi ser på sammenhengen mellom spredningen (standardavvik) i skår og gjennomsnittsskåren per klasse, finner vi at det er en tendens til at klasser med stor spredning har lavere gjennomsnittsskår enn klasser med mindre spredning ( $r = 0,15$ ). Homogene klasser i betydningen at elevene har noenlunde likt evnenivå, ser altså ut til å ha positiv sammenheng med prestasjoner når vi ser på gjennomsnittsskår per klasse.

Svenske lærere mener i enda større grad enn de norske at elevenes forskjellige evnenivå setter begrensninger på undervisningen. 72 % av de svenske lærerne svarer i noen eller stor grad, og i Norge var det som sagt 59 % som svarte det samme. I Nederland, som har et mer elitistisk utvalg av elever, svarer 39 % at elevenes ulike evner setter begrensninger på undervisningen i noen eller stor grad.

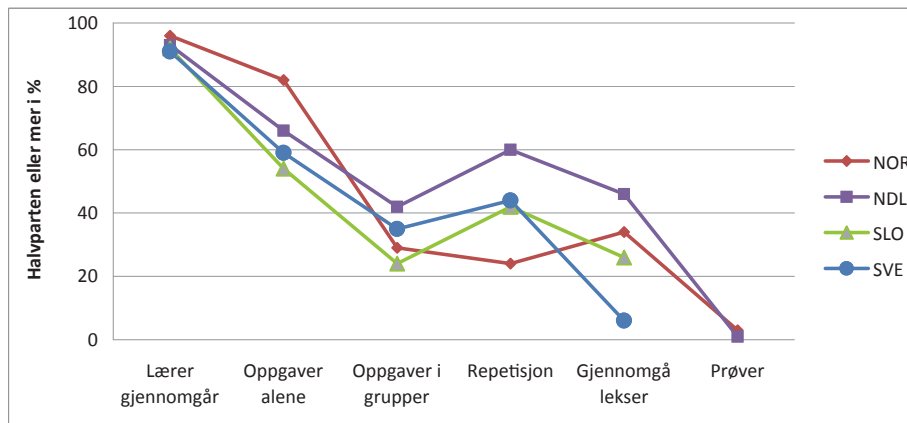
Som nevnt ovenfor mener 45 % av norske lærere at mangel på utstyr til demonstrasjoner og andre aktiviteter setter begrensninger på undervisningen. Det er ganske likt med Slovenia (48 %), mens mangel på utstyr ikke ser ut til å spille så stor rolle i Sverige og Nederland (henholdsvis 21 % og 16 % mener i noen eller stor grad). Det er imidlertid ikke nevneverdige sammenhenger mellom mangel på demonstrasjonsutstyr og elevenes prestasjoner.

Når det gjelder ressurser, er det likevel én ting som skiller seg ut når vi ser

på sammenhengen med gjennomsnittsskåren per klasse i Norge. At lærerne mener de får for lite opplæring i bruk av datamaskin, korrelerer positivt med skår ( $r = 0,20$ ). Det kan altså se ut som om det er en fordel for klassen at læreren ikke «kaster bort tiden på slikt».

#### 8.2.4 Aktiviteter i klasserommet – sammenliknet med noen andre land

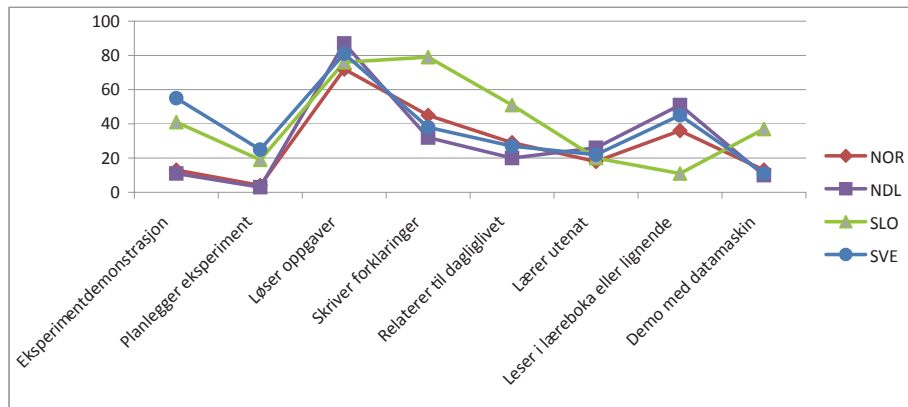
I de neste figurene har vi sammenliknet våre referanseland med hensyn til hva som foregår i timene.



Figur 8.8 Andelen av elevene som krysser av for omtrent halvparten av timene eller hver eller nesten hver time. (Bare to av landene hadde data om «prøver».)

Fra figur 8.8 ser vi at i alle disse landene bruker lærerne mye tid på å gjennomgå faglig stoff. Det ser også ut til at norske klasserom skiller seg ut på særlig to områder. For det første løser norske elever mer oppgaver på egen hånd enn det elevene i de andre landene gjør, og det foregår mindre repetisjon. Vi legger også merke til at i Nederland brukes det betydelig mer tid til repetisjon enn i de andre landene, og spesielt stor er forskjellen mellom Nederland og Norge. Det er et interessant poeng, og vi vil komme tilbake til det i kapittel 12.

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



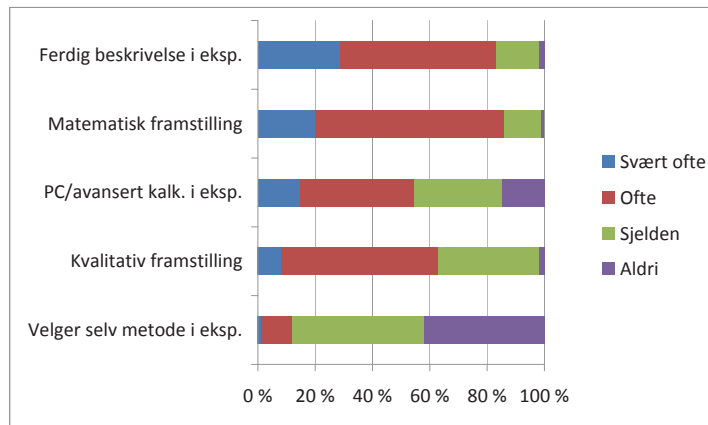
Figur 8.9 Prosentandelen av elevene som krysser av for enten «Omtrent halvparten av timene» eller «Hver eller nesten hver time» for ulike aktiviteter

I figur 8.9 har vi framstilt noen data om ulike aktiviteter som elevene kan gjøre i fysikktimene. Den dominerende aktiviteten i alle de fire landene er at de bruker lover og formler til å løse fysikkoppgaver (se også figur 8.5). Sve- rige og Slovenia skiller seg litt ut ved at det foregår noe mer demonstrasjoner utført av læreren. Og Slovenia har en litt annerledes profil enn de tre andre landene. Slovenske elever gir uttrykk for at de må forklare det de arbeider med, at de relaterer det de lærer, til dagliglivet, og at de ser på læreren demon- strerer eksperimenter på datamaskin mer enn det som er vanlig i de andre landene. I tillegg leser slovenske elever ikke så ofte i læreboka.

Det å planlegge et eksperiment eller en undersøkelse er noe som nesten aldri skjer i Norge. Det var imidlertid en oversettelsesfeil i det norske spør- reskjemaet, og derfor gir sammenlikningen med andre land her liten mening. Andre land har svart på hvor mye tid som går med til å *gjennomføre* eksperimenter, altså ikke til å planlegge.

#### 8.2.5 Mer om hva norske elever mener foregår i fysikktimene

De norske elevene fikk et spørsmål til om hva som foregår i fysikktimene. Det var altså et spørsmål som *bare norske elever* fikk, og vi tok det med for blant annet å kunne sammenlikne elevsvarene med tidligere norske undersøkelser.



Figur 8.10 Elevenes svar på «Hvor ofte synes du dette faktisk foregår i fysikktimene?»

Det matematiske perspektivet er tydeligvis temmelig framtreddende i norske klasserom. Men vi ser også at det blir lagt betydelig vekt på en mer kvalitativ framstilling. I FUN-undersøkelsen (Angell et al., 2003) fra 2000 svarte omtrent 25 % av fysikkelevne at det ofte eller svært ofte ble lagt vekt på en kvalitativ framstilling i timene, og de ga uttrykk for at de ønsket mer av dette. Lærerne mente nok den gang at det var adskillig mer vekt på det kvalitative enn det elevene ga uttrykk for. Lærere og elever var den gang altså ikke enige om omfanget av kvalitativ undervisning. Det ser imidlertid ut til at det kvalitative innslaget i undervisningen har økt betydelig siden 2000. At det legges vekt på både matematisk og kvalitativ framstilling av stoffet, ser ut til å ha en positiv sammenheng med prestasjonene. Korrelasjonen mellom fysikkskår og henholdsvis matematisk og kvalitativ framstilling er 0,12 og 0,11.

Vi ser også av figur 8.10 at i forbindelse med elevøvelser får elevene i stor grad forklart av læreren hva de skal gjøre, eller de følger ferdige beskrivelser. Langt sjeldnere velger elevene problemstillingene og de metodene de vil bruke for å løse oppgaven, selv. Til tross for at utslaget ikke er stort, er korrelasjonskoeffisienten  $-0,07$  mellom skår på testen og hvor ofte elevene velger problemer og metoder selv. En annen ting er at åpne forsøk i noen grad kan være motiverende og derfor fremme interessen for fysikk. I den nevnte FUN-undersøkelsen ga mange elever uttrykk for at «å gjøre eksperimenter i fysikk» er interessant (se 8.1.6).

### 8.2.6 Kalkulator og datamaskin i fysikktimene

Elevene fikk spørsmål om hvor ofte de brukte kalkulator og datamaskin i fysikktimene. Norske elever bruker kalkulator mye. Det er 93 % av dem som krysser av for at de bruker kalkulator hver eller nesten hver time. Tallene er ikke fullt så høye for de andre landene vi har sammenliknet oss med. 81 % i Nederland og 76 % i Sverige sier de bruker kalkulator i hver eller nesten hver time. (I Iran er tallet 13 %!). Datamaskin er det langt færre som bruker i timene. Det er 7 % i Norge som svarer at de bruker datamaskin i omtrent halvparten av timene eller mer. I Nederland er det tilsvarende tallet 4 % og i Sverige 2 %. Man kan med andre ord ikke si at bruken av moderne datateknologi er særlig utbredt i fysikklasserommene i disse landene. Et annet aspekt er at Norge, Nederland og Sverige skiller seg ut når det gjelder hva slags kalkulator som blir brukt. Rundt 90 % i disse tre landene bruker grafisk eller symbolsk kalkulator, mens det er nesten ingen i de andre deltakerlandene i TIMSS Advanced som gjør det.

Det ser altså ikke ut til at norske elever bruker datamaskin mye i timene, og det gjelder for de andre landene også. Lærerne, derimot, svarer at de ganske ofte bruker datamaskin i undervisningen når de underviser hele klassen. Nesten 20 % svarer at de bruker datamaskin i halvparten av timene eller mer, og 66 % sier at bruker datamaskin i noen timer. Det er bare 15 % av lærerne som aldri gjør det. Vi kan altså se konturene av ganske mange fysikklasserom der datamaskinen har fått betydning når det gjelder lærernes gjennomgåelse av stoff, men ikke som et mye brukt hjelpemiddel blant elevene. Kalkulatoren er imidlertid mye i bruk. Det svarer både elevene og lærerne.

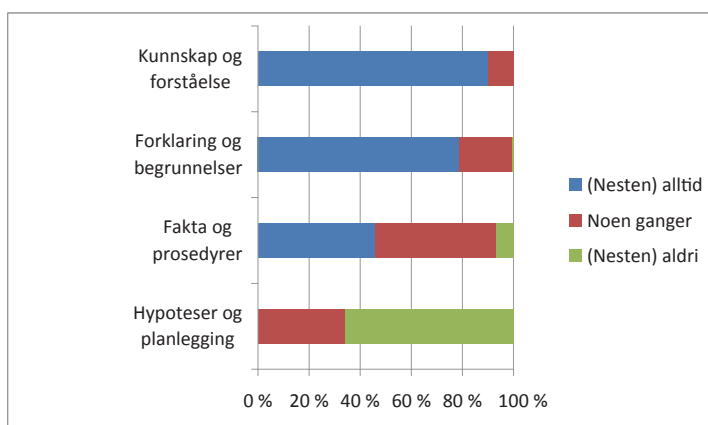
### 8.2.7 Vurdering og prøver

Lærerne fikk også noen spørsmål om vurdering. For det første svarer de aller fleste norske lærerne at de legger mye vekt på prøver, mens de legger noe mindre vekt på uformell vurdering når de skal undersøke elevenes faglige framgang i fysikk. Norge og Nederland framstår som ganske like i denne sammenhengen, mens både svenske og slovenske lærere legger noe mindre vekt på formelle prøver. Når det gjelder hvor ofte elevene får prøver som teller på karakterfastsettelsen, skiller Norge seg noe ut. Det er 98 % av de norske lærerne som sier de gir prøver én gang i måneden eller omtrent annenhver måned, mens omtrent 70 % eller litt flere av lærerne i Nederland, Slovenia og Sverige svarer det samme.

Når det gjelder hvilket format fysikkprøvene har, varierer det ganske mye i norske klasserom. Det gis både åpne oppgaver og flervalgsoppgaver. Slovenia og Norge er i så måte ganske like, mens i Nederland og Sverige gis det i hovedsak åpne oppgaver.

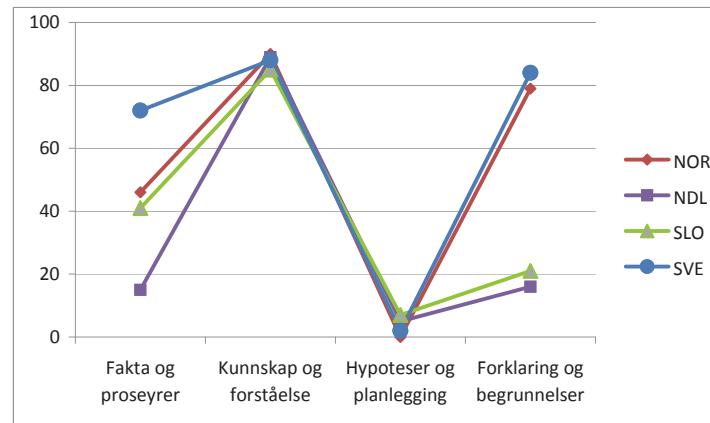
Innslag av praktiske oppgaver eller laboratoriearbeid i forbindelse med prøver er ikke særlig utbredt i Norge. 75 % av de norske lærerne svarer at det har de aldri eller nesten aldri. I Sverige er det noe mer utbredt enn i Norge, mens både Nederland og Slovenia har mer praktisk arbeid i forbindelse med prøver.

Lærerne ble spurt om hvor ofte de ga ulike typer oppgaver på prøver. Figur 8.11 viser de norske resultatene. Det er ganske tydelig at norske fysikkprøver i stor grad handler om at elevene skal anvende kunnskaper og forståelse, og at oppgavene krever forklaringer eller begrunnelse. Det er noe innslag av mer faktpregete oppgaver også, mens det er nesten et totalt fravær av oppgaver som krever at elevene skal utvikle hypoteser eller planlegge naturfaglige undersøkelser.



Figur 8.11 Lærernes svar på hvilke egenskaper som kjennetegner oppgavene i fysikkprøver

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 8.12 Egenskaper som kjennetegner oppgavene i fysikkprøver i noen land

Det går tydelig fram av figur 8.12 at det er forskjellige kulturer når det gjelder oppgavetyper til prøver. Oppgaver basert på å kjenne fakta og prosedyrer er mye brukt i Sverige, men sjelden i Nederland. I alle land brukes, ikke uventet, oppgaver basert på kunnskaper og forståelse. Utvikle hypoteser og planlegge undersøkelser er nesten helt fraværende i alle fire landene, mens Norge og Sverige i langt større grad enn de to andre landene krever forklaringer og begrunnelser på prøver.

#### 8.2.8 Hvem er fysikklæreren?

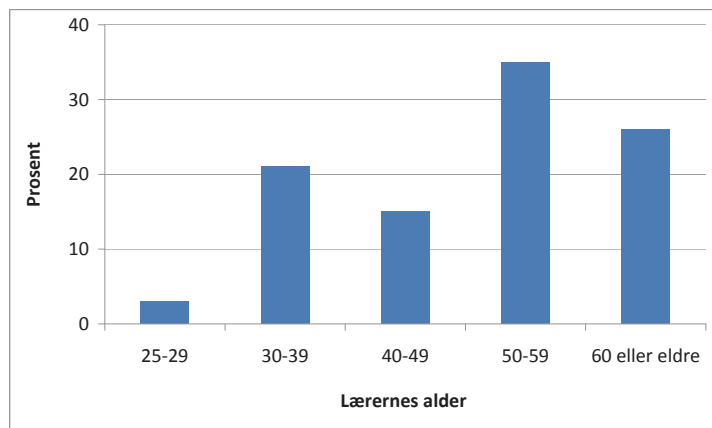
I dette avsnittet vil vi forsøke å framheve noen karakteristiske trekk ved fysikklæreren slik han eller hun framstår på bakgrunn av lærerspørreskjemaet.

Figur 8.13 viser de norske lærernes aldersfordeling. Det er mange fysikklærere i den øvre aldersgruppen. 60 % er 50 år eller mer, og 26 % er 60 eller mer. At så mange av fysikklærerne er 60 år eller mer, betyr at forholdsvis mange vil gå av med pensjon i de nærmeste årene. Samtidig ser vi at rekrutteringen blant de yngre ikke på langt nær er tilstrekkelig til å dekke avgangen. Andelen av de eldste lærerne ser ut til å ha økt siden år 2000 da vi gjennomførte FUN-undersøkelsen (Angell et al., 2003). Da var det omtrent 20 % av lærerne som oppga at de var 60 år eller mer. Hvis vi sammenlikner aldersfordelingen av lærerne med andre land, finner vi at andelen over 50 år er enda høyere (64 %) i Nederland og Sverige, mens andelen i Slovenia er betydelig lavere, 42 %. Det er interessant å konstatere at når det gjelder norske lærere



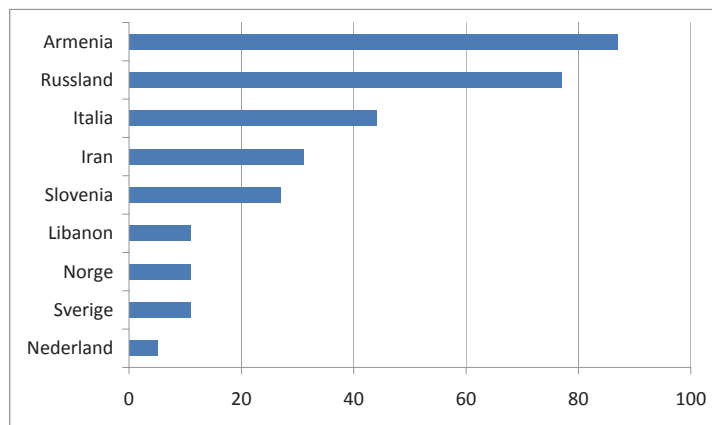
## 8 Fysikkundervisningen

i matematikk på avansert nivå, er så mye som 73 % av dem over 50 år, og dette er høyere enn i alle de andre deltakerlandene.



Figur 8.13 Lærernes aldersfordeling

Et poeng som er verdt å nevne, er at det er en positiv sammenheng mellom hvor mange år lærerne har undervist i fysikk, og elevenes prestasjoner på testen ( $r = 0,18$ ). Man kunne dermed også tenke at lærernes alder hadde betydning for elevenes prestasjoner, men det viser seg ikke å være en slik signifikant sammenheng.



Figur 8.14 Kjønnsfordelingen blant fysikklærerne: Prosent kvinnelige lærere i deltakerlandene

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

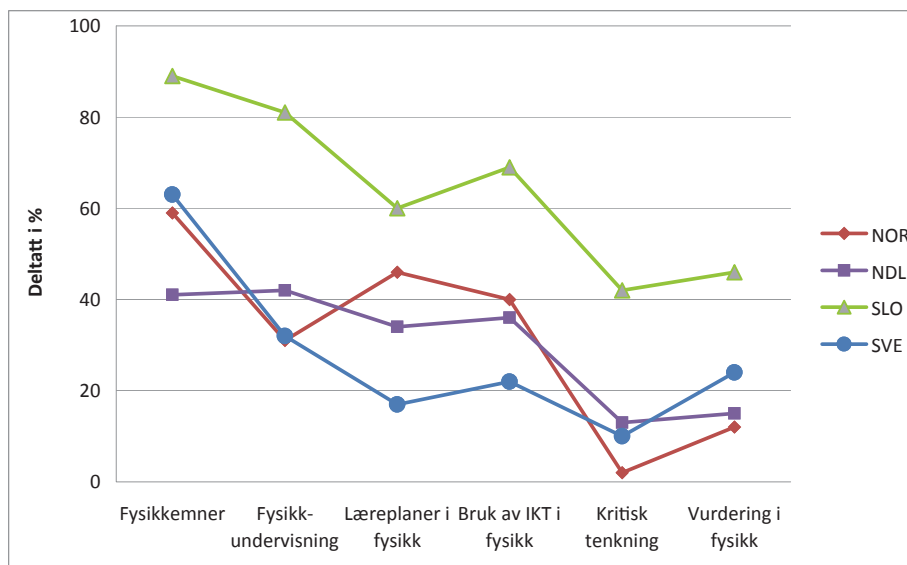
I Norge er 88 % av fysikklærerne menn. Kjønnfordelingen blant fysikklærerne er vist på figur 8.14. Søylene viser prosentandel kvinnelige lærere, og her er det oppsiktsvekkende forskjeller mellom land. Det er bare i Italia at det er en rimelig jevn balanse. På den annen side er det verdt å minne om at disse forskjellene mellom land på ingen måte speiler kjønnfordelingen blant fysikkelevne.

I gjennomsnitt har norske fysikklærere undervist i 22 år (19 år i fysikk). Videre er det 87 % som har utdanning på hovedfags-/masternivå. Nesten alle (bortsett fra 5 lærere) oppgir at de har minst 20 vekttall / 60 studiepoeng i fysikk. De fem lærerne i vårt utvalg som ikke har det, har imidlertid hovedfag/mastergrad i et annet realfag. 95 % oppgir å ha godkjent lærerutdanning.

Lærerne ble spurt om hvor kvalifisert de følte seg til å undervise i en rekke forskjellige emner som var listet opp. Disse emnene utgjør det faglige innholdet i rammeverket til TIMSS Advanced, og stort sett kan vi si at nesten alle lærerne (omtrent 90 % eller mer) følte seg godt kvalifisert i nesten alle emnene. Bare for ett emne, nemlig «aspekter ved relativitet», var det ganske mange (23 %) som krysset av for «noe kvalifisert», altså ikke *godt* kvalifisert, og 2 % som krysset av for «ikke godt kvalifisert» (se også avsnitt 8.2.2).

De fleste lærerne (88 %) oppgir at de diskuterer undervisningen av spesielle begreper med andre lærere 2–3 ganger i måneden eller mer. 78 % svarer også at de samarbeider med andre om forberedelse av undervisningsmateriale 2–3 ganger i måneden eller mer. Derimot er det få som besøker andre læreres klasserom for å observere undervisningen. 95 % svarer «aldri» eller «nesten aldri» på dette.

Lærerne ble også spurt om omfanget av etterutdanning og innenfor hvilke områder de hadde deltatt i etterutdanningskurs. Figur 8.15 viser fordelingen i fire land. Slovenia skiller seg meget klart ut ved at lærerne der i langt større grad deltar i etterutdanning enn i de andre landene, og det gjelder for alle områdene som var listet opp. Vi kan for eksempel legge merke til at nesten ingen i Norge, og få i Nederland og Sverige, har deltatt i etterutdanning som handler om «forbedring av elevenes kritiske tenkning eller problemløsningsevne», mens 40 % av lærerne i Slovenia svarer at de har deltatt i slik etterutdanning.



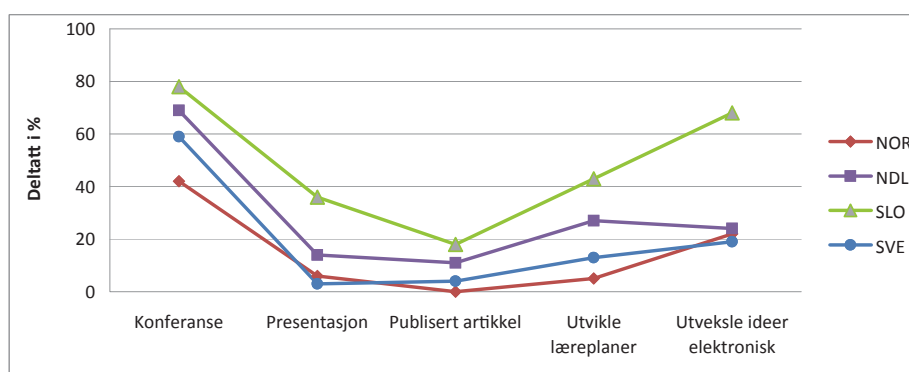
Figur 8.15 Prosentandel av lærerne som har deltatt i etterutdanning innen ulike områder de to siste årene

Vi ser også at norske fysikklærere deltar forholdsvis hyppig i etterutdanning, og at det er fysikkemner, altså fysikkfaglig innhold, som er mest dominerende på kursene. Ganske mange norske lærere har deltatt i etterutdanning om læreplaner i fysikk. Det kan ha sammenheng med at vi jo nylig har hatt en læreplanreform (K06).

Lærerne fikk også spørsmål som gikk på om de hadde deltatt på konferanser, om de hadde holdt presentasjoner eller skrevet artikler i tidsskrift eller på faglig nettsted, eller om de hadde deltatt i utviklingsprosjekter for læreplaner eller utvekslet ideer elektronisk om fysikkundervisning. Figur 8.16 viser andelen av lærerne om har deltatt på forskjellige aktiviteter i Norge og referanselandene. Igjen ser vi at slovenske lærere er mer aktive enn sine kolleger i de andre landene. Norske lærere deltar i noen grad på konferanser, og de utveksler i noen grad ideer elektronisk, men de holder ikke presentasjoner, og de skriver ikke artikler. Norske lærere er også i svært liten grad med på å utvikle læreplaner. I Norge er det avholdt flere landskonferanser om fysikkundervisning de siste 10–15 årene i regi av Norsk Fysikklærerforening. Det er dermed naturlig at en del norske fysikklærere har deltatt her. De bidrar imidlertid i liten grad med egne presentasjoner på slike konferanser. Dessuten

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

ser vi at lærere i de andre landene deltar i betydelig større grad på konferanser enn sine norske kolleger.



Figur 8.16 Prosentandelen av fysikklærere som har deltatt i ulike aktiviteter de siste to årene

Vi kan kanskje oppsummere med at en norsk fysikklærer er en mann over 50 år, han har undervist lenge, han har utdanning på masternivå og føler seg godt kvalifisert til å undervise i fysikk, han deltar i noen grad i etterutdanning, men da helst i faglige emner, og han deltar i noen grad på konferanser uten selv å holde presentasjoner.

### 8.2.9 Så – hva foregår egentlig i klasserommene?

Det tegner seg et ganske tydelig bilde av fysikklasserommet, både i Norge og i de andre landene vi har sammenliknet oss med. Og det bildet kan karakteriseres ved at det foregår en tradisjonell undervisning med vekt på at læreren gjennomgår faglig stoff og elevene bruker mye tid på å løse oppgaver, særlig på egen hånd. Det foregår selvsagt også andre aktiviteter i fysikktimene, men i mindre grad. Det er dessuten et tankekors at flere elementer i disse tradisjonelle undervisningsformene ser ut til å ha positiv sammenheng med prestasjoner på hele testen. Nå skal vi ikke overdrive betydningen av dette. Andre innslag i fysikktimene kan selvsagt ha positiv effekt i den forstand at det kan motivere elevene og kanskje gi dem innsikt i andre deler av fysikken enn de som blir testet i TIMSS Advanced.

I kapittel 11 skal vi se nærmere på, og da i større bredde, hvordan ulike faktorer har sammenheng med prestasjoner.

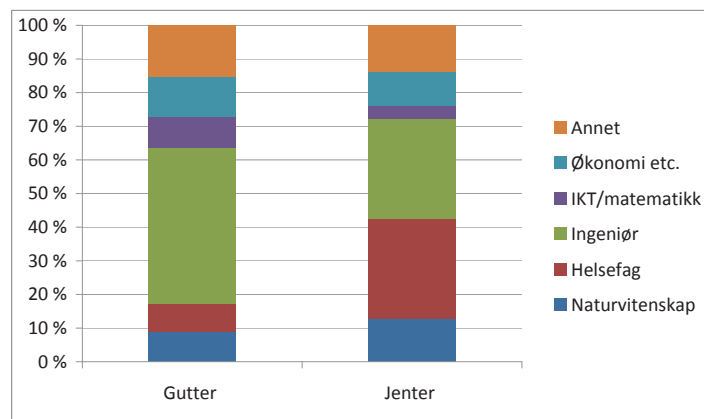
## 9 Utdanningsplaner og grunner for valg av fysikk

### 9.1 Utdanningsplaner

I dette kapitlet skal vi rapportere data som er relatert til elevenes holdninger til fysikkfaget i vid forstand. Det dreier seg først om elevenes planer for videre utdanning, og dernest om hvilke forhold de angir som viktige for sitt valg av fysikkurset 3FY. I dette kapitlet har vi ikke funnet det formålstjenlig å rapportere detaljerte feilmarginer for de ulike prosentandelene. Men som en generell regel kan vi si at feilmarginene for nasjonale prosentandeler er av størrelsesorden opp til noen få prosentpoeng og minst for de laveste prosenttallene.

Elevene ble spurt om de i det hele tatt planlegger en videre utdanning, og hver eneste elev svarte bekreftende på det. Men omtrent 25 % av elevene ga uttrykk for at de ikke ville starte den videre utdanningen med det samme. Elevene fikk også en liste med alternative typer utdanning, og de skulle krysse av for hvilket alternativ som lå nærmest det de helst ville studere. For hvert alternativ var det listet opp eksempler på hvilke yrker som falt inn i kategorien. Figur 9.1 viser fordelingen for gutter og jenter hver for seg. Vi har her slått sammen noen få kategorier som få elever hadde krysset av. IKT og matematikk er slått sammen, og samfunnsfag er lagt inn under «annet».

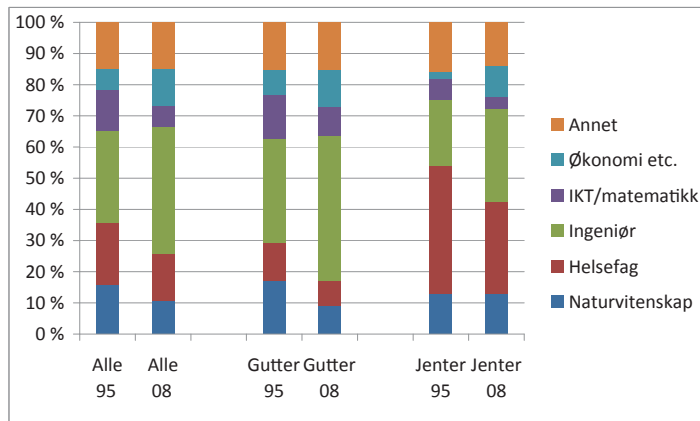
### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 9.1 Guttenes og jentenes preferanser for videre utdanning

Som det framgår av figuren, er det en markert kjønnsforskjell når det gjelder yrkespreferanser, og denne forskjellen går særlig ut på at jentene prioriterer helserelaterte fag betydelig høyere og ingeniørfag / tekniske fag betydelig lavere enn guttene gjør. Det er et kjent fenomen som har vært dokumentert i en rekke studier (se f. eks. Schreiner, 2006). Siden vi har tilsvarende data også for 1995-undersøkelsen (Angell et al., 1999), er det av interesse å sammenlikne tallene, både for alle elevene og for hvert kjønn for seg. Sammenlikningen er vist i figur 9.2. Til venstre i figuren er hele elevgruppene sammenliknet, og resultatene viser noen karakteristiske endringer siden 1995. Betydelig flere av fysikkelevne sikter seg nå inn på ingeniørfag, mens færre ønsker seg inn på helsefag og IKT/matematikk. Nedgangen for helsefagets vedkommende må ses i lys av at fysikk i Vg3 ikke lenger er obligatorisk for å komme inn på medisinstudiet. Økonomi er blitt et mer populært fagområde for fysikkelevne. Det framgår videre av figuren at alle disse endringene gjelder for både gutter og jenter. Spesielt vil vi peke på den markerte økningen blant jentene til å sikte seg inn mot ingeniørutdanning.

## 9 Utdanningsplaner og grunner for valg av fysikk



Figur 9.2 Utdanningspreferanser i 1995 og 2008

Hvem er så elevene som sikter seg inn på hver av de forskjellige utdanningene? Med det mener vi her fordeling av karakteristika som kjønn og fysikk-skår. Tabell 9.1 forteller om dette. I tabellen er kjønnsfordeling og gjennomsnittlig fysikk-skår gitt for hvert fagfelt. Her har vi tatt med alle fagområdene elevene skulle forholde seg til.

Tabell 9.1 Noen karakteristika for elever som sikter seg inn på ulike utdanninger

	Naturvitenskap	Helsefag	Ingeniør	IKT	Matematikk	Økonomi	Samfunnsfag	Annet
Prosentfordeling	11 %	15 %	41 %	5 %	2 %	12 %	4 %	10 %
Fysikk-skår	569	524	549	520	577	506	509	498
Gutteandel	64 %	41 %	79 %	90 %	75 %	76 %	72 %	70 %

Tabellen inneholder flere interessante trekk når det gjelder karakteristikk av elever. Prosentfordelingen og kjønnsfordelingen er allerede kommentert på en litt annen måte ovenfor. Siden det er omtrent 70 % gutter blant fysikkelevne, er det naturlig nok en tendens til stor overvekt av gutter i de fleste utdanningene. Unntaket er helsefag, som dekker et vidt spekter av fag, ikke minst det som var spesifisert i spørreskjemaet: lege, tannlege, farmasøyt og veterinær. IKT på sin side tiltrekker seg veldig få av fysikkjentene.

Det er markerte trekk i tabell 9.1 når det gjelder hvor godt fysikkelevne skårer i TIMSS Advanced. To fag skiller seg ut ved elevenes høye fysikk-skår, nemlig naturvitenskap og matematikk. Men også elever som trekker til inge-

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

niørfag, skårer høyt. I den andre enden noterer vi relativt lav skår for elever som sikter seg inn på økonomiske fag, samfunnsfag og «annet». Til en viss grad viser dette at det er i de fagene der fysikk gir en god bakgrunn eller kreves som opptak, hvor elevene kan mest fysikk.

En sammenlikning mellom norske elever og elever i våre referanseland når det gjelder utdanningspreferanser er vist i tabell 9.2. Det er ikke veldig store forskjeller mellom landene. Vårt land markerer seg med at fysikkelevne har forholdsvis stor interesse for økonomiske fag og ingeniørfag og noe lavere interesse for «naturvitenskap» som videre utdanningsfelt. I spørreskjemaet var dette begrepet eksemplifisert med «fysikk, kjemi, biologi, geologi».

Tabell 9.2 Utdanningspreferanser for fysikkelever i ulike land.  
Tallene viser prosentandel av elevene.

	Naturvitenskap	Helsefag	Ingeniør	IKT	Matematikk	Økonomi	Samfunnsfag	Annet
Norge	11	15	41	5	2	12	4	10
Nederland	17	14	40	7	4	7	3	7
Slovenia	19	10	36	12	8	5	7	4
Sverige	17	16	29	9	2	9	6	12

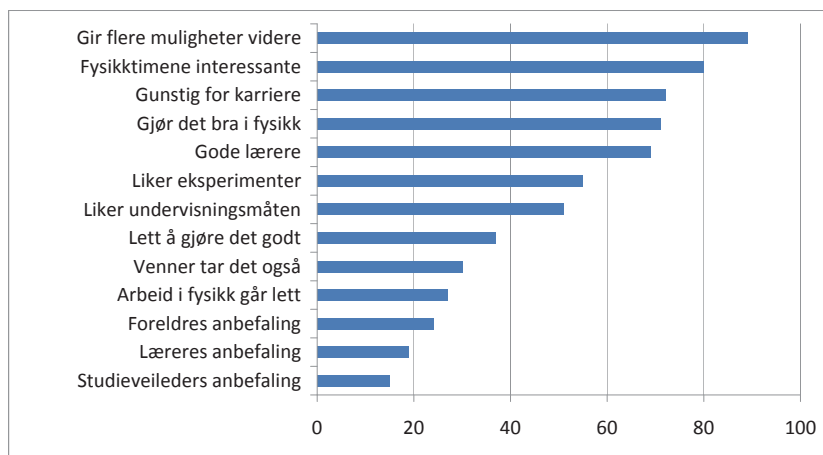
## 9.2 Grunner for valg av fysikk

### 9.2.1 Norske elevers grunner for valg

Elevene ble bedt om å vurdere hvor mye 13 spesifiserte grunner spilte inn ved elevenes valg av kurset 3FY. Det gjorde de ved å krysse av på en firedelt skala fra «veldig uviktig» til «veldig viktig» for hver grunn. Figur 9.3 viser hvordan elevene prioriterer de gitte grunnene. Her har vi framstilt prosentandelen av elevene som har markert de enkelte grunnene som «viktig» eller «veldig viktig». Når vi har slått sammen disse to kategoriene, er det fordi et skille i «viktighet» et stykke på vei kan være et semantisk spørsmål som elevene oppfatter litt forskjellig. Og særlig gjelder dette når vi senere skal sammenlikne mellom land.



## 9 Utdanningsplaner og grunner for valg av fysikk



Figur 9.3 Prosentandel av elevene som sier at den angitte grunnen var «veldig viktig» eller «viktig» for deres valg av 3FY

Noen trekk er svært tydelige på figuren. For det første har anbefalinger fra voksne eller påvirkninger fra andre elever gjennomgående veldig lave tall. Selvsagt kan elevene godt være mer påvirket av andre enn de vil vedstå seg, men uansett er tallene her veldig lave. Derimot er det noen trekk som naturlig nok preger de viktige grunnene til valg av fysikk, nemlig på den ene siden positiv holdning til faget og dets undervisningsmetoder, og på den andre siden mulighetene som faget gir når det gjelder yrkesvalg videre.

Stort sett er det ubetydelige forskjeller mellom hvordan gutter og jenter karakteriserte disse grunnene for valg av fysikk, men for to grunner var det signifikante kjønnsforskjeller. Guttene legger mer vekt på eksperimenter og undersøkelser i fysikk, noe som er svært lite overraskende. Derimot kommer det kanskje overraskende på noen at jentene i betydelig mindre grad enn guttene legger vekt på at vennene deres også velger faget (17 mot 35 % angir grunnen som «viktig» eller «veldig viktig»). Jenter som velger fysikkfaget, må på mange måter gå litt på tvers av rolleforventningene, og det er såpass få som velger dette faget, at jentenes bestevenninner normalt nettopp ikke velger faget.

### 9.2.2 Grunner for valg i ulike land

Det er interessant å sammenlikne norske elever med elever fra andre land når det gjelder grunner for å velge fysikkfaget til topps i skolen. På figur 9.3 viste vi hvor stor andel av elevene i Norge som mente at de enkelte grunnene var «viktig» eller «veldig viktig». Når vi nå skal sammenlikne med andre land,

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

vil vi bruke den samme skalaen. Men for å unngå å gi data om altfor mange enkeltspørsmål har vi i stedet slått sammen de 13 grunnene til 4 områder på denne måten:

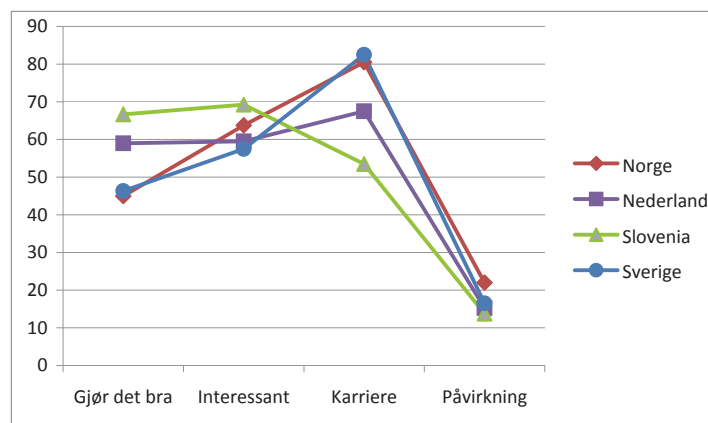
*Gjør det bra* (Gjør det bra i fysikk; Arbeid i fysikk går lett; Lett å gjøre det godt)

*Interesse* (Fysikktimene interessante; Liker undervisningsmåten; Gode lærere; Liker eksperimenter)

*Karriere* (Gunstig for karriere; Gir flere muligheter videre)

*Påvirkning* (Venner tar det også; Læreres anbefaling; Studieveileders anbefaling; Foreldres anbefaling)

Figur 9.4 viser gjennomsnittsverdiene for hver av de fire gruppene av grunner for å velge faget. For det første ser vi av denne figuren at i alle de fire landene er det bare rundt 20 % av elevene som mener (eller kanskje vi skal si *vedkjenner seg*) at påvirkning fra andre har vært viktig for deres valg. De andre tre typene av grunner til å velge faget framstår som mye viktigere for elevene. Men her er det betydelige forskjeller mellom landene. For norske og svenske elever er det særlig viktig at fysikkfaget åpner dører i en videre utdanningssammenheng. På den annen side framstår ikke elevenes følelse av egen mestring som så viktig for valget som den synes å være i de andre to landene. Når det gjelder valg av fysikk på grunn av interesse for og trivsel med faget, er det små forskjeller mellom landene.



Figur 9.4 Elevenes rapporterte grunner for å velge fysikkfaget. Figuren viser prosentandelen som i gjennomsnitt mener at de ulike områdene av grunner er «viktig» eller «veldig viktig».

### 9.2.3 Sammenheng med fysikkskår

Ved å regne ut korrelasjoner mellom fysikkskår og vektlegging av de enkelte grunnene for valg av fysikk kan vi få en idé om hvilke elever som særlig vektlegger bestemte grunner høyt. Vi har derfor tatt med en liten tabell over slike korrelasjonskoeffisienter. Tabell 9.3 inneholder gjennomsnittlige korrelasjonskoeffisienter for hver av de fire gruppene av grunner for valg av faget. I alle landene er det en ikke uventet tendens til at korrelasjonene er høyest i kategorien «Gjør det bra». Det er altså særlig de flinke elevene som vektlegger mestring (erfart og/eller forventet) som argument for valg. Det ville vært merkelig hvis det ikke var slik, men tendensen er likevel ikke veldig sterk. I den andre enden av skalaen står påvirkning fra andre personer fram med negative (men lave) korrelasjoner med prestasjoner. Her er det altså en svak tendens til at elever som har prioritert slike grunner for valg av faget, skårer lavt. Særlig gjelder dette for påvirkning fra foreldre. Data fra enkeltvariabler tyder på at elever som antyder å være «overtalt» av foreldrene sine til å velge faget, i gjennomsnitt skårer under middels.

Tabell 9.3 Gjennomsnittlige korrelasjoner mellom fysikkskår og ulike typer av grunner for å velge fysikkfaget

	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige
Gjør det bra	0,22	0,22	0,21	0,23
Interesse	0,14	0,13	0,07	0,17
Karriere	0,11	0,04	0,13	0,24
Påvirkning	-0,07	-0,02	-0,01	-0,06



# 10 Informasjon fra skolespørreskjema

## 10.1 Innledning

Dette kapitlet handler om hvordan skolene indirekte og direkte legger betingelser for undervisning og læring av fysikk i siste år i videregående skole. I Norge, så vel som i de andre nordiske landene, kan forskjeller mellom skolene når det gjelder elevenes prestasjoner, ikke uten videre tilskrives ulike typer skoler. Begge fagkursene 3FY og 3MX er tydelig definert sentralt, og alle skolene er like når det gjelder betingelser for å kunne velge kursene. Hvilke *andre* typer elever som går på den samme skolen, er derimot avhengig av hvilke andre programmer/studieretninger enn den allmennfaglige/studiespesialiserende som skolen tilbyr. Det sosiale skolemiljøet kan derfor variere sterkt fra skole til skole, men trolig i mye mindre grad fra fysikkgruppe på en skole til fysikkgruppe på en annen skole.

Data om skolene er i hovedsak hentet fra spørreskjemaet til skolens rektor. Spørsmålene handler om karakteristika for skolen, som antall elever, skolens sosiale miljø og læringsmiljø, tilgjengelige ressurser, disiplin- og ordensproblemer, tilgang på fysikklærere og rektors fordeling av tidsbruk på ulike typer arbeid.

Vi har data fra 99 skoler (på to av de 101 skolene besvarte ikke rektor spørreskjemaet), og det er viktig å ta i betraktning at hver rektor har beskrevet skolens situasjon etter beste skjønn. Men mange av spørsmålene var avhengig av personlige refleksjoner, noe som til en viss grad gjør svarene avhengig av subjektive perspektiver. Vi kan derfor ikke vente å finne en entydig sammenheng mellom svarene i spørreskjemaene og den virkeligheten disse reflekterer. Både av den og av andre grunner, som et lavt antall skoler, kan vi heller ikke vente å finne noen enkel sammenheng mellom skolers karakteristika og prestasjonene til fysikkspesialistene ved skolen. Slike sammenhenger vil i noen

grad bli diskutert i kapittel 11. I dette kapitlet skal det i hovedsak dreie seg om å presentere det bildet som tegnes av norsk skole i et internasjonalt perspektiv. For det formålet vil vi gjennomgående sammenlikne norske data med data fra de tre referanselandene som er gjennomgående brukt i denne boka.

Hver gang det i dette kapitlet refereres til «prosentandeler av rektorene som mener/svarer ...» eller liknende, er det en kortversjon av det som mer presis menes, nemlig «prosentandelen av elever som går på en skole der rektor mener/svarer ...». Det kommer av at dataene er basert på et utvalg skoler som er vektet etter antall deltakende fysikkelever på skolen. Rektorene i vår undersøkelse representerer derfor i prinsippet ikke et tilfeldig utvalg av rektorer i Norge, verken av rektorer på videregående skole eller av rektorer på skoler med 3FY.

Feilmarginer for prosenttallene blir ikke gitt i detalj i dette kapitlet. De utgjør opptil 10 prosentpoeng, men er betydelig mindre for veldig lave eller veldig høye prosenttall.

## 10.2 Pedagogisk klima

### 10.2.1 Tilstedeværelse og forstyrrelse i timene

Tabell 10.1 *Hvor mange prosent av rektorene som rapporterer at noen spesifikke forhold utgjør et «alvorlig problem» for skolen*

	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige	Norge 1995
Forsentkomming	34	23	28	28	9
Ugyldig fravær	32	20	16	44	6
Skulking av enkelttimer	32	18	7	31	16
Bråk i klasserommet	6	0,6	14	15	0
Juksing	11	0,5	3	18	6

Tabell 10.1 viser forekomsten av noen typer uheldig adferd fra elevenes side ved skolen. Det er viktig at spørsmålet går på skolen som helhet, det er altså ikke spesifikt rettet mot gruppen av fysikkelever. Som det framgår av tabellen, oppfattes det i alle landene at forsentkomming og fravær i timene er et betydelig problem. Ser vi de tre øverste radene i sammenheng, er det ikke tvil om at situasjonen framstår som mer problematisk i Norge og Sverige enn i de andre to landene. For Norges vedkommende må vi legge til at det i videre forstand også er et betydelig problem med alt det «gyldige» fraværet i form av ulike

permisjoner og tillatt fravær. Som kjent forsvinner mange timer og hele dager i løpet av skoleåret på grunn av ulike tiltak i skolens egen regi. Det gjør at fraværet i vårt land trolig i betydelig grad underkommuniseres i tabellen her.

De siste to forholdene i tabellen dreier seg om problemområder som bråk i timen og juksing på prøver. Disse problemene oppfattes som mye mindre alvorlig enn de første tre. (Slik spørsmålet ble stilt, oppfatter vi begrepet «alvorlig» som en kombinasjon av forekomst og alvoret i forseelsens natur.) At forstyrrelser i undervisningen er et betydelig problem i norsk grunnskole, og særlig på ungdomstrinnet, er påvist mange ganger (Kjærnsli et al., 2007; Kjærnsli et al., 2004; Lie et al., 2001), men det synes ikke å bli oppfattet som noe stort problem ved disse videregående skolene slik rektorene her oppfatter det.

Lengst til høyre i tabell 10.1 har vi tatt med data fra 1995 som viser rektorenes svar på *omtrent* de samme spørsmålene. Sammenliknet med 2008-dataene gir dette et bilde av en skole nesten uten «alvorlige problemer». På grunn av litt forskjeller i spørsmålstillingen må vi imidlertid være forsiktig med å sammenlikne disse tallene direkte. I 1995 var spørsmålet til rektorene formulert slik: «I hvilken grad mener du dette er et alvorlig problem for skolen?» Svaralternativene var: «ikke noe problem», «mindre problem» og «alvorlig problem». I 2008 var spørsmålet formulert slik: «Hvis adferden forekommer, hvor stort problem utgjør dette?» Og svaralternativene var: «ikke noe problem», «lite problem» og «stort problem». Vi kan vanskelig tenke oss at forskjellen i formulering alene kan forklare de store endringene vi ser i dataene. Dette kan tyde på at det pedagogiske klimaet på videregående skoler generelt er blitt dårligere i perioden. Men en medvirkende forklaring på dataene nevnt her kan være at sammensetningen av skolene med hensyn til studieretninger/programmer har forandret seg.

### 10.2.2 Orden og sikkerhet på skolen

Tabell 10.2 handler om problemer av en annen art, nemlig sikkerhet og adferdsproblemer på skolen. Som tabellen viser, er det bare noen få rektorer som mener at disse forholdene utgjør «alvorlige problemer» på skolen. Derimot synes de svenske tallene å gjenspeile en betydelig mer problematisk virkelighet. Det er imidlertid viktig å ha i tankene at disse tallene gjelder skolen som helhet, og det kan være mange ulike elevkategorier på samme skole. Så vi må ikke slutte for mye om skolemiljøet til *fysikkelevne* ut fra disse tallene. Også i denne tabellen har vi tatt med tilsvarende data fra 1995, der endringen

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

i spørsmålsstillingen er den samme som beskrevet for tabell 10.1. Med feilmarginer på noen få prosentpoeng kan vi for disse problemene ikke påvise at det har skjedd noen endringer i perioden.

Tabell 10.2 *Hvor mange prosent av rektorene som oppfatter angitte adferdsproblemer som et «alvorlig problem» for skolen*

Alvorlig problem	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige	Norge 1995
Hærverk	4	1	4	13	4
Tyveri	4	2	0	12	5
Trusler etc. mot andre elever	1	4	6	16	0
Trusler etc. mot lærere	1	2	1	13	0

Også fysikklærerne fikk et spørsmål om opplevelse av sikkerhet i nærområdet og på skolen, og så godt som alle lærerne i vårt land (99 %) oppga at de følte seg trygge på skolen. Sammen med Iran hadde Norge det høyeste prosenttallet av deltakerlandene for dette spørsmålet, mens forholdene i særlig Russland og Italia ble beskrevet som betydelig mer problematiske.

### 10.2.3 Læringsmiljø

Flere spørsmål til rektorene (og lærerne) dreide seg om skolens klima i forbindelse med undervisning og læring. Et positivt læringsmiljø anses som et viktig bidrag til å bedre læringsarbeidet og å skape en forventning om gode faglige resultater, noe som igjen regnes for å føre til bedre resultater. Både rektorer og lærere skulle angi på en skala fra «veldig høy» til «veldig lav» i hvilken grad skolen karakteriseres når det gjelder slike forhold. Noen av svarene fra rektorene er gjengitt i tabell 10.3. I tabellen er det gitt prosentandelen av rektorene som krysser av for «veldig høy» eller «høy» for noen av forholdene. Stort sett varierte fysikklærernes svar på de samme spørsmålene på samme måte som rektorenes svar gjorde, men lærernes prosenttall lå gjennomgående en del lavere og vitnet altså om en noe mindre positiv opplevelse av skoleklimaet enn rektorenes prosenttall gjorde.



## 10 Informasjon fra skole spørreskjema

Figur 10.3 Hvor mange prosent av rektorene som svarer «veldig høy» eller «høy» på ulike forhold knyttet til læringsmiljøet

	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige
Lærers mulighet for faglig utvikling	59	43	95	37
Lærers forventninger til elevenes prestasjoner	65	54	80	77
Foreldrenes støtte til elevenes skolearbeid	27	34	56	30
Foreldrenes engasjement i skoleaktiviteter	14	36	14	9
Elevenes respekt for skolens eiendom	56	46	54	65
Elevenes ønske om å gjøre det bra	66	33	65	76

Tabell 10.3 vitner om store forskjeller mellom land når det gjelder disse forholdene. Typisk for norske data er at de framstår som nokså middels og skiller seg lite ut fra de andre landene. Bare når det gjelder foreldrenes støtte til elevenes skolearbeid, har Norge det laveste prosenttallet. At foreldreengasjementet er lavt i vårt land, er velkjent og må ses i sammenheng med at foreldrene i stor grad oppfattes som utenforstående etter at elevene i videregående skole er blitt myndige. Et viktig spørsmål kan være nettopp om det er tid for å ansvarliggjøre foreldrene mer i forbindelse med elevenes læringsarbeid også i videregående skole.

### 10.3 Rekruttering av fysikkelever og fysikklærere

#### 10.3.1 Tiltak for å oppmuntre elever til å velge fysikk

Tabell 10.4 gjengir data fra rektorenes svar på et spørsmål om tiltak for å rekruttere elever til fysikkfaget. Her er det stor forskjell mellom landene, og særlig er vi overrasket over at det i Sverige ikke rapporteres noen tiltak overfor elever i rekrutteringsøyemed. Det kan tenkes at de ulike oversettelsene kan gi litt ulike tolkninger av «tiltak», og at svarene i Sverige henger sammen med det. Relativt høye tall for vårt land kan ses i sammenheng med realfagsatsingen som blant annet setter mål om høyere andel elever som tar fysikk. I «Et felles løft for realfagene» (Kunnskapsdepartementet, 2006) står det: «Norske elever skal plassere seg blant den beste tredelen sammenliknet med OECD-landene i løpet av strategiperioden. Ved studieforberedende utdanningsprogram på Vg3-nivå skal 50 % av elevene ta full fordypning i matematikk og 25 % av elevene ta full fordypning i fysikk innen 2009. I

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

videregående opplæring skal minst 40 % av elevene som tar full fordypning i fysikk, være jenter.» (s. 22)

Verken for dette eller det neste temaet (tabell 10.5) var det tilsvarende spørsmål til rektorene i 1995.

*Tabell 10.4 Prosentandelen av rektorene som rapporterer om rekrutteringstiltak overfor elever om å velge fysikkfaget i skolen*

Oppmuntringstiltak for valg av fysikk	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige
For alle elever	28	23	26	0
Bare for jentene	7	3	0	0

### 10.3.2 Tiltak for å rekruttere fysikklærere

Tabell 10.5 viser svar på to spørsmål om rekruttering av fysikklærere. Den første linjen i tabellen viser andelen av rektorene som mener det har vært vanskelig å rekruttere fysikklærer(e) siste skoleår. Som vi har pekt på i kapittel 8, er fysikklærernes aldersfordeling problematisk med lav tilgang på nye lærere i mange år. Og særlig sterk rekruttering til fysikkfaget finner vi heller ikke blant studenter eller skoleelever. Så mye som 30 % av skolene rapporterer at de har opplevd vanskeligheter med å rekruttere kvalifiserte nye fysikklærere. Og som det framgår i nederste linje i tabellen, er det en ikke ubetydelig andel (10 %) som rapporterer om bruk av ekstra incentiver for å rekruttere eller for å beholde fysikklærere.

*Tabell 10.5 Hvor vanskelig det er å få tak i og holde på kvalifiserte fysikklærere, og bruk av incentiver i den forbindelse. Prosentfordeling av rektorenes svar*

	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige
Vanskelig / veldig vanskelig å rekruttere fysikklærere	31	30	4	9
Skolen bruker incentiver for å rekruttere og/eller beholde fysikklærere	10	1	0	2

### 10.4 Forhold som «hemmer» undervisningen

En gruppe spørsmål til rektorene dreide seg på ulike måter om situasjonen på skolen når det gjaldt i hvilken grad forholdene var lagt bra til rette for undervisningen. Konkret var spørsmålet hvor mye hver av de gitte forholdene begrenset mulighetene til å gi god undervisning. For de mest aktuelle

## 10 Informasjon fra skole spørreskjema

spørsmålene i relasjon til fysikkundervisningen har vi i tabell 10.6 vist hvor stor prosentandel av rektorene i hvert land som mener at undervisningen blir «mye» eller «noe» hemmet av det nevnte forholdet.

Tabell 10.6 *Hvor mye undervisningen ved skolen hemmes av mangel på eller utilfredsstillende tilgang til noe av dette. Prosent av rektorene som svarer «mye» eller «noe»*

	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige	Norge 1995
Mangel på midler til forbruksmaterieell	11	1	22	10	0
Utilfredsstillende skolebygg og uteareal	31	38	52	21	16
Mangel på undervisningsrom	31	41	44	21	23
Mangel på lærere	5	24	8	12	**
Manglende utstyr til fysikklaboratoriet*	21	24	25	13	21
Manglende PC-er til fysikkundervisning*	15	31	25	21	32
Manglende programvare til fysikkundervisningen*	13	19	23	21	37
Manglende hjelp til bruk av IKT i undervisningen	26	21	13	15	**

\* I 1995 gjaldt spørsmålet «naturfagundervisningen».

\*\* Det var ikke spørsmål om dette i 1995.

De fire første forholdene har bare indirekte med fysikkundervisningen å gjøre, og vi konstaterer at norske data ikke framstår som uproblematiske. Med landets gode økonomi er det forstemmende at skolebygningene oppfattes som å være opphav til slike begrensninger. At midler til forbruksmaterieell (papir og pinner etc.) fortøner seg problematisk på noen skoler, kan selvsagt være et indisium på budsjettproblemer som slår ut også på andre forhold.

De fire siste forholdene har direkte med fysikkundervisningen å gjøre. Manglende utstyr til fysikklaboratoriet framstår som et større problem i Norge enn i Sverige, mens manglende PC-er med tilhørende utstyr ikke synes å hemme undervisningen i vårt land i samme grad som i de tre andre landene. Derimot etterlyses i stor grad hjelp til fornuftig bruk av dette utstyret. Det må ses i sammenheng med hvordan datamaskiner faktisk brukes i fysikkundervisningen (se 8.2.6). Og det må også ses i sammenheng med de eksplisitte kravene i den norske læreplanen.

## 10.5 Vurdering av fysikklærere

Rektorene ble spurt om skolens rutiner når det gjaldt evaluering av fysikklærerne, og her framkom noen trekk der det viste seg påfallende forskjeller mellom land. Tabell 10.7 viser hvordan rektorene beskriver forekomsten av fire forskjellige former for evaluering.

*Tabell 10.7 Prosentandel av rektorene som oppgir at ulike metoder brukes for å evaluere fysikklærerne*

	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige
Observasjon utført av rektor/inspektør	19	29	91	54
Observasjon utført av eksterne	1	26	6	6
Ved elevenes prestasjoner	78	85	78	86
Ved kollegaveiledning	42	30	37	44

Som det tydelig framgår av tabellen, er det de to siste metodene som særlig brukes i vårt land, og her skiller vi oss ikke mye fra de andre tre landene. Men norske skoler framhever seg ved at det i liten grad foregår formell evaluering ved observasjon av skolens ledelse, og at «inspeksjon» utenfra nesten ikke forekommer. Her skiller vi oss markert ut fra våre tre referanseland, særlig fra Nederland. Den internasjonale TALIS-undersøkelsen om lærere i grunnskolen konkluderte på dette punktet på en måte som viser at evaluering ved observasjon «ovenfra» også i grunnskolen synes å være en ubetydelig del av norsk skolekultur. Det følgende er et utdrag fra resultatene fra OECDs internasjonale studie av undervisning og læring (TALIS, 2009, p. 28):

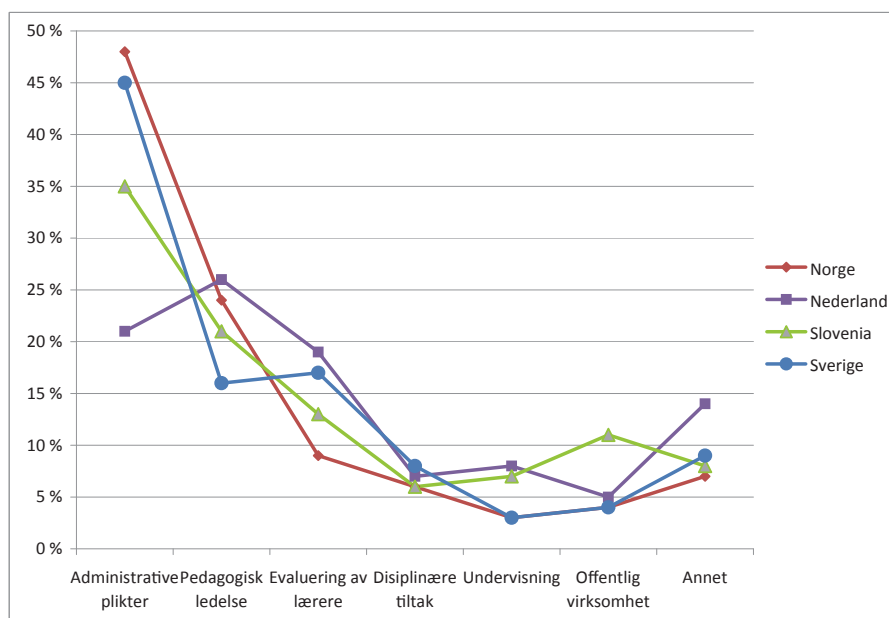
The reluctance Norwegian principals show in regard to keeping an eye on the teachers' work and their instruction practices is striking. Observing instruction in classrooms and monitoring students' work are activities that occur particularly rarely among Norwegian principals. When teachers are asked to what extent the principal or the management team observes teaching in classes or give teachers suggestions on how to improve their teaching, their replies confirm the picture of a relatively passive instructional leadership from the school administrators.

## 10.6 Rektorrollen

Hvis rektor skal kunne ha en god påvirkning på elevenes faglige læring, må det i hovedsak skje gjennom en form for involvering i læringsarbeidet ved skolen. Hvis rektor har tid og bakgrunn for å kunne utøve pedagogisk ledelse, kan det bidra til å skape faglig og fagdidaktisk utvikling hos lærerne. Rektorene er på mange skoler nærmest fullt belagt med administrative gjøremål. Et spørsmål om rektorenes tidsbruk på ulike områder er derfor indirekte en relevant faktor i forbindelse med konteksten for skolenes fysikkundervisning.

De ulike arbeidsoppgavene rektorene skulle forholde seg til, var disse:

- administrative plikter (f.eks. ansettelser, budsjettering, timeplanlegging, møter)
- pedagogisk ledelse (f.eks. læreplanutvikling og pedagogisk utviklingsarbeid)
- veiledning og evaluering av lærere og andre ansatte
- oppgaver relatert til elevenes disiplin
- undervisning
- offentlig virksomhet
- annet



Figur 10.1 Fordeling av rektorenes tidsbruk på ulike gjøremål

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Figur 10.1 viser hvordan de norske og de andre landenes rektorer rapporterer om sin tidsbruk. Særlig vil vi her kommentere to forhold der norske rektorer skiller seg ut. Av alle deltakerlandene er det i Norge og Sverige at rektorene utmerker seg med å bruke mest av sin tid på administrative plikter. Videre er det spesielt lave tall for Norge når det gjelder tid brukt på pedagogiske forhold som veiledning/evaluering av lærere og egen undervisning. I den internasjonale rapporten i TIMSS Advanced 2008 (Mullis et al., 2009, p. 370) er dette formulert på en måte som vi finner særlig tankevekkende i en tid med mye fokus på god skoleledelse for bedre læring. Vi vil avslutte kapitlet med noen utdrag derfra:

First, because research shows that achievement improves in schools where principals are effective instructional leaders, data is presented about how principals spend their time. (...) Principals that are effective instructional leaders may actively advocate, nurture, and sustain a positive school culture and an educational program conducive to students' learning and teachers' professional growth. Because the primary roles that the principal fulfills provide a useful indication of the administrative and educational structures and priorities of the school, the principals (...) were asked how they distributed their time across the competing demands of administrative, instructional, supervisory, disciplinary, teaching, and public relation tasks. (...) According to their reports, the vast majority of principals' time is distributed across three broad categories of tasks: administrative duties, providing instructional leadership in the areas of curriculum and pedagogy, and supervising teachers and other staff. (...) The distribution of time across these three areas was least balanced in Norway and Sweden, with principals' time considerably skewed toward the administrative side (48% and 45% respectively).

# 11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?

## 11.1 Fordeling av varians mellom og innen skoler og klasser

Vi vil i dette kapitlet forsøke å samle mye av den overordnede informasjonen som ligger i den systematiske samvariasjonen mellom de ulike bakgrunnsfaktorene og prestasjoner for elevene. Målet er å studere dette både på elevnivå (11.2) og på skolenivå (11.3). Det har vært vanskelig å unngå at framstillingen i dette kapitlet er forholdsvis teknisk, men forhåpentligvis er betydningen av resultatene forståelige selv om beregningene framstår som vanskelige å følge.

Først vil vi se på hvordan variansen i prestasjoner kan fordeles mellom skoler, mellom klasser på samme skole, og mellom elever. Ved hjelp av variansanalyse finner vi i vårt land og i referanselandene fordelingene som er vist i tabell 11.1.

Tabell 11.1 Fordeling av varians i fysikkskår i ulike land

	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige
Mellom skoler	25 %	37 %	42 %	32 %
Mellom klasser på samme skole	3 %	2 %	5 %	2 %
Mellom elever	72 %	61 %	53 %	66 %

Av tabell 11.1 ser vi at Norge er det landet hvor det er «minst» forskjell på skoler, i betydningen at hvilken skole en elev går på, i minst grad kan «forklare» prestasjonen til en elev. Vi ser også i alle landene at forskjeller mellom klasser på samme skole betyr lite. Men vi må her huske på at det var få skoler med mer enn én fysikkgruppe i alle fire landene. Et annet perspektiv er å sammenlikne variansen mellom skoler med den som er rapportert for grunnskolen (Grønmo et al., 2004; Grønmo & Onstad, 2009; Kjærnsli et al., 2007; Kjærnsli et al., 2004; Lie et al., 2001). For grunnskoler har stort sett andelen

av variansen som er mellom skoler, ligget på rundt eller i underkant av 10 %. Sammenliknet med dette er forskjellen mellom skoler i vårt tilfelle mye større. Det ligger åpenbart en seleksjonseffekt her, i og med at det i mange fylker er fritt skolevalg. Det er altså mye mer varians å forklare mellom skoler enn i tilsvarende data fra grunnskolen. Målt på denne måten er det mye større forskjeller mellom videregående skoler enn mellom grunnskoler når det gjelder elevprestasjoner i vårt land. For øvrig vil vi trekke fram at slike forskjeller mellom videregående skoler når det gjelder fysikkelever, synes å ha avtatt. Andel av variansen i elevprestasjoner som kan tilskrives forskjeller mellom skoler var 31 % i 1995, men har altså avtatt til 25 % i 2008.

## 11.2 Hva kan forklare forskjeller i prestasjoner mellom elever?

### 11.2.1 Hvor mye kan forklares av grupper av elevvariabler?

Vi vil i denne delen studere hvordan prestasjonene i fysikk kan relateres til det mangfoldet av beskrivelser som elevene har gitt av sin bakgrunn og sine holdninger, samt den undervisningen og det skolemiljøet de har opplevd. Vi tilstreber ikke å lage og prøve ut en detaljert modell for *hvordan* ulike faktorer påvirker prestasjonene. Vi har heller ingen ambisjoner om å gjennomføre en full multivariat analyse, men nøyer oss med å beregne hvor stor del av variansen i prestasjoner på elevnivå som de forskjellige gruppene av variabler kan «forklare». Og igjen vil vi understreke at med det mener vi ikke nødvendigvis «forklare» i kausal forstand, noe det er gjort rede for flere steder tidligere. Det vi vil presentere her, er vanlige og multiple korrelasjonskoeffisienter (se vedlegg) mellom fysikkprestasjoner på den ene siden og andre variabler, både enkeltvis og i grupper, på den andre. Korrelasjonskoeffisienter er mål for samvariasjon og kan følgelig gi indikasjoner på, men langt fra entydig evidens for, hva som *fører til* gode prestasjoner.

For vår analyse har vi delt inn de aktuelle variablene i grupper og angitt hvor disse tidligere har blitt presentert:

- Gruppe A: elevbakgrunn – kjønn, hjemmebakgrunn og innvandringsstatus (se 7.1)
- Gruppe B: elevenes tidsbruk utenom skolen (se 7.2)
- Gruppe C: undervisning i fysikk (se kapittel 8)
- Gruppe D: videre utdanningsplaner (se 9.1) og holdninger i form av grunner for valg av fysikk (se 9.2)



## 11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?

Tabell 11.2 er svært omfattende og inneholder all informasjon om nevnte sammenhenger når det gjelder enkeltelever. Tabellen viser for det første de vanlige korrelasjonskoeffisientene med fysikkprestasjoner for hver av de aktuelle variablene i hvert av landene. De er gitt i tabellen *med hvit bakgrunn*. Noen av disse resultatene har delvis blitt presentert tidligere, men gjentas her for å få alt samlet i en oversikt. Når det gjelder enkeltvariablene, har vi bare tatt med slike som korrelerer signifikant med skår i ett eller flere av landene. For å være signifikante, må korrelasjonskoeffisientene være minst omkring 0,05, litt varierende fra land til land. Vi understreker igjen at alle tallene på rader med hvit bakgrunn representerer vanlige (bivariate) korrelasjonskoeffisienter med fysikkprestasjoner. Vi minner om at kvadratet av slike koeffisienter representerer andel av variansen i fysikkskår som hver variabel kan «forklare» (se vedlegg). Vi har undersøkt hver eneste av de aktuelle variablene fra spørreskjemaene, deriblant alle tidligere omtalte variabler i denne boka. Variabler som *ikke* er med i tabell 11.2, korrelerer altså ikke signifikant med fysikkprestasjoner og er derfor holdt utenfor videre analyse.

For hver gruppe av variabler presenterer vi også én eller flere multiple korrelasjonskoeffisienter,  $R^2$ , her angitt i prosent av den totale variansen til fysikkskår (se vedlegg). Disse er alltid gitt i rader med mørkere bakgrunn. For hver gruppe av variabler er det gitt to slike verdier. Den første koeffisienten forteller hvor stor prosentandel av variansen i prestasjoner som alle variablene i gruppen til sammen kan forklare. Den andre koeffisienten oppgir hvor stor andel av variansen som kan forklares av alle variablene i denne gruppen sammen med alle variablene i de gruppene som ligger ovenfor i tabellen.

Et eksempel kan være oppklarende. For gruppe C, *Undervisning*, skal symbolene på radene med  $R^2$  forstås slik:

- C: forklart varians av variablene i gruppe C *til sammen*
- A + B + C: hvor mye alle variablene i gruppene A, B og C *til sammen* kan forklare av variansen i prestasjoner. (Merk at tegnet «+» her ikke betyr en enkel sum av bidragene fra hver av de tre delene.)

Det ligger ingen sterk modelltenkning bak rekkefølgen av gruppene A–D. Men det er likevel ikke tilfeldig at det starter med rene forutsetninger hjemmefra og går via forutsetninger utenfor skolen og forhold på skolen til elevenes framtidsplaner.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Tabell 11.2 Korrelasjon med skår for enkeltvariabler og multippel korrelasjon med skår for grupper av variabler. Se teksten for forklaring. (\* betyr manglende data for denne variabelen.)

Korrelasjon med fysikkskår				
	Norge	Nederland	Slovenia	Sverige
<b>A: HJEMMEBAKGRUNN</b>				
Kjønn (jente = 0, gutt = 1)	0,14	0,16	0	0,05
Bøker i hjemmet	0,29	0,09	0,20	0,30
Mors høyeste utdanningsnivå	0,13	0,20	0,19	0,14
Fars høyeste utdanningsnivå	0,12	0,14	0,13	0,15
Testspråket hjemme (alltid – aldri)	-0,14	-0,03	-0,04	-0,20
Immigrasjonsstatus (alle født i landet = 0, alle født i annet land = 2)	-0,14	-0,06	-0,11	-0,18
A	R <sup>2</sup>	12 %	7 %	8 %
<b>B: TIDSBRUK UTENOM SKOLEN</b>				
Organiserte aktiviteter (sport, musikk etc.)	-0,10	-0,06	*	-0,09
Samvær med venner	-0,19	-0,16	-0,19	-0,2
Betalt jobb	-0,17	-0,14	-0,21	-0,22
TV eller kino	-0,12	-0,06	-0,04	-0,14
B	R <sup>2</sup>	7 %	4 %	7 %
A + B	R <sup>2</sup>	18 %	11 %	14 %
<b>C: UNDERVISNING (aldri–hver time)</b>				
Lærer gjennomgår	0,04	0,10	0,08	0,12
Oppgaveregning hver for seg	0,14	0,07	0,03	0,07
Oppgaveregning i grupper	-0,02	0	-0,14	0,03
Repetisjon	-0,03	0,03	-0,03	-0,01
Gjennomgår lekser	0,08	0,09	-0,10	-0,13
Har prøve	-0,12	0,03	*	*
Lærer demonstrerer eksperiment	-0,08	-0,02	-0,04	-0,10
Planlegger eksperiment	-0,14	0,04	-0,04	-0,15
Løser oppgaver med formler	0,15	0,12	0,14	0,14
Skriver forklaringer	-0,03	-0,03	0,14	0,07
Relaterer til dagliglivet	0,04	0,06	0,13	0,03
Lærer formler utenat	-0,06	0,01	-0,12	-0,10

11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?

Leser i læreboka e.l.	-0,07	0,09	-0,14	-0,09	
Demonstrere med datamaskin	-0,10	-0,08	-0,06	-0,04	
Har forberedt seg til fysikkprøve (aldri-hver uke)	-0,08	-0,20	-0,10	-0,13	
C	R <sup>2</sup>	9 %	9 %	10 %	11 %
A + B + C	R <sup>2</sup>	23 %	20 %	20 %	27 %
D: HOLDNINGER – Grunner for valg av fysikk (veldig uviktig–veldig viktig)					
D1: Valg av fysikk pga. påvirkning fra andre					
Læreres anbefaling	-0,01	-0,01	0,01	-0,04	
Venner tar det også	-0,04	0,03	-0,06	-0,06	
Studieveileders anbefaling	-0,08	-0,05	-0,01	-0,11	
Foreldres anbefaling	-0,12	-0,06	0,03	-0,10	
D1	R <sup>2</sup>	2 %	1 %	1 %	2 %
D2: Valg av fysikk pga. interesse					
Fysikktimene interessante	0,30	0,28	0,17	0,27	
Liker undervisningsmåten	0,14	0,10	0,06	0,19	
Gode lærere	0,10	0,05	0,05	0,05	
Liker eksperimenter	0,04	0,10	0	0,16	
D2	R <sup>2</sup>	10 %	8 %	4 %	9 %
D3: Valg av fysikk pga. karrieremuligheter					
Gunstig for karriere	0,13	0,08	0,14	0,24	
Gir flere muligheter videre	0,06	-0,01	0,12	0,23	
D3	R <sup>2</sup>	2 %	1 %	2 %	7 %
D4: Valg av fysikk pga. at man gjør det bra i faget					
Gjør det bra i fysikk	0,39	0,29	0,28	0,35	
Arbeid i fysikk går lett	0,17	0,18	0,12	0,13	
Lett å gjøre det godt	0,11	0,18	0,21	0,22	
D4	R <sup>2</sup>	15 %	9 %	10 %	13 %
D5: Framtidig studieområde					
Utdanningsplan med realfag (nei-ja)	0,26	0,19	0,17	0,17	
D5	R <sup>2</sup>	7 %	4 %	3 %	3 %
D = D1 + D2 + D3 + D4 + D5	R <sup>2</sup>	25 %	16 %	14 %	23 %
A + B + C + D	R <sup>2</sup>	42 %	30 %	30 %	41 %

Tabell 11.2 inneholder svært mange detaljer, og bare noen trekk blir direkte kommentert her. For det første framgår det at det er noen felles trekk på tvers av land, men likevel er det noen betydelige forskjeller fra land til land. I vår diskusjon i det følgende vil vi særlig se på norske forhold, men vi vil trekke fram andre land (også andre enn referanselandene) der dette er særlig relevant.

Når det gjelder elevenes «hjemmebakgrunn», og her inkluderer vi kjønn, må vi huske på at fysikkelevne er en sterkt spesialisert gruppe. En debatt om i hvor stor grad norsk skole makter å «utlikne» forskjeller i elevenes bakgrunn, er derfor ikke like vesentlig som i en tilsvarende undersøkelse i grunnskolen. Men det er likevel interessant å legge merke til hvor mye hjemmebakgrunnen kan forklare i ulike land. For norske og svenske elever ligger andelen forholdsvis høyt, selv om det likevel bare er litt over 10 % av variansen som kan forklares. Det er også verdt å peke på at bakgrunnsfaktorene har betydelig lavere forklaringskraft i Slovenia og Nederland (og av andre land, påfallende liten i Armenia og Italia). Det framgår av tabellen at det i hovedsak er antall bøker hjemme som framstår med sterkest forklaringskraft i de to nordiske landene.

Den neste gruppen med variabler, gruppe B, dreier seg om elevenes tidsforbruk på aktiviteter utenom skolen. Slike forhold forklarer mindre av prestasjonene enn gruppe A gjør, men likevel kan stor daglig tidsbruk på ulike aktiviteter være omfattende nok til å fortjene oppmerksomhet både i vårt land og særlig i vårt naboland. På mange måter er dette svært viktige variabler, fordi det dreier seg om forhold som elevene i stor grad kan bestemme over selv. I kapittel 9 kommenterte vi blant annet at norske fysikkelever i 1995 rapporterte at deres tidsbruk på hjemmearbeid (lekser) i alle fag til sammen var ca. 2 timer per dag, og at denne tiden i 2008 var redusert til det halve. I et slikt perspektiv må vi selvsagt rette oppmerksomheten mot den relativt tydelige sammenhengen mellom prestasjoner og tidsbruk på alt mulig annet. Det er også viktig å se dette i et skoleperspektiv. På noen skoler er det et sosialt klima som skaper et press i retning av å være mye ute sammen med venner hver eneste dag, eller det kan skapes et press i retning av å tjene betydelig med penger på betalt jobb. Senere i dette kapitlet (11.3) skal vi studere disse faktorene, sammen med mange andre, på skolenivå for å kunne si mer om hva som kjennetegner skoler som skårer høyt.

Gruppe C av variabler dreier seg om undervisning, og mye av dette er allerede diskutert i kapittel 8, og spesielt minner vi om at lærerens gjennom-

## 11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?

gang av nytt stoff og elevenes trening med oppgaveløsning framstår som særlig sentrale arbeidsformer. Korrelasjonskoeffisientene for gruppe C i tabellen gir oss noen antydninger om hvilke undervisningsformer som henger sammen med gode prestasjoner, og hvilke som henger sammen med svake. Dette vil vi gi noen utdypende kommentarer til. Åpenbart er det fullt mulig at ulike elever kan profitere på ulike undervisningsformer, og vi vil derfor prøve også å se hvordan sammenhengen mellom undervisningsform og prestasjoner henger sammen *når vi kontrollerer for hjemmebakgrunn*. Vi har derfor i tillegg til de vanlige korrelasjonskoeffisientene i tabellen også beregnet de partielle korrelasjonene (se vedlegg) når vi kontrollerer for elevenes bakgrunn, slik dette er uttrykt gjennom variablene i gruppe A. I oversikten nedenfor har vi trukket fram de undervisningsaktivitetene som framstår med sterkest samvariasjon med prestasjoner. I tillegg til de vanlige korrelasjonene har vi i parentes gitt de partielle korrelasjonene, altså korrigerert for hjemmebakgrunn. Og på mange måter kan vi oppfatte disse som den beste indikasjonen på hvor «godt» undervisningen har fungert for alle de aktuelle elevene når det gjelder å løse teoretiske oppgaver av TIMSS-typen. Men igjen må vi minne om at vi ikke har påvist enkle *kausale* sammenhenger.

### *Positiv sammenheng med prestasjoner:*

- Elever regner oppgaver hver for seg: 0,14 (0,11)
- Elevene løser oppgaver med formler: 0,15 (0,13)
- Lærer gjennomgår hjemmearbeid: 0,08 (0,10)

### *Negativ sammenheng med prestasjoner:*

- Planlegging av eksperimenter: -0,14 (-0,11)
- Hyppighet av prøver: -0,12 (-0,06)
- Lærer demonstrerer med datamaskin: -0,10 (-0,10)
- Lærer demonstrerer eksperiment: -0,08 (-0,04)

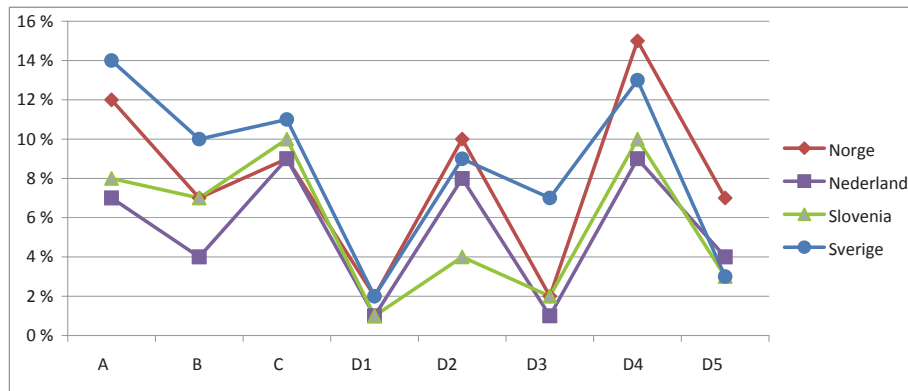
Riktignok er alle korrelasjonskoeffisientene her lave, men det er likevel signifikante sammenhenger, og disse framstår her som nokså robuste funn. Når det gjelder at den mest hyppige arbeidsformen, at læreren gjennomgår fagstoff, ikke korrelerer signifikant positivt her, må dette ses i sammenheng med at arbeidsformen skjer i så stor grad i alle klasserom, og at det derfor blir liten variasjon. Et tydelig trekk, også på tvers av land, er ellers at stor vekt på

eksperimenter i fysikkundervisning henger negativt sammen med fysikkskår. Men det er viktig å peke på at fysikktesten ikke inneholdt oppgaver av rent praktisk art. Det er også viktig å minne om at eksperimentelle aspekter skal ivaretas i henhold til læreplanen, og at formålet ved dette er langt fra primært å være knyttet til å fremme bedre prestasjoner på teoretiske prøver. Videre kommentarer angående ulike undervisningsformer vil vi komme tilbake til i diskusjonen i avslutningskapitlet.

Variablene i gruppe D er delt i fem undergrupper, D1–D5, og det er vist i tabellen hvor mye hver av disse gruppene kan forklare hver for seg. Når det gjelder hvilke grunner til valg av fysikkfaget elevene oppgir (D1–D4), betyr det lite hvor mye vekt de har lagt på påvirkning fra andre (D1) og/eller instrumentelle grunner, altså at fysikkfaget skal brukes til å få en god jobb (D3). Men bidragene fra disse faktorene er likevel interessante ved at de tydelig går hver sin vei. Elever som er instrumentelt motiverte for å velge fysikk, tenderer i hvert fall til å skåre over middels, mens de som er tydelig påvirket, eller kanskje til og med overtalt, av andre til å velge faget, tenderer til å prestere dårligere. Betydelige positive sammenhenger fra variablene i gruppe D2 og D4 bærer bud om en tendens til at flinke fysikkelever kjennetegnes ved at de har valgt faget på grunn av interesse og/eller framstår med positiv selvoppfatning i faget. Disse forholdene er nettopp hva man ville forvente, og vi ser at det forklarer en betydelig del av variansen i prestasjoner i alle landene.

Figur 11.1 viser en sammenlikning med andre land når det gjelder forklart varians for grupper av variabler. Figuren viser at det er betydelige fellestrekk når det gjelder hva som forklarer mye av variansen i skår. For de fleste av variabelgruppene kan forholdsvis mye av prestasjonene i Norge og Sverige forklares sammenliknet med de andre landene. Totalt gir dette den relativt høye andelen på 42 og 41 prosent som *alle* variablene til sammen kan forklare for disse to landene (tabell 11.2).

## 11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?



Figur 11.1 Hvor mye av variansen i fysikkskår som hver av variabelgruppene kan forklare i ulike land

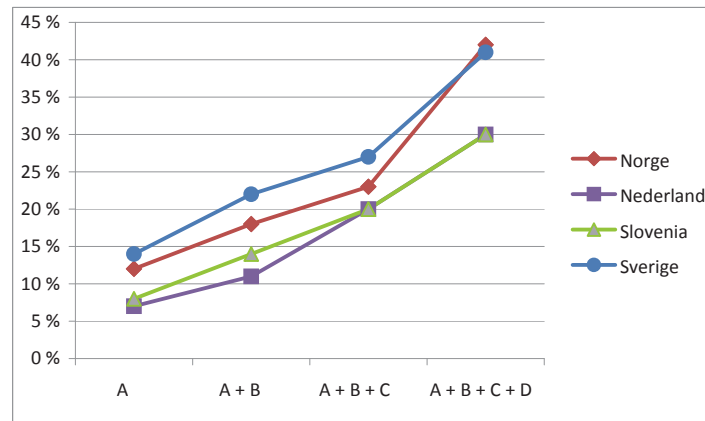
Det kan for øvrig nevnes at av de andre deltakerlandene framstår Iran med data som likner forbløffende på situasjonen for Norge og Sverige, og til sammen kan også litt over 40 % av variansen forklares. I Armenia og Italia, derimot, kan en mye mindre andel av variansen i skår forklares, bare rundt 20 %, mens Russland står i en mellomstilling.

### 11.2.2 Kumulative forklaringsmønstre

En annen måte å se disse sammenhengene på er å fokusere på hvor mye forklart varians øker for hver nye gruppe som trekkes inn. Det betyr å fokusere på de radene i tabell 11.2 som er merket med A, A + B, A + B + C og A + B + C + D. Det ligger i sakens natur at forklaringskraften nødvendigvis må øke for hver gruppe av variabler vi tar med, og vi vil nå se på hvordan dette kumulative bildet blir for vårt land sammenliknet med andre. Vi minner her igjen om at tegnet «+» ikke betyr en enkel sum av bidragene fra hver gruppe, men snarere hvor mye de nevnte gruppene til sammen kan forklare av variansen i fysikkskår. Hvordan forklart varians øker for hvert tillegg, er illustrert grafisk i figur 11.2. Som hovedtendens er kurvene for hvert av landene nokså like. Men noen forskjeller kommer også fram.

En viktig lærdom fra tilsvarende analyser for *hele* elevkullet har vi fra PISA 2006, nemlig at vårt land langt fra markerer seg ved at elevenes hjemmekategori betyr spesielt mye for faglige resultater (Kjærnsli et al., 2007). Likevel ser vi altså her at norske og svenske fysikkelevs fysikkresultater i forholdsvis stor grad lar seg forklare av hjemmekategori og andre variabler.

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 11.2 Økning i andel forklart varians i ulike land etter hvert som variabelgruppene A, B, C og D tas med

### 11.3 Hva kjennetegner skoler som skårer høyt?

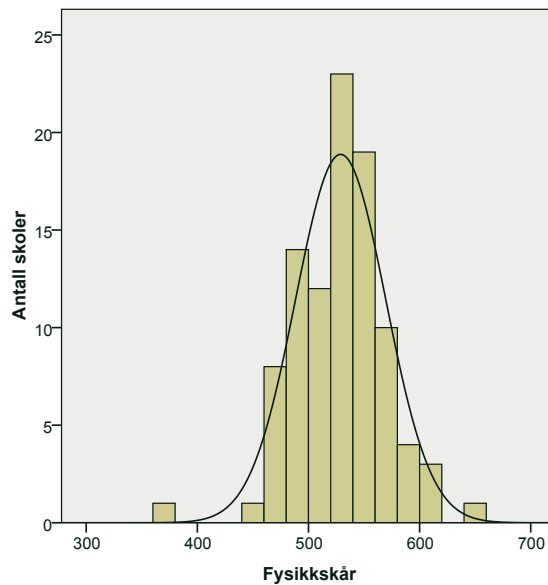
Vi vil nå studere data på skolenivå i Norge, og det gjelder både aggregerte data fra elevspørreskjemaet og lærerspørreskjemaet samt data fra skolespørreskjemaet. Det krever at vi først lager en omfattende fil på gruppe-/klassenivå med data for elever og disse elevenes fysikklærer, altså et datasett for hver av de 129 klassene, og deretter en aggregert datafil på skolenivå med alle de 101 skolene. For hver skole finnes da for det første alle variablene fra skolespørreskjemaet. I tillegg finnes gjennomsnittsverdier for skolens elever, og der det er mer enn én fysikklærer, gjennomsnittet for lærerne for variabler i spørreskjemaene. Vi kan da studere sammenhenger mellom elev-, lærer- og skolevariabler på skolenivå. Som overskriften indikerer, er vårt anliggende her å prøve å «forklare» hva som ligger bak de målte forskjellene mellom skoler når det gjelder testresultater i fysikk.

Vi må først presentere et rent teknisk forhold. Et åpenbart dilemma er hva som skal være analyseenheten. Et alternativ er å vekte disse skoledataene etter antall fysikkelever ved skolen. Men vi har valgt å tenke annerledes. Siden hver skoles svar på skolespørreskjemaet er gitt av én person, har vi valgt å gjennomføre denne analysen på skolenivå og la hver skole «telle» like mye. På den måten blir rektorenes «stemmer» likeverdige, og analysen blir litt mer lydhør for deres rapportering. (Men det er også gode argumenter for at vi her heller burde ha vektet skolene etter antall elever.)



## 11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?

Figur 11.3 framstiller fordelingen av skolers gjennomsnittresultater i Norge for 96 skoler. Her har vi fjernet 5 av de 101 skolene fordi det var under 6 elever, og da blir tilfeldighetene i gjennomsnittet så mye påvirket av få enkeltelever. Bortsett fra én skole med påfallende svakt resultat (alle åtte elevene lå på «lavt» nivå), framstår dataene som tilnærmet normalfordelt med et gjennomsnitt på 529 (med feilmargin på omtrent 7 poeng) og med standardavvik på 41 poeng. Det var riktignok ingen tegn til spesielle uregelmessigheter ved elevenes arbeid med besvarelsene av fysikkoppgavene på denne spesielle skolen, bortsett fra svært svake prestasjoner. For øvrig vil vi bemerke at skole spørreskjemaet ikke ble besvart fra denne skolen. Vi velger i det følgende å se bort fra denne skolen. Vi vil også (under noe mer tvil) i det følgende se bort fra den skolen som framstår som en eksemplarisk *outlier* med prestasjoner langt over de andre skolene. Ved å fjerne denne skolen fra analysen oppnår vi at de sammenhengene som er funnet, ikke i altfor stor grad avhenger av hva rektor og den ene læreren svarer på spørreskjemaet.



Figur 11.3 Histogram over prestasjoner på skolenivå i Norge ( $N = 96$ )

Vi spør nå: Hva kjennetegner en skole som skårer høyt i fysikk? Og her mener vi hvilke variabler som korrelerer signifikant med skolenes prestasjoner. Tabell 11.3 gir en samlet informasjon om de få variablene som hver for seg

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

korrelerer signifikant med prestasjoner på skolenivå for i alt 94 skoler. Vi har her sett bort fra de fem veldig små skolene, og vi har også sett bort fra de to skolene som er omtalt ovenfor, idet vi oppfatter disse skolene som *outliers* og ikke ønsker at deres resultater skal påvirke korrelasjonene altfor mye.

Det er verdt å peke på at det i alt er svært mange spørsmål som i og for seg kunne være kandidater til å forklare forskjellene mellom skoler. Det dreier seg i alt om rundt 80 spørsmål til elevene, ca. 150 spørsmål til lærerne, og ca. 90 spørsmål til skoleledelsen, altså over 300 til sammen. I lys av det høye antallet er det litt forbausende at såpass få spørsmål har noen forklaringskraft på skolenivå. Når det gjelder elevnivået, må vi imidlertid huske at mange flere spørsmål enn de som er vist i tabellen, korrelerer signifikant med fysikkskår på *elevnivå* (se spesielt kapittel 7 og 9).

Tabell 11.3 Oversikt over alle variablene som korrelerer signifikant med gjennomsnittlig fysikkskår på skolenivå (Alle variablene på lærer- eller elevnivå er aggregert som gjennomsnittsverdier på skolenivå.)

Variabelnivå	Variabel	Korrelasjon med skår	Signifikante genuine bidrag*	Forklart varians av genuine bidrag
Skole	Prosentandel på skolen som tar 3MX	0,22	X	4 %
	Om lærerne har tilgjengelig assistanse under elevforsøk	0,21	(X)	
Lærer	Antall år lærer har undervist i fysikk	0,17	(X)	6 %
	Følelse av begrensninger på undervisningen pga. elevenes ulike forutsetninger	-0,22		
	Følelse av begrensninger på undervisningen pga. for lite opplæring i bruk av datamaskiner	0,18		
	Hvor mye av tiden som er blitt brukt til å undervise i stoff utenom opplistede emner i rammeverket for TIMSS Advanced	-0,23		
	Prøvene inneholder ofte oppgaver som krever forklaringer eller begrunnelser.	0,28	(X) Y	

## 11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?

Elev	Antall bøker hjemme	0,30	X Y	22 %
	Ukentlig tid brukt på betalt jobb	-0,34	X Y	
	Hyppighet av elevenes gruppearbeid	-0,21	X	
	Hyppighet av lærernes gjennomgang av hjemmearbeid	0,20	Y	

\* X betyr at variabelen har en signifikant partiell korrelasjon ( $p < 0,05$ ) på hvert variabelnivå for seg, når vi kontrollerer for alle de andre variablene på samme nivå. (X) står for «nesten signifikant» ( $p < 0,10$ ). Y betyr et signifikant bidrag når alle de andre variablene i hele tabellen er inkludert og kontrollert for.

Når vi skal fortolke tabell 11.3, er det mange viktige forbehold å ha i tankene. For det første er det få skoler ( $N = 94$ ), og hvor vi valgte å sette grensen for «akseptabel størrelse» på skoler, er litt tilfeldig og vil selvfølgelig påvirke størrelsen på korrelasjonskoeffisientene. For det andre kreves det en betydelig korrelasjon for å framstå som «signifikante» i betydningen signifikant forskjellig fra 0. Men strengt tatt burde vi ha stilt strengere krav til signifikans enn vi har gjort her. Når vi opererer med et signifikansnivå på  $p = 0,05$ , tar vi altså høyde for at ca. 5 % av korrelasjonskoeffisientene kan framstå som «signifikante» av ren tilfeldighet i utvalget av skoler uten å speile tilstanden for hele populasjonen. Når vi har undersøkt i alt over 300 variabler, vil man derfor vente at noen slike «signifikante» funn vil være «falske». I vårt tilfelle er det viktig at vi tar dette forbeholdet med i fortolkningen der noen funn er vanskelige å forstå.

Ved en fortolkning av resultatene er det også viktig å huske på at de variablene som markerer seg med å forklare mye av variansen, ikke nødvendigvis er de «viktigste» for en skole når det gjelder å skåre høyt. Forklart varians forteller nettopp det: «forklaring» av forskjeller mellom skoler. Men faktorer som er felles for alle skolene, og derfor ikke kan forklare noe av *forskjellene*, kan selvsagt være like «viktige» i en større sammenheng. Disse kan man for eksempel komme på sporet av ved å sammenlikne med andre land.

Tabell 11.3 er for det første basert på beregninger av korrelasjoner mellom fysikkskår og alle aktuelle (over 300) variabler. Bare variabler med signifikante korrelasjoner er ført opp i tabellen, og størrelsen av korrelasjonskoeffisientene er gitt i kolonne 3 fra venstre. Deretter er det gjennomført en analyse av partielle korrelasjoner for hver av de tre gruppene av variabler for seg. Slik kan vi finne hvilke av variablene i hver gruppe som har et *genuint*

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

signifikant bidrag til forklart varians. Dette er variabler som bidrar signifikant også når vi holder alle de andre variablene i gruppen konstant. Variabler som oppfyller dette, er merket med en X (evt i parentes) i kolonne 4 fra venstre, og kolonnen lengst til høyre viser hvor mye av variansen i fysikkprestasjonene disse variablene kan forklare. De enkeltvariablene som markerer seg med signifikante partielle korrelasjoner når alle andre variabler i hele tabellen er kontrollert for, er merket med en Y i samme kolonne.

Tydeligvis er det svært lite av skoleprestasjonene som kan forklares av variablene fra skole spørreskjemaet. Skole spørreskjemaet klarer i liten grad å fange opp faktorer ved skolen innen ressurser, organisasjon og ledelse som synes å påvirke skoleresultater. Nå er ikke dette en ukjent situasjon i skoleforskningen. Tilsvarende situasjon er beskrevet både nasjonalt og internasjonalt (Imsen, 2003; Kjærnsli et al., 2007; Martin et al., 2000; Møller, 2006).

Av elevvariabler er det flere av de samme faktorene som korrelerer høyt med skår på skolenivå (tabell 11.3), som også korrelerer høyt på elevnivå (tabell 11.2). Men noen få karakteristiske forskjeller skal nevnes her. For det første synes det som om elevbakgrunnsfaktorene spiller sterkere inn på skolenivå enn på elevnivå, idet de forklarer mer av variansen i skår. Antall bøker i hjemmet er typisk i så måte.

Spesielt mener vi det er grunn til å trekke fram at skoler som skårer høyt i fysikk, kjennetegnes særlig av følgende:

- Elevene bruker ikke mye tid på betalt jobb.
- Det brukes tid i timene på å gjennomgå hjemmearbeid (lekser).
- Det brukes tilsvarende lite tid på elevenes gruppevis samarbeid med oppgaver.
- Fysikkprøvene inneholder betydelige utfordringer av typen forklaringer og begrunnelser.
- Fysikklærerne er erfarne.

Etter vår mening sender funnene som er beskrevet i dette kapitlet, ut et viktig budskap om situasjonen for læring av fysikk og i videre forstand situasjonen i skolen mer generelt. I stedet for å gjennomføre en videre tolkning av disse resultatene lar vi dette inngå i en samlet og bredere diskusjon av fysikkresultatene fra TIMSS Advanced i neste kapittel, som er det siste.

## 12 Oppsummering og diskusjon

I dette avsluttende kapitlet vil vi først gi en punktvis oppsummering av de viktigste funnene som er presentert i boka. Til slutt vil vi sammenfatte alle funnene i en noe mer helhetlig diskusjon, der vi også vil trekke inn funn fra andre undersøkelser.

### 12.1 Oppsummering av funn

#### Kapittel 2 Rammeverket

- Rammeverket i TIMSS Advanced passer godt til den norske læreplanen i fysikk, hvis vi ser bort fra at testen ikke inneholder praktisk arbeid.
- Oppgaveutvalget og vanskegraden har god forankring i den norske læreplanen og det som dekkes av undervisningen i norsk skole.
- Fysikktesten passer bra til den intenderte læreplanen og hva som er dekket i undervisningen i alle deltakerlandene.

#### Kapittel 3 Design, instrumentene og gjennomføringen

- Testen inneholder oppgaver med god spredning av vanskegrad, andel riktige svar varierer fra ca. 10 prosent til over 90 prosent for norske elever.
- Alle dataene i TIMSS er kvalitetssikret og fremstår med høy fagdidaktisk og teknisk kvalitet. Blant annet er alle oppgavene prøvet ut på forhånd og vist seg å fungere godt teknisk sett i alle deltakerlandene.
- Ni land gjennomførte fysikktesten i TIMSS Advanced, og alle med rimelig høy prosentvis deltakelse. Vi har spesielt valgt å sammenlikne vårt land med Sverige, Nederland og Slovenia.

#### Kapittel 4 Hovedresultater i fysikk

- Norske elever skårer godt over gjennomsnittlig på fysikktesten. Bare Nederland skårer signifikant høyere, men de nederlandske elevene utgjør en betydelig lavere andel av årskullet enn norske (og svenske) elever.
- I Norge og særlig Sverige er det en kraftig tilbakegang i prestasjoner sammenliknet med TIMSS 1995. Samtidig er «fysikkspesialistene» blitt færre.
- I Norge er prosentandelen av hele årskullet på minst *Høyt kompetansenivå* omtrent halvert siden 1995. I Sverige er det enda verre, der er andelen redusert til omtrent tredelen av hva det var.
- Så godt som hver eneste av oppgavene som er brukt på nytt, viser en nedgang fra 1995 til 2008 når det gjelder andel riktige svar i Norge.
- I Norge er andelen av årskullet som tar 3FY, 6,8 prosent. Det er en større andel enn i Nederland, men mindre enn i Sverige.
- Tar vi resultatet for de 3 prosent beste av årskullet i hvert land, framstår Slovenia og Norge som bedre - og Sverige som ikke mye dårligere - enn Nederland.
- Andelen av fysikkelevne som når minst *Høyt kompetansenivå*, er størst i Nederland (73 prosent), etterfulgt av Slovenia, Russland og Norge (alle litt over 40 prosent).
- Jenteandelen blant de som tar 3FY i Norge, er 29 prosent, litt høyere enn i 1995 (26 prosent).
- Guttene skårer signifikant høyere enn jentene i fem av landene, deriblant Norge. I de resterende fire landene er det ikke signifikante forskjeller. I Norge er differensen i testskår 24 poeng, og dette utgjør 30 prosent av et standardavvik.
- Både i Norge og i Sverige har kjønnsforskjellene i prestasjoner gått sterkt ned fra 1995. Det skyldes at guttene skårer mye dårligere, ikke at jentene skårer bedre.
- De norske jentene rapporterer bedre terminkarakterer i 3FY enn guttene, men for samme karakter i 3FY skårer guttene betydelig og signifikant høyere enn jentene i TIMSS Advanced.

#### Kapittel 5 Resultater etter kategorier

- Nederlandske elever skårer klart best totalt og er gjennomgående best på alle fagområdene.

- Norske elever skårer relativt sett best på fagområdene *Mekanikk* og *Atom- og kjernefysikk* og dårligst på *Varme og temperatur*.
- På oppgaver som krever resonnering, skårer guttene betydelig høyere enn jentene i Norge.
- Guttene skårer spesielt bedre enn jentene på oppgaver innen de to emnene *Mekanikk* og *Varme og temperatur*, mens jentene ikke skårer så mye svakere enn guttene på de to områdene *Elektrisitet og magnetisme* samt *Atom- og kjernefysikk*.

### Kapittel 6 Enkeltoppgavene

- Norske elevers prestasjoner i forhold til i andre land varierer mye fra oppgave til oppgave.
- Matematiske utfordringer, og spesielt algebraiske manipulasjoner, framstår som spesielt vanskelig for norske elever i flere av oppgavene.
- Usikkerhetsoverslag framstår som nokså ukjent for norske elever.
- Norske elever svarer spesielt svakt, og betydelig dårligere enn i 1995, på typiske 2FY-oppgaver, f. eks. elektriske kretser og varmelære. Kompetansen i disse emnene synes altså i liten grad å være holdt ved like i løpet av 3FY.

### Kapittel 7 Sammenheng med bakgrunnsfaktorer

- Elevenes hjemmebakgrunn, målt ved antall bøker hjemme eller foreldrenes utdanning, viser en klar positiv sammenheng med prestasjoner i alle landene. I Norge er det elevgruppen med færrest bøker hjemme som viser størst nedgang i fysikkprestasjoner sammenliknet med 1995, noe som tyder på at sosio-kulturell bakgrunn betyr mer enn før.
- Hjemmets «kulturelle kapital» (målt som antall bøker) kan i mye større grad enn økonomi i form av fint hus og flere biler forklare prestasjonsforskjeller blant fysikkelevne.
- Elever som alltid snakker norsk hjemme, skårer høyere enn de som ikke gjør det. Også i forhold til innvandringsstatus skårer majoritets elever betydelig høyere på fysikktesten enn minoritets elever.
- Elever som daglig bruker mye tid på å være sammen med venner, ulike fritidsaktiviteter eller på betalt jobb, skårer dårligere enn andre. Særlig gjelder dette betalt jobb.

## Kapittel 8 Fysikkundervisningen

- Det dominerende trekket ved en typisk norsk fysikktime er at læreren gjennomgår faglig stoff, og at elevene arbeider med oppgaver på egen hånd.
- Gjennomsnittresultatet i de norske klassene der det forholdsvis ofte gjennomgås lekser/hjemmearbeid, er bedre enn i andre klasser.
- I norske klasserom er det forholdsvis sjelden at læreren demonstrerer et eksperiment eller viser et eksperiment på en datamaskin. Svenske lærere bruker betydelig mer tid på å demonstrere eksperimenter.
- Norske lærere fremhever to faktorer som de mener setter særlige begrensninger på sin fysikkundervisning: elevenes ulike evner, og mangel på utstyr til demonstrasjoner og andre aktiviteter.
- I forbindelse med elevøvelser får de norske elevene i stor grad forklart av læreren hva de skal gjøre, eller de følger ferdige beskrivelser.
- Norske elever, i likhet med svenske og nederlandske, bruker kalkulator mye, og de bruker de mest avanserte kalkulatorene (grafiske eller symboliske) i mye større grad enn elever i de andre landene.
- Elevene i alle landene bruker i liten grad datamaskin i fysikktimene.
- Innslag av praktiske oppgaver eller laboratoriearbeid i forbindelse med prøver er ikke særlig utbredt i Norge, mens dette er noe mer utbredt i Sverige. I Nederland og Slovenia foregår det en god del praktisk arbeid i forbindelse med prøver.
- I alle fire landene brukes i stor grad oppgaver basert på kunnskaper og forståelse i undervisningen og på prøver. utfordringer som å utvikle hypoteser og planlegge undersøkelser er så godt som helt fraværende i alle fire landene. Når det spesielt gjelder fysikkprøver, kreves det i Norge og Sverige i større grad enn i de to andre landene at elevene gir forklaringer og begrunnelser i sine besvarelser.
- Fysikklærerne i vårt land framstår med høy gjennomsnittsalder, noe som indikerer et stort problem når store lærergrupper går av med pensjon. En typisk norsk fysikklærer er en mann over 50 år, han har undervist lenge, han har utdanning på hovedfag/master-nivå og føler seg godt kvalifisert til å undervise fysikk, og han deltar i noen grad i etterutdanning, men da helst i faglige emner.



### Kapittel 9 Utdanningsplaner og grunner for valg av fysikk

- Når det gjelder fysikkelevens yrkespreferanser, prioriterer jentene helserelaterte fag betydelig høyere og ingeniørfag/tekniske fag betydelig lavere enn guttene gjør.
- Sammenliknet med 1995 er det betydelig flere av fysikkelevne som sikter seg inn på ingeniørfag, mens færre sikter seg inn på helsefag og IKT eller matematikk. Denne effekten er særlig merkbar blant jentene.
- De viktige grunnene til at elevene velger fysikk, er positiv holdning til faget og dets undervisningsmetoder og dessuten mulighetene faget gir når det gjelder yrkesvalg videre.
- Anbefalinger fra voksne eller påvirkninger fra andre elever når det gjelder å velge fysikkfaget, synes å bety lite for elevene. Det er grunn til å merke seg at de som sier at de *er* betydelig påvirket av andre til å velge faget, gjennomgående tenderer mot å skåre relativt lavt faglig.
- De aller fleste av elevene som tar 3FY, tar også 3MX og framstår som gruppe som de flinkeste på 3MX-kurset.

### Kapittel 10 Skoledata

- Når det gjelder skolen som fysikkelevne går på, framstår fravær og forsentkomming som mer problematisk i Norge og Sverige enn i de andre landene. Derimot beskrives bråk i klasserommet av rektorer som et mye mindre problem.
- Norske skoler framstår i et internasjonalt perspektiv som trygge, med lite hærverk, tyverier og trusler.
- Foreldrenes støtte til elevenes skolearbeid er forholdsvis lav i Norge. Engasjementet deres i ulike skoleaktiviteter er også forholdsvis lavt her i landet.
- Så mye som 30 prosent av norske rektorer rapporterer at de har opplevd vanskeligheter med å rekruttere kvalifiserte nye fysikklærere.
- Norske fysikklærere blir i liten grad, og sjeldnere enn i andre land, evaluert gjennom observasjon av rektor/inspektør.
- Sammenliknet med andre land bruker rektorer i Norge (og i Sverige) lite tid på ulike former for pedagogisk ledelse direkte relevant for undervisningen, mens de bruker mer av sin tid på ren administrasjon.

### Kapittel 11 Hvor mye av prestasjonene kan vi «forklare»?

- Variasjoner (variansen) i elevenes fysikkprestasjoner kan deles opp slik: 25 prosent kan tilskrives forskjeller mellom skoler, 3 prosent forskjeller mellom grupper/klasser på samme skole, og resten, 72 prosent, tilskrives elever i samme gruppe/klasse. Internasjonalt framstår forskjellen mellom skoler som liten. Målt på denne måten er forskjellene mellom skoler likevel betydelig større enn det som er målt i PISA for grunnskolen (rundt 10 prosent).
- Elever som skårer høyt, kjennetegnes særlig ved å :
  - være gutt i den språklige majoritetsgruppen.
  - ha mange bøker hjemme og høyt utdannede foreldre.
  - ikke bruke for mye tid med venner eller betalt jobb utenom skolen.
  - ha positiv holdning til faget og undervisningen samt høy selvoppfatning i faget.
  - se fram til realfagrelatert utdanning og yrke.
- Skoler som skårer høyt, kjennetegnes i tillegg særlig ved at de har :
  - erfarne fysikklærere, som:
    - \* bruker tid på gjennomgang av hjemmearbeid (lekser).
    - \* i liten grad lar elevenes gruppevis samarbeide med oppgaver.
    - \* legger vekt på å gi elevene betydelige utfordringer av typen forklaringer og begrunnelser i sine besvarelser.
  - en skolekultur der elevene ikke har for omfattende betalt jobb utenom skolen.

### 12.2 Noen funn i matematikkdelen av TIMSS Advanced 2008

I det følgende har vi gjengitt deler av innledningen om matematikk i en kortrapport som ble presentert ved lanseringen av TIMSS Advanced i desember 2009 (Grønmo et al., 2009).

Det er en klar tilbakegang i de norske matematikkprestasjonene fra 1998 til 2008. De norske 3MX-elevene presterer svakere enn elever i de fleste land det er naturlig å sammenlikne med. Unntaket er Sverige, som har en enda større tilbakegang i prestasjoner fra den forrige studien, og hvor gjennomsnittsskåren for prestasjoner ligger under den norske. Likevel er det likheten mellom de norske og de svenske resultatene som ofte framstår som slående. Det gjelder blant

annet elevenes prestasjoner og mye bruk av kalkulator i undervisningen. Nedgangen i prestasjoner i matematikk hos norske og svenske elever fra 1995/1998 samsvarer med resultater fra TIMSS-undersøkelser av elever i grunnskolen (Grønmo & Onstad, 2009).

(...)

Norske lærere i 3MX har en høy kompetanse i matematikk, men de utmerker seg også internasjonalt med høy alder. Over 36 % av 3MX-lærerne er 60 år eller mer, like mange er mellom 50 og 59 år. Det reiser med full tyngde problematikken om hvem som skal overta når disse pensjonerer seg.

Det er urovekkende at en mindre andel av årskullet valgte 3MX i 2008 enn i 1998, særlig på bakgrunn av en del satsninger på økt rekruttering. 38 % av elevene i 3MX er jenter, hvorav 30 % tar sikte på videre studier innen helsefag. Guttene i 3MX tar som oftest sikte på ingeniørutdanninger. Når man vet at en hovedgrunn til frafallet i ingeniørutdanningene er svake forkunnskaper i matematikk ([www.nokut.no](http://www.nokut.no)), er norske 3MX-elevens svake faglige prestasjoner i TIMSS Advanced et tankekors.

### 12.3 Diskusjon

#### 12.3.1 En fortolkning som ikke direkte følger av dataene

Vi er kommet til veis ende med å presentere undersøkelsen og viktige resultater fra den, og det er tid for å prøve å sette funnene inn i en større sammenheng. Her tenker vi på perspektiver som: Hvilke faktorer ligger bak disse resultatene, hvordan forholder våre funn seg til uttalte mål for norsk skole, hvordan kan vi tolke årsaker og konsekvenser, og hvilke grep anbefaler vi myndighetene å ta i den forbindelse? Dette skal vi forsøke å gi noen svar på, men da må vi ta noen uttrykkelige forbehold som på en måte burde være selvsagte, men som det likevel er viktig å presisere.

Når vi trekker tråder fra dataene selv for å søke å sette opp et mer helhetlig bilde av situasjonen, kan vi bare gjøre det ut fra en bred kjennskap til situasjonen i norsk skole. Og en slik kjennskap er naturligvis subjektiv, fordi den avhenger av hva slags informasjon i form av praktiske erfaringer,

samtaler og lesning av forskningsrapporter så vel som avisinnlegg. Her vil vi for øvrig legge til at vi i dette kapitlet også vil henvise til noen funn fra matematikkdelen av TIMSS Advanced, og noen av disse er oppsummert ovenfor. Kort sagt, ingen kan kun på basis av data fra TIMSS Advanced 2008 gi en utfyllende og entydig statusrapport om fysikkundervisningen i norsk skole. Og videre gjelder at selv om vi ser mange sammenhenger mellom ulike variabler, og spesielt tenker vi her på korrelasjoner mellom elevenes skår på fysikktesten og andre variabler, kan vi ikke direkte fortolke disse som kausale. Det kan ofte være at samvariasjon mellom to variabler skyldes at begge korrelerer høyt med en tredje variabel. Og selv der det kanskje i hovedsak synes å være en kausal sammenheng, kan vi ofte ikke en gang vite hva som er årsak og hva som er virkning.

Vi legger altså vekt på at vi i det følgende skal presentere noen hovedfunn og våre fortolkninger av og anbefalinger ut fra disse, uten at vi derved gjør krav på at de representerer de *eneste logiske* fortolkningene og anbefalingene. Men de er altså våre. I denne sammenhengen er det verdt å minne om at våre funn og fortolkninger er basert på det omfattende datamaterialet som er tilgjengelig i TIMSS Advanced. Og når vi har presisert dette, så er det lettere å bruke et tydelig språk. Det betyr også at vi med stor interesse imøteser andre fortolkninger og anbefalinger på bakgrunn av de samme dataene.

Et annet forhold er vel verdt å trekke fram. Initiativet til hele studien TIMSS Advanced kom faktisk fra norske skolemyndigheter. Det var et sterkt norsk ønske at undersøkelsen fra 1995 skulle følges opp med en ny runde, der et viktig formål skulle være å kunne gi pålitelige trendmål tilbake til 1995. Det har vært mange internasjonale undersøkelser for yngre elever, både i regi av IEA (TIMSS og PIRLS) og OECD (PISA). Nå har vi for første gang kunnet sammenlikne norske elevers kompetanse over tid også i videregående skole. Og vel å merke, veldig tydelig fokus har vært på trendmål med høy kvalitet.

### 12.3.2 Kvalitet i alle ledd gir pålitelige data

Vi har i denne boka beskrevet mange sider ved selve undersøkelsen: rammeverket, oppgaveutviklingen, deltakelse og gjennomføringen på skolene, databehandling og kvalitetssikring. Det er utgitt en detaljert internasjonal teknisk rapport som dokumenterer nettopp dette (Arora et al., 2009). «It's not enough to be good, you must prove you're good» står som et motto for slike studier.

Ut fra inngående kjennskap til alle ledd i TIMSS Advanced 2008 mener vi at det er all grunn til å ta resultatene alvorlig. Dette betyr selvsagt ikke at kritikk er uønsket. Det er alltid rom for forbedringer, særlig når det gjelder spørsmålsformuleringer i oppgaver og spørreskjemaer. Men vi håper at resultatene som er framlagt her, framstår som både pålitelige og relevante og kan bidra til en konstruktiv debatt om mål og mening for fysikkundervisningen spesielt og realfagenes situasjon i skolen mer generelt. Etter vår mening burde det ikke være grunner til å tillegge resultatene liten betydning under henvisning til at målingen ikke er «god nok» av ulike grunner.

### 12.3.3 Fysikk i fritt fall?

Vi har i detalj 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 Norge er tilbakegangen på hele 47 poeng, noe som utgjør over et halvt standardavvik, og på praktisk talt alle trendoppgavene svarer norske elever dårligere enn de gjorde i 1995. Det store spørsmålet nå er selvsagt: Hva har skjedd?

La oss si det rett ut: Det generelle resultatet fra fysikktesten representerer en betydelig nedgang fra 1995. Det er lett å miste dette av syne, fordi norske elever tross alt skårer over gjennomsnittet og bedre enn de fleste andre deltakerlandene. I 1995 framsto fysikkfaget i videregående skole nærmest som et nasjonalt «flaggskip». Norske elever skåret best av alle landene (riktignok med ikke veldig høy prosentandel av årskullet). Vi skal imidlertid være klar over at gjennomsnittlig prosent riktig svar på alle oppgavene i 1995 heller ikke var høyere enn litt under 50 prosent for norske elever. Oppgavene, den gang som nå, framstår altså som vanskelige. I lys av de gode norske resultatene var det fristende å tolke resultatene fra TIMSS 1995 som et tegn på at det nesten kan være en fordel å kreve lite av barn i ung alder, så de kanskje bedre bevarer lærelysten til det blir mer alvor senere. Slike tanker kommer utvilsomt i et annet lys nå.

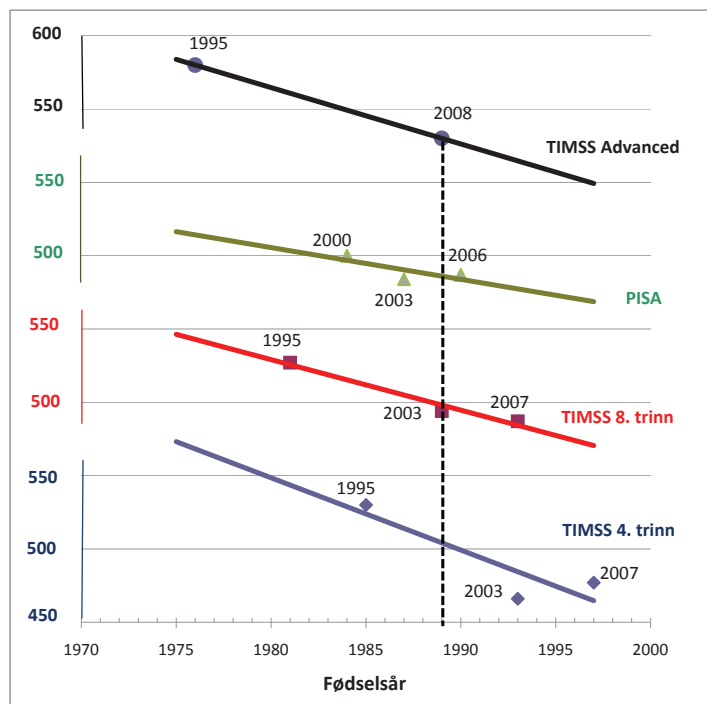
Nedgangen i fysikk-kompetanse er altså målt til omtrent 50 poeng langs den internasjonale skalaen, men vi må ta høyde for at det for dette tallet er en relativt stor feilmargin på over 10 poeng. Med et nasjonalt standardavvik på omtrent 80 poeng er altså nedgangen omtrent 60 prosent av et standardavvik, noe vi ofte beskriver som en *effektstørrelse* på 0,6. For å kunne forholde seg til hvor mye dette utgjør, vil vi vise til noen eksempler.

#### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

- Minoritets elever (ikke født i Norge) på 10. trinn skårer i PISA omtrent 60 poeng lavere i naturfag enn majoritets elevene, en forskjell som tilsvarer en effektstørrelse på 0,6.
- En forskjell på ett skoleår (samtidig med aldersøkning på ett år) i grunnskolen er i TIMSS 1995 vist typisk å utgjøre en effektstørrelse av størrelsesorden 0,3-0,4.
- Nedgangen for norske 15-åringer i perioden 2000-2006 er i PISA målt til størrelsesorden 20 poeng på alle tre fagområdene naturfag, matematikk og lesing, og med et standardavvik omkring 100 poeng utgjør det en effektstørrelse rundt 0,2.
- I PISA er de finske elevene beregnet til å skåre betydelig høyere enn vårt land, og denne forskjellen har vakt stor oppsikt, og her dreier det seg om en effektstørrelse på 0,8. Den norske nedgangen i fysikk er nesten like stor som dette.

Vi kan altså si at nedgangen i kompetanse for våre fysikkelever i løpet av 13 år litt grovt sagt kan sies å utgjøre nesten like mye som hvor mye Finland ligger «foran» Norge i PISA, og over dobbelt så mye som nedgangen i PISA i hvert av de tre fagene i perioden 2000-2006.

Det er naturlig her å trekke fram at matematikkundersøkelsen i TIMSS Advanced har registrert en omtrent like stor, eller litt større, nedgang i matematikk. Sett i sammenheng og i et stort perspektiv framstår det i alle disse studiene en konsistent og nokså jevn nedgang fra tidlig på 90-tallet til i dag for alle relevante kunnskapsmålinger som er gjort med høy kvalitet. Norske elever på tvers av fag og klassetrinn synes å ha blitt konsistent dårligere i alt vi kan sammenlikne, selv om det er «tegn til bedring» i resultatene i matematikk fra TIMSS 2007, særlig for de yngste (Grønmo & Onstad, 2009).



Figur 12.1 En tilrettelagt framstilling av trender for norske resultater i fire undersøkelser. Årstallet for hver undersøkelse er angitt. Hver studie har sin egen skala, men målestokken er den samme, idet avstanden mellom hver horisontale 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. Trenden er visualisert som rette linjer for en enkel sammenlikning. Årskullet født 1989 er markert med en vertikal stiplet linje.

En annen måte å se nedgangen på er å gå noen år tilbake, til 2003. Da 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. Ulike mål for kompetanse for representative utvalg av dette årskullet har vist en betydelig nedgang siden 1995. TIMSS 2003 gjaldt også elever på 4. trinn, i det alt vesentlige elever født i 1993. Det samme årskullet ble undersøkt i TIMSS 2007, og på denne måten kan vi lage oss en oversikt over kompetansen i naturfag målt for ulike årskull. Det samme kan vi gjøre for resultater fra PISA. Figur 12.1 presenterer en måte å knytte disse undersøkelsene visuelt sammen på. Gjennomsnittsverdier for hver studie (TIMSS Advanced, PISA og de to TIMSS-populasjonene) er fram-

stilt som funksjon av fødselsåret med sin egen skala. Målestokken er lik for alle undersøkelsene, idet avstanden mellom hver vannrette strek på figuren er 50 poeng, altså omtrent lik eller litt over et halvt norsk standardavvik.

Fra figur 12.1 kan vi se to tydelige tendenser. For det første er det en klar nedadgående tendens i alle studiene. Her kan vi legge til at en tilsvarende tendens også er målt for matematikk (PISA, TIMSS og TIMSS Advanced), og for lesing (PISA og PIRLS). Når det gjelder naturfag, er det selvfølgelig viktig at fysikk, som måles i vår undersøkelse, bare utgjør en del av naturfaget som er målt i de andre undersøkelsene. Her vil vi peke på at fysikk framsto som den svakeste delen av naturfaget for både 4. og 8. trinn i TIMSS 2007. Dermed 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 vi kan legge til: også i matematikk og i leseforståelse) 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.

For det andre og på den annen side er det tydelige tegn til at den markante nedgangen er i ferd med å stoppe opp fra og med elever født rundt 1990. Jo yngre elevene er, jo bedre framstår resultatene i PISA og TIMSS i forhold til trenden for eldre elever. Dette forholdet framstår definitivt som et positivt trekk, og enda mer positiv er denne tendensen når det gjelder matematikk, der det definitivt er «Tegn til bedring» (Grønmo & Onstad, 2009). Det er altså tydelige 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.

#### 12.3.4 Nedgang også i kvantitet

Som vi har sett, er nedgangen i elevenes kompetanse ledsaget av en nedgang også i andelen av årskullet som tar fysikkfaget til topps i skolen (PCI). I henhold til våre tall har denne prosentandelen gått ned fra 8,4 til 6,8 prosent. Og disse to forholdene til sammen betyr for eksempel at prosentandelen av hele årskullet som utgjør det vi kan kalle en kvalitetskilde for kommende



fysikere, er kraftig redusert i perioden. Denne nedgangen kan vi se i relasjon til Kunnskapsdepartementets uttalte mål for «Realfagsatsingen» om at halvparten av elevene på studieforberevende utdanningsprogram skal velge fysikk til topps innen 2009 (Kunnskapsdepartementet, 2006), noe som skulle svare til omtrent 12 prosent av årskullet. Våre tall fra 2008 er svært langt unna dette målet. Andelen av årskullet som går ut av videregående skole med fysikk-kompetanse på «høyt» eller «avansert» nivå er redusert fra 6 til 3 prosent, og andelen av virkelig avanserte elever (på «avansert nivå») er redusert fra 2,4 til 0,7 prosent.

### 12.3.5 «En vakker dag hun gutten når»?

Kjønnsforskjellene er noe jevnet ut, både når det gjelder prestasjoner og kjønnsfordelingen blant de som velger fysikkfaget til topps. Likevel er det grunn til bekymring. For å ta det siste først, så har jenteandelen på kurset 3FY riktignok økt fra 26 til 29 prosent i perioden, men dette er likevel svært langt unna det uttalte målet på 40 prosent innen 2009 (Kunnskapsdepartementet, 2006). Mange tiltak har vært prøvd (Kunnskapsdepartementet, 2006), men det synes veldig vanskelig å finne gode tiltak som virkelig monner. På ett viktig punkt ser vi en positiv utvikling, det har vært en markert økning blant jentene når det gjelder å ønske seg videre utdanning innen ingeniørfag.

Når det gjelder prestasjoner, er forskjellen i guttenes favør riktignok redusert i forhold til 1995. Men dette har skjedd ved at guttene har gått *mer tilbake* enn jentene, tilbakegangen har vært på henholdsvis 50 og 36 poeng. Det var vel ikke akkurat slik kjønnsforskjellene var tenkt å skulle jevnes ut? Og forskjellen i prestasjoner er fortsatt stor. Ut fra tallene fra TIMSS Advanced 2008 er det for eksempel slik at i den lille gruppen av norske elever som skårer på «avansert nivå», er det bare 15 prosent jenter.

Ser vi imidlertid på bildet internasjonalt, er det verdt å merke seg at det har skjedd en betydelig endring i jentenes favør jevnt over. I 1995 lå guttenes forsprang mellom 83 og 28 poeng blant 15 land, mens det i 2008 varierte fra 43 poeng i guttenes favør til 10 poeng i jentenes favør blant ni land.

Når det gjelder «real-fagsatsingen» (Kunnskapsdepartementet, 2006), er det grunn til å minne om at vi faktisk finner positive spor etter ulike rekrutteringstiltak på skolene spesielt rettet mot jentenes valg av fysikkfaget i skolen. Men på den annen side finner vi også spor etter at de elevene som markerer

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

at de er tydelig påvirket av andre i sitt valg av fysikk (elever, hjemmet, lærere eller skolen), skårer relativt dårlig (se 9.2.3).

Også et annet poeng som angår forskjellene mellom kjønn, fortjener oppmerksomhet. Det er på en måte et lite paradoks at guttene som gruppe skårer så mye høyere (rundt et halvt standardavvik) enn jentene i fysikk i TIMSS Advanced, mens (de samme) jentene faktisk rapporterer rundt 0,1 standardavvik bedre terminkarakterer i 3FY enn (de samme) guttene (se 4.4.2). Den samme effekten finner vi for øvrig i matematikk, om enn i mindre grad. Mens det ikke var signifikante kjønnsforskjeller i matematikkskår i TIMSS Advanced, fikk jentene signifikant bedre terminkarakterer i 3MX (ca. 12 prosent av et standardavvik). En naturlig fortolkning av dette forholdet mellom TIMSS Advanced-resultater og karakterer er at jentene får betalt for sitt jevne og mer solide arbeid med skolefagene i fysikk og matematikk.

#### 12.3.6 Grunnlaget fra naturfag i grunnskolen

Hittil har vi i stor grad diskutert fysikkelevenenes forhistorie, idet det synes som om hovedforklaringen til deres kraftige tilbakegang er å finne i deres forutsetninger fra grunnskolen. Når det gjelder fysikkfaget, er det imidlertid ikke så lett å forstå at litt svake kunnskaper i naturfag i grunnskolen (og eventuelt i naturfag på Vg1) kan bety *så* mye for læring i fysikk. Vi vet at fysikk/kjemidelen av naturfag er den delen der norske elever i grunnskolen skåret relativt svakest både i TIMSS 2003 og PISA 2006 (Grønmo et al., 2004; Kjærnsli et al., 2007). Denne tendensen var ikke like tydelig i 1995 (Lie, Kjærnsli & Brekke, 1997), så fysikk-kunnskapene har opplevd en litt større nedgang enn naturfag generelt. Og vi vet også at naturfaglærerne har en tendens til å legge lite vekt på fysikkdelen i naturfagundervisningen, et område der også lærerne har dårligst kompetanse. Men slik har det i stor grad vært tidligere også, og det er ikke så lett å se at denne svakheten skulle bety at «våre» elever hadde så mye dårligere forutsetninger for fysikkfaget enn elevene hadde tidlig på 90-tallet. På mange måter utgjør 2FY og 3FY 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.

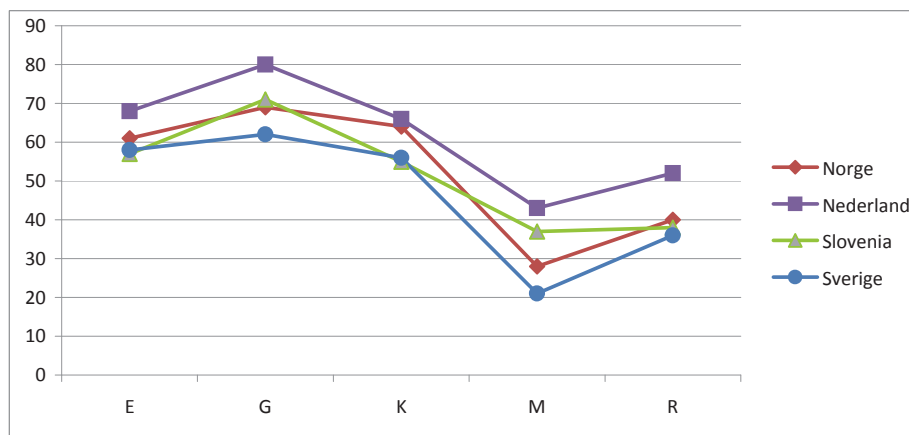
Selvsagt bygger likevel disse fysikk-kursene på noen viktige grunnleggende kunnskaper og ikke minst ferdigheter. Det vi i dag kaller *grunnleggende ferdigheter*, består blant annet av «lesing» og «regning», og det er ikke vanskelig å forstå at disse ferdighetene utgjør en viktig ballast for å lære fysikk. Leseferdighetene framstår som svake sett i et internasjonalt perspektiv (Kjærnsli et al., 2007; PIRLS, 2008).

Like viktig er nok matematikken. Det er åpenbart at matematiske begreper og matematisk innsikt spiller en viktig rolle for å forstå hva fysiske størrelser og lover egentlig innebærer. Abstrahering og manipulering med matematiske formler spiller en stor rolle i framstillingen av fysikkfaget i lærebøkene, og elevenes forståelse prøves i betydelig grad gjennom oppgaver der aritmetisk og algebraisk regneferdighet er avgjørende. Vi vil derfor se litt nærmere på dette.

### 12.3.7 Søkelys på matematiske forutsetninger

I vår gjennomgang av alle de frigitte oppgavene i kapittel 6 påviste vi flere steder at det synes å svikte når det gjelder elevenes helt grunnleggende ferdigheter i matematikk. Særlig på oppgaver som krever kombinasjoner av og manipulering med formler, er norske elever ille ute. For å se nærmere på dette har vi kategorisert oppgavene noe annerledes enn vi har gjort tidligere i denne boka. Figur 12.2 viser gjennomsnittlig svarprosent for Norge og referanselandene for disse nye kategoriene. Det er som det fremgår av figuren, oppgaver som krever ett-trinns resonnement (E), graftolkning (G) eller kjennskap (K) som fremstår som lettest for elevene. Kategorien kjennskap blir i denne sammenheng nesten identisk med det kognitive området *Kjennskap* (se kapittel 2), mens de andre kategoriene inneholder en blanding av *Anvendelse* og *Resonnering*. Det er altså på oppgaver som krever manipulering med formler at Norge sammen med Sverige skårer spesielt lavt i forhold til de andre landene.

### Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole



Figur 12.2 Svarprosent på ulike kategorier oppgaver. Kategoriene er:  
E: Ett trinns anvendelse/resonnering  
G: Tolke graf  
K: Kjennskap  
M: Manipulasjon, regneferdigheter og algebra  
R: Resonnering/anvendelse uten algebra

Men også når det gjelder tallregning med brøker, synes elevene å svikte selv på helt enkle beregninger. Uten tvil er de svekkete kunnskapene i matematikk en sterkt medvirkende årsak til de svake resultatene i fysikk. Vi minner om at nedgangen fra 1998 for matematikkens vedkommende i TIMSS Advanced er enda større enn for fysikk.

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.

Her kunne vi rett og slett nøyd oss med å henvise til den parallelle boka om matematikkdelen av TIMSS Advanced (Grønmo et al., 2010), der dette er grundig drøftet, men vi vil også her trekke fram på noen åpenbare forhold. Den økte bruken av kalkulator (til og med grafisk sådan) synes i en periode å

ha fortrenget den betydningen som tidligere har vært tillagt automatisering av grunnleggende aritmetiske regneferdigheter og algebraisk manipulering. Et stykke på vei er dette i våre dager ment å være rettet opp gjennom den sterke betoning av grunnleggende regneferdigheter på tvers av fag i Kunnskapsløftet. Men det er en hake ved det: Grunnleggende algebraiske ferdigheter er ikke en del av dette, siden algebra i det hele tatt ikke regnes for «grunnleggende» ferdighet i denne forstand. Konsekvensene av dette kan vise seg å bli tydelige for matematikkfaget i videregående skole. Og vi frykter, basert på analyse av elevenes svar på fysikkoppgavene, at svake algebraiske ferdigheter fortsatt vil utgjøre et stort problem også for fysikkfaget.

### 12.3.8 Hvilke forhold har endret seg i fysikkundervisningen fra 1995?

Vi har ovenfor pekt på at nedgangen som er målt i TIMSS Advanced i og for seg er «naturlig» ut fra resultater fra andre kunnskapsmålinger (PISA og TIMSS). Også fra mange lærere har det i flere år kommet hjertesukk over hvor svake realfagkunnskaper elever flest begynner med på videregående skole. Og andre røster har stadig hevdet at mange av elevene også har møtt kursene 2MX og 2FY med svakere bakgrunn enn «før». Vi har ikke data som kan fortelle oss noe om dette, ut over det vi har diskutert om grunnskolen tidligere.

Vi står altså overfor denne utfordringen: Grunnlaget fra grunnskolen for det aktuelle elevkullet er påvist å være betydelig dårligere både i naturfag og matematikk. Av disse to fagene har vi argumentert med at nedgangen i matematikk kanskje er mest problematisk, siden fysikkinnholdet, særlig i kurset 3FY, for det meste er kvantitativt presentert og behandlet. Hvor mye av nedgangen kan forklares med dette, og hvilke forklaringer kan vi finne i våre egne data? Med andre ord: Hvilke endringer i undervisning og andre forhold ved skolefysikken, elever og lærere peker seg ut som mulige forklaringer i tillegg til svekkete faglige forutsetninger fra tidligere skoleår?

Hvis vi først prøver å se på de store linjene og mulige endringer fra 1995 til 2008, vil vi si at i hovedsak er det små endringer. Vi fikk riktignok en ny læreplan i forbindelse med R94, men endringene var nesten bare kosmetiske når det gjelder faglig innhold. Introduksjon av det som kalles målstyrte læreplaner (se kapittel 2) endret lite på det faktiske fysikkfaglige innholdet. Videre vil vi si at det i grove trekk er de «samme» lærerne. Det er først i de aller nærmeste årene at de store kullene med fysikklærere vil gå av. Dessuten er de godt utdannet og har lang erfaring som fysikklærere. Det er også de «samme»

## Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

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 et al., 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. Riktignok har vi ikke sammenliknbare data fra 1995, men i 2008 var det slik at av de elevene som tok 3MX, tok 54 % av dem *også* 3FY, og disse elevene skåret betydelig bedre både i TIMSS Advanced og i standpunkt-karakter i 3MX enn de som *ikke* tok 3FY. Forskjellen var så mye som en «halv karakter» og litt under et halvt standardavvik. Så våre 3FY-elever framstår som elever på høyt nivå i realfagene i forhold til andre elevgrupper.

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.

La oss nå se nærmere på undervisningsfaktorer som synes å kunne «forklare» gode prestasjoner, slik vi har beskrevet dette i kapitel 11 og delvis i kapitel 8. Vi har framhevet at gode prestasjoner synes å henge sammen med at elevene regner oppgaver på egen hånd og at det skjer hyppig tilbakemelding på skole- og hjemmearbeidet. Dessuten har vi påpekt at norske fysikklasserom er preget av at læreren hyppig gjennomgår faglig stoff. Dette bildet av fysikklasserommet passer godt med det som ble funnet i FUN-prosjektet fra 2000 (Angell et al., 2003). Elevene og lærerne var ganske enige om hva som foregikk i timene (med noen få unntak), og både lærere og elever var stort sett fornøyd med undervisningssituasjonen. Sånn sett ser det ut til at fysikkfaget fungerer godt for både lærerne som underviser, og de elevene som har valgt faget.

Men dette er neppe noe nytt. Vi tror at fysikklærere i lang tid har spilt en sentral rolle i klasserommet. Kan det da være at læreren har fått en mindre sentral rolle i løpet av det siste tiåret? Altså at det i en del klasserom *ikke* er slik at læreren bruker mye tid på gjennomganger og liknende. Vi har ikke holdepunkter for at det er tilfellet, selv om vi kan forestille oss at mer tverrfaglige prosjektarbeid og større fellesarrangementer på skolene i noen grad kan tenkes å ta oppmerksomheten bort fra de spesifikt faglige momentene ifølge de ulike fagenes egenart. I alle fall var det slik at i R94-læreplanene finner vi følgende formulering om prosjektarbeid: *"I løpet av skoleåret skal alle elever gjennomføre ett eller flere prosjektarbeider. Så langt det er mulig, bør*

*minst ett prosjektarbeid være tverrfaglig*" (Utdanningsdirektoratet, 1996). Det er imidlertid vanskelig å se i våre data at tverrfaglig gruppearbeid har spilt noen viktig rolle i fysikkundervisningen, bortsett fra eventuelt å "stjele" timer fra faget.

Vi har riktignok ikke TIMSS-data om det, men det er viktig her å peke på de såkalte «tidstyvene» som nylig er rapportert å være et økende problem i norsk skole. Ifølge *Tidsbruksutvalget* (Kunnskapsdepartementet, 2009) ønsker lærerne i grunnskolen i Norge å bruke mer av sin tid på undervisningsrelaterte oppgaver, faglig oppfølging av elevene, faglige møter og kompetanseutvikling. Av de oppgavene som tar for stor del av lærernes tid, framhever utvalget konfliktløsning, holde ro og orden og starte opp undervisningen, fellesmøter på skolen (ikke-faglige), dokumentasjon rundt enkeltelever, lokalt læreplanarbeid, oppfølging av og kontakt med enkeltelever, rapportering til skoleeier og skoleledelse, kontakt med foreldre/foresatte og kontakt med enkeltelever utenom undervisningen og praktiske oppgaver. Selv om Tidsbruksutvalgets rapport handler om grunnskolen, er det rimelig å anta at flere av disse momentene til en viss grad også gjelder for videregående skole.

### 12.3.9 Elevenes motivasjon og innsats

Etter at vi har diskutert mange mulige forklaringer på norske elevers svekkete kompetanse i fysikk, er turen kommet til elevenes rolle. Hvilke endringer kan vi særlig peke på i så henseende?

Vi har sett at gjennomgåelse av lekser har positiv sammenheng med prestasjoner. I kapittel 7 så vi at total tid til hjemmearbeid har gått mye ned fra 1995 til 2008. Vi har også sett på endringer av leksevaner i fysikk. Spørsmålene i spørreskjemaene fra 1995 og 2008 er dessverre ikke helt like, så vi kan ikke sammenlikne tallene direkte. I 2008 rapporterer elevene at de i gjennomsnitt gjorde fysikklekser i 1,6 timer per uke. Et noe grovt veiet gjennomsnitt av tallene fra 1995 gir oss litt over to timer fysikklekser per uke. Med andre ord kan vi spore en markert nedgang i tid brukt til lekser fra 1995 til 2008, og det kan være med på å forklare noe av tilbakegangen i prestasjoner.

Vi har videre sett at elever som skårer høyt, kjennetegnes av å ikke bruke for mye tid med venner eller betalt jobb utenom skolen. I 1995 svarte 52 prosent at de ikke hadde jobb utenom skolen, mens 48 prosent svarte det samme i 2008. Men det var litt flere i 1995 enn i 2008 som svarte at de jobbet mer enn to timer per dag. Det har altså skjedd bare en liten endring i perioden.

Det som imidlertid gir grunn til bekymring er at denne virksomheten i mye større grad enn i 1995 henger sammen med dårlige resultater. Vi påpekte i kapittel 7.3 at vi finner spor av at mye betalt arbeid innebærer at betydningen for prestasjoner av de sosiokulturelle forskjellene forsterkes.

Når det gjelder å være sammen med venner, har vi sett at mye tid brukt på dette korrelerer negativt med skår på testen. Vi har imidlertid ikke kunnet påvise noen særlig endring fra 1995 verken i omfang eller i korrelasjon med skår.

### 12.3.10 Allsidig fysikkundervisning

Resultatene fra denne undersøkelsen viser som sagt at det foregår mye av det vi vil kalle tradisjonell fysikkundervisning i norske klasserom. Med tradisjonell undervisning mener vi 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. Vi skal imidlertid huske på at denne undersøkelsen gjelder fysikkelever i 2008. Vi kan selvsagt ikke generalisere dette til andre fag eller årstrinn. 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.

Vi har også vist at prestasjonene i fysikk er betydelig svakere i 2008 enn i 1995. Dermed er det naturlig å stille spørsmålet om den undervisningen som foregår, er god eller effektiv nok. 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. Vi mener det er viktig at en i undervisningen framhever både kvantitative og kvalitative aspekter som grunnlag for god forståelse i fysikk.



Det har vært mye oppmerksomhet omkring eksamen, og ikke minst spørsmålet om hjelpemidler til eksamen. Etter Kunnskapsløftet er det fra 2009 innført todelt eksamen i fysikk, én del med alle mulig hjelpemidler og én del uten hjelpemidler. Sett i lys av våre betraktninger omkring elevenes svake kunnskaper i enkel regning og algebra, tror vi todelt eksamen vil kunne ha en positiv effekt. Det medfører at elevene i alle fall i noen grad må lære seg noen grunnleggende ferdigheter og at de må «kunne noe» uten å måtte slå opp i medbrakte hjelpemidler til eksamen. Vi tror dette vil hjelpe elevene til å fokusere mer på grunnleggende kunnskaper og ferdigheter i faget, og at det vil kunne hjelpe dem i sin forståelse av fysikk i vid forstand. Det er selvsagt besnærende at med vår moderne teknologi kan vi raskt og effektivt få svar på mange spørsmål. Men det må ikke forlede oss til å tro at det er det samme som at det ikke er nødvendig å sitte inne med konkrete kunnskaper. Det er ikke særlig effektivt «å gå tilbake til start» hver gang vi møter et nytt problem.

Som omtalt i kapittel 8, har det vært et stadig tilbakevendende spørsmål hvorfor fysikk oppfattes som så vanskelig. Vi har tro på at det er gjennom et mangfold av tilnærminger og metoder at fysikkfaget kan framstå som både utfordrende og interessant. Vi tror derfor at det er viktig at elevene blir utfordret til å se sammenhengen mellom fysikkens mange representasjonsformer (formler, grafer osv.), at de forstår at fysikk i stor grad handler om lage (matematiske) modeller av virkeligheten, og at de blir i stand til «å snakke fysikk». Elevene er ikke bare enslige tenkere, men opptrer i en sosial kontekst der hverdagsbegreper integreres i et system av sammenhengende begreper gjennom interaksjon med andre.

Så én ting er at *disse* elevene med *sin* bakgrunn synes å ha fordel av det vi har kalt tradisjonell undervisning, men en annen ting om det er tilstrekkelig for å få riktig glede og nytte av faget. Det betyr selvsagt ikke at vi underkjenner lærerens betydning i fysikklasserommet. Snarere tvert imot. Fysikkfaget har et stort og dyptgripende perspektiv når det gjelder det «å forstå verden», og det krever at fysikken blir satt i en vid samfunnsmessig, historisk og filosofisk sammenheng. I et slikt perspektiv har også elevenes utforskende eksperimentering en plass, selv om resultatene i vår undersøkelse tyder på at elevene helst ikke bør slippes helt fri. Også en slik undervisningsform krever aktiv veiledning fra lærerens side.

### 12.3.11 Avsluttende kommentar

Vi har kalt denne boka «Fysikk i fritt fall?», og med det har vi valgt å sette et tydelig fokus på den sterke nedgangen for de norske elevene i 2008 sammenliknet med i 1995. Men vi vil likevel avslutte med å peke på mange trekk som tyder på at en endring til det bedre er på vei. Skolemyndighetene har med Kunnskapsløftet tydelig tatt de mange signalene om svekkete kunnskaper på alvor, ikke bare i realfag. Det er en uttalt vilje til å følge nøye med på kunnskapsnivået både nasjonalt og lokalt. Her vil vi særlig peke på tiltak som økt fokus på vurdering for læring, nasjonale prøver (riktignok ikke i naturfag) og kartleggingsprøver, samt endrete eksamensordninger. Og det er åpnet for en kamp mot «tidstyvene» som hemmer lærerne (og rektorene?) i å kunne konsentrere seg mer om det som fremmer elevenes læring. Vi har også påvist at det «frie fallet» av realfagkunnskaper i grunnskolen er bremsset opp og delvis allerede er i ferd med å snu.

Vi vil derfor avslutte denne boka med et berettiget håp om at fallet i kunnskaper på en mest mulig elastisk måte omgjøres til en ny heving av kunnskapene for «fysikkspesialistene». Det vil være viktig for norsk skole og for å møte samfunnets økende behov for kompetanse innen naturfag og teknologi. Og ikke minst burde flere elever få del i det mangfoldige og fascinerende tanke-system som fysikkfaget utgjør!

## Litteratur

- Anderson, B. (1989). *Grundskolans Naturvetenskap - Forskningsresultat och nya ideer*. Stockholm: Utbildningsförlaget.
- Angell, C. (1996). *Elevers fysikkforståelse. En studie basert på utvalgte fysikkoppgaver i TIMSS*. Universitetet i Oslo, Oslo.
- Angell, C. (2004). Exploring students' intuitive ideas based on physics items in TIMSS - 1995. In C. Papanastasiou (Ed.), *The 1st IEA International Research Conference* (pp. 108-123). Lefkosia, Cyprus: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- 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., Kind, P. M., Henriksen, E. K. & Guttersrud, Ø. (2008). An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. *Physics Education*, 43(3), 256-264.
- 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.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology. A cognitive view*. New York: Holt, Reinhart & Winston Inc.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31(1), 21–32.
- Carlone, H. B. (2003). Innovative science within and against a culture of «achievement». *Science Education* 87, 307-328.
- Comber, L. C. & Keeves, J. P. (1973). *Science Education in Nineteen Countries*. New York: John Wiley.
- diSessa, A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognitive Science*, 6(2 & 3).
- Dolin, J. (2002). *Fysikfaget i forandring. («School physics in a process of change»)*. Roskilde University, Denmark Roskilde
- Driver, R. & Easley, J. A. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Garden, R. A., Lie, S., Robitaille, D. F., Angell, C., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P. & Arora, A. (2006). TIMSS Advanced 2008. Assessment Framework Available from [http://timss.bc.edu/PDF/TIMSS\\_Advanced\\_AF.pdf](http://timss.bc.edu/PDF/TIMSS_Advanced_AF.pdf)
- Grønmo, L. S., Bergem, O. K., Kjærnsli, M., Lie, S. & Turmo, A. (2004). *Hva i all verden har skjedd i realfagene?* Oslo: Universitetet i Oslo.
- 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.
- Grønmo, L. S., Onstad, T., Pedersen, I. F., Lie, S., Angell, C. & Rohatgi, A. (2009). *Matematikk og fysikk i videregående skole. «Et skritt tilbake»*. Oslo: Universitetet i Oslo.
- Guttersrud, Ø. (2001). *Det er ikke lett å diskutere med venner som ikke vet at ting faller like fort*. University of Oslo, Oslo.
- 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.

## Litteratur

- Hestenes, D. (1996). Modeling Methodology for Physics Teachers. Retrieved from <http://modeling.la.asu.edu/modeling/MODELING.PDF>
- Hewitt, P. G. (2006). *Conceptual Physics* (10th ed.). San Francisco: Pearson/Addison Wesley.
- Husén, T. (1967). *International Study of Achievement in Mathematics*. Stockholm og New York: Almquist og Wiksell og Wiley & sons.
- Insen, G. (2003). *Skolemiljø, læringmiljø og elevutbytte. En empirisk studie av grunnskolen 4., 7. og 10. trinn*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Kelly, D. L. (1999). *Interpreting the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) achievement scales using scale anchoring*. Boston College, Boston.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V. & Roe, A. (2007). *Tid for tunge løft. Norske elevers kompetanse i naturfag, lesing og matematikk i PISA 2006*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R. V., Roe, A. & Turmo, A. (2004). *Rett spor eller ville veier? Norske elevers prestasjoner i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2003*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kunnskapsdepartementet (2006). Et felles løft for realfagene. Strategi for styrking av realfagene 2006 - 2009 Available from [http://www.regjeringen.no/upload/kilde/kd/nyh/2006/0014/ddd/pdfv/290281-strategiplan\\_for\\_realfagene.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/kilde/kd/nyh/2006/0014/ddd/pdfv/290281-strategiplan_for_realfagene.pdf)
- Kunnskapsdepartementet (2009). Rapport fra tidsbruksutvalget Available from <http://www.regjeringen.no/nb/dep/kd/pressemelder/pressemeldinger/2009/flere-gode-forslag-til-bedre-tidsbruk-i-.html?id=588575>
- Lie, S. & Angell, A. (1990). *Fysikk i videregående skole: Hvem velger faget, og hvorfor?* Oslo: Universitetet i Oslo.
- Lie, S., Kjærnsli, M. & Brekke, G. (1997). *Hva i all verden skjer i realfagene?* Oslo: Universitetet i Oslo.
- Lie, S., Kjærnsli, M., Roe, A. & Turmo, A. (2001). *Godt rustet for framtida? Norske 15-åringers kompetanse i lesing og realfag i et internasjonalt perspektiv*. Oslo: Universitetet i Oslo.
- Lie, S. & Sjøberg, S. (1984). *«Myke» jenter i «harde» fag. Om realfag og likestilling*. Oslo: Universitetsforlaget.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

- 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.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gregory, K. D., Hoyle, C. & Shen, S. (2000). *Effective Schools in Science and Mathematics. IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Boston: TIMSS International Study Center, 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.
- Møller, J. (2006). Hvilke svar gir forskning om god skoleledelse? In J. Møller & O. L. Fuglestad (Eds.), *Ledelse i anerkjente skoler* (pp. 27-42). Oslo: Universitetsforlaget.
- Nielsen, H. & Paulsen, A. C. (1992). *undervisning i fysik - den konstruktivistiske idé*. København: Gyldendal.
- Olsen, R. V., Guldahl, Ø., Henriksen, E. K., Jerstad, P., Johansen, A., Kind, P. M. & Aamot, E. (2004). *Fysikk for framtiden: En drøfting av og grunnlag for framtidig læreplan i fysikk*: Norsk fysikklærerforening.
- Olsen, R. V., Turmo, A. & Lie, S. (2001). Learning about students' knowledge and thinking in science through large-scale quantitative studies. *European Journal of Psychology of Education*, 16(3), 403-420.
- Osborne, J. & Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), 441-467.

## Litteratur

- PIRLS (2008). PIRLS 2006: Ingen forbedring av leseferdighetene til norske elever, from [http://www.udir.no/Artikler/\\_Forskning/\\_Internasjonale-studier/PIRLS-2006-Ingen-forbedring-av-leseferdighetene-til-norske-elever/](http://www.udir.no/Artikler/_Forskning/_Internasjonale-studier/PIRLS-2006-Ingen-forbedring-av-leseferdighetene-til-norske-elever/)
- Rasch-Halvorsen, A. & Johnsbråten, H. (2007). *Norsk matematikkråds undersøkelse høsten 2007*. Notodden: Høgskolen i Telemark.
- Schreiner, C. (2006). *Exploring a ROSE-garden. Norwegian youth's orientations towards science - seen as signs of late modern identities*. University of Oslo, Oslo.
- Shilling, V. (2006). *Mentale modeller og eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen (Mental models and experimental work in physics teaching)*. Syddansk Universitet. Odense. Denmark (In Danish only).
- Sjøberg, S. (1986). *Elever og lærere sier sin mening*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse*. Oslo: Gyldendal akademiske.
- Taber, K. S. (2006). Conceptual integration: a demarcation criterion for science education? *Physics Education*, 41(4), 286-287.
- TALIS (2009). Creating Effective Teaching and Learning Environments. First Results from TALIS. Retrieved from [http://www.oecd.org/document/54/0,3343,en\\_2649\\_39263231\\_42980662\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html#4](http://www.oecd.org/document/54/0,3343,en_2649_39263231_42980662_1_1_1_1,00.html#4)
- Utdanningsdirektoratet (1996). Læreplan i videregående skole - Fysikk Retrieved 04.11, 2009, from <http://www2.udir.no/dav/06B0B66FC8054D8AB0798DE3B8541D3D.pdf>
- Utdanningsdirektoratet (2006). Fysikk - programfag i studiespesialiserende utdanningsprogram Retrieved 04.11, 2009, from [http://www.utdanningsdirektoratet.no/upload/larerplaner/Fastsatte\\_lareplaner\\_for\\_Kunnskapsloftet/Studieforberedende/Studiespesialiserende/Programomrade\\_for\\_realfag/fysikk.rtf](http://www.utdanningsdirektoratet.no/upload/larerplaner/Fastsatte_lareplaner_for_Kunnskapsloftet/Studieforberedende/Studiespesialiserende/Programomrade_for_realfag/fysikk.rtf)
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(11), 1141 - 1153.
- Vygotsky, L. S. (1987). *Thought and language*. Cambridge: Cambridge University Press.

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

Wells, M., Hestenes, D. & Swackhamer, G. (1995). A Modeling Method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*, 63(7), 606 - 619.



## Vedlegg: Forklaringer på noen metodiske og statistiske begreper

I dette vedlegget har vi gitt forklaring på noen metodiske begreper vi har brukt i denne boka. Begrepene forekommer her i alfabetisk orden. Det er mange kryssreferanser mellom begrepene, og i slike tilfeller betyr utheving at for dette begrepet er det et eget oppslag.

### Effektstørrelse

Det er ofte naturlig å kunne angi et mål for hvor «stor» forskjellen mellom elevgrupper er, ikke bare om den er *signifikant* eller ikke. Hva som er en «stor» forskjell for en bestemt variabel, avhenger av hvor stor spredning det er i materialet som helhet. En vanlig måte å angi dette på er å angi forskjellene som standardiserte forskjeller, også kalt effektstørrelser. Effektstørrelsen forteller oss hvor stor forskjellen er *i forhold til et standardavvik*. Fordelen ved å måle for eksempel kjønnsforskjeller i effektstørrelse er at et slikt mål kan brukes til å sammenlikne resultater for helt ulike variabler på en meningsfull måte. Hvis jentene skårer 10 poeng høyere enn guttene på en fysikktest, sier det oss ingenting om hvor «stor» denne forskjellen egentlig er. For å kunne vurdere det måtte vi vite hvordan fordelingen av poengsummer er. Hvis standardavviket for denne fysikktesten er 20 poeng, så sier vi at effektstørrelsen er på  $10/20 = 0,5$ , eller om vi vil: Forskjellen mellom kjønnene er på et halvt standardavvik.

### Feilmargin

Se Konfidensintervall og feilmargin

### IRT (Item Response Theory)

I TIMSS Advanced blir alle skårverdiene for prestasjoner beregnet ved hjelp av en såkalt IRT-modell (Item Response Theory). Utgangspunktet er antall oppnådde poeng. Siden de enkelte oppgaveheftene er forskjellige, går det ikke an å bruke disse poengene (råskår) til å sammenlikne elevene direkte.

Med IRT bestemmer man hver oppgaves vanskegrad og hver elevs dyktighet ved hjelp av et sett av likninger som knytter disse to settene av variabler sammen. Modellen består av at det antas en enkel sammenheng mellom en elevs dyktighet innen et fagområde og sannsynligheten for at en bestemt oppgave skal løses riktig. En oppgaves vanskegrad defineres som den dyktigheten en elev må ha for å ha 50 prosent sannsynlighet for å få riktig svar. På tilsvarende måte er dyktigheten til en elev den vanskelighetsgraden en oppgave må ha for at eleven skal ha 50 prosent sannsynlighet for riktig svar. De to størrelsene dyktighet og vanskelighetsgrad inngår altså i prinsippet på en symmetrisk måte, og de to nevnte sammenhengene gir mening til og definerer begge størrelsene samtidig. Og like viktig: Dyktighet og vanskelighet måles langs samme skala, en såkalt *logistisk* skala.

Det finnes flere typer IRT-modeller. Den enkleste kalles Rasch-modell, og den har bare én parameter for hver oppgave, nemlig dens vanskelighetsgrad. Modellantakelsen er at sannsynligheten for at en elev skal svare riktig på en oppgave, er gitt som en logistisk funksjon av differensen mellom elevens dyktighet og oppgavens vanskegrad. En logistisk funksjon har formen  $y = e^x/(1+e^x)$ . I TIMSS Advanced ble Rasch-modellen brukt ved beregning av elevenes fysikkskår både i 1995 og i 2008. Når det forekommer «topoengsoppgaver», der besvarelser kan gi null, ett eller to poeng, må man bruke en mer raffinert form for Rasch-modell, men de grunnleggende prinsippene er de samme. For slike oppgaver knyttes det en vanskegrad til det første poenget og en annen og høyere vanskegrad til det andre poenget.

Mer komplekse IRT-modeller har flere parametre for hver oppgave. I tillegg til vanskelighetsgraden åpner man i en to-parametermodell for at oppgavene kan ha større eller mindre diskriminering, noe som innebærer at sannsynligheten for riktig svar stiger mer eller mindre bratt med dyktigheten. I en tre-parametermodell innføres også muligheten for gjetting, altså at sannsynligheten for riktig svar ikke går mot 0, men mot en positiv verdi, når eleven har svært lav dyktighet. Generelt er det slik at med flere parametre kan man

Vedlegg: Forklaringer på noen metodiske og statistiske begreper

få bedre tilpasning mellom modell og data, men det går på bekostning av enkelheten og de elegante matematiske egenskapene. Det er for eksempel bare med Rasch-modellen at summen av poeng på alle oppgavene gir det beste uttrykket for skår på en test. For alle andre IRT-modeller kommer det også an på *hvilke* oppgaver som er besvart riktig.

## Konfidensintervall og feilmargin

Noen ganger ønsker vi å angi den feilmarginen vi må regne med når vi ut fra målte gjennomsnittsverdier for en gruppe vil anslå gjennomsnittsverdien for gruppen i hele populasjonen. Et 95 % konfidensintervall angir det intervallet som gjennomsnittet for gruppen i hele populasjonen med 95 % sannsynlighet ligger innenfor. Et slikt mål vil vi bruke i denne boka.

Ved hjelp av diagrammer med konfidensintervaller kan vi visuelt få et raskt inntrykk av hvilke forskjeller som tydeligvis er **signifikante**, og hvilke som åpenbart ikke er det. Hvis konfidensintervallene ikke dekker hverandre, er det et tegn på at forskjellene er signifikante. Hvis de derimot i stor grad overlapper hverandre, er forskjellene ikke signifikante. Det kan imidlertid være svak overlapping og likevel signifikant forskjell.

Når vi skal bestemme hvor store feilmarginer vi må operere med, er det **standardfeilen** til gjennomsnittet som forteller oss dette. Feilmarginen utgjør alltid to standardfeil. Konfidensintervallet (95 %) for gjennomsnittet består altså av det intervallet vi får når vi går to standardfeil i hver retning ut fra gjennomsnittsverdien.

Siden elevene i TIMSS Advanced er trukket ut skolevis, framstår de som mer lik hverandre enn om de var trukket tilfeldig én og én. Det gjør at vi får en viss *design-effekt*, noe som innebærer at spredningen for mange variabler blir kunstig lav. I mange sammenhenger har vi kompensert for dette ved å beregne konfidensintervaller som svarer til et lavere antall elever enn de som faktisk deltok. Det lavere elevantallet kalles i slike sammenhenger for den *effektive utvalgsstørrelsen*.

## Konstrukt

Både TIMSS-testen og spørreskjemaene inneholder en rekke enkeltvariabler. Noen av disse er ment å fungere separat (som f.eks. kjønn), men noen av dem

inngår i en samlevariabel, og vi sier at denne samlevariabelen representerer skårverdier for et konstrukt. Et konstrukt er altså et abstrakt begrep som ikke kan måles direkte. Vi bruker for eksempel en rekke oppgaver for å beregne skårverdier for prestasjoner. Bare slik kan vi dekke bredden av det faglige innholdet som rammeverket beskriver, og i tillegg eliminere for store tilfeldigheter i oppgaveutvalget. På denne måten kan vi oppnå tilstrekkelig høy både *validitet* og *reliabilitet*. Et konstrukt måles ved hjelp av et sett av variabler, og det er et ufravikelig krav at disse variablene må støtte opp om hverandre. Det gjør de i den grad de viser rimelig høy indre konsistens i form av at de ikke korrelerer for lavt med hverandre. Jo bredere konstrukt og jo lavere indre konsistens, jo flere spørsmål må vi ta med for å oppnå tilstrekkelig høy reliabilitet og validitet.

## Korrelasjon

### Vanlig bivariat korrelasjon

En bivariat korrelasjonskoeffisient (ofte bare kalt «korrelasjon») er et mål på i hvor stor grad to variabler varierer «i takt», altså i hvor stor grad den ene variabelen har en høy verdi samtidig med at den andre har det. Den vanligste korrelasjonskoeffisienten er den såkalte «Pearsons» eller «produkt-moment» korrelasjonskoeffisient (vanligvis symbolisert med  $r$ ), og den er et mål på i hvor stor grad de målte dataene faller langs en rett linje når de avtegnes i et vanlig koordinatsystem. Korrelasjonskoeffisienter kan ha verdier fra -1 (perfekt negativ korrelasjon) via 0 (ingen korrelasjon) til 1 (perfekt positiv korrelasjon). Hvis vi kvadrerer korrelasjonskoeffisienten, får vi et tall som forteller oss hvor stor andel av *variansen* i den ene variabelen som er felles med den andre variabelen. Ofte sier vi at dette er et mål for hvor mye den ene variabelen kan «forklare» av den andre, men dette må ikke forstås i strengt kausal forstand.

### Partiell korrelasjon

Noen ganger er det interessant å studere korrelasjonen mellom to variabler *hvis vi kontrollerer for variasjonen i én eller flere andre variabler*. Det kan gjøres matematisk ved å beregne såkalt partiell korrelasjon der man korrigerer den *vanlige korrelasjonskoeffisienten* med hensyn til disse andre varia-

blene. En partiell korrelasjonskoeffisient kan hjelpe oss til å få en forståelse av hvilke realiteter som ligger bak de opprinnelig målte korrelasjonene.

### Multipel korrelasjon

På tilsvarende måte som for vanlig korrelasjon mellom to variabler kan vi også snakke om multipel korrelasjon mellom en avhengig variabel og en gruppe av andre uavhengige variabler. En multipel korrelasjonskoeffisient,  $R^2$ , angir hvor stor del av *variansen* til den avhengige variabelen som kan «forklares» ut fra alle de uavhengige variablene til sammen. I denne boka er vi interessert i hvor stor del av variansen til de faglige skårene som kan «forklares» ut fra de ulike holdnings- og bakgrunnsvariablene hver for seg (vanlig korrelasjonskoeffisient) og samlet (multipel korrelasjon). Symbolet  $R^2$  brukes for multipel korrelasjonskoeffisient for å minne om at den svarer til vanlig korrelasjonskoeffisient,  $r$ , opphøyd i annen potens, nemlig andel av variansen som er «forklart». Det framgår også av symbolet  $R^2$  at en multipel korrelasjonskoeffisient alltid er positiv. Det følger av definisjonen at den ligger mellom 0 (ingen varians «forklart») og 1 (all varians «forklart»).

### Likert-skala

Ved måling av holdninger brukes ofte en såkalt Likert-skala der det er flere påstander det skal tas stilling til. Svaralternativene kan for eksempel gå fra «svært uenig» via «uenig» og «enig» til «svært enig», og disse får kodene fra 1 til 4. Mange statistiske beregninger krever at det er meningsfullt å beregne gjennomsnitt av slike svar, og i så fall sier vi at vi har en såkalt intervallvariabel. Det betyr at hvis det er flere enn to punkter på skalaen, må det være like store avstander mellom punktene. For eksempel må det være like stor forskjell «i virkeligheten» mellom verdiene 0 og 1 som mellom 1 og 2. Det hender ofte at kravet til å være intervallvariabel bare *nesten* er oppfylt, eller det er uklart i hvilken grad det er oppfylt, og i slike tilfeller gjør vi da en tilnærming hvis vi går fram som om kravet er oppfylt.

### P-verdi

$P$ -verdi for en oppgave er andelen eller prosentandelen av personer som besvarer oppgaven riktig. Dersom oppgaven gir i alt 2 poeng, blir  $p$ -verdien det samme som andelen som har fått 2 poeng, pluss halvparten av andelen som

har fått 1 poeng. Med andre ord:  $p$ -verdien står for antall poeng oppnådd av alle deltakerne ut fra det det er mulig å oppnå i alt, hvis alle fikk «fullt hus». I denne boka har vi flere steder angitt  $p$ -verdier for enkeltoppgaver eller for gjennomsnittet av flere oppgaver. Vi har da valgt å se bort fra at noen få elever ikke «nådde» fram til den aktuelle oppgaven, noe som defineres ved at oppgaven i likhet med alle andre oppgaver som kommer senere i heftet, ikke er forsøkt besvart. Ved estimering med IRT av hver oppgaves vanskegrad teller ikke «ikke nådde» besvarelser. Men ved beregning av elevenes testskår behandler TIMSS Advanced «galt» svar og et «ikke nådd» svar som likeverdige og gir begge 0 poeng. Det skal ikke «lønne seg» å bruke hele tiden til å konsentrere seg om å få de første oppgavene riktig. I tabellene for enkeltoppgaver i kapittel 6 er prosentandeler blanke svar presentert uten å skille ut «ikke nådde» besvarelser.

### Reliabilitet for et konstrukt

Når vi setter sammen et *konstrukt* som en sum av en rekke enkeltvariabler, er det viktig å undersøke om konstruktet får høy nok reliabilitet. Høy reliabilitet for et konstrukt betyr at det ikke er for stor tilfeldighet når det gjelder nøyaktig hvilke variabler vi har tatt med. Det er altså spørsmål om hvor pålitelig man måler det man faktisk måler, uavhengig av hva dette faktisk er. (Det siste er et spørsmål om *validitet*.) Hvis vi bruker for få spørsmål, vil det gjerne bli for store tilfeldigheter når det gjelder hvor godt oppgavene passer den enkelte elev, eller når det gjelder hvor enig en elev er i akkurat ett bestemt utsagn. Den verdien vi får for konstruktet, bør derfor ikke variere for mye om vi bytter ut et spørsmål med et annet av de mange vi kunne tatt med. Det er et ufravikelig krav at enkeltvariablene må støtte opp om hverandre, at de viser rimelig høy indre konsistens, når dette måles som **korrelasjon**. Jo lavere konsistens, jo flere spørsmål må vi ta med for å få tilstrekkelig høy reliabilitet. Vanligvis har oppgaver lav indre konsistens fordi hver oppgave måler noe som er ganske spesifikt. Derfor må vi ha mange oppgaver for å få en reliabel skårverdi for konstruktet. Derimot trenger vi ofte bare noen få holdnings-spørsmål for å få et rimelig reliabelt mål på et holdningsbegrep, siden slike spørsmål gjerne korrelerer høyt seg imellom.

## Signifikante forskjeller

Når vi skal sammenlikne grupper av elever for å se hvem som har høyest gjennomsnittsverdi for en variabel, spør vi ofte om forskjellen vi finner, er statistisk signifikant eller ikke. Vi kan være interessert i om norske elever skårer signifikant lavere i fysikk enn svenske elever, eller om gutter har signifikant mer positiv holdning til fysikk enn jenter. Nøkkelen til å forstå dette begrepet ligger i å innse at enhver uttrekning av et utvalg fra en populasjon innebærer et element av tilfeldighet. Hadde uttrekningen blitt gjort på nytt, ville andre elever blitt med, og resultatene ville blitt annerledes. Men statistikkens lover sørger for at det er en **feilmargin** for hvor forskjellig de enkelte utvalgene kunne blitt, og denne feilmarginen er lavere jo flere som er med i utvalget.

Vi knytter gjerne en bestemt sannsynlighet til overveielsene nevnt over. Ofte bruker vi 5 % sannsynlighet som et kriterium for vårt signifikansnivå, og det har vi brukt i denne boka også. Når vi sier at en gruppe elever skårer signifikant høyere enn en annen, betyr det at det er mindre enn 5 % sannsynlighet for at denne forskjellen bare skyldes tilfeldigheter ved utvalget. Med mer enn 95 % sannsynlighet finnes da denne forskjellen også i hele populasjonen.

## Standardavvik

Se Varians og standardavvik

## Standardfeil for gjennomsnitt

Når vi trekker et tilfeldig utvalg fra en populasjon, vil det være en tilfeldighet knyttet til enhver gjennomsnittsverdi for en variabel. Vi kan tenke oss at vi mange ganger hadde trukket et tilfeldig utvalg av elever fra én og samme populasjon. Gjennomsnittsverdien ville ikke blitt den samme hver gang, det ville variert litt rundt gjennomsnittet for hele populasjonen. Jo større utvalgene var, jo mindre spredning ville det blitt for gjennomsnittene. Disse gjennomsnittene danner selv en fordeling, og *standardavviket* til denne fordelingen kalles standardfeilen til gjennomsnittet og forkortes ofte SE, på engelsk Standard Error (of the mean). Siden to standardavvik i hver retning dekker 95 %

Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole

av tilfellene, vil to standardfeil gi oss et mål på **feilmarginen** ved slutning fra utvalg til hele populasjonen.

## Standardisering

Det er vanlig å oppgi verdier for et konstrukt ved å relatere det til hvor mange standardavvik verdien ligger over eller under gjennomsnittet. Vi sier at vi har standardisert variabelen, og at vi i stedet bruker den standardiserte verdien. Gjennomsnittet er da satt til 0 og standardavviket til 1. Det innebærer at de angitte verdiene ikke forteller noe direkte om hvilke svar elevene har gitt, fordi standardiserte verdier bare har mening ved å fortelle hvordan elever har svart *i forhold til alle andre elever*. Spesielt viktig er det at en negativ verdi for et standardisert (f. eks. holdnings-) konstrukt ikke nødvendigvis betyr en «negativ» holdning, men snarere en holdning som er mindre positiv enn den holdningen gjennomsnittet av elevene har.

Når det gjelder skår for prestasjoner på de faglige testene i TIMSS Advanced, er dette standardisert på en litt annen måte. I stedet for å standardisere til gjennomsnitt lik 0 og **standardavvik** lik 1, brukes det for faglig skår en standardisering til gjennomsnitt 500 og standardavvik 100. En skårverdi på 550 betyr da en skårverdi som ligger et halvt standardavvik over gjennomsnittet. For å kunne sammenlikne landene på samme skala er standardiseringen gjort internasjonalt. Verdier for gjennomsnitt og standardavvik er beregnet ved å la alle landene telle like mye, uavhengig av utvalgenes og hele populasjonenes størrelse. Det er verdt å merke seg at alle disse poengsummene er relative og bare har mening i sammenheng med den ovenfor nevnte standardiseringen av gjennomsnitt og spredning. For eksempel angir ikke en skår på 0 poeng for en elev at ingen oppgaver er riktig besvart, men derimot en skår som ligger fem standardavvik under gjennomsnittet. En så lav verdi vil ingen elev få, selv om alle oppgavene skulle være galt besvart! Vi kan altså si at tallet 0 i denne sammenheng ikke har noen viktig betydning, og det er derfor unaturlig å framstille skårverdier grafisk med søyler som begynner på 0.

## Validitet

Validitet for en sammensatt variabel (ofte kalt et **konstrukt**) er et mål for i hvilken grad variabelen virkelig måler det den gir seg ut for å måle, eller



#### Vedlegg: Forklaringer på noen metodiske og statistiske begreper

som den blir oppfattet å måle. Validitet har mange sider, og ulike forfattere betoner ulike sider, men særlig viktig i vår sammenheng er å understreke at fysikktesten har oppgaver som er laget i henhold til et detaljert rammeverk med tydelige definisjoner og forklaringer av hva man tar sikte på å måle (se kapittel 2).

### **Varians og standardavvik**

De vanligste målene for spredningen i et datamateriale er standardavvik og varians. Variansen til en variabel er det gjennomsnittlige kvadratiske avviket fra gjennomsnittsverdien. Jo større spredningen i dataene er, jo større vil avvikene fra gjennomsnittsverdien bli, og jo større blir variansen.

Standardavviket til en variabel er kvadratroten av variansen. Standardavviket er en størrelse som har samme dimensjon og måleenhet som variabelen selv, og som derfor lett kan gis en fortolkning. I tilfeller der vi har en fordeling som ikke er for langt fra en normalfordeling, ligger omtrent  $2/3$  av tilfellene mindre enn ett standardavvik fra gjennomsnittsverdien. Og hvis vi går to standardavvik opp eller ned fra dette gjennomsnittet, vil vi dekke omtrent 95 % av tilfellene.

