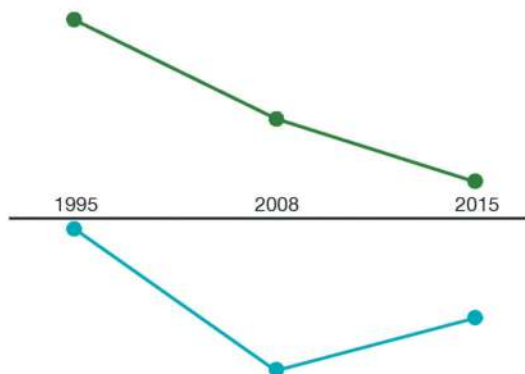


LIV SISSEL GRØNMO | ARNE HOLE | TORGEIR ONSTAD

ETT SKRITT FRAM OG ETT TILBAKE



TIMSS ADVANCED 2015
MATEMATIKK OG FYSIKK I VIDEREGÅENDE SKOLE

ETT SKRITT FRAM OG
ETT TILBAKE

ETT SKRITT FRAM OG ETT TILBAKE

TIMSS Advanced 2015

Matematikk og fysikk i videregående skole

CAPPELEN DAMM
AKADEMISK

© Liv Sissel Grønmo, Arne Hole og Torgeir Onstad 2016

Dette verket omfattes av bestemmelsene i Lov om opphavsretten til åndsverk m.v av 1961. Verket utgis som Open Access under betingelsene i Creative Commons-lisensen CC-BY 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). Denne tillater tredjepart å kopiere, distribuere og spre verket i hvilket som helst medium eller format, og å remixe, endre, og bygge videre på materialet til et hvilket som helst formål, inkludert kommersielle, under betingelse av at korrekt kreditering og en lenke til lisensen er oppgitt, og at man indikerer om endringer er blitt gjort. Tredjepart kan gjøre dette på enhver rimelig måte, men uten at det kan forstås slik at lisensgiver bifaller tredjepart eller tredjeparts bruk av verket.

ISBN: 978-82-02-55029-5 E-PDF

Typesetting: Datapage India (Pvt.) Ltd.

Cappelen Damm Akademisk/NOASP
noasp@cappelendamm.no

Forord

Denne boka presenterer og drøfter resultatene fra TIMSS Advanced 2015. Studien har vært gjennomført av Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS) ved Det utdanningsvitenskapelige fakultet, Universitetet i Oslo på oppdrag fra Utdanningsdirektoratet med finansiering fra Kunnskapsdepartementet.

TIMSS Advanced er en internasjonal komparativ undersøkelse av elever som har valgt full fordypning i matematikk og fysikk siste året på videregående skole, de vi kan kalle matematikk- og fysikkspesialister. I 2015 er det elever som tar Matematikk R2 eller elever som tar Fysikk 2 som deltar i undersøkelsen. Dette er tredje gang studien TIMSS Advanced gjennomføres, den første kom i 1995, den neste i 2008. Norge har resultater fra alle tre studiene, noe som gir oss gode data for å studere utviklingen i Norge i matematikk og fysikk de to siste tiårene.

I denne boka har vi lagt vekt på å presentere og drøfte utviklingen i faglige prestasjoner i matematikk og fysikk, og på problematikk knyttet til rekruttering av elever til disse fagene. I tillegg tar vi opp viktige bakgrunnsfaktorer som lærernes utdanning, og læreres og elevers tilfredshet og trivsel på skolen. Vi har også lagt vekt på å diskutere resultatene fra begge fagene i relasjon til hverandre, da det gir et mer fullstendig bilde av situasjonen. Vi henviser til resultater fra TIMSS i grunnskolen, som gir oss muligheter til få et bilde av utviklingen i matematikk og fysikk gjennom hele skoleløpet.

Vi har lagt vekt på å presentere resultatene på en oversiktlig måte ved hjelp av tabeller og figurer. Målet med boka er å nå ut til et bredt publikum, som skoleforskere, lærerutdannere, lærere, foreldre, skoleledere, politikere og andre med interesse for utdanningsspørsmål. I 2017 vil vi gi ut to bøker til, en i matematikk og en i fysikk, med ytterlige informasjon om Norges utdanning av framtidige eksperter i disse fagene.

Vi takker fagmiljøet på ILS og alle som har vært involvert i prosjektet, for et godt samarbeid. En takk for godt samarbeid går også til Utdanningsdirektoratet og Kunnskapsdepartementet som har gitt oss muligheten til å gjennomføre denne studien. En siste takk til forlaget for god støtte i den avsluttende fasen med å ferdigstille og utgi denne boka, både elektronisk som Open Access og i trykt form.

Oslo, november 2016

Forfatterne

Innholdsfortegnelse

Kapittel 1 Hovedresultater med trender i matematikk og fysikk.....	11
1.1 Kort om studien TIMSS Advanced.....	11
1.2 Hovedtrender i matematikk og fysikk i Norge.....	14
1.3 Norske prestasjoner i matematikk i et internasjonalt perspektiv	16
1.4 Norske prestasjoner i fysikk i et internasjonalt perspektiv.....	19
1.5 Internasjonale trender i matematikk og fysikk.....	22
1.6 Kort om de videre kapitlene i boka.....	28
Kapittel 2 Matematikk i videregående skole	31
2.1 Prestasjoner og deltakelse i matematikk.....	31
2.2 Kjønnforskjeller i prestasjoner og deltakelse.....	34
2.3 Prestasjoner fordelt på fagområder	37
2.4 Prestasjoner fordelt på kompetansenivåer	40
2.5 Eksempler på oppgaver i matematikk	43
2.6 Variasjon i prestasjoner mellom klasser	52
2.7 Kort oppsummering	54
Kapittel 3 Fysikk i videregående skole	55
3.1 Prestasjoner og deltakelse i fysikk.....	55
3.2 Kjønnforskjeller i prestasjoner og deltakelse	58
3.3 Prestasjoner fordelt på kompetansenivåer	61
3.4 Prestasjoner fordelt på fagområder	65
3.5 Eksempler på oppgaver i fysikk.....	68
3.6 Variasjon i prestasjoner mellom klasser	76
3.7 Norske læreplanendringer.....	77

Kapittel 4 Undervisning og prestasjoner	79
4.1 Bruk av lekser.....	79
4.2 Digitale hjelpemidler i undervisningen.....	84
4.3 Elevenes syn på faget og undervisningen.....	87
Engasjerende undervisning	87
Liker å lære faget.....	93
Nytte av faget	96
Kognitiv aktivering.....	100
4.4 Lærernes syn på undervisningen.....	104
Kapittel 5 Elevers og læreres bakgrunn og trivsel	107
5.1 Elevenes hjemmebakgrunn	107
5.2 Elevenes arbeid utenom skolen.....	112
5.3 Lærernes bakgrunn	116
5.4 Lærernes tilfredshet i jobben.....	124
5.5 Elevenes trivsel på skolen.....	128
Kapittel 6 Oppsummering og drøfting	133
6.1 Oppsummering av hovedfunn.....	133
6.2 Matematikk og fysikk i norsk skole: sentrale utfordringer	135
6.3 Rekruttering og differensiering i realfag.....	137
6.4 Utdanning av lærere i matematikk og fysikk	140
6.5 Læringsmiljøet på skolene.....	142
6.6 Relasjonen mellom matematikk og fysikk.....	144
6.7 Avsluttende kommentarer	147
Kapittel 7 Rammeverk og metoder	149
7.1 Om TIMSS Advanced.....	149
Organisering	152
Populasjoner og utvalg.....	153
7.2 Analysenivåer i TIMSS Advanced	156
Systemnivå - intendert læreplan.....	156
Klasseromsnivå - implementert læreplan.....	157
Elevnivå - resultert læreplan.....	158
7.3 Rammeverk for studien.....	158
Fagområder i matematikk.....	159
Kognitive kategorier i matematikk	160

Fagområder i fysikk	160
Kognitive kategorier i fysikk	161
Digitale hjelpemidler	161
7.4 Instrumenter for datainnsamling	163
Oppgaver til elevene	163
Koding av oppgavene	166
Spørreskjemaer	166
Oversetting	167
7.5 Gjennomføring av studien	168
Tidspunkt	168
Gjennomføring på skolene	168
7.6 Databehandling	169
7.7 Analyser og rapportering	172
Referanser	175
Om forfatterne	183

KAPITTEL 1

Hovedresultater med trender i matematikk og fysikk

Liv Sissel Grønmo og Arne Hole

1.1 Kort om studien TIMSS Advanced

TIMSS Advanced er en internasjonal komparativ studie av kompetansen til matematikk- og fysikkspesialistene siste året på videregående skole. Studien gjennomføres i regi av IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement, se <http://timssandpirls.bc.edu/>). IEA har også ansvaret for TIMSS i grunnskolen. Deltakelse i TIMSS og TIMSS Advanced gir de deltakende landene mulighet til å se hele skoleløpet under ett, fra barneskole og ungdomsskole til slutten av videregående skole (Grønmo & Onstad, 2013). TIMSS Advanced og TIMSS er ledet av forskere ved Boston College i USA, med sekretariat i Amsterdam. IEA Data Processing and Research Center (DPC) i Hamburg tilrettelegger og behandler data fra deltakerlandene. Statistics Canada i Ottawa har oppgaver knyttet til utvalg og utvalgsprosedyrer. I Norge er det Utdanningsdirektoratet som på vegne av Kunnskapsdepartementet har ansvaret for nasjonal deltakelse i studien. Disse har delegert ansvaret for gjennomføring av og forskning

knyttet til studien til Institutt for lærerutdanning og skoleforskning ved Universitetet i Oslo, med Liv Sissel Grønmo som nasjonal prosjektleder.

Studien i videregående skole er gjennomført tre ganger, i 1995, 2008 og 2015. Norge har deltatt i alle de tre gjennomføringene. Matematikkdelen av studien fra 1995 ble i Norge gjennomført tre år forsinket, i 1998. Vi henviser derfor til resultatene fra studien i 1995 ved å bruke begge årstall.

Siden Norge har gjennomført studien tre ganger, har vi gode data for å analysere utviklingen over tid i vårt land, og drøfte denne i både et nasjonalt og et internasjonalt perspektiv. Norge har hele tiden hatt en sentral rolle i planlegging og gjennomføring av TIMSS Advanced, spesielt i utvikling av de faglige testene. De norske populasjonene testet i TIMSS Advanced består av de elevene som har full fordypning i matematikk eller fysikk det siste året på videregående skole. I studien fra 2015 er dette elevene i Matematikk R2 og Fysikk 2. Studien kartlegger elevenes faglige kompetanse, deres holdninger til fagene, deres ønsker om videre studier, lærernes og elevenes syn på undervisningen, og lærernes utdanningsbakgrunn. Opplysninger om bakgrunnsvariable for elevene blir også samlet inn. Kompetansen i fagene blir målt ved hjelp av faglige tester av elevene, mens bakgrunnsvariable tilknyttet hjemmebakgrunn, oppfatninger og trekk ved undervisningen blir kartlagt ved bruk av spørreskjemaer til elever, lærere og skoleledere.

Følgende ni land deltok i TIMSS Advanced 2015: Frankrike, Italia, Libanon, Norge, Portugal, Russland, Slovenia, Sverige og USA. I 1995 og 2008 deltok Russland med en svært liten populasjon i matematikk. De bestemte seg for å teste en større populasjon i 2015, der den lille populasjonen fra de tidligere studiene inngår som en delmengde. Denne gangen rapporterer de resultater for begge populasjonene. De trenger den lille populasjonen for å studere utviklingen over tid siden 1995 og 2008 (trend). I denne

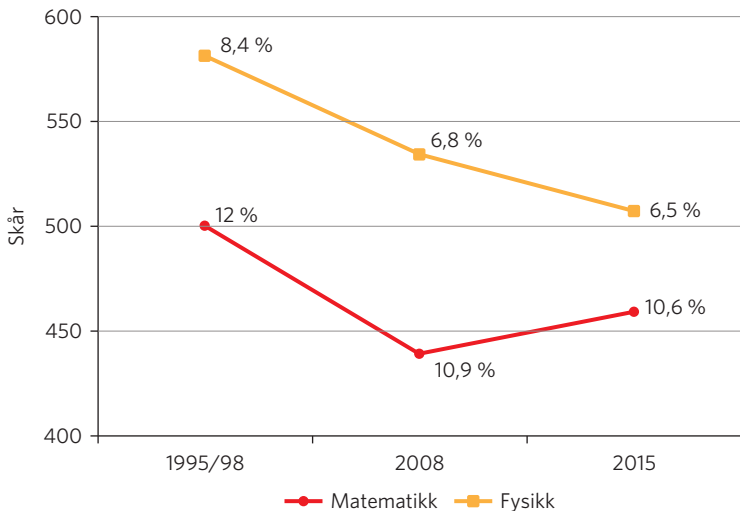
rapporten sammenlikner vi mest med den største russiske populasjonen. De gangene vi har med den lille populasjonen, kaller vi den «Russland (utvalg)». Det er jevnlig avholdt internasjonale møter for alle deltakerlandene underveis i prosjektet. På disse møtene utvikles og drøftes rammeverk for studien, oppgaver og spørreskjemaer for datainnsamlingen, samt utformingen av den internasjonale rapporten.

En viktig side ved alle TIMSS-studiene, både i grunnskolen og i videregående skole, er at de kan gi gode trenddata for utviklingen i de deltakende landene. Trendutviklingen i Norge for matematikk- og fysikkspesialistene i videregående skole er de første resultatene som presenteres i denne boka. Disse resultatene danner en viktig bakgrunn for resultatene som følger i de senere kapitlene. I denne rapporten er det ikke plass til å omtale alle relevante funn, men vi presenterer et utvalg sentrale resultater for hvert fag og drøfter disse. Vi drøfter også resultatene i videregående skole i relasjon til viktige resultater og trender i grunnskolen. Vi vil senere gi ut to bøker, en i matematikk og en i fysikk, som går dypere inn i hvert fag og som presenterer resultater ved hjelp av mer inngående analyser av ulike faktorer og av sammenhengen mellom disse.

Studien TIMSS Advanced 2015 er, som de tidligere studiene, gjennomført og ledet av internasjonale eksperter på testteori og komparative studier, med rigide prosedyrer i alle ledd for å kunne produsere data av den høyeste kvalitet. For mer om innhold, gjennomføring og metoder i TIMSS Advanced henviser vi til kapittel 7 i denne boka. For mer om internasjonale komparative studier henviser vi til www.timss.no, <http://timssandpirls.bc.edu/>, <http://www.iea.nl/> og <https://www.oecd.org/pisa/>.

1.2 Hovedtrender i matematikk og fysikk i Norge

Vi måler både framgang og tilbakegang i Norge i TIMSS Advanced 2015, slik tittelen på boka antyder: «Ett skritt fram og ett tilbake». I matematikkprestasjoner har vi målt en framgang siden forrige TIMSS Advanced-studie i 2008, mens vi har målt en nedgang i elevenes prestasjoner i fysikk. Figur 1.1 viser utviklingen i prestasjoner i Norge for begge fagene fra 1995/1998 fram til i dag. Som vi ser av figuren, er det en nedgang i begge fag i forhold til hva norske elever presterte på 90-tallet. Samtidig har prosentandelen av årskullet som velger disse fagene, også gått nedover. Mest markant er nedgangen i fysikk, både når det gjelder prestasjoner og når det gjelder hvor stor del av årskullet som velger fordypning i videregående skole. I 1995 presterte norske fysikkelever helt på topp



Figur 1.1 Norske trender i matematikk- og fysikkprestasjoner i TIMSS Advanced fra midten av 90-tallet til 2015. Se tekstboks 1.1 for forklaring. Prosent av årskullet (dekningsgrad) er angitt på figuren.

Tekstboks 1.1 Måleskalaen i TIMSS Advanced

For å kunne gjøre studier som viser utvikling over tid (trendstudier), trenger man en fast skala å relatere resultatene til. I alle TIMSS-studier beholdes mange oppgaver uendret fra undersøkelse til undersøkelse. Ved hjelp av disse er det mulig å konstruere en slik fast skala. I TIMSS-studiene har man valgt å bruke de internasjonale resultatene fra 1995 som basis for den faste skalaen som brukes til å måle prestasjoner.

Det internasjonale gjennomsnittet fra 1995 ble standardisert til 500 med et standardavvik på 100. Senere studier bruker denne standardiserte skalaen for å beregne landenes gjennomsnittlige skår. Noen figurer i denne rapporten viser også fordelingen av elevenes skår ved et diagram som angir 5-, 25-, 75- og 95-prosentilene. I tillegg vises da midt i diagrammet et 95 % konfidensintervall for gjennomsnittsverdien (to standardfeil, SE, i hver retning ut fra det målte gjennomsnittet). Tall plassert i parentes bak skår angir standardfeil.

internasjonalt (Angell, Kjærnsli & Lie, 1999); nå ligger norske elev-ers prestasjoner i fysikk omtrent på det internasjonale snittet for studien i 1995. Norske elevers prestasjoner i matematikk var omtrent på det internasjonale snittet i studien fra 1995/1998, men resultatet i 2015 er svakere enn det var på 90-tallet på tross av en viss framgang fra 2008 til 2015. Tekstboks 1.1 gir informasjon om den måleskalaen som brukes.

Det har vært tatt mange initiativ med sikte på å øke interesse for og rekruttering til realfag i Norge, fra både politiske myndigheter og utdanningsinstitusjoner, så vel som fra ulike organisasjoner som Tekna og NHO. Det har også blitt satt ned ekspertgrupper for å kartlegge status og anbefale tiltak for matematikk (Borge et al., 2014) og realfag (Bergem et al., 2015) i skolen. Et enkelt søk på satsing på realfag i Norge i løpet av de siste 10–15 årene vil gi en mengde treff. På tross av dette viser våre data en konsistent nedgang i andelen av elevene som velger fordypning i disse fagene de

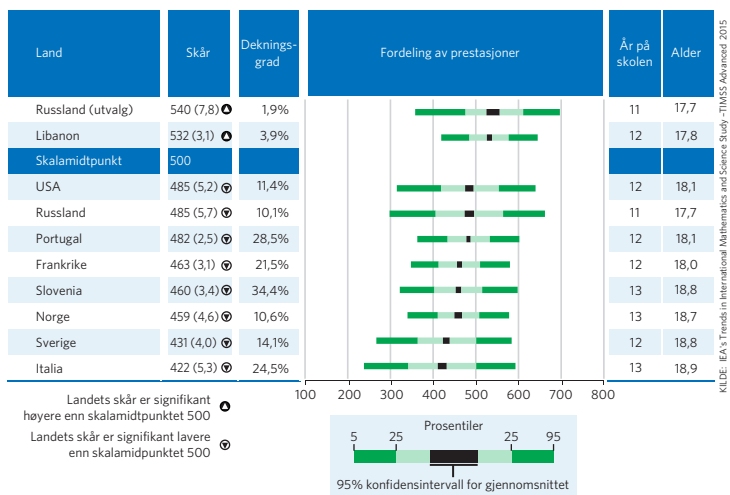
siste 20 årene. Nedgangen fra 2008 til 2015 er ikke stor, men trendretningen er klar. Videre i boka vil også *dekningsgrad* bli brukt som synonym for andel eller prosent av årskullet som har valgt full fordypning i matematikk eller fysikk.

Samtidig som dekningsgraden har sunket, har også de norske prestasjonene gått ned i begge fag, mest markant er nedgangen i fysikk. Hvorfor vi ser denne utviklingen i Norge, er et betimelig spørsmål. Spørsmålet kan neppe besvares ved å henvise til én enkelt forklaring. Det er rimelig å anta at det er flere faktorer, både skolefaktorer og mer generelle samfunnsfaktorer. I de neste kapitlene presenterer vi mer detaljerte resultater, først for matematikk i kapittel 2, så for fysikk i kapittel 3.

1.3 Norske prestasjoner i matematikk i et internasjonalt perspektiv

Tabell 1.1 viser hovedresultatene for matematikkspecialistene i de land som deltok i TIMSS 2015. Kolonnene i tabellen viser hvert lands gjennomsnittlige elevprestasjon (poengskår), dekningsgrad, elevenes antall år på skolen og gjennomsnittsalder. I den brede kolonnen i midten illustreres spredningen i skår for hvert enkelt land. Tekstboks 1.1 gir informasjon om mål og skalaer som er brukt i tabellen. For ytterligere informasjon om studien og gjennomføringen av denne henviser vi til kapittel 7 bakerst i boka.

Det er positivt at vi har greid å snu den negative trenden i matematikkprestasjoner vi så fra første TIMSS Advanced-studie på 90-tallet til den andre studien i 2008 (se figur 1.1). Den samme positive utviklingen har vi sett i matematikk på barnetrinnet og på ungdomstrinnet fra 2003 til 2015 (Grønmo & Onstad, 2009; Grønmo et al., 2012; Bergem, Kaarstein & Nilsen, 2016). Likevel er de norske resultatene for matematikkspecialistene også denne

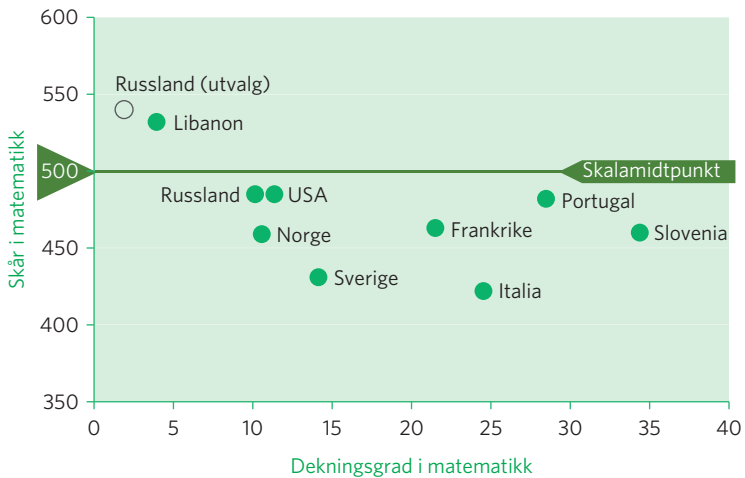
Tabell 1.1 Hovedresultater i matematikk for landene som deltok i TIMSS Advanced 2015. Se tekstboks 1.1 for forklaring av måleskala.

gangen relativt svake i et nasjonalt trendperspektiv tilbake til 90-tallet, og i et internasjonalt perspektiv sammenliknet med andre deltakerland i 2015. Basert på tidligere forskning har man beregnet at gjennomsnittlig økning i skår, grovt regnet, kan antas å være rundt 40 poeng ved ett års økning i alder og ett års skolegang i den type skala som brukes i TIMSS Advanced. Det betyr at fra første gjennomføring av TIMSS Advanced til gjennomføringen i 2015 har norske matematikkelever gjennomsnittlig mistet omtrent ett års faglig modning. Det norske resultatet i matematikk er derfor fortsatt bekymringsfullt, samtidig som det er oppmuntrende at den negative trenden ser ut til å ha snudd.

Når vi vurderer hvor gode resultatene er, er det viktig å se både på det gjennomsnittlige nivået for elevenes prestasjoner i det enkelte land og på hvor stor del av årskullet i landet som har valgt disse fagene til topps i videregående skole. Begge deler gir informasjon om hvor godt utdanningssystemet i et land er til å gi elevene

gode kunnskaper i matematikk. Figur 1.2 viser skår og dekningsgrad for landene som deltok i TIMSS Advanced 2015 i matematikk. Når det gjelder TIMSS Advanced, snakker vi i hovedsak om kunnskaper og kompetanse som elevene vil trenge i videre studier og profesjoner, ikke i like stor grad om kompetanse de vil trenge i dagliglivet. Forskning har pekt på at stort frafall fra utdanninger som for eksempel ingeniørstudier i stor grad skyldes elevenes svake forkunnskaper i matematikk (Grønmo, Jahr, Skogen & Wistedt, 2014; NOU, 2016).

De internasjonale resultatene når det gjelder elevenes prestasjoner i 2015, samsvarer i stor grad med det vi så i TIMSS Advanced 2008, med Libanon og den lille delpopulasjonen i Russland som de eneste landene som presterer bedre enn skalamidtpunktet på 500 poeng. Samtidig er det her viktig å merke seg at begge disse landene tester populasjoner som utgjør en svært liten del av årskullet, henholdsvis 1,9 % i Russland og 3,9 % i Libanon. Vi ser også at elevene i alle de andre landene som deltar, er eldre enn de høytpresterende eliteelevne i Russland og Libanon. Resultatet for alle elevene som



Figur 1.2 Skår og dekningsgrad i matematikk for TIMSS Advanced 2015.

deltar i Russland, populasjonen som dekker 10,1 % av årskullet, ligger under skalamidtpunktet på 500.

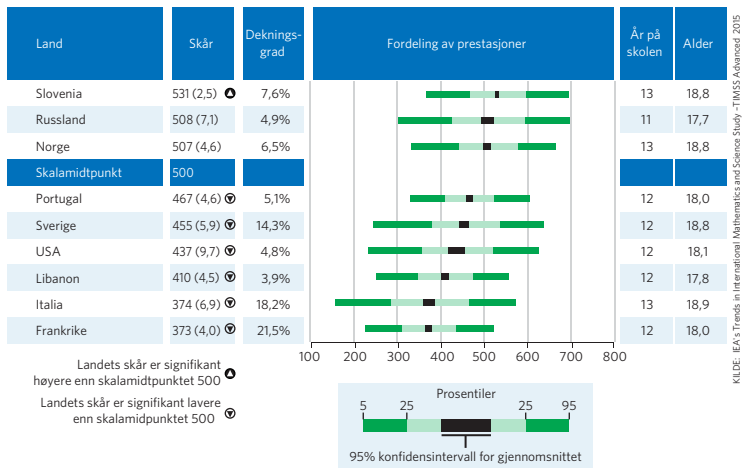
Det er stor variasjon i dekningsgrad mellom de enkelte land. Fra et norsk perspektiv synes det mest interessant å sammenlikne med de landene som undersøker en større prosentandel av årskullet. Da ser man at alle landene unntatt Libanon og Russland har en høyere dekningsgrad i matematikk enn det Norge har – til dels langt høyere. Det er bekymringsfullt at norske elever med full for-dypning presterer svakt i matematikk sammenliknet med elever i andre land. Tar vi med i vurderingen at vi også har lavest dekningsgrad av nesten alle deltakerlandene, blir det norske resultatet enda mer bekymringsfullt.

1.4 Norske prestasjoner i fysikk i et internasjonalt perspektiv

Tabell 1.2 viser hovedresultatene for fysikkspesialistene i de land som deltok i TIMSS 2015. Kolonnene i tabellen viser hvert lands gjennomsnittlige elevprestasjon (poengskår), dekningsgrad, elevenes antall år på skolen og gjennomsnittsalder. I den brede kolonnen i midten illustreres spredningen i skår for hvert enkelt land. Tekstboks 1.1 gir informasjon om mål og skalaer som er brukt i tabellen. For ytterligere informasjon om studien og gjennomføringen av denne henviser vi til kapittel 7 bakerst i boka.

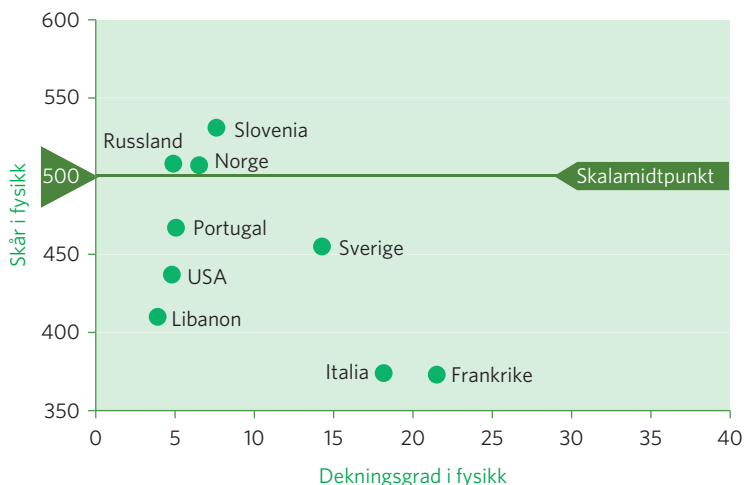
I motsetning til i matematikk, hvor vi i Norge har klart å snu den negative trenden i elevenes faglige prestasjoner, så fortsetter nedgangen i fysikk (Angell et al., 1999; Lie, Angell & Rohatgi, 2010). Nedgangen i fysikkprestasjoner for norske elever fra 1995 er $\frac{3}{4}$ av standardavviket totalt sett i studien. Basert på tidligere beregninger kan man grovt si at ved ett års økning i alder og ett års skolegang kan gjennomsnittlig målt prestasjon antas å øke med rundt 40 poeng på den type skala som brukes i TIMSS Advanced. Noe

Tabell 1.2 Hovedresultater i fysikk for landene som deltok i TIMSS Advanced 2015. Se tekstboks 1.1 for forklaring.



upresist kan man derfor si at tilbakegangen for norske fysikkprestasjoner fra 1995 til 2015 tilsvarer bortimot to års faglig modning. Det er en dramatisk nedgang. Enda mer dramatisk blir dette bildet når vi tar med i vurderingen at andelen av elever som velger faget, altså dekningsgraden, har gått ned fra 8,4 % i 1995 til 6,5 % i 2015. Figur 1.3 viser skår og dekningsgrad for landene som deltok i fysikk i TIMSS Advanced 2015.

Fra 1995 til 2015 har Norge altså gått fra å være et høytpresterende land til å være et land som presterer omtrent på skalamidtpunktet når det gjelder utdanning av fysikkspesialister i videregående skole. Det er nok flere årsaker til dette. Noen mulige forklaringer kan være svake forkunnskaper fra grunnskolen og endringer i læreplanen. Eksamensmessig har Fysikk 1 lenge vært et såkalt muntlig-praktisk fag, og kombinert med en dreining av læreplanen i mer kvalitativ retning på visse punkter (KUD, 1992; KUF, 1994; KD, 2006) kan dette ha en effekt på prestasjoner slik disse måles



Figur 1.3 Skår og dekningsgrad i fysikk for TIMSS Advanced 2015.

i TIMSS Advanced. Ser man endringene i læreplanene tilbake til 1980-tallet under ett (KUD, 1976, 1992; KD, 2006), er det rimelig å si at programfagene i fysikk i norsk videregående skole har beveget seg i retning av i større grad å bli kurs *om* fysikk enn kurs *i* fysikk. Ved siste revisjon av læreplanen i fysikk (KD, 2006) (se www.udir.no) ble for eksempel deler av varmelæren endret i mer kvalitativ retning. For mer om dette, se kapittel 3. Koblingen mellom matematikk og fysikk har også blitt nedtonet de siste ti-årene. På 90-tallet gikk man fra å ha en linjedelt videregående skole med klare krav til fellesfag som man måtte ta uavhengig av linjevalg (KUD, 1976, 1992), til en videregående skole hvor elevene fritt skulle kunne velge sin egen sammensetning av fag (KUF, 1994). Tendensen til økende vekt på kvalitativ kunnskap på bekostning av kvantitative beregninger har også bidratt til at denne koblingen har blitt ytterligere svekket. Se kapitlene 3 og 6. Analyser av årsakene til den markerte nedgangen i fysikk fra 1995 til 2008, understreker det problematiske ved dette. Disse analysene viser at det særlig var på

oppgaver hvor elevene trengte å beherske det matematiske symbolspråket algebra, at de norske elevene viste stor tilbakegang (Nilsen, Angell & Grønmo, 2013).

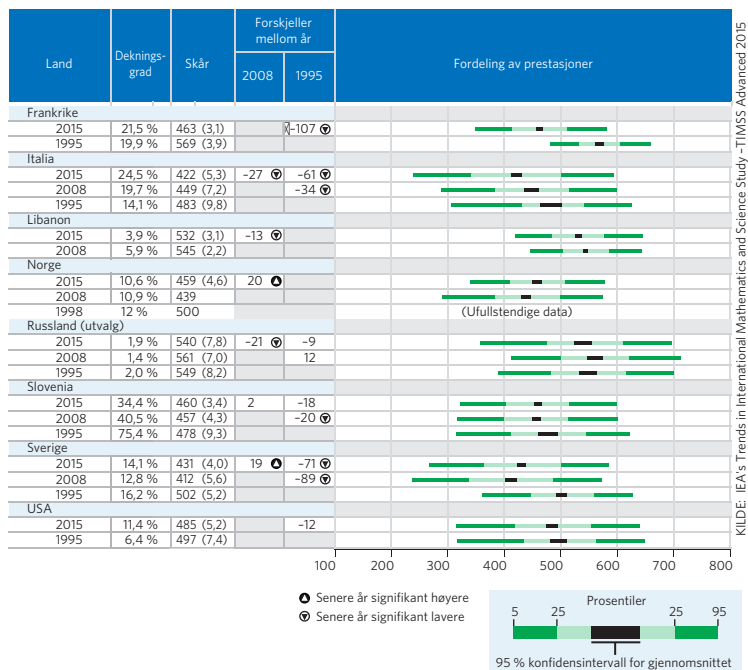
På samme måte som i matematikk, er de ferdigheter og kunnskaper vi tester elevene på i TIMSS Advanced fysikk, en type kompetanse elevene hovedsakelig vil trenge i videre studier og profesjoner, og ikke i like stor grad i dagliglivet. Svake kunnskaper i fysikk kan ha store konsekvenser både for de enkelte elevers muligheter for å få den utdanningen og det yrket de ønsker seg, og for samfunnets muligheter til å rekruttere personer med en slik type kompetanse.

Også i fysikk er det store forskjeller mellom land når det gjelder hvor mange prosent av et årskull som velger faget til topps i videregående skole. Variasjonene er likevel ikke like store som i matematikk. Særlig to land utmerker seg med å ha en stor prosentandel av elever som velger fysikk: Italia og Frankrike. Det gjennomsnittlige prestasjonsnivået hos elevene i begge disse landene er imidlertid svakt. På samme måte som i matematikk, er de gjennomsnittlige prestasjonene for svenske elever i fysikk klart svakere enn de norske. Dekningsgraden er imidlertid klart høyere i begge fag i Sverige. Det faglige nivået for norske elever i fysikk er fortsatt relativt godt i et internasjonalt perspektiv, men det er en liten andel av årskullet i Norge, klart lavere enn i 1995, som velger fordypning i faget.

1.5 Internasjonale trender i matematikk og fysikk

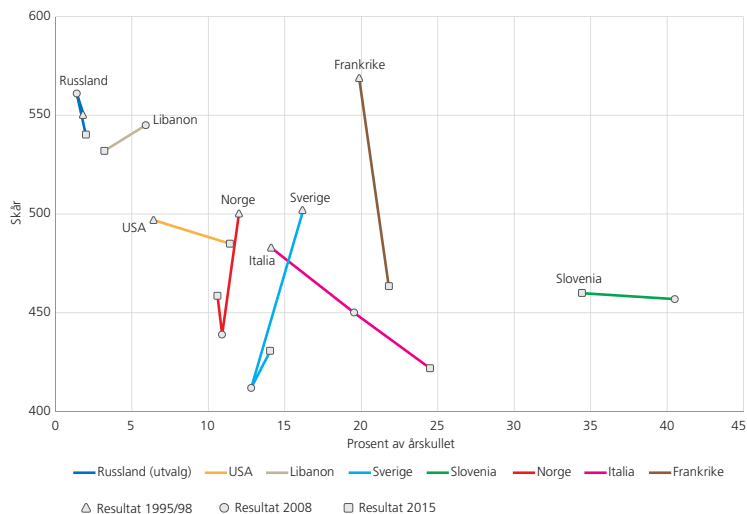
I kapittel 1.2 presenterte vi prestasjoner for norske elever og drøftet de norske trendene i både matematikk og fysikk siden studien i 1995/98. I dette delkapittelet ser vi på de internasjonale trendene i disse to fagene og sammenlikner dem med de norske trendene. Tabell 1.3 og figur 1.4 presenterer resultater i matematikk for alle

Tabell 1.3 Trender i skår og dekningsgrad for land som deltok i matematikk i TIMSS Advanced 2015 og som også har deltatt minst én gang tidligere. Trendene er framstilt grafisk i figur 1.4.



landene som har deltatt flere ganger i TIMSS Advanced. Norge, Sverige, Slovenia, Italia og den minste populasjon i Russland har gjennomført matematikkstudien for videregående skole tre ganger, Frankrike og USA har deltatt i 1995 og 2015, og Libanon i 2008 og 2015. (Portugal har bare deltatt i 2015.)

I alle land unntatt USA, som presterer omtrent likt i 1995 og 2015, er tendensen at de faglige prestasjonene har sunket. Men når for eksempel USA har en svak (ikke signifikant) nedgang i matematikkskår, kan utviklingen i landet like gjerne sees på som en klar forbedring, siden dekningsgraden har økt fra 6,4 % i 1995 til 11,4 % i 2015. I Italia ser vi noe av den samme utviklingen i dekningsgrad.



Figur 1.4 Trender i skår og dekningsgrad for land som deltok i TIMSS Advanced 2015 og som også har deltatt minst én gang tidligere. Det første året landet deltok, er markert på figuren. De neste prikkene viser resultater i påfølgende studier, altså 2008 og/eller 2015.

Italia har en betydelig nedgang i prestasjoner, men de har også en klar økning i andel av årskullet som deltar i matematikkstudien. Slovenia har en liten nedgang i prestasjoner fra 1995, men en markant nedgang i dekningsgrad. Slike endringer i landenes dekningsgrad kan skyldes endringer i definisjonen av den nasjonale populasjonen som testes, uten at vi i denne boka går nærmere inn på bakgrunnen for dette i det enkelte land.

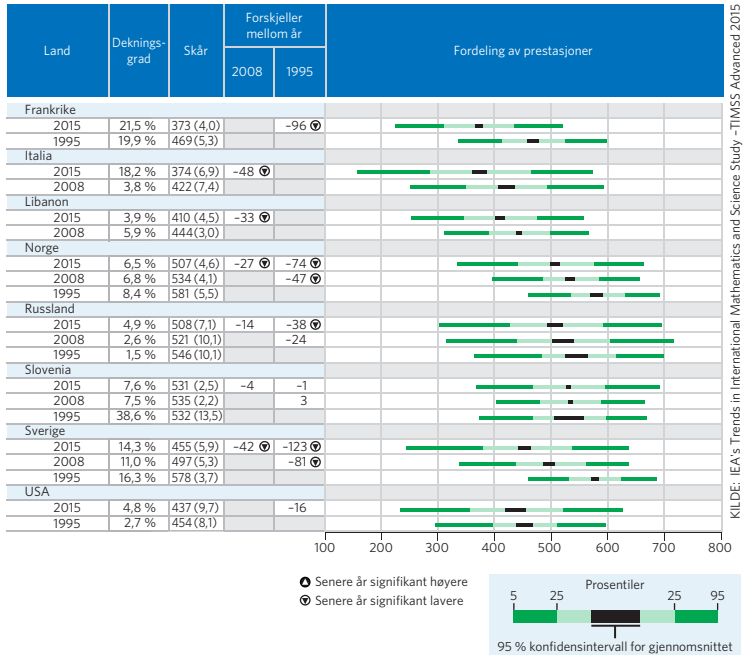
Når det gjelder de nordiske landene, har Sverige en nedgang både i dekningsgrad og i prestasjoner i matematikk sammenliknet med 1995. Utviklingen i Sverige fra 2008 til 2015 er imidlertid positiv for både skår og dekningsgrad i matematikk. Norge hadde en klar nedgang i prestasjoner fra 1998 til 2008 og en moderat framgang fra 2008 til 2015, mens dekningsgraden fortsatt peker nedover. Det er ubetinget positivt at vi har greid å snu den negative

trenden i matematikkprestasjoner som vi målte i både grunnskole og videregående skole i de første studiene etter tusenårsskiftet. Det har vært en positiv utvikling i norske elevers prestasjoner i matematikk på både barnetrinn og ungdomstrinn etter 2003 (Bergem, Kaarstein & Nilsen, 2016; Grønmo & Onstad, 2009; Grønmo et al., 2012), og nå også i TIMSS Advanced fra 2008 til 2015. De elevene vi testet i TIMSS Advanced i 2015, er elever som bare er ett år eldre enn de norske elevene som ble testet på 8. trinn i TIMSS 2011. At resultater som indikerer framgang i elevprestasjoner i matematikk ser ut til å være konsistente gjennom skoleløpet, underbygger derfor at vi har en positiv trend i Norge når det gjelder elevenes prestasjoner i faget. Som nevnt er det likevel bekymringsfullt at det faglige nivået for våre elever i Matematikk R2 fortsatt er svakt i et internasjonalt perspektiv, og at vi har en lav dekningsgrad sammenliknet med andre land.

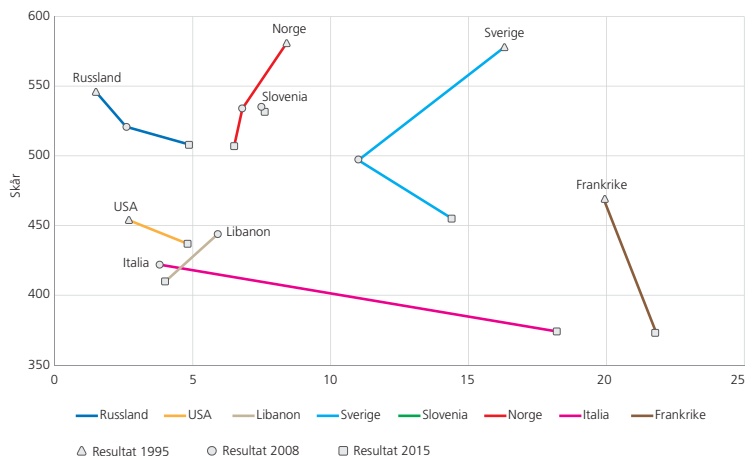
I tabell 1.4 og figur 1.5 presenterer vi resultatene i fysikk for alle land som har deltatt flere ganger i TIMSS Advanced. Norge, Sverige, Slovenia og Russland har gjennomført fysikkstudien for videregående skole tre ganger, Frankrike og USA har deltatt i 1995 og 2015, og Italia og Libanon i 2008 og 2015. (Portugal har bare deltatt i 2015.)

I alle land er tendensen at de faglige prestasjonene synker fram mot 2015. Men når vi tar dekningsgrad i betraktning, blir bildet noe annerledes. Selv om for eksempel USA har en svak (ikke signifikant) nedgang i fysikk, kan man alt i alt si at utviklingen for fysikkfaget i USA har vært positiv, siden dekningsgraden har økt fra 2,7 % i 1995 til 4,8 % i 2015. I Italia ser vi noe av den samme utviklingen, her med en signifikant nedgang i prestasjoner, men med en sterk økning i andel av årskullet som velger fysikk, fra 3,8 % i 2008 til 18,2 % i 2015. Som nevnt i matematikk så kan noen av disse endringene skyldes endringer i definisjonen av den nasjonale populasjonen som testes.

Tabell 1.4 Trender i skår og dekningsgrad for land som deltok i fysikk i TIMSS Advanced 2015 og som også har deltatt minst én gang tidligere. Trendene er framstilt grafisk i figur 1.5.



De svenske resultatene i fysikk fra 2015 viser nedgang både i dekningsgrad og i prestasjoner sammenliknet med 1995, men utviklingen fra 2008 til 2015 er positiv når det gjelder dekningsgrad og negativ når det gjelder prestasjoner. Norge hadde en klar nedgang i prestasjoner i fysikk fra 1995 til 2008, og i motsetning til i matematikk så fortsetter nedgangen i fysikk. Både i matematikk og i fysikk ser det ut til at utviklingen vi nå ser i slutten av videregående skole i Norge, er konsistent med tidligere resultater i grunnskolen. Utviklingen i prestasjoner i naturfag i grunnskolen og fysikk i videregående skole er mindre positiv enn i matematikk (Bergem et al., 2016; Grønmo &



Figur 1.5 Trender i skår og dekningsgrad for land som deltok i fysikk i TIMSS Advanced 2015 og som også har deltatt minst én gang tidligere. Det første året landet deltok, er markert på figuren. De neste prikkene viser resultater i påfølgende studier, altså 2008 og/eller 2015.

Onstad, 2009; Grønmo et al., 2012). Konsistensen i resultater gjennom skoleløpet underbygger påliteligheten i resultatene.

Når det gjelder de internasjonale trendene i TIMSS Advanced, er det verdt å merke seg at utviklingen i de fleste landene i prestasjoner og dekningsgrad har *mange av de samme trekkene i både fysikk og matematikk*. Det understreker nærheten mellom disse to fagene. Matematikk er ikke bare et fag i seg selv, men også et redskapsfag for læring i andre fag, og det er nødvendig i mange yrker og profesjoner. For eksempel er matematikk viktig i fysikk og andre naturfag, i alle typer ingeniørfag, i økonomifag og i IKT. Nærheten mellom matematikk og fysikk var langt tydeligere i Norge tidligere enn det vi ser i dagens skole. Det problematiske med dette kommer vi tilbake til i kapittel 6 som oppsummerer og drøfter resultatene i en

skolepolitisk kontekst. Vi vil også komme tilbake til dette i de kommende bøkene om matematikk og fysikk i TIMSS Advanced 2015.

Vårt naboland Sverige ser ut til å ha mange av de samme utfordringene som Norge når det gjelder matematikk og fysikk i videregående skole. Etter en markant tilbakegang etter 1995 har begge land hatt noe framgang i prestasjoner i matematikk fra 2008-studien. I begge land fortsetter imidlertid *nedgangen* i prestasjoner i fysikk. Det positive for Sverige er at de i begge fag har økt dekningsgraden, men deres gjennomsnittlige prestasjoner er klart svakere enn de norske. I Norge har dekningsgraden sunket i begge fag. Det ser ikke ut til at de norske tiltakene som har vært iverksatt for å øke rekrutteringen til realfagene, har fungert tilfredsstillende (se delkapittel 1.2). Vi ser fortsatt ut til å henge etter når det gjelder å rekruttere elever til realfagene sammenliknet med mange andre land.

1.6 Kort om de videre kapitlene i boka

I dette kapittelet har vi presentert hovedresultater for begge fag vedrørende trender og gjennomsnittlige prestasjoner i de ni landene som deltok i TIMSS Advanced 2015. I de neste to kapitlene presenterer vi resultater som viser hvor godt norske elever presterer på ulike fagområder, på ulike kompetansenivåer og i ulike klasser i matematikk og fysikk. I tillegg ser vi på kjønnsforskjeller i deltakelse og prestasjoner. Vi gir også noen eksempler på oppgaver som kan bidra til å illustrere noen av resultatene. Kapittel 2 presenterer slike resultater for matematikk, deretter følger kapittel 3 for fysikk.

Det er mange ulike faktorer som forskning har vist har stor samvariasjon med elevers prestasjoner i skolefag. Det gjelder faktorer som går på elevenes hjemmeressurser, på hvor godt læringsmiljøet er på skolen, på hvilke holdninger elever og lærere har til faget, på hvilken utdanningsbakgrunn lærerne har, og på hvilke

hjelpemidler elever og lærere har tilgjengelig. I kapitlene 4 og 5 presenterer vi resultater som omhandler slike faktorer i Norge for matematikk og fysikk, og sammenlikner disse med situasjonen i andre land.

I kapittel 6 oppsummerer vi de viktigste resultatene for begge fagene, med sikte på å reise debatt omkring vesentlige problemstillinger. Vi tar ikke sikte på å gi svar på alle de utfordringene vi ser, men på å gi viktig bakgrunnsinformasjon for den diskusjonen vi håper kommer for å bedre situasjonen i Norge når det gjelder fysikk og matematikk i skolen.

I siste kapittel, kapittel 7, presenterer vi informasjon om bakgrunn for studien, som blant annet rammeverk og utvalgspresedyrer, og om gjennomføring og metoder for analysene.

Vi har planlagt to oppfølgende bøker om TIMSS Advanced 2015 som skal utgis i 2017, en bok om matematikk og en bok om fysikk. I disse bøkene vil vi gjøre flere analyser av faktorer som ser ut til å ha betydning for elevenes læring, og vi vil gi flere konkrete eksempler på hvordan norske elever presterer på ulike oppgaver i fagene. Vi ønsker på den måten blant annet å kunne gi flere innspill til lærere, skoleledere, skoleforskere og politikere. Vi har planlagt et nært samarbeid med lærere fra videregående skole i arbeidet med disse bøkene. På den måten håper vi å oppnå en god bredde i perspektivene for tolkning av de resultatene vi finner.

KAPITTEL 2

Matematikk i videregående skole

Liv Sissel Grønmo og Arne Hole

2.1 Prestasjoner og deltakelse i matematikk

I kapittel 1 redegjorde vi for noen hovedfunn og trender med vekt på norske elevers gjennomsnittsprestasjoner i matematikk og fysikk. Kort oppsummert målte vi en viss framgang i norske elevers matematikkprestasjoner fra TIMSS Advanced i 2008 til 2015, men de norske resultatene var fortsatt klart svakere enn på 90-tallet. Norske elever har, grovt regnet, hatt en tilbakegang i faglige prestasjoner siden 90-tallet tilsvarende det man har kalkulert til å være en gjennomsnittlig framgang ved ett års økning i alder og ett år mer skolegang. Andelen elever som har valgt full fordypning i faget, har også gått noe ned i dette tidsrommet, på tross av ulike initiativ for å styrke rekrutteringen. Situasjonen i Norge er derfor fortsatt bekymringsfull når det gjelder å gi norske elever den basisen de vil trenge for mange videre utdanninger og i mange ulike yrker og profesjoner. Konsekvensen av dette for den enkelte elev og for samfunnet blir tatt opp og drøftet noe mer i kapittel 6. I dette kapitlet presenterer vi resultater som gjelder prestasjonene i matematikk på ulike fagområder og på ulike kompetansenivåer. Vi ser også på kjønnsforskjeller i deltakelse og prestasjoner.

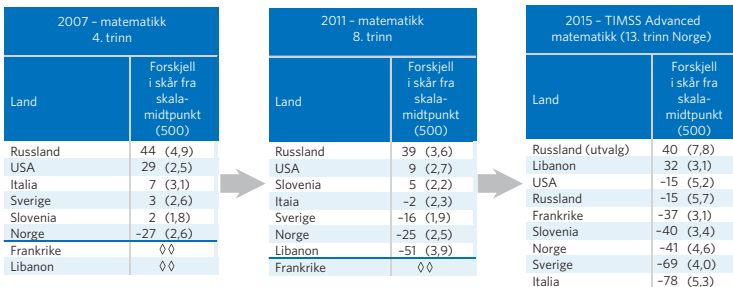
I en del tabeller gjengir vi resultatene for alle landene som deltok i TIMSS Advanced 2015, mens vi i figurene presenterer resultatene for Norge sammen med resultatene for fem utvalgte referanseland: Sverige, Slovenia, Frankrike, USA og Russland. Russland tester som nevnt to populasjoner, og den minste populasjonen er en delmengde av den store populasjonen. Vi sammenlikner med den store, altså hele populasjonen som testes i Russland. Når vi har valgt noen land vi sammenlikner med, er det blant annet for å gjøre figurene mest mulig oversiktlige. Referanselandene er valgt på bakgrunn av at de har deltatt i tidligere TIMSS Advanced-studier, på bakgrunn av at de har en relativt høy andel elever som har valgt matematikk siste året på videregående skole, og på bakgrunn av hvor relevante vi finner dem for en norsk skoledebatt.

Hvor godt norske elever presterer i slutten av videregående skole, er naturlig å se i sammenheng med hvor godt de presterer på lavere trinn. Data fra TIMSS og TIMSS Advanced gir oss muligheter for å analysere hvordan prestasjoner for gitte årskull utvikler seg over tid. Når det gjelder matematikk i TIMSS Advanced 2015, er det særlig relevant å sammenlikne med prestasjoner innen dette faget i TIMSS 2011 for 8. trinn og i TIMSS 2007 for 4. trinn. Kullet som utgjorde 4. trinn i 2007, utgjorde 8. trinn i 2011 og 12. trinn i 2015. Dette passer ikke helt med TIMSS Advanced 2015, siden denne undersøkelsen måler kullet som utgjorde 13. trinn i 2015. Imidlertid er det rimelig å anta at prestasjonene bakover i tid for *foregående kull* vil ha en sammenheng med tilsvarende prestasjoner for kullet året etter, forutsatt at det ikke er gjort vesentlige læreplanendringer eller liknende. I denne sammenheng er naturligvis innføringen av Kunnskapsløftet i 2006 (KD, 2006) relevant. Kullet som ble målt i TIMSS Advanced 2015, utgjorde 4. trinn i 2006. Sammenliknet med årskullet som ble målt på 4. trinn i TIMSS 2007 og deretter på 8. trinn i TIMSS 2011, har disse altså hatt ett år mindre andel av sin skolegang med Kunnskapsløftet som læreplan. Gitt måten

Kunnskapsløftet ble innfaset på, er det imidlertid liten grunn til å anta at denne forskjellen har avgjørende betydning. Figur 2.1 viser prestasjoner for de omtalte årskullene i matematikk.

Figur 2.1 viser at sammenliknet med de andre landene presterer de norske elevene på omtrent samme nivå i forhold til skalamidtpunktet i matematikk på henholdsvis 4. trinn i 2007 og 8. trinn i 2011, men de norske resultatene er noe svakere i forhold til skalamidtpunktet når vi beveger oss opp til 13. trinn. Dette kan indikere at norske resultater i matematikk er relativt svakere i et internasjonalt perspektiv for våre eksperter siste året i videregående skole enn i grunnskolen. På den andre siden, dette mønsteret er framtreddende for de fleste landene som deltar i TIMSS Advanced; de presterer bedre i forhold til skalamidtpunktet på de lavere trinnene enn det de gjør i TIMSS Advanced. Unntaket her er den lille populasjonen i Russland og Libanon, som presterer henholdsvis likt på alle tre nivåene eller bedre i Advanced i forhold til skalamidtpunktet. Men her må man nok ta i betraktning at disse to populasjonene er svært små og antagelig veldig elitistiske utvalg.

Det kan være flere årsaker til det mønsteret vi ser i Norge. En mulig forklaring er at det er på fagområdet algebra i matematikk



Figur 2.1 Prestasjoner i matematikk for årskull som omtrent tilsvarer kullet av elever testet i matematikk på 13. trinn i TIMSS Advanced 2015. Landene uten data deltok ikke i studiene.

norske elever gjennomgående presterer svakest på ungdomstrinnet, og at det er i formell tallregning de presterer på barnetrinnet. Grunnleggende kunnskaper på disse områdene blir viktigere for videre læring i faget jo lenger opp i skolen man kommer. Særlig gjelder det grunnleggende algebra, som kan sees som generalisert aritmetikk. Dette er også en mulig forklaring av utviklingen i land som Sverige og USA, som vi vet fra mange analyser fra TIMSS og PISA på ungdomstrinnet likner på Norge i hva som vektlegges i grunnskolen; de tenderer alle mot å legge mer vekt på dagliglivsmatematikk som overslag og enkel statistikk enn på formell matematikk som algebra. Dette er i motsetning til land i Øst-Asia og Øst-Europa (Grønmo, 2010; Grønmo, Kjærnsli & Lie, 2004; Olsen & Grønmo, 2006; Wu, 2009). Vi synes det mønsteret vi ser, gir grunnlag for refleksjon og diskusjon, særlig i de nordiske og engelskspråklige landene, omkring hvor godt man i disse landene tar vare på sine talenter i matematikk gjennom grunnskolen og forbereder dem for videre læring i faget.

Det kan også være at andre faktorer spiller inn, som hvordan undervisningen forholder seg til relasjonen mellom fysikk og matematikk, noe det er rimelig å anta spiller en større rolle desto høyere opp i skolen man kommer. For mer om dette, se kapittel 6.

2.2 Kjønnforskjeller i prestasjoner og deltakelse

Norsk næringsliv og høyere utdanningsinstitusjoner har over lengre tid uttrykt bekymring over at for få elever velger fag som matematikk og fysikk, og spesielt har det vært pekt på at for få jenter velger slike fag (Nergård, 2003; Ullah & Bondø, 2011). Myndighetene har også i samarbeid med næringslivet iverksatt tiltak for å få flere jenter til å velge slike fag (Grønmo, Onstad & Pedersen, 2010). Tabell 2.1 viser hvor stor andel av elevene med full

Tabell 2.1 Deltakelse og prestasjoner i matematikk i TIMSS Advanced 2015 fordelt på kjønn.

Land	Skår			Prosent av populasjonen	
	Jenter	Gutter	Absolutt forskjell	Jenter	Gutter
Italia	427 (6,1)	419 (6,6)	8 (7,5)	37 (1,3)	63 (1,3)
Libanon	533 (4,8)	531 (3,9)	2 (6,1)	36 (2,0)	64 (2,0)
Portugal	481 (3,0)	483 (3,1)	2 (3,6)	51 (1,2)	49 (1,2)
Russland	480 (6,0)	489 (6,2)	9 (4,3)	50 (1,3)	50 (1,3)
Norge	453 (5,1)	463 (5,2)	10 (4,8)	38 (1,4)	62 (1,4)
Sverige	424 (5,1)	436 (4,6)	13 (5,3)	40 (1,2)	60 (1,2)
Russland (utvalg)	530 (9,0)	549 (7,5)	20 (5,2)	46 (1,1)	54 (1,1)
Frankrike	449 (3,1)	475 (3,4)	26 (2,8)	47 (1,1)	53 (1,1)
Slovenia	449 (3,5)	476 (4,9)	27 (4,7)	60 (1,1)	40 (1,1)
USA	470 (5,3)	500 (6,4)	30 (5,8)	49 (0,9)	51 (0,9)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

fordypning i matematikk som er jenter i TIMSS Advanced 2015. Det er fire land i TIMSS Advanced 2015 hvor jenteandelen ligger rundt 40 % eller litt lavere: Sverige, Norge, Italia og Libanon. I de andre landene er nærmere 50 % av elevene jenter, bortsett fra i Slovenia der 60 % av elevene er jenter. Nordiske land som Norge og Sverige blir ofte sett på som foregangsland når det gjelder like muligheter for begge kjønn. Når det gjelder rekruttering til matematikk, gjør vi det heller dårlig på dette området sammenliknet med andre land, med de konsekvenser det har for jenters muligheter til en del utdanninger og profesjoner i samfunnet. Norge har for eksempel et svært kjønnsdelt arbeidsmarked, med store forskjeller mellom hvilke utdanninger og yrker jenter og gutter velger (SSB, 2005, 2016).

Det er også interessant å se på hvor stor del av jentene i årskullet som velger full fordypning i matematikk, se tabell 2.2 og figur 2.2. Tallene i denne tabellen og figuren framkommer fra tallene

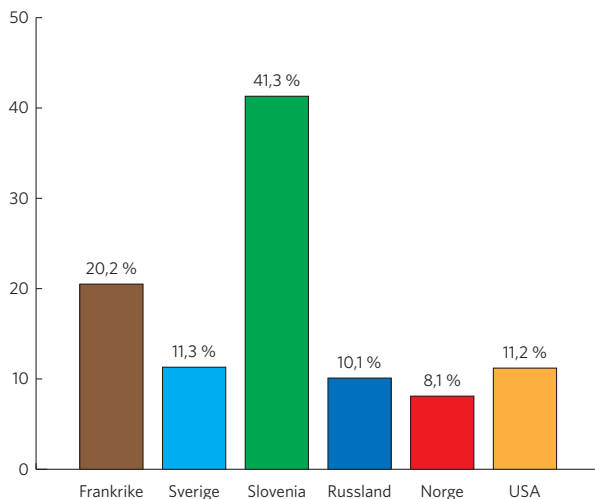
i tabell 1.1 og tabell 2.1 ved å multiplisere med landenes dekningsgrad og deretter multiplisere med 2. Vi antar altså her at hvert årskull som helhet består av 50 % jenter og 50 % gutter.

Vi ser at Norge ligger helt på bunnen når det gjelder hvor stor andel av jentene i årskullet som har valgt full fordypning i matematikk. I Slovenia og Frankrike er det henholdsvis 41,3 % og 20,2 % av jentene i årskullet som velger matematikk til topps, mot bare 8,1 % i Norge.

Vi ser i tabell 2.1 at alle signifikante kjønnsforskjeller i matematikkprestasjoner går i guttenes favør. Landene med den høyeste jentedeltakelsen, Slovenia og Frankrike, er blant landene med størst prestasjonsforskjell i guttenes favør. Noen land med en liten andel av jenter, Libanon og Italia, har ingen signifikant forskjell i prestasjoner. I Norge og Sverige er det en liten forskjell i guttenes favør, den er bare på henholdsvis 10 og 13 poeng. For Norge er kjønnsforskjellen i prestasjoner omtrent den samme som i TIMSS Advanced i 2008, hvor den var 8 poeng (Grønmo et al., 2010). For Norge er det derfor ingen signifikant endring i kjønnsforskjeller når det gjelder prestasjoner i matematikk.

Tabell 2.2 Prosentandel av hele årskullet jenter som er med i populasjonen testet i matematikk i TIMSS Advanced 2015.

Land	Beregning	Prosent av jenteårskullet som velger matematikk
Slovenia	$0,344 \cdot 0,60 \cdot 2$	41,3
Frankrike	$0,215 \cdot 0,47 \cdot 2$	20,2
Sverige	$0,141 \cdot 0,40 \cdot 2$	11,3
USA	$0,114 \cdot 0,49 \cdot 2$	11,2
Russland	$0,101 \cdot 0,50 \cdot 2$	10,1
Norge	$0,106 \cdot 0,38 \cdot 2$	8,1



Figur 2.2 Prosentandel av hele årskullet jenter som er med i populasjonen testet i matematikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

2.3 Prestasjoner fordelt på fagområder

TIMSS Advanced undersøker elevenes prestasjoner i matematikk på tre ulike fagområder, algebra, kalkulus og geometri. Tabell 2.3 viser elevenes gjennomsnittsprestasjoner i alle de deltakende landene på disse fagområdene. I figur 2.3 har vi illustrert gjennomsnittsprestasjonene i algebra, kalkulus og geometri for Norge og de fem valgte referanselandene.

Norge og Sverige er de to landene som presterer svakest i algebra sammenliknet med referanselandene, både i absolutt skår og relativt til eget lands gjennomsnittlige prestasjonsnivå (Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016). Det samsvarer med hva tidligere forskning har dokumentert om hva som vektlegges i ulike lands matematikkundervisning, det som har blitt kalt ulike matematikkprofiler for undervisning i ulike grupper av land, se delkapittel 2.1. Flere analyser av hva som vektlegges av matematiske emner på

Tabell 2.3 Prestasjoner fordelt på fagområder i matematikk, TIMSS Advanced 2015.

Land	Totalskår matematikk	Algebra (37 oppgaver)		Kalkulus (34 oppgaver)		Geometri (30 oppgaver)	
		Skår	Forskjell fra totalskår	Skår	Forskjell fra totalskår	Skår	Forskjell fra totalskår
Russland (utvalg)	540 (7,8)	556 (9,0)	16 (3,9) ●	513 (8,0)	-27 (2,3) ⊖	560 (8,4)	20 (3,2) ●
Libanon	532 (3,1)	525 (4,0)	-6 (3,6)	544 (3,9)	12 (2,8) ●	526 (3,7)	-6 (2,3) ⊖
USA	485 (5,2)	478 (5,0)	-7 (1,7) ⊖	504 (6,0)	19 (2,9) ●	455 (5,7)	-30 (2,6) ⊖
Russland	485 (5,7)	495 (6,3)	10 (1,9) ●	459 (5,9)	-26 (1,2) ⊖	500 (5,8)	15 (1,0) ●
Portugal	482 (2,5)	495 (2,7)	12 (1,5) ●	476 (2,6)	-6 (1,4)	464 (3,2)	-18 (1,5) ⊖
Frankrike	463 (3,1)	469 (2,9)	7 (1,8) ●	466 (3,2)	3 (1,8)	441 (3,7)	-22 (1,3) ⊖
Slovenia	460 (3,4)	474 (3,5)	14 (1,1) ●	437 (4,4)	-23 (2,0) ⊖	456 (4,0)	-4 (1,4) ⊖
Norge	459 (4,6)	446 (4,1)	-13 (1,6) ⊖	463 (5,3)	4 (1,5) ●	473 (4,6)	14 (2,0) ●
Sverige	431 (4,0)	422 (4,1)	-9 (1,2) ⊖	438 (3,9)	7 (1,5) ●	430 (3,7)	-1 (1,4)
Italia	422 (5,3)	414 (5,1)	-8 (2,2) ⊖	433 (5,2)	11 (2,7) ●	413 (5,7)	-9 (3,2) ⊖

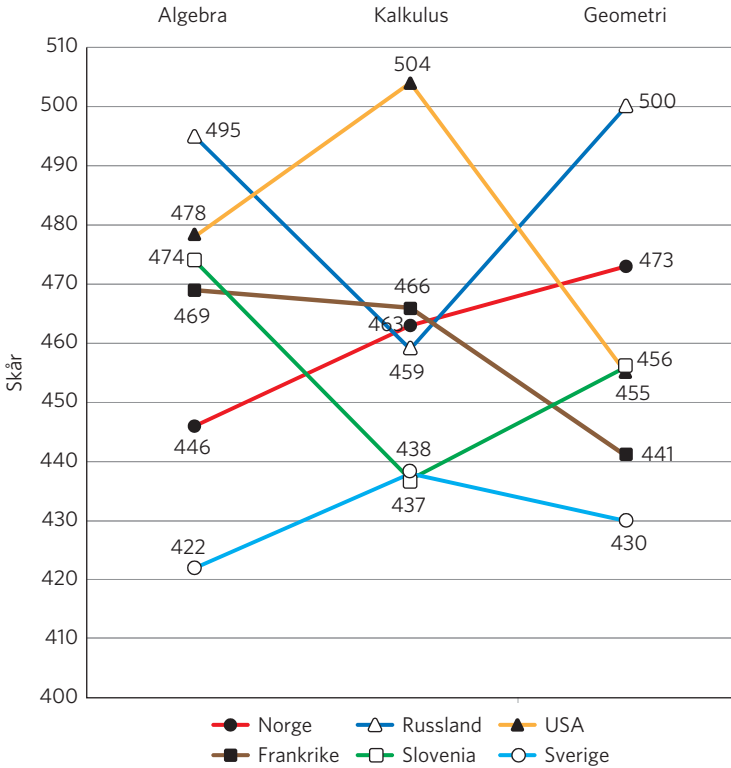
● Områdeskår signifikant høyere enn totalskår i matematikk

⊖ Områdeskår signifikant lavere enn totalskår i matematikk

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

ungdomstrinn, i videregående skole og i lærerutdanning, har konkludert med at det gir mening å snakke om en stabil nordisk profil med relativt lite vektlegging av algebra på alle nivåer i skolen. Man har sett noe av det samme i engelskspråklige land; også i disse legges det relativt lite vekt på algebra sammenliknet med østeuropeiske og østasiatiske land. I den kommende boka om matematikk i videregående skole vil vi gjøre flere analyser som går på algebraens plass i norsk skolematematikk.

Flere tidligere norske rapporter fra internasjonale komparative studier har advart mot den nedprioriteringen man har sett av algebra i norsk skole, det gjelder både i grunnskolen og i videregående skole. Man har de siste årene tatt noen grep ved å legge noe mer vekt på algebra i revisjonene av læreplanene. Men problemet stikker nok dypere enn at man kan løse det raskt med litt mer vekt på algebra i de intenderte læreplanene. For at mer algebra skal komme inn i skolen og bli undervist på en god måte, er det ikke minst viktig at lærere, både i grunnskole og i videregående skole, har gode kunnskaper på dette området. Den internasjonale komparative studien TEDS-M i 2008, som Norge deltok i, viste med all tydelighet at nyutdannede lærerstudenter på lærerutdanninger i Norge



Figur 2.3 Prestasjoner fordelt på fagområder i matematikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

hadde svake algebrakunnskaper sammenliknet med lærerstudentene i andre land (Grønmo & Onstad, 2012). Vi tillater oss derfor enda en gang å rope et varsko når det gjelder algebraens plass i norsk skole, her inkludert utdanningen av norske lærere.

I fagområdet kalkulus presterer norske elever omtrent på nivå med det nasjonale gjennomsnittet for matematikk. Det området norske elever presterer best på, både absolutt og relativt, er geometri. Også dette samsvarer med resultater fra TIMSS i grunnskolen (Bergem et al., 2016).

2.4 Prestasjoner fordelt på kompetansenivåer

TIMSS Advanced 2015 har definert tre kompetansenivåer i matematikk, betegnet som avansert, høyt og middels kompetansenivå. Tekstboks 2.1 gir en generell beskrivelse av disse kompetansenivåene. Tabell 2.4 og figur 2.4 viser hvor stor prosentandel av elevene i de enkelte landene som når opp til de ulike kompetansenivåene.

Når vi skal vurdere disse resultatene, er det, på samme måte som når vi vurderer gjennomsnittsprestasjoner i et land, nødvendig å ta med i betraktningen hvor mange prosent av et årskull som har valgt matematikk på dette nivået, det vi kaller dekningsgrad. Det landet som er nærmest oss i fordeling på kompetansenivåer er

Tekstboks 2.1 Beskrivelser av de tre kompetansenivåene i matematikk, TIMSS Advanced

Avansert kompetansenivå (625 poeng i TIMSS Advanced måleskala)

Elevene demonstrerer en klar og tydelig forståelse av begreper, av bruk av prosedyrer, og i å anvende matematisk resonnering. De kan løse problemer i komplekse kontekster i algebra, kalkulus, geometri og trigonometri.

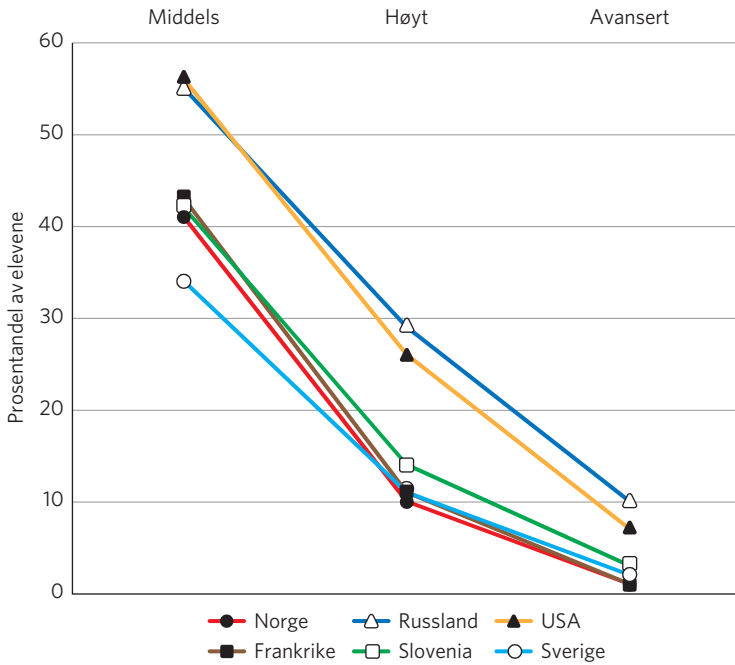
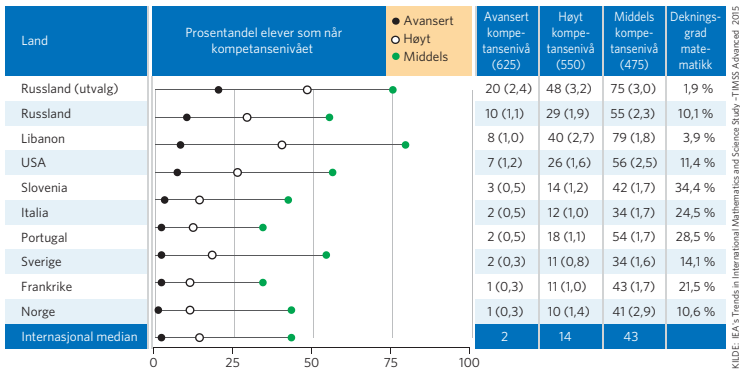
Høyt kompetansenivå (550 poeng i TIMSS Advanced måleskala)

Elevene kan anvende et bredt utvalg av matematiske begreper og ferdigheter i algebra, kalkulus, geometri og trigonometri til å analysere og løse problemer i flere trinn både i rutine- og ikke-rutine-kontekster.

Middels kompetansenivå (475 poeng i TIMSS Advanced måleskala)

Elevene demonstrerer at de har de grunnleggende kunnskapene om begreper og ferdigheter i algebra, kalkulus og geometri som de trenger for å løse rutineproblemer.

Tabell 2.4 Prosentandel elever som når de ulike kompetansenivåene i matematikk, TIMSS Advanced 2015.



Figur 2.4 Prosentandel elever som når de ulike kompetansenivåene i matematikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

Frankrike, men de har en langt høyere dekningsgrad, 21,5 % mot Norges 10,6 %. Russland og USA er de landene som er nærmest Norge i dekningsgrad, men de har en klart mer positiv fordeling på kompetansenivåer. I USA og Russland er det henholdsvis 7 % og 10 % som når opp til avansert nivå, og 79 % og 55 % som når opp til middels kompetansenivå. For Norge er det bare 1 % av elevene som når avansert nivå, og 41 % som når opp til middels kompetansenivå. Sverige og Slovenia har også en fordeling som ikke er så ulik den norske, men her må vi ta med i betraktningen at begge disse landene har en høyere dekningsgrad enn det vi har, med en dekningsgrad på henholdsvis 14,1 % og 34,4 % mot 10,6 % i Norge.

Det er positivt at vi har greid å snu den negative trenden vi så i prestasjoner i Norge fra TIMSS Advanced i 2008 til 2015. Men fortsatt ligger Norge lavt i et internasjonalt perspektiv, både når det gjelder å rekruttere elever til avansert matematikk, og når det gjelder å få disse elevene opp på et høyt eller avansert prestasjonsnivå. Når vi sammenlikner utviklingen i fordeling på kompetansenivåer i Norge med fordelingen i 2008, ser vi at det særlig er når det gjelder å få elevene opp på et middels nivå, at vi har lyktes. Det er ingen endring på avansert nivå, ett prosentpoeng opp på høyt nivå og 6 prosentpoeng på middels nivå. Dette er også noe av det samme vi så i grunnskolen da vi greide å snu en negativ trend etter TIMSS 2003; forbedringene kom hovedsakelig på de lavere kompetansenivåene (Grønmo & Onstad, 2009; Grønmo et al., 2012). Vi tillater oss derfor å stille spørsmålet om hvor godt den norske skolen greier å ta vare på sine talentfulle elever (Grønmo et al., 2014; NOU, 2016).

2.5 Eksempler på oppgaver i matematikk

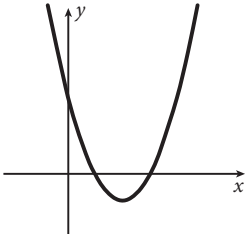
Skal man vurdere relevansen av en studie som TIMSS Advanced for norsk skole, er kjennskap til hva studien *faktisk måler rent faglig*, avgjørende. Rammeverket for det faglige innholdet i studien gir et generelt bilde av dette, men det er viktig også å se på oppgaver fra studien som kan gir ytterligere informasjon om faglig innhold og vanskelighetsgrad. Det er derfor avgjørende at man i studier som TIMSS Advanced åpent og grundig diskuterer så mange av de benyttede fagoppgavene som mulig. Offentliggjøring av *alle* oppgavene benyttet i TIMSS Advanced 2015 er ikke mulig, siden en betydelig andel av dem skal brukes også i neste gjennomføring av studien, disse kalles *trendoppgaver*. Oppgaver som ikke er trendoppgaver, kan i prinsippet offentliggjøres. I denne rapporten gir vi fem eksempler på oppgaver i hvert av fagene matematikk og fysikk fra TIMSS Advanced 2015. I våre senere utfyllende rapporter for hvert fag vil vi følge opp dette med gjennomgang av alle oppgaver som kan offentliggjøres. De fem oppgavene i matematikk er valgt på bakgrunn av at de på en god måte kan illustrere noen av de viktigste resultatene fra studien. Oppgavene er fra ulike fagområder og på ulike kompetansenivåer.

Eksempeloppgave 1 (MA33086)

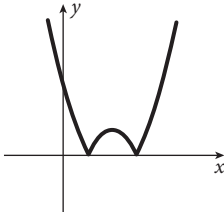
Dette er en algebraoppgave som ligger på middels kompetansenivå. Oppgaven er en flervalgsoppgave med fire gitte svaralternativer, hvor elevene har 25 % sjanse for å få riktig bare ved å gjette. (IB i tabellen betyr ikke besvart.)

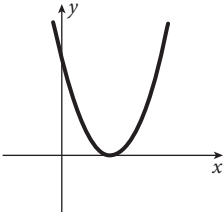
I oppgaven presenteres elevene for et bilde av grafen til en funksjon. På bakgrunn av denne informasjonen skal elevene identifisere hvilken av fire grafer som er grafen til *tallverdien* til den opprinnelige funksjonen. Oppgaven krever at elevene forstår hvordan en funksjon med både positive og negative funksjonsverdier endrer

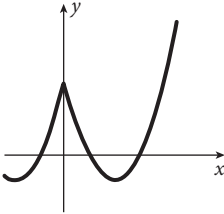
Grafen til $y = f(x)$ er vist her.

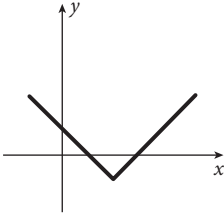


Hvilken av følgende grafer viser $y = |f(x)|$?

(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

Land	Prosent elever som svarer ulike alternativer				
	A	B	C	D	IB
Slovenia	88	6	4	1	0
Portugal	86	7	2	5	0
Russland (utvalg)	84	3	6	6	0
Russland	71	12	6	10	0
Libanon	70	21	5	3	1
Frankrike	62	23	2	12	1
Italia	60	25	8	4	3
Norge	54	29	6	9	3
USA	54	14	1	29	1
Sverige	43	20	9	26	1

seg når den går over til å bli en funksjon for tallverdiene til den opprinnelige funksjonen. Med en elementær forståelse av hva som ligger i begrepet tallverdi, kan elevene trekke den slutningen at den nye funksjonen bare kan ha positive funksjonsverdier, hvilket utelukker alternativene C og D som mulige løsninger. For å avgjøre hvilket av de to gjenværende alternativene som er riktig svar, trenger elevene å forstå hvordan tallverdiene endrer seg i det området som ga negative funksjonsverdier i den opprinnelige funksjonen, hvilket gir alternativ A som riktig svar på oppgaven.

Internasjonalt gjennomsnitt for hvor mange prosent som løste oppgaven riktig, var 65 %. I Norge og USA var det 54 % som valgte riktig svaralternativ, mens det bare var 43 % av elevene i Sverige som svarte rett. Dette resultatet på en oppgave på middels kompetansenivå er en god illustrasjon på de generelt svake resultatene vi har i nordiske og engelskspråklige land i algebra i TIMSS Advanced 2015.

Eksempeloppgave 2 (MA13018)

Dette er en flervalgsoppgave på middels kompetansenivå fra fagområdet geometri. Oppgaven krever at elevene har elementær kunnskap om hvordan man beregner differansen av to vektorer gitt på koordinatform. Ved en enkel beregning vil man kunne peke på svaralternativ B som det riktige svaret. Internasjonalt er det 62 % av elevene som svarer riktig på oppgaven, mens hele 79 % av de norske elevene svarer riktig. Dette illustrerer det generelle resultatet vi så i tabell 2.3 og figur 2.3, at det området hvor norske elever presterer best, er geometri. I de generelle resultatene så vi også at det var på området geometri at vi fant de største forskjellene mellom norske og svenske elever, med klart bedre resultater i Norge enn i Sverige (se delkapittel 2.3). Det er bare 37 % av de svenske elevene som svarte rett på denne oppgaven, en oppgave med en gjettefaktor på 20 %, siden den er en flervalgsoppgave med fem alternativer.

Finn differansen $\vec{b} - \vec{a}$ når vektorane er gitt som $\vec{a} = [4, 2]$ og $\vec{b} = [0, 3]$.

(A) $[-4, -2]$

(B) $[-4, 1]$

(C) $[4, -1]$

(D) $[4, 2]$

(E) $[4, 5]$

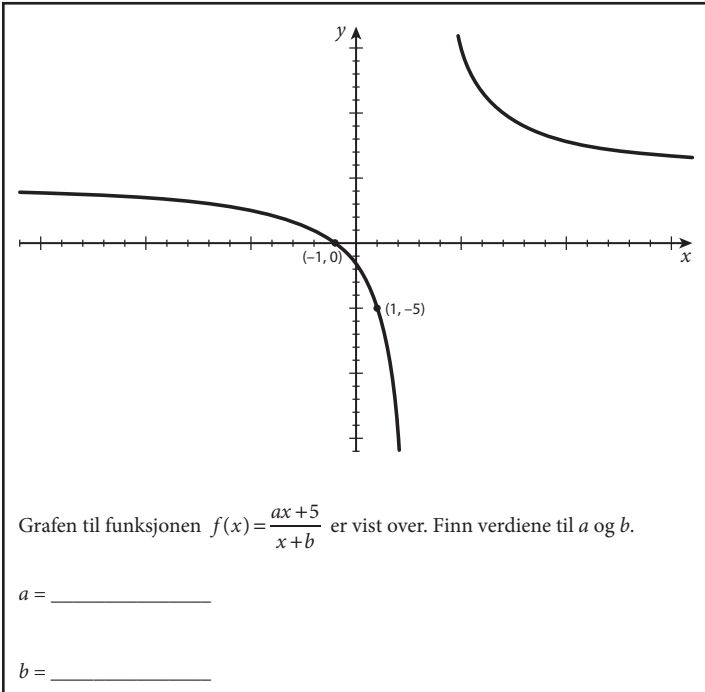
Land	Prosent elever som svarer ulike alternativer					
	A	B	C	D	E	IB
Frankrike	1	80	12	1	1	5
Norge	1	79	14	1	1	4
Russland (utvalg)	1	77	18	1	2	2
Russland	1	74	20	1	3	2
Libanon	2	72	13	2	2	9
Portugal	1	71	22	1	1	5
USA	2	59	30	2	3	4
Slovenia	4	47	32	8	3	6
Sverige	4	37	29	9	7	14
Italia	3	37	28	7	5	20

Eksempeloppgave 3 (MA33179)

Dette er en åpen oppgave på høyt kompetansenivå fra fagområdet algebra. Elevene får et bilde av grafen til en funksjon hvor koordinatene til skjæringspunktene med x -aksen og y -aksen er oppgitt. De får også oppgitt funksjonsuttrykket hvor oppgaven er å bestemme verdien til to konstanter. Oppgaven kan løses ved å sette koordinatene til de to punktene som er tydelig oppgitt på grafen, inn

i funksjonsuttrykket. Man får da to likninger med to ukjente som man løser og får $a = 5$ og $b = -3$. Internasjonalt er det 33 % som besvarer oppgaven riktig, mot 22 % riktig i Norge og 18 % riktig i Sverige. Elever i Frankrike og USA ligger nær de nordiske landene med 26 % som svarer riktig. De to referanselandene som har høyere andel riktig svar på denne oppgaven enn det internasjonale gjennomsnittet, er Russland og Slovenia.

Denne oppgaven illustrerer, på samme måte som i den første oppgaven i algebra, de generelt svake resultatene vi finner i nordiske og engelskspråklige land på dette fagområdet. Oppgaven illustrerer også på samme måte det som tidligere analyser har vist om land i Øst-Europa, at de, som land fra Øst-Asia, legger relativt stor vekt på kunnskaper i algebra i sin matematikkundervisning (se delkapittel 2.2).



Land	Prosent elever i ulike svarkategorier		
	Korrekt svar	Ukorrekt svar	Ikke besvart
Libanon	65	28	7
Russland (utvalg)	58	26	16
Russland	41	38	22
Italia	36	34	31
Slovenia	34	58	8
Portugal	31	54	16
USA	26	65	9
Frankrike	26	48	26
Norge	22	55	23
Sverige	18	62	21

Eksempeloppgave 4 (MA33163)

I denne åpne oppgaven på høyt kompetansenivå skal elevene løse et problem i en såkalt virkelighetsnær kontekst ved bruk av algebra. I motsetning til de to forrige algebraoppgavene vi har gitt eksempler på, presterer elevene i både Norge og Sverige godt på denne oppgaven. Sverige er det landet som har høyest andel elever som svarer helt korrekt på den, med en løsningsfrekvens på 57 %. Norge presterer også godt, med 51 % som får riktig svar på oppgaven, mot et internasjonalt gjennomsnitt på 41 %. Det er med andre ord ikke slik at elevene i de nordiske landene presterer svakt på alle de oppgavene som er klassifisert som algebra i TIMSS Advanced 2015. Det er da interessant å se hva som skiller denne oppgaven fra de to tidligere algebraoppgavene.

Begge de tidligere oppgavene var rene algebraoppgaver uten noen kontekst fra dagligliv eller yrkesliv. I denne oppgaven får

Ei bedrift lagar boksar med sylindarform som har diameter 6 cm, og som kan innehalde 600 cm^3 suppe. Bedrifta ønskjer å endre diameteren til boksane, men halde høgda uendra, slik at boksane kan innehalde 750 cm^3 suppe. Kva må den nye diameteren vere?

Vis framgangsmåten.

Land	Prosent elever i ulike svarkategorier			
	Helt korrekt	Delvis korrekt	Ikke korrekt	Ikke besvart
Sverige	57	9	25	8
Russland (utvalg)	55	12	20	12
Norge	51	24	17	8
Portugal	43	14	35	8
USA	41	18	36	4
Russland	40	12	31	17
Libanon	36	13	32	19
Frankrike	32	12	42	14
Slovenia	32	33	27	7
Italia	32	9	35	24

elevene et problem presentert i det vi kan anta er en vanlig form i de nordiske landene, hvor man legger relativt mer vekt på anvendelser enn på kunnskaper i ren, formell matematikk. Dette er derfor en type oppgave som vi i utgangspunktet ville anta at elevene i Norge og Sverige har relativt god trening i å løse. De tidligere oppgavene var det vi kan kalle rene matematikkoppgaver, mens dette er en oppgave i det vi kan kalle anvendt matematikk. I norsk læreplan legges det, på alle nivåer i skolen, stor vekt på at elevene skal lære matematikk i en konkret og praktisk setting.

Det er positivt at elevene i begge de nordiske land presterer godt på denne oppgaven. Det framstår som noe problematisk at de presterer så vidt svakt på de to foregående oppgavene. For elever som trenger kunnskaper i algebra for videre utdanning og yrker, er det ikke tilstrekkelig at de er gode bare til å løse enkelte konkrete

problemer som de antagelig har blitt trent i. Styrken til algebra ligger i det abstrakte element som gjør at denne typen kunnskap skal kunne være et godt redskap til å løse et mangfold av problemer. I den kommende matematikkboka fra TIMSS Advanced vil vi gå dypere inn på problemstillingene omkring undervisning og læring av matematikk i norsk skole.

Eksempeloppgave 5 (MA23187)

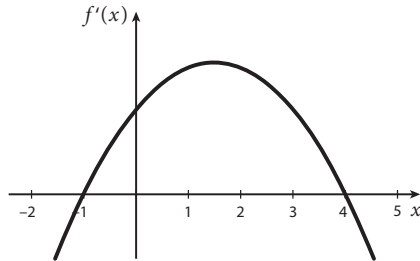
Dette er en kalkulusoppgave på høyt kompetansenivå. Elevene får et bilde av en graf som representerer den førstederiverte til en ikke oppgitt funksjon. Elevene får så gitt fire alternative grafer hvor de skal velge ut den som mest sannsynlig kan representere grafen til den opprinnelige funksjonen. Elevene må ha en forståelse av sammenhengen mellom en funksjon og funksjonens førstederiverte for å kunne løse oppgaven; særlig nyttig er det å ha kunnskap om hvordan fortegnet til den deriverte endrer seg avhengig av om funksjonen er stigende eller synkende. Grafen til den førstederiverte gir at den opprinnelige funksjonen må være synkende for x -verdier mellom -2 og -1 , voksende for x -verdier mellom -1 og $+4$, og synkende fra $+4$ og oppover. Det er bare alternativ D som skifter fra stigende til synkende for $x = 4$, alle de tre andre alternativene skifter fra stigende til synkende for $x = 2$. Alternativ D gir derfor det riktige svaret.

Alternativt kunne oppgaven vært løst ved å se på hvilke verdier av x som gir mulige ekstrempunkter, maksimum eller minimum, for funksjonen. I ekstrempunkter vil den førstederiverte til en funksjon være null. I oppgaven er den førstederiverte null for $x = -1$ og for $x = 4$, og det er bare alternativ D som har disse to ekstrempunktene.

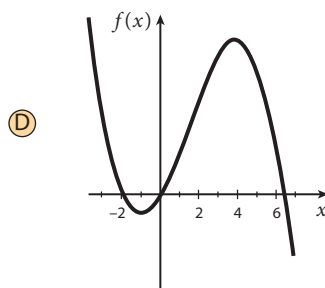
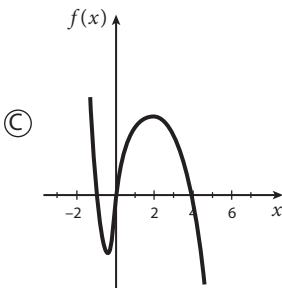
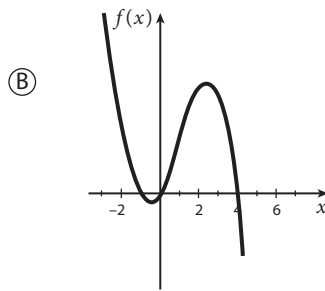
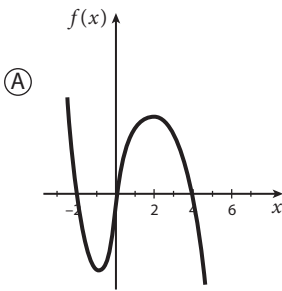
Det internasjonale gjennomsnittet for å løse denne oppgaven var 50 %. De norske og de svenske elevene presterer henholdsvis

litt over og litt under dette, men forskjellen fra det internasjonale gjennomsnittet er ikke signifikant for noen av landene. Denne oppgaven kan illustrere at på området kalkulus ligger norske elevers prestasjoner generelt nært opp til det internasjonale gjennomsnittet.

Grafen til den førstederiverte av funksjonen f er vist under.



Hvilken graf ser ut til å passe best med f ?

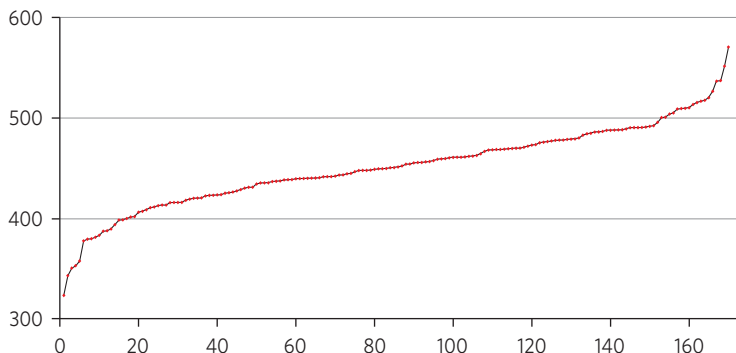


Land	Prosent elever som svarer ulike alternativer				
	A	B	C	D	IB
Russland (utvalg)	7	13	8	69	4
Libanon	7	15	11	60	8
USA	9	21	7	58	5
Russland	8	17	14	58	4
Portugal	7	23	11	54	5
Norge	11	21	9	53	7
Frankrike	9	23	13	50	5
Sverige	11	22	11	49	7
Slovenia	13	31	17	34	5
Italia	10	28	17	32	13

2.6 Variasjon i prestasjoner mellom klasser

Praktisk talt alle videregående skoler i Norge med studieforberedende utdanningsprogram deltok i TIMSS Advanced 2015 enten i matematikk eller i fysikk, omtrent halvparten i hvert fag. For mer om dette, se kapittel 7. Utvalget i Norge på 170 klasser i matematikk er derfor relativt stort i forhold til populasjonen, som var alle norske elever med Matematikk R2. På skolene deltok alle klassene i det faget som skolen deltok i. En analyse av forskjellene i prestasjoner i ulike klasser kan gi oss interessant informasjon om situasjonen i skole-Norge.

Figur 2.5 viser gjennomsnittlige prestasjoner for de 170 klassene som var med i matematikkstudien. Ifølge tabell 1.1 er Norge et av de landene som har relativt liten variasjon i elevprestasjoner totalt sett. Her ser vi kun på variasjonen mellom klasser. Vi ser at det er til dels store variasjoner. De lavest presterende klassene har et gjennomsnitt ned mot 300 poeng, mens de høyest presterende klassene



Figur 2.5 Variasjon i prestasjoner blant de 170 norske matematikklassene som ble testet i TIMSS Advanced 2015.

nærmer seg 600 poeng. For å vurdere størrelsen av forskjellene kan vi sammenlikne med tabellen over de ulike lands prestasjoner, se tabell 1.1. Vi ser at en forskjell på 100 poeng, et standardavvik, er ganske stor sammenliknet med forskjellene mellom landene. I det norske materialet er det 18 klasser med gjennomsnittlig prestasjon på 500 poeng eller mer, og det er 17 klasser med prestasjon på 400 poeng eller mindre. Det er altså mer enn 100 poengs forskjell i prestasjon mellom disse ganske store undergruppene av de totalt 170 klassene som er med i studien. Man må alltid regne med en viss variasjon i gjennomsnittlige prestasjoner mellom klasser, men vi snakker her om et relativt lite utvalg av det vi kan kalle ekspert-elevene i matematikk, de som har valgt den høyeste faglige fordypningen det siste året på videregående skole.

I den kommende boka om matematikk i TIMSS Advanced 2015 vil vi bruke mer avanserte tonivåanalyser for gå dypere inn på variasjoner mellom enkeltelever, klasser og skoler. I TIMSS Advanced 2008 fikk vi interessant informasjon blant annet om betydningen av lekser ved hjelp av slike analyser (Grønmo, Onstad & Pedersen, 2010), med klare indikasjoner på at mer tid på lekser i en klasse samsvarte med bedre prestasjoner i klassen. Samtidig fant vi ingen slik sammenheng for enkeltelever.

2.7 Kort oppsummering

Resultatene for norske elever er relativt svake når vi sammenlikner med andre land, spesielt hvis vi tar med i vurderingen den relativt lave andelen av årskullet som velger full fordypning i matematikk siste året i videregående skole. Det positive er at det ser ut til at man nå har greid å snu den negative trenden i elevenes faglige prestasjoner i matematikk også i videregående skole. Etter 2000-årsskiftet målte vi tilbakegang i prestasjoner både på barnetrinn, ungdomstrinn og videregående skole, en trend som først endret seg og ble positiv på barnetrinn og ungdomstrinn, og som nå også ser ut til å gjelde for videregående skole.

I kapittel 4 og kapittel 5 presenterer vi en del resultater om sammenhengen mellom prestasjoner og ulike typer bakgrunnsvariable, som elevers syn på undervisning, elever og læreres bakgrunn, lærernes tilfredshet i jobben og elevenes trivsel på skolen. Dette sammen med de resultatene vi har presentert i de tre første kapitlene i boka, danner en basis for oppsummeringen og drøftingen i kapittel 6.

KAPITTEL 3

Fysikk i videregående skole

Arne Hole og Liv Sissel Grønmo

3.1 Prestasjoner og deltakelse i fysikk

Som vi så i kapittel 1, finner vi en sterk tilbakegang i norske elevers fysikkprestasjoner når vi sammenlikner resultatene fra TIMSS Advanced 2015 med de tilsvarende studiene i 2008 (Lie et al., 2010) og 1995 (Angell et al., 1999). Målt på prestasjonsskalaen forankret i 1995-studien har Norge gått fra å være et høytpresterende land til å være et land som presterer omtrent på skalamidtpunktet. Samtidig er et iøynefallende trekk ved fysikkresultatene at de aller fleste land har gått tilbake. Som resultat av dette plasserer Norge seg fortsatt høyt på listen over fysikkprestasjoner i 2015. (Men merk at dekningsgraden er relativt lav.) Legger man utviklingen i de landene som har deltatt i TIMSS Advanced til grunn, kan det se ut som om vi har en generell negativ internasjonal trend når det gjelder fysikkprestasjoner over de to foregående tiårene. Man kan spørre seg om fysikk er et fag som for tiden nedprioriteres i den generelle internasjonale utviklingen av skolesystemene. Her må man imidlertid ta i betraktning at utvalget av land som deltar i TIMSS Advanced, er svært begrenset. For eksempel deltar ingen land fra Sørøst-Asia.

Som i matematikk har vi valgt noen land, såkalte referanseland, som vi sammenlikner med i en del figurer og tabeller. Landene er

valgt på bakgrunn av at de har deltatt i tidligere TIMSS Advanced-studier, på bakgrunn av at de har en relativt høy andel elever som har valgt fysikk og matematikk siste året på videregående skole, og på bakgrunn av relevans i norsk skoledebatt.

Som nevnt er det viktig å poengtere at det er *to* tall som er avgjørende når det gjelder vurdering av resultater i TIMSS Advanced: prestasjonsdata (skår) og dekningsgrad. I fysikk deltar Norge med en populasjon som vi kan kalle fysikkspesialistene. Denne populasjonen består av de elevene i videregående skole som velger full fordypning i fysikk, altså programfaget Fysikk 1 på Vg 2 (12. trinn) og programfaget Fysikk 2 på Vg 3 (13. trinn). Fysikk er et viktig grunnlagsfag for ulike studier innen teknologiske og naturvitenskapelige fag, og derfor er det av stor betydning hvilken prosentandel av kullet det norske utdanningssystemet bringer opp til et gitt faglig nivå i fysikk.

Resultatene i kapittel 1 viser at den norske dekningsgraden i fysikk har gått nedover sammenliknet med tidligere studier: I 1995 utgjorde populasjonen av fysikkspesialister i videregående skole 8,4 % av årskullet. Det vil si at dekningsgraden var 8,4 %. I 2008 var dekningsgraden falt til 6,8 %, og i 2015 er den på 6,5 %. Her har man en markant annerledes utvikling i Sverige. Sverige deltok i 2015 med en fysikkpopulasjon som hadde dekningsgrad 14,3 %. Dette var en økning på 3,3 prosentpoeng sammenliknet med 2008. Likevel ligger Sveriges dekningsgrad i 2015 fortsatt under den svenske dekningsgraden i 1995, som var 16,3 %. Samtidig har Sverige fra 1995 til 2015 hatt et fall på 123 poeng i prestasjonsnivå, et fall som er enda mer dramatisk enn det norske fallet på 74 poeng. Slik sett kan man si at den negative utviklingen i fysikk i stor grad er felles for Norge og Sverige. Men ser man på tidsbildet tegnet av 2015-dataene alene, er dekningsgraden i Sverige (14,3 %) mer enn dobbelt så stor som den norske (6,5 %). Når det gjelder betydning for utdanningssystemet som helhet, bør forskjellen i fysikkskår mellom Norge og Sverige vurderes opp mot dette.

Data fra TIMSS-studier på ulike nivåer i skolesystemet gir også muligheter for å analysere hvordan prestasjoner for gitte årskull utvikler seg over tid. I forbindelse med fysikk fra TIMSS Advanced 2015 er det særlig relevant å sammenlikne med prestasjoner innen fagområdet fysikk i TIMSS 2011 for 8. trinn og prestasjoner innen fysikk/kjemi i TIMSS 2007 for 4. trinn. Kullet som utgjorde 4. trinn i 2007, utgjorde 8. trinn i 2011 og 12. trinn i 2015. Dette passer ikke helt med TIMSS Advanced 2015, siden denne undersøkelsen målte kullet som utgjorde 13. trinn i 2015. Imidlertid er det rimelig å anta at prestasjonene bakover i tid for *foregående kull* vil ha en sammenheng med tilsvarende prestasjoner for et gitt kull, forutsatt at det ikke er gjort vesentlige læreplanendringer eller liknende. I denne sammenheng er naturligvis innføringen av Kunnskapsløftet i 2006 relevant. Kullet som ble målt i TIMSS Advanced 2015, utgjorde 4. trinn i 2006. Sammenliknet med årskullet som ble målt på 4. trinn i TIMSS 2007 og deretter på 8. trinn i TIMSS 2011, har disse altså hatt ett år mindre andel av sin skolegang med Kunnskapsløftet som læreplan. Gitt måten Kunnskapsløftet ble innfaset på, er det imidlertid liten grunn til å anta at denne forskjellen har avgjørende betydning. Figur 3.1 viser prestasjoner for de omtalte årskullene.

Sett med norske øyne indikerer figur 3.1 en positiv utvikling for de gitte årskullene over tid. Sammenliknet med de andre landene

2007 - fysikk/kjemi 4. trinn		2011 - fysikk 8. trinn		2015 - TIMSS Advanced fysikk (13. trinn Norge)	
Land	Forskjell i skår fra skalamidtpunkt (500)	Land	Forskjell i skår fra skalamidtpunkt (500)	Land	Forskjell i skår fra skalamidtpunkt (500)
Russland	52 (5,6)	Russland	47 (3,6)	Slovenia	31 (2,5)
USA	35 (3,1)	Slovenia	32 (2,8)	Russland	8 (7,1)
Slovenia	28 (2,3)	USA	13 (2,5)	Norge	7 (4,6)
Italia	20 (3,6)	Sverige	-2 (3,2)	Sverige	-45 (5,9)
Sverige	9 (3,2)	Italia	-10 (2,8)	USA	-63 (9,7)
Norge	-39 (3,5)	Norge	-19 (3,4)	Libanon	-90 (4,5)
Frankrike	00	Libanon	-95 (5,4)	Italia	-126 (6,9)
Libanon	00	Frankrike	00	Frankrike	-127 (4,0)

Figur 3.1 Prestasjoner i fysikk for årskull som omtrent tilsvarende kullet av elever testet i fysikk på 13. trinn i TIMSS Advanced 2015. Landene uten data deltok ikke i studiene.

gjør de norske elevene det relativt dårlig i fysikk/kjemi og fysikk på henholdsvis 4. trinn og 8. trinn, men de går så forbi flere av de andre landene når vi beveger oss opp til 13. trinn. Dette kan indikere at lav prioritering av naturfag i grunnskolen ikke er det mest avgjørende for resultater i fysikk på 13. trinn. Det er grunn til å tro at andre faktorer spiller inn her. Blant faktorene vi omtaler i denne rapporten, er relasjonen mellom fysikk og matematikk. På den annen side er det rimelig å anta at kvaliteten på naturfagundervisningen i grunnskolen også påvirker *dekningsgraden* som måles i TIMSS Advanced fysikk. Det bør bemerkes at dekningsgraden naturligvis også påvirkes av andre faktorer, som for eksempel opp- takskrav til ulike former for høyere utdanning.

3.2 Kjønnforskjeller i prestasjoner og deltakelse

Tabell 3.1 viser prosentandeler av de testede fysikkpopulasjonene som er henholdsvis jenter og gutter. Norge er et av de landene som har lavest jenteandel i fysikk, det er bare Portugal som ligger lavere med 25 % mot vår 29 %. I land som Frankrike og Italia er nærmere halvparten av fysikkelevne jenter, henholdsvis 47 % og 46 %. At Norge har et mer kjønnsdelt arbeidsmarked enn mange andre land i Europa (SSB, 2016) ser altså ut til å avspeile seg allerede i de valg elevene gjør i videregående skole. Tiltak i Norge med sikte på å øke rekrutteringen av jenter til realfag ser ikke ut til å ha vært tilstrekkelige.

I tabell 3.1 er prosentene regnet i forhold til totalt antall elever som ble testet. Vi ser at Norge er nær bunnen i jenteandel blant landene som deltok i TIMSS Advanced 2016 fysikk. Hvis vi regner prosenter i forhold til hele årskullet, blir noen av forskjellene enda tydeligere. Tabell 3.2 og figur 3.2 viser prosentandelen *av hele årskullet jenter* som tar full fordypning i fysikk i videregående skole.

Tabell 3.1 Deltakelse og prestasjoner i fysikk i TIMSS Advanced 2015 fordelt på kjønn.

Land	Skår			Prosent av populasjonen	
	Jenter	Gutter	Absolutt forskjell	Jenter	Gutter
Libanon	417 (5,2)	406 (6,4)	11 (8,2)	37 (1,5)	63 (1,5)
Sverige	448 (6,1)	459 (6,6)	11 (4,9)	41 (1,4)	59 (1,4)
Portugal	456 (6,2)	470 (5,1)	14 (6,8)	25 (1,9)	75 (1,9)
Russland	498 (7,9)	514 (7,3)	16 (5,8)	42 (1,2)	58 (1,2)
Norge	489 (6,0)	515 (4,8)	26 (5,3)	29 (1,2)	71 (1,2)
Slovenia	510 (6,5)	540 (3,7)	29 (8,6)	30 (1,7)	70 (1,7)
Italia	356 (7,3)	389 (8,4)	32 (7,8)	46 (1,1)	54 (1,1)
Frankrike	354 (4,2)	390 (4,6)	35 (3,8)	47 (0,9)	53 (0,9)
USA	409 (11,9)	455 (9,3)	46 (7,1)	39 (1,6)	61 (1,6)

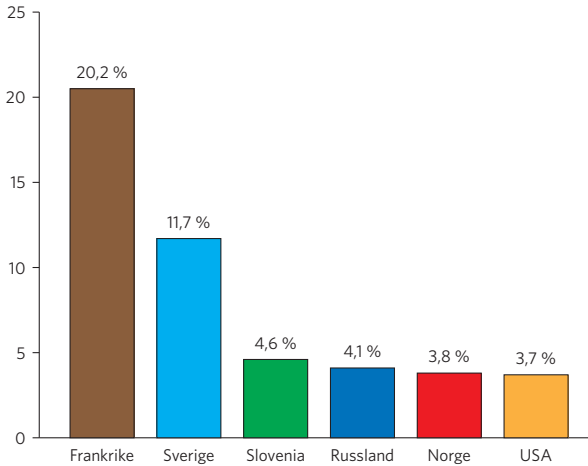
KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Tabell 3.2 Prosentandel av hele årskullet jenter som er med i populasjonen testet i fysikk i TIMSS Advanced 2015.

Land	Beregning	Prosent av jenteårskullet som velger fysikk
Slovenia	$0,076 \cdot 0,30 \cdot 2$	4,6
Frankrike	$0,215 \cdot 0,47 \cdot 2$	20,2
Sverige	$0,143 \cdot 0,41 \cdot 2$	11,7
USA	$0,048 \cdot 0,39 \cdot 2$	3,7
Russland	$0,049 \cdot 0,42 \cdot 2$	4,1
Norge	$0,065 \cdot 0,29 \cdot 2$	3,8

Tallene i denne tabellen framkommer fra jenteandelen i tabell 3.1 ved å multiplisere med landenes dekningsgrad i tabell 1.2 og deretter multiplisere med 2. Vi antar altså her at hvert årskull som helhet består av 50 % jenter og 50 % gutter.

I Norge tok altså kun 3,8 % prosent av jentene i årskullet for TIMSS Advanced 2015 full fordypning i fysikk i videregående skole.



Figur 3.2 Prosentandel av hele årskullet jenter som er med i populasjonen testet i fysikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

Dette plasserer Norge nær bunnen på en liste over jenteandeler i årskullet som tilhører den testede populasjonen av fysikkspecialister. Det tilsvarende tallet for Norge i 2008-studien var 3,9 %. Sett i relasjon til kjønnspolitiske målsetninger for utdanning innen teknologi og realfag i Norge er dette verdt å reflektere over.

Disse tallene framstår enda mer dramatiske for Norge når man tar i betraktning at det i vårt land ikke finnes noen naturlig utvidelse av den testede populasjonen i fysikk. Det er ikke noe annet kursopplegg i fysikk til topps i norsk videregående skole enn det vi tester her; vi har ingen mulighet til å bringe den norske dekningsgraden opp ved å inkludere en annen fagkombinasjon. For matematikk kunne vi i prinsippet brakt den norske dekningsgraden opp ved å inkludere også elever fra Matematikk S2 (KD, 2006) i den testede populasjonen. Det er rimelig å tro at norske prestasjoner i matematikk da ville gått (kraftig) ned, men dekningsgraden ville gått opp. I fysikk i TIMSS Advanced 2015 var

imidlertid *alle* elever som har fysikk fordypning til topps i videregående skole, inkludert i den testede populasjonen i Norge.

Tabell 3.1 viser også prestasjonsdata i fysikk fordelt på kjønn. Vi ser at norske gutter gjennomsnittlig presterer 26 poeng bedre enn norske jenter i fysikk. Denne forskjellen er signifikant, på samme måte som den var det i 2008-studien, hvor norske gutter presterte gjennomsnittlig 25 poeng bedre enn jentene. Endringen i prestasjonsgap mellom jenter og gutter fra TIMSS Advanced i 2008 til 2015 i Norge er imidlertid ikke signifikant.

3.3 Prestasjoner fordelt på kompetansenivåer

TIMSS Advanced 2015 har definert tre kompetansenivåer i fysikk, betegnet som avansert, høyt og middels kompetansenivå. Tekstboks 3.1 gir en generell beskrivelse av disse kompetansenivåene.

Tekstboks 3.1 Beskrivelser av de tre kompetansenivåene i fysikk, TIMSS Advanced

Avansert kompetansenivå (625 poeng i TIMSS Advanced måleskala)

Elevene viser forståelse for fysiske lover og løser problemer i praktiske og abstrakte kontekster. De anvender kunnskap om bevegelse av legemer i fritt fall, om varme og temperatur og om elektriske kretser og elektriske felt. Elevene viser teoretisk og praktisk forståelse for magnetfelt og egenskaper ved mekaniske og elektromagnetiske bølger, og viser teoretisk og praktisk forståelse for atom- og kjernefysikk. Elevene kan planlegge eksperimenter og tolke resultater, trekke ut informasjon fra komplekse diagrammer og grafer som representerer fysiske begreper, og bruke dette til å løse oppgaver, gjøre utregninger i flere trinn for fysiske størrelser i et bredt spektrum av fysiske kontekster, trekke konklusjoner om fysiske fenomener og gi forklaringer som viser vitenskapelig kunnskap.

(fortsetter neste side)

Tekstboks 3.1 (fortsatt)**Høyt kompetansenivå
(550 poeng i TIMSS Advanced måleskala)**

Elevene anvender grunnleggende fysiske lover til å løse oppgaver i ulike situasjoner. De bruker kunnskap om kraft og bevegelse, viser forståelse for lovene om bevaring av energi og bevegelsesmengde, og bruker kunnskaper om varme og temperatur til å løse oppgaver. Elevene bruker kunnskap om Ohms lov og Joules lov til elektriske kretser, løser oppgaver om ladde partikler i elektriske og magnetiske felt, og bruker kunnskap om magnetfelt og elektromagnetisk induksjon til å løse oppgaver. De viser forståelse for fenomener tilknyttet elektromagnetiske bølger og kunnskap om kjerne-reaksjoner. Elevene tolker informasjon i komplekse diagrammer og grafer som representerer fysiske begreper, utleder formler og gjennomfører beregninger av fysiske størrelser i mange ulike fysiske kontekster, vurderer forklaringer på fysiske fenomener, og gir korte forklaringer som viser vitenskapelig kunnskap.

**Middels kompetansenivå
(475 poeng i TIMSS Advanced måleskala)**

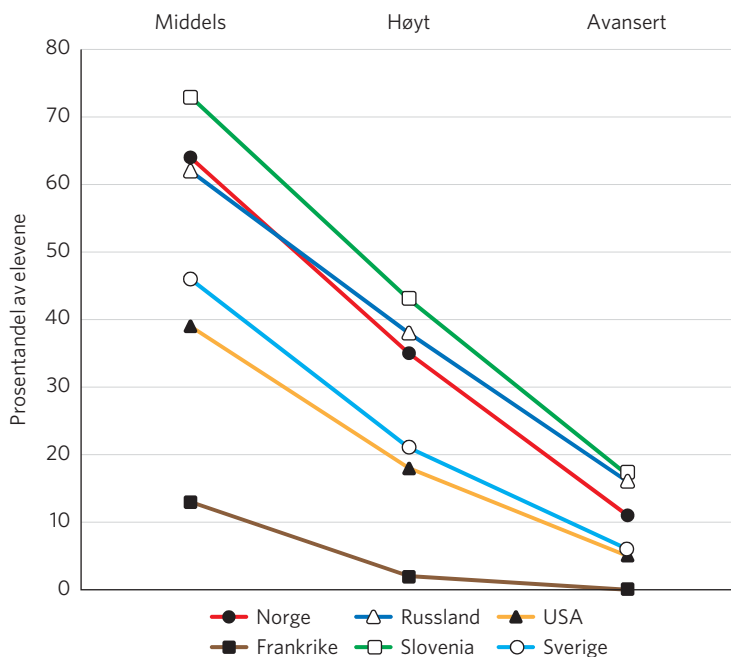
Elevene viser noe grunnleggende kunnskap om fysikken som ligger under en del ulike fenomener. De bruker sine kunnskaper om kraft og bevegelse til å løse oppgaver, anvender kunnskap om varme og temperatur på energioverføringer, og anvender bevaringslover i hverdagslige og abstrakte situasjoner. De viser kunnskaper om elektriske felt, punktladninger og elektromagnetisk induksjon. Elevene anvender kunnskaper om fenomener tilknyttet mekaniske og elektromagnetiske bølger og kunnskaper om atom- og kjernefysikk for å løse oppgaver. Elevene tolker informasjon i diagrammer og grafer for å løse oppgaver, beregner fysiske størrelser i mange ulike kontekster, og vurderer utsagn som er forklaringer på fysiske fenomener.

Tabell 3.3 viser prosentandelen av testede elever som når opp til de ulike kompetansenivåene i fysikk. Figur 3.3 illustrerer resultatene for referanselandene.

Tabell 3.3 Prosentandel elever som når de ulike kompetansenivåene i fysikk, TIMSS Advanced 2015.

Land	Prosentandel elever som når kompetansenivået	● Avansert ○ Høyt ● Middels			Avansert kompetansenivå (625)	Høyt kompetansenivå (550)	Middels kompetansenivå (475)	Dekningsgrad fysikk
		Avansert	Høyt	Middels				
Slovenia		17 (1,4)	43 (1,5)	73 (1,6)	7,6 %			
Russland		16 (2,2)	38 (2,5)	62 (2,2)	4,9 %			
Norge		11 (0,9)	35 (1,9)	64 (2,0)	6,5 %			
Sverige		6 (0,8)	21 (1,6)	46 (2,3)	14,3 %			
USA		5 (0,9)	18 (2,1)	39 (3,3)	4,8 %			
Portugal		3 (0,7)	16 (1,6)	46 (3,0)	5,1 %			
Italia		1 (0,4)	7 (0,8)	22 (1,6)	18,2 %			
Libanon		1 (0,4)	6 (0,8)	25 (1,9)	3,9 %			
Frankrike		0 (0,1)	2 (0,4)	13 (1,1)	21,5 %			
Internasjonal median		5	18	46				

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015



Figur 3.3 Prosentandel elever som når de ulike kompetansenivåene i fysikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

Tabell 3.4 Prosentandel elever som når de ulike kompetansenivåene i fysikk, TIMSS Advanced 1995, 2008 og 2015.

Land	Avansert nivå (625)			Høyt nivå (550)			Middels nivå (475)		
	Prosent elever			Prosent elever			Prosent elever		
	2015	2008	1995	2015	2008	1995	2015	2008	1995
Slovenia	17	12	15	43	44	45	73	77	73
Russland	16	19	21	38	42	53	62	66	77
Norge	11	11	28	35	43	68	64	79	93
Sverige	6	7	25	21	30	66	46	62	92
USA	5		3	18		13	39		41
Italia	1	2		7	11		22	31	
Libanon	1	0		6	8		25	36	
Frankrike	0		2	2		16	13		48

● Prosent i 2015 signifikant høyere

⊙ Prosent i 2015 signifikant lavere

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Tabell 3.4 viser trenddata for prosentandelene som når de ulike kompetansenivåene. I 1995 nådde hele 28 % av de norske elevene opp til avansert nivå i fysikk. Samtidig nådde de aller fleste elevene den gang (93 %) opp til middels nivå. I 2015 nådde kun 11 % avansert nivå, men enda mer slående er det kanskje at kun 64 % nå nådde opp til middels nivå. Mens det i 1995 altså var et fåtall elever som ikke oppnådde et middels godt kompetansenivå, er det omtrent 1/3 av elevene, altså en stor minoritet, som ikke oppnår dette i 2015.

Tabell 3.4 viser at utviklingen i Sverige er ganske parallell med den norske. De svenske fallene i prosenter er enda kraftigere, men på den annen side har Sverige har hatt en mye bedre utvikling i dekningsgrad enn Norge i løpet av disse tiårene.

I et internasjonalt perspektiv er det interessant å merke seg at i tabell 3.4 er det tilbakegang nesten overalt. Den brede nedgangen indikerer at slik TIMSS Advanced måler kompetanse i fysikk, har fysikk som skolefag vært på vikende front internasjonalt i de siste par tiårene.

Imidlertid må det her tas med i betraktning at dekningsgraden har økt for en del land. Som tidligere nevnt er det også et vesentlig poeng at utvalget av land som deltar i TIMSS Advanced, er begrenset. For eksempel er ingen land fra Øst-Asia med.

3.4 Prestasjoner fordelt på fagområder

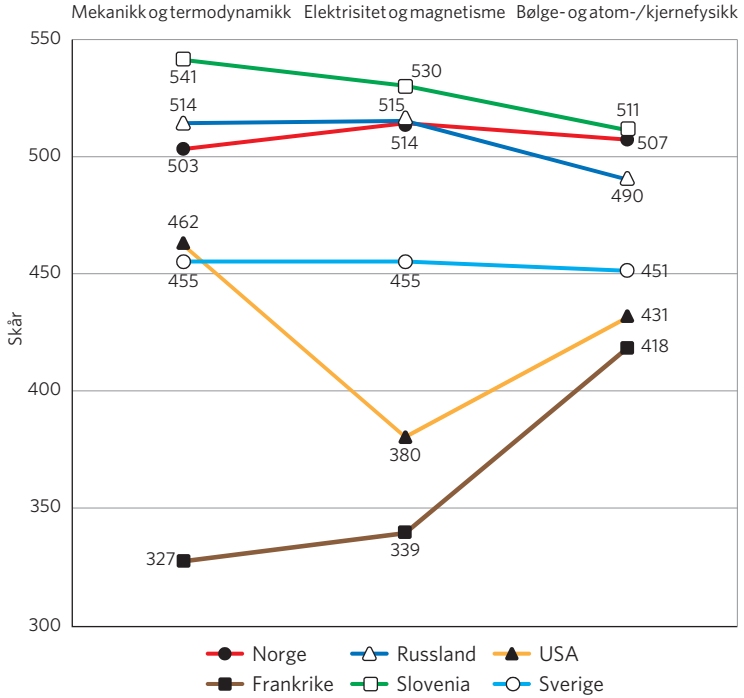
Tabell 3.5 viser prestasjoner i fysikk fordelt på fagområder for de seks utvalgte landene i fysikk i TIMSS Advanced 2015. Figur 3.4 illustrerer resultatene for disse landene.

Fra figur 3.4 ser vi at *Mekanikk og termodynamikk* er et relativt svakt område for Norge, mens *Elektrisitet og magnetisme* er relativt sterkt. Forskjellene er imidlertid små. Blant de tre fagområdene er det kun *Mekanikk og termodynamikk* som viser et prestasjonsnivå *signifikant* forskjellig fra den generelle fysikkskåren i Norge. Tallene i tabell 3.5 er ikke sammenliknbare med data fra 2008, siden inndelingen i emneområder er endret. En overordnet konklusjon er at kompetansen til norske fysikkelever er tilnærmet jevnt fordelt over fagområdene. Dette er en annen situasjon enn vi finner i matematikk, der norske elever er spesielt svake i algebra og sterkere i geometri.

Norges prestasjoner innen termodynamikk (varmelære) er interessante å diskutere i sammenheng med endringene i læreplaner som ble gjort i 2006. Mens fysikkpopulasjonen som ble testet i 2008, fulgte planen fra Reform 94 (KUF, 1994), fulgte populasjonen fra 2015 den nye planen (KD, 2006). Blant endringene er at i den nye

Tabell 3.5 Prestasjoner fordelt på fagområder i fysikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Mekanikk og termodynamikk	514	462	327	541	455	503
Elektrisitet og magnetisme	515	380	339	530	455	514
Bølger og atom-/kjernefysikk	490	431	418	511	451	507



Figur 3.4 Prestasjoner fordelt på fagområder i fysikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

Tabell 3.6 Antall temaer i TIMSS Advanced fysikk som er dekket i landenes læreplaner.

Land	All fysikk (22 temaer)	Mekanikk og termodynamikk (9 temaer)	Elektrisitet og magnetisme (6 temaer)	Bølger og atom-/kjernefysikk (7 temaer)
Frankrike	15	5	3	7
Italia	17	4	6	7
Libanon	22	9	6	7
Norge	21	9	6	6
Portugal	19	8	5	6
Russland	20	9	6	5
Slovenia	22	9	6	7
Sverige	22	9	6	7
USA	21	9	6	6

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

planen behandles en del temaer i termodynamikk (varmelære) kun kvalitativt, mens de i den tidligere planen ble gitt en kvantitativ og noe mer omfattende behandling. Vi kommer tilbake til dette i delkapitlene 3.5 (eksempler på oppgaver) og 3.7 (læreplaner).

Tabell 3.6 viser de ulike landenes dekning av de faglige temaene som inngikk i fysikkdelen av TIMSS Advanced 2015. Emneområdene i tabell 3.6 henviser til oversikten over temaer vist i tabell 3.7.

Vi ser fra tabell 3.6 at det er godt samsvar mellom den norske læreplanen i fysikk og det faglige innholdet i fysikkdelen av TIMSS

Tabell 3.7 Faglige temaer/emner i TIMSS Advanced 2015 fysikk.

TIMSS Advanced 2015 Mechanics and Thermodynamics Topics

- 1) **Newton's Laws:** Applying Newton's laws and laws of motion
- 2) **Forces:** Forces, including frictional force, acting on a body
- 3) **Body Moving in a Circular Path:** Forces acting on a body moving in a circular path; the body's centripetal acceleration, speed, and circling time
- 4) **The Law of Gravitation:** The law of gravitation in relation to the movement of celestial objects
- 5) **Kinetic and Potential Energy:** Kinetic and potential energy; conservation of mechanical energy
- 6) **Conservation of Momentum:** The law of conservation of momentum; elastic and inelastic collisions
- 7) **The First Law of Thermodynamics**
- 8) **Heat Transfer:** Heat transfer and specific heat capacities
- 9) **Ideal Gases:** The law of ideal gases; expansion of solids in relation to temperature change

TIMSS Advanced 2015 Electricity and Magnetism Topics

- 1) **Coulomb's Law:** Electrostatic attraction or repulsion between isolated charged particles—Coulomb's law
- 2) **Charged Particles in an Electric Field**
- 3) **Electrical Circuits:** Electrical circuits; Ohm's law and Joule's law
- 4) **Charged Particles in a Magnetic Field**
- 5) **Magnetism:** Relationship between magnetism and electricity; magnetic fields around electric conductors; electromagnetic induction
- 6) **Faraday's and Lenz's Laws:** Faraday's and Lenz's laws of induction

TIMSS Advanced 2015 Wave Phenomena and Atomic/Nuclear Physics Topics

- 1) **Mechanical Waves:** Mechanical waves; the relationship between speed, frequency, and wavelength
- 2) **Electromagnetic Radiation:** Electromagnetic radiation; wavelength and frequency of various types of waves (radio, infrared, visible light, x-rays, gamma rays)
- 3) **Thermal Radiation:** Thermal radiation, temperature, and wavelength
- 4) **Reflection, Refraction, Interference, and Diffraction**
- 5) **The Atom:** The structure of the atom and its nucleus; atomic number and atomic mass; electromagnetic emission and absorption and the behavior of electrons
- 6) **Wave-Particle Duality:** Wave-particle duality and the photoelectric effect; types of nuclear reactions and their role in nature and society; radioactive isotopes
- 7) **Mass-Energy Equivalence:** Mass-energy equivalence in nuclear reactions and particle transformations

Advanced 2015. Merk imidlertid at denne måten å rapportere på ikke fullt ut beskriver distinksjonen mellom kvalitativ og kvantitativ behandling. I tilfellet A9 (se tabell 3.7) er det opplagt at loven for ideelle gasser etter læreplanendringen i 2006 ikke lenger kan betraktes som innenfor det norske pensumet. På den annen side er A9 i prinsippet innenfor norsk pensum, selv om behandlingen etter pensumomleggingen primært er kvalitativ. Manglende kvantitativ behandling slår likevel ut når elevene møter oppgaver i TIMSS Advanced. Se eksempeloppgave 4 i seksjon 3.5.

3.5 Eksempler på oppgaver i fysikk

Skal man vurdere relevansen av en studie som TIMSS Advanced for norsk skole, er kjennskap til hva studien *faktisk måler rent faglig*, avgjørende. Rammeverket for det faglige innholdet i studien gir et omtrentlig bilde av dette, men det er først og fremst eksempler på *fagoppgaver fra studien* som kan gi informasjon om vanskelighetsgrad og faglig vinkling i en norsk skolekontekst. Det er derfor avgjørende at man i studier som TIMSS Advanced åpent og grundig diskuterer så mange av de benyttede fagoppgavene som mulig. Offentliggjøring av *alle* oppgavene benyttet i TIMSS Advanced 2015 er ikke mulig på det nåværende tidspunkt, siden en betydelig andel av disse skal brukes også i neste gjennomføring av TIMSS Advanced, da som *trendoppgaver*. Oppgaver som ikke er trendoppgaver, kan i prinsippet offentliggjøres.

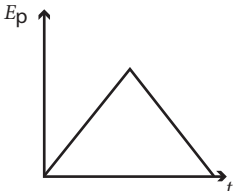
I denne rapporten gir vi kun fem eksempler på oppgaver i hvert av fagene matematikk og fysikk fra TIMSS Advanced 2015. I våre senere utfyllende rapporter for hvert fag vil vi følge opp med gjennomgang av alle oppgaver som kan offentliggjøres.

Eksempeloppgave 1 (PA23071)

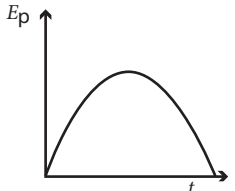
Denne oppgaven er en flervalgsoppgave, og den ble i TIMSS Advanced 2015 målt til å ligge på *middels kompetansenivå*. Den er plassert under fagområdet *Mekanikk og termodynamikk*. Oppgavens tema er potensiell energi. Dette er et grunnleggende begrep innen mekanikk. Potensiell energi E_p er proporsjonal med høyden h over et valgt nullnivå. For å løse oppgaven korrekt må elevene for det første klare å tolke teksten. De må altså forstå at ballen ruller opp skråplanet inntil den stopper av seg selv og ruller ned igjen. Videre må de klare å tolke de grafiske framstillingene korrekt, noe som er en *matematisk* kompetanse. Alternativene C og D kan ikke være korrekte, fordi de viser en utvikling der potensiell energi først avtar og så øker. Fra resultatene ser vi at alternativ A er den mest valgte distraktoren. Dette er ikke overraskende, da denne i likhet med det

Ein ball blir dytta i gang og rullar oppover eit skråplan. Etter ei stund snur ballen og rullar nedover att. Kva for ein graf skildrar BEST korleis den potensielle energien til ballen varierer som funksjon av tida?

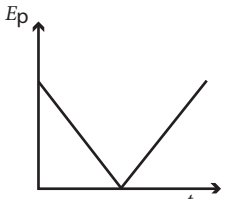
(A)



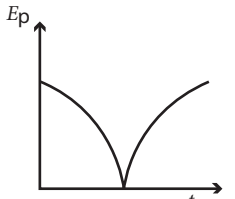
(B)



(C)



(D)



Land	Prosent elever som svarer ulike alternativer				
	A	B	C	D	IB
Slovenia	27	64	5	4	0
Sverige	19	61	6	14	1
Portugal	33	60	4	2	0
Libanon	33	60	3	3	1
USA	27	60	6	6	2
Norge	33	58	5	4	1
Frankrike	23	57	9	12	0
Italia	31	51	7	9	3
Russland	44	45	6	4	0

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced, 2015

korrekte alternativet B viser en situasjon der potensiell energi først øker og så avtar. For å skille mellom A og B må elevene bruke at kulen gradvis vil *redusere farten sin* oppover skråplanet inntil den når punktet der den snur. Da vil også høyden øke saktere. Dermed kan ikke potensiell energi øke jevnt, slik som vist i A. (IB i tabellen er forkortelse for ikke besvart.)

Vurdert i forhold til norske læreplaner for fysikk og matematikk tester denne oppgaven sentrale kompetanser. Den tester kjennskap til begrepet potensiell energi, evne til å forstå grafiske framstillinger og evne til å forestille seg en fysisk situasjon. Regneteknisk sett er oppgaven ikke vanskelig vurdert i en norsk skolekontekst. Fra resultatene ser vi at Norge gjør det relativt dårlig på denne oppgaven, i den betydning at Norges skår på oppgaven ligger lenger nede på listen enn Norges plassering på listen over generelle prestasjoner. Se tabell 1.2.

Eksempeloppgave 2 (PA33005)

Denne oppgaven er en åpen oppgave, og den ble i TIMSS Advanced 2015 målt til å ligge på *middels kompetansenivå*. Den er plassert under fagområdet *Bølgefeneromener og atom/kjernefysikk*. Resultatene fra oppgaven er vist i tabellen.

Et dyr som lever i sjøen lager en lyd med en frekvens på $1,00 \cdot 10^2$ Hz under vannet.

Lyden blir fanget opp over vannoverflaten.

Lydhastigheten i luft ved $20\text{ }^\circ\text{C}$ og 1 atm er 343 m/s. Hva er bølgelengden til lyden etter at den har kommet ut i luften når temperaturen er $20\text{ }^\circ\text{C}$?

Svar: _____m

Land	Prosent elever i ulike svarkategorier		
	Korrekt	Ikke korrekt	Ikke besvart
Portugal	73	16	12
Slovenia	72	20	8
Russland	64	17	19
Norge	59	24	17
Libanon	59	19	22
Sverige	53	28	19
USA	53	35	12
Frankrike	47	30	23
Italia	43	20	37

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study –TIMSS Advanced 2015

Oppgavens tema er lydbølger. For å løse oppgaven må elevene bruke at bølgenes *frekvens* ikke endres når bølgene går fra vann over til luft. Da vet de at lydbølgenes fart i luft er $v = 343$ m/s og at frekvensen er $f = 100$ Hz. De kan dermed bruke den kjente likningen $v = \lambda \cdot f$ til å finne bølgelengden λ , som blir $\lambda = v/f = 3,43$ meter.

Oppgaven er interessant blant annet fordi prosentandelen norske elever som besvarer den riktig, er såpass lav som 59 %. Det er

rimelig å tro at dette har å gjøre med den *praktiske fysikkforståelsen* som kreves for å innse at frekvensen til lydbølgene bevares ved overgangen til luft. Antakelig ville enda flere norske elever fått til denne oppgaven hvis korresponderende verdier av frekvens og fart var eksplisitt oppgitt, slik at det bare var å sette inn i formelen.

Eksempeloppgave 3 (PA33058)

Denne oppgaven er en åpen oppgave, og den ble målt til å ligge på *høyt kompetansenivå*. Den er plassert under fagområdet *Mekanikk og termodynamikk*.

Rolf står på ski ned en bakke. Ved bunnen av bakken, når farten hans er 5 m/s, kolliderer han med David som står stille. De fortsetter sammen i samme retning. Rolf veier 60 kg og David veier 90 kg. Anta at det ikke er noen friksjon.

Hvilken felles fart har David og Rolf rett etter kollisjonen?

Vis arbeidet ditt, inkludert de likningene du bruker.

Svar: _____ m/s

Land	Prosent elever i ulike svarkategorier			
	Helt korrekt	Delvis korrekt	Ikke korrekt	Ikke besvart
Norge	57	11	23	10
Slovenia	49	15	32	4
Libanon	47	17	24	12
Russland	37	33	15	15
USA	35	17	42	6
Portugal	29	5	45	21
Sverige	25	9	50	16
Italia	12	6	36	45
Frankrike	11	5	47	36

Som i eksempeloppgave 1 er temaet mekanikk. I motsetning til eksempeloppgave 1 krever imidlertid denne oppgaven at elevene gjør en *utregning*. Utregningen her må baseres på loven om *bevaring av bevegelsesmengde* (impuls). Bruker de denne loven, ledes elevene fram til en sammenheng av typen

$$60 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m/s} = (60 \text{ kg} + 90 \text{ kg}) \cdot v$$

Her er v farten de skal finne. Løser man med hensyn på v , finner man at farten er 2 m/s.

Norske elever presterte meget bra på denne oppgaven; Norge er på toppen av listen internasjonalt. Dette setter det norske resultatet fra eksempeloppgave 1 i perspektiv. Prosentandelen norske studenter som fikk til denne oppgaven, er omtrent lik prosentandelen som fikk til eksempeloppgave 1, en oppgave som internasjonalt ble målt til å ligge på et lavere kompetansenivå. Det viser også at det langt fra er noe *gjennomført* trekk at norske elever gjør det dårligere på kvantitative oppgaver enn kvalitative. Jamfør delkapittel 6.6.

Eksempeloppgave 4 (PA33075)

Denne oppgaven er en åpen oppgave, og den ble målt til å ligge på *høyt kompetansenivå*. Den er plassert under fagområdet *Mekanikk og termodynamikk*. Resultatene fra oppgaven er vist i tabellen.

Opgaven dreier seg om kvantitativ behandling av varmelære. For å finne riktig svar må elevene multiplisere vannets masse (0,5 kg)

Markus drikker 0,50 l vann. Vannet har en temperatur på 4,0 °C og blir deretter varmet opp til 37,0 °C i kroppen hans.

Hvor mye energi kreves for denne økningen av temperatur i vannet? Den spesifikke varmekapasiteten til vann er 4,2 kJ/(kg·°C).

Vis arbeidet ditt, inkludert de likningene du bruker.

Svar: _____ kJ

Land	Prosent elever i ulike svarkategorier		
	Korrekt	Ikke korrekt	Ikke besvart
Slovenia	77	21	2
Russland	68	24	9
Portugal	57	34	10
Sverige	53	31	15
Italia	39	23	38
Frankrike	29	43	28
USA	26	59	15
Norge	17	60	23
Libanon	12	38	51

ILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study -TIMSS Advanced- 2015

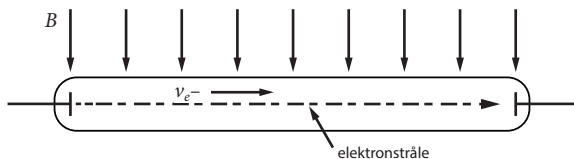
med temperaturdifferansen på 33 °C og den oppgitte spesifikke varmekapasiteten på 4,2 kJ per kg og grad. Multiplikasjon gir det korrekte svaret 69,3 kJ. (Avrunding til 69 kJ eller 70 kJ ble også god tatt.)

Norge gjør det svært dårlig her. En sannsynlig forklaring er at denne typen varmelære etter læreplanomleggingen i 2006 (for Fysikk 2, gjeldende fra 2009) kun behandles kvalitativt (KD, 2006; KUD, 1992; KUF, 1994). Dette er en av oppgavene den norske TIMSS Advanced-gruppa vurderer som utenfor det norske pensumet i 2015. Etter læreplanen som gjaldt for kullet testet i 2008, ville oppgaven blitt vurdert som innenfor det norske pensumet. Mer om dette i delkapittel 3.7.

Eksempeloppgave 5 (PA33120)

Denne oppgaven er en flervalgsoppgave, og den ble målt til å ligge på *avansert kompetansenivå*. Den er plassert under fagområdet *Elektrisitet og magnetisme*.

En stråle med elektroner går fra venstre mot høyre inne i et lufttomt glassrør.



Glassrøret blir utsatt for et homogent magnetisk felt som har retning nedover slik som vist på figuren. Hva vil skje med elektronene i strålen?

- (A) Strålen bøyer seg inn i arket.
- (B) Strålen bøyer seg ut av arket.
- (C) Strålen bøyer seg nedover.
- (D) Strålen bøyer seg oppover.

Land	Prosent elever som svarer ulike alternativer				
	A	B	C	D	IB
Russland	23	50	16	8	2
Norge	33	39	12	13	2
Sverige	23	39	19	16	3
Slovenia	37	36	16	10	1
Libanon	18	28	26	15	14
Italia	24	27	28	14	8
USA	21	23	36	20	1
Portugal	11	13	42	31	3
Frankrike	--	--	--	--	100

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

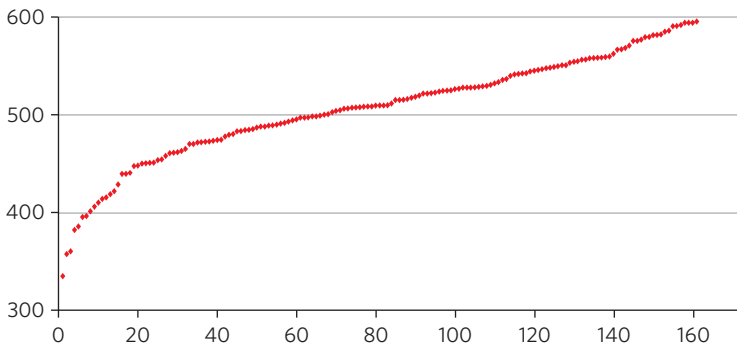
Oppgaven er en beintfram anvendelse av kraftlikningen $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ for en ladning q som beveger seg i et magnetfelt \mathbf{B} med fart \mathbf{v} , der vi har høyrehåndsregelen for kraftretningen. En typisk feil er å glemme at siden dette er et elektron, er ladningen q negativ. Denne feilen leder til svaralternativ A, som vi ser representerer den klart mest populære distraktoren i Norge.

Sammenliknet med andre land gjør Norge det bra, men likevel var det kun 39 % av de norske elevene som besvarte oppgaven korrekt. Denne oppgaven viser at oppgaver som i TIMSS Advanced blir målt til å ligge på avansert kompetansenivå, ikke nødvendigvis er vanskelige sett i en norsk skolekontekst.

3.6 Variasjon i prestasjoner mellom klasser

Figur 3.5 viser hvordan gjennomsnittlig prestasjonen i de 161 klassene som deltok i fysikkstudien, fordelte seg. Merk at klassene har ulike størrelser, disse størrelsene fremgår ikke av figur 3.5. Som nevnt i kapittel 7 samplet vi i TIMSS Advanced 2015 praktisk talt alle skoler i enten matematikk eller fysikk. Derfor er mengden samlede klasser (161) stor i forhold til det totale antall klasser som hadde Fysikk 2 i 2015. Figur 3.5 gir derfor et ganske pålitelig bilde av forskjellene som finnes i skole-Norge når det gjelder nivå i klassene som har Fysikk 2.

For å vurdere størrelsen av forskjellene i figur 3.5 kan vi sammenlikne med tabellen over de ulike lands prestasjoner, se tabell 1.2.



Figur 3.5 Variasjon i prestasjoner blant de 161 norske fysikklassene som ble testet i TIMSS Advanced 2015.

Vi ser at en forskjell på 100 poeng er ganske stor sammenliknet med forskjellene mellom landene. I det norske materialet er det 22 klasser med gjennomsnittlig prestasjon på over 560 poeng, og det er 27 klasser med gjennomsnittlig prestasjon under 460 poeng. Det er altså mer enn 100 poengs forskjell i gjennomsnittlig prestasjon mellom disse ganske store undergruppene av de totalt 161 samlede klassene.

Figur 3.5 setter også Norges tilbakegang i fysikkskår fra 1995 til 2015 i perspektiv. Norges *gjennomsnittlige* skår i 1995 var 581. I studien fra 2015 var det kun 12 av 161 klasser der gjennomsnittlig skår var 581 eller høyere.

3.7 Norske læreplanendringer

Årskullet som ble testet i TIMSS Advanced 1995, var det siste kullet som ikke ble omfattet av Reform 94 (R 94) (Lie et al., 2010). Disse fulgte altså fysikkplanen fra *før* denne reformen (KUD, 1992). Samtidig var kullet som ble testet i TIMSS Advanced 2008, det siste årskullet som fulgte planene fra Reform 94 (KUF, 1994). Årskullet som ble testet i 2015-studien, fulgte læreplanen innført i Kunnskapsløftet (LK06) (KD, 2006). Dette gir gode muligheter for å se resultater fra TIMSS Advanced i relasjon til de norske læreplanendringene. De tre planene har mye til felles, men noen endringer av betydning for fysikk i TIMSS Advanced finnes det. En i denne sammenheng vesentlig endring er at visse fagtemaer i fysikkplanen har gått fra en kvantitativ behandling til en utelukkende kvalitativ. I fysikkplanen fra LK06 er loven om ideelle gasser ute, og det samme er kvantitativ behandling av varmekapasitet og faseoverganger (KD, 2006). Dette stoffet var med i planen fra Reform 94. Se også planen fra 1992 (KUD, 1992). Med andre ord ble vesentlige deler av termofysikken fjernet fra den norske læreplanen i 2006, og det som ble igjen, skulle behandles

kvalitativt. Det gjenværende stoffet om varmelære ble plassert i Fysikk 1, ikke i Fysikk 2. For temaene nevnt ovenfor er kvantitative oppgaver definert som innenfor det internasjonale rammeverket i TIMSS Advanced. Resultatet er at noen fysikkoppgaver i TIMSS Advanced 2015 som etter de gamle læreplanene ville blitt vurdert som *innenfor* det norske pensumet, etter den nye planen må vurderes som *utenfor*. Et eksempel på en slik oppgave er eksempeloppgave 4 i delkapittel 3.5.

Kvantitativ behandling av faglige temaer i fysikk styrker relasjonen mellom matematikk og fysikk i skolen. Datamaterialet fra TIMSS Advanced inneholder flere typer indikasjoner på viktigheten av samspillet mellom disse fagene. I (Nilsen, Angell & Grønmo, 2013) vises det at norske elevers prestasjoner på fysikkoppgaver i TIMSS Advanced 2008 i betydelig grad ble begrenset av sviktende matematikkunnskaper. I seksjon 4.4 finner vi at det eneste enkeltspørsmålet i lærerspørreskjemaet fra TIMSS Advanced 2015 som gav signifikant korrelasjon med prestasjonsdata, var lærerens svar på spørsmålet om i hvilken grad manglende *matematikkunnskaper* hos elevene er en begrensende faktor i undervisningen. Vi kommer tilbake til relasjonen mellom matematikk og fysikk i norsk videregående skole i kapittel 6.

KAPITTEL 4

Undervisning og prestasjoner

Arne Hole og Liv Sissel Grønmo

TIMSS Advanced 2015 hadde fem spørreskjemaer som ble brukt til datainnhenting: et *skolespørreskjema* til rektor/skoleleder, et *lærerspørreskjema* i hvert av fagene matematikk og fysikk og et *elevspørreskjema* i hvert av de to fagene. Alle de fem skjemaene finnes tilgjengelig på www.timss.no. I dette kapitlet ser vi spesielt på faktorer relatert til undervisning, som bruk av lekser, bruk av digitale hjelpemidler, elevenes syn på fagene og undervisningen i henholdsvis matematikk og fysikk.

4.1 Bruk av lekser

Det har i lang tid vært mye diskusjon om lekser i skolen (Cooper, 2001). I dagens skole er selve begrepet lekser problematisk å definere. Noen skoler gir elevene oppgaver som ikke er hjemmearbeid, men som likevel skal løses utenom tiden hvor faglæreren er til stede. Dette blir en form for «lekser» som skal utføres i løpet av skoletiden. Det varierer også innad i land og mellom land hvor lang tid elevene tilbringer på skolen, og i hvilken grad de får oppgaver som skal gjøres hjemme.

Det har vært hevdet at bruk av lekser fører til større forskjeller mellom elevene, avhengig av om de får hjelp til leksene hjemme eller ikke (Rønning, 2011). Dette har vært brukt som et argument mot lekser, og temaet har særlig vært problematisert når det gjelder elever i grunnskolen. Det har vært gjennomført mange studier som har konkludert med at lekser ser ut til å ha en positiv effekt på elevenes læring, men at effekten er større på de høyere trinnene i skolen (Cooper, Robinson & Patall, 2006). I den nasjonale boka om TIMSS Advanced fra studien i 2008 (Grønmo et al., 2010) ble det funnet en sammenheng mellom hvor mye tid en klasse brukte på lekser, og hvor godt elevene presterte på den faglige testen i matematikk. En klasse som samlet brukte mer tid på lekser, presterte bedre på den faglige testen enn klasser som brukte mindre tid på lekser. Samtidig ble det funnet en svak, men negativ sammenheng på elevnivå som viste at elever som brukte mer tid på leksene, tenderte til å prestere svakere enn elever som brukte mindre tid (ibid.). Dette resultatet fra analyser av TIMSS Advanced-elever i matematikk i 2008-studien viser hvor komplisert området lekser er. Også dette er et resultat som samsvarer med tidligere forskning på området (Trautwein, 2007).

Tidligere forskning har også pekt på at mange andre faktorer enn *mengde* lekser er viktige når man skal vurdere hvordan leksene fungerer i en læringsprosess, som hvilken type lekser som gis, hvordan læreren følger opp leksene, og i hvilken grad det er en variasjon i type lekser. I denne boka vil vi legge hovedvekten på å drøfte hvilken type lekser som elevene får. I de kommende bøkene om matematikk og fysikk i videregående skole tar vi sikte på å gjøre flere analyser av lekser. I alle landene unntatt Sverige svarer 93–100 % av lærerne i matematikk at de gir elevene lekser. I Sverige er det bare 62 % av matematikkelevne som får lekser.

Tabell 4.1 viser hvilke *typer lekser* elevene får i de ulike landene basert på lærernes svar på spørsmål om dette. Figur 4.1 viser hvilke

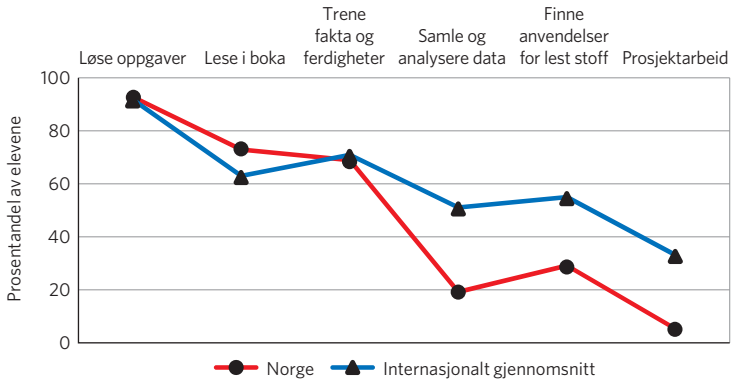
Tabell 4.1 Typer lekser gitt i matematikk i ulike land i TIMSS Advanced 2015.

Land	Prosentandel elever med lærere som «alltid» eller «nesten alltid» gir den aktuelle typen lekser					
	Løse oppgaver	Lese i læreboka	Lære formler og framgangs måter	Samle og analysere data	Finne anvendelser for lest stoff	Prosjektarbeid
Frankrike	100 (0,3)	42 (3,1)	90 (1,9)	68 (2,6)	43 (3,3)	20 (2,3)
Italia	98 (1,0)	80 (3,0)	71 (2,8)	58 (3,3)	73 (3,2)	27 (2,8)
Libanon	93 (1,9)	79 (2,4)	84 (2,2)	83 (2,7)	84 (2,4)	56 (4,8)
Norge	93 (2,6)	73 (4,4)	69 (4,5)	19 (3,5)	29 (4,4)	5 (2,1)
Portugal	94 (1,9)	63 (3,3)	54 (3,8)	44 (4,1)	58 (3,6)	13 (2,0)
Russland	100 (0,0)	95 (1,5)	96 (1,3)	89 (2,0)	93 (1,5)	73 (3,3)
Russland (utvalg)	100 (0,0)	92 (1,7)	91 (2,7)	84 (2,5)	89 (2,7)	72 (4,3)
Slovenia	97 (1,0)	38 (3,0)	76 (3,1)	33 (2,3)	29 (3,5)	21 (2,5)
Sverige	60 (4,4)	38 (3,4)	22 (3,0)	15 (2,9)	24 (3,3)	18 (2,5)
USA	98 (1,4)	58 (3,5)	78 (2,5)	52 (4,1)	65 (4,1)	63 (3,6)
Internasjonalt gjennomsnitt	92 (0,7)	63 (1,1)	71 (1,0)	51 (1,1)	55 (1,1)	33 (1,0)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

typer lekser norske matematikklærere gir sine elever sammenliknet med internasjonalt gjennomsnitt (Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016).

Tallene i figur 4.1 er prosentandel studenter med lærere som svarte «Av og til» eller «Alltid eller nesten alltid» på spørsmål om hvor ofte de gir den aktuelle typen lekser. Norske lærere ligger på det internasjonale gjennomsnittet på å løse oppgaver, og på å trene fakta og ferdigheter. I de tre siste kategoriene med lekser i figuren ligger norske lærere klart under det internasjonale gjennomsnittet. Alle disse kategoriene går på å gi elevene lekser hvor de selv skal være aktive på ulike måter, for eksempel ved å samle inn og analysere data, eller hvor de skal finne anvendelser for stoff de har lært.



Figur 4.1 Typer lekser gitt i matematikk i Norge sammenliknet med internasjonalt gjennomsnitt, TIMSS Advanced 2015.

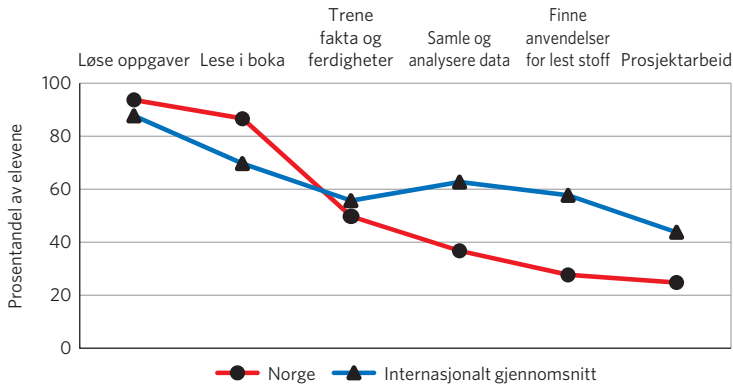
Tabell 4.2 og figur 4.2 viser tilsvarende resultater i fysikk. Informasjonen er også her tatt fra lærerspørreskjemaet. Som i matematikk er det mest vanlig i alle landene at elevene får lekser, men variasjonen i hvor mange prosent som får lekser er noe større enn den var i matematikk. I seks land svarer 93–100 % av fysikk lærerne at de gir elevene lekser. I Sverige, Slovenia og Portugal er det henholdsvis 71 %, 69 % og 82 % som gir lekser i fysikk. Som i matematikk er det en vesentlig lavere andel av elevene som får lekser i fysikk i Sverige enn i Norge, 71 % mot 95 % i Norge.

I Figur 4.2 ser vi at bildet i fysikk er ganske likt bildet i matematikk. Norge ligger over det internasjonale gjennomsnittet i leksekategoriene «Løse oppgaver» og «Lese i boka», mens vi ligger klart under gjennomsnittet i kategoriene «Samle og analysere data», «Finne anvendelser for lest stoff» og «Prosjektarbeid». Dette tyder på at lekser i den norske fysikkundervisningen brukes på en svært tradisjonell måte. De tre kategoriene der Norge ligger lavt, beskriver aktivitetspregede leksevarianter der elevene selv må lete og finne fram til data og gjøre egne vurderinger. Det ser ut til at norske

Tabell 4.2 Typer lekser gitt i fysikk i ulike land i TIMSS Advanced 2015.

Land	Prosentandel elever med lærere som "alltid" eller "nesten alltid" gir den aktuelle typen lekser					
	Løse oppgaver	Lese i læreboka	Lære formler og framgangs måter	Samle og analysere data	Finne anvendelser for lest stoff	Prosjektarbeid
Frankrike	97 (0,6)	56 (3,0)	92 (1,3)	77 (2,6)	44 (3,0)	4 (2,0)
Italia	97 (1,2)	90 (2,3)	67 (3,0)	62 (3,4)	74 (2,6)	38 (3,7)
Libanon	96 (1,4)	86 (2,3)	89 (3,3)	87 (3,2)	89 (2,8)	60 (3,6)
Norge	94 (2,2)	87 (2,8)	50 (3,9)	37 (3,7)	28 (3,9)	25 (3,7)
Portugal	80 (3,8)	45 (4,9)	19 (3,2)	52 (4,7)	62 (4,3)	43 (5,4)
Russland	100 (0,0)	100 (0,0)	97 (1,4)	94 (1,7)	96 (1,2)	82 (2,8)
Slovenia	69 (2,2)	39 (4,6)	34 (3,5)	51 (4,5)	50 (3,5)	28 (2,9)
Sverige	70 (3,9)	62 (4,7)	18 (2,8)	35 (3,9)	27 (3,1)	38 (3,7)
USA	93 (4,4)	66 (5,8)	42 (5,6)	75 (5,4)	53 (5,7)	66 (6,0)
Internasjonalt gjennomsnitt	88 (0,9)	70 (1,3)	56 (1,1)	63 (1,3)	58 (1,2)	44 (1,3)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study -TIMSS Advanced 2015



Figur 4.2 Typer lekser gitt i fysikk i Norge sammenliknet med internasjonalt gjennomsnitt, TIMSS Advanced 2015.

lærere, både i matematikk og fysikk, som oftest gir lekser som går på å løse oppgaver. Dette resultatet samsvarer med funnene fra TIMSS Advanced i 2008, at fysikk og matematikk i skolen i Norge preges av oppgaveløsning i større grad enn i en del andre land (Grønmo et al., 2010).

4.2 Digitale hjelpemidler i undervisningen

I boka fra TIMSS Advanced 2008 ble det pekt på det paradoksale i at de to landene som hadde størst tilbakegang i matematikk og fysikk fra 1995-studien, Sverige og Norge, var de to landene hvor elevene rapporterte om utstrakt bruk av kalkulatorer, og gjerne mer avanserte kalkulatorer enn i mange andre land (Grønmo et al., 2010). Tabell 4.3 viser hvor stor andel av matematikkelevne som har tilgang til digitale hjelpemidler, tabell 4.4 viser det samme for fysikkelevne. Norge er det eneste landet hvor 100 % av elevene i både matematikk og fysikk har tilgang til slike hjelpemidler. Merk også at verken i matematikk eller i fysikk er det noen generell tendens til at tilgjengelighet av digitale hjelpemidler ser ut til å øke elevenes prestasjoner.

I dataene fra TIMSS Advanced er tendensen heller at i land med høy tilgjengelighet presterer matematikkelever *uten* slike hjelpemidler vel så godt som elever med digitale hjelpemidler. Dette gjelder for Sverige, Frankrike og Slovenia, land hvor henholdsvis 97 %, 86 % og 75 % har slike hjelpemidler. I land hvor færre elever har slike hjelpemidler (bare rundt 60 %), er tendensen litt den motsatte. Det gjelder land som Italia, Russland og Libanon. Bruk av digitale hjelpemidler er også et komplekst område å forske på. Det er ikke bare et spørsmål om man har de digitale hjelpemidlene eller ikke, men i like stor grad et spørsmål om hvordan og hvor mye de brukes (Sandstad, 2012). Se også rapporten fra ICILS 2013 (Hatlevik & Throndsen, 2015).

Tabell 4.3 Elevenes tilgang til digitale hjelpemidler i matematikkundervisningen, TIMSS Advanced 2015.

Land	Digitale hjelpemidler er tilgjengelige for elever i matematikktimene		
	Prosent elever	Skår	
		Ja	Ja
Frankrike	86 (2,2)	460 (3,3)	470 (6,6)
Italia	58 (3,6)	430 (7,4)	417 (10,4)
Libanon	49 (3,3)	543 (5,2)	521 (3,5)
Norge	100 (0,0)	462 (4,5)	~ ~
Portugal	78 (3,1)	485 (3,0)	477 (5,6)
Russland	64 (4,1)	486 (7,2)	480 (8,0)
Russland (utvalg)	68 (4,5)	542 (6,7)	536 (20,6)
Slovenia	75 (2,3)	458 (4,2)	465 (6,4)
Sverige	97 (1,5)	435 (4,2)	445 (8,3)
USA	92 (1,6)	485 (6,0)	485 (13,6)
Internasjonalt snitt	78 (0,9)	472 (1,7)	470 (2,9)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

I TIMSS Advanced 2008 gjennomførte vi analyser på både elevnivå og klassenivå for å undersøke om det hadde noen påvirkning på elevenes resultater i matematikk hvor mye de brukte disse hjelpemidlene. Siden hele 92 % av elevene oppga at de brukte digitale hjelpemidler hele tiden, var det ikke mulig å trekke noen klare konklusjoner på om det hadde noen betydning hvor mye elevene brukte digitale verktøy (Grønmo et al., 2010). I TIMSS Advanced 2015 oppgir lærerne at alle elevene i Norge har slike hjelpemidler tilgjengelig. Det er derfor vanskelig å si hvordan bruk av slike hjelpemidler henger sammen med elevenes prestasjoner i vårt land. Det vi kan gjøre, er å reflektere litt rundt hvordan dette varierer i andre land og mellom land, siden graden av tilgang på digitale

Tabell 4.4 Elevenes tilgang til digitale hjelpemidler i fysikkundervisningen, TIMSS Advanced 2015.

Land	Digitale hjelpemidler tilgjengelige for elever i fysikktimene		
	Prosent elever	Skår	
		Ja	Ja
Frankrike	87 (2,3)	375 (4,2)	371 (9,4)
Italia	59 (3,8)	372 (8,8)	388 (10,0)
Libanon	33 (3,3)	405 (7,0)	413 (6,0)
Norge	100 (0,0)	505 (4,6)	~ ~
Portugal	76 (4,5)	469 (5,4)	462 (8,0)
Russland	90 (2,5)	509 (7,9)	499 (16,9)
Slovenia	80 (1,8)	529 (3,0)	539 (7,0)
Sverige	99 (0,9)	456 (6,2)	~ ~
USA	89 (3,8)	440 (11,1)	456 (18,1)
Internasjonalt snitt	79 (1,0)	451 (2,3)	447 (4,4)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

hjelpemidler varierer en del i de andre landene som er med i TIMSS Advanced 2015. Lavest tilgjengelighet i både matematikk og fysikk finner vi i Libanon og Italia. I Russland har 90 % av fysikkelevne tilgang til digitale hjelpemidler, mot bare 64 % og 68 % i de to russiske matematikkpopulasjonene. I Libanon er bildet det motsatte, her har en større andel elever tilgang til slike hjelpemidler i matematikk. For de landene der det faktisk finnes fysikkstudenter som *ikke* har digitale hjelpemidler tilgjengelig, er det ingen generell tendens til at digitale hjelpemidler øker prestasjonene.

4.3 Elevenes syn på faget og undervisningen

Et sentralt spørsmål i all undervisning er hvordan elevene opplever den undervisningen de får. Er læreren flink til å engasjere elevene i å lære faget, er elevene motivert til å jobbe hardt og systematisk for å lære? Hvilket syn har elevene på faget? Tidligere rapporter fra både TIMSS, TIMSS Advanced og PISA har vist en positiv korrelasjon mellom elevenes holdninger til fagene de skal lære, deres selvpoppfatning i faget og deres faglige prestasjoner (Grønmo et al., 2004; Kjærnsli et al., 2004; Grønmo et al., 2010). Elevspørreskjemaene i matematikk og fysikk brukt i TIMSS Advanced 2015 inneholder mange spørsmål som omhandler elevenes syn på fagene og på den undervisningen de får i dem. Vi skal her beskrive noen funn knyttet til hvor engasjerende elevene finner undervisningen, hvor godt elevene sier de liker faget, og betydningen av å gi elevene kognitive utfordringer.

Engasjerende undervisning

Tabell 4.5 og figur 4.3 viser matematikkresultater for et konstrukt vi har kalt *Engasjerende undervisning*. Dette konstruktet er en samlevariabel basert på svar på 14 spørsmål fra elevspørreskjemaene. Spørsmålene for matematikk er gjengitt i tekstmønstret 4.1. Spørsmålene i fysikk var tilsvarende, bortsett fra at alle forekomster av «matematikk» var byttet med «fysikk». For mer informasjon om konstruktet, se kapittel 7.

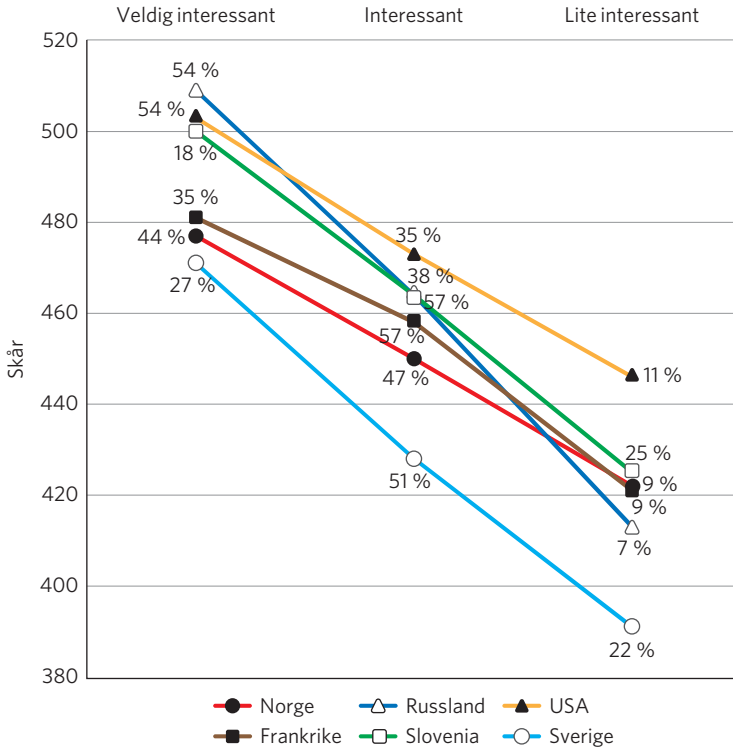
Resultatene i tabell 4.5 viser en klar sammenheng i alle land mellom hvor engasjerende elevene sier de synes undervisningen er, og hvor gode faglige resultater de har i matematikk. Gjennomsnittlig prestasjon for de norske elevene som sier at de finner undervisningen veldig interessant, er 477 poeng, mens den for elevene som finner undervisningen *interessant*, er 450 poeng. De norske elevene som

Tabell 4.5 Resultater for konstruktet *Engasjerende undervisning* i matematikk, TIMSS Advanced 2015.

Land	Veldig interessant		Interessant		Mindre interessant	
	Prosent av elever	Skår	Prosent av elever	Skår	Prosent av elever	Skår
Libanon						
Jenter	69 (3,4)	539 (5,2)	28 (3,4)	523 (8,5)	4 (0,9)	492 (21,0)
Gutter	66 (2,0)	538 (4,4)	28 (1,9)	517 (6,2)	5 (0,9)	538 (14,5)
Russland (utvalg)						
Jenter	61 (2,7)	543 (9,9)	35 (2,3)	512 (9,7)	5 (0,9)	482 (17,1)
Gutter	60 (2,5)	562 (8,1)	36 (2,3)	532 (9,8)	4 (0,6)	515 (13,2)
Russland						
Jenter	54 (2,9)	503 (7,0)	39 (2,2)	460 (7,0)	7 (1,1)	409 (13,2)
Gutter	54 (1,9)	514 (6,8)	38 (1,5)	469 (6,5)	8 (0,9)	416 (15,3)
USA						
Jenter	55 (1,7)	486 (7,1)	34 (1,4)	459 (6,7)	12 (1,2)	428 (12,3)
Gutter	53 (2,7)	519 (6,0)	37 (2,6)	485 (13,8)	10 (1,3)	465 (13,1)
Norge						
Jenter	42 (2,9)	471 (5,2)	47 (2,2)	448 (6,0)	11 (1,5)	411 (8,9)
Gutter	45 (2,4)	480 (5,7)	47 (1,5)	452 (5,4)	8 (1,4)	432 (8,0)
Portugal						
Jenter	45 (2,2)	496 (3,5)	43 (1,7)	474 (3,8)	12 (1,5)	454 (5,7)
Gutter	39 (1,9)	499 (4,0)	45 (1,7)	486 (3,2)	16 (1,5)	439 (8,3)
Frankrike						
Jenter	36 (1,9)	465 (3,8)	55 (1,7)	443 (3,5)	9 (1,0)	416 (7,1)
Gutter	33 (1,7)	496 (4,3)	58 (1,5)	471 (3,8)	8 (1,0)	425 (7,4)
Sverige						
Jenter	26 (1,9)	466 (5,9)	50 (2,0)	423 (6,0)	24 (2,0)	382 (8,2)
Gutter	27 (1,9)	474 (6,4)	53 (1,5)	431 (4,2)	20 (1,6)	399 (7,1)
Italia						
Jenter	25 (1,9)	434 (13,5)	50 (1,8)	431 (6,6)	26 (2,2)	414 (7,9)
Gutter	25 (1,7)	426 (8,7)	53 (1,3)	425 (7,9)	22 (1,9)	395 (9,2)
Slovenia						
Jenter	16 (1,1)	485 (6,6)	57 (1,7)	454 (4,3)	27 (2,0)	420 (4,0)
Gutter	22 (1,5)	516 (8,8)	57 (1,9)	478 (5,2)	21 (1,9)	435 (6,3)
Internasjonalt snitt						
Jenter	41 (0,8)	483 (2,3)	44 (0,7)	457 (2,0)	15 (0,5)	425 (3,6)
Gutter	41 (0,7)	496 (2,1)	46 (0,6)	468 (2,3)	13 (0,5)	438 (3,5)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

ikke finner undervisningen interessant, har en gjennomsnittlig prestasjon helt nede på 422. Nå er det ikke overraskende å finne en sammenheng som dette mellom slike faktorer, og våre data sier ingenting om hvilken vei påvirkningen går. Mestring er i seg selv motiverende. Det kan like gjerne være at elever som lykkes i en



Figur 4.3 Resultater for konstruktet *Engasjerende undervisning* i matematikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

rimelig grad, vil vurdere undervisningen som mer interessant enn de som ikke lykkes så godt. Det kan være rimelig å anta at disse faktorene påvirker hverandre gjensidig.

Sammenlikner vi resultatene for hvor interessant norske elever finner matematikkundervisningen med resultatene for elevene i andre land, er de norske resultatene omtrent midt på treet. Elevene i noen land gir uttrykk for mer tilfredshet med undervisningen enn det de norske elevene gjør, mens elevene i andre land gir uttrykk for mindre tilfredshet med undervisningen. Det kan se ut til at i land med stor dekningsgrad gir elevene i noe større grad

uttrykk for at de ikke er så fornøyd med undervisningen. Dette kan skyldes at i land med høy dekningsgrad vil elevgruppen være mindre homogen, og at det derfor er flere elever som ikke er genuint opptatt av faget.

I tabell 4.6 og figur 4.4 finner vi resultater for sammenheng mellom engasjerende undervisning og prestasjoner i fysikk. Bildet for fysikk har mange likhetstrekk med det vi fant for matematikk,

Tekstboks 4.1 Spørsmålene fra elevspørreskjemaet i matematikk som konstruert *Engasjerende undervisning* er basert på. Tilsvarende spørsmål ble brukt i fysikk.

Hvor enig er du i disse utsagnene om matematikktimene?

- 1) Læreren forteller tydelig hva hensikten er med hver matematikktime
- 2) Jeg vet hva læreren vil at jeg skal gjøre
- 3) Læreren er lett å forstå
- 4) Jeg er interessert i det som læreren sier
- 5) Læreren gir meg interessante oppgaver
- 6) Læreren stiller spørsmål som gjør at jeg må tenke meg om
- 7) Læreren har klare svar på spørsmålene mine
- 8) Læreren knytter nytt stoff til det jeg allerede kan
- 9) Læreren er flink til å forklare matematikk
- 10) Læreren lar meg vise hva jeg har lært
- 11) Læreren oppfordrer meg til å jobbe med matematikkoppgaver helt til jeg løser dem
- 12) Læreren gir nyttige tilbakemeldinger på skolearbeid og lekser
- 13) Læreren bruker mange forskjellige undervisningsmetoder, oppgaver og aktiviteter for å hjelpe oss å lære
- 14) Læreren tror at jeg kan lære vanskelig matematikkstoff

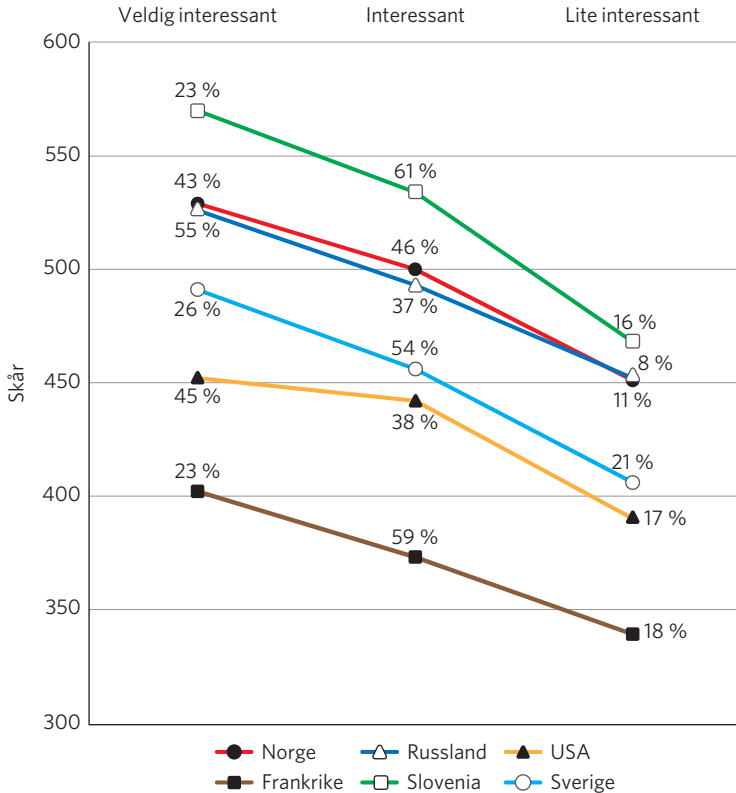
Tabell 4.6 Resultater for konstruktet *Engasjerende undervisning* i fysikk, TIMSS Advanced 2015.

Land	Veldig interessant		Interessant		Mindre interessant	
	Prosent av elever	Skår	Prosent av elever	Skår	Prosent av elever	Skår
Libanon						
Jenter	64 (3,7)	421 (5,7)	28 (2,5)	416 (8,8)	8 (2,6)	405 (23,8)
Gutter	52 (3,5)	417 (7,1)	36 (2,5)	406 (10,0)	12 (2,1)	367 (19,1)
Russland						
Jenter	54 (2,2)	519 (9,4)	37 (1,6)	481 (9,3)	9 (1,4)	448 (15,4)
Gutter	55 (2,0)	531 (8,0)	37 (1,4)	502 (8,2)	7 (1,2)	456 (18,1)
USA						
Jenter	40 (3,3)	425 (13,9)	41 (1,9)	414 (13,0)	20 (2,3)	370 (20,7)
Gutter	48 (2,8)	467 (10,4)	36 (1,9)	462 (9,4)	16 (2,1)	407 (13,9)
Portugal						
Jenter	51 (4,4)	449 (7,6)	35 (3,5)	465 (11,6)	14 (2,7)	460 (15,6)
Gutter	42 (3,2)	473 (6,8)	43 (2,1)	471 (5,8)	16 (2,2)	459 (10,2)
Norge						
Jenter	35 (2,8)	509 (7,3)	51 (2,5)	486 (8,5)	14 (1,7)	452 (11,0)
Gutter	47 (2,1)	536 (4,8)	44 (1,9)	507 (5,9)	9 (0,9)	451 (9,7)
Sverige						
Jenter	23 (1,6)	483 (10,7)	52 (1,8)	455 (7,2)	26 (2,4)	404 (8,8)
Gutter	28 (1,7)	496 (8,9)	55 (1,4)	457 (6,5)	17 (1,3)	408 (13,6)
Frankrike						
Jenter	21 (1,5)	382 (8,2)	60 (1,6)	354 (4,3)	19 (1,7)	327 (6,2)
Gutter	24 (1,9)	418 (8,5)	58 (1,7)	391 (4,7)	18 (1,6)	351 (5,7)
Slovenia						
Jenter	19 (2,2)	564 (11,8)	62 (3,1)	509 (7,9)	19 (3,0)	461 (15,8)
Gutter	24 (2,3)	572 (9,4)	61 (2,4)	545 (4,4)	15 (2,2)	473 (9,2)
Italia						
Jenter	19 (1,7)	360 (16,1)	50 (1,7)	361 (8,0)	31 (1,9)	349 (8,5)
Gutter	21 (1,6)	407 (15,9)	49 (1,7)	398 (8,8)	30 (2,0)	363 (10,8)
Internasjonalt snitt						
Jenter	36 (0,9)	457 (3,5)	46 (0,8)	438 (3,0)	18 (0,8)	408 (5,0)
Gutter	38 (0,8)	480 (3,1)	47 (0,6)	460 (2,4)	16 (0,6)	415 (4,3)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

med en klar sammenheng mellom hvor engasjerende elevene finner undervisningen, og hvor godt de presterer i faget.

Norske fysikkelever rapporterer at de finner undervisningen mer engasjerende enn de svenske elevene. I Sverige er det hele 21 % som synes fysikkundervisningen er *lite* engasjerende mot 11 % i Norge. Gjennomsnittsprestasjonen for denne gruppen er bare 406 poeng



Figur 4.4 Resultater for konstruktet *Engasjerende undervisning* i fysikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

i Sverige, mot 451 poeng i Norge. Men som alltid i TIMSS Advanced er det viktig å ta med landenes dekningsgrad når vi vurderer resultatet. I Sverige tar 14,3 % av årskullet fysikk, mens dekningsgraden i Norge bare er 6,5 %. Det er klart at elevgruppen i Sverige som resultat av dette kan antas å være mer inhomogen enn den norske, noe som kan representere større utfordringer for undervisningen. Som i matematikk er det norske resultatet i fysikk omtrent midt på

listen når vi sammenlikner med andre land på konstruktet *Engasjerende undervisning*. Libanon og Russland er de landene hvor elevene gir uttrykk for at de finner undervisningen mest interessant. Begge land har lav dekningsgrad, så det er rimelig å anta at de har en mer homogen gruppe elever enn land med høyere dekningsgrad.

Liker å lære faget

At elevenes holdninger til det faget de skal lære, har stor betydning for hvor godt de presterer, er allment akseptert og dokumentert i utallige studier (Furner & Gonzales-DeHass, 2011; Middleton & Spanias, 1999; Wæge, 2010). Tabell 4.7 og figur 4.5 viser resultater

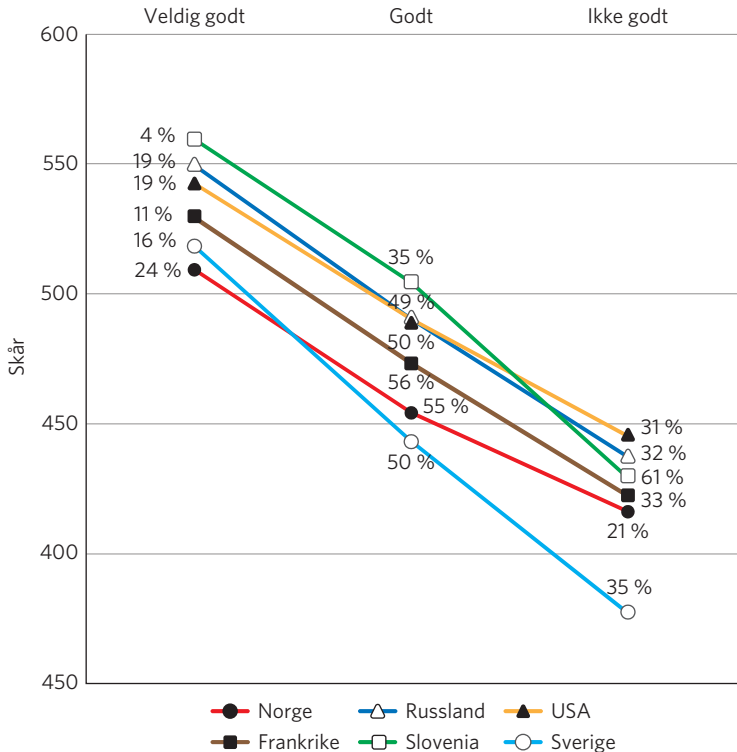
Tekstboks 4.2 Spørsmålene som konstruktet *Liker å lære matematikk* er basert på. Tilsvarende spørsmål ble brukt i fysikk.

Hvor enig er du i disse utsagnene om matematikken du lærer?

- 1) Noen ganger blir jeg helt oppslukt av å jobbe med et matematisk problem
- 2) Jeg føler tilfredshet når jeg greier å løse en matematikkoppgave
- 3) Jeg kjeder meg når jeg jobber med matematikk
- 4) Jeg liker å jobbe med matematikk når jeg ikke er på skolen
- 5) Det er interessant å lære matematisk teori
- 6) Jeg er engstelig for matematikktimene
- 7) Jeg tar matematikk fordi jeg liker å lære nye ting
- 8) Jeg trives med å finne ut av utfordrende matematikk
- 9) Matematikk er et av favorittfagene mine
- 10) Jobber som krever høy matematikkferdighet virker interessante
- 11) Jeg skulle ønske at jeg ikke måtte lære matematikk
- 12) Jeg liker å betrakte verden ved hjelp av matematiske sammenhenger

Tabell 4.7 Resultater for konstruktet *Liker å lære matematikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Veldig godt	549	542	529	559	518	509
Godt	490	490	473	504	443	454
Ikke godt	437	445	422	429	377	416

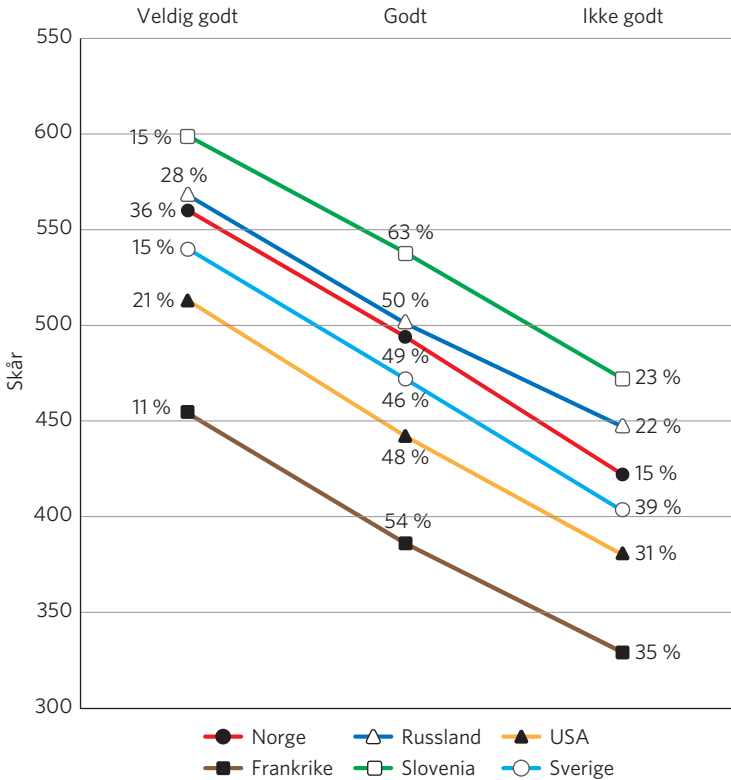
**Figur 4.5** Resultater for konstruktet *Liker å lære matematikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

for et konstrukt vi har kalt *Liker å lære matematikk*. Dette er en samlevariabel basert på en gruppe av 12 spørsmål til matematikk-elevne om deres holdninger og syn på faget. Se tekstboks 4.2, som gjengir disse spørsmålene.

Elevne i fysikk fikk tilsvarende spørsmål som matematikk-elevne, men på grunn av ulikheter i faglig innhold er ikke

Tabell 4.8 Resultater for konstruktet *Liker å lære fysikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Rusland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Veldig godt	568	513	454	599	540	560
Godt	501	442	386	538	472	494
Ikke godt	447	380	329	472	403	422



Figur 4.6 Resultater for konstruktet *Liker å lære fysikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

spørsmålene helt identiske. Forskjellene fra spørsmålene i tekstboks 4.2 var grovt sett følgende: Påstand 1) lød «Jeg liker å gjøre forsøk og undersøkelser i fysikk», i påstand 5) var «matematisk teori» byttet med «fysiske lover og prinsipper», i påstand 12) var

«matematiske sammenhenger» byttet med «fysiske lover», og for øvrig var «matematikk» byttet med fysikk over alt.

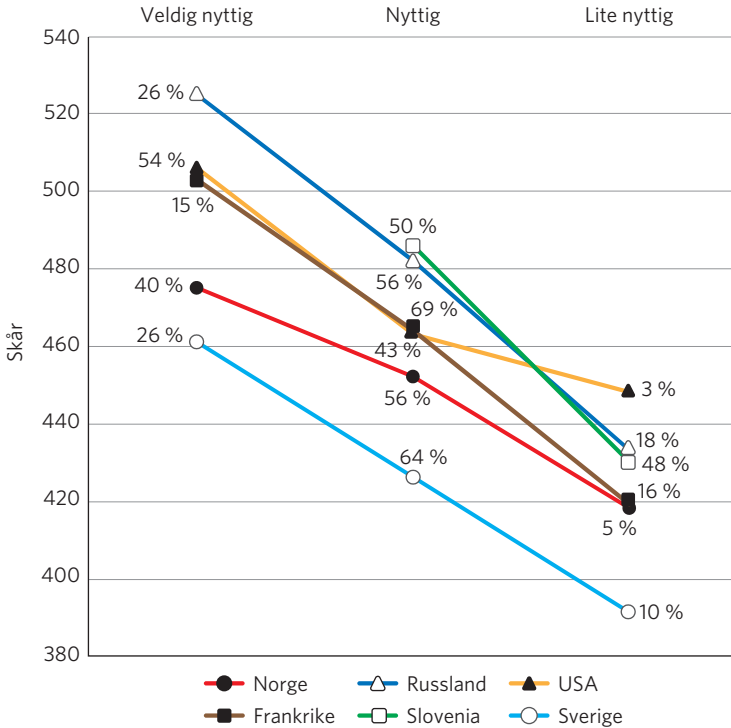
Vi ser de samme hovedtrekkene for fysikk i tabell 4.8 og figur 4.6 som vi så i figur 4.5 for matematikk. Norske elever gir i større grad enn elevene i Sverige uttrykk for at de liker å lære faget. Men igjen må man ta forskjellen i dekningsgrad med i betraktning, med 14,3 % av årskullet som tar fysikk i Sverige, mot 6,5 % i Norge. Internasjonalt ligger Norge helt i toppen når det gjelder konstruktet *Liker å lære fysikk*. Se figur 4.6. Norge har den største prosentandelen elever som svarer «Liker veldig godt», og prosentandelen som svarer «Liker veldig godt» eller «Liker godt», er hele 85 %. Dette resultatet må betraktes som en svært positiv tilbakemelding til norske fysikklærere.

Nytte av faget

Elevene i TIMSS Advanced 2015 fikk også spørsmål om hvilken nytte de så av å lære faget. Tabell 4.9 og figur 4.7 viser resultater for et konstrukt vi har kalt *Nytte av matematikk*. Dette er en samlevariabel basert på en gruppe av ni spørsmål til matematikkelevne om deres holdninger og syn på faget. Se tekstboks 4.3, som gjengir disse spørsmålene. Som de to konstruktene vi har sett på tidligere i dette kapitlet, fikk også dette konstruktet tilordnet tre mulige verdier. Verdiene brukt her er betegnet *veldig nyttig*, *nyttig* og *lite nyttig*, og de er definert ut fra en poengskala knyttet til elevenes svar på spørsmålene i tekstboks 4.3. Spørsmålene til elevene går både på viktighet for en selv i videre utdanning og jobb, og på hva elevene svarer at foreldrene mener.

Tabell 4.9 Resultater for konstruktet *Nytte av matematikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Veldig nyttig	525	506	503		461	475
Nyttig	482	463	464	486	426	452
Lite nyttig	433	448	419	430	391	418



Figur 4.7 Resultater for konstruktet *Nytte av matematikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

Resultatene for dette konstruktet peker i samme retning som resultatene fra de to foregående konstruktene om engasjerende undervisning og om hvor godt man liker faget, med en gjennomgående trend i alle land at jo større nytte elevene uttrykker at de har av å lære matematikk, desto bedre faglige prestasjoner har de.

Fysikkelevne fikk tilsvarende spørsmål som i tekstboks 4.3, bortsett fra at «matematikk» var byttet med «fysikk» og «R2» med «Fysikk 2». Resultatene for fysikk i tabell 4.10 og figur 4.8 likner også på resultatene for de to foregående konstruktene. Norske elever gir uttrykk for at de anser fysikk som mer nyttig enn det

Tekstboks 4.3 Spørsmålene som konstruktet *Nytte av matematikk* er basert på. Tilsvarende spørsmål ble brukt i fysikk.

Hvor enig er du i disse utsagnene om matematikken du lærer?

- 1) Å lære matematikk vil hjelpe meg til å klare meg godt i livet
- 2) Det er viktig å være flink i matematikk
- 3) Den matematikken jeg lærer vil ikke være nyttig for meg i framtida
- 4) Foreldrene mine er glade for at jeg spesialiserer meg i matematikk
- 5) Å gjøre det bra i matematikk vil hjelpe meg til å komme inn på den utdanningen jeg helst vil
- 6) Å ta R2 ser ikke ut til å ha noen særlig nytteverdi
- 7) Foreldrene mine synes det er viktig at jeg gjør det bra i matematikk
- 8) Jeg liker å fortelle folk at jeg tar avansert matematikk
- 9) Å ta R2 vil gi meg flere jobbmuligheter enn jeg ellers ville fått

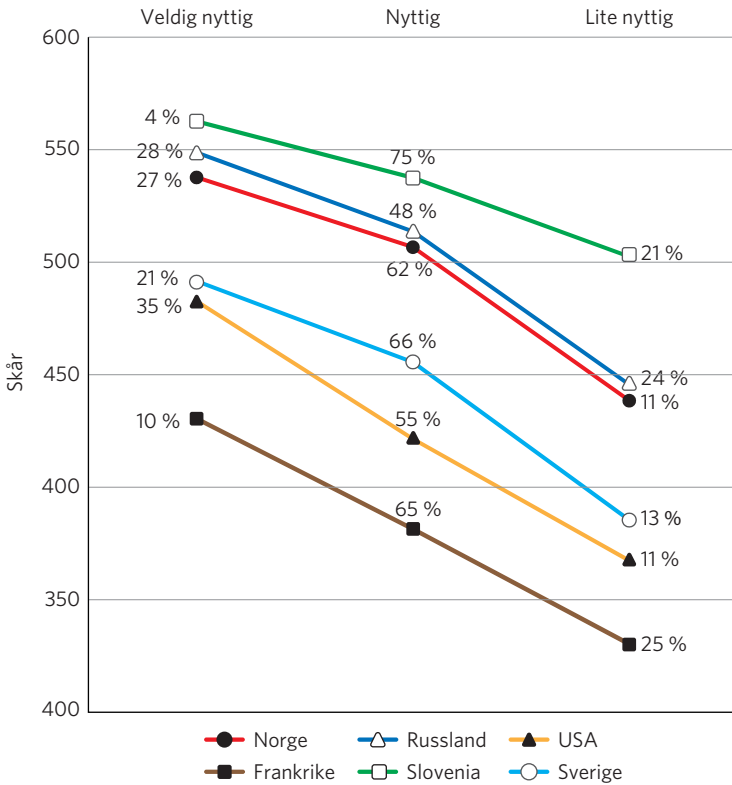
elevene i Sverige gjør, men denne gangen er ikke forskjellen i prosentene så stor. Sammenlikner vi med andre land, skårer ikke norske elever spesielt høyt når det gjelder konstruktet *Nytte av fysikk*.

En konklusjon man kan trekke av dette, er at sammenliknet med elever i andre land er norske elever fornøyde med fysikkundervisningen, og de liker faget. Men de ser ikke spesielt stor nytteverdi av å lære fysikk.

I matematikk er bildet mer entydig positivt for alle de tre konstruktene. Norske elever i Matematikk R2 rapporterer i minst like høy grad som i andre land både at de finner undervisningen interessant, at de liker å lære faget, og at de mener faget er nyttig for dem selv for videre studier og jobbmuligheter.

Tabell 4.10 Resultater for konstruktet *Nytte av fysikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Veldig nyttig	549	483	431	563	492	538
Nyttig	514	422	382	538	456	507
Lite nyttig	446	368	331	503	386	439



Figur 4.8 Resultater for konstruktet *Nytte av fysikk*, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

Kognitiv aktivering

Det siste konstruktet vi skal se på i dette delkapittelet, har vi kalt *Kognitiv aktivering*. Kognitiv aktivering handler om at elevene arbeider med faget på en mentalt stimulerende måte. I en klasseromssituasjon er det rimelig å anta at graden av kognitiv aktivering blant annet avhenger av hvilken type oppgaver som velges ut, og av hvordan elevene arbeider med disse (Baumert et al., 2010; Charalambous, 2016; Nilsen & Gustafsson, 2016). Konstruktet er basert på de syv spørsmålene gjengitt i tekstboks 4.4. Disse spørsmålene var en del av de nasjonale tilvalgene den norske TIMSS Advanced-gruppa la til i spørreskjemaene. Vi har derfor ikke fulle internasjonale data for disse spørsmålene. Også her fikk elevene identiske spørsmål i de to fagene, bortsett fra at alle forekomster av ordet «matematikk» for matematikklæverne var byttet ut med «fysikk» for fysikklæverne. Konstruktet vi bruker her, har likhetstrekk med konstruktet *Stimulering av kognitiv aktivitet* i PISA (Kjærnsli & Olsen, 2013).

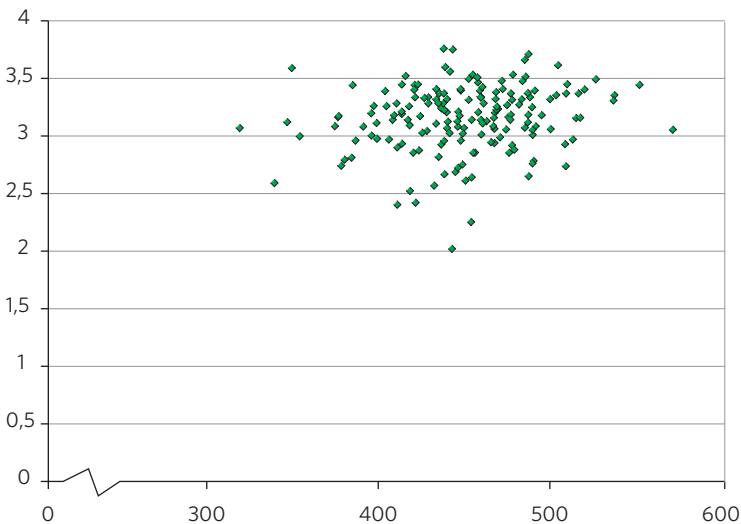
Tekstboks 4.4 Spørsmålene som konstruktet *Kognitiv aktivering* er basert på. Tilsvarende spørsmål ble brukt i fysikk.

Hvor enig er du i disse påstandene?

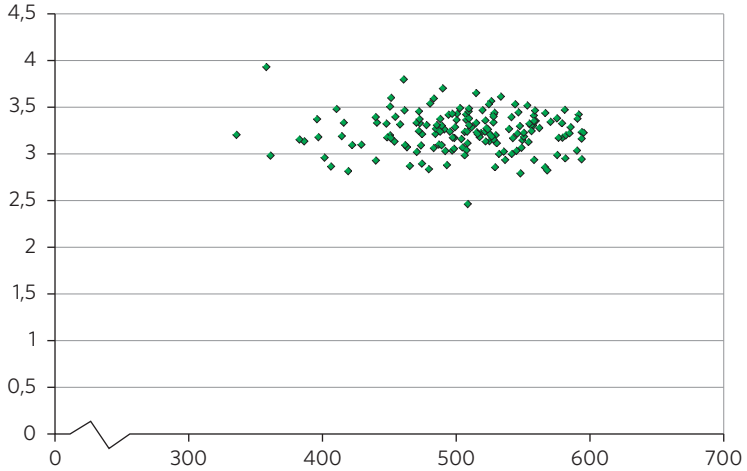
- 1) I matematikktimene arbeider vi med oppgaver som krever at jeg må tenke meg nøye om
- 2) Matematikklæreren spør meg hva jeg forstår og hva jeg ikke forstår
- 3) Matematikklæreren stiller spørsmål som gjør at jeg må tenke meg nøye om
- 4) Matematikklæreren gir oss oppgaver som ser vanskelige ut ved første øyekast
- 5) Matematikklæreren spør hva vi vet fra før om et nytt emne
- 6) Matematikklæreren gir oss oppgaver som jeg liker å reflektere over
- 7) Matematikklæreren vil at jeg skal kunne forklare svarene mine

I denne boka nøyer vi oss med å gjøre en korrelasjonsanalyse mellom konstruktet *Kognitiv aktivering* og elevenes faglige prestasjoner i henholdsvis matematikk og fysikk. Elevene krysset av på en skala med fire alternativer, og vi poengsatte disse slik: «Svært enig» gir 4 poeng, «Litt enig» gir 3 poeng, «Litt uenig» gir 2 poeng og «Svært uenig» gir 1 poeng. På bakgrunn av disse dataene beregnes elevens middelerverdi på de syv spørsmålene som inngår i konstruktet. Vi får da et tall vi kan oppfatte som et grovt mål for konstruktet for hver enkelt elev. Dette målet brukes igjen til å beregne gjennomsnittet for alle elevene i en klasse på dette konstruktet. Figur 4.9 viser sammenhengen mellom klassegjennomsnittet for *kognitiv aktivering* og klassens gjennomsnittlige prestasjon i matematikk, figur 4.10 viser tilsvarende for fysikk.

Figurene for matematikk og fysikk er ikke så ulike. Den lille forskjellen vi kan se, er en svak tendens i matematikk til at klasser som skårer høyere på kognitiv aktivering, tenderer mot litt bedre



Figur 4.9 Sammenheng mellom konstruktet *Kognitiv aktivering* og prestasjoner i matematikk for norske klasser i Matematikk R2, TIMSS Advanced 2015.



Figur 4.10 Sammenheng mellom konstruktet *Kognitiv aktivering* og prestasjoner i fysikk for norske klasser i Fysikk 2, TIMSS Advanced 2015.

prestasjoner, mens vi ikke ser noen slik tendens i fysikk. Dette resultatet underbygges når vi beregner korrelasjonene mellom kognitiv aktivering og faglige prestasjoner. I matematikk gir de norske dataene en signifikant, positiv korrelasjon mellom *Kognitiv aktivering* og prestasjoner på $+0,176$. I fysikk finner vi ingen signifikant korrelasjon. Der finner vi i stedet en meget svak negativ ikke-signifikant korrelasjon på $-0,015$.

Naturligvis er det interessant at man på aggregert klassenivå finner en signifikant korrelasjon med prestasjoner i matematikk når man bruker et didaktisk definert konstrukt som *Kognitiv aktivering*. Men man må ta i betraktning at korrelasjonen er relativt svak. Man må også huske på at i storskalaundersøkelser som TIMSS Advanced er datamaterialet så stort at også svake sammenhenger framstår som signifikante. Den visuelt sett lille forskjellen mellom figurene 4.9 og 4.10 illustrerer at man må være forsiktig med å trekke konklusjoner bare på grunnlag av signifikante korrelasjoner.

Ser man på enkeltspørsmålene som inngår i konstruktet angitt i tekstboks 4.4, er det ikke overraskende at korrelasjon med prestasjoner kan utebli. Flinke elever vil i større grad enn svake elever oppleve at spørsmål de får, ikke krever at de «må tenke seg nøye om». På denne annen side kan man forvente at denne effekten antakelig vil være mest betydningsfull på individnivå. Her har vi konsentrert oss om en analyse på klassenivå. Forholdet mellom individnivå og klassenivå vil bli nøyere analysert og drøftet i de kommende bøkene i matematikk og fysikk basert på TIMSS Advanced-data. Det bør også bemerkes at både læring og undervisning er *domenespesifikke* (Baumert et al., 2010), noe som blant annet impliserer at lærerkompetanse, både metodisk og rent faglig, er knyttet til det faglige området/temaet det undervises i. Dette var et sentralt utgangspunkt for Lee Shulmans opprinnelige begreper CK (Content Knowledge) og PCK (Pedagogical Content Knowledge) (Shulman, 1986). Disse begrepene er videre utbygget i velkjente didaktiske rammeverk av blant annet Deborah Ball og kollegaer (Ball, Thames & Phelps, 2008), og de danner et teoretisk utgangspunkt for blant annet COACTIV-prosjektet beskrevet i (Baumert et al., 2010). Slik sett må man forvente at kognitiv aktivering i fag som matematikk og fysikk i relativt begrenset grad kan måles gjennom spørsmål av såpass generell didaktisk karakter som de vi brukte i TIMSS Advanced 2015, gjengitt i tekstboks 4.4. Det er i denne sammenhengen også viktig å merke seg at det finnes former for kognitiv aktivering i matematikkundervisning som ikke er direkte relatert til den typen lærerrolle som det fokuseres på i tekstboks 4.4. Her finnes det hele tradisjoner innen matematikkdidaktikk som representerer andre angrepsvinkler. Et eksempel er arbeid med undersøkelseslandskaper (Skovsmose, 2001). Se også (Sfard, 1991, 2006).

4.4 Lærernes syn på undervisningen

Vi har i dette kapitlet sett flere eksempler på samvariasjon mellom prestasjoner og konstrukter målt gjennom svar på *grupper* av enkeltspørsmål i spørreskjemaene. Bruk av slike konstrukter er en slagkraftig metode for å avdekke sammenhenger i et datamateriale. Men det kan også være interessant å gjøre analyser som undersøker korrelasjon mellom enkeltspørsmål og prestasjonsdata. Et eksempel på en slik analyse er en beregning av korrelasjonen mellom svar på spørsmålet om kjønn i elevspørreskjemaene og elevenes prestasjoner. Ofte vil man finne færre eksempler på samvariasjon når man arbeider med enkeltspørsmål, enn når man arbeider med konstrukter laget på basis av en samling av flere spørsmål. Videre vil man i et materiale som dataene fra TIMSS Advanced 2015 forvente å finne flere eksempler på enkeltspørsmål i *elevspørreskjemaene* som korrelerer signifikant med elevprestasjoner, enn i *lærerspørreskjemaene*. Dette siden mange av spørsmålene i elevspørreskjemaene omhandler ting som går direkte på den enkelte elevs forhold til faget, noe som selvsagt kan relateres direkte til elevens prestasjoner. Spørsmålene til lærerne er ikke *a priori* relatert til elevenes prestasjoner på en like direkte måte.

I spørreskjemaet til norske matematikklærere fant vi fem spørsmål om undervisningsfaktorer som produserte signifikant korrelasjon med klassens prestasjoner i matematikk. Dette er delspørsmål 6e, 6f, 10d, 15a og 15d i tekstboks 4.5.

Hvis vi koder svaralternativene på spørsmålene i tekstboks 4.5 lineært slik at alternativet som er mest bekreftende, får mest poeng, finner vi korrelasjonene i tabell 4.11 for de norske matematikklærerne. Alle disse korrelasjonene er signifikante.

Faktorer som at *læreren har høye forventninger til elevene*, at *flinke elever får respekt fra medelever*, og at *læreren er entusiastisk*, korrelerer alle positivt med klassens faglige prestasjoner i matematikk.

Tekstboks 4.5 Spørsmål fra lærerspørreskjemaet som gir signifikant korrelasjon med elevprestasjoner i matematikk

6. Hvor enig er du i disse påstandene om programfagene i matematikk og fysikk på skolen din?
- e) Lærerne har høye forventninger til elevenes prestasjoner i matematikk og fysikk
 - f) Elever som gjør det godt i matematikk og fysikk blir respektert av medelever
10. Hvor ofte opplever du dette som lærer?
- d) Jeg føler entusiasme for jobben min
15. I hvor stor grad begrenser det følgende hvordan du underviser denne gruppa?
- a) Elever som mangler forkunnskaper eller ferdigheter i matematikk
 - d) Elever med fysiske funksjonshemninger

Tabell 4.11 Enkeltspørsmål fra lærerspørreskjemaet i matematikk som gir korrelasjon med prestasjoner i Norge.

Spørsmål	Korrelasjon med klassens prestasjon
6e (høye forventninger til elevene)	+0,259
6f (flinke elever får respekt fra medelever)	+0,256
10d (entusiasme for jobben som lærer)	+0,357
15a (manglende forkunnskaper i matematikk)	-0,270
15d (fysiske funksjonshemninger)	-0,159

Med andre ord, et godt læringsmiljø synes å være preget av en entusiastisk lærer med høye forventninger til elevene, og av at elevene gir hverandre positive tilbakemeldinger hvis de lykkes faglig. Jmfør delkapittel 5.4.

Av de fem spørsmålene fra lærerspørreskjemaet som gav signifikant korrelasjon med prestasjoner i matematikk, er det bare *ett* spørsmål som gir signifikant sammenheng med prestasjoner i fysikk. Dette er spørsmål 15a) i tekstboks 4.5. Spørsmålet er nøyaktig det samme for lærerne i matematikk og fysikk, så resultatene er sammenliknbare. Spørsmålet til fysikklærerne handlet altså om i hvilken grad undervisningen i *fysikk* begrenses av manglende forkunnskaper i *matematikk* hos elevene. Når vi, som vi også gjorde for matematikk, koder lærernes svar med 1 poeng for «Ikke i det hele tatt», 2 poeng for «Delvis» og 3 poeng for «Mye», finner vi i fysikk en signifikant korrelasjon på $-0,41$ mellom lærernes svar på dette spørsmålet og prestasjoner i klassen. Dette resultatet viser at dersom læreren i en klasse mener at manglende matematikkunnskaper er en begrensende faktor i undervisningen, er det en signifikant tendens til at klassen presterer svakere. Korrelasjonen er enda sterkere enn den tilsvarende vi fant i matematikk, som var på $-0,270$. Dette er et meget interessant funn. Vi henviser til kapittel 6, hvor vi tar opp og drøfter forholdet mellom matematikk og fysikk i norsk videregående skole nærmere.

KAPITTEL 5

Elevers og læreres bakgrunn og trivsel

Liv Sissel Grønmo og Arne Hole

TIMSS Advanced 2015 hadde fem spørreskjemaer som ble brukt til datainnhenting: et *skolespørreskjema* til rektor/skoleleder, et *lærerspørreskjema* i hvert av fagene matematikk og fysikk og et *elevspørreskjema* i hvert av de to fagene. Alle de fem skjemaene finnes tilgjengelig på www.timss.no. I dette kapitlet ser vi spesielt på elevenes hjemmebakgrunn, deres arbeid utenom skolen, deres trivsel på skolen og lærernes utdanning og tilfredshet i jobben.

5.1 Elevenes hjemmebakgrunn

Vi har god dokumentasjon i tidligere forskning på at elevenes sosio-kulturelle/sosioøkonomiske bakgrunn (forkortet SES, fra engelsk) har betydning for hvor godt de presterer på skolen (Martin, Mullis, Foy & Stanco, 2012; Mullis, Martin, Foy & Arora, 2012; Sirin, 2005; White, 1982). Sosiokulturell bakgrunn har blitt definert på ulike måter i ulike studier. Noen definerer det på grunnlag av foreldrenes yrke, deres utdanningsbakgrunn, familiens økonomiske ressurser, familiestørrelse og etnisitet (ibid.) Allerede Bloom (1976) konkluderte med at familiens kulturelle kapital er en viktigere faktor enn

familiens økonomi når det gjelder påvirkning på elevenes faglige prestasjoner.

I storskalaundersøkelser som TIMSS Advanced er det vanlig at man finner en tydelig, signifikant sammenheng mellom prestasjoner og konstrukter som måler ulike aspekter ved SES. I TIMSS Advanced 2015 fikk elevene flere spørsmål om familiens kulturelle ressurser hjemme. Konstruktet *Hjemmeressurser* er basert på slike spørsmål. Dette konstruktet måler i hvilken grad hjemmet hadde *mange, noen* eller *få* ressurser av den typen man antar har betydning for elevenes læring. Tekstboks 5.1 beskriver spørsmålene *Hjemmeressurser* er basert på. Informasjonen er hentet fra elevspørreskjemaet i matematikk. For mer detaljert informasjon om svaralternativene som ble gitt, henviser vi til selve spørreskjemaet, som ligger på www.timss.no. Spørsmålene i elevspørreskjemaet for fysikk er identiske.

Basert på elevenes svar ble hver elev plassert i en av de tre kategoriene «Mange ressurser», «Noen ressurser» eller «Ingen ressurser». Resultatene for konstruktet *Hjemmeressurser* for matematikkelever er vist i tabell 5.1 og figur 5.1.

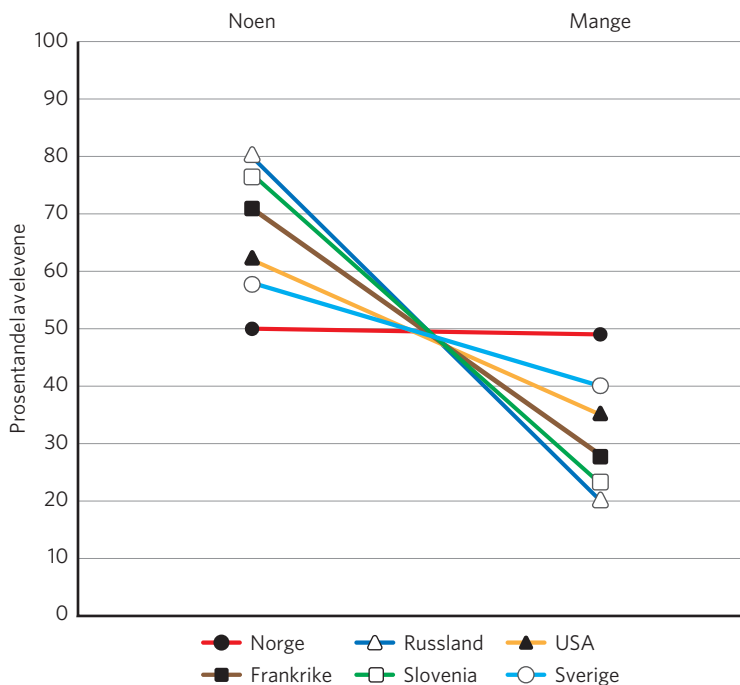
Tekstboks 5.1 Spørsmålene fra elevspørreskjemaet som konstruktet *Hjemmeressurser* er basert på.

4. Omtrent hvor mange bøker er det hjemme hos deg? (Ikke tell med blader, aviser eller skolebøker.)
6. Har du noen av disse tingene?
 - f) Skrivepult/bord du kan bruke
 - g) Ditt eget rom
- 7A. Hva er den høyeste utdanningen moren din (kvinnelig foresatt) har fullført?
- 7B. Hva er den høyeste utdanningen faren din (mannlig foresatt) har fullført?
8. Fra hvilken type jobb har din far (mannlig foresatt) og din mor (kvinnelig foresatt) sin hovedinntekt?

Tabell 5.1 Prosentandel matematikkløvere med *mange*, *noen* og *ingen* hjemmeressurser, og tilhørende matematikkskår, TIMSS Advanced 2015.

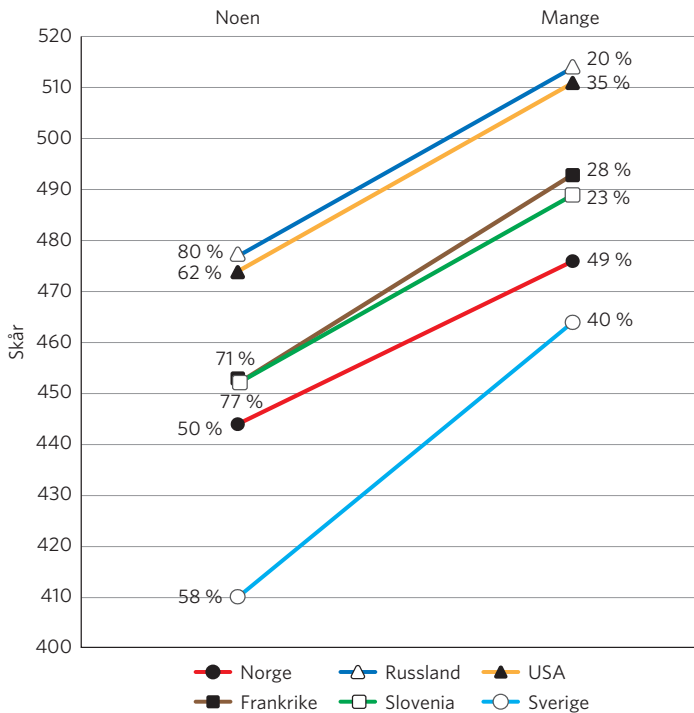
Land	Mange ressurser		Noen ressurser		Ingen ressurser	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Norge	49 (2,3)	476 (4,1)	50 (2,1)	444 (4,9)	1 (0,2)	--
Sverige	40 (1,5)	464 (4,7)	58 (1,4)	410 (4,4)	1 (0,2)	--
USA	35 (1,9)	511 (6,5)	62 (1,8)	474 (5,4)	2 (0,4)	--
Russland (utvalg)	30 (1,6)	567 (6,7)	70 (1,6)	529 (9,4)	0 (0,1)	--
Frankrike	28 (1,1)	493 (3,7)	71 (1,1)	452 (3,2)	1(0,3)	--
Slovenia	23 (1,1)	489 (6,1)	77 (1,1)	452 (3,6)	0 (0,1)	--
Portugal	20 (1,1)	513 (3,5)	73 (1,1)	476 (2,6)	7 (0,5)	461 (6,1)
Russland	20 (1,0)	514 (5,2)	80 (1,0)	477 (6,2)	0 (0,1)	--
Italia	16 (1,0)	471 (8,3)	79 (1,0)	416 (5,5)	5 (0,6)	347 (17,2)
Libanon	8 (0,8)	546 (13,9)	82 (1,2)	535 (3,1)	10 (0,9)	496 (6,2)
Internasjonalt snitt	27 (0,5)	497 (2,3)	70 (0,5)	460 (1,5)	3 (0,1)	435 (6,4)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015



Figur 5.1 Prosentandel matematikkløvere med *noen* og *mange* hjemmeressurser, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

Figur 5.1 illustrerer hvor mange prosent av matematikkelevne i det enkelte land som rapporterer at de har *noen* ressurser, og hvor mange prosent som rapporterer at de har *mange* ressurser hjemme. Norge framstår som det landet hvor elevene rapporterer om mest ressurser hjemme, etterfulgt av Sverige og USA. Samtidig viser tabell 1.1 at Norge også er et land med lav dekningsgrad når det gjelder å ta matematikk til topps i videregående skole. Vi liker å se på Norge som et land hvor alle elever har lik rett til utdanning, fordi utdanning i all hovedsak er gratis. De hjemmeressursene vi her ser på, er ikke i første omgang knyttet til økonomi, men til intellektuell bakgrunn, med de mulighetene det gir for å støtte elevens læring.



Figur 5.2 Sammenheng mellom prestasjoner og antall hjemmeressurser for matematikkelever i utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

Tabell 5.2 Prosentandel fysikkelever med *mange*, *noen* og *ingen* hjemmeressurser, og tilhørende fysikkskår, TIMSS Advanced 2015.

Land	Mange ressurser		Noen ressurser		Ingen ressurser	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Norge	51 (1,4)	529 (4,5)	48 (1,4)	485 (5,1)	0 (0,1)	--
Sverige	41 (1,1)	498 (6,0)	58 (1,1)	427 (5,9)	1 (0,2)	--
USA	36 (3,0)	481 (9,7)	62 (2,7)	415 (9,9)	2 (0,5)	--
Slovenia	29 (1,8)	559 (7,9)	70 (1,9)	521 (3,6)	0 (0,2)	--
Frankrike	28 (1,0)	410 (4,9)	71 (1,0)	360 (4,1)	1 (0,2)	--
Portugal	26 (1,9)	500 (5,5)	70 (1,9)	457 (5,0)	3 (0,6)	410 (16,7)
Russland	22 (1,4)	533 (7,6)	78 (1,4)	501 (7,7)	0 (0,1)	--
Italia	20 (1,1)	397 (9,7)	78 (1,2)	369 (7,4)	2 (0,3)	--
Libanon	8 (1,2)	434 (21,2)	84 (1,1)	412 (5,2)	8 (0,7)	370 (9,9)
Internasjonalt snitt	29 (0,6)	482 (3,3)	69 (0,5)	439 (2,1)	2 (0,1)	390 (9,7)

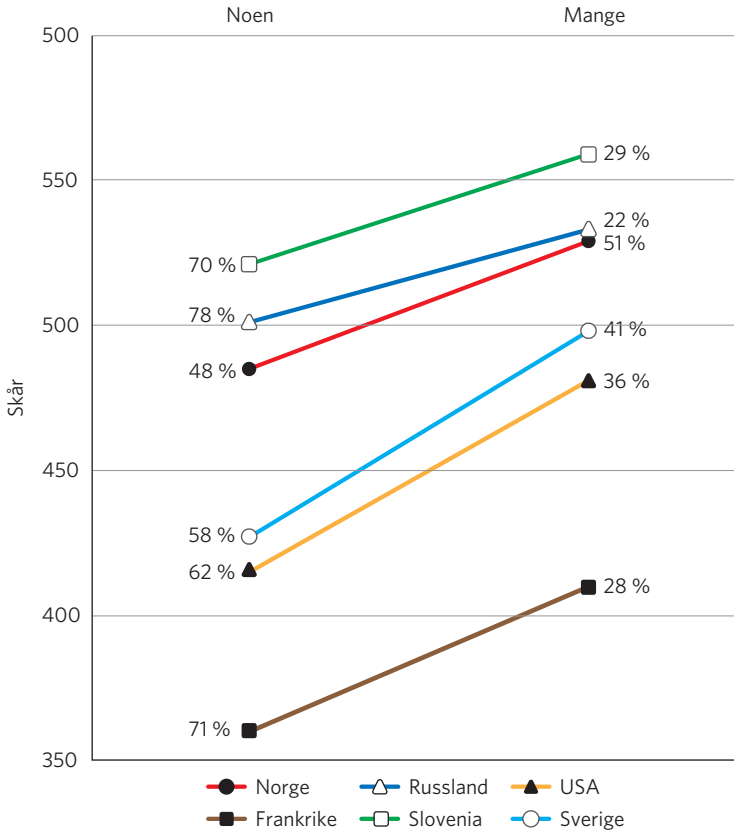
KIDF: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Kanskje vi trenger mer diskusjon om hvordan vi i Norge kan bidra til å utjevne også ulikheter som går på hjemmets intellektuelle ressurser? Vi kan ikke gi noe svar på dette, men vi reiser problemstillingen på bakgrunn av de resultatene vi ser i TIMSS Advanced.

Som vi ser av figur 5.2, presterer matematikkelevne med mange ressurser hjemme bedre enn de elevene i samme land som har færre ressurser.

Resultatene for konstruktet *Hjemmeressurser* i fysikk er gjengitt i tabell 5.2.

Ser man på tabell 5.2 og figur 5.3, finner man ikke overraskende en sterk sammenheng mellom *Hjemmeressurser* og prestasjoner også i fysikk. Igjen er det viktig å merke seg at konstruktet *Hjemmeressurser* måler kulturelle og utdanningsmessige ressurser, ikke økonomiske ressurser. Norge ligger helt i toppen når det gjelder slike ressurser, men man kan spørre seg om dette skyldes at elevgruppen som tar fysikk fordypning i Norge, er skjevt rekruttert med hensyn på denne bakgrunnsvariabelen. Jmfør kapittel 7 i (Grønmo et al., 2010). Dette er et utdanningspolitisk interessant spørsmål, siden man i Norge ønsker like *reelle* muligheter til utdanning for alle barn.



Figur 5.3 Sammenheng mellom prestasjoner og antall hjemmeressurser for fysikkelever i utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

5.2 Elevenes arbeid utenom skolen

Tabell 5.3 viser matematikkevenes svar på spørsmål om i hvilken grad de har betalt arbeid. To land, Norge og USA, skiller seg ut her. Både Norge og USA har en lavere prosentandel som angir at de *ikke* har betalt arbeid, henholdsvis 47 % og 65 %, enn de andre landene i studien. Samtidig markerer disse to landene seg med å ha den høyeste andelen elever som har betalt arbeid mer enn 10 timer

Tabell 5.3 Prosentandel matematikkelever fordelt etter tid brukt på betalt arbeid utenom skolen, og tilhørende matematikkskår, TIMSS Advanced 2015.

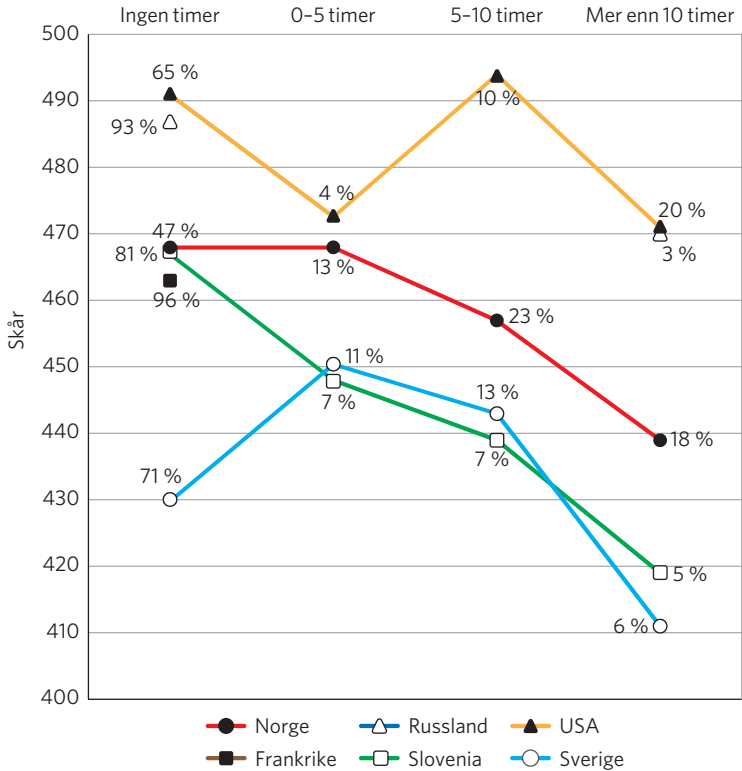
Land	Tid brukt på betalt jobb utenom skolen per uke							
	Ingen tid		Mindre enn 5 timer		5 til 10 timer		Mer enn 10 timer	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Frankrike	96 (0,3)	463 (3,1)	2 (0,2)	--	1 (0,2)	--	1 (0,1)	--
Italia	91 (0,8)	423 (5,3)	3 (0,4)	440 (13,3)	4 (0,4)	414 (15,5)	3 (0,4)	388 (17,6)
Libanon	92 (1,1)	536 (3,5)	2 (0,5)	--	2 (0,5)	--	3 (0,7)	508 (17,6)
Norge	47 (1,7)	467 (5,2)	13 (1,0)	467 (5,9)	23 (1,2)	457 (5,5)	18 (1,9)	439 (5,9)
Portugal	93 (0,5)	485 (2,5)	2 (0,3)	--	3 (0,3)	467 (11,0)	3 (0,3)	443 (9,4)
Russland	93 (0,4)	487 (5,7)	2 (0,2)	--	2 (0,2)	--	3 (0,2)	470 (9,8)
Russland (utvalg)	93 (0,6)	541 (7,7)	2 (0,4)	--	2 (0,3)	--	3 (0,4)	522 (17,2)
Slovenia	81 (0,8)	467 (3,2)	7 (0,5)	449 (8,0)	7 (0,5)	439 (8,3)	5 (0,5)	419 (8,2)
Sverige	71 (1,3)	430 (4,4)	11 (0,7)	450 (6,4)	13 (0,8)	443 (6,2)	6 (0,4)	411 (7,7)
USA	65 (1,8)	491 (6,4)	4 (0,5)	473 (15,4)	10 (1,0)	494 (9,1)	20 (1,2)	471 (7,0)
Internasjonalt snitt	81 (0,4)	472 (1,5)	5 (0,2)	456 (4,7)	7 (0,2)	452 (4,0)	7 (0,3)	444 (4,0)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

i uka, henholdsvis 18 % og 20 %. I de andre landene er det bare fra 1 % til 6 % av elevene som bruker mer enn 10 timer i uka på betalt arbeid.

Tabell 5.3 og figur 5.4 viser forskjeller i gjennomsnittlige prestasjoner mellom matematikkelever som ikke har betalt arbeid, og elever som har ulike mengder med betalt arbeid. I Norge og Slovenia er tendensen at jo mer elevene jobber utenom skolen, jo svakere er deres prestasjoner. I de andre landene er bildet noe mer sammensatt. Men i alle landene er det en klar tendens til at de som jobber mye utenom skolen, 10 timer eller mer, presterer langt svakere enn elever som ikke har arbeid.

Hvorfor elevene jobber mye mer utenom skolen i noen land, mens få elever har slikt arbeid i andre land, reiser noen viktige spørsmål som det er verdt å reflektere over. Har det med generelle holdninger i samfunnet å gjøre, holdninger som avspeiler en materialistisk kultur? Spiller andre faktorer som muligheter til å få jobb



Figur 5.4 Sammenheng mellom arbeid utenom skolen og prestasjoner i matematikk, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

en viktig rolle? Er det grunnlag for å ta opp spørsmålet om vi trenger en diskusjon blant elever, lærere, foreldre og andre om man skal prøve å begrense elevenes arbeid utenom skolen? Vi kan ikke gi svar på slike spørsmål, men vi reiser problemstillingen da det ser ut til at mye arbeid utenom skolen går utover elevenes faglige prestasjoner. Det er også viktig å poengtere at tallene i tabell 5.3 og figur 5.4 må tolkes som netto arbeidstid. Tid elevene bruker på å dra fram og tilbake til jobb er ikke tatt med.

Tabell 5.4 viser fysikkresultatene fra spørsmålet om betalt arbeid utenom skolen.

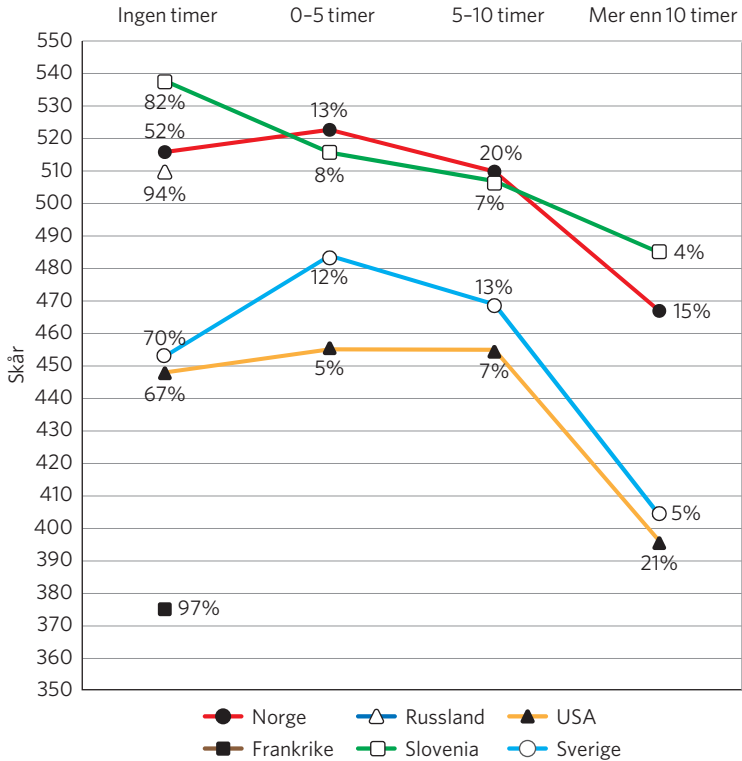
Tabell 5.4 Prosentandel fysikkelever fordelt etter tid brukt på betalt arbeid utenom skolen, og tilhørende fysikkskår, TIMSS Advanced 2015.

Land	Tid brukt på betalt jobb utenom skolen per uke							
	Ingen tid		Mindre enn 5 timer		5 til 10 timer		Mer enn 10 timer	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Frankrike	97 (0,3)	375 (3,9)	2 (0,2)	--	1 (0,2)	--	0 (0,1)	--
Italia	92 (0,5)	377 (6,9)	3 (0,3)	376 (21,1)	3 (0,4)	340 (17,1)	2 (0,3)	--
Libanon	93 (0,9)	414 (4,6)	2 (0,5)	--	2 (0,5)	--	2 (0,4)	--
Norge	52 (1,6)	516 (4,6)	13 (0,7)	521 (7,8)	20 (1,1)	510 (6,7)	15 (0,9)	467 (8,3)
Portugal	95 (0,5)	468 (4,6)	1 (0,3)	--	2 (0,4)	--	2 (0,3)	--
Russland	94 (0,4)	510 (7,1)	2 (0,2)	--	2 (0,2)	--	2 (0,3)	--
Slovenia	82 (1,3)	538 (3,0)	8 (0,7)	518 (14,0)	7 (0,8)	507 (13,0)	4 (0,6)	485 (15,4)
Sverige	70 (1,3)	452 (5,6)	12 (0,8)	483 (9,1)	13 (0,8)	469 (7,8)	5 (0,5)	404 (13,8)
USA	67 (1,7)	448 (10,2)	5 (0,6)	456 (17,9)	7 (0,6)	455 (12,7)	21 (1,6)	396 (10,6)
Internasjonalt snitt	82 (0,4)	455 (2,0)	5 (0,2)	471 (6,6)	6 (0,2)	456 (5,4)	6 (0,2)	438 (6,2)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

Tabell 5.4 og figur 5.5 viser forskjeller i gjennomsnittlige prestasjoner mellom fysikkelever som ikke har betalt arbeid, og elever som har ulike mengder med betalt arbeid. Fra figur 5.5 ser vi tilsvarende tendenser som i matematikk: Elever som arbeider mye utenom skolen, skårer mye dårligere enn elever i samme land som jobber lite eller ikke jobber. USA og Norge har de klart høyeste prosentandelene med fysikkelever med mer enn 10 timer betalt arbeid utenom skolen.

I tabell 5.4 er det slående at Norge internasjonalt er landet med den *desidert laveste* prosentandelen studenter som ikke har arbeid utenom skolen. Norge har altså den desidert laveste prosenten «heldtselever». For et rikt land som Norge kan dette framstå som paradoksalt, jamfør kommentarene til de tilsvarende resultatene for matematikk. Landene som ligger nærmest oss når det gjelder dette, er også rike land: USA og Sverige.



Figur 5.5 Sammenheng mellom arbeid utenom skolen og prestasjoner i fysikk, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

5.3 Lærernes bakgrunn

Lærerspørreskjemaene benyttet i TIMSS Advanced 2015 inneholdt spørsmål om hvilken utdanningsbakgrunn lærerne hadde. De norske matematikklærerne har høy formell utdanning, se tabell 5.5.

I Norge har 77 % av matematikklærerne mastergrad eller høyere, resten av lærerne har en adjunktgrad eller tilsvarende. Det er bare lærerne i Slovenia og lærerne for eliteelevne i Russland som ser ut til å ha høyere formell utdanning. Det samsvarer med hva vi så i TIMSS Advanced 2008 (Grønmo et al., 2010).

Tabell 5.5 Prosentandel matematikkløvere som har lærere med ulike utdanningsnivåer, og gjennomsnittlig skår, TIMSS Advanced 2015.

Land	Mastergrad eller høyere		Bachelor		Ikke bachelor	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Frankrike	75 (2,9)	462 (3,3)	25 (2,9)	460 (4,7)	0 (0,0)	--
Italia	11 (2,0)	388 (18,2)	87 (2,2)	428 (6,4)	2 (0,9)	--
Libanon	59 (4,1)	529 (3,6)	34 (4,2)	542 (7,3)	7 (1,5)	524 (12,6)
Norge	77 (3,2)	464 (4,7)	22 (3,2)	452 (9,4)	0 (0,0)	--
Portugal	20 (2,8)	483 (5,4)	78 (2,9)	482 (2,9)	2 (0,8)	--
Russland	71 (3,3)	483 (8,0)	29 (3,3)	485 (12,0)	0 (0,0)	--
Russland (utvalg)	81 (2,7)	547 (9,2)	19 (2,7)	513 (13,4)	0 (0,0)	--
Slovenia	99 (0,8)	460 (3,5)	1 (0,8)	--	0 (0,0)	--
Sverige	67 (3,5)	436 (4,8)	32 (3,4)	437 (7,2)	2 (0,6)	--
USA	73 (4,3)	493 (5,4)	27 (4,3)	464 (13,2)	0 (0,0)	--
Internasjonalt snitt	61 (1,1)	466 (2,6)	37 (1,1)	469 (3,0)	1 (0,2)	524 (12,6)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Tabell 5.6 viser alder og fordeling på kjønn for matematikklærerne i TIMSS Advanced 2015. Det blir ofte sagt at vi trenger flere mannlige lærere i skolen, særlig på barnetrinnet. I Matematikk R2 i videregående skole er det imidlertid en klar overvekt av mannlige lærere, i vår studie målt til 75 % menn og 25 % kvinner. En bekymring som ble tatt opp i TIMSS Advanced-rapporten fra 2008 (Grønmo et al., 2010), var at 73 % av lærerne var over 50 år, halvparten av disse over 60 år. Disse tallene samsvarer med resultater i kapittel 2 fra rapporten om TALIS 2007/2008 (Vibe, Aamodt & Carlsten, 2009). Tallene fra TIMSS Advanced 2015 ser litt bedre ut enn tallene fra studien i 2008; rundt halvparten er nå over 50 år, mens den andre halvparten er mellom 30 og 50 år. Likevel vil vi henvise til Stortingsmelding nr. 31 fra 2008 (KD, 2007–2008) som pekte på at det er en stor utfordring for Norge å utdanne nok kvalifiserte lærere i matematikk til alle nivåer i skolen. Denne

Tabell 5.6 Prosentandel matematikkelever som har lærere med ulik alder og kjønn, samt gjennomsnittlig lærererfaring, TIMSS Advanced 2015.

Land	Prosent elever etter kategori lærere						Gjennomsnittlig antall års erfaring som lærer		
	Kjønn		Alder				Som lærer totalt	Som lærer i avansert matematikk	
	Kvinne	Mann	29 år eller yngre	30–39 år	40–49 år	50–59 år			60 år eller eldre
Frankrike	40 (3,2)	60 (3,2)	4 (1,2)	17 (2,3)	43 (3,2)	30 (2,7)	6 (1,4)	23 (0,5)	9 (0,4)
Italia	67 (3,6)	33 (3,6)	0 (0,0)	2 (0,7)	31 (3,4)	50 (3,7)	17 (2,6)	25 (0,5)	17 (0,6)
Libanon	18 (1,7)	82 (1,7)	4 (1,4)	21 (2,3)	29 (4,9)	23 (3,7)	23 (2,3)	25 (0,6)	20 (0,7)
Norge	25 (4,5)	75 (4,5)	3 (1,5)	24 (4,9)	25 (3,3)	20 (3,1)	29 (5,9)	20 (1,6)	13 (1,3)
Portugal	75 (2,8)	25 (2,8)	0 (0,0)	12 (2,6)	44 (3,4)	39 (3,3)	6 (1,6)	25 (0,5)	10 (0,4)
Russland	96 (1,2)	4 (1,2)	1 (0,7)	7 (1,5)	35 (3,4)	39 (3,2)	17 (2,8)	28 (0,6)	9 (0,5)
Russland (utvalg)	91 (2,1)	9 (2,1)	2 (1,1)	5 (1,6)	39 (4,4)	41 (4,8)	14 (2,9)	28 (0,7)	14 (0,7)
Slovenia	75 (3,1)	25 (3,1)	1 (0,8)	24 (3,8)	35 (3,9)	34 (4,1)	6 (1,4)	22 (0,8)	18 (0,5)
Sverige	30 (4,4)	70 (4,4)	4 (1,7)	20 (3,0)	30 (4,1)	21 (3,4)	24 (2,6)	18 (1,0)	13 (0,9)
USA	r 44 (4,0)	56 (4,0)	r 7 (2,2)	21 (2,7)	37 (3,1)	19 (2,2)	15 (3,6)	r 20 (0,9)	r 13 (0,8)
Internasjonalt snitt	52 (1,1)	48 (1,1)	3 (0,4)	17 (1,0)	34 (1,2)	31 (1,1)	16 (1,0)	23 (0,3)	14 (0,2)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015

stortingsmeldingen pekte også på at lærerens faglige kompetanse ser ut til å ha særlig stor betydning for elevenes prestasjoner (Falch & Naper, 2008).

Utdanningsnivået til fysikklærerne i de ulike landene er vist i tabell 5.7. Vi ser at de aller fleste norske fysikklærere har mastergrad.

Tabell 5.8 viser hva slags typer mastergrader fysikklærerne har. Vi ser at Norge skiller seg klart ut. Andelen lærere som har master i «fysikk og fysikkdidaktikk» er kun 10 % for Norge, mens det internasjonale gjennomsnittet er 41 %. De aller fleste norske lærere i både matematikk og fysikk har en ren fagmaster, ikke en fagdidaktisk master. Det henger sammen med det norske utdannings-systemet, hvor fagdidaktiske mastere er av relativt ny dato. Det vanligste for lærere i videregående skole, som i all hovedsak utdannes på universiteter, har vært at de har en fagutdanning i bunnen

Tabell 5.7 Prosentandel fysikkelever som har lærere med ulike utdanningsnivåer, og gjennomsnittlig skår, TIMSS Advanced 2015.

Land	Mastergrad eller høyere		Bachelor		Ikke bachelor	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Frankrike	81 (2,5)	375 (4,4)	19 (2,5)	377 (8,3)	0 (0,3)	--
Italia	14 (2,3)	362 (17,4)	86 (2,3)	384 (7,7)	0 (0,0)	--
Libanon	71 (2,9)	406 (4,9)	22 (2,3)	423 (7,3)	7 (1,7)	405 (22,5)
Norge	86 (2,8)	506 (4,8)	14 (2,8)	496 (12,7)	0 (0,0)	--
Portugal	27 (4,5)	466 (9,0)	72 (4,6)	467 (5,4)	1 (0,8)	--
Russland	79 (3,5)	510 (8,0)	21 (3,5)	495 (12,8)	0 (0,0)	--
Slovenia	100 (0,0)	531 (2,5)	0 (0,0)	--	0 (0,0)	--
Sverige	73 (4,5)	459 (7,3)	25 (4,5)	456 (11,1)	2 (1,0)	--
USA	77 (6,0)	447 (7,7)	23 (6,0)	423 (34,4)	0 (0,0)	--
Internasjonalt snitt	67 (1,2)	451 (2,8)	31 (1,2)	440 (5,4)	1 (0,2)	405 (22,5)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

Tabell 5.8 Prosentandel fysikkelever som har lærere med ulike typer mastergrader, og gjennomsnittlig skår, TIMSS Advanced 2015.

Land	Mastergrad i fysikk og fysikkdidaktikk		Mastergrad i fysikk, men ikke i fysikkdidaktikk		Mastergrad i fysikkdidaktikk, men ikke i fysikk		Andre typer mastergrader	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Frankrike	25 (2,8)	371 (7,2)	71 (2,8)	376 (4,6)	0 (0,0)	--	4 (1,2)	385 (7,5)
Italia	38 (2,9)	369 (12,4)	37 (3,0)	393 (9,2)	1 (0,5)	--	24 (3,3)	379 (14,6)
Libanon	51 (4,8)	406 (7,2)	48 (4,8)	419 (8,0)	1 (0,4)	--	0 (0,0)	--
Norge	10 (2,9)	513 (11,6)	88 (3,3)	506 (5,1)	1 (0,6)	--	2 (1,0)	--
Portugal	42 (4,5)	470 (7,1)	55 (4,4)	466 (6,4)	0 (0,0)	--	2 (1,2)	--
Russland	64 (3,7)	513 (9,3)	34 (3,9)	498 (9,1)	1 (0,7)	--	1 (0,6)	--
Slovenia	41 (3,1)	531 (4,2)	44 (3,3)	526 (4,8)	14 (3,9)	541 (9,0)	1 (0,0)	--
Sverige	71 (4,3)	463 (7,9)	21 (3,8)	446 (12,9)	6 (1,8)	456 (20,5)	2 (1,0)	--
USA	24 (4,1)	444 (14,7)	31 (4,7)	429 (22,4)	6 (2,1)	457 (18,8)	39 (5,1)	448 (16,3)
Internasjonalt snitt	41 (1,2)	453 (3,2)	48 (1,3)	451 (3,5)	3 (0,5)	485 (9,7)	8 (0,7)	404 (7,7)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced 2015

som de bygger på med didaktiske eller pedagogiske emner relatert til det eller de fagene de har studert. Her bør det imidlertid bemerkes at det i Norge har skjedd en utvikling i selve fagutdanningen. Den faglige bakgrunnen tilsvarende en mastergrad kan ikke påstås å være på nivå med hovedfag, som mastergraden erstattet. Sammenliknet med graden cand.real., som var en vanlig bakgrunn blant fysikklærere i Norge tidligere, er fagbakgrunnen gitt av en mastergrad i fysikk vesentlig svakere. Vi vil komme tilbake til dette i våre utdypende rapporter om matematikk og fysikk i TIMSS Advanced 2015.

Tabell 5.9 viser fysikklærernes alder, kjønn og arbeidserfaring i ulike land. Vi ser at aldersfordelingen blant norske fysikklærere ikke utmerker seg spesielt på noen måte. Det samme kan sies om tallene for arbeidserfaring. Når det gjelder kvinneandel blant lærerne, ligger Norge i bunnsjiktet. Kun 24 % av fysikklærerne er kvinner. Bare Libanon har en lavere kvinneandel (20 %). Dette kan vurderes i relasjon til den lave jenteandelen blant norske fysikk-elever (29 %), jmfør tabell 3.1. I Libanon er jenteandelen blant

Tabell 5.9 Prosentandel fysikkelever som har lærere med ulik alder og kjønn, samt gjennomsnittlig lærererfaring, TIMSS Advanced 2015.

Land	Prosent elever etter kategori lærere							Gjennomsnittlig antall års erfaring som lærer	
	Kjønn		Alder					Som lærer totalt	Som lærer i avansert fysikk
	Kvinne	Mann	29 år eller yngre	30-39 år	40-49 år	50-59 år	60 år eller eldre		
Frankrike	38 (3,3)	62 (3,3)	2 (1,0)	24 (3,4)	49 (2,9)	20 (2,6)	4 (1,2)	20 (0,6)	11 (0,5)
Italia	57 (3,1)	43 (3,1)	2 (0,7)	4 (1,3)	33 (3,5)	46 (3,3)	15 (2,8)	23 (0,6)	14 (0,6)
Libanon	20 (2,8)	80 (2,8)	3 (0,6)	27 (3,7)	28 (3,6)	18 (2,4)	24 (4,2)	24 (1,0)	20 (0,7)
Norge	24 (4,1)	76 (4,1)	7 (1,9)	21 (3,1)	29 (4,4)	21 (3,4)	22 (3,3)	18 (0,8)	14 (0,8)
Portugal	56 (4,8)	44 (4,8)	0 (0,0)	2 (2,5)	43 (4,3)	39 (4,4)	7 (2,1)	24 (0,8)	9 (0,6)
Russland	77 (3,0)	23 (3,0)	3 (1,4)	13 (2,1)	25 (3,8)	42 (3,6)	18 (3,0)	26 (0,8)	11 (0,6)
Slovenia	31 (3,3)	69 (3,3)	1 (0,0)	22 (2,6)	31 (3,0)	37 (3,7)	8 (0,8)	21 (0,7)	15 (0,6)
Sverige	27 (4,8)	73 (4,8)	7 (1,7)	23 (3,9)	28 (3,9)	28 (4,7)	14 (2,0)	16 (0,8)	12 (0,7)
USA	31 (5,7)	69 (5,7)	19 (4,7)	21 (3,5)	30 (4,1)	21 (5,3)	9 (3,4)	14 (1,1)	8 (0,8)
Internasjonalt snitt	40 (1,3)	60 (1,3)	5 (0,6)	19 (1,0)	33 (1,3)	30 (1,3)	13 (0,9)	21 (0,3)	13 (0,2)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study-TIMSS Advanced 2015

elevene mye høyere enn den norske (37 %). Ser man tallene for kjønnsfordeling blant elever og lærere under ett, er det ikke urimelig å konkludere med at blant alle landene som deltok i TIMSS Advanced 2015, er Norge landet der fysikk i størst grad framstår som et «guttefag».

Lærerspørreskjemaene inneholdt også spørsmål om deltakelse i *profesjonell kompetanseutvikling*, altså etter- og videreutdanning, i løpet av de to foregående årene. Tabellene 5.10 og 5.11 viser resultater fra dette spørsmålet for henholdsvis matematikklærere og fysikklærere. Resultatene er illustrert i figurene 5.6 og 5.7.

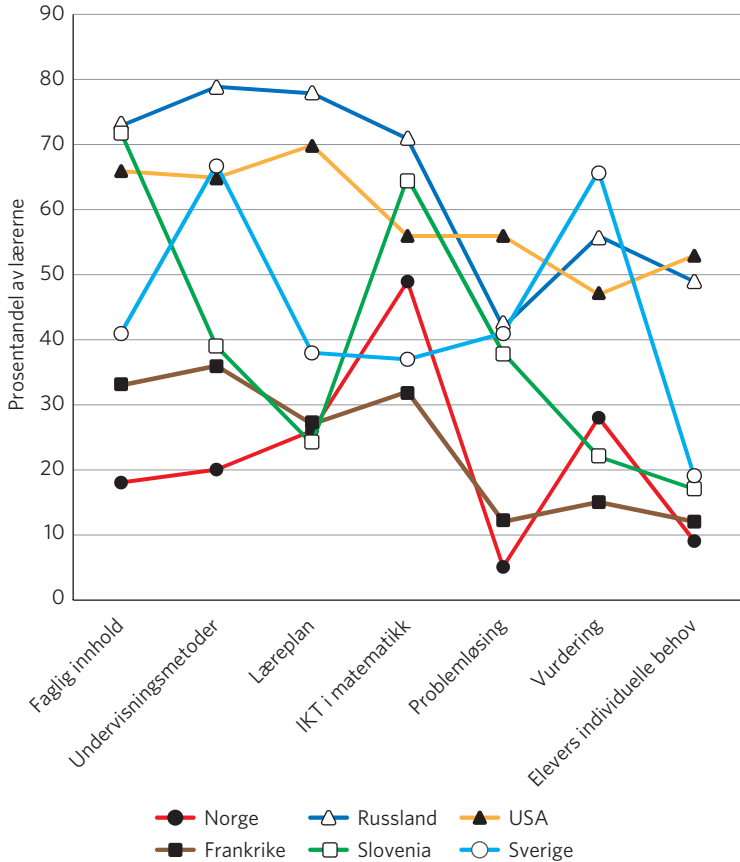
Vi ser at norske lærere ligger svært lavt sammenliknet med andre land når det gjelder faglig kompetanseutvikling i både matematikk og fysikk. Dette er et interessant funn sett i relasjon til den norske diskusjonen om lærerutdanning og lærerkompetanse i realfagene. Det er

Tabell 5.10 Profesjonell kompetanseutvikling, prosent av matematikklærerne, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Faglig innhold	73	66	33	72	41	18
Undervisningsmetoder	79	65	36	39	67	20
Læreplan	78	70	27	24	38	26
IKT i matematikk	71	56	32	65	37	49
Problemløsning	42	56	12	38	41	5
Vurdering	56	47	15	22	66	28
Elevers individuelle behov	49	53	12	17	19	9

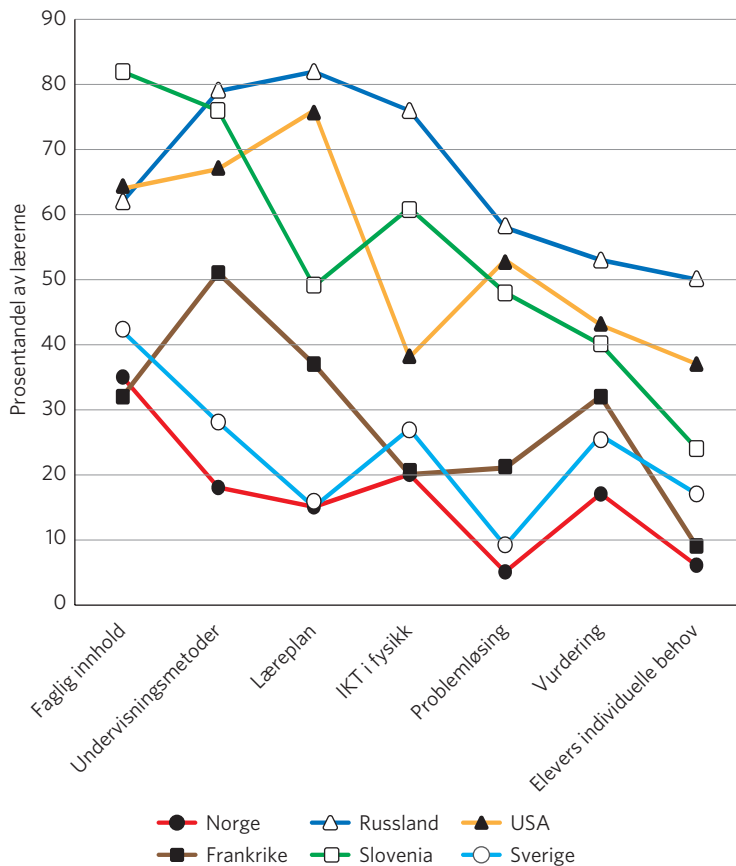
Tabell 5.11 Profesjonell kompetanseutvikling, prosent av fysikklærerne, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Faglig innhold	62	64	32	82	42	35
Undervisningsmetoder	79	67	51	76	28	18
Læreplan	82	76	37	49	15	15
IKT i fysikk	76	38	20	61	27	20
Problemløsning	58	53	21	48	9	5
Vurdering	53	43	32	40	26	17
Elevers individuelle behov	50	37	9	24	17	6



Figur 5.6 Profesjonell kompetanseutvikling hos matematikklærere, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

også interessant med utgangspunkt i at det er gitt en del midler til etter- og videreutdanning i Norge i den senere tid, jf. kapittel 1. Det ser i alle fall ikke ut til at det var mye av dette som hadde kommet lærere i fysikk og matematikk programfag i videregående skole til gode per våren 2015. Norge kommer relativt dårlig ut sammenliknet med andre land når det gjelder etter- og videreutdanning. I matematikk er det ett område hvor Norge ligger høyt, og det er



Figur 5.7 Profesjonell kompetanseutvikling hos fysikklærere, utvalgte land, TIMSS Advanced 2015.

kompetanseoppbygging i bruk av IKT. Det reiser noen interessante spørsmål. Ingenting i våre data peker mot at land som bruker mye ressurser på digitale hjelpemidler, presterer bedre på den faglige testen. Dette samsvarer også med funn i TIMSS Advanced 2008 (Grønmo et al., 2010). Hva er bakgrunnen for at det ser ut til at vi i vårt land legger så mye vekt på bruk av digitale verktøy? Er det fordi vi er under stort press fra de som selger digitale

verktøy, blant annet fordi vi er rike nok til å kunne kjøpe slike ting? I de senere år har til og med bruk av digitale hjelpemidler blitt innført som et *krav* på matematikkeksamener i norsk skole. Man kan i alle fall etterlyse en *faglig begrunnelse* for å gjøre et *hjelpemiddel* om til *mål* på denne måten.

Det området vi ligger lavest på i 2015 sammenliknet med andre land når det gjelder kompetanseutvikling for matematikklærere, er, akkurat som i 2008, etter- og videreutdanning med et matematikkfaglig innhold. Selv om lærerne våre har en god basiskompetanse i faget, synes vi det er betimelig å stille spørsmålet om det ikke er like viktig i Norge som i andre land å gi lærerne faglig påfyll. Også i fysikk ligger vi lavt i et internasjonalt perspektiv når det gjelder å gi lærerne muligheter til faglig kompetansebygging. Vi får et ganske så konsistent bilde på tvers av fag når det gjelder kompetansebygging i Norge, blant annet når det gjelder hvilke områder som vektlegges. Generelt er nivået svakt i begge fag i et internasjonalt perspektiv, og spesielt er det svakt når det gjelder å gi lærere etter- og videreutdanning med vekt på faglig kunnskap og utvikling. Vi kommer tilbake til dette i kapittel 6.

5.4 Lærernes tilfredshet i jobben

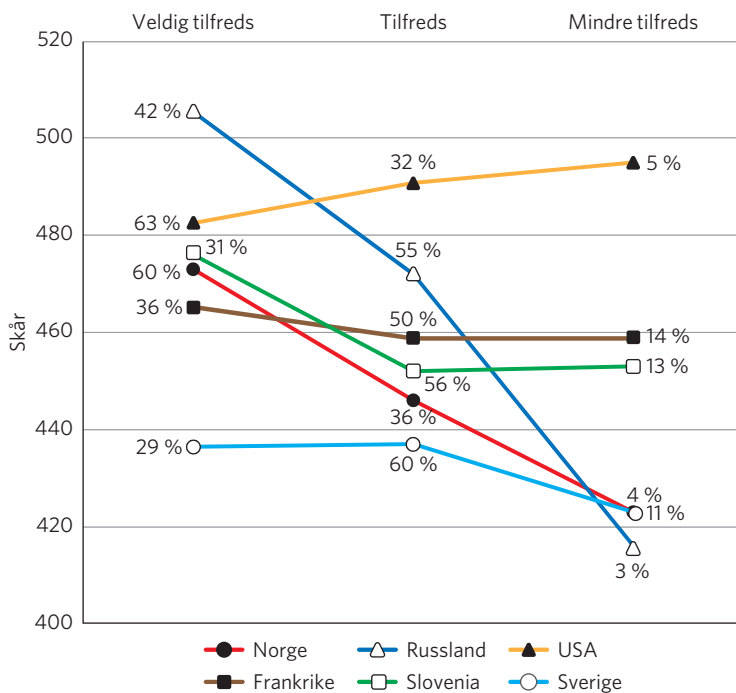
Tabell 5.12 gir resultater for matematikklærerne på et konstrukt vi har kalt *Lærertilfredshet*. Tabellen angir også hvor godt elevene presterte for ulike grader av tilfredshet hos lærerne. Resultatene er vist i tabell 5.12 og figur 5.8. Konstruktet er basert på de syv spørsmålene fra lærerspørreskjemaet gjengitt i tekstboks 5.2.

Det ser ut til at norske matematikklærere i videregående skoles øverste trinn er godt fornøyde med den jobben de har i skolen. Av de spurte lærerne sier 60 % at de er veldig tilfreds, 36 % at de er tilfreds, og bare 4 % at de er mindre tilfreds. Det er bare matematikklærere i Libanon og USA som gir uttrykk for mer tilfredshet i

Tabell 5.12 Lærertilfredshet for matematikklærere i TIMSS Advanced 2015.

Land	Veldig tilfreds		Tilfreds		Mindre tilfreds	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Libanon	79 (3,5)	534 (3,7)	19 (3,5)	529 (6,8)	2 (0,9)	--
USA	63 (3,8)	481 (8,0)	32 (3,5)	489 (7,3)	5 (1,3)	493 (14,1)
Norge	60 (4,8)	473 (6,0)	36 (4,7)	446 (5,6)	4 (1,8)	423 (11,1)
Russland (utvalg)	54 (4,8)	540 (11,7)	44 (4,6)	543 (11,3)	3 (1,2)	556 (59,5)
Russland	42 (2,9)	505 (7,3)	55 (3,0)	471 (8,4)	3 (1,0)	415 (26,7)
Frankrike	36 (2,9)	465 (4,5)	50 (2,8)	459 (4,3)	14 (2,3)	459 (7,3)
Portugal	34 (3,3)	486 (4,6)	55 (3,5)	481 (3,8)	12 (2,2)	477 (6,0)
Slovenia	31 (4,4)	476 (6,4)	56 (4,9)	452 (7,3)	13 (3,2)	453 (11,3)
Sverige	29 (3,5)	436 (6,4)	60 (4,2)	437 (5,8)	11 (2,3)	423 (9,0)
Italia	28 (3,1)	417 (11,2)	52 (3,4)	435 (9,1)	20 (2,9)	408 (11,1)
Internasjonalt snitt	45 (1,2)	475 (2,3)	46 (1,3)	467 (2,2)	9 (0,7)	444 (4,8)

KILDE: IEA's Trends in International Mathematics and Science Study – TIMSS Advanced 2015



Figur 5.8 Lærertilfredshet for matematikklærere i TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

Tekstboks 5.2 Spørsmålene fra lærerspørreskjemaet som konstruert Lærertilfredshet er basert på.

Hvor ofte opplever du dette som lærer?

- 1) Jeg er tilfreds med jobben min som lærer
- 2) Jeg er tilfreds med å være lærer på denne skolen
- 3) Jeg synes jobben min er svært meningsfull
- 4) Jeg føler entusiasme for jobben min
- 5) Arbeidet mitt inspirerer meg
- 6) Jeg er stolt av jobben jeg gjør
- 7) Jeg skal fortsette å jobbe som lærer så lenge jeg kan

Bemerkning: Lærerne som dekkes i TIMSS Advanced, utgjør ikke et uavhengig utvalg, de er knyttet til populasjonen av elever. Se kapittel 7.

jobben enn de norske, men forskjellen mellom USA og Norge er liten og ikke signifikant. I den andre enden av skalaen finner vi matematikklærerne i Sverige. I Sverige er 28 % er veldig tilfreds, 60 % er tilfreds og 11 % er mindre tilfreds.

Det ser ut til å være en klar trend i de fleste land at elevenes prestasjoner er bedre hvis matematikklæreren er mer fornøyd med sin jobb. Vi har illustrert dette i figur 5.8. I Norge ser sammenhengen ut til å være veldig klar, mens det i Sverige ser ut til å utgjøre liten forskjell om læreren er *veldig tilfreds* eller bare *tilfreds*. Vi ser heller ingen slik tendens i USA, men her må vi ta forbehold siden svarprosenten i USA er lav.

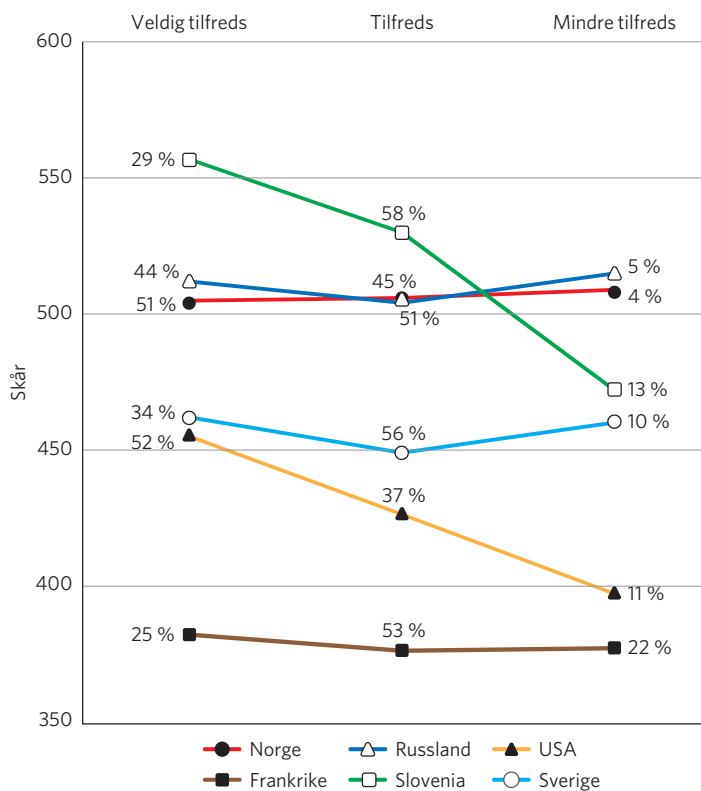
Tabell 5.13 viser resultater for fysikklærerne på konstruert *Lærertilfredshet*. Figur 5.9 viser sammenheng mellom elevprestasjoner i fysikk og *Lærertilfredshet* for utvalgte land.

Fra tabell 5.13 ser vi at norske fysikklærere alt i alt må sies å være godt fornøyd med jobben sin. Tallene er ikke fullt så gode som i matematikk, men halvparten av de norske fysikklærerne

Tabell 5.13 Lærertilfredshet for fysikklærere i TIMSS Advanced 2015.

Land	Veldig tilfreds		Tilfreds		Mindre tilfreds	
	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår	Prosent elever	Skår
Libanon	67 (4,2)	412 (5,1)	30 (4,1)	409 (10,5)	3 (0,7)	373 (14,8)
USA	52 (4,9)	458 (9,7)	37 (5,3)	432 (20,5)	11 (1,8)	394 (28,2)
Norge	51 (4,1)	504 (6,1)	45 (4,0)	505 (6,1)	4 (1,6)	508 (10,7)
Russland	44 (4,4)	511 (11,3)	51 (4,0)	504 (10,8)	5 (1,4)	515 (30,0)
Sverige	34 (4,3)	462 (11,8)	56 (3,9)	449 (7,6)	10 (2,6)	461 (23,1)
Italia	31 (3,4)	355 (13,4)	53 (3,7)	392 (8,5)	17 (2,8)	390 (13,6)
Slovenia	29 (2,1)	557 (6,7)	58 (3,5)	531 (3,6)	13 (3,5)	472 (10,8)
Portugal	29 (4,0)	477 (8,0)	62 (4,8)	462 (5,8)	9 (2,4)	470 (17,5)
Frankrike	25 (2,5)	377 (7,0)	53 (3,3)	373 (4,5)	22 (2,7)	375 (8,7)
Internasjonalt snitt	40 (1,3)	457 (3,1)	49 (1,4)	451 (3,3)	10 (0,8)	440 (6,3)

MLDE - EA's Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS Advanced, 2015



Figur 5.9 Lærertilfredshet for fysikklærere i TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

oppgir at de er veldig tilfreds. Kun Libanon og USA har bedre tall her.

Figur 5.9 viser at det i Norge ikke er noen signifikant sammenheng mellom fysikklærernes jobbtilfredshet og elevprestasjoner i klassen. For enkelte andre land er det imidlertid en tydelig sammenheng her. En slik sammenheng kan tolkes på ulike måter, og det er viktig å ikke trekke ubegrunnede konklusjoner om kausalitet. Én mulig tolkning er at fysikklærerens jobbtilfredshet bestemmes av hvorvidt elevene gjør det bra faglig. Med andre ord, hvis elevene gjør det bra, er læreren fornøyd. Imidlertid kan man også tenke seg at kausaliteten går motsatt vei: at misfornøyde lærere underviser dårligere, og derfor presterer elevene svakere.

5.5 Elevenes trivsel på skolen

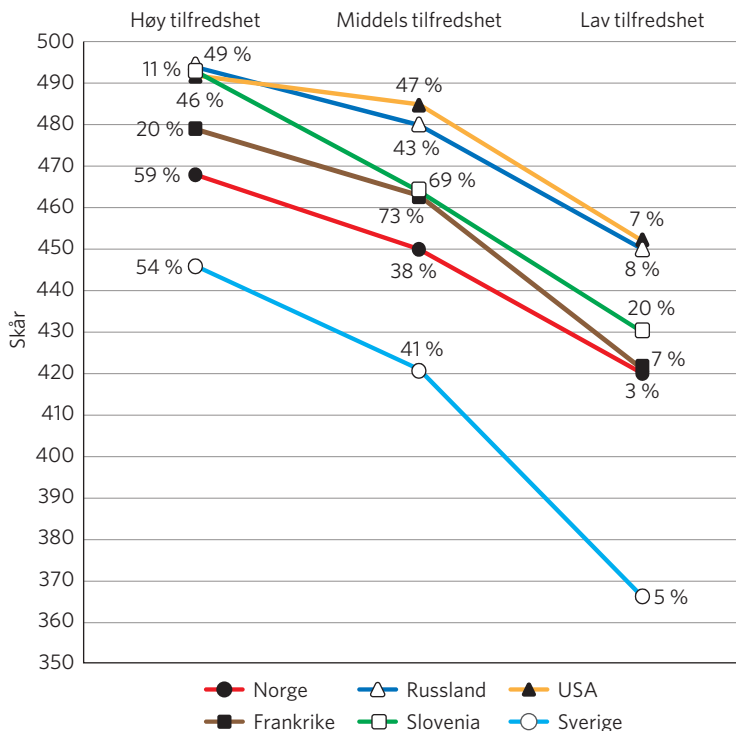
Tabell 5.14 viser matematikkresultater for et konstrukt vi har kalt *Elevenes trivsel og tillit til skolen*. Figur 5.10 viser sammenhengen mellom dette konstruktet og hvor godt de presterer på den faglige testen i tilfellet matematikk. I tekstmaks 5.3 er det gjengitt de ni spørsmålene fra elevspørreskjemaet som konstruktet er basert på. Som vi ser, ligger Norge helt på topp når det gjelder hvor godt elevene trives på skolen. Vi ser også at det er en gjennomgående tendens i alle landene at det er en klar sammenheng mellom hvor godt elevene trives og hvor godt de presterer.

Tabell 5.15 viser resultater for konstruktet *Elevenes trivsel og tillit til skolen* basert på fysikkelevenenes svar. Spørsmålene var de samme som ble brukt i matematikk, se tekstmaks 5.3. Figur 5.11 viser sammenhengen mellom konstruktet og prestasjoner i fysikk.

Bildet som tegnes her, har mange likhetstrekk med det lærerne rapporterte når det gjaldt tilfredshet i skolen. Med andre ord: Både elever og lærere i norsk skole rapporterer om en høy grad av tilfredshet med skolen, helt på topp sammenliknet med lærere og

Tabell 5.14 Matematikkelevenenes trivsel og skoletillit i TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Høy tilfredshet	494	492	479	493	446	468
Middels tilfredshet	480	485	463	464	421	450
Lav tilfredshet	450	452	421	430	366	420



Figur 5.10 Sammenheng mellom elevers trivsel på skolen og prestasjoner i matematikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

elever i andre land. Vi ser også at det i begge grupper er en klar sammenheng mellom elevenes faglige prestasjoner og hvor tilfreds man er med skolen, enten man er lærer eller man er elev. Dette er et opplytende resultat for Norge som fortjener å bli framhevet. På bakgrunn av at Norge framhever seg med høy tilfredshet på

Tekstboks 5.3 Spørsmålene fra elevspørreskjemaet som konstruert *Elevenes trivsel og tillit til skolen er basert på.*

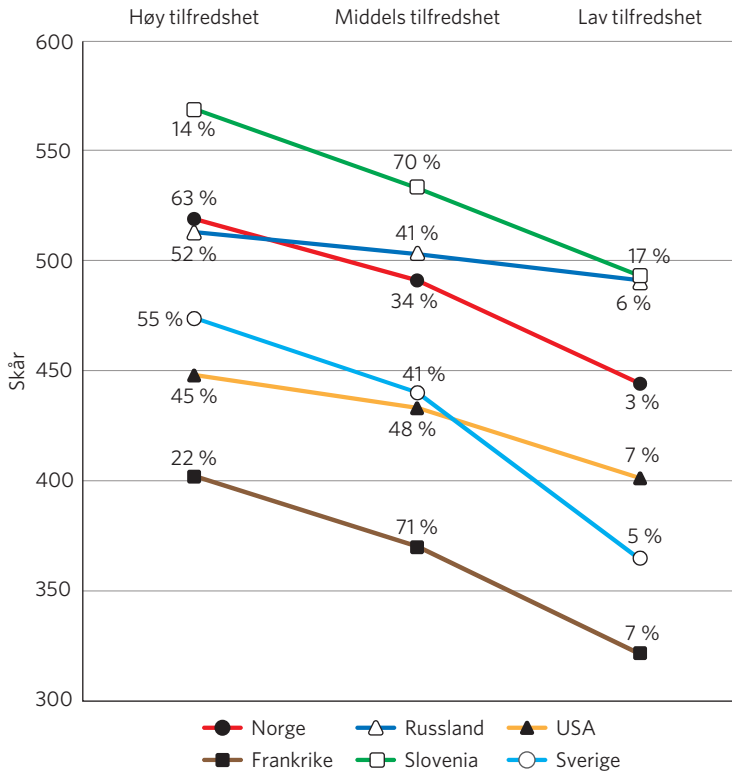
Hva synes du om skolen din? Fortell hvor enig du er.

- 1) Jeg liker å være på skolen
- 2) Jeg kjenner meg trygg på skolen
- 3) Jeg føler at jeg hører til på denne skolen
- 4) Jeg liker å treffe klassekameratene mine på skolen
- 5) Lærerne er greie mot meg
- 6) Jeg er stolt av å gå på denne skolen
- 7) Jeg lærer mye på skolen
- 8) Elevene respekterer de som gjør det faglig godt på skolen
- 9) Elevene respekterer de som strever med å lære seg fagene

Tabell 5.15 Fysikkelevenenes trivsel og skoletillit i TIMSS Advanced 2015, utvalgte land.

	Russland	USA	Frankrike	Slovenia	Sverige	Norge
Høy tilfredshet	513	448	402	569	474	519
Middels tilfredshet	503	433	370	533	440	491
Lav tilfredshet	491	401	321	493	364	444

skolen for både elever og lærere, og på bakgrunn av den klare sammenhengen vi ser mellom grad av tilfredshet og faglige prestasjoner, skulle grunnlaget for en positiv utvikling i Norge når det gjelder faglig utbytte og prestasjoner være til stede. Vi så en framgang i norske elevers prestasjoner i matematikk fra 2008 til 2015. Det positive arbeidsmiljøet vi ser, kan man anta er et godt utgangspunkt for framgang videre.



Figur 5.11 Sammenheng mellom elevers trivsel på skolen og prestasjoner i fysikk, TIMSS Advanced 2015, utvalgte land

KAPITTEL 6

Oppsummering og drøfting

Liv Sissel Grønmo og Arne Hole

I dette kapitlet oppsummerer vi en del av hovedresultatene fra det vi har presentert tidligere i boka. Disse resultatene bruker vi som bakgrunn for å reise problemstillinger som vi finner relevante i en norsk skolekontekst. Siktemålet er å bidra til en åpen og konstruktiv debatt om hvordan man kan skape en positiv utvikling i elevenes kompetanse i matematikk og fysikk, til det beste for den enkelte elev som trenger en slik kompetanse i senere utdanning eller yrker, og for samfunnet som trenger personer med en slik type kompetanse. Når det gjelder tiltak som kan settes inn for å bedre situasjonen i norsk skole, peker vi på hva den internasjonale sammenlikningen har gitt oss av informasjon, men vi kommer ikke med entydige svar vedrørende konkrete tiltak. Dertil er situasjonen for kompleks. Resultatene fra TIMSS Advanced 2015 gir oss likevel indikasjoner på hva som kan være nyttig å gjøre. Valg av tiltak må komme som et resultat av en diskusjon hvor alle med interesse for utdanning, privat eller profesjonelt, deltar.

6.1 Oppsummering av hovedfunn

Norske elever med full faglig fordypning siste året på videregående skole presterer langt svakere i både matematikk og fysikk i 2015

enn det de gjorde på 1990-tallet. I TIMSS Advanced 2008 ble det målt en klar nedgang i prestasjoner for de norske ekspertelevene i begge disse fagene. Fra 2008 til 2015 har vi målt noe framgang i de norske matematikkresultatene, mens nedgangen fortsetter i fysikk. Det er også en nedgang i prosent av elevene som velger slik fordypning i både matematikk og fysikk, sterkest var nedgangen fra 1990-tallet til 2008. Tilbakegang i prestasjoner ser vi også i flere av de andre landene som deltar i TIMSS Advanced 2015, men i motsetning til Norge har flere andre land økt rekrutteringen til fagene. Det gjelder for eksempel for både Sverige og USA.

Selv om nedgangen fra 90-tallet er sterkest i fysikk, presterer norske elever klart svakere i matematikk enn i fysikk sammenliknet med elever i andre land som deltok i TIMSS Advanced 2015. Her må vi ta med i betraktning at norske resultater var langt sterkere i fysikk enn i matematikk i den første TIMSS Advanced-studien på 90-tallet. Norske elever presterte helt på topp i fysikk i 1995 sammenliknet med de andre landene i TIMSS Advanced, mens de norske resultatene i matematikk lå rundt gjennomsnittet for studien.

Algebra peker seg ut som det mest problematiske området i matematikk sett med norske øyne. Dette resultatet samsvarer med hva tidligere studier har pekt på som en svakhet i utdanningen i Norge, fra grunnskole til lærerutdanning, med relativt lite vekt på formell matematikk som algebra (Grønmo & Onstad, 2009; Grønmo & Onstad, 2012; Grønmo et al., 2012; Grønmo et al., 2010; Olsen & Grønmo, 2006). På tross av noen positive tegn, som en viss framgang i generelle matematikkprestasjoner fra studien i 2008, er de norske resultatene fortsatt svake sammenliknet med andre land, og da spesielt i algebra.

Norske lærere i matematikk og fysikk i videregående skole har gjennomgående høy formell utdanning med fordypning i de fagene de underviser i. Norske lærere rapporterer i mindre grad enn lærere

i andre land at de deltar i etter- og videreutdanning, særlig gjelder dette deltakelse i kurs hvor faglig innhold står sentralt. Dette samsvarer med hva vi har sett tidligere i TIMSS og TIMSS Advanced. Det samsvarer også med det vi ser i den siste TIMSS-studien i grunnskolen, som ble gjennomført i 2015 samtidig med TIMSS Advanced (Bergem et al., 2016). I TIMSS Advanced 2008 var det en norsk bekymring at lærerne i matematikk og fysikk på siste året i videregående skole var relativt gamle (Grønmo et al., 2010). Aldersfordelingen har bedret seg noe, med noe flere yngre lærere i 2015.

Geometri peker seg ut som det fagområdet i TIMSS Advanced hvor norske elever presterer best. Dette samsvarer også med resultater vi har sett i tidligere TIMSS-studier i grunnskolen, på både barnetrinn og ungdomstrinn (Grønmo & Onstad, 2009; Grønmo et al., 2012).

Lærere og elever i Norge rapporterer om stor grad av tilfredshet i jobb og trivsel på skolen. Norge skårer bedre enn mange andre land på disse faktorene i begge gruppene. Dette er et positivt resultat som indikerer at vi har en god basis for å forbedre elevenes faglige prestasjoner framover. Forskning har pekt på at et godt læringsmiljø ser ut til å påvirke elevenes prestasjoner i en positiv retning, se kapittel 5.

6.2 Matematikk og fysikk i norsk skole: sentrale utfordringer

Vi ser to store utfordringer i Norge basert på resultatene fra TIMSS Advanced 2015 og på tidligere TIMSS, TIMSS Advanced, PISA og TEDS-M-studier (Grønmo & Onstad, 2009; Grønmo & Onstad, 2012; Grønmo et al., 2012; Grønmo et al., 2010). Den ene store utfordringen er plassen til fagområdet algebra i norsk matematikkundervisning, den andre store utfordringen er fysikk som skolefag. Disse ser ut til å være utfordringer for hele skoleløpet i Norge, og de kan antakelig ikke møtes bare ved å sette inn tiltak

i videregående skole. Det er heller ikke utfordringer som kan løses ved ett eller to enkle grep. Også lærerutdanning er viktig her, se delkapittel 6.4.

Vi liker å se på oss selv som ledende i verden når det gjelder å bidra til en positiv utvikling, både i eget land og når det gjelder å gi støtte til en positiv utvikling i andre land. Skal vi være i stand til å utdanne de ekspertene vi trenger i for eksempel matematikk og fysikk, må de problemene som avdekkes i de internasjonale komparative studiene tas på alvor. Vi trenger å diskutere hvordan vi skal løse de samfunnsmessige konsekvensene vi ser ved at Norge i 2015 rekrutterer færre elever til realfag i videregående skole enn før, og ved at de vi rekrutterer, presterer svakere i matematikk og fysikk enn norske elever gjorde på 90-tallet. Behovet for høyt utdannede personer i yrker innen ingeniørfag, økonomi, IKT og forskning i realfag har ikke blitt mindre, snarere det motsatte. Å løse slike problemer for eksempel ved å kjøpe inn eksperter til ulike typer jobber og profesjoner fra andre land er ingen god løsning. Da har vi mislyktes, både med å gi våre egne borgere muligheter til en god utdanning med gode framtidsutsikter, og ikke minst gjennom at vi taper andre, oftest økonomisk sett mindre begunstigede land for kompetanse de selv sårt trenger.

Ut ifra perspektivet til den enkelte elev og samfunnets behov for eksperter synes det rimelig å sette som mål å øke både dekningsgraden og prestasjonene i fysikk minst opp til tallene vi hadde i 1995, da vel 8 % valgte faget til topps i videregående skole, og da vi fikk et langt bedre faglig resultat enn i dag. Også i matematikk er det en utfordring å øke rekrutteringen i Norge, slik data fra TIMSS Advanced 2015 viser at land som Sverige og USA har greid. Det er viktig å bedre de faglige prestasjonene også i matematikk, spesielt i algebra. En NOKUT-studie fra 2008 konkluderte med at en av grunnene til det store frafallet i ingeniørutdanning var at elevene manglet grunnleggende kunnskaper i matematikk, særlig kunnskaper

i elementær algebra (NOKUT, 2008). For å rette opp dette trenger man å se på hva som er innholdet i fagene, og hvordan undervisningen er lagt opp; ikke bare på videregående skole, men også hvilket grunnlag som legges i grunnskolen. Basisen for å gi elevene de grunnleggende kunnskapene som de trenger for videre utdanning og yrker, er det rimelig at legges i grunnskolen. Det betyr ikke nødvendigvis at alt dette skal prioriteres høyt for alle elever, noe som tas opp i neste delkapittel, hvor vi drøfter rekruttering og differensiering.

6.3 Rekruttering og differensiering i realfag

Det har vært gjort en god del for å *øke rekrutteringen til realfag* i Norge. Vi har fått et eget Nasjonalt senter for realfagsrekruttering i direkte underlagt Kunnskapsdepartementet (se www.realfagsrekruttering.no) med ansvar for å iverksette ulike tiltak, blant annet utarbeider dette senteret materiell for bruk i skolen og holder konferanser. Andre aktører som NHO og Tekna utarbeider også planer for å styrke realfagene og holder konferanser, blant annet med sikte på å øke rekrutteringen. Dessverre indikerer resultatene fra TIMSS Advanced 2015 at dette ikke har vært tilstrekkelig; vi ser fortsatt en nedgang i rekrutteringen i Norge i motsetning til i flere andre land. En del av tiltakene som er iverksatt ser ut til å ta sikte på å stimulere elevene ved ulike aktiviteter som skal oppleves som spennende, og på å overbevise elevene om at de vil trenge kunnskaper i matematikk og fysikk for videre utdanninger og yrker. Målsettingen med dette er vel og bra, men vi tillater oss å stille spørsmålet om hvorfor tiltakene som er gjennomført, ikke ser ut til å ha fungert bedre.

Noe av det mest motiverende for elever, uansett hvilket område vi snakker om, ser ut til å være at elevene får en opplevelse av

mestring (Furner & Gonzales-DeHass, 2011; Middleton & Spanias, 1999; Wæge, 2010). Mestring får man ikke nødvendigvis ved å oppleve enkelte morsomme aktiviteter, det går oftere på at man har fått utfordringer som i utgangspunktet oppleves som vanskelige, men som man gjennom systematisk arbeid, gjerne over tid, greier å mestre (ibid.). Basert på dette trenger vi å reflektere rundt nye metoder for å øke rekrutteringen. Vi tar til orde for at man på en langt mer systematisk måte enn hittil satser på en omlegging av den vanlige undervisningen som elevene har i matematikk og naturfagene i skolen. Hvordan dette skal gjøres, er imidlertid ikke noe enkelt spørsmål.

Det er også interessant å knytte funnene i TIMSS Advanced til problematikk rundt differensiering i skolen. Det synes betimelig å stille spørsmålet om man trenger en endring hvor man aksepterer en form for *organisatorisk differensiering*, hvor noe av undervisningen foregår i ulike grupper avhengig av elevenes faglige nivå. Både prestasjoner og dekningsgrader målt i TIMSS Advanced gir argumenter for at man i alle fall bør *drøfte* hvordan norske elever som har gode forutsetninger for å lære mer i disse fagene, skal kunne få sjansen til det i grunnskolen og ved starten av videregående skole. En slik omlegging vil kunne bidra til at faglig sterke elever finner fagene mer interessante, noe som i neste omgang kan øke rekrutteringen.

Elever i norsk skole har i dag visse muligheter for å ta fag de er sterke i på høyere trinn i skolen enn trinnet de tilhører. Dette kan hjelpe noen elever, men vi etterlyser en vurdering av hvor godt disse tilbudene fungerer, og hvor stor andel av elevene som gis disse mulighetene. Den nylig publiserte utredningen om bedre læring for elever med stort læringspotensial er i den forbindelse interessant (NOU, 2016). Der påpekes det at undervisningen ikke er godt nok tilpasset alle elever i grunnopplæringen i Norge, se også (Idsøe, 2014). Det er interessant at mens man i sport aksepterer en viss

organisatorisk differensiering for norske barn fra 13-årsalderen, er organisatorisk differensiering av elever i fag på ungdomstrinnet tilsynelatende fortsatt lite akseptert.

Diskusjonen om differensiering i skolen er komplisert, ikke minst fordi det her brukes både faglige argumenter og argumenter av mer prinsipiell eller ideologisk karakter. Noen har argumentert for at vi trenger en klar differensiering i matematikk, med ulike tilbud til elever som sliter og til elever som presterer godt, fordi matematikk er et tydelig hierarkisk fag hvor man ikke kan gå videre uten at man behersker faget godt på de lavere nivåene (Cockcroft, 1982). Det har også blitt pekt på at forskjellen i elevprestasjoner allerede i 11-årsalderen kan være opptil syv år (ibid.). Et rigid syn på læring i matematikk og behovet for differensiering har da også vært gjenstand for ulike former for kritikk (Ruthven, 1986). Også andre norske rapporter har pekt på behovet for å se nærmere på tilpasset opplæring i relasjon til faglige resultater (Dale, Wærness & Lindvig, 2005). Det har blitt pekt på at «skolen står overfor store utfordringer knyttet til elevenes faglige resultater, utvikling av grunnleggende ferdigheter og realisering av tilpasset opplæring» (ibid., s. 191), og at problemet med differensiering er særlig utfordrende på allmennfaglige studieretninger i videregående skole. Samtidig har klasseromsstudier vist mange eksempler på at nivåforskjeller i en klasse/gruppe også kan være en læringsmessig ressurs. Et slående eksempel gis av videoen JP3 i videostudien til TIMSS fra 1999 (TIMSSVIDEO, 1999). Her arbeides det med et problem som kan løses på mange ulike måter, og de ulike angrepsmåtene som naturlig oppstår i klassen, illustrerer hverandre.

Utredningen fra NOU (NOU, 2016) peker også på en annen faktor som det er interessant å drøfte i en norsk skolekontekst. Det pekes på at et vesentlig kjennetegn for elever med stort læringspotensial er at de er flinke til å tenke abstrakt. Norske læreplaner og utviklingen av disse de siste tiårene er preget av stor vekt på at

lærestoff skal presenteres praktisk og konkret, inkludert i fag som fysikk og matematikk, og til og med i slutten av videregående skole. Elever med stort læringspotensial, som utredningen fra NOU relaterer til rundt 10–15 % av et årskull, trenger også stimulans slik at de videreutvikler sin evne til å tenke abstrakt. For slike elever kan man anta at en overdreven fokusering på det praktiske og konkrete kan bidra til at de opplever fagene som mindre interessante enn de ellers ville gjort, noe som kan ha betydning for hva de velger av fag senere. Spørsmålet er hvorvidt kravet om sammenholdte klasser står i veien for en best mulig differensiering med sikte på å gi alle elever, også de høyest presterende, den undervisningen de har krav på etter lover og læreplaner (Idsøe, 2014; NOU, 2016). Det er også rimelig å se spørsmålene om rekruttering og differensiering i sammenheng med lærernes utdanning og kompetanse, noe som tas opp i neste delkapittel.

6.4 Utdanning av lærere i matematikk og fysikk

Hvordan man kan få til en vellykket differensiering i skolen, er en problematikk nært knyttet til hvilken utdanning og kompetanse lærerne har. Norske lærere i fysikk og matematikk i slutten av videregående skole har høy formell utdanning i fagene, men det er et ankekors at de i mindre grad enn lærere på tilsvarende nivå i andre land ser ut til å delta i etter- og videreutdanning. Særlig etter- og videreutdanning som legger vekt på faglig utvikling, ser ut til å være mangelvare for norske lærere i videregående skole. Selv lærere med en god basis fra sin grunnutdanning trenger jevnlig påfyll basert på forskning omkring faglig innhold og metoder. Dette gjøres i langt høyere grad i andre land enn det gjøres i Norge.

I den internasjonale studien TEDS-M fra 2008 (Grønmo & Onstad, 2012), som tok for seg utdanning av lærere i matematikk,

så vi at norske lærerstudenter hadde relativt svake kunnskaper i matematikk sammenliknet med lærerstudenter i andre land. Dette gjaldt på alle nivåer i skolen, fra barnetrinn til videregående skole. Særlig uttalt var svakheten på området algebra (ibid.). Vi har ingen slik studie av nyutdannede læreres kunnskaper i fysikk, men stiller spørsmålet om det er rimelig å tro at de er bedre kvalifisert enn de som utdannes til lærere i matematikk.

Har man ikke den nødvendige faglige basisen, er det vanskelig å gi en god differensiert undervisning til elevene, ikke minst til de elevene som har det største læringspotensialet. Tidligere TIMSS-studier i grunnskolen har vist at også lærere som underviser i naturfag eller matematikk i grunnskolen, deltar mindre i etter- og videreutdanning enn tilsvarende lærere i andre land. Igjen gjelder dette særlig etter- og videreutdanning med vekt på faglig innhold (Bergem et al., 2016; Grønmo & Onstad, 2012; Grønmo et al., 2012). Et annet interessant moment basert på resultatene fra TEDS-M-studien var at de fire landene som vi fant det mest relevant å sammenlikne med, i tillegg til å utdanne allmennlærere også utdannet det de kalte spesialister i matematikk for barnetrinnet. På den måten fikk man i disse landene styrket den faglige og fagdidaktiske kompetansen i lærerpersonalet som helhet ved skolene; spesialistene ble en type ressurspersoner for andre lærere. Det synes lite rimelig å forvente at allmennlærere skal være like mye eksperter i alle fag de underviser i, og at de skal greie å holde seg oppdatert i alle de ulike fagene. Spørsmålet om også Norge skal ta sikte på å utdanne spesialister for grunnskolen er interessant også av andre grunner, blant annet vil en slik utdanning kunne skape en *faglig karrierevei* for lærere i skolen. NOU (2016:14, s. 80) peker på at det er viktig at skolen har «tilstrekkelig fagkompetanse i alle fag, som en forutsetning for å kunne tilpasse undervisningen for elever med stort læringspotensial». I dag er den eneste karriereveien i skolen å gå over i administrasjon, eller til andre typer jobber

utenfor skolen. Faglige eksperter i grunnskolen vil kunne være en god støtte for både elever og lærere i å utvikle og tilrettelegge undervisningen på en bedre måte, med flere faglig interessante utfordringer også for sterke elever.

Norge har økt ressursene til etter- og videreutdanning av lærere de siste årene (søk på www.udir.no), men vi trenger en debatt omkring hva som er en effektiv bruk av disse midlene. I Norge har en stor del av etter- og videreutdanningen dreid seg om bruk av IKT i fagene, se kapittel 5.3 og Bergem et al. (2016). Den store vekten som i Norge legges på bruk av IKT i fag som matematikk og fysikk, savner en holdbar didaktisk begrunnelse. Det er viktig å beherske ny teknologi som et redskap i undervisningen, men det er minst like viktig å få jevnlig påfyll med innhold som går på det faglige og det fagdidaktiske. Over tid, og i både grunnskole og videregående skole, har vi entydige resultater som viser at norske lærere i mindre grad har deltatt i faglige kurs enn det lærere i andre land har gjort. Man trenger også en vurdering både av innhold og av utbyttet som deltakerne får av kursene som faktisk gis. Det synes rimelig å diskutere en eller annen form for kvalitetssikring av tilbudet, og av at lærerne som deltar på de ulike kursene, tilegner seg den kunnskapen de trenger.

6.5 Læringsmiljøet på skolene

Forskere har i lang tid studert et vidt spekter av ulike skole- og hjemrelaterte faktorer som påvirker elevenes læring. Det er allment akseptert, med god dokumentasjon over mange tiår, at elevenes sosioøkonomiske hjemmebakgrunn er en av de viktigste forklaringsvariablene for hvor godt elevene presterer (Desforges & Abouchaar, 2003). Særlig viktig er hjemmets intellektuelle ressurser (se kapittel 5). Nå er hjemmressurser ikke noe skolen kan gjøre så mye med, og i vår sammenheng er det mest interessant å studere

forhold som primært er skolefaktorer. Blant disse er undervisningsmetoder, bruk av lekser, og elevers og læreres tillit til skolen (se kapittel 4 og 5). Det har vært gjennomført mange studier og metastudier av tidligere studier med sikte på å avdekke skolefaktorer som kan bidra til bedre læring hos elevene (Cosmovici, Idsoe, Bru & Munthe, 2009; Hattie, 2009; Kyriakides, Creemers, Antoniou & Demetriou, 2010; McGuigan & Hoy, 2006). Innhold, definisjoner og betegnelser for faktorene som studeres, varierer mellom de ulike studiene. En faktor som flere har undersøkt, er det som har blitt kalt *akademisk optimisme* (Hoy, Tarter & Hoy, 2006). De definerer begrepet som bestående av tre aspekter: 1) Akademisk vektlegging (academic emphasis) 2) Felles tiltro til suksess, og 3) Felles tillit hos elever, lærere og foreldre.

Konstruktet som i denne rapporten er kalt *Læreres tilfredshet i jobben*, har elementer av det vi kan kalle *tillit til skolen*, se kapittel 5. Konstruktet som vi har kalt *Elevers trivsel og tillit til skolen*, gir et mål for elevens tillit til skolen, medelever og lærere. Begge disse konstruktene har nærhet til aspekt 3 i (Hoy et al., 2006) sin definisjon av *akademisk optimisme*. Det er derfor interessant at elever og lærere i Norge, i større grad enn i andre land som er med i TIMSS Advanced, utmerker seg med høy skår på dette konstruktet. Et viktig funn hos (Hoy et al., 2006) var at disse aspektene hver for seg hadde en positiv virkning på elevenes prestasjoner. Det er rimelig å tolke elevenes og lærernes resultat på konstruktene *Læreres tilfredshet i jobben* og *Elevers trivsel og tillit til skolen* i TIMSS Advanced 2015 som en indikator for hvor godt læringsmiljøet er ved skolen.

En analyse av TIMSS-data (Nilsen, Grønmo & Hole, 2013) viste at den faglige framgangen hos norske 8.-klassinger fra TIMSS 2007 til TIMSS 2011 kunne forklares ved økning i verdien av et konstrukt som på norsk ble kalt *læringstrykk*. Begrepet læringstrykk ble brukt i forbindelse med innføringen av Kunnskapsløftet (Dale

et al., 2005). Konstruktet *læringstrykk* brukt i TIMSS-analysen var basert på en samling spørsmål fra skolelederspørreskjemaet, blant annet spørsmålene som inngår i det TIMSS-definerte konstruktet *School Emphasis on Academic Success* (SEAS) (Martin & Mullis, 2013; Martin et al., 2012; Mullis et al., 2012). Slik spørsmålene bak konstruktet *læringstrykk* var utformet, er det ikke grunnlag for å påstå at dette er en variabel som kun er relatert til skolemiljø. Spørsmål som går på skoleleders vurdering av skolens lærerkompetanse, elevenes hjemmeforhold og andre ting som ikke har direkte med skolemiljø å gjøre, dominerer. Det samme gjelder i undergruppen av spørsmål som definerer konstruktet SEAS i TIMSS. Men selv om det ikke er overraskende at man kan finne en sterk sammenheng mellom elevenes prestasjoner og for eksempel rektors vurdering av *lærerkompetansen* ved en gitt skole, er det rimelig å anta at den sterke forklaringsevnen læringstrykk/SEAS har vist seg å ha, også indikerer skolemiljøets betydning. Dette bekrefter at et godt læringsmiljø med vekt på faglige prestasjoner er en god basis for framgang i faglige prestasjoner.

6.6 Relasjonen mellom matematikk og fysikk

Historisk har matematikk og fysikk i stor grad utviklet seg sammen. Blant annet gjelder dette for sentralt stoff i disse fagene på videregående skoles nivå. Da Isaac Newton i løpet av få år (ca. 1665–1666) utviklet klassisk mekanikk, utviklet han også teorien for derivasjon og integrasjon («kalkulus») parallelt. Et matematikkfaglig sentralt begrep som *den deriverte* av en funksjon kan vanskelig forstås på en tilfredsstillende måte uten en eller annen form for fysisk tolkning. For å forstå dette begrepet må elevene forstå at den deriverte av en størrelse beskriver hvordan størrelsen endrer seg. Dette kan for eksempel operasjonaliseres gjennom fysiske eksempler som at *den*

deriverte av strekning er hastighet, og den deriverte av hastighet er akselerasjon. Bruk av slike eksempler drar linjene direkte tilbake til Newton, og de representerer *naturlige* måter å illustrere den aktuelle matematikken på. Se også Uhden, Karam, Pietrocola og Pospiech (2012).

Fram til 1980-tallet var norsk videregående skole mer linjedelt (KUD, 1976, 1992). Elevgruppene som tilsvarer populasjonene vi i dag tester i TIMSS Advanced, gikk den gang på en *linje* for naturfag/realfag (KUD, 1976). En konsekvens av dette var at lærernes muligheter for å utnytte overføringsverdien fram og tilbake mellom matematikk og fysikk den gang var større. For en matematikklærer gis det selsagt større muligheter for å bruke *strekning, fart og tid* til illustrasjon av *den deriverte*, hvis matematikkelevne også tar kurs i fysikk. Senere omlegginger av de norske læreplanene har løst opp denne linjestrukturen (KUF, 1994).

Læreplanendringene som har skjedd innad i hvert av de to fagene siden ca. 1980, har også bidratt til frakoblingen av matematikk og fysikk. Ved omleggingen i 1983 ble temaer som termofysikk, optikk og statikk redusert, mens kvantefysikk, elementærpartikkelfysikk og astrofysikk kom sterkere inn (Angell, Henriksen & Isnes, 2003). Temaer som kunne behandles kvantitativt ble altså erstattet med temaer som på dette nivået primært må dekkes kvalitativt. Hensynet til fysikk som allmenndanning (Sjøberg, 2004) og rekruttering til faget spilte inn. Som nevnt i kapittel 3 har læreplanene i fysikk også etter 1983 gått i retning av mer kvalitativt stoff på visse punkter (KD, 2006; KUD, 1992; KUF, 1994). Resultatet kan bli kurs som i større grad enn før er kurs *om fysikk* i stedet for *i fysikk*. Dermed reduseres relevansen av matematikk som redskapsfag, og elever som tar begge fag, kan gå glipp av gode eksempler på bruk av matematikk i fysikk.

Samtidig har læreplanendringer i matematikk erstattet fysikknært stoff med stoff som i mindre grad er relevant for fysikkfaget

i skolen. Ved Reform 94 ble den algebrabaserte romgeometrien og deler av vektorregningen i matematikkursene 2MX og 3MX erstattet med stoff om sannsynlighetsregning og statistikk (KD, 2006; KUD, 1992; KUF, 1994). Vektorregning og geometriske tolkninger av vektorer er viktig i fysikk, siden svært mange fysiske størrelser, for eksempel krefter, modelleres som vektorstørrelser.

At man kobler fra hverandre matematikk og fysikk er ikke noe som bare skjer i Norge, dette blir diskutert og problematisert også i andre land. Morris Kline skrev allerede i 1980 om «the disastrous divorce» av matematikk fra fysikk, som han hevder begynte i siste del av det nittende århundre (Hestenes, 2013). Hestenes hevder at det skillet som har utviklet seg mellom matematikk og fysikk, er et stort problem også for matematikk, blant annet i utdanningen av matematikklærere og i struktureringen av læreplanen i matematikk siste året i videregående skole i USA (ibid.).

Ser vi på den faglige profilen til norske elever innen matematikkfaget, stratifisert etter fagområdene brukt i TIMSS Advanced (se kapittel 2.3), er det iøynefallende at elevene presterer dårligst innen den delen av matematikken det er rimelig å anta er viktigst som «redskap», både i andre fag og i matematikken selv, nemlig algebra. Analyser av TIMSS Advanced-data fra 2008 (Nilsen, Angell & Grønmo, 2013) indikerte at den norske nedgangen i fysikkprestasjoner fra 1995 til 2008 i stor grad kunne henge sammen med elevenes svakere kunnskaper når det gjaldt å bruke algebra for å løse oppgaver i fysikk.

Vårt poeng er at man, uansett hvilket ståsted man velger, trenger å reflektere rundt hvordan man i dagens skole skal håndtere den faglig sett nære forbindelsen mellom matematikk og fysikk. I en skole hvor mange legger vekt på å utvikle kreativitet hos elevene, tillater vi oss å sitere Albert Einstein: «The actual creativity principle

in physics lies in mathematics» (Einstein, 1934). Den nedgangen vi har sett i faglige prestasjoner i begge fagene fra 90-tallet, synes det rimelig å anta kan ha sammenheng med at relasjonen mellom fysikk og matematikk i mindre grad enn før brukes bevisst i arbeidet med å utvikle elevenes kunnskaper. Vi trenger mer forskning, for eksempel på hvordan læreplanene faktisk operasjonaliseres i lærebøker og i undervisningen, og på utprøving av tiltak man kan tenke seg å iverksette.

6.7 Avsluttende kommentarer

Resultatene fra TIMSS Advanced 2015 gir en god beskrivelse av hvordan situasjonen er for matematikk- og fysikkspesialistene i norsk skole. Analyser av resultatene gir oss også informasjon om hva som kan være nyttig å gjøre for å bedre både rekruttering og prestasjoner.

Vi ser behovet for konkrete tiltak, gjerne tiltak som kan prøves ut i mindre skala før de implementeres generelt. Blant annet gjelder det pilotering av ulike differensieringstiltak, kvalitets-sikring av lærernes grunn-, etter- og videreutdanning og tiltak og forsøk tilknyttet spørsmålet om hvordan man kan utnytte den nære faglige forbindelsen mellom fysikk og matematikk på en bedre måte.

Det er positivt at vi har greid å snu en negativ trend i matematikk gjennom skoleløpet fra barnetrinn via ungdomstrinn, og nå også på slutten av videregående skole. Dette gir oss en klar indikasjon på at vi gjennom hardt arbeid og samarbeid kan greie å bedre de faglige prestasjonene til elevene. Men vi er ikke i mål, vi trenger å fortsette arbeidet med å styrke matematikk-kunnskapene til elevene, særlig innen fagområdet algebra. I fysikk har vi et arbeid å gjøre, både i grunnskole og videregående skole, for å snu den negative trenden innen både prestasjoner og rekruttering i positiv retning.

Et annet positivt tegn vi ser i skolen, og som det er viktig å bygge videre på, er det gode læringsmiljøet som både elever og lærere opplever, og som de gir klart uttrykk for gjennom spørsmål om egen tilfredshet og trivsel. Dette skal ikke på noen måte undervurderes, men framheves som en god basis for å bedre elevenes læring framover.

KAPITTEL 7

Rammeverk og metoder

Torgeir Onstad og Liv Sissel Grønmo

7.1 Om TIMSS Advanced

TIMSS er en stor internasjonal undersøkelse av elevers kunnskaper og ferdigheter i matematikk og naturfag. Forkortelsen står for *Trends in International Mathematics and Science Study*. TIMSS samler inn et bredt utvalg av data om elevenes prestasjoner i disse fagene med sikte på sammenlikninger nasjonalt og internasjonalt. Sentralt i studien er å kunne gi gode beskrivelser av utviklingen over tid, såkalte *trender* i fagene. Studien samler også inn viktige bakgrunnsdata i spørreskjemaer til skoleledere, lærere og elever som skal kunne bidra til å forstå forskjeller i og utviklingen av prestasjoner.

Den første TIMSS-studien ble gjennomført i 1995, med populasjoner på barnetrinnet, ungdomstrinnet og i videregående skole. Undersøkelsene i videregående skole kalles *TIMSS Advanced*. Norge har deltatt i de aller fleste TIMSS- og TIMSS Advanced-studiene. TIMSS gjennomføres regelmessig hvert fjerde år, senest i 2015. TIMSS Advanced har blitt gjennomført i 1995, 2008 og 2015.

TIMSS Advanced består av to populasjoner på øverste trinn i videregående skole:

- **Fysikkspesialistene**

Denne populasjonen består av de elevene som tar fordypning i fysikk det siste året i videregående skole. I Norge i 1995 og 2008 gjaldt det kurset 3FY, i 2015 gjelder det kurset Fysikk 2.

- **Matematikkspesialistene**

Denne populasjonen består av de elevene som tar høyeste spesialisering i matematikk (på engelsk *advanced mathematics*) det siste året i videregående skole. I Norge i 1998 og 2008 gjaldt det kurset 3MX, i 2015 gjelder det kurset Matematikk R2.

I 1995 deltok Norge i studien av fysikkspesialistene, men ikke i studien av matematikkspesialistene. Myndighetene ønsket likevel en undersøkelse også av matematikkspesialistene, og i 1998 gjennomførte man den samme matematikkstudien i Norge som hadde vært gjennomført internasjonalt i 1995 (Angell et al., 1999).

Det at Norge gjennomførte matematikkundersøkelsen i etterkant av den internasjonale studien, hadde visse konsekvenser. De norske matematikkresultatene kom ikke med i den internasjonale databasen, og var ikke med i grunnlaget for den standardiserte skalaen og beregningen av det internasjonale skalerte gjennomsnittet. Det betyr at det er noe større usikkerhet forbundet med norske matematikkdata fra 1998 enn det ville ha vært dersom Norge hadde deltatt i 1995. Vi får likevel et godt inntrykk av hvordan Norge gjorde det i 1998 i forhold til andre land i 1995, slik dataene ble analysert i den norske rapporten den gang (ibid.). Men siden vi ikke deltok internasjonalt i 1995, er de norske matematikkresultatene fra 1998 ikke med i de internasjonale rapportene, bare i de norske rapportene.

Tabell 7.1 viser de landene som deltok i TIMSS Advanced i henholdsvis 1995, 2008 og 2015.

Totalt har altså 25 land deltatt minst én gang i TIMSS Advanced. Av de ni landene som deltok i 2015, har åtte deltatt én eller to ganger før.

Tabell 7.1 Deltakerland i TIMSS Advanced i 1995, 2008 og 2015. Land som har deltatt flere ganger, er gulfarget.

Land	Deltok i 1995	Deltok i 2008	Deltok i 2015
Armenia		X	
Australia	(X)		
Canada	X		
Danmark	(X)		
Filippinene		M	
Frankrike	X		X
Hellas	X		
Iran		X	
Israel	(X)		
Italia	M	X	X
Kypros	X		
Latvia	F		
Libanon		X	X
Litauen	M		
Nederland		X	
Norge	Fm	X	X
Portugal			X
Russland	X	X	X
Slovenia	(X)	X	X
Sveits	X		
Sverige	X	X	X
Tsjekkia	X		
Tyskland	X		
USA	(X)		X
Østerrike	(X)		

X: Deltok på ordinær måte i begge fag

(X): Deltok, men med for små utvalg

M: Deltok bare i matematikk

F: Deltok bare i fysikk

Fm: Deltok ordinært i fysikk, men avholdt matematikkstudien i 1998

Organisering

Det overordnede ansvaret for utviklingen og gjennomføringen av alle TIMSS-studiene, deriblant TIMSS Advanced, ligger hos den internasjonale organisasjonen IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*). IEA er et internasjonalt nettverk for utdanningsforskning som ble etablert i 1959. Det internasjonale prosjektsenteret er lagt til Boston College i USA. Ansvar knyttet til statistisk design og databehandling er delegert til Data Processing and Research Center i Hamburg og Statistics Canada i Ottawa.

I Norge er det Utdanningsdirektoratet som på vegne av Kunnskapsdepartementet har ansvaret for norsk deltakelse og bevilgning av midler. Ansvaret for gjennomføringen av og rapporteringen fra studiene er delegert til Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS) ved Universitetet i Oslo. Prosjektet er der organisert med en prosjektleder og prosjektgruppe som har arbeidet med TIMSS Advanced i flere år. Det er en tilsvarende prosjektgruppe på ILS for TIMSS-undersøkelsene i grunnskolen. Disse prosjektgruppene er tilknyttet Enhet for kvantitative utdanningsanalyser (EKVA) ved ILS.

Den norske prosjektgruppa for TIMSS Advanced har samarbeidet med prosjektsenteret i Boston, IEAs sekretariat i Amsterdam, Data Processing and Research Center i Hamburg, Statistics Canada og med de nasjonale prosjektgruppene i noen av de andre deltakerlandene. Den norske prosjektgruppa har hatt to medlemmer i SMIRC (*Science and Mathematics Item Review Committee* – en internasjonal gruppe oppnevnt av prosjektsenteret i Boston), som har hatt et overordnet ansvar for oppgavene som er blitt brukt i de faglige testene. Disse to medlemmene har også sittet i et mindre arbeidsutvalg (*Task Force*) for SMIRC.

Informasjon om ulike hovedaktører finnes på følgende nettsider:

- IEA: <http://www.iea.nl/>
- Prosjektsenteret i Boston: <http://timssandpirls.bc.edu/>

- ILS: <http://www.ils.uio.no/>
- TIMSS Advanced og TIMSS i Norge: <http://www.timss.no/>

Populasjoner og utvalg

Når det gjelder hvilke populasjoner som blir undersøkt, er det viktige forskjeller mellom TIMSS i grunnskolen og TIMSS Advanced i videregående skole. I grunnskolen undersøker TIMSS et representativt utvalg av *hele det aktuelle årskullet*. TIMSS Advanced undersøker betraktelig snevrere grupper, nemlig de elevene på øverste trinn i den videregående skolen som har valgt det eller de kurs som vedkommende land har definert som avansert matematikk eller fysikk. I Norge i 2015 gjaldt det kursene Matematikk R2 og Fysikk 2. Elever som tok begge disse kursene, tilhørte begge populasjonene.

Tabell 7.2 viser hvor stor prosentandel denne populasjonen er av årskullet i hvert deltakerland. Det dreier seg altså ikke om andelen

Tabell 7.2 Dekningsgrad: matematikkpopulasjonen i TIMSS Advanced i prosent av hele årskullet.

Land	Dekningsgrad i matematikk i prosent av hele årskullet
Libanon	3,9
Russland*	10,1
Norge	10,9
USA	11,4
Sverige	14,1
Frankrike	21,5
Italia	24,5
Portugal	28,5
Slovenia	34,4

* I 2008 testet Russland bare elever som tok svært avanserte matematikkurs. Da var dekningsgraden bare 1,4 %. I 2015 valgte de å definere flere kurs som avanserte, og dermed ble dekningsgraden større. For å kunne gjøre fornuftige trendanalyser rapporterer de denne gangen resultatene både til hele gruppa og til den delgruppa som svarer til populasjonen i 2008. I denne boka konsentrerer vi oss hovedsakelig om de russiske resultatene fra hele gruppa.

av skoleelevene, men om *andelen av hele det aktuelle årskullet* i befolkningen. Denne prosentsetsatsen kalles *dekningsgraden (coverage index)* for hvert land.

Det er store variasjoner i dekningsgrad i matematikk, fra under 4 % til godt over 30 %. For Libanon avspeiler den lave prosentandelen trolig landets mangel på ressurser til videregående utdanning. I den andre enden av skalaen finner vi Slovenia; der tar over en tredel av årskullet avansert matematikk. Skulle vi overført Slovenias prosentsetsats til Norge, ville det betydd at de fleste av elevene på studieforbereende programmer skulle ha tatt Matematikk R2.

Hvis vi vil sammenlikne prestasjonene i matematikk for flere land i TIMSS Advanced, er det viktig å ha dekningsgraden i mente.

Til sammenlikning viser tabell 7.3 dekningsgraden i fysikk.

I fysikk er forskjellene i dekningsgrad mellom landene mindre enn i matematikk. Libanon, Sverige og Frankrike har omtrent samme dekningsgrad i de to fagene, mens de andre landene har klart lavere dekningsgrad i fysikk enn i matematikk. Mest iøynefallende er den lave dekningsgraden i fysikk sammenliknet med matematikk i Slovenia.

Tabell 7.3 Dekningsgrad: fysikkpopulasjonen i TIMSS Advanced i prosent av hele årskullet.

Land	Dekningsgrad i fysikk i prosent av hele årskullet
Libanon	3,9
USA	4,8
Russland	4,9
Portugal	5,1
Norge	6,5
Slovenia	7,6
Sverige	14,3
Italia	18,2
Frankrike	21,5

Bare et utvalg av elevene i hvert deltakerland blir testet. Dette utvalget trekkes ut etter bestemte statistiske regler og prosedyrer. For å kunne gjøre generaliseringer fra utvalget til hele populasjonen med liten usikkerhet (små feilmarginer), ble det satt som mål at utvalgene burde omfatte 3600 elever i hvert fag. Dette målet gjaldt i utgangspunktet alle land. For små land kunne disse målene ikke nås, og prosedyrer og mål måtte modifiseres. Av de 264 aktuelle videregående skolene i Norge ble 134 trukket ut til å delta i matematikk, og de andre 130 til å delta i fysikk. Den norske prosjektgruppa fant det ikke ønskelig at skoler skulle bes om å delta i begge studiene. Det ville lett føre til at samme elev måtte delta i begge studiene, siden svært mange av fysikkelevnene også tar matematikk. Det ville være en urimelig belastning relativt kort tid før avsluttende eksamen. På skoler som ble trukket ut i matematikk, var alle elevene i Matematikk R2 med i utvalget, og på skoler som ble trukket ut i fysikk, var alle elevene i Fysikk 2 med i utvalget.

Den nasjonale prosjektgruppa kontaktet alle skolene med en oppfordring om å delta i undersøkelsen. Av de 134 skolene som ble bedt om å delta i matematikk, var det 133 som svarte ja. Av de aktuelle elevene på disse skolene deltok 93 %. Av de 130 skolene som ble bedt om å delta i fysikk, var det 127 som svarte ja. Av de aktuelle elevene på disse skolene deltok 94 %. Det gir en samlet deltakelsesprosent på 93 % i både matematikk og fysikk. Til sammen deltok 2537 norske elever i matematikkundersøkelsen og 2472 i fysikkundersøkelsen.

TIMSS hadde detaljerte regler for trekking og krav til deltakerprosent i utvalgene for at de skulle være *representative*. Norge tilfredsstilte disse kravene med god margin. På denne måten fikk vi et representativt utvalg av skoler og et representativt utvalg av elever.

Utvalget av lærere ble derimot ikke trukket tilfeldig. Lærerne fulgte med som et «attributt» til elevutvalget – det var de utvalgte

klassenes matematikk- eller fysikklærere som deltok i undersøkelsen. Strengt tatt betyr det at lærerutvalget ikke med sikkerhet kan anses som representativt for hele lærerpopulasjonen; det er derfor litt mer usikkert å generalisere fra det. Men siden lærerutvalget omfatter så mange av de aktuelle lærerne – og det er et biprodukt av en tilfeldig utvalgsprosess – kan det vanskelig tenkes betydelige feilutslag om man antar at de på god måte representerer samtlige lærere i henholdsvis matematikk og fysikk. Vi kan anse lærerutvalget som «tilstrekkelig tilfeldig» til at vi kan generalisere fra det. Derfor har vi i denne boka tillatt oss å bruke uttrykk av typen «23 % av de norske R2-lærerne» og liknende uttrykksmåter når vi strengt tatt burde ha skrevet «lærerne til 23 % av R2-elevene i Norge».

Vektingen av dataene ble beregnet av datasenteret til IEA. Dette blir beskrevet i den internasjonale tekniske rapporten til TIMSS Advanced 2015 (Martin, Mullis & Hooper, 2016).

7.2 Analysenivåer i TIMSS Advanced

TIMSS Advanced samler inn og analyserer data på tre nivåer:

Systemnivå – intendert læreplan

Dette nivået gjelder utdanningssystemet slik det legges til rette av nasjonale og regionale myndigheter i et land. Det dreier seg om organisering av skoletilbudet, rammefaktorer, ressurstilgang og elevenes muligheter til skole- og fagvalg. Ikke minst dreier det seg om læreplaner og vurderingsformer. Det er slike faktorer som forteller hva slags utdanningstilbud samfunnet og myndighetene ønsker og planlegger at elevene skal få. Opplysninger på dette nivået er primært hentet inn fra de nasjonale prosjektlederene i de enkelte deltakerlandene.

Nylig er det utgitt en ensyklopedi med beskrivelser av skole-systemene i alle deltakerlandene i TIMSS 2015 (Mullis, Martin, Goh & Cotter, 2016). Samtlige deltakerland i TIMSS Advanced 2015 er med der. Selv om hovedvekten i ensyklopedien er på grunnskolen (*primary education og lower secondary education*), kan den gi en viss støtte for å forstå ulikheter mellom landene på systemnivået. Dessuten inneholder den internasjonale rapporten for TIMSS Advanced 2015 (Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016) ytterligere opplysninger om skolesystemene i deltakerlandene, med særlig vekt på videregående opplæring.

Klasseromsnivå – implementert læreplan

Dette nivået handler om hva som skjer i klasserommet, om undervisningen og læringsmiljøet. Hvordan blir intensjonene fra systemnivået omsatt i praksis? Hvordan blir den intenderte læreplanen iverksatt i skolen?

Både elevene, lærerne deres (i det faget elevene ble testet i) og skolelederne deres har svart på spørreskjemaer om situasjonen på skolen. Elevene ble blant annet spurt om hjemmebakgrunn, utdanningsplaner, trivsel på skolen, tidsbruk på skolearbeid og på arbeid utenom skolen og om undervisningsmetoder i matematikk og fysikk. Lærerne ble blant annet spurt om alder, utdanning, erfaring som lærer, etter- og videreutdanning, faglige emner som er undervist, undervisningsmetoder, bruk av digitale verktøy, bruk og oppfølging av lekser, lærersamarbeid, trygghet og trivsel i jobben og om eventuelle problemer i arbeidssituasjonen. Skolelederne ble blant annet spurt om utdanning og ledererfaring, skolens ressurser og begrensninger, elevenes bakgrunn, skolens vektlegging av matematikk og fysikk, eventuelle problemer med å rekruttere kvalifiserte lærere og generelt om skolens miljø.

Elevnivå – resultert læreplan

Det siste nivået handler om hva som er oppnådd. Hvilke kunnskaper har disse elevene i matematikk og fysikk, og hvilke holdninger har de til fagene? Elevenes prestasjoner på den faglige testen ga informasjon om faglige kunnskaper og ferdigheter, mens elevspørreskjemaet ga informasjon om holdninger til fag og læring.

Med data på alle disse nivåene kan man beskrive og analysere situasjonen på en rekke måter. Vi kan studere forandringer i forhold til den forrige TIMSS Advanced-undersøkelsen. Vi kan sammenlikne elevprestasjoner i ulike land. Vi kan sammenlikne prestasjonene til jenter og gutter. Vi kan også analysere om det synes å være sammenheng mellom prestasjonene og noen av bakgrunnsvariablene, som for eksempel undervisningsmetoder, leksearbeid, lærernes utdanning eller elevenes hjemmebakgrunn.

7.3 Rammeverk for studien

TIMSS Advanced baserer seg på et rammeverk som definerer hvilke kunnskaper og ferdigheter elevene skal testes i. Rammeverket er utviklet gjennom en drøftingsprosess mellom deltakerlandene, som leder fram mot konsensus om hva som utgjør sentrale kunnskaper og ferdigheter i faget sett i forhold til de respektive landenes læreplaner. Det foregår en viss justering foran hver undersøkelse, noe som er naturlig ettersom skolesystemer utvikler seg og læreplaner revideres. Men det er samtidig et poeng å holde rammeverket relativt stabilt for å gi et solid fundament for pålitelige sammenlikninger over tid.

Rammeverket for TIMSS Advanced 2015 (Mullis & Martin, 2014) bygger på rammeverket for TIMSS Advanced 2008 (Garden et al., 2006). Det er et mål at rammeverket skal ligge så tett som

mulig opp til de aktuelle læreplanene i deltakerlandene. Det er selvsagt umulig å få det til fullt ut; til det er læreplanene for ulike, spesielt når man kommer til de høyere trinnene i skoleverket. Derfor blir målet isteden at ikke noe land skal oppleve at det blir et urimelig stort avvik fra deres læreplan. Vi skal helst alle sammen kunne si at testen i hovedsak faller inn under vår læreplan. Samtidig aksepterer vi at noen av oppgavene ikke passer godt i vårt land, og at noen deler av vår læreplan ikke dekkes av testen. For å oppnå dette er det viktig at alle deltakerlandene gis anledning til å påvirke prosessen med utvikling av rammeverket, slik at man oppnår konsensus om det.

Rammeverket definerer de *fagområdene* som testoppgavene skal dekke. Samtidig er det bestemt i rammeverket hvor stor andel av oppgavene som bør høre til hvert av disse fagområdene.

I tillegg inneholder rammeverket en beskrivelse av *kognitive kategorier*. Det er et mål at oppgavene skal stille ulike kognitive krav til elevene. Derfor angir rammeverket også hvor stor andel av oppgavene som bør ligge i hver av de kognitive kategoriene.

Fagområder i matematikk

Fagområder i matematikk med anbefalt og faktisk fordeling av oppgavene er vist i tabell 7.4. Kategoriene og den anbefalte oppgavefordelingen er de samme som i 2008.

Fulle detaljer finnes i rammeverket (Mullis & Martin, 2014).

Tabell 7.4 Fordeling av matematikkoppgaver i TIMSS Advanced 2015 i fagområder.

Fagområder	Anbefalt prosentandel av oppgavene	Faktisk prosentandel av oppgavene
Algebra	35 %	35 %
Kalkulus	35 %	36 %
Geometri	30 %	29 %

Kognitive kategorier i matematikk

TIMSS Advanced 2015 brukte de samme kognitive kategoriene og den samme anbefalte fordelingen av oppgaver som i 2008. Tabell 7.5 viser disse, samt den faktiske oppgavefordelingen i 2015.

Å *kunne* betyr blant annet å huske fakta, å gjenkjenne matematiske størrelser som er ekvivalente, å beherske algoritmer (som for eksempel løsning av enkle likninger og derivasjon av polynomfunksjoner) og å hente informasjon fra grafer og tabeller. Å *anvende* betyr blant annet å bruke kunnskapene og ferdighetene sine til å velge metoder og strategier, å representere matematisk informasjon på ulike måter, å modellere situasjoner og å løse rutineoppgaver. Å *resonnere* betyr blant annet å tenke logisk, å analysere informasjon, å avgjøre hvilke framgangsmåter som trengs for å løse et problem, å kombinere ulike kunnskapselementer og representasjoner, å vurdere ulike strategier og løsninger, å trekke gyldige konklusjoner, å generalisere resultater og å formulere matematiske argumenter og bevis.

Fuller detaljer finnes i rammeverket (Mullis & Martin, 2014).

Tabell 7.5 Fordeling av matematikkoppgaver i TIMSS Advanced 2015 i kognitive kategorier.

Kognitiv kategori	Anbefalt prosentandel av oppgavene	Faktisk prosentandel av oppgavene
Kunne	35 %	29 %
Anvende	35 %	41 %
Resonnere	30 %	30 %

Fagområder i fysikk

Fagområder i fysikk med anbefalt og faktisk fordeling av oppgavene er vist i tabell 7.6.

Fagområdene er justert siden 2008. Den gangen var inndelingen som vist i tabell 7.7.

Tabell 7.6 Fordeling av fysikkoppgaver i TIMSS Advanced 2015 i fagområder.

Fagområder	Anbefalt prosentandel av oppgavene	Faktisk prosentandel av oppgavene
Mekanikk og termodynamikk	40 %	41 %
Elektrisitet og magnetisme	25 %	26 %
Bølger og atom-/kjernefysikk	35 %	33 %

Tabell 7.7 Fordeling av fysikkoppgaver i TIMSS Advanced 2008 i fagområder.

Fagområder	Anbefalt prosentandel av oppgavene
Mekanikk	30 %
Elektrisitet og magnetisme	30 %
Varme og temperatur	20 %
Atom- og kjernefysikk	20 %

Vi ser at antall områder har blitt redusert fra fire til tre. Dermed får hvert område flere oppgaver, og dette gir mer robuste mål for landenes prestasjoner innenfor de enkelte fagområdene. Revisjonen har også tatt hensyn til utviklinger i deltakerlandenes læreplaner i fysikk.

Fuller detaljer finnes i rammeverket (Mullis & Martin, 2014).

Kognitive kategorier i fysikk

TIMSS Advanced 2015 brukte de samme kognitive kategoriene og den samme anbefalte fordelingen av oppgaver som i 2008. Tabell 7.8 viser disse, samt den faktiske oppgavefordelingen i 2015.

Å *kunne* betyr blant annet å huske fakta, fenomener og begreper, å kjenne riktig bruk av apparater og framgangsmåter, å gjenkjenne og bruke vitenskapelig vokabular, symboler og enheter, å beskrive materialer, strukturer, fenomener og prosesser og å bruke eksempler til å klargjøre fakta og begreper. Å *anvende* betyr blant annet å

Tabell 7.8 Fordeling av fysikkoppgaver i TIMSS Advanced 2015 i kognitive kategorier.

Kognitiv kategori	Anbefalt prosentandel av oppgavene	Faktisk prosentandel av oppgavene
Kunne	30 %	27 %
Anvende	40 %	44 %
Resonnere	30 %	29 %

bruke modeller til å illustrere begreper, prinsipper, prosesser og systemer, å bruke kunnskap om fysiske begreper og prinsipper til å tolke informasjon i tekst, tabeller og diagrammer, å bruke en fysisk relasjon, likning eller formel til å finne en kvalitativ eller kvantitativ løsning og å forklare en observasjon eller et fenomen ved bruk av et fysikkbegrep, en fysisk lov eller en teori. Å *resonnere* betyr blant annet å analysere fysiske problemer, å anvende matematiske begreper i fysikk, å formulere forskningsspørsmål og planlegge systematisk utforsking av dem, å formulere og teste hypoteser, å vurdere resultatene av utforsking og alternative forklaringer av et fenomen, å trekke gyldige konklusjoner, å generalisere resultater og å bruke empiri og fysikkforståelse til å argumentere for en forklaring.

Fuller detaljer finnes i rammeverket (Mullis & Martin, 2014).

Digitale hjelpemidler

I TIMSS Advanced har kalkulator vært tillatt i alle studiene (1995, 2008 og 2015). Et hovedargument har vært at av hensyn til trendmålinger må «spillereglene» være de samme hver gang. Den norske prosjektgruppa har problematisert denne argumentasjonen i forbindelse med TIMSS Advanced 2008 og 2015, spesielt når det gjelder matematikktesten. Vi pekte på den enorme teknologiske utviklingen på dette området fra 1995 til 2008. Kalkulatorer som

var i vanlig bruk i undervisningen i en del land i 2008, kunne knapt sammenliknes med de som var tilgjengelige i 1995. Rammeverket for TIMSS Advanced 2008 erkjente denne problematikken: «it is noted that there have been tremendous changes in calculator technology since 1995» (Garden et al., 2006, s. 16). Dette er fyldigere beskrevet i (Onstad, 2010). Det har vært gjort forsøk på å minske problemet ved å lage mange oppgaver der kalkulator (eller annen digital teknologi) er til liten nytte.

Den teknologiske utviklingen fortsetter, og det planlegges nå en overgang til tester i TIMSS og TIMSS Advanced på digitale plattformer. Bruken av eventuelle hjelpemidler i oppgaveløsingen vil da kunne styres på en helt annen måte enn hittil.

7.4 Instrumenter for datainnsamling

Oppgaver til elevene

Når TIMSS utvikler oppgaver til undersøkelsene sine, tar de mange hensyn (Mullis et al., 2005):

- Oppgavene skal ligge innenfor læreplanen i de fleste deltakerlandene.
- Oppgavene skal forventes å kunne forsvare sin posisjon i en framtidig utvikling av matematikk og naturfag (fysikk i TIMSS Advanced) i skolen.
- Oppgavene skal være godt tilpasset de deltakende elevenes alderstrinn.
- Oppgavene skal fungere teknisk godt i en storskalaundersøkelse.
- Oppgavene skal fordele seg på fagområdene og de kognitive kategoriene i samsvar med prosentangivelsene i rammeverket.

Oppgavene skal også fungere relativt godt i alle land, basert på resultatene fra piloteringen som gjennomføres året før

hovedundersøkelsen. Videre er det et mål å få en balansert fordeling mellom flervalgsoppgaver og åpne oppgaver.

Punktet om å «fungere teknisk godt» betyr blant annet at en oppgave skal *diskriminere* godt, det vil si at den skal skille mellom sterke og svake elever. For å kunne få høy reliabilitet på testen som helhet, er det i tillegg viktig å ha oppgaver med ulik vanskegrad.

TIMSS Advanced er en *trendstudie*. Det betyr at den legger til rette for sammenlikning over tid. Et utvalg av oppgavene i TIMSS Advanced 1995 ble ikke offentliggjort, men lagt til side for gjenbruk i den neste TIMSS Advanced-studien i 2008. Dette er *trendoppgavene*, som knytter de to studiene sammen og gjør det mulig å sammenlikne prestasjonene. Tilsvarende skjedde i neste runde. Omtrent halvparten av oppgavene i 2008 ble hemmeligholdt og brukt som trendoppgaver i 2015.

Alle deltakerlandene ble invitert til å lage oppgaver til studien, samtidig som et av de internasjonale prosjektmøtene ble brukt til å lage nye oppgaver til 2015. Oppgaveforslagene ble sendt til SMIRC, en internasjonal ekspertkomité for matematikk og naturfag (Mullis & Martin, 2014, s. 65f). Komiteen vurderte oppgaveforslagene mot rammeverket. Lå en oppgave utenfor rammeverket, ble den enten modifisert eller forkastet. Falt den innenfor, ble den plassert i et fagområde og i en kognitiv kategori. SMIRC hadde ansvaret for at det var tilstrekkelig med oppgaver innen de ulike faglige og kognitive områdene, at det var en akseptabel fordeling i oppgavenes vanskegrad, og at det var et passende forhold mellom flervalgsoppgaver og åpne oppgaver. Ekspertkomiteen hadde også ansvaret for beskrivelsene av de ulike *kompetansenivåene*. To medlemmer i den norske prosjektgruppa for TIMSS Advanced var med i matematikkdelen av SMIRC.

Den store «oppgavebanken» som ble utviklet på denne måten, ble grundig gjennomgått. Fra denne valgte man ut omtrent

dobbelt så mange oppgaver som man trengte til testen. Disse oppgavene ble utprøvd internasjonalt våren 2014. Resultatene i denne pilottesten ga grunnlag for å gjøre det endelige utvalget av oppgaver til selve TIMSS Advanced-undersøkelsen i 2015. Oppgaveutvalget ble diskutert internasjonalt med representanter fra alle deltakerlandene.

Opgavene for 2015 ble fordelt i ni blokker i hvert fag. Blokkene hadde omtrent like mange oppgaver og like stor vanskegrad og arbeidsmengde. Den totale arbeidsmengden for alle blokkene ville blitt altfor stor for en enkelt elev, anslagsvis 4½ time (pluss nok en halvtime for spørreskjemaet). Det er behov for å bruke mange oppgaver for å gi en bred dekning av fagområdene i rammeverket. På den måten kan man også dekke læreplanene i de enkelte land på en god måte. Hver enkelt elev får imidlertid bare et utvalg av alle oppgavene som er med i testen. Blokkene ble fordelt på seks forskjellige hefter. Hvert hefte inneholdt tre blokker. Hver blokk forekom i to forskjellige hefter.

Hver elev fikk ett hefte. Skolene sendte inn anonymiserte lister over alle elevene som skulle delta. Prosjektgruppa brukte et data-program spesiallaget for TIMSS Advanced til å trekke ut hvilken elev som skulle ha hvilket oppgavehefte.

Den enkelte elev fikk på denne måten prøve seg på en tredel av oppgavene i studien. TIMSS Advanced er derfor lite egnet til å si noe om den enkelte elev; studien er designet for å kunne trekke relativt sikre konklusjoner om hele den nasjonale populasjonen og delgrupper av denne.

Alle oppgaveheftene i TIMSS inneholdt en kortfattet instruksjon til elevene om hvordan de ulike oppgavetyperne – det vil si flervalgsoppgaver og åpne oppgaver – skulle besvares. Det var en kort formelsamling i begynnelsen av hvert hefte.

Koding av oppgavene

Omtrent halvparten av oppgavene i TIMSS Advanced er *flervalgsoppgaver*. I slike oppgaver får elevene fire svaralternativer å velge mellom: A, B, C eller D. (I 1995 var det fem svaralternativer.) Eleven skal markere hvilket av svarene som hun eller han mener eller tror er det riktige. Det ligger et grundig arbeid bak konstruksjon av flervalgsoppgaver. Det er viktig at ett av svaralternativene er riktig, og at ingen av de andre er det. De gale alternativene kalles *distraktorer*. Gode distraktorer bør avspeile typiske misoppfatninger, regnefeil eller liknende. Flervalgsoppgaver er enkle å kode; det skal bare registreres hvilket svar eleven har valgt.

De åpne oppgavene stiller større utfordringer til kodingen. De tillatte kodene på en oppgave er utførlig beskrevet i de internasjonale kodemanualene. Dette materialet var grundig gjennomgått på en internasjonal samling. I det enkelte land ble kodedefinisjonene nøye gjennomgått i fellesskap før kodingen startet. Eventuelle uklarheter ble drøftet og avklart, i noen tilfeller i samråd med den internasjonale TIMSS-ledelsen. For mange av oppgavene var det utarbeidet et eksempelmateriell som illustrerte hvordan kodene skulle brukes. Deretter ble hvert enkelt elevsvar kodet.

Som en kontroll ble det gjennomført en *reliabilitetskoding*, det vil si at to personer kodet samme oppgaver uavhengig av hverandre. På denne måten kunne man statistisk måle den nasjonale *sensorreliabiliteten*, det vil si graden av samsvar mellom koderne (sensorene) i et land.

Spørreskjemaer

Hver elev som deltok i TIMSS Advanced, svarte på et *elevspørreskjema* i tillegg til den faglige testen. Lærerne til disse elevene (i det faget de ble testet i) fikk dessuten et eget *lærerspørreskjema*, og skolens ledelse fikk et *skolespørreskjema*. Gjennom skjemaene ble

det samlet inn en rekke opplysninger om holdninger, hjemmebakgrunn, undervisningsmetoder, skolens ressurser med mer.

Alle landene hadde anledning til å komme med forslag til hva det skulle spørres om i spørreskjemaene. Forslagene ble behandlet i en egen ekspertkomité, QIRC (*Questionnaire Item Review Committee*; Mullis & Martin, 2014, s. 67). Deres forslag til spørreskjemaer ble så lagt fram på et internasjonalt møte til en grundig debatt før de ble ferdigstilt. Alle deltakerlandene hadde en demokratisk mulighet i prosessen til å foreslå endringer og tillegg.

Det var mulig for land å sløyfe enkelte spørsmål som ble ansett som irrelevante for deres utdanningssystem, eller å legge til spørsmål som utdanningsmyndighetene eller den nasjonale prosjektgruppa fant interessante. Svarene på slike spørsmål blir ikke tatt med i den internasjonale rapporten.

Øversetting

Det internasjonale arbeids- og samarbeidsspråket i TIMSS er engelsk. Alle offisielle dokumenter, instruksjoner, oppgaver og spørreskjemaer foreligger på engelsk. Men når undersøkelsen gjennomføres, må oppgavene og spørreskjemaene foreligge på de språkene som brukes i skolene i de respektive landene. Elevene, lærerne og skolelederne skal møte oppgavene og spørsmålene på et språk de er vant til, ellers vil internasjonale sammenlikninger gi liten mening.

TIMSS har omfattende rutiner for oversetting og språkkontroll. Oversettelsesforslagene våre ble sendt til IEA, som sendte dem videre til en norsk språkeksperter som var ukjent for prosjektgruppa i Norge. Kommentarene og forslagene fra ekspertten ble sendt via IEA tilbake til Norge, der prosjektgruppa gjennomgikk dem, vurderte dem fra en faglig og språklig synsvinkel og foretok nødvendige forbedringer av tekstene.

Det er også viktig at layout på oppgaver og hefter er så lik som mulig i alle land. Alle heftene sendes derfor til internasjonal godkjenning av layout før de trykkes.

7.5 Gjennomføring av studien

TIMSS har utviklet grundige prosedyrer for å sikre en ensartet gjennomføring av undersøkelsen i alle deltakerlandene. Prosedyrene er nøye beskrevet i manualer for gjennomføringen av ulike deler av studien. En teknisk rapport blir etter hvert publisert av det internasjonale prosjektsenteret (Martin et al., 2016).

Tidspunkt

TIMSS Advanced-undersøkelsen skulle gjennomføres i slutten av det siste året i videregående skole. Det betydde våren 2015 innenfor tidsrammer som var fastsatt sentralt.

Gjennomføring på skolene

Det internasjonale prosjektsenteret hadde utarbeidet detaljerte instruksjoner for hvordan testen skulle gjennomføres i klasserommet. Det var gjort for å sikre like testvilkår for alle elever, både nasjonalt og internasjonalt.

Alt elevmaterieell ble sendt til skolene litt før undersøkelsen skulle gjennomføres. Materiellet besto av oppgavehefter og spørreskjemaer til elevene, samt instruksjoner for gjennomføringen. En av de tilsatte på skolen var ansvarlig for å sette seg inn i instruksene på forhånd og å påse at de ble fulgt nøye.

Elevene fikk opplest informasjon om testen og om gjennomføringen, og eksemplene forrest i heftene ble gjennomgått. Deretter fikk de nøyaktig 90 minutter til å løse oppgavene. Etterpå besvarte elevene spørreskjemaet.

Den internasjonale TIMSS-ledelsen hadde knyttet til seg én person i hvert land som kontrollerte gjennomføringen på en del tilfeldig valgte skoler. Vedkommende var uavhengig av den nasjonale prosjektgruppa og rapporterte direkte til den internasjonale ledelsen ved hjelp av et grundig rapporteringsskjema.

Den ansvarlige personen for gjennomføringen på den enkelte skole sendte alt materiellet tilbake til den nasjonale prosjektgruppa. Det ble kontrollert at ingen oppgavehefter forsvant i prosessen.

Spørreskjemaene til lærerne og skolelederne ble distribuert og utfyllt på nett.

7.6 Databehandling

De innlagte dataene ble kontrollert i flere omganger, først i Norge og deretter i det internasjonale datasenteret til TIMSS. Dataene ble «vasket», det vil si at man lette etter inkonsistente og overraskende data. Disse ble så kontrollert mot oppgaveheftene og spørreskjemaene. Prosedyrene skal sikre høy grad av samsvar mellom det elevene, lærerne og skolelederne faktisk hadde svart, og de dataene som ble lagret elektronisk.

Da datavaskingen var avsluttet, ble alle forbindelser mellom de elektroniske dataene og deltakerne i undersøkelsen slettet. Dermed lar det seg ikke gjøre å spore enkeltresultater tilbake til elever eller skoler.

Avanserte statistiske metoder er brukt for å behandle dataene på en måte som muliggjør sammenlikninger – mellom land og over tid. Dette blir grundig beskrevet i den internasjonale tekniske rapporten (Martin et al., 2016).

Som nevnt ovenfor svarte hver enkelt elev bare på en tredel av det samlede oppgavetilfanget. Prestasjonene til to elever som hadde samme hefte, kan sammenliknes. To elever som fikk forskjellige hefter, fikk derimot helt eller delvis forskjellige oppgaver, og da kan

ikke prestasjonene uten videre sammenliknes. Tilsvarende kan prestasjoner i 2015 ikke uten videre sammenliknes med prestasjoner i 2008.

Disse problemene løses ved hjelp av blokker som er felles mellom hefter og mellom de to undersøkelsene. Disse blokkene fungerer som «broer» som knytter de enkelte delene sammen. Teknikkene som brukes for slik «brobygging» mellom undersøkelser baserer seg på *Item Response Theory* og er statistisk avanserte. De blir beskrevet i den internasjonale tekniske rapporten til TIMSS Advanced (Martin et al., 2016).

En *skalering* ble gjort med dataene i TIMSS Advanced 1995. Elevskårene i alle deltakerlandene ble regnet om til en ny skala slik at det internasjonale gjennomsnittet ble 500 «poeng» og standardavviket ble 100 «poeng». Disse tallene er ikke poeng oppnådd på selve testen, men de er likevel mål for hvor godt elevene presterte. En slik skalering ble utført for matematikk og fysikk hver for seg.

Denne prosessen med skalering og «brobygging» ga en skala (for hvert av fagene) som kan brukes som fast målestokk for prestasjoner i den første undersøkelsen i 1995, for TIMSS Advanced 2008, for TIMSS Advanced 2015 og for eventuelle nye TIMSS Advanced-studier. Dette muliggjør *trendanalyser*.

Den internasjonale gjennomsnittsskåren var 500 per definisjon i 1995. I 2008 var den ikke lenger 500. Det kunne heller ikke forventes. For det første må vi forvente at de landene som hadde deltatt i 1995, ikke presterte akkurat likt i 2008. Viktigere er det likevel at det ikke var samme gruppe land som deltok i begge undersøkelsene. Noen land som deltok i 1995, uteble i 2008, og nye land kom til, se tabell 7.1. På samme måte var det en viss utskifting av deltakerland fra 2008 til 2015. Det er ingen grunn til å forvente at én gruppe land skal prestere nøyaktig like godt i gjennomsnitt som en (delvis) annen gruppe land.

Å relatere prestasjoner til det internasjonale gjennomsnittet på den enkelte studien kan gi liten mening, siden et slikt gjennomsnitt naturlig varierer fra studie til studie. Kommer det for eksempel inn et fattig land som presterer svakt – som Filippinene i 2008 – vil det kunne trekke gjennomsnittet ned i forhold til den foregående studien. Det ville være sterkt misvisende om en bedring i norske prestasjoner i forhold til det internasjonale gjennomsnittet på én studie ble framstilt som en framgang i forhold til en tidligere studie, mens det i virkeligheten skyldtes at gjennomsnittet hadde endret seg fordi nye land med svakere prestasjoner deltok. Dersom vi tenker oss at Singapore hadde deltatt i TIMSS Advanced 2008 istedenfor Filippinene, ville totalbildet utvilsomt vært ganske annerledes. Vurderingen av den norske utviklingen skal ikke avhenge av hvilke andre land som velger å delta.

De prestasjonsdataene som foreligger, gir god anledning til å studere et enkelt lands utvikling over tid. Da sammenliknes landet med seg selv på den faste skalaen fra undersøkelse til undersøkelse. Sammenlikninger mellom land i samme undersøkelse er også meningsfulle. Dersom to eller flere land har deltatt i flere av undersøkelsene, kan landenes utvikling over tid også sammenliknes. Det som derimot gir liten mening, er å sammenlikne prestasjoner for et land med de internasjonale gjennomsnittene fra undersøkelse til undersøkelse, siden disse altså varierer og er avhengige av hvilke land som deltar. I de internasjonale rapportene for TIMSS og TIMSS Advanced unnlater prosjektsenteret i Boston å gjøre dette. I tabellene over deltakerlandenes gjennomsnittsskår er *skalamidtpunktet* på 500 oppgitt, men ikke årets internasjonale gjennomsnitt. Samme valg er gjort i denne boka.

7.7 Analyser og rapportering

Det internasjonale prosjektsenteret for TIMSS Advanced har ansvaret for en første grundig gjennomgang og analyse av dataene fra samtlige deltakerland. Det er de som beregner vekter for dataene i alle land, og som foretar den internasjonale skaleringen av skårene. De utgir en teknisk rapport om gjennomføringen av studien og om hvordan dataene er behandlet (Martin et al., 2016). De utgir også en rapport om de internasjonale resultatene (Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016). Det enkelte land har ansvar for å kontrollere at landets data som brukes i disse analysene, er korrekte.

Til hjelp i analysene er det utviklet en del *samlevariabler*, oftere kalt *konstrukter*. Eksempler på slike er *engasjerende undervisning*, *liker å lære faget*, *nytte av faget* og *hjemmeressurser*. En samlevariabel er en slags sammenfatning av flere variabler. Etablering av en samlevariabel er en omfattende prosess som baserer seg både på faglig innsikt og på statistiske metoder. Med bakgrunn i erfaring og tidligere forskning vil man ofte anta at flere variabler representert ved ulike spørsmål måler aspekter av samme fenomen, det vil si at man antar at de sammen danner et naturlig og interessant konstrukt. Denne antakelsen blir testet med *korrelasjonsundersøkelser*, *regresjonsanalyser* og *eksplorerende faktoranalyse*, og i etterkant med *konfirmerende faktoranalyse*. På denne måten søker man å etablere et solid faglig og statistisk grunnlag for bruken av samlevariablene.

For den som er interessert i statistiske resonnementer og metoder som brukes i slike store studier, finnes det mye teori man kan sette seg inn i. Eksempler er bøkene *Introduction to classical and modern test theory* (Crocker & Algina, 1986), *Structural Equations with Latent Variables* (Bollen, 1989), *Statistics for social data analysis* (Knoke, Bohrnstedt & Mee, 2002) og *Multilevel*

analysis: An introduction to basic and applied multilevel analysis (Snijders & Bosker, 2012).

Den norske prosjektgruppa har valgt noen såkalte *referanseland* til bruk i en del av de nasjonale analysene, nemlig Frankrike, Russland, Slovenia, Sverige og USA. Landene er valgt fordi de har deltatt i tidligere TIMSS Advance-studier, fordi de har en relativt høy andel elever som har valgt matematikk og/eller fysikk til topps i videregående skole, og fordi vi finner dem relevante for en norsk skoledebatt.

De nasjonale rapportene har ulike omfang og innfallsvinkler. Noen er bare deskriptive, mens andre land skriver bøker hvor de presenterer resultatene i et forskningsperspektiv. Denne boka presenterer resultater fra de internasjonale analysene, samt resultatene fra ulike typer egne analyser, både av kvalitativ og av kvantitativ karakter. Resultatene er satt inn i og drøftet i et utdanningspolitisk og fagdidaktisk perspektiv som viktige bidrag til matematikkdiraktisk og fysikkdidaktisk forskning i Norge.

I de neste bøkene, en i fysikk og en i matematikk, som planlegges utgitt i 2017, vil vi gjennomføre flere typer analyser for å få ytterligere informasjon om situasjonen i norsk videregående opplæring.

Referanser

- Angell, C., Henriksen, E. K. & Isnes, A. (2003). Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av! I D. Jorde & B. Bungum (red.), *Naturfagdidaktikk. Perspektiver, forskning, utvikling*. Oslo: Gyldendal Norsk forlag.
- Angell, C., Kjærnsli, M. & Lie, S. (1999). *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* Oslo: Universitetsforlaget.
- Ball, D., Thames, M. H. & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., . . . Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.
- Bergem, O. K., Goodchild, S., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Nortvedt, G. A. & Reikerås, E. (2015). *Realfag: Relevante–Engasjerende–Attraktive–Lærerike*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Bergem, O. K., Kaarstein, H. & Nilsen, T. (red.). (2016). *Vi kan lykkes i realfag. Resultater og analyser fra TIMSS 2015*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Bloom, B.S. (1976). *Human characteristics and school learning*. New York: McGraw-Hill.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. New York: John Wiley & Sons.
- Borge, I. C., Sanne, A., Nortvedt, G. A., Meistad, J. A., Skrindo, K., Ranestad, K., . . . Kristensen, T. E. (2014). *Matematikk i norsk skole anno 2014. Faggjennomgang av matematikkfagene – Rapport fra eksternt arbeidsgruppe oppnevnt av Utdanningsdirektoratet*. Oslo: Utdanningsdirektoratet.
- Charalambous, C. Y. (2016). Investigating the Knowledge Needed for Teaching Mathematics: An Exploratory Validation Study Focusing on Teaching Practices. *Journal of Teacher Education*, 67(3), 220–237.
- Cockcroft, W. H. (1982). *Mathematics counts: Report of the Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools under the chairmanship of WH Cockcroft*. HMSO Books.

- Cooper, H. (2001). *The Battle over Homework* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Cooper, H., Robinson, J. C. & Patall, E. A. (2006). Does homework improve academic achievement? A synthesis of research, 1987–2003. *Review of Educational Research*, 76(1), 1–62.
- Cosmovici, E. M., Idsoe, T., Bru, E. & Munthe, E. (2009). Perceptions of Learning Environment and On Task Orientation Among Students Reporting Different Achievement Levels: A Study Conducted Among Norwegian Secondary School Students. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 53(4), 379–396.
- Crocker, L. & Algina, J. (1986). *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- Dale, E. L., Wærness, J. I. & Lindvig, Y. (2005). *Tilpasset og differensiert opplæring i lys av Kunnskapsløftet* (Vol. 10). Oslo: Læringslaben forskning og utvikling.
- Desforges, C. & Abouchaar, A. (2003). *The Impact of Parental Involvement, Parental Support and Family Education on Pupil Achievement and Adjustment: A literature review*. Nottingham, UK: Department for Education and Skills.
- Einstein, A. (1934). *Mein Weltbild*. Amsterdam: Querido Verlag.
- Falch, T. & Naper, L. R. (2008). *Lærerkompetanse og elevresultater i ungdomsskolen*. SØF-rapport 01/08. Trondheim: Senter for økonomisk forskning.
- Furner, J. M. & Gonzales-DeHass, A. (2011). How do Students' Mastery and Performance Goals Relate to Math Anxiety? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 7(4), 227–242.
- Garden, R. A., Lie, S., Robitaille, D. F., Angell, C., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., . . . Arora, A. (2006). *TIMSS Advanced 2008 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Grønmo, L. S. (2010). Low Achievement in Mathematics in Compulsory School as Evidenced by TIMSS and PISA. I B. Sriraman, C. Bergsten, S. Goodchild, G. Palsdottir, B. Dahl & L. Haapasalo (red.), *The first Sourcebook on Nordic Research in Mathematics Education* (s. 49–69). Montana, USA: Information Age Publishing Inc. & The Montana Council of Teachers of Mathematics.

- Grønmo, L. S., Jahr, E., Skogen, K. & Wistedt, I. (2014). *Matematikk talenter i skolen – hva med dem?* Oslo: Cappelen Damm.
- Grønmo, L. S., Kjærnsli, M. & Lie, S. (2004). Looking for Cultural and Geographical Factors in Patterns of Responses to TIMSS Items. I C. Papanastasiou (red.), *Proceedings of the IRC-2004 TIMSS Conference*. Lefkosia: Cyprus University Press.
- 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. (2012). *Mange og store utfordringer. Et nasjonalt og internasjonalt perspektiv på utdanning av lærere i matematikk basert på data fra TEDS-M 2008*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S. & Onstad, T. (red.). (2013). *The significance of TIMSS and TIMSS Advanced. Mathematics Education in Norway, Slovenia and Sweden*. Oslo: Akademika Publishing.
- Grønmo, L. S., Onstad, T., Nilsen, T., Hole, A., Aslaksen, H. & Borge, I. C. (2012). *Framgang, men langt fram. Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2011*. Oslo: Akademika forlag.
- Grønmo, L. S., Onstad, T. & Pedersen, I. F. (2010). *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole*. Oslo: Unipub.
- Hatlevik, O. E. & Throndsen, I. (red.). (2015). *Læring av IKT. Elevenes digitale ferdigheter og bruk av IKT i ICILS 2013*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge.
- Hestenes, D. (2013). International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modeling. I R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines & A. Hurford (red.), *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies: ICTMA 13* (s. 13–98). Dordrecht: Springer.
- Hoy, W. K., Tarter, C. J. & Hoy, A. W. (2006). Academic optimism of schools: A force for student achievement. *American Educational Research Journal*, 43(3), 425–446.
- Idsoe, E. C. (2014). *Elever med akademisk talent i skolen*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- KD (2006). *Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2006*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- KD (2007–2008). *Stortingsmelding nr. 31 Kvalitet i skolen*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.

- 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.
- Kjærnsli, M. & Olsen, R. V. (2013). *Fortsatt en vei å gå. Norske elevers kompetanse i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2012*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Knobe, D., Bohrnstedt, G. W. & Mee, A. P. (2002). *Statistics for Social Data Analysis*. Itasca, Ill.: F. E. Peacock Publishers.
- KUD (1976). *Læreplan for den videregående skole. 3a: Studieretning for allmenne fag*. Hentet fra http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2014081207075
- KUD (1992). *Læreplan for den videregående skole 3a: Studieretning for allmenne fag 1992*. Hentet fra http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2007112101055
- KUF (1994). *Læreplaner for videregående opplæring*. Oslo: Det kongelige kirke-, utdannings- og forskningsdepartement.
- Kyriakides, L., Creemers, B., Antoniou, P. & Demetriou, D. (2010). A synthesis of studies searching for school factors: Implications for theory and research. *British Educational Research Journal*, 36(5), 807–830.
- Lie, S., Angell, C. & Rohatgi, A. (2010). *Fysikk i fritt fall? TIMSS Advanced 2008 i videregående skole*. Oslo: Unipub.
- Martin, M. O. & Mullis, I. V. S. (red.). (2013). *TIMSS and PIRLS 2011: Relationships Among Reading, Mathematics, and Science Achievement at the Fourth Grade—Implications for Early Learning*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P. & Stanco, G. M. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/international-results-science.html>
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S. & Hooper, M. (red.). (2016). *Methods and procedures in TIMSS Advanced 2015*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- McGuigan, L. & Hoy, W. K. (2006). Principal Leadership: Creating a Culture of Academic Optimism to Improve Achievement for All Students. *Leadership in Policy and Schools*, 5(3), 203–229.

- Middleton, J. A. & Spanias, P. A. (1999). Motivation for Achievement in Mathematics: Findings, Generalizations, and Criticisms of the Research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(1), 65–88.
- Mullis, I. V. S. & Martin, M. O. (red.). (2014). *TIMSS Advanced 2015 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Mathematics*. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/international-results-mathematics.html>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Hooper, M. (2016). *TIMSS Advanced 2015 International Results in Advanced Mathematics and Physics*. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/advanced/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Goh, S. & Cotter, K. (2016). *TIMSS 2015 Encyclopedia: Education Policy and Curriculum in Mathematics and Science*. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/Encyclopedia/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A. & Erberber, E. (2005). *TIMSS 2007 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Nergård, T. (2003). «Jenter liker ikke naturfag, i hvert fall ikke fysikk og kjemi». I D. Jorde & B. Bungum (red.), *Naturfagdidaktikk. Perspektiver, forskning, utvikling* (s. 143–164). Oslo: Gyldendal norsk forlag.
- Nilsen, T., Angell, C. & Grønmo, L. (2013). Mathematical competencies and the role of mathematics in physics education: A trend analysis of TIMSS Advanced 1995 and 2008. *Acta Didactica Norge*, 7(1), Art. 6.
- Nilsen, T., Grønmo, L. S. & Hole, A. (2013). Læringstrykk og prestasjoner i matematikk og naturfag. I L. S. Grønmo & T. Onstad (red.), *Opptur og nedtur. Analyser av TIMSS-data for Norge og Sverige*. Oslo: Akademika forlag.
- Nilsen, T. & Gustafsson, J.-E. (red.). (2016). *Teacher Quality, Instructional Quality and Student Outcomes*. Springer Open.
- NOKUT (2008). *Evaluering av ingeniørutdanningen i Norge 2008. Sammendrag av viktige konklusjoner og anbefalinger*. Hentet fra www.nokut.no.

- NOU (2016). *Mer å hente. Bedre læring for elever med stort læringspotensial*.
NOU 2016:14. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Olsen, R. V. & Grønmo, L. S. (2006). What are the Characteristics of the Nordic Profile in Mathematical Literacy? I J. Mejdning & A. Roe (red.), *Northern Lights on PISA 2003 – A Reflection from the Nordic Countries* (s. 63–73). Oslo: Nordisk Ministerråd.
- Onstad, T. (2010). Rammeverk og metoder. I L. S. Grønmo, T. Onstad & I. F. Pedersen (red.), *Matematikk i motvind. TIMSS Advanced 2008 i videregående skole* (s. 235–266). Oslo: Unipub.
- Ruthven, K. (1986). Differentiation in mathematics. A critique of Mathematics Counts and Better Schools. *Cambridge Journal of Education*, 16(1), 41–45.
- Rønning, M. (2011). Who benefits from homework assignments? *Economics of Education Review*, 30(1), 55–64.
- Sandstad, E. (2012). «Du tenker mindre på matte'n, egentlig!»: et søkelys på norske elevers bruk av digitale hjelpemidler i matematikk. (Masteroppgave i matematikdidaktikk, ILS, Universitetet i Oslo.) Hentet fra <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-32829>
- Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions: Reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 1–36.
- Sfard, A. (2006). Participationist Discourse on Mathematics Learning. I J. Maasz & W. Schloeglmann (red.), *New Mathematics Education Research and Practice*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic Status and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review of Research. *Review of Educational Research*, 75(3), 417–453.
- Sjøberg, S. (2004). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Skovsmose, O. (2001). Landscapes of Investigations. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 33(4), 123–132.
- Snijders, T. & Bosker, R. (2012). *Multilevel analysis: An introduction to basic and applied multilevel analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage.

- SSB (2005). *Labour market trends: The gender-divided labour market*. Hentet fra <http://www.ssb.no/en/arbeid-og-lonn/artikler-og-publikasjoner/the-gender-divided-labour-market>
- SSB (2016). *Kjønnslikestilling i utdanning og arbeidsmarked: Kjønnsdelt arbeidsmarked tross kvinnenes utdanningsforsprang*. Hentet fra <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/kjonnsdelt-arbeidsmarked-tross-kvinnenes-utdanningsforsprang>
- TIMSSVIDEO (Producer) (1999). Lesson JP3. *TIMSS Video Study*. Hentet fra <http://www.timssvideo.com/49>
- Trautwein, U. (2007). The homework–achievement relation reconsidered: Differentiating homework time, homework frequency, and homework effort. *Learning and Instruction*, 17(3), 372–388.
- Uhden, O., Karam, R., Pietrocola, M. & Pospiech, G. (2012). Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education. *Science & Education*, 21(4), 485–506.
- Ullah, F. & Bondø, A. (2011). *Jeg kan bli hva jeg vil... En samling artikler om jenter og realfag*. Oslo: Naturfagsenteret.
- Vibe, N., Aamodt, P. O. & Carlsten, T. C. (2009). *Å være ungdomsskolelærer i Norge. Resultater fra OECDs internasjonale studie av undervisning og læring (TALIS) (Rapport 23/2009)*. Oslo: NIFU STEP.
- White, K. R. (1982). The Relation Between Socioeconomic Status and Academic Achievement. *Psychological Bulletin*, 91(3), 461–481.
- Wu, M. (2009). A critical comparison of the contents of PISA and TIMSS mathematics assessments. Hentet fra <https://www.researchgate.net/publication/242149776>
- Wæge, K. (2010). Pupils' motivation for learning mathematics : Research in Norway. I B. Sriraman, C. Bergsten, S. Goodchild, G. Palsdottir, B. Dahl & L. Haapasalo (red.), *The First Sourcebook on Nordic Research in Mathematics Education* (s. 239–258). Montana: Information Age Publishing Inc. & The Montana Council of Teachers of Mathematics.

Om forfatterne

Liv Sissel Grønmo er cand.scient og førsteamanuensis i matematikdidaktikk ved ILS på Universitetet i Oslo. Hun har utdanning i matematikk, fysikk, IKT, økonomi og skoleutvikling, hovedsakelig fra Universitetet i Oslo og noe fra Canada og USA. Hun har vært forskningsleder ved ILS og norsk prosjektleder for internasjonale komparative studier: TIMSS 2003, 2007 og 2011 om matematikk og naturfag i grunnskolen, TIMSS Advanced 2008 og 2015 om matematikk og fysikk siste året i videregående skole, og TEDS-M 2008 om utdanning av lærere i matematikk. Grønmo har erfaring som lærer i skolen og som kommunal veileder i realfag i Lørenskog og Oslo. Hun har arbeidet med grunn- og videreutdanning av matematikklærere i Norge, og holdt vitenskapelige foredrag i land som Japan, New Zealand, USA, Singapore, Slovenia og Sverige. Grønmo var leder for den internasjonale SMIRC-komiteen med ansvar for å utarbeide oppgaver til TIMSS og TIMSS Advanced-studien i 2015. Hennes forskningsinteresser er utvikling av matematisk kompetanse med vekt på aritmetikk og algebra og på matematikk som redskap i andre fag, spesielt i fysikk.

Arne Hole er dr.scient i matematikk og førsteamanuensis i matematikdidaktikk på Universitetet i Oslo. Han har utdanning i matematikk og fysikk fra Universitetet i Oslo og er ansatt ved samme institusjon i en delt stilling mellom ILS og Matematisk institutt. Hole har arbeidet med matematikk i lærerutdanningen siden midten av 90-tallet, først ved Høgskolen i Hedmark, så ved Høgskolen i Oslo og nå ved Universitetet i Oslo. Han har vært medlem av den norske prosjektgruppen for studien TIMSS 2011

om matematikk og naturfag i grunnskolen og TIMSS Advanced 2015 om matematikk og fysikk i videregående skole. Han har vært forfatter og medforfatter på flere bøker knyttet til matematikk i høyere utdanning, særlig rettet mot lærerutdanning. Hole ledet gruppen som utviklet de nasjonale retningslinjene for matematikk i grunnskolelærerutdanningen (GLU 1–7 og 5–10) i 2009–10. Han er nå styremedlem i det nasjonale nettverket for matematikk i lærerutdanningen, og han er medlem i den internasjonale SMIRC-komiteen med ansvar for utvikling av oppgaver og rammeverk i matematikk for TIMSS-studiene. Hans forskningsinteresser er bl.a. bruk av matematisk teori i oppgaver innen matematikk og andre fag, samt grunnlagsspørsmål i matematikk og fysikk.

Torgeir Onstad er cand.real i matematikk og nylig pensjonert fra stilling som førstelektor i matematikkdiraktikk ved ILS på Universitetet i Oslo. Han har utdanning i matematikk og fysikk fra Universitetet i Oslo og har vært ansatt på Matematisk institutt som bindeledd mellom fagmiljøet og skolen. Onstad har lang erfaring som lærer i matematikk og naturfag i Norge og Tanzania. Han har vært medlem av den norske prosjektgruppen for flere internasjonale komparative studier: TIMSS 2007, 2011 om matematikk og naturfag i grunnskolen, TIMSS Advanced 2008, 2015 om matematikk og fysikk i videregående skole, og TEDS-M 2008 om utdanning av lærere i matematikk. Onstad har holdt en rekke etterutdanningskurs, gjesteforelesninger og populærvitenskapelige foredrag i Palestina, Tanzania, Tsjekkia, India, Malaysia og Zambia. Onstad var medlem av den internasjonale SMIRC-komiteen med ansvar for å utarbeide oppgaver til TIMSS 2015 for grunnskolen og TIMSS Advanced 2015 for videregående skole. Han har deltatt i flere forskningsprosjekter i samarbeid med universiteter i Afrika, og har særlig interesse for matematikkens historie og etnomatematikk.