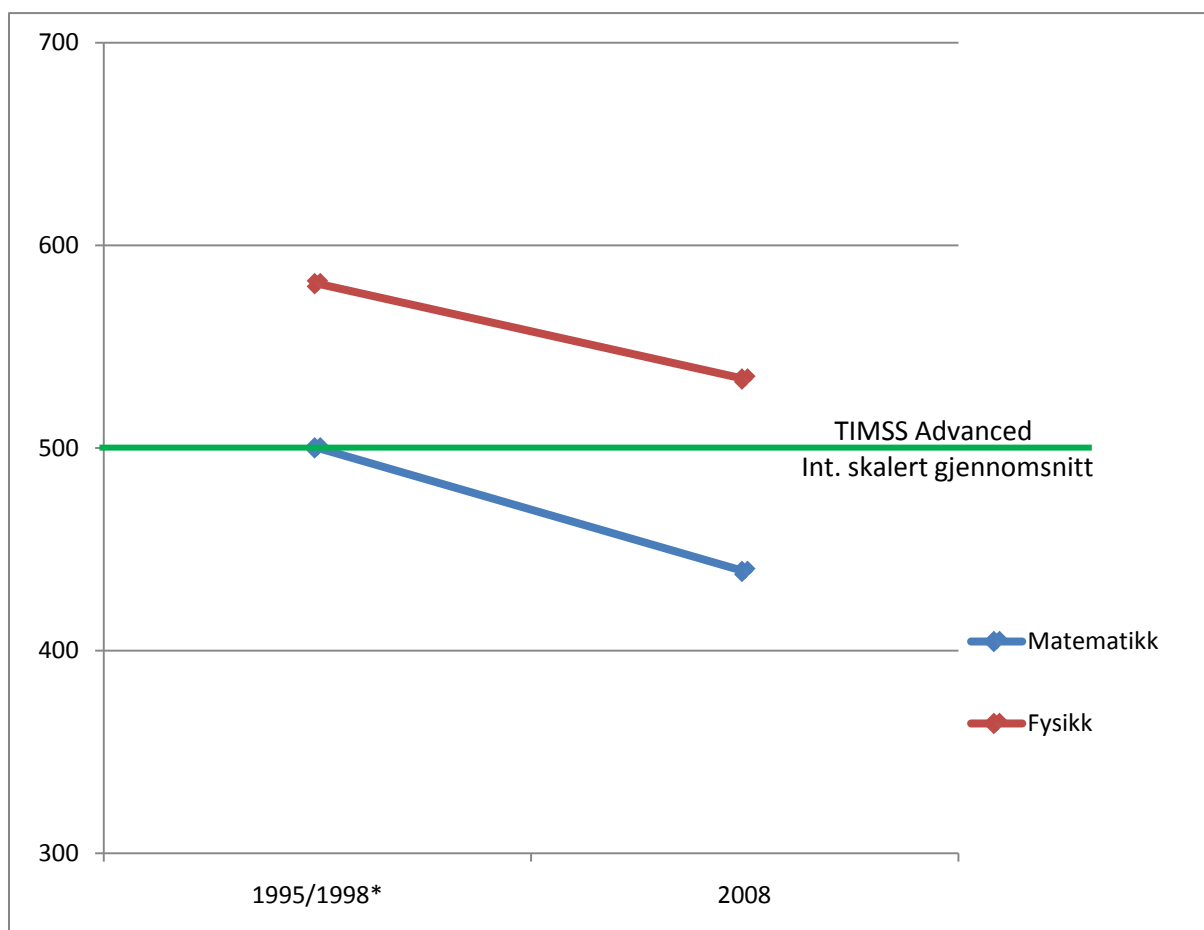




MATEMATIKK OG FYSIKK I VIDEREGÅENDE SKOLE

”ET SKRITT TILBAKE”



Universitetet i Oslo

ils INSTITUTT FOR LÆRERUTDANNING
OG SKOLEUTVIKLING

Forord

Dette er en kortrapport som viser en del hovedresultater fra TIMSS Advanced 2008 i matematikk (3MX) og fysikk (3FY) i det siste året på videregående skole. Det vil bli publisert to norske bøker (forskningsrapporter) fra studien, en om matematikk og en om fysikk, i februar 2010.

Ansvarlige for boka om matematikk og Kapittel 2 i denne rapporten er :

Liv Sissel Grønmo, prosjektleder for TIMSS Advanced Norge

Torgeir Onstad

Ida Friestad Pedersen

Ansvarlige for boka i fysikk og Kapittel 3 i denne rapporten er:

Svein Lie, internasjonal koordinator for fysikk i TIMSS Advanced

Carl Angell

Anubha Rohatgi

For mer om TIMSS henvises det til de nasjonale og internasjonale nettsidene, www.timss.no og <http://timss.bc.edu/>. Her vil man ha tilgang til både rammeverk, resultater og frigitte oppgaver fra denne studien og fra alle de tidligere TIMSS-studiene. Et halvt år etter at hovedresultatene er offentliggjort vil også data fra studien legges ut slik at de er tilgjengelige for alle forskere som ønsker å gjøre videre analyser av dataene.

Rapporten er strukturert i 3 kapitler:

Kapittel 1	Hovedfunn og trender i TIMSS Advanced 2008	s. 5
Kapittel 2	Matematikk i TIMSS Advanced 2008	s. 7
Kapittel 3	Fysikk i TIMSS Advanced 2008	s. 29

1 HOVEDFUNN OG TRENDER I TIMSS ADVANCED 2008

TIMSS Advanced er en internasjonal komparativ undersøkelse av matematikk- og fysikkspesialistene i det siste året på videregående skole. I Norge ble de definert som elevene som tok henholdsvis 3MX og 3FY. Studien er designet for å kunne sammenlikne resultater mellom land, og for å kunne måle utvikling over tid, såkalte trender. Norge deltok i den tilsvarende studien av fysikkspesialistene i TIMSS i 1995, men vi deltok ikke i matematikkstudien. I stedet gjennomførte Norge studien av matematikkspesialistene med de samme oppgavene i 1998.

TIMSS Advanced 2008 viser en klar og markert tilbakegang i norske elevers prestasjoner i både matematikk og fysikk i det siste året på videregående skole. De faglige prestasjonene i begge fag måles mot et internasjonalt gjennomsnitt på 500 med standardavvik på 100, som er beregnet ut fra resultatene i 1995. Tilbakegangen i prestasjoner for de norske elevene er rundt et halvt standardavvik i både matematikk og fysikk. Denne markerte tilbakegangen skjer samtidig som andelen elever i Norge som velger fordypning har sunket i begge fag. Tatt i betraktning alle tiltak som har vært satt i gang med sikte på å øke rekrutteringen til realfag, er dette resultatet urovekkende, både når det gjelder elevenes prestasjoner og rekrutteringen til fagene.

På tross av den klare tilbakegangen i norske elevers prestasjoner i fysikk, er gjennomsnittsskåren for norske elever fortsatt relativt god sammenliknet med elever i andre land. Gjennomsnittsskåren for norske fysikkelever er 534, signifikant bedre enn det internasjonale skalerte gjennomsnittet på 500. I matematikk er derimot de norske prestasjonene signifikant lavere enn det internasjonale skalerte gjennomsnittet, med en gjennomsnittsskår på 439.

1.1 Kort om TIMSS Advanced

TIMSS står for *Trends in International Mathematics and Science Study*, mens Advanced henviser til at studien gjelder de av elevene som velger full fordypning i matematikk eller fysikk i videregående skole; i Norge var det henholdsvis 3MX eller 3FY i 2008. Dette er en internasjonal komparativ studie i regi av IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*) som ble gjennomført første gang i 1995. Norge tok initiativet til oppfølgingsstudien i 2008. I Norge ledes prosjektet fra Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling (ILS) ved Universitetet i Oslo (UiO). Den norske prosjektgruppa har hatt en sentral rolle i ekspertkomiteene i matematikk og fysikk. Det var 10 land som deltok i TIMSS Advanced i 2008: Armenia, Filippinene (bare matematikk), Iran, Italia, Libanon, Nederland, Norge, Russland, Slovenia og Sverige.

Av de norske elevene som deltok, var 92 % født i 1989 og de resterende i hovedsak i 1988. 1989-kullet startet i grunnskolen høsten 1996 med Mønsterplanen (M87) som læreplan. Allerede året etter ble Læreplanen av 1997 (L97) innført med skolestart for 6-åringer. Dermed ble elevene i 1989-kullet flyttet rett fra 1. til 3. trinn høsten 1997. Fra 3. trinn og ut 10. trinn fulgte de L97, og gjennom hele videregående fulgte de Reform 94 (R94). De var det siste kullet som hadde R94 i videregående skole. Elevene fullførte 13. trinn våren 2008, men hadde likevel bare gått 12 år på skolen, i og med at de ”hoppet over” 2. trinn i grunnskolen.

Den opprinnelige matematikkplanen i R94 ble revidert i 2000. Det er den reviderte versjonen disse elevene fulgte. Det er denne versjonen som fortsatt ligger ute under R94 på Utdanningsdirektoratets nettsider. Det er også den reviderte versjonen vi siterer fra med henvisning til R94 i denne kortrapporten.

Alder, antall år i skolen og hvilken læreplan elevene har fulgt, er viktig bakgrunnsinformasjon som har vist seg å ha betydning for de resultatene som oppnås i de ulike landene som deltar i de internasjonale studiene. Av den grunn er det viktig å ta hensyn til dette når en skal tolke resultatene.

For eksempel er prosentandelen av det norske årskullet som tar full fordypning i matematikk i det siste året på videregående skole 11 % (i TIMSS Advanced kalt *Coverage Index*). Denne indeksen varierer mye mellom land, fra vel 40 % i Slovenia til litt over 1 % i Russland og under 1 % i Filippinene. Det er viktig å ta hensyn til dette i fortolkningen av resultater. For eksempel kan det være rimelig å tolke et godt resultat i matematikk for Slovenia som et tegn på at en stor del av deres befolkning har ganske høy matematisk kompetanse ved slutten av videregående skole, siden over 40 % av deres elever tar denne utdanningen. (Sagt på annen måte var 40 % av årskullet i Slovenia populasjon for TIMSS Advanced i matematikk. Resultatene fra testen er representative for 40 % av det slovenske årskullet.) Når man ser på det gode resultatet for Russland kan man på tilsvarende måte oppfatte det som om landet har et noe elitistisk utdanningssystem i matematikk, siden resultatet representerer bare i overkant av 1 % av det russiske årskullet. Nå kan man selvsagt ikke trekke konklusjoner om hvor godt eller dårlig resten av årskullet i et land ville gjort det, da de ikke er undersøkt.

Ulikhet i alder er en annen faktor det er viktig å ta hensyn til. I Russland er de elevene som deltar i TIMSS Advanced svært unge, med gjennomsnittsalder 17 år. I flere av de andre landene er gjennomsnittsalderen 19 år; det gjelder for eksempel Norge, Sverige, Slovenia og Italia.

Disse faktorene varierer selvsagt på tilsvarende måte for elevene som deltok i fysikkundersøkelsen, om enn ikke i like stor grad. Samme type forbehold i tolkning av resultater må derfor tas. I fysikk varierer *Coverage Index* fra 11 % i Sverige til under 3 % i Russland. I Norge var den snau 7 %.

I Norge ble alle skoler som hadde 3MX eller 3FY, invitert til å delta i enten matematikk eller fysikk, totalt 120 skoler i matematikk og 118 skoler i fysikk. Av disse skolene deltok henholdsvis 85,6 % i fysikk og 89 % i matematikk. Av 1901 3FY-elever på de skolene som var med i fysikk deltok 86,5% på testen, og av 2206 3MX-elever på de skolene som var med i matematikk deltok 84,8% på testen.

2 MATEMATIKK I TIMSS ADVANCED 2008

Det er en klar tilbakegang i de norske matematikkprestasjonene fra 1998 til 2008. De norske 3MX-elevene presterer svakere enn elever i de fleste land det er naturlig å sammenlikne med. Unntaket er Sverige, som har en enda større tilbakegang i prestasjoner fra den forrige studien, og hvor gjennomsnittsskåren for prestasjoner ligger under den norske. Likevel er det likheten mellom de norske og de svenske resultatene som ofte framstår som slående. Det gjelder blant annet elevenes prestasjoner og mye bruk av kalkulator i undervisningen. Nedgangen i prestasjoner i matematikk hos norske og svenske elever fra 1995/1998 samsvarer med resultater fra TIMSS-undersøkelser av elever i grunnskolen (Grønmo & Onstad, 2009).

Når det gjelder undervisning i matematikk, samsvarer analyser av norske data fra TIMSS Advanced-studien også med tidligere analyser av data fra grunnskolen (Grønmo & Onstad, 2009). Både det å trene inn framgangsmåter med sikte på å automatisere viktige ferdigheter, og det å diskutere og reflektere rundt svar og løsningsmetoder synes å bli mindre vektlagt i norsk skole enn i andre land. Undervisningen i Norge synes å vektlegge individuelle arbeidsmåter – som at elevene arbeider med å løse oppgaver – sterkere enn i andre land. Dette kan være en mulig medvirkende årsak til de generelt svake norske resultatene i matematikk på alle nivåer i skolen, og til den nedgangen i prestasjoner man har sett fra 1995 til 2008.

Norske lærere i 3MX har en høy kompetanse i matematikk, men de utmerker seg også internasjonalt med høy alder. Over 36 % av 3MX-lærerne er 60 år eller mer, like mange er mellom 50 og 59 år. Det reiser med full tyngde problematikken om hvem som skal overta når disse pensjonerer seg.

Det er urovekkende at en mindre andel av årskullet valgte 3MX i 2008 enn i 1998, særlig på bakgrunn av en del satsninger på økt rekruttering. 38 % av elevene i 3MX er jenter, hvorav 30 % tar sikte på videre studier innen helsefag. Guttene i 3MX tar som oftest sikte på ingeniørutdanninger. Når man vet at en hovedgrunn til frafallet i ingeniørutdanningene er svake forkunnskaper i matematikk (www.nokut.no), er norske 3MX-elevers svake faglige prestasjoner i TIMSS Advanced et tankekors.

Italia, Nederland, Slovenia og Sverige er valgt ut som land det er rimelig å sammenlikne de norske resultatene med. Resultater for Norge og disse landene har derfor en mer framtreddende plass i denne kortrapporten enn resten av landene som deltok i TIMSS Advanced.

2.1 Prestasjoner i matematikk for 3MX-elevene

Hovedresultat

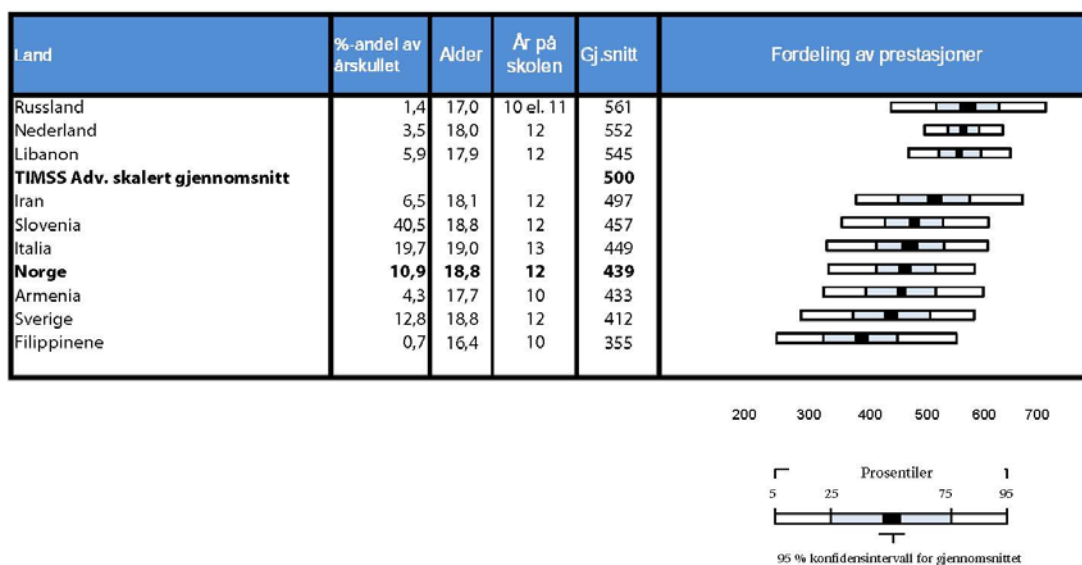
Figur 2.1 viser hovedresultatet for alle landene som deltok i matematikkdelen av TIMSS Advanced i 2008. Tekstboks 2.1 gir en kort forklaring til figuren.

Tekstboks 2.1 Forklaring til figur 2.1.

For å kunne gjøre studier som viser utvikling over tid (trendstudier), trenger man en fast skala å relatere resultatene til. I TIMSS beholdes mange oppgaver uendret fra undersøkelse til undersøkelse, slik at det er mulig å lage en slik fast skala. For å utvikle en skala av denne typen har man i TIMSS Advanced valgt å ta utgangspunkt i det internasjonale gjennomsnittet og spredningen for studien i 1995, og man har standardisert gjennomsnittet til 500 med et standardavvik på 100. Senere studier bruker denne skalaen for å beregne landenes gjennomsnittlige skår. I figur 2.1 er gjennomsnittet gitt som et tresifret tall i kolonnen med overskriften "Gj.snitt".

Lengst til høyre i figuren er fordelingen av elevenes skår vist i form av et diagram som angir 5-, 25-, 75- og 95-prosentilene. I tillegg vises et 95 % konfidensintervall for gjennomsnittsverdien (to standardfeil, SE, i hver retning ut fra gjennomsnittet).

Figur 2.1 Hovedresultat i matematikk i TIMSS Advanced 2008.



Variasjonene mellom land når det gjelder en del viktige faktorer er større i TIMSS Advanced enn i tilsvarende studier i grunnskolen. Både gjennomsnittlig alder, antall år på skolen og ikke minst hvor stor andel av aldersgruppa som tar den aktuelle utdanningen, varierer. Dette må man ta i betraktning når man tolker resultatene. Gjennomsnittlig antall år elevene har hatt formell skolegang varierer i TIMSS Advanced fra 10 år i Armenia og på Filippinene til 13 år i Italia, mens den gjennomsnittlige alderen til elevene varierer fra 16,4 år på Filippinene til 19 år i Italia. Den største variasjonen finner vi imidlertid når det gjelder hvor stor andel av elevene i den aktuelle aldersgruppa i hvert enkelt land som tar fordypning i matematikk ut videregående skole, den såkalte *Coverage Index*. I Russland, som ligger høyest i gjennomsnittsskår, tar bare 1,4 % av aldersgruppa matematikk på høyeste nivå i videregående skole, mot over 40 % i Slovenia. Tar man dette med i betraktning, kan det hevdes at Slovenia er det landet som gjør det best i matematikk i slutten av videregående skole, selv om landet ligger under det skalerte internasjonale gjennomsnittet. På den annen side er de russiske elevene svært unge sammenliknet med elevene i mange andre land. Elever i Norge, Sverige, Slovenia og Italia er nesten 2 år eldre enn de russiske elevene. Avansert matematikk i Russland synes å være et fag for en mindre elite, som når et høyt kompetansenivå allerede i ung alder. I Slovenia framstår matematikk som et viktig fag for elever i sin alminnelighet, hvor over 40 % av ungdommen tar den videregående

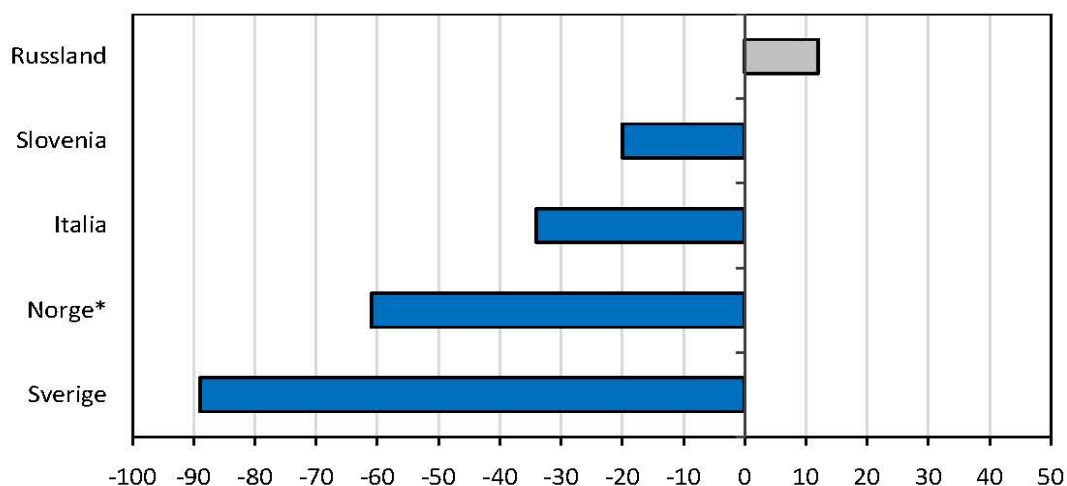
skolens mest avanserte matematikkurs¹. De norske og svenske elevene har nøyaktig samme gjennomsnittlige alder som elevene i Slovenia, men det er bare rundt 13 % av aldersgruppa i Sverige og 11 % i Norge som tar avansert matematikk ut videregående skole. Likevel presterer de svenske og norske elevene svakere i TIMSS Advanced enn elevene i Slovenia. Noen mulige årsaker til det svake resultatet i de to skandinaviske landene blir nevnt videre i denne kortrapporten, og vil utgjøre en større del av diskusjonen i den nasjonale hovedrapporten (Grønmo, Onstad, & Pedersen, 2010).

Endring i matematikkprestasjoner fra 1995/1998 til 2008

En viktig begrunnelse for å delta i internasjonale komparative studier er ikke bare å kunne sammenlikne egne resultater med resultatene for andre land, men like mye å kunne måle utvikling over tid i eget land. Figur 2.2 viser endringene i prestasjoner for elever som har valgt full fordypning i matematikk i Norge og i de andre landene hvor vi har data fra den forrige studien. De andre landene deltok i TIMSS Advanced i 1995, mens Norge gjennomførte matematikkstudien i 1998. Endringene er beregnet som differansen i gjennomsnittsskår mellom disse to undersøkelsene på den internasjonale standardiserte skalaen. Landene er sortert etter hvor stor endringen har vært i positiv retning. Søyler mot høyre angir framgang i prestasjoner fra 1995 til 2008, mens søyler mot venstre angir tilbakegang i samme tidsrom. Feilmarginen varierer noe fra land til land, men ligger stort sett rundt 10 poeng for de landene som deltok i 1995.

Figur 2.2 Endring i matematikkskår i perioden 1995/1998*–2008 for elever i det siste året i videregående skole. Blå farge viser at endringen er signifikant.

*Studien ble gjennomført i 1995 i alle land, unntatt i Norge hvor den ble gjennomført i 1998.



Resultatene fra den norske TIMSS Advanced-studien av matematikk i 1998 er beheftet med noe større usikkerhet enn de internasjonale dataene fra 1995 (Angell, Kjærnsli, & Lie, 1999). Siden Norge ikke deltok i 1995, har de norske dataene heller ikke vært med i skaleringen som danner grunnlaget for det standardiserte gjennomsnittet som brukes som mål for prestasjonene. I den nasjonale rapporten fra studien i 1998 konkluderes det med at de norske 3MX-elevene presterte så vidt over det internasjonale gjennomsnittet fra 1995 (Angell, et al., 1999). I presentasjonen av endringer her har vi tatt høyde for den noe større usikkerheten som er forbundet med dette resultatet, ved å legge det norske resultatet fra 1998 på internasjonalt gjennomsnitt 500, dette for ikke å overdrive tilbakegangen i prestasjoner. Figur 2.2 viser at norske elever har hatt en klar og signifikant tilbakegang fra 1998 til 2008. Norge, og ennå klarere Sverige, framstår som de landene som har den mest markante tilbakegangen fra den forrige studien. I samme tidsrom har det også vært en nedgang på vel 1 prosentpoeng i andelen av årskullet som fordyper seg i matematikk.

¹ I Slovenia tar alle elevene i gymnasiet (det som tilsvarer Allmenne, økonomiske og administrative fag (R94) eller Studieforbereende utdanningsprogram (K06) i Norge) den samme matematikken.

Resultatet i matematikk samsvarer godt med resultatet i fysikk; også i dette faget framstår Norge og Sverige som de to landene med mest markant tilbakegang fra den tidligere studien (Mullis, Martin, Robitaille, & Foy, 2009). Resultatet samsvarer også godt med resultatene på lavere trinn i skolen. Både på 4. trinn og på 8. trinn har Norge sammen med Sverige markert seg med stor tilbakegang i elevprestasjoner fra midten av 90-tallet. Fra 2003 til 2007 hadde Norge en viss framgang i elevprestasjoner i matematikk, mens Sverige fortsatte tilbakegangen. Likevel var de norske prestasjonene, spesielt på 8. trinn, svakere enn for like gamle elever i 1995. Dette til tross for at elevene som ble testet i 2007 hadde ett år mer formell skolegang enn de som ble testet i 1995.

Norge og Sverige har mange fellestrekk når det gjelder undervisning i skolen. Det entydige resultatet fra begge disse landene, som viser tilbakegang i elevenes kunnskaper i matematikk fra midten av 90-tallet og framover på alle nivåer i skolen, peker på behovet for en nærmere drøfting av hva som ligger bak utviklingen av elevprestasjoner. Dette vil bli grundigere behandlet i den endelige nasjonale rapporten (Grønmo, et al., 2010).

Fordeling av elever på kompetansenivåer

TIMSS Advanced har utviklet et system med sikte på å kunne gi en beskrivelse av hvilken type kompetanse elever har, basert på antall poeng de oppnår i studien (Mullis, et al., 2009). De kritiske poengnivåene er 625, 550 og 475, og nivåene benevnes som henholdsvis Avansert nivå (625), Høyt nivå (550) og Middels nivå (475). På hvert kompetansenivå har man også valgt ut bestemte oppgaver for å eksemplifisere kunnskapen på dette nivået, se den internasjonale rapporten (Mullis, et al., 2009). Tabell 2.1 gir en kort beskrivelse av de ulike kompetansenivåene, for mer utdypende omtale se (Grønmo, et al., 2010; Mullis, et al., 2009). Generelt har elever på Middels nivå elementære kunnskaper som de kan anvende på rutinepregede oppgaver, mens elever på høyere kompetansenivåer i økende grad demonstrerer forståelse og evne til å anvende matematikk og kunne resonnerer seg fram til løsninger. Elever som har den kompetansen som kjennetegner ett nivå, vil i tillegg ha de kompetansene som definerer de lavere nivåene. Beskrivelsene av nivåene er dermed kumulative. Prestasjoner som ikke når opp til Middels nivå (det vil si med skår under 475) har vi valgt å karakterisere som Lavt nivå.

Tabell 2.1 Korte beskrivelser av de ulike kompetansenivåene i matematikk i TIMSS Advanced.

Avansert nivå (625)

Elevene viser begrepsforståelse og behersker prosedyrer. De demonstrerer evne til å gjennomføre resonnementer i algebra, trigonometri, geometri og differensial- og integralregning, og bruker dette til å løse problemer i komplekse situasjoner.

Høyt nivå (550)

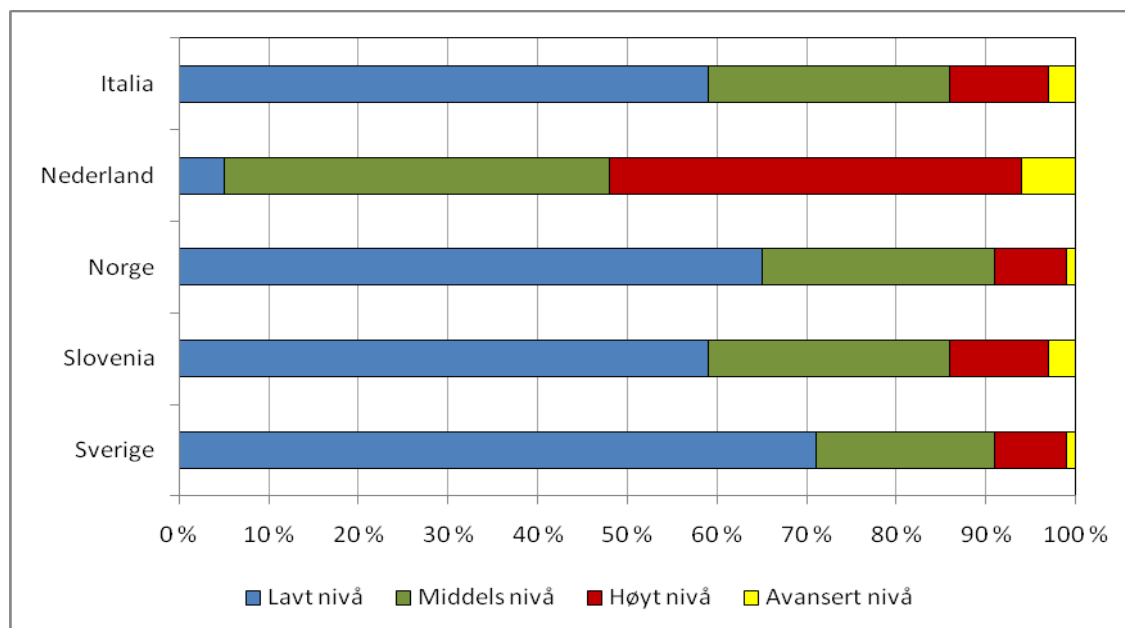
Elevene kan bruke sin kjennskap til matematiske begreper og prosedyrer i algebra, kalkulus, geometri og trigonometri til å analysere og løse både rutinepregede og ikke-rutinepregede flertrinnsoppgaver.

Middels nivå (475)

Elevene kan bruke sin kjennskap til begreper og prosedyrer i algebra, kalkulus og geometri til å løse rutinepregede oppgaver.

Figur 2.3 viser fordelingen på kompetansenivåer i Norge og i fire referanseland. Standardfeilen for Norge på disse målingene er 0,4 for Avansert nivå, 1 for Høyt nivå og i overkant av 2 for Middels nivå. Bare 1 % av norske elever når Avansert nivå, og hele 65 % av dem ligger under Middels nivå, som er det laveste beskrevne nivået i TIMSS Advanced. Fordelingen på kompetansenivåer er ganske lik i Sverige og Norge, med helt lik prosentandel på Avansert og Høyt nivå, mens andelen svenske elever som når opp til Middels nivå er 6 prosentpoeng lavere enn i Norge. Italia og Slovenia har helt lik fordeling på alle nivåene. Tatt i betraktning at 20 % av årskullet tar avansert matematikk i Italia og vel 40 % i Slovenia, mot henholdsvis 11 % og 13 % i Norge og Sverige, framstår resultatet for de skandinaviske landene som bemerkelsesverdig svakt. Av referanselandene gjør Nederland det klart best, men siden det bare er 3,5 % som tar avansert matematikk siste året i videregående skole, framstår faget der som mer elitepreget.

Figur 2.3 Fordeling av elever på kompetansenivåer i matematikk i TIMSS Advanced.



At det er få norske elever på Avansert nivå og en stor andel på Lavt nivå, henger selvsagt sammen med det generelt svake resultatet for Norge. Fordelingen av elever på kompetansenivåer gir likevel viktig tilleggsinformasjon, da samme gjennomsnittsskår kan ha en noe ulik fordeling på nivåene.

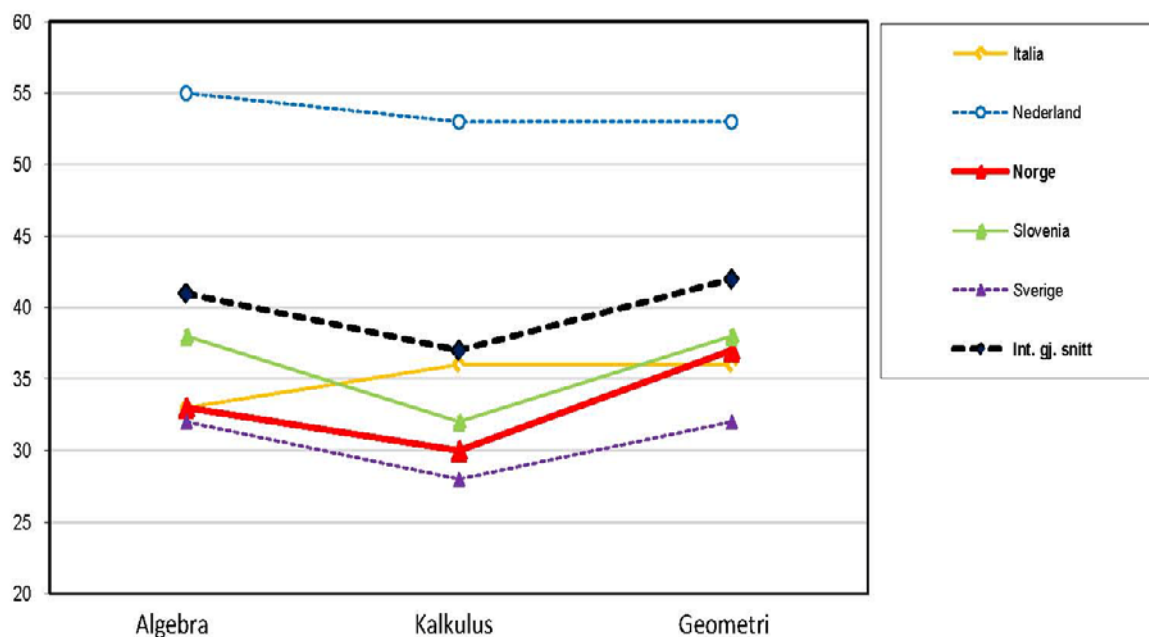
Det norske resultatet samsvarer også her godt med tilsvarende resultat i TIMSS 2007 for elever på 4. og 8. trinn i grunnskolen (Grønmo & Onstad, 2009). Det var få eller ingen av de norske grunnskoleelevene som nådde de høyeste kompetansenivåene, og det var mange elever som presterte under Lavt nivå, som var det laveste definerte nivået i TIMSS 2007. Rapporten for grunnskolen stilte på bakgrunn av dette resultatet spørsmål om hva norsk skole gir til de flinke elevene, og pekte på at det kan synes som om tilpasset opplæring i Norge i liten grad har ført til tilrettelagt undervisning for de elevene som ville kunne gjøre det spesielt godt i et fag som matematikk. Det ble videre pekt på at det synes som om skolen også har sviktet de elevene som sliter faglig. På bakgrunn av resultatene i TIMSS Advanced synes det relevant å stille samme spørsmål i forhold til 3MX-elevene i videregående skole.

Prestasjoner på emneområder i matematikk

TIMSS Advanced i 2008 har tre innholdsmessige rapporteringsområder i matematikk: *Algebra*, *Kalkulus* og *Geometri*. Betegnelsen Kalkulus er ikke vanlig på norsk, men vi har valgt å beholde denne betegnelsen som brukes i rammeverket for TIMSS Advanced. Kalkulus omfatter i all hovedsak differensial- og integralregning, det vil si grenseverdier, derivasjon og integrasjon.

I 1995/98 var også *Statistikk* en egen rapporteringskategori. Statistikk ble tatt ut i 2008-studien, blant annet fordi det var såpass få oppgaver på området i 1995 at man enten måtte utvide området en god del for å kunne måle trender med en rimelig grad av sikkerhet, eller det måtte tas bort. Man valgte å ta det bort, spesielt fordi statistikk ikke var i læreplanen for matematikkspesialistene i mange av de deltakende landene i TIMSS Advanced. De oppgavene som er med i TIMSS Advanced samsvarer for øvrig generelt godt med hva som er innholdet i norske læreplaner for faget. Det var kun 5 av 72 oppgaver som ble vurdert til å ligge utenfor norsk læreplan. Om man tok disse oppgavene ut av analysen, ville ikke det ha noen innvirkning på det generelle resultatet. Samtidig er det rett å si at enkelte av de oppgavene som ble vurdert til å ligge innenfor, likevel er noe perifere i forhold til norsk læreplan og eksamenstradisjon.

Figur 2.4 Matematikkprestasjoner på emneområder i TIMSS Advanced. Prestasjonene er angitt som gjennomsnittlig prosentandel korrekt for alle oppgavene innenfor hvert emneområde.



Figur 2.4 viser prestasjonene for Norge og referanselandene på de tre områdene. Det er en generell trend både i referanselandene og for det internasjonale gjennomsnittet at elevene presterer svakest i Kalkulus. Unntaket er Italia hvor Kalkulus synes å være det området hvor de italienske elevene presterer tilnærmet best. Norge presterer best i Geometri. De norske og svenske elevene presterer klart under det internasjonale gjennomsnittet på alle områdene, de svenske aller svakest. Nederland presterer klart best av referanselandene, men som tidligere nevnt er det bare 3,5 % av årskullet som tar skolens mest avanserte matematikkurs i Nederland.

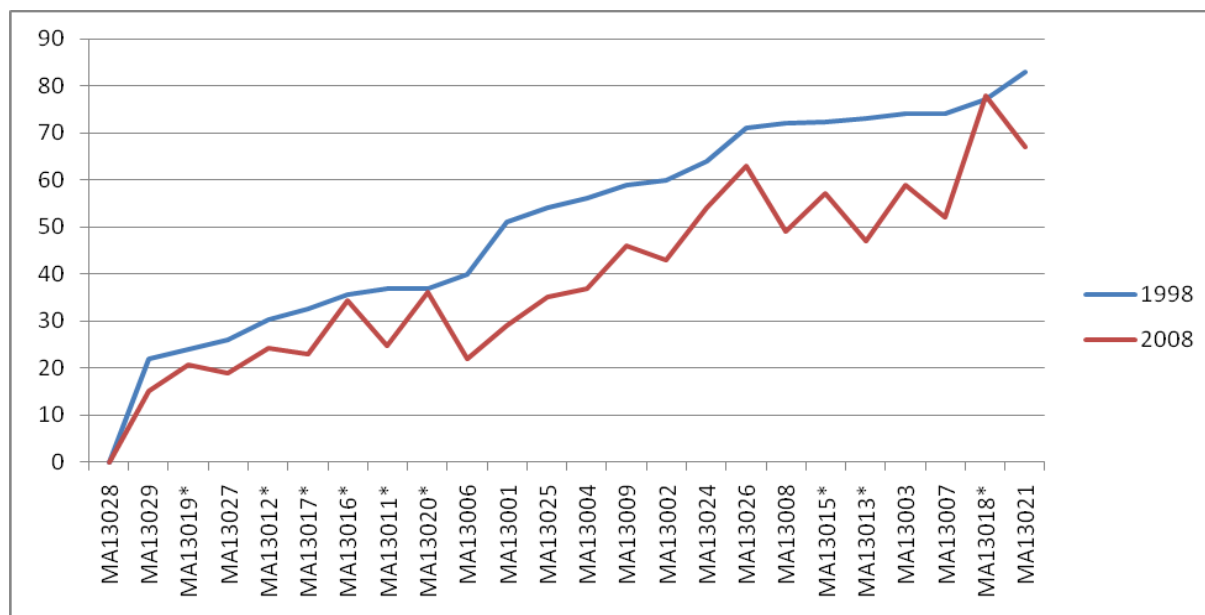
Prestasjoner på oppgaver

Gode trenddata forutsetter at elevene i de populasjonene som undersøkes i to studier, får et tilstrekkelig antall identiske oppgaver i begge studiene. Det er viktig at disse oppgavene er helt identiske, siden selv relativt små endringer i en oppgave har vist seg å kunne gi store utslag på hvor vanskelig eller lett en oppgave faller ut (Olsen, Turmo, & Lie, 2001). I TIMSS hemmeligholder man derfor en del oppgaver for å kunne bruke dem i senere undersøkelser. Slike trendoppgaver går altså igjen fra undersøkelse til undersøkelse og gjør at man i alle TIMSS-studiene har gode forutsetninger for å uttale seg om utvikling over tid, både i grunnskolen og på videregående skole. Figur 2.5 viser endringen i de norske 3MX-elevens prestasjoner på alle de oppgavene som var identisk like i studiene i 1998 og 2008, målt i prosent av elevene som svarte riktig på hver oppgave.

Det er slående hvor entydig resultatet er, de norske elevene presterer svakere på nær sagt samtlige av disse trendoppgavene. Som påpekt er det noe større usikkerhet i de norske 1998-dataene siden denne delen ble gjort som en egen nasjonal studie tre år etter den internasjonale studien i 1995 (Angell, et al., 1999). Det vil derfor være noe større tilfeldighet og målefeil i norske data fra 1998, men det helt entydige resultatet for samtlige oppgaver gjør at man likevel med stor grad av sikkerhet kan trekke konklusjoner.

På de neste sidene illustrerer vi de norske prestasjonene ved å se på noen matematikkoppgaver fra testen. Vi har plukket ut fire oppgaver som er fra ulike innholdsområder og som falt ulikt ut for de norske elevene. De tre første er trendoppgaver. I den endelige rapporten vil alle frigitte oppgaver med resultater bli presentert og kommentert (Grønmo, et al., 2010).

Figur 2.5 Prosentandel av norske 3MX-elever som fikk riktig på de oppgavene som var identisk like i 1998 og 2008 (trendoppgavene).



For hver oppgave ser vi på de norske prestasjonene. Det vil si at vi oppgir hvor mange prosent av elevene som svarte riktig, som svarte galt, og som ikke svarte. For flervalgsoppgaver oppgir vi prosenttallene for hvert svaralternativ. Riktig svar er markert med gul farge i tabellen. Vi oppgir også svarprosentene for de referanselandene vi har funnet det naturlig å sammenlikne Norge med.

Oppgave 1

28

Den deriverte av $\frac{4}{\sqrt{3x-4}}$ er

(A) $12\sqrt{3x-4}$

(B) $\frac{4}{\sqrt{3}}$

(C) $\frac{-2}{(3x-4)^{\frac{3}{2}}}$

(D) $\frac{-6}{(3x-4)^{\frac{3}{2}}}$

(E) $6\sqrt{3x-4}$

	Norge		Slovenia	Sverige	Nederland	Italia	INT
	1998	2008					
A	13	19	5	10	8	7	9
B	9	15	9	22	4	7	10
C	21	21	26	27	19	21	21
D*	40	22	36	27	55	42	44
E	9	10	13	8	10	9	8
Ikke svart	7	10	10	4	3	13	7

Dette er en flervalgsoppgave som tester elevene i derivasjon. Den er kategorisert under området Kalkulus. Tabellen viser en sterk tilbakegang i de norske elevenes prestasjoner ved at prosentandelen av norske elever som svarte riktig forrige gang er tilnærmet halvert nå, fra 40 % i 1998 til 22 % i 2008. Norske elever presterer også klart under det internasjonale gjennomsnittet på oppgaven, og lavere enn samtlige referanseland.

I 2008 er det omtrent like stor andel av de norske elevene som velger alternativ C som det riktige alternativet D. Elevene som svarer C kan man anta har startet å derivere riktig. Siden formelen for derivasjon av en brøk sto oppgitt foran i testheftene, skulle det heller ikke være så vanskelig å komme riktig i gang med derivasjonen. Den feilen elevene så gjør, er at de glemmer å multiplisere med den deriverte av "kjernen", det som kalles kjerneregelen for derivasjon av sammensatte funksjoner. I TIMSS Advanced-studien var det flere oppgaver som testet elevene i derivasjon av sammensatte funksjoner, og det å glemme å multiplisere med den deriverte av kjernen var en gjennomgående feil norske elever gjorde på slike oppgaver.

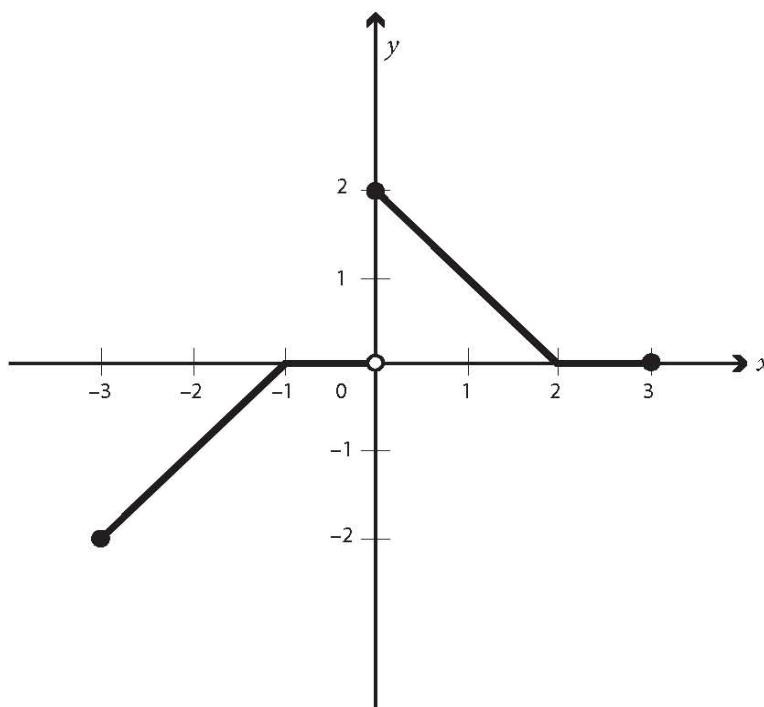
Derivasjon er et eksempel på hva man kan kalle en *grunnleggende ferdighet* for elever på dette nivået, på samme måte som den lille multiplikasjonstabellen er en grunnleggende ferdighet for elever på lavere nivå i skolen. En effektiv strategi for innlæring av ferdigheter er systematisk trening over tid med sikte på automatisering. Målet er ikke automatisering i seg selv, men dette er en effektiv måte å frigjøre kognitiv kapasitet som kan brukes til å løse mer avanserte matematiske problemer (Björkquist, 2001; Grønmo, 2005; Schoenfeld, 1992). Denne kortrapporten tar også opp noen aspekter ved undervisning i matematikk, og det pekes da på at læringsstrategier som det å trene inn formler og framgangsmåter med sikte på å lære det utenat, er lite brukt i Norge sammenliknet med andre land. Det kan muligens forklare noe av det svake resultatet for norske elever på denne oppgaven.

En annen mulig årsak til det svake resultatet kan være at derivasjon er mer sentralt i 2MX enn det er i 3MX. Nå var det samme tilfelle i 1998, så det kan vanskelig forklare tilbakegangen. Videre kan man peke på at det har vært en omfattende bruk av kalkulator og formelbok med egne notater det siste tiåret, som kan ha bidratt til mindre trening i – og vedlikehold av – ferdigheter som derivasjon. Eksamensformen i Norge, hvor man ikke skulle prøves i stoff fra 2MX til eksamen i 3MX, kan også ha bidratt til manglende vedlikehold av grunnleggende ferdigheter fra 2MX. Man vet at ferdigheter både må trenes inn, og ikke minst vedlikeholdes over tid, ellers kan de lett gå i glemmeboka. Spesielt viktig er dette i et så hierarkisk oppbygd fag som matematikk. Det er vanskelig å utvikle kompetanse på høyere nivå om man ikke samtidig tar vare på og vedlikeholder det man lærte på lavere trinn.

Oppgave 2

Den neste oppgaven er også en trendoppgave, og den hører i likhet med den første oppgaven med til innholdsområdet Kalkulus. Elevene får oppgitt en funksjon som er definert ved sin graf. I del A skal de bestemme hvor funksjonen IKKE er kontinuerlig. Dette er ikke en flervalgsoppgave. De skal selv finne svaret og skrive det ned. (Oppgaven inneholdt også en del B der de skulle bestemme hvor funksjonen ikke er deriverbar. Vi drøfter ikke del B her, men henviser til hovedrapporten.)

Funksjonen $y = f(x)$, $-3 \leq x \leq 3$ er definert ved følgende graf:



A. For hvilke x -verdier i intervallet $-3 < x < 3$ er funksjonen f IKKE kontinuerlig?

	Norge		Slovenia	Sverige	Nederland	Italia	INT
	1998	2008					
Riktig svar	54	35	58	23	37	52	46
Galt svar	27	36	27	52	56	20	34
Ikke svart	19	29	15	26	7	28	20

Kontinuitet er et grunnleggende og viktig begrep i forståelsen av funksjoner, og det har en presis matematisk definisjon. Noe upresist kan man si at det at en funksjon er kontinuerlig, betyr at grafen til funksjonen "henger sammen". Hvis grafen til funksjonen ikke "henger sammen" i et punkt, sier vi at funksjonen ikke er kontinuerlig i dette punktet. Spørsmålet handler altså om å se etter x -verdier hvor grafen til funksjonen ikke "henger sammen". For $x = 0$ har grafen et brudd; funksjonsverdiene "henger ikke sammen", men gjør et hopp fra 0 til 2.

Tabellen viser en markant tilbakegang i norske 3MX-elevens kunnskaper om kontinuitet. I 1998 svarte 54 % av elevene riktig på denne oppgaven, mot bare 35 % i 2008. Det norske resultatet er også påfallende svakt i en internasjonal sammenheng, det er bare de svenske elevene som presterer enda svakere. Tar man i betraktning at resultatene i land som Slovenia og Italia representerer langt større andeler av den aktuelle aldersgruppa enn det som er tilfelle i Norge, framstår resultatet som enda svakere enn det som direkte framkommer av tabellen.

Det norske resultatet kan tyde på at vi i norsk skole i mindre grad enn før vektlegger forståelse av sentrale begreper. Det er mulig at dette avspeiler revisjonen av matematikkplanene i R94 som ble foretatt i 2000. Den planen som gjaldt for 2MX i 1998, presiserte at elevene skulle "kjenne kontinuitetsbegrepet og ut fra utseendet til funksjonsgrafene kunne avgjøre hvor en funksjon er

kontinuerlig og hvor den er deriverbar” (R94, 2MX, mål 6b, gjengitt i (Sandvold, Øgrim, Jasper, & Nordseth, 1995)). Etter revisjonen står det ”kjenne begrepene grenseverdi og kontinuitet” (5a), og ”kjenne definisjonen av derivert og kunne bruke definisjonen til å derivere enkle funksjoner” (5b).

Oppgave 3

25

Det er foreslått to matematiske modeller for å beregne inntekten y kroner ved salg av x tusen enheter av en vare (hvor $0 < x < 5$). De to modellene, P og Q, er basert på to ulike markedsføringsmetoder.

$$\text{modell P: } y = 6x - x^2$$

$$\text{modell Q: } y = 2x$$

For hvilke verdier av x gir modell Q større inntekt enn modell P?

- (A) $0 < x < 4$
- (B) $0 < x < 5$
- (C) $3 < x < 5$
- (D) $3 < x < 4$
- (E) $4 < x < 5$

	Norge		Slovenia	Sverige	Nederland	Italia	INT
	1998	2008					
A	14	11	19	8	15	17	15
B	4	7	5	8	2	9	7
C	3	10	8	12	2	10	10
D	2	6	6	7	1	6	6
E*	74	59	53	55	78	40	51
Ikke svart	1	7	8	9	2	19	11

Dette er en flervalgsoppgave som er kategorisert i området Algebra. Her blir elevene bedt om å sammenlikne to enkle matematiske modeller for å beregne inntekten ved salg av en vare. Det riktige svaret er alternativ E; modell Q gir større inntekt enn modell P for $4 < x < 5$.

Elevene kan finne svaret ved å løse andregradsulikheten $6x - x^2 < 2x$ for hånd, eller ved å tegne grafene til de to funksjonene og lese av løsningen. Dette er en oppgavetype som bør være velkjent for de norske elevene. I læreplanen for 2MX (R94 - utgitt av KUF, 2000) presiseres det blant annet at elevene skal ”kunne formulere og analysere enkle matematiske modeller og kunne vurdere deres gyldighet” (2a), ”kunne bruke teknologiske verktøy i utforskning og problemløsning” (2c), og ”kunne bruke fortegnsskjema til å løse ulikheter med annengradsfunksjoner og rasjonale funksjoner” (4b). Siden begge modellene er formulert som funksjoner, er det ikke urimelig å anta at mange norske elever vil løse denne oppgaven grafisk på kalkulatoren.

Internasjonalt falt denne oppgaven ut som middels vanskelig, og den er en av de få oppgavene der norske elever presterer bedre enn internasjonalt gjennomsnitt. Av tabellen ser vi også at Norge gjør det noe bedre enn referanselandene, med unntak av Nederland som her er i en klasse for seg selv. Det er selvfølgelig positivt at Norge gjør det nokså bra på denne oppgaven, men vi må samtidig legge merke til den kraftige tilbakegangen fra 1998. Enkel matematisk modellering og løsning av

andregradsulikheter var ikke sterkere vektlagt i den læreplanen elevene fulgte i 1998, og det er betenkelig at norske elever presterer så mye dårligere nå på en oppgavetype som fortsatt må sies å være sentral i norsk skoletradisjon.

Oppgave 4

10

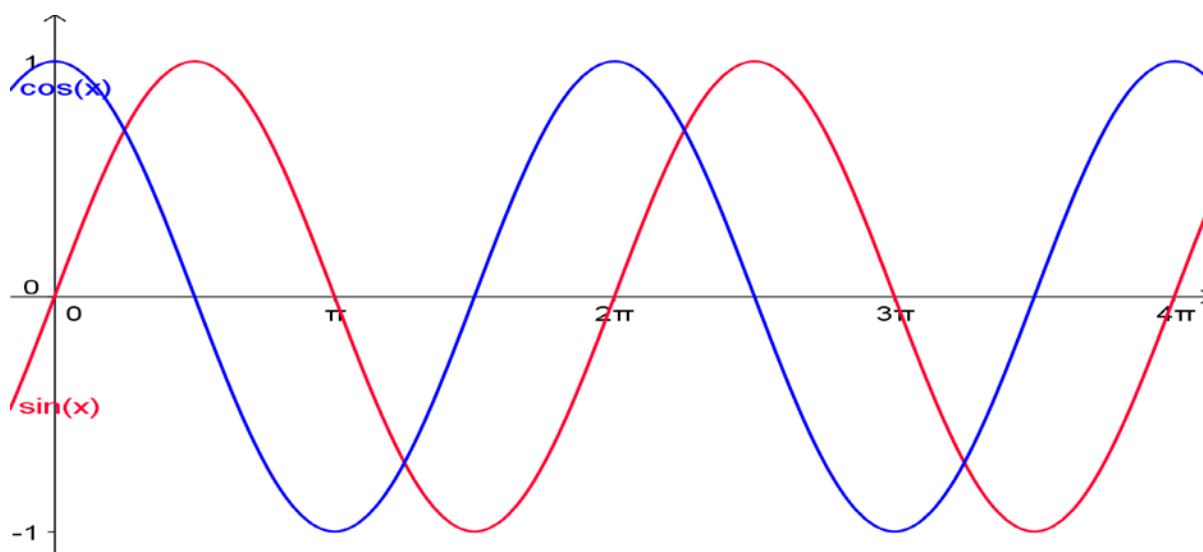
Hvor mange løsninger har likningen $\sin x + \cos x = 2$ i intervallet fra 0 til 8π ?

- (A) 0
- (B) 2
- (C) 4
- (D) 8

	Norge 08	Slovenia	Sverige	Nederland	Italia	INT
A*	33	28	45	87	44	46
B	7	17	12	2	13	11
C	34	35	28	7	21	24
D	23	11	12	4	10	12
Ikke svart	4	10	3	0	13	8

Dette er en flervalgsoppgave i trigonometri, og den er kategorisert under området Geometri. Oppgaven ble ikke brukt i den forrige TIMSS Advanced-studien, og viser derfor ikke utvikling i prestasjoner over tid.

De norske elevene møtte trigonometriske funksjoner i 3MX, der læreplanen blant annet fastslår at elevene skal "kunne skrive om uttrykk fra formen $a \sin(cx) + b \cos(cx)$ til $A \sin(cx + \varphi)$ og kunne bruke resultatet til å analysere funksjoner og løse ligninger" (R94, 3MX, 4e). For å løse denne oppgaven er det imidlertid ikke nødvendig å bruke denne teknikken. Det holder at man har kunnskaper om de grunnleggende egenskapene til de trigonometriske funksjonene sinus og cosinus, og at man kan kombinere enkle fakta i et resonnement. Nedenfor er grafene til $\sin x$ (rød) og $\cos x$ (blå) tegnet.



Vi ser (og elevene bør strengt tatt vite det uten å se på noen graf!) at begge funksjonene har maksimalverdi 1. Skal summen av de to funksjonene bli 2, må derfor begge funksjonene ha verdien 1 samtidig (for samme verdi av x). Figuren viser imidlertid at dette ikke kan være tilfelle, slik at summen $\sin x + \cos x$ aldri kan bli lik 2. Det riktige svaret her er derfor gitt ved alternativ A, likningen har ingen løsninger.

Dette falt ut som en middels vanskelig oppgave i mange land, noe det internasjonale gjennomsnittet på 46 % også viser. Av tabellen ser vi at de norske elevene presterer klart dårligere enn internasjonalt gjennomsnitt, og Norge ligger også under alle referanselandene med unntak av Slovenia. I både Norge og Slovenia har feilsvaret C blitt valgt av flere elever enn det riktige svaret A. Intervallet fra 0 til 8π tilsvarer 4 perioder av sinus- og cosinusfunksjonene. Begge funksjonene oppnår sitt maksimum 1 én gang i hver periode. Elever som ikke innser at funksjonene må ha denne maksimumsverdien samtidig, kan derfor lett velge dette alternativet.

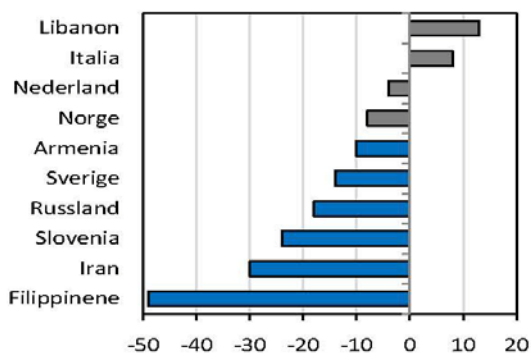
Tabellen viser at også alternativ D har vært populært i Norge, faktisk mye mer populært enn i noen av referanselandene. Norske elever møtte trigonometriske likninger i 2MX, da gjerne i form av enkle likninger som for eksempel $4 \sin x = 2$. Læreplanen fastslår at elevene skal "kjenne den generelle definisjonen av sinus, cosinus og tangens og kunne utnytte symmetrier på enhets sirkelen til å finne vinkler i første omløp når verdien til noen av disse funksjonene er gitt" (R94, 2MX, 3a). Gjennom arbeid med slike likninger vil elevene erfare at de som regel har to løsninger i første omløp. Likningen i oppgave 4 kan se nokså lik ut, og da kan det være lett å tro at også denne likningen har to løsninger i hvert omløp, som leder til alternativ D.

Oppgaven kan løses greit selv uten å huske at sinusfunksjonen og cosinusfunksjonen ikke begge kan anta verdien 1 for samme verdi av x . Ved å tegne grafen til $y = \sin x + \cos x$ på kalkulatoren vil man enkelt se at summen $\sin x + \cos x$ aldri kan bli lik 2. Det kan da virke overraskende at bare en tredel av de norske elevene fikk riktig løsning. I oppgave 3 antok vi at det var en god mulighet for at mange av de norske elevene hadde løst oppgaven grafisk på kalkulatoren, men det virker ikke som om det har skjedd i oppgave 4. En mulig grunn til dette er at oppgavene er ulikt formulert; i oppgave 3 blir elevene presentert for to funksjoner som skal sammenliknes, mens det i oppgave 4 ikke er noe tydelig "hint" om at en grafisk framgangsmåte kan være fruktbar. Dette kan tyde på at norske elever ikke har høy *hjelpemiddelkompetanse*. De bruker kalkulatoren mye: 80 % av dem rapporterer at de har brukt en grafisk kalkulator eller grafisk kalkulator med symbolbehandlingsmuligheter når de arbeidet med oppgavene i TIMSS Advanced. Men de utnytter i liten grad kalkulatoren når de støter på oppgaver som stiller større krav til resonnement.

Kjønnsforskjeller i matematikk i TIMSS Advanced

Figur 2.6 viser forskjeller mellom jenter og gutter i gjennomsnittlige prestasjoner i TIMSS Advanced for alle deltakende land.

Figur 2.6 Kjønnsforskjeller i matematikkprestasjoner i TIMSS Advanced for alle deltakende land. Positive verdier er i jentenes favør. Blå farge viser at forskjellen er signifikant.



Norge er et av fire land hvor man ikke finner signifikante kjønnsforskjeller. I gjennomsnitt får guttene 8 poeng høyere enn jentene på skalaen som er standardisert til 500 og har et standardavvik på 100, men dette er for lite til å være statistisk signifikant. Det var heller ingen signifikante forskjeller mellom norske jenter og gutter innen emneområdene Algebra, Kalkulus og Geometri. Det er her verdt å merke seg fordelingen mellom jenter og gutter som velger full fordypning i matematikk i videregående skole. Lavest andel jenter finner man i Nederland og i Libanon hvor henholdsvis 23 % og 29 % er jenter, høyest andel i Slovenia med 60 % og Filippinene med 63 % jenter. I Norge er 38 % av 3MX-elevene jenter, i Sverige er andelen jenter 40 %.

Også i grunnskolen i Norge er det små kjønnsforskjeller i matematikkprestasjoner. Det var ingen signifikante kjønnsforskjeller på 8. trinn, men det var en, om enn relativt liten, signifikant kjønnsforskjell i guttenes favør på 4. trinn (Grønmo & Onstad, 2009). Resultatet stemmer overens med konklusjoner fra tidligere forskning, nemlig at det er en tendens til at gutter i Norge gjør det litt bedre enn jenter i matematikk på de laveste trinnene i skolen, men at denne forskjellen ser ut til å jevne seg ut på ungdomstrinnet (Grønmo, 2000).

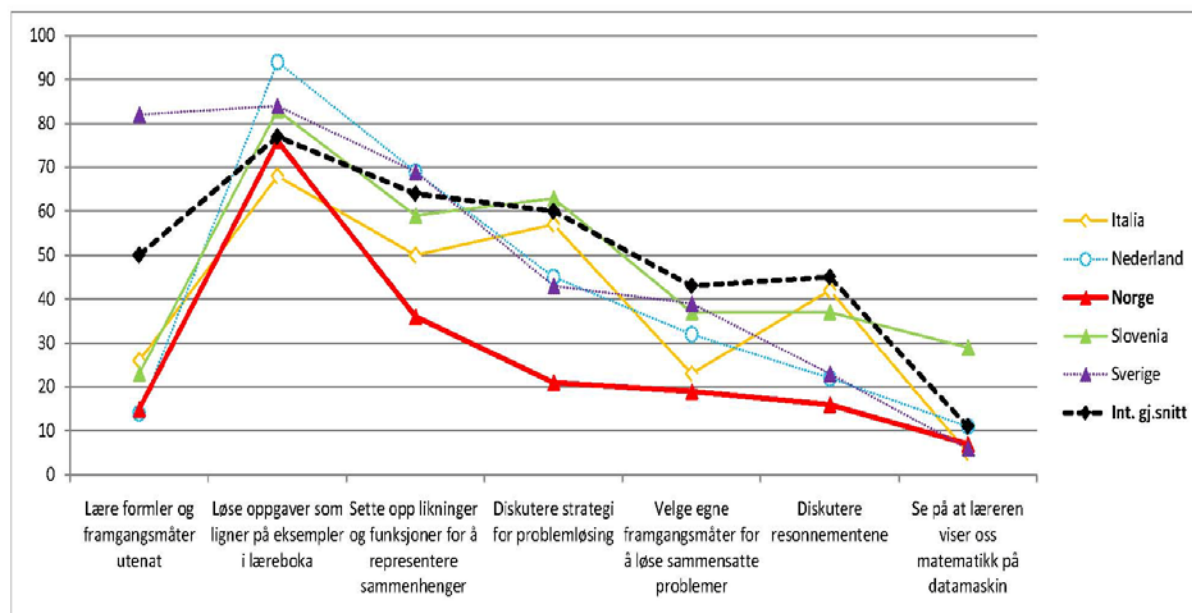
Selv om det ikke er signifikante kjønnsforskjeller i matematikkprestasjoner for norske elever, gir det grunn til bekymring at det bare er 38 % av elevene i 3MX som er jenter. Det kan synes rimelig å anta at dette mer skyldes forskjeller i guttenes favør når det gjelder holdninger og selvtillit i faget (Grønmo & Onstad, 2009; Kjærnsli, Lie, Olsen, Roe, & Turmo, 2004), enn kjønnsforskjeller i prestasjoner.

2.2 Undervisning i matematikk (3MX)

Noen kjennetegn for norsk matematikkundervisning

Elevene i matematikk ble bedt om å besvare spørsmål om hvor ofte ulike typer arbeidsmåter ble benyttet i undervisningen. Det ble benyttet en såkalt Likert-skala med alternativene ”Hver eller nesten hver time”, ”Omtrent halvparten av timene”, ”Noen timer” og ”Aldri”.

Figur 2.7 Elevenes syn på hvor ofte ulike arbeidsmåter benyttes i matematikktimene (3MX i Norge). Prosentandelen av elevene som svarer omtrent halvparten av timene eller oftere.



Vi ser at Norge ligger godt under det internasjonale gjennomsnittet for de fleste arbeidsmåtene, og at de to områdene hvor vi ligger lavest i forhold til det internasjonale gjennomsnittet, er hyppigheten av å ”Lære formler og framgangsmåter utenat” og å ”Diskutere strategier for problemløsning”. At norske

elever ligger klart under internasjonalt gjennomsnitt på disse spørsmålene, samsvarer godt med resultatet for TIMSS i grunnskolen (Grønmo & Onstad, 2009). De tilsvarende spørsmålene til elevene i grunnskolen var om hvor ofte de ”Pugget formler og framgangsmåter” og hvor ofte de ”Forklarte svarene sine”. Både på 8. trinn og på 4. trinn skåret norske elever klart under internasjonalt gjennomsnitt på begge disse spørsmålene. Analyser av norske data fra TIMSS Advanced-studien av elever i 3MX synes å peke i samme retning. Både det å trene inn framgangsmåter med sikte på å automatisere visse ferdigheter, og det å diskutere og reflektere rundt svar og løsningsmetoder synes å vektlegges mindre i norsk skole enn i andre land, og dette synes å gjelde på alle nivåer i skolen, fra barnetrinn til slutten av videregående skole.

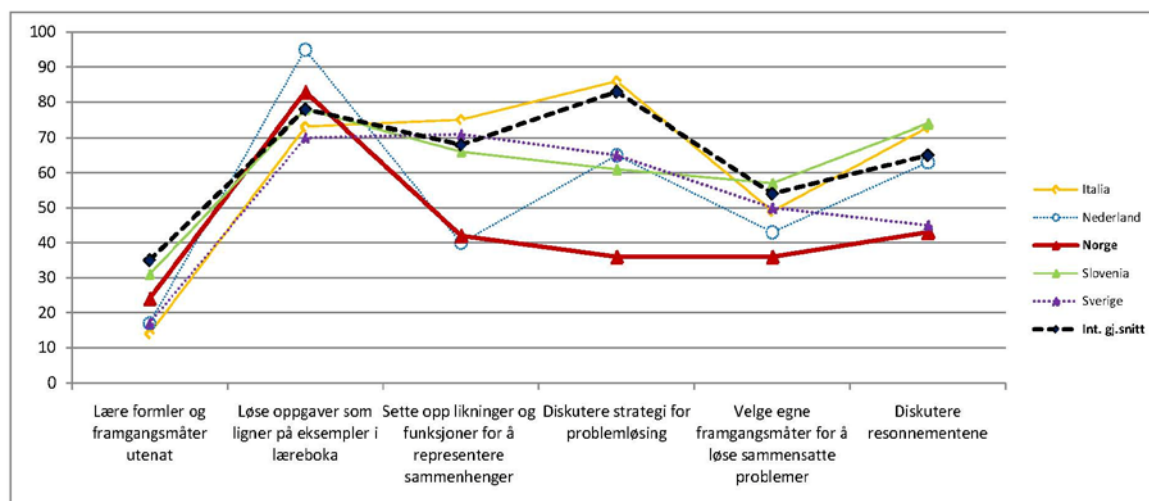
Målet med å automatisere viktige ferdigheter er, som allerede påpekt, å frigjøre kognitiv kapasitet som kan brukes til å løse mer komplekse matematiske problemer (Björkquist, 2001; Grønmo, 2005; Schoenfeld, 1992). Grunnleggende ferdigheter er noe man trenger på alle nivåer, fra de første årene i skolen til avanserte universitetsstudier. Hva som kan defineres som grunnleggende ferdigheter med sikte på automatisering, vil selvfølgelig endre seg med nivå. I grunnskolen vil det for eksempel være multiplikasjonstabellen og algoritmer for de fire regningsartene for tall, på videregående skole for eksempel derivasjon og manipulasjoner av algebraiske uttrykk. At det synes å bli lagt liten vekt på å utvikle slike ferdigheter i norsk skole, kan derfor være en medvirkende årsak til de generelt svake norske resultatene i matematikk på alle nivåer i skolen.

Norske elever ligger også langt under det internasjonale gjennomsnittet på å ”Diskutere strategier for problemløsning” og på å ”Diskutere resonneringer”. Også her er det en slående likhet med resultatene for både 4. og 8. trinn i grunnskolen, hvor norske elever lå klart lavere enn internasjonalt gjennomsnitt på det tilsvarende spørsmålet om hvor ofte de skulle ”Forklare svarene sine” (Grønmo & Onstad, 2009). Dette er arbeidsmåter som spesielt tar sikte på å utvikle gode begreper og problemløsningsstrategier hos elevene (Cobb, Boufi, McClain, & Whitenack, 1997). Det kan derfor synes som om to av de viktigste læringsstrategiene som framheves i artikler om utvikling av matematisk forståelse, nemlig trening av ferdigheter og diskusjon rundt begreper og løsningsmetoder, begge er mindre brukt i norsk skole enn i andre land.

De eneste områdene hvor Norge ikke ligger under det internasjonale gjennomsnittet, er når det gjelder å ”Se på at læreren viser matematikk på datamaskin”, der alle land bortsett fra Slovenia ligger lavt, og å ”Løse oppgaver som likner på eksempler i læreboka”, der alle landene ligger høyt. Den store vektleggingen av oppgaveløsning samsvarer også med resultater fra tidligere TIMSS-studier av undervisning i matematikk i grunnskolen. I rapporter fra disse TIMSS-studiene ble dette sammen med resultater fra andre studier tatt som en indikasjon på en overdreven bruk av individuelle arbeidsformer i matematikk i Norge, og med stor vekt på elevenes ”Ansvar for egen læring” (Bergem, 2008; Grønmo, Bergem, Kjærnsli, Lie, & Turmo, 2004). Nå er det et generelt trekk i TIMSS Advanced at denne arbeidsmåten er framtrekkende i alle land. Det som likevel skiller Norge fra de andre landene, er at våre elever rapporterer klart lavere på andre arbeidsmåter. Resultatene for TIMSS Advanced synes derfor å støtte tidligere konklusjoner fra studier i grunnskolen; det er en mer ensidig vekt på denne arbeidsformen i Norge enn i andre land, og en mindre vekt på andre arbeidsmåter.

Figur 2.8 viser lærernes syn på bruk av disse ulike arbeidsmåtene i matematikktimene. Det store samsvaret mellom hva norske elever og lærere svarer på disse spørsmålene underbygger refleksjonene presentert ovenfor. – Når det gjelder denne og noen følgende figurer og utsagn om lærerne, bør vi gjøre oppmerksom på følgende: Mens skolene og elevene som deltok i TIMSS Advanced var tilfeldig utvalg, så ble ikke lærerne trukket tilfeldig. Det var matematikklærerne til de utvalgte elevene som fylte ut spørreskjemaene. Derfor burde vi strengt tatt ikke bruke formuleringer av typen ”23 % av lærerne i 3MX”, men heller ”lærerne til 23 % av elevene i 3MX”. For enkelhets skyld bruker vi likevel den første formuleringen.

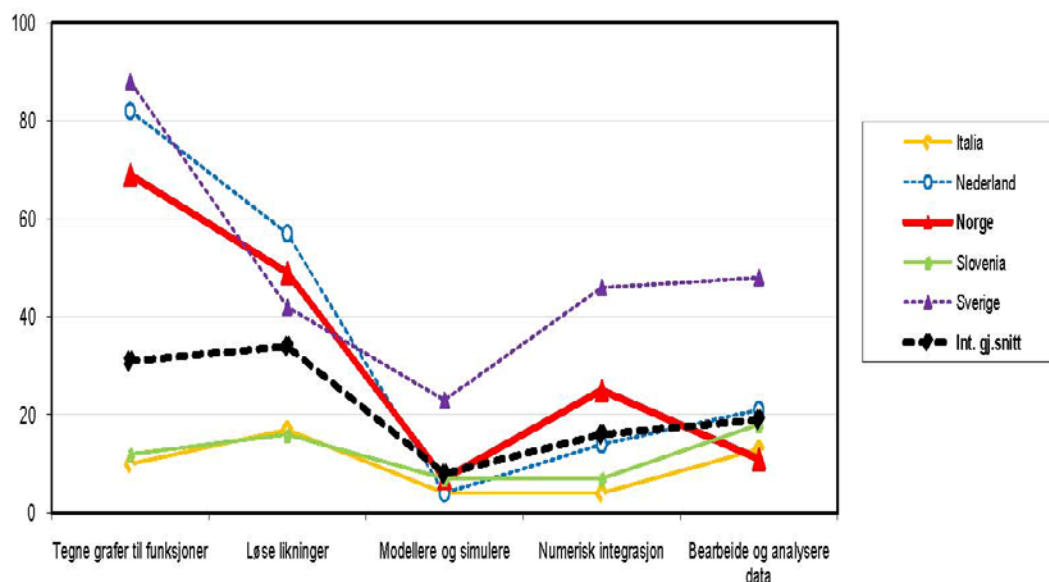
Figur 2.8 Lærernes syn på hvor ofte ulike arbeidsmåter benyttes i matematikktimene (3MX i Norge). Prosentandelen av lærerne som svarer omtrent halvparten av timene eller oftere.



Bruk av kalkulator i 3MX

Lærerne i matematikk fikk spørsmål om hvor ofte elevene brukte kalkulator på ulike måter i matematikktimene. Av svarene framgår det at Norge, Sverige og Nederland skårer klart over det internasjonale gjennomsnittet for bruk av kalkulator når det gjelder å tegne grafer og å løse likninger. Sverige skårer klart over det internasjonale gjennomsnittet på samtlige områder. Slovenia og Italia skårer derimot generelt lavt på alle spørsmålene om bruk av kalkulator i matematikktimene.

Figur 2.9 Lærernes svar på hvor ofte elevene bruker kalkulator til ulike aktiviteter i matematikktimene (3MX i Norge). Prosentandelen av lærerne som svarer omtrent halvparten av timene eller oftere.



Det er et tankekors at Slovenia og Italia, de to referanselandene med best resultat tatt i betraktning at de tester henholdsvis vel 40 % og 20 % av årskullet i TIMSS Advanced, er de to landene som synes å være mest tilbakeholdne med bruk av kalkulator. Tilsvarende tankevekkende er det at de to landene som har den mest markerte tilbakegangen fra forrige studie, Norge og Sverige, utmerker seg som to land som synes å bruke kalkulator mye. Også svar fra elevene understøtter at man i Norge bruker

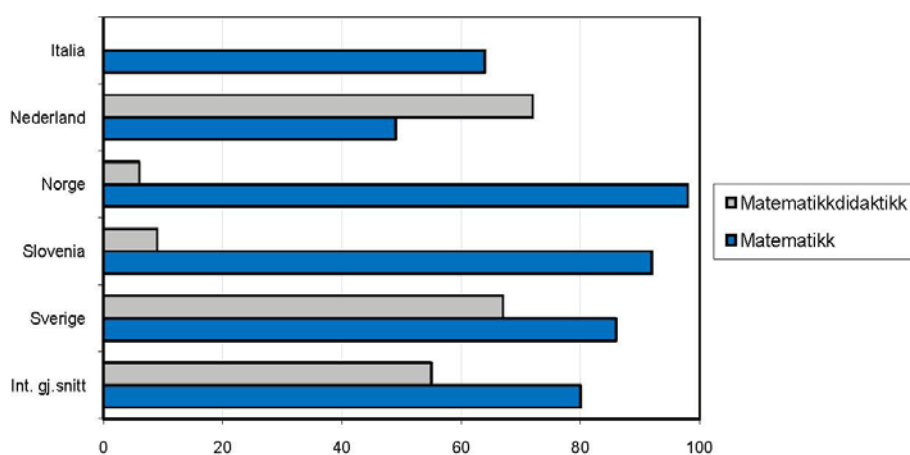
kalkulator mye. 80 % av de norske elevene rapporterte at de brukte en grafisk kalkulator eller grafisk kalkulator med symbolbehandlingsmuligheter når de arbeidet med oppgavene i TIMSS Advanced-testen. Også dette resultatet samsvarer med resultatet for 8. trinn i grunnskolen, hvor Norge brukte kalkulator mye, mens et høytpresterende land som Japan brukte det i langt mer beskjeden grad (Grønmo & Onstad, 2009).

2.3 Matematikklærne i 3MX

Grunn- og etterutdanning hos lærerne

Alle lærerne som hadde elever som deltok i TIMSS Advanced i matematikk fikk spørsmål om hvilken utdanning de hadde. Dersom de hadde bachelor/cand.mag. eller høyere grad, ble de bedt om å oppgi om de hadde minst 20 vekttall (60 studiepoeng) i ett eller flere av områdene matematikk, matematikkdiraktikk, naturfag (biologi, fysikk, kjemi eller geofag). Figur 2.10 viser prosentandelen av matematikklærerne i Norge og våre fire referanseland som oppgir at de har fordypning i matematikk og/eller matematikkdiraktikk.

Figur 2.10 Prosentandelen av lærerne i matematikk (3MX i Norge) som oppgir at de har fordypning i matematikk og/eller matematikkdiraktikk. Data er ikke tilgjengelig for Italia i matematikkdiraktikk.

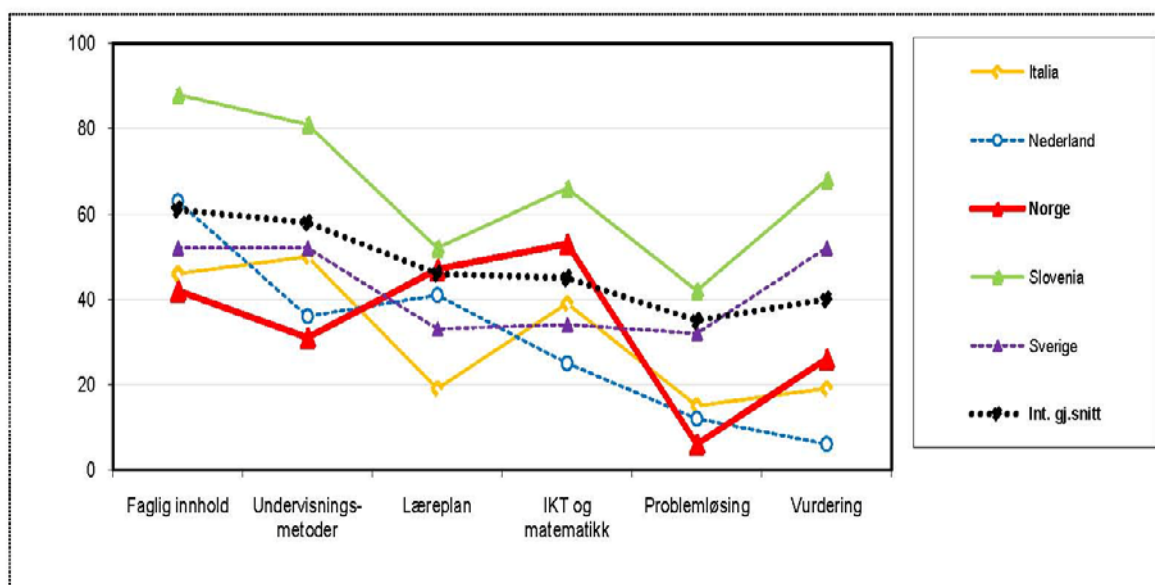


I Norge oppgir tilnærmet alle lærerne at de har fordypning i matematikk, det er en høyere prosentandel enn i alle referanselandene og også høyere enn det internasjonale gjennomsnittet. Det er en liten andel av de norske lærerne som oppgir at de har fordypning i matematikkdiraktikk. Tatt i betraktning at matematikkdiraktikk er et relativt nytt fagområde i Norge, er ikke dette overraskende. Man må også ta med i betraktning at utdanning av lærere i matematikk i Norge i alt overveiende grad har vært organisert slik at man tar faglig fordypning først og så ett års (tidligere et halvt års) påbygning med fagdidaktikk, pedagogikk og praksis. I enkelte andre land er utdanningen mer integrert mellom matematikk og matematikkdiraktikk, og hva som defineres som matematikk og matematikkdiraktikk vil derfor variere en del mellom land.

Det som er viktig å merke seg, er at Norge framstår som et land hvor lærerne har høy fagkompetanse, generelt vel så høy som i land det er rimelig å sammenlikne med. Dette er et totalt annet bilde enn det man har fått av lærere som underviser i matematikk i grunnskolen. Slike lærere i Norge har et generelt høyt utdanningsnivå, men de mangler i stor grad fordypning i matematikk (Grønmo, et al., 2004; Grønmo & Onstad, 2009).

Når det gjelder hvor stor andel av matematikklærerne som har deltatt i faglig relevant etter- eller videreutdanning, er det imidlertid en slående likhet mellom situasjonen i 3MX og situasjonen for grunnskolelærere i matematikk.

Figur 2.11 Prosentandelen av matematikklærerne (3MX i Norge) som oppgir at de har deltatt i faglig relevant etter- og videreutdanning i ulike temaer de siste to årene.



Det synes som om norske matematikklærere i mindre grad deltar i faglig relevant etter- og videreutdanning enn matematikklærere i andre land, og at dette gjelder for alle nivåer i skolen. Det eneste emnet hvor norske lærere ligger klart over det internasjonale gjennomsnittet, er bruk av IKT i matematikk. Dette kan muligens knyttes til innføringen av nye læreplaner i norsk skole (K06), der det å kunne bruke digitale verktøy er en av de grunnleggende ferdighetene som skal integreres i alle fag. Det kan også synes å være en indikator for hva myndigheter og skoleeiere satser ressurser på, og at IKT ses som det viktigste emnet å gi lærerne etter- og videreutdanning i for å ha en god undervisning i matematikk. Både når det gjelder selve undervisningen, og når det gjelder å tilby faglige kurs, synes det som om bruk av elektroniske hjelpemidler er det som prioriteres i Norge, og det i langt større grad enn i mange andre land.

Erfaring og alder hos matematikklærerne

Det er ubetinget bra at man har lærere med god fagutdanning i matematikk for 3MX-elevene. Ser man også på antall år lærerne har undervist, framstår norske matematikklærere i tillegg som svært erfarne, se Tabell 2.2.

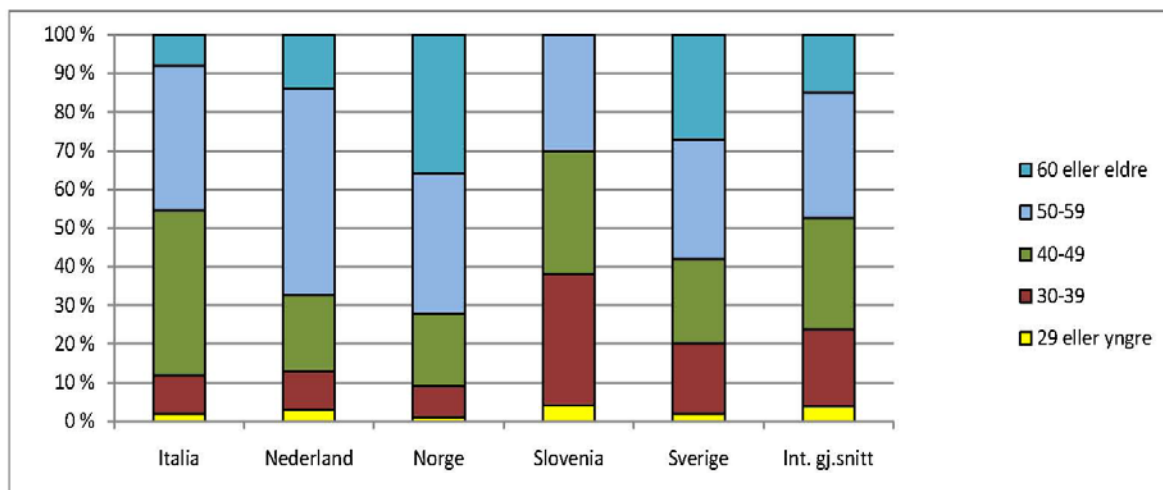
Tabell 2.2 Gjennomsnittlig antall år matematikklærere (3MX i Norge) har undervist.

Land	Antall undervisningsår totalt	Antall undervisningsår 3MX
Italia	22	12
Nederland	27	17
Norge	27	26
Slovenia	18	14
Sverige	22	9

Selv om det er en fordel med erfarne lærere, må dette ses i sammenheng med alder. Figur 2.12 viser aldersfordelingen til 3MX-lærerne i Norge og tilsvarende i de valgte referanselandene. Norge framstår da som landet med de klart eldste lærerne. Nærmere 73 % av de norske lærerne fordeler seg jevnt på de to gruppene 50–59 år og over 60 år. Situasjonen er noe bedre for Nederland og Sverige, og mye bedre for Italia og Slovenia. Det synes å være et stort behov for å rekruttere godt utdannede lærere i matematikk som kan overta når de som underviser i dag trekker seg tilbake. Nå må man ta med i

betraktningen at det ofte kan være de høyest utdannede og mest erfarne lærerne som settes til å undervise 3MX-elevene, og tilsvarende i andre land. Vi vet ikke hvordan aldersfordelingen eller den faglige bakgrunnen er for resten av lærerne på skolen, verken i Norge eller i andre land. Fra studiene i grunnskolen vet vi at man på dette nivået allerede sliter med at matematikklærerne i Norge har en svak faglig bakgrunn. Det er nærliggende å konkludere med at dette også kan bli situasjonen i videregående skole når den store gruppen av lærere over 60 år går av med pensjon.

Figur 2.12 Matematikklærere (3MX i Norge) fordelt på aldersgrupper.



2.4 Valg av 3MX og yrkesplaner hos elevene

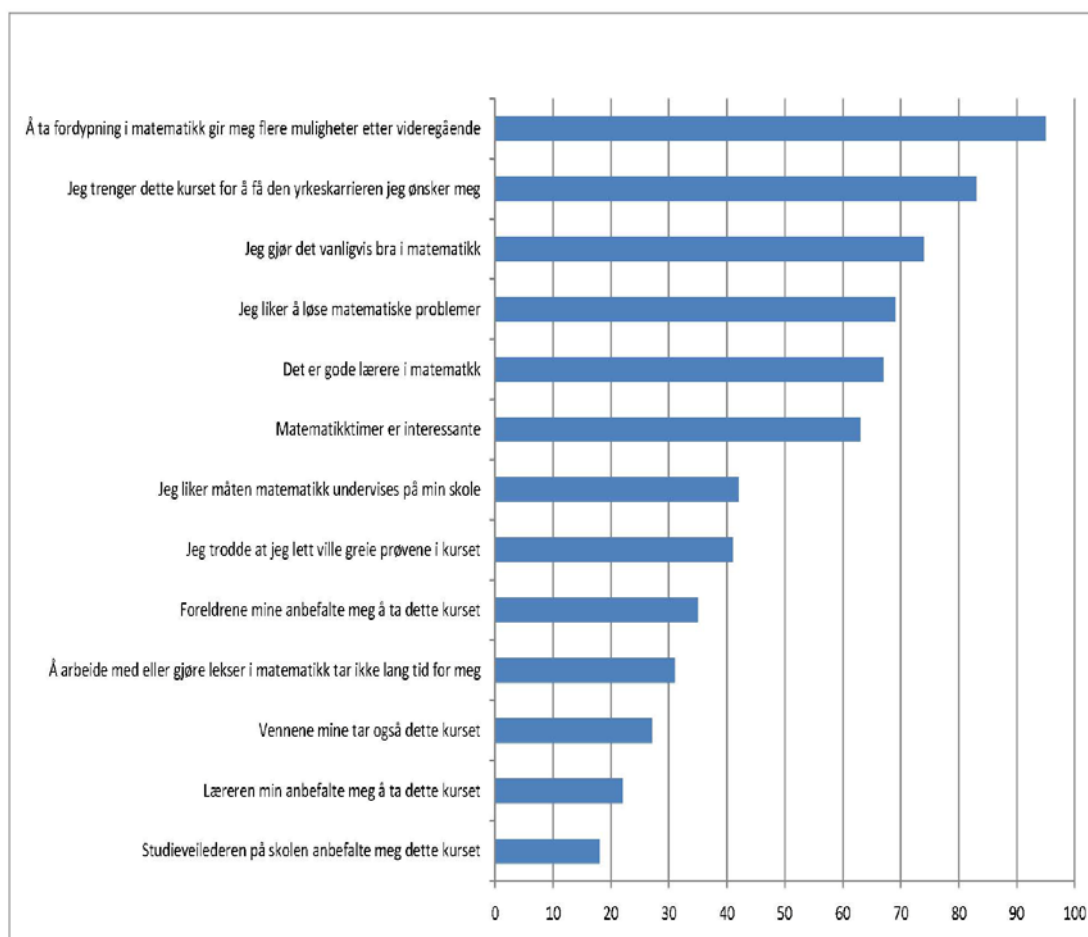
Begrunnelser for å velge 3MX

Med tanke på rekruttering til matematikk i videregående skole er det interessant å se på hva elevene i 3MX oppgir var viktig for deres valg av faget. Elevene ble bedt om å ta stilling til en rekke utsagn som beskriver ulike grunner for å velge matematikk, og skulle for hver grunn angi om denne var "Veldig viktig", "Viktig", "Uviktig" eller "Veldig uviktig". Figur 2.13 viser de norske elevenes svar på disse spørsmålene.

Som vi ser er de to grunnene som flest elever angir som de viktigste at det vil gi dem flere valgmuligheter etter videregående skole og at det er viktig for å kunne få den yrkesutdanningen de ønsker. Lavest ligger anbefalinger fra studieveileder eller lærer på skolen. Dette resultatet er tankevekkende når man tar i betraktning den store vekten som enkelte synes å legge på å øke innsatsen for bedre veiledning i skolen som en god måte å øke rekrutteringen til realfag på. Det kan synes som om økte krav om matematikk for opptak til universitets- og høyskolestudier kanskje ville være mer virkningsfullt. For matematikkrevende studier som for eksempel økonomifag og ulike typer ingeniørutdanninger synes manglende matematikkunnskaper å være en medvirkende årsak til frafall. Dette vises blant annet i en evaluering av ingeniørutdanningen i Norge, gjennomført av NOKUT (Nasjonalt organ for kvalitet i utdanningen), som påviste et betydelig problem med frafall av studenter (www.nokut.no). Kun 44 % av studentene som begynte høsten 2003, hadde fått vitnemål per 1. oktober 2006. Rapporten trakk fram dårlige kunnskaper i matematikk som en viktig forklaringsfaktor for frafallet. Det ble anbefalt å gjennomgå innholdet i og kravene til matematikk i videregående skole. I tillegg ble det foreslått å heve minimumskravene til matematikkarakterer for opptak til ingeniørstudiet ved enkelte institusjoner. Resultatene fra TIMSS Advanced antyder at en slik heving av kravene til studentenes matematikkbakgrunn kan virke positivt for rekruttering av elever til matematikkfaget i den videregående skolen.

Også grunner som gode lærere og at man gjør det bra i faget ligger høyt på lista over begrunnelser for å velge faget. Dette kan være et signal om at en måte å sørge for rekruttering til fordypning i matematikk, er å utdanne gode lærere i matematikk. Ikke minst viktig synes dette å være på bakgrunn av den høye alderen som kjennetegner de norske lærerne man har i 3MX i dag.

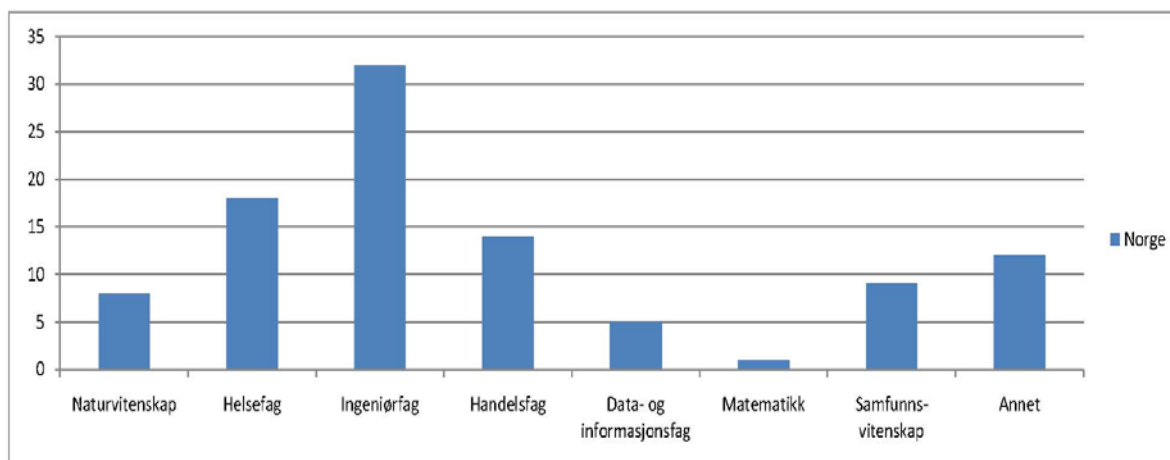
Figur 2.13 Prosentandelen av norske 3MX-elever som oppgir at de ulike grunnene er "Veldig viktig" eller "Viktig" for deres valg av matematikk.



Yrkesplaner for 3MX-elevne

Figur 2.14 viser 3MX-elevnes yrkesplaner. Det er bare 1 % av elevene som har tenkt seg videre studier i matematikk, mens 8 % ønsker å studere naturvitenskap (biologi, kjemi, fysikk, geologi). Nesten en tredel av elevene (32 %) ønsker å studere ingeniørfag, noe som gjør dette til det mest populære studieønsket for 3MX-elevne. Helsefag er også populært, 18 % av elevene oppgir at de tenker seg et helsefaglig studium. Det er også interessant å merke seg at nesten 10 % av 3MX-elevne ønsker å studere samfunnsvitenskap.

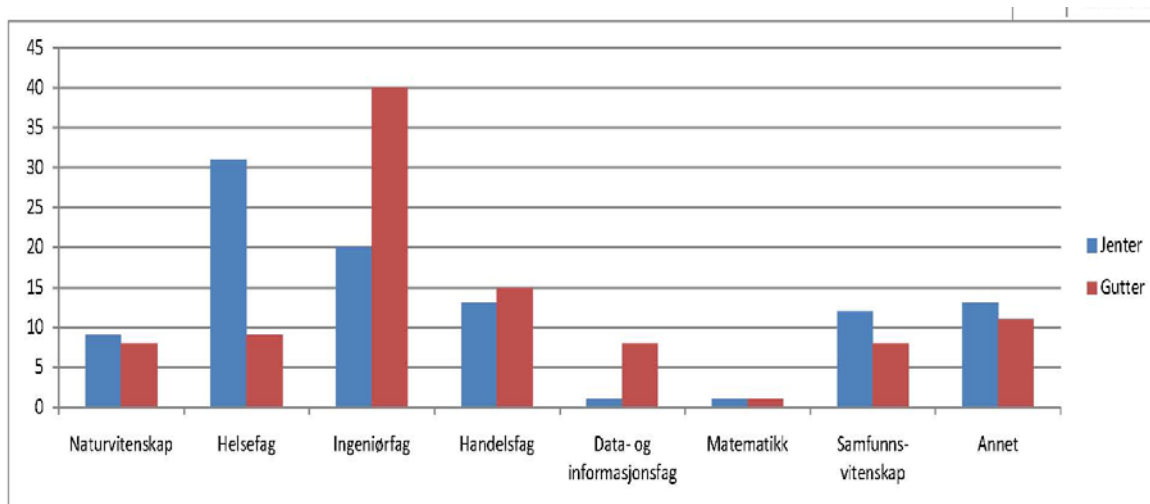
Figur 2.14 Prosentandelen av 3MX-elever i Norge som oppgir at de tar sikte på videre utdanning innen ulike områder.



Vi har tidligere sett at det ikke er signifikante forskjeller i matematikkprestasjonene til norske jenter og gutter. Når det gjelder valg av matematikk som ferdypningsfag er imidlertid bildet et annet, i matematikk 3MX er 38 % prosent av elevene jenter og 62 % er gutter.

Figur 2.15 viser 3MX-elevenes yrkesplaner fordelt på jenter og gutter, og vi ser at jentene og guttene til en viss grad har ulike studieønsker. De to mest populære studiene (ingeniør- og helsefag) er, sammen med data- og informasjonsfag, de utdanningene der det er størst forskjeller mellom jentenes og guttenes ønsker. Vel 30 % av jentene sikter seg mot et helsefaglig studium, mens bare 9 % av guttene oppgir det samme. Motsatt ønsker 40 % av guttene og 20 % av jentene seg en ingeniørutdanning, mens det er 8 % av guttene og bare 1 % av jentene som tar sikte på et studium innen informasjonsteknologi.

Figur 2.15 Prosentandelene av jenter (blått) og gutter (rødt) i 3MX som oppgir at de tar sikte på videre utdanning innen ulike områder.



Dette bildet stemmer med hva som allerede er situasjonen; andelen jenter på studier innenfor medisin, miljø og biologi er høy, mens den er svært lav innenfor studier i ingeniørfag og fysikk (Schreiner & Sjøberg, 2005). Videre stemmer 3MX-elevenes yrkesplaner godt overens med noen av delresultatene fra ROSE-prosjektet, der det viste seg at norske 15-åringers framtidige yrkesønsker bærer et mønster

av stereotype jente- og gutteroller (Schreiner & Sjøberg, 2006). Det er slående hvor tradisjonelle norske gutter og jenter fortsatt synes å være når det gjelder valg av yrke, og det er for tiden flere norske og internasjonale studier som søker å forstå hvilke faktorer som er avgjørende for elevers valg av realfag i videregående skole og høyere utdanning, og hvordan jentenes lave deltakelse i realfag kan forstås (se for eksempel Vilje-Con-Valg og IRIS, <http://www.naturfagsenteret.no/vilje-con-valg/index.html> og <http://www.fys.uio.no/skolelab/IRIS/>).

Referanser

- Angell, C., Kjærnsli, M., & Lie, S. (1999). *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* Oslo: Universitetsforlaget.
- Bergem, O. K. (2008). *Individuelle versus kollektive arbeidsformer. En drøfting av aktuelle utfordringer i matematikkundervisningen i grunnskolen*. Unpublished PhD-avhandling, Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.
- Björkquist, O. (2001). Matematisk problemløsning. In B. Grevholm (Ed.), *Matematikk for skolen*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Cobb, P., Boufi, A., McClain, K., & Whitenack, J. (1997). Reflective Discourse and Collective Reflection. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(3), 258-277.
- Grønmo, L. S. (2000). Gender Differences Among Norwegian Students in Achievement, Attitudes and Self-Concepts. In B. Kaur, D. Edge & Y. B. Har (Eds.), *TIMSS and Comparative Studies in Mathematics Education. An International Perspective* Singapore: National Institute of Education, Nanyang Technological University.
- Grønmo, L. S. (2005). Ferdighetenes plass i matematikkundervisningen. *Nämna*(4), 38-44.
- Grønmo, L. S., Bergem, O. K., Kjærnsli, M., Lie, S., & Turmo, A. (2004). *Hva i all verden har skjedd i realfagene? Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2003*. Oslo: Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.
- Grønmo, L. S., & Onstad, T. (2009). *Tegn til bedring. Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2007*. Oslo: Unipub.
- Grønmo, L. S., Onstad, T., & Pedersen, I. F. (2010). *Et skritt tilbake. Matematikk i den videregående skolen*: Unipub.
- 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*: Universitetsforlaget.
- KUF (2000). *Læreplan for videre opplæring (Matematikk 2MX/3MX)*.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Robitaille, D. F., & Foy, P. (2009). *TIMSS Advanced International Report*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Olsen, R. V., Turmo, A., & Lie, S. (2001). Learning about students' knowledge in science through large scale quantitative studies. *European Journal of Psychology of Education*, 16, 403-420.
- Sandvold, K. E., Øgrim, S., Jasper, P., & Nordseth, T. (1995). *Matematikk 2MX*: Gyldendal Norsk Forlag.
- Schoenfeld, H. A. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* New York: MacMillan.
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2005). Et meningsfullt naturfag for dagens ungdom? Retrieved from <http://folk.uio.no/sveinsj/Nordina2-Schreiner-Sjoberg.pdf>

Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2006). *Jeg velger meg naturfag! (...Hvem gjør egentlig det?)*: Rapport utarbeidet for Norges forskningsråd.

<http://www.naturfagsenteret.no/vilje-con-valg/index.html>

<http://www.fys.uio.no/skolelab/IRIS/>

<http://www.nokut.no/sw17894.asp> (Evaluering av ingeniørutdanningen)

3 FYSIKK I TIMSS ADVANCED 2008

3.1 Deltakelse

I alt var det ti deltakerland, men bare ni som deltok i fysikkdelen, se tabell 3.1. Deltakerlandene er svært forskjellige på mange måter Avhengig av skolesystemet og tilgjengelige fysikk-kurs ble populasjonen i hvert land bestemt som elever i siste år som tok et bestemt (eller flere bestemte) fysikk-kurs, i vårt land gjaldt det 3FY. Det varierer sterkt i hvor stor grad sammenlikninger med deres resultater er av interesse i vår sammenheng. Særlig aksentuert blir dette når vi tar hensyn til *hvilke* elever i hvert land som ble ansett å representere "spesialistene" i landet. Siden det er svært ulik grad av spesialisering i hvert land, er det viktig å merke seg den såkalte TIMSS Advanced Physics Coverage Index (her kalt PCI). Denne forteller hvor stor prosentandel av årskullet som den populasjonen deltakerne er trukket fra.

Tabell 3.1 Deltakerland i TIMSS Advanced 2008 med noen sentrale data om fysikkelevener

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

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

I denne rapporten vil vi i noen sammenhenger gi resultater for alle deltakerlandene, men i de fleste tilfellene vil vi heller gi en mer detaljert sammenlikning med tre utvalgte referanseland, Sverige og Nederland. Disse landene er av naturlige grunner av størst faglig og skolepolitisk interesse. Men som det framgår av tabell 3.1, har Slovenia en elevgruppe som både i alder og ved sin PCI likner mest på Norge, og det gjør dette landet også interessant å sammenlikne med.

I alt 118 skoler ble invitert til å delta i fysikk, og av dem var det 101 (86 %) som svarte positivt og gjennomførte undersøkelsen. Alle fysikkelevener på deltakerskolene ble bedt om å gjennomføre undersøkelsen. På de aller fleste skolene var det bare én fysikkgruppe, 20 skoler hadde to grupper, og på fire skoler var det hele tre grupper. Av de 1901 aktuelle elevene var det i alt 1644 (87 %) som faktisk deltok i undersøkelsen. Mye ble gjort fra vår side for å komme opp i tilstrekkelig høy deltakelse.

3.2 Hva slags kompetanse er det som måles?

Opgavene er klassifisert etter fire innholdskomponenter og tre kognitive kategorier. Fordelingen innen disse kategoriene er bestemt ut fra deltakerlandenes læreplaner, og den er vist i tabell 3.2.

Tabell 3.2 De fire innholdskomponentene og de tre kognitive kategoriene. Den tilstreberte omtrentlige fordeling av oppgaver er vist i prosent.

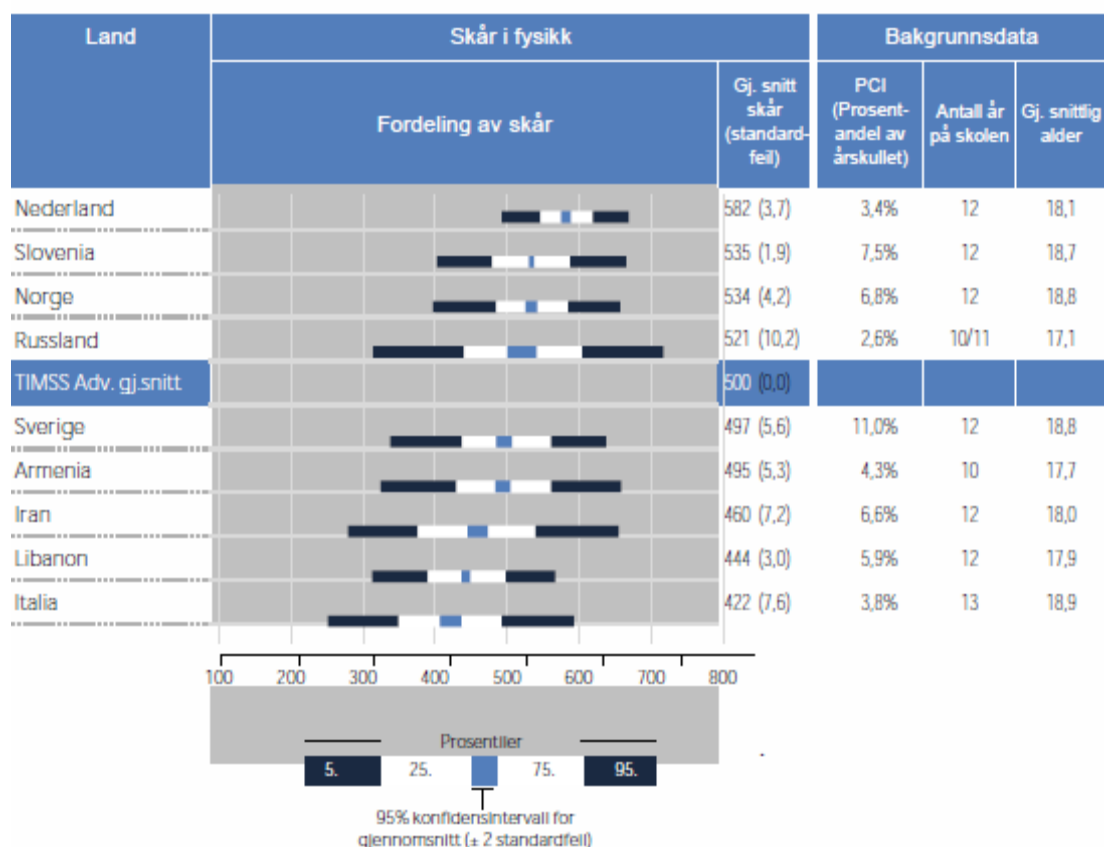
Innholdsdimensjonen (Faglige emner)	Kognitiv dimensjon (Ferdigheter og prosesser)
Mekanikk (30 %)	Kjennskap (30 %)
Elektrisitet og magnetisme (30 %)	Anvendelse (40 %)
Varme og temperatur (20 %)	Resonnering (30 %)
Atom- og kjernefysikk (20 %)	

Oppgavene ble utviklet til å passe med denne kategoriseringen. Vår analyse viser at fysikktesten som helhet passer godt med den norske læreplanen i fysikk som gjaldt i 2008 (etter R94). I alt inneholdt fysikktesten 42 flervalgsoppgaver og 29 åpne oppgaver fordelt i flere hefter. En betydelig del av oppgavene er identiske med oppgaver som ble brukt i 1995, og disse er holdt hemmelig for å kunne bidra til en presis sammenlikning av prestasjoner over tid.

3.3 Hovedresultater i fysikk

Figur 3.1er en omfattende presentasjon av elevenes prestasjoner i fysikk i hvert land, både grafisk og i tabellform.

Figur 3.1 Internasjonale resultater i fysikk. (Resultatene for Nederland og Slovenia er litt mindre pålitelige enn for de andre landene, siden kravene til deltakerprosent ikke ble oppfylt uten bruk av reserveskoler.)



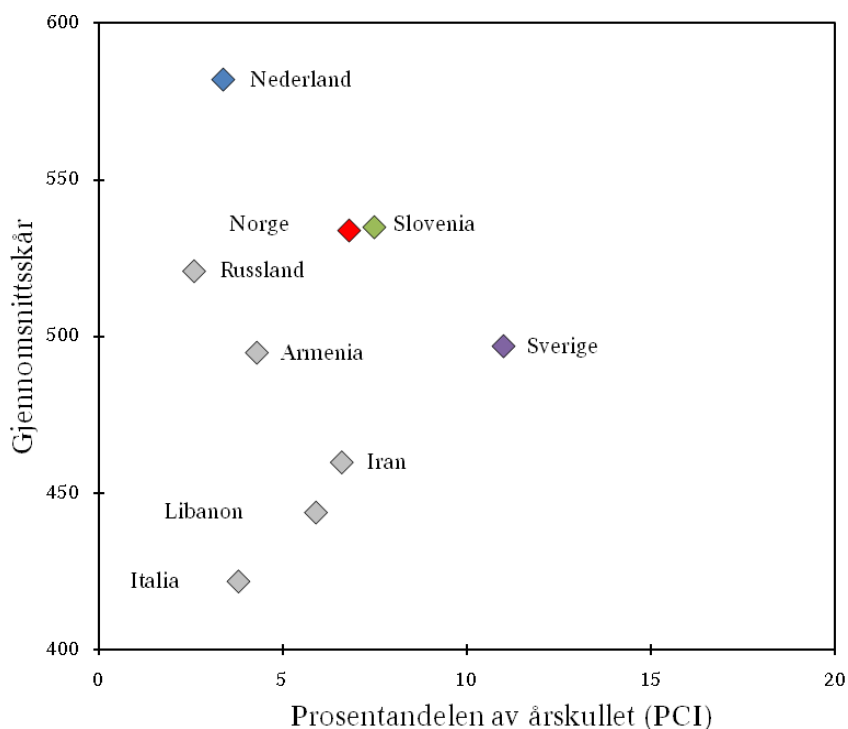
I tillegg til gjennomsnitt og fordeling av prestasjoner er det vist elevenes alder og hvor stor andel av årskullet de representerer (PCI). Første tabellkolonne viser skåreverdier for hvert land, gitt på en skala der det internasjonale gjennomsnittet (i 1995) er satt til 500 og standardavviket (i 1995) til 100 poeng. I parentes er standardfeilen angitt, en størrelse som gir informasjon om usikkerheten knyttet til disse

gjennomsnittsverdiene. Til venstre for disse kolonnene er fordelingen av elevenes skår vist i et diagram som angir 5, 25, 75 og 95- prosentilene. Det mørke feltet i midten angir gjennomsnittsverdien med 95 % konfidensintervall (to standardfeil i hver retning). Rekkefølgen av land framstår her som en rangeringsliste satt opp etter fallende gjennomsnittsverdier. Men det er viktig å peke på at denne rangeringen alene ikke gir noen god rangering etter kvalitet i utdanningen. Prestasjonsmålene må i høy grad vurderes i sammenheng med både elevenes alder og hvor utvalgte de er i forhold til elevkullet (PCI).

3.4 Sammenhengen mellom landenes gjennomsnittsskår og prosentandelen av årskullet (PCI)

På figur 3.2 har vi framstilt en sammenheng mellom gjennomsnittsprestasjon og PCI for landene. Det "ideelle" for et land er å bli plassert høyt opp og til høyre i figuren. Hvilket land som framstår som "best" her, avhenger av øynene som ser. En slik framstilling inviterer til en diskusjon i hvert land om hvor "gode" vs. hvor "spesialiserte" man vil ha som mål at fysikkelevne skal bli. Figuren viser at norske elever i og for seg presterer rimelig bra ut fra elevandelen, sammenliknet med de andre landene. Svenske elever har en betydelig høyere PCI, men altså med betydelig lavere skår enn norske.

Figur 3.2 Sammenhengen mellom landenes gjennomsnittsskår og prosentandelen av årskullet (PCI)



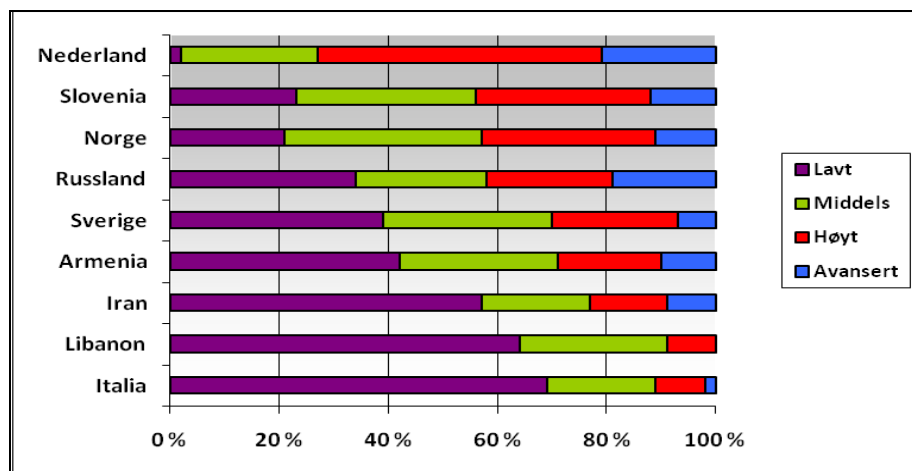
3.5 Resultater etter kompetansenivåer

Den internasjonale skalaen for prestasjoner på fysikkprøven er standardisert slik at gjennomsnittet internasjonalt i 1995 er 500 poeng og standardavviket er 100 poeng. Tre nivågrenser, såkalte *international benchmarks*, er satt langs denne skalaen med 75 poengs intervaller, nemlig ved 475, 550 og 625 poeng. Dette deler elevene i fire intervaller eller "nivåer", som vi vil kaller *Lavt*, *Middels*, *Høyt* og *Avansert* nivå.

Prosentfordeling etter kompetansenivåer for elevene i hvert land er vist på figur 3.3. Det framgår av figuren at Nederland og Russland har klart høyest andel på *Avansert* nivå, men elevene i disse landene er jo også de mest spesialiserte. Andelen som når minst *Høyt* nivå, er tydelig høyest i Nederland (73

prosent), etterfulgt av Slovenia, Russland og Norge (alle litt over 40 prosent). Når det gjelder andel på lavt nivå, er det spesielt få i Nederland.

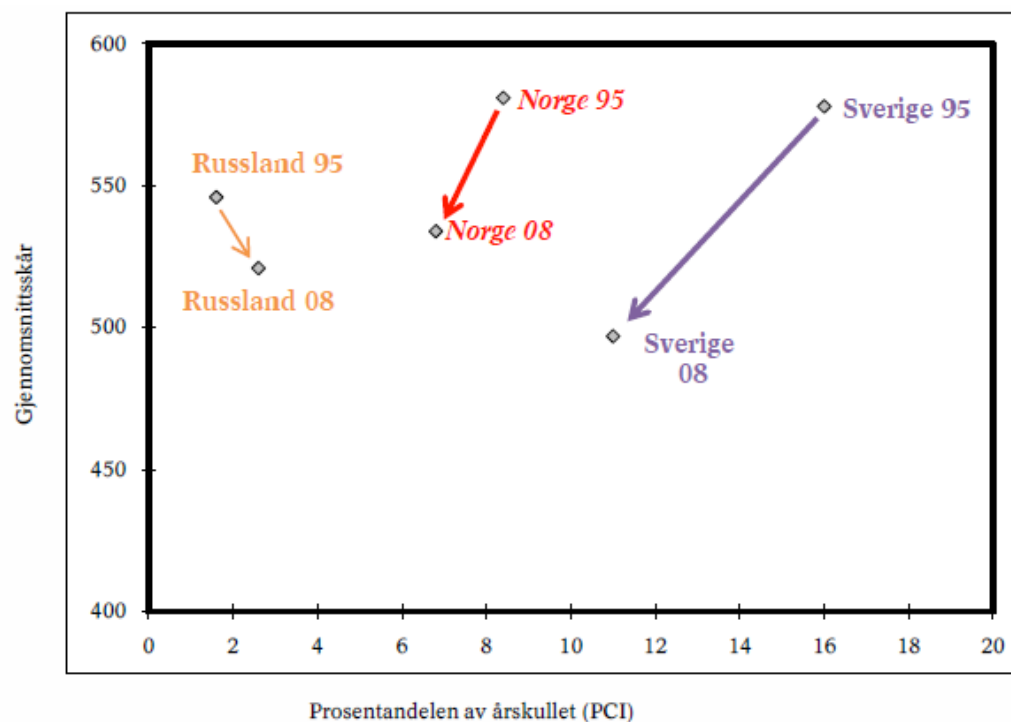
Figur 3.3 Prosentfordeling etter kompetansenivåer for de deltagende elevene i hvert land



3.6 Endring fra 1995 i PCI og prestasjoner

Figur 3.4 viser endringen fra 1995 i både gjennomsnittlig skår og PCI for Sverige og Russland i tillegg til vårt eget land. Tilbakegangen for Norge gjelder både gjennomsnittlige prestasjoner og prosentandelen av årskullet. Forandringen innebærer en utvikling nedover og til venstre på figuren. Det framgår også at utviklingen i Sverige har vært i samme negative retning, men enda mer dramatisk. Derimot er nedgangen for Russlands vedkommende til en viss grad kompensert med en økende PCI.

Figur 3.4 Sammenhengen mellom landenes gjennomsnittsskår og prosentandelen av årskullet (PCI) i 1995 og 2008

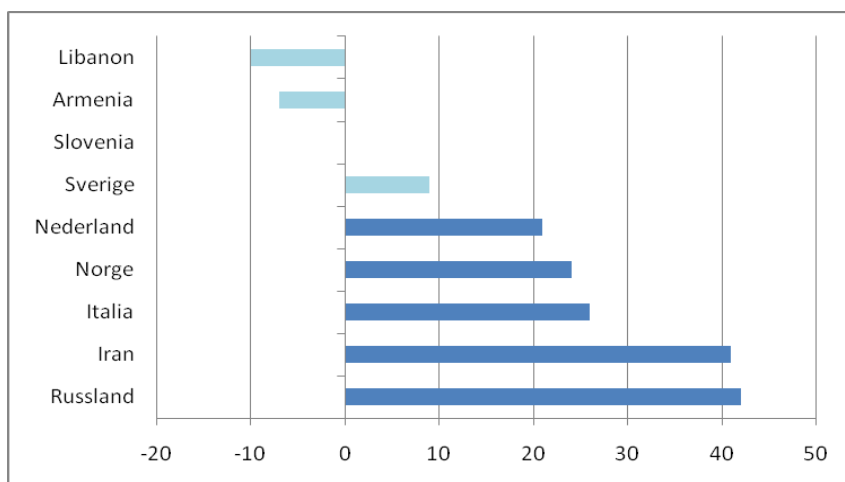


3.7 Kjønnsforskjeller i fysikkprestasjoner

Når det gjelder kjønnsforskjeller målt i TIMSS Advanced, er det en svak økning i jenteandelen fra 1995, men ikke mer enn fra 26 til 29 prosent. Figur 3.5 illustrerer et annet viktig tema. Her er

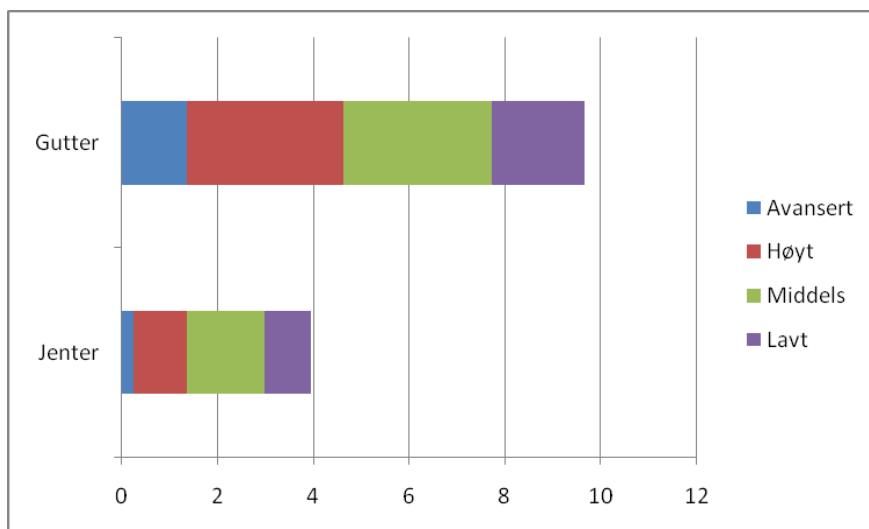
differansen mellom guttenes og jentenes gjennomsnittlige poeng framstilt for hvert land. Positiv retning på figuren gjelder forskjeller i guttenes favør. De lyse søylene representerer ikke-signifikante kjønnsforskjeller.

Figur 3.5 Differansen mellom guttenes og jentenes gjennomsnittlige testskår i fysikk. Positiv retning betyr i guttenes favør. Lyse søyler betyr at differansen ikke er signifikant.



En annen måte å vise kjønnsforskjellene på er å ta hensyn til at bare 29 prosent av fysikkelevne er jenter. PCI for jentene er på 3,9 %, mens PCI for guttene er 9,7 %. Fra dette og nivåfordelingen for hvert kjønn kan vi vise hvordan hele årskullet av jenter og hele årskullet for gutter er representert på ulike nivåer av fysikk-kompetanse. Dette er vist på figur 3.6. Her er en dobbel effekt i guttenes favør visualisert: For det første er det godt over dobbelt så mange gutter som jenter som velger 3FY, og for det andre skårer guttene gjennomsnittlig bedre. De virkelige fysikkspesialistene på høyt nivå er altså en svært maskulin elevgruppe. Det ligger åpenbart mange utfordringer når det gjelder å oppnå en bedre kjønnsbalanse i videre studier og yrker.

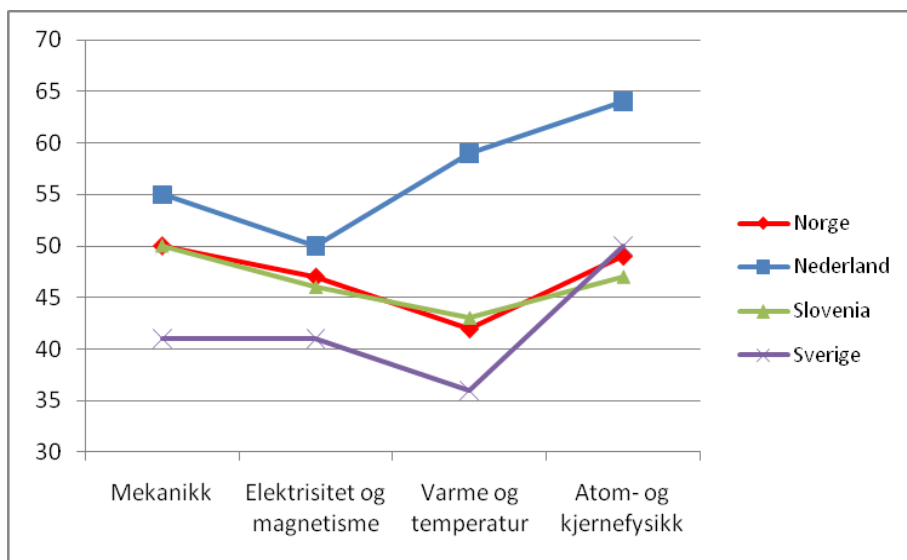
Figur 3.6 Prosentandel av årskullet på ulike kompetansenivåer for hvert kjønn



3.8 Resultater etter faglige emner

Figur 3.7 viser prestasjoner for hver av innholdskategoriene. Fra figuren ser vi at norske elever viser stor likhet med elever fra Slovenia. For Norge noterer vi relativt sterke resultater i *Mekanikk* og *Elektrisitet og magnetisme* og forholdsvis svakere i *Atom- og kjernefysikk* i forhold til de andre landene. Svenske elever framstår med relativ styrke i *Atom- og kjernefysikk*. Nederlandske elever framstår med spesielt høy skår innen *Atom- og kjernefysikk* og forholdsvis mye lavere innen *Elektrisitet og magnetisme*. Denne profilen har mye til felles med situasjonen i 1995, bortsett fra mye bedre resultater for den ”moderne” fysikken den gangen.

Figur 3.7 Gjennomsnittlig prosent riktige svar for hvert fagemne i de fire landene



3.9 Noen eksempler på fysikkoppgaver

Oppgaveløsning har en framtrekkende plass i fysikkundervisningen i videregående skole. Det synes å være en sterk tro på at regning og løsning av oppgaver har en gunstig læringseffekt. I norske og i mange andre lands lærebøker er det et betydelig omfang av øvelsesoppgaver knyttet til teoriframstillingen. Det forventes at elevene løser mange slike standard øvelsesoppgaver som et viktig ledd i læreprosessen. Ved utvelgelsen av oppgavene i TIMSS Advanced har det hele tiden vært tatt betydelig hensyn til interessante fagdidaktiske spørsmål og forskningsmessige problemstillinger. Oppgavene i TIMSS Advanced spenner over et stort og sentralt innholdsområde, og de varierer i vanskegrad. I det følgende har vi vist noen eksempler med resultater.

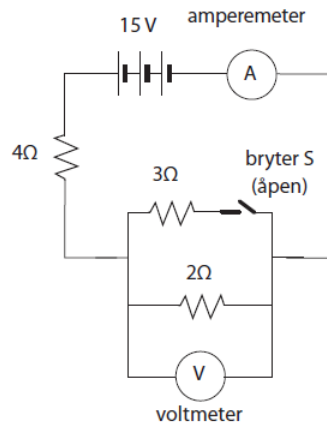
Resultatene er vist for Norge og våre tre referanseland, samt for det internasjonale gjennomsnittet ("INT"). I tillegg er resultater fra 1995 for Norge tatt med der dette er aktuelt. For flervalgsoppgaver er svarfordelingen vist i prosent, og på åpne oppgaver er svarfordelingen gitt for hver av de aktuelle kodene

PA13009 Strøm og spenning i en elektrisk krets

PA13009

Resonnering

I den elektriske kretsen nedenfor er bryteren S åpen.



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

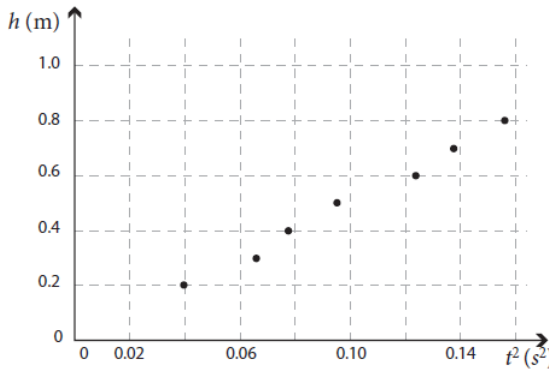
- (A) Amperemeterutslaget øker, voltmeterutslaget avtar.
- (B) Amperemeterutslaget avtar, voltmeterutslaget øker.
- (C) Amperemeterutslaget øker, voltmeterutslaget øker.
- (D) Amperemeterutslaget avtar, voltmeterutslaget avtar.

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

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

Når vi ser på de norske feilsvarene, ser vi at alternativ B og D er mest brukt. Det var det i 1995 også. Også i Nederland og Sverige er alternativ B og D er mest brukt. I begge disse alternativene avtar strømmen. Mange elever kan med andre ord ha tenkt at når det koples inn en motstand til (riktignok i parallell), må strømmen bli mindre. Det er fristende å peke på at i klasserommet er denne typen oppgave godt egnet til å kombinere med praktiske forsøk. En kan f. eks. la elevene først prøve å løse oppgaven teoretisk, og deretter la dem prøve det ut i praksis. Resultatet av forsøket vil dermed komme ut som "fasit" på oppgaven.

PA13027 Verdien av tyngdeakselerasjonen

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

Denne oppgaven er basert på eksperimentelle data, og elevene skal bruke dataene fra grafen til å bestemme en verdi for g og deretter estimere usikkerheten i målingene. Den siste delen av oppgaven ser vi ikke på her. Det følgende viser kodeskjemaet og svarfordelingen.

Koder	Svaralternativer	NOR -95	NOR -08	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig							
10	$g = 10 \text{ m/s}^2$ (9 m/s^2 til 11 m/s^2), basert på beste tilpassede linje (eller gjennomsnittet av maksimum og minimum linje) og $g = \frac{2h}{t^2}$	22	3	11	1	3	4
11	$g = 10 \text{ m/s}^2$ (9 m/s^2 til 11 m/s^2), basert på en verdi eller gjennomsnittet av to eller flere verdier. $g = \frac{2h}{t^2}$. Ingen bruk av grafen.	14	16	25	35	11	17
19	Andre riktige svar (inkludert bruk av kalkulator og regresjon)	1	1	0,4	0	0,2	0,7
Ikke riktig							
70	Som kode 10, men med regnefeil	16	4	10	0,9	7	4
71	Som kode 11, men med regnefeil	10	22	20	31	12	13
72	En linje i diagrammet og/eller en formel for g . Ingen verdi for g .	10	3	2	0,2	3	2
79	Andre gale svar	9	22	23	21	26	21
Blank		18	29	8	10	39	39

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

Det er to måter å angripe oppgaven på. En kan finne den best tilpassede linjen enten direkte på grafen eller ved hjelp av kalkulator og regresjon, eller en kan beregne verdien for g på bakgrunn av ett eller flere datapunkter på grafen. I begge tilfeller må beregningen også baseres på formelen for fritt fall

$$(h = \frac{1}{2}gt^2).$$

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

PA23082 Spesifikk varmekapasitet for vann og sand

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

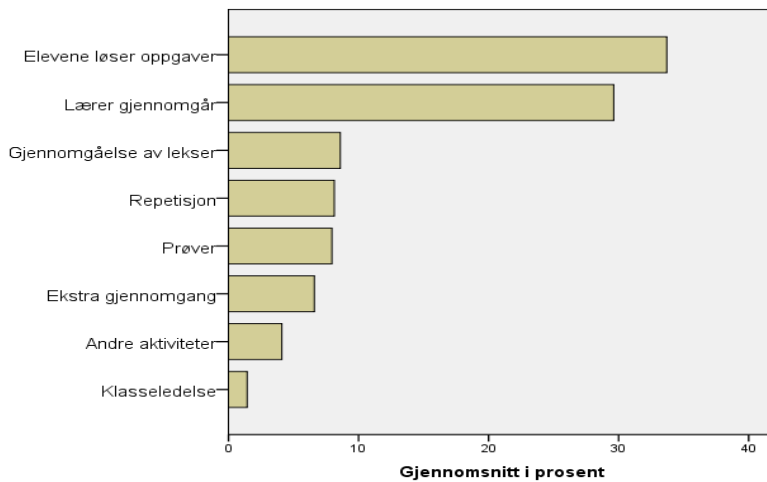
Koder	Svaralternativer	NOR	NDL	SLO	SVE	INT
Riktig						
10	Spesifikk varmekapasitet for sand er (mye) lavere enn for vann	69	74	65	50	52
Ikke riktig						
70	Spesifikk varmekapasitet for sand er høyere enn for vann	16	18	21	19	16
79	Andre gale svar	10	5	7	21	13
Blank		6	3	7	10	20

Oppgaven er kategorisert som ”resonnering”, men framstår ikke som særlig vanskelig. Men det krever tross alt at en har kjennskap til begrepet varmekapasitet, og at en forstår konsekvensene for hvordan temperaturen varierer i henholdsvis sand og vann.

Spesielt elevene fra Nederland har høy andel riktige svar, men også for flere andre land ser dette ut til å være forholdsvis enkelt. Også norske elever klarer det ganske bra.

3.10 Aktiviteter i klasserommet

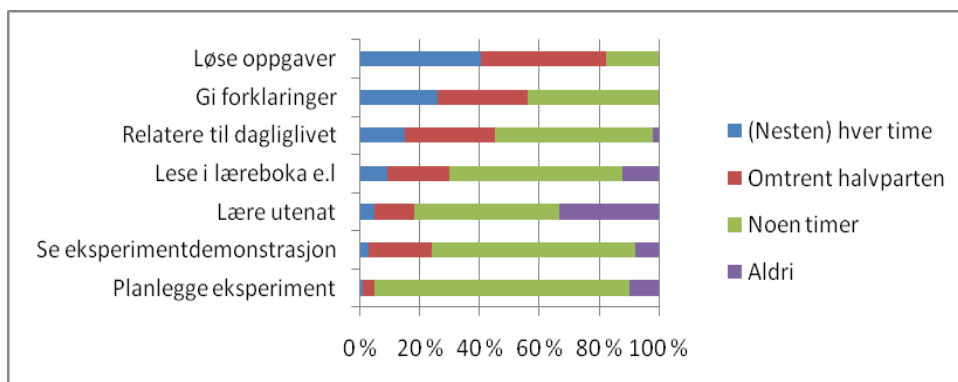
Figur 3.8 Prosentandelen av tiden som brukes til ulike aktiviteter. Lærernes svar



Spørreskjemaet til både elevene og lærerne inneholdt en rekke spørsmål knyttet til undervisningen i fysikk. Figur 3.8 viser hvordan norske fysikklærerne beskriver prosentandelen av tiden som elevene bruker på ulike aktiviteter. Det som dominerer, er at elevene løser oppgaver eller hører på at læreren gjennomgår nytt fagstoff.

Figur 3.9 viser også noe om hva norske elever gjør i timene. Her er imidlertid fokus noe mer på hva innholdet i aktivitetene er. Det slående er at det er én ting som overskygger alt annet, nemlig å bruke fysikkens lover og formler i fysikk til å løse oppgaver. De elevene som bruker mye tid på oppgaveløsning, skårer også høyere enn de som bruker mindre tid.

Figur 3.9 Hvor ofte læreren ber elevene gjøre ulike aktiviteter. Lærernes svar

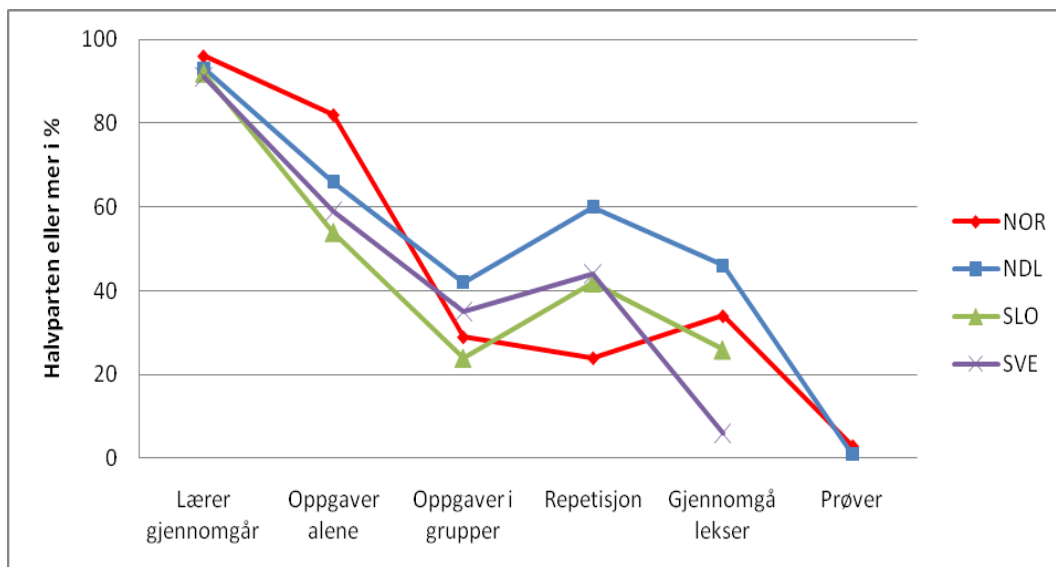


Figur 3.10 viser andelen av elevene som krysser av for aktiviteter som forekommer i minst halvparten av timene i ulike land. (Bare to av landene hadde data om "prøver".) Fra figuren ser vi at i alle disse landene bruker lærerne mye tid på å gjennomgå faglig stoff. Det ser også ut til at norske klasserom skiller seg ut på særlig to områder. Norske elever løser mer oppgaver alene enn i de andre landene, og det foregår mindre repetisjon. Vi legger også merke til at i Nederland brukes det betydelig mer tid til repetisjon enn i de andre landene, og spesielt stor er forskjellen mellom Nederland og Norge.

Dette bildet kan karakteriseres ved at det foregår en tradisjonell undervisning med vekt på at læreren gjennomgår faglig stoff og elevene bruker mye tid på å løse oppgaver, særlig på egen hånd. Det

foregår selvsagt andre aktiviteter i fysikktimene, men i mindre grad. Det er også et tankekors at disse tradisjonelle undervisningsformene ser ut til å ha positiv sammenheng med prestasjoner på hele testen.

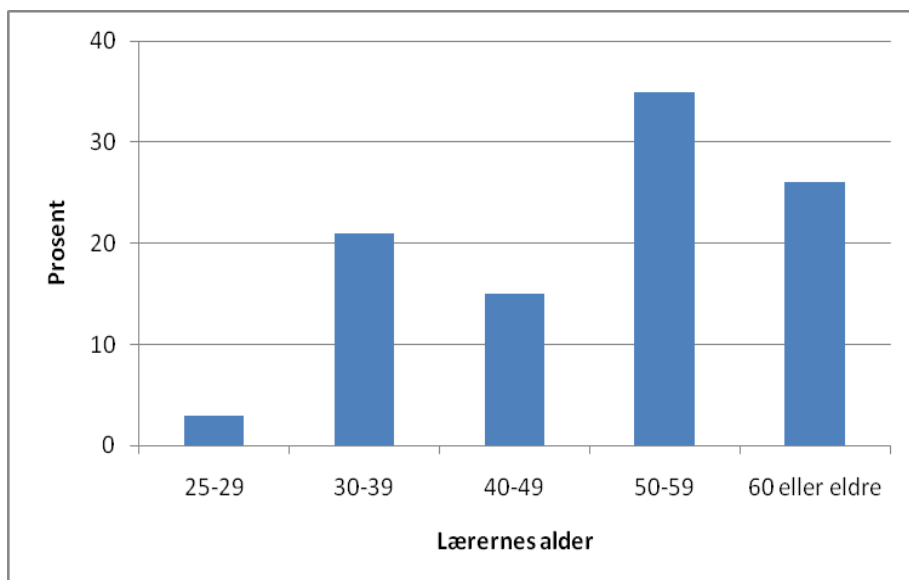
Figur 3.10 Andelen av elevene som krysser av for omtrent halvparten av timene eller hver eller nesten hver time (Bare to av landene hadde data om "prøver")



3.11 Hvem er fysikklærerne?

Figur 3.11 viser de norske lærernes aldersfordeling. Det er mange fysikklærere i den øvre aldersgruppen. 61 prosent er 50 år eller mer, og 26 prosent er 60 eller mer. At så mange av fysikklærerne er over 60 år, betyr at forholdsvis mange vil gå av i de nærmeste årene. Samtidig ser vi at rekrutteringen blant de yngre ikke på langt nær er tilstrekkelig til å dekke avgangen.

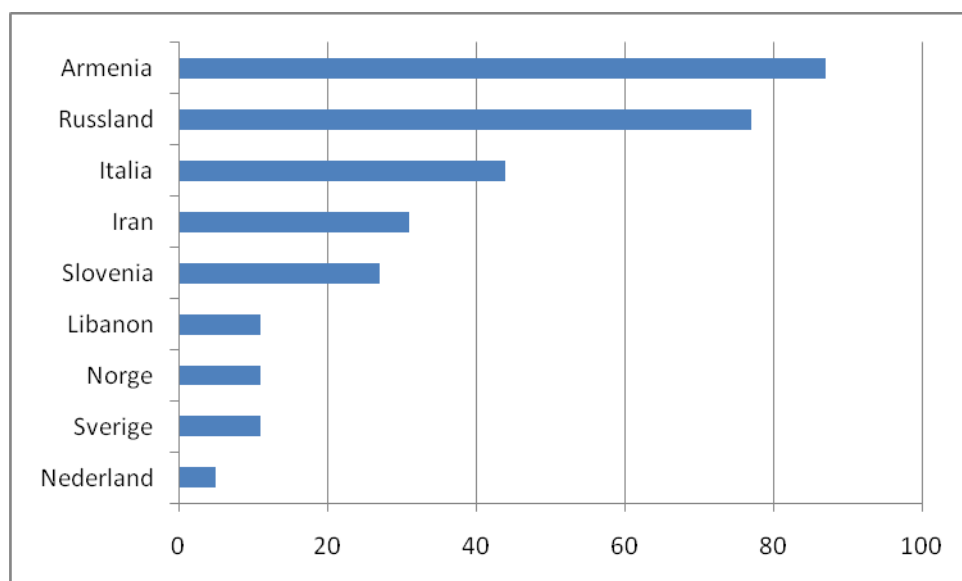
Figur 3.11 Lærernes aldersfordeling



Kjønnsfordelingen blant fysikklærerne er vist på figur 3.12. Søylene viser prosentandel kvinnelige lærere, og her er det oppsiktsvekkende forskjeller mellom land. Det er bare i Italia at det er en rimelig

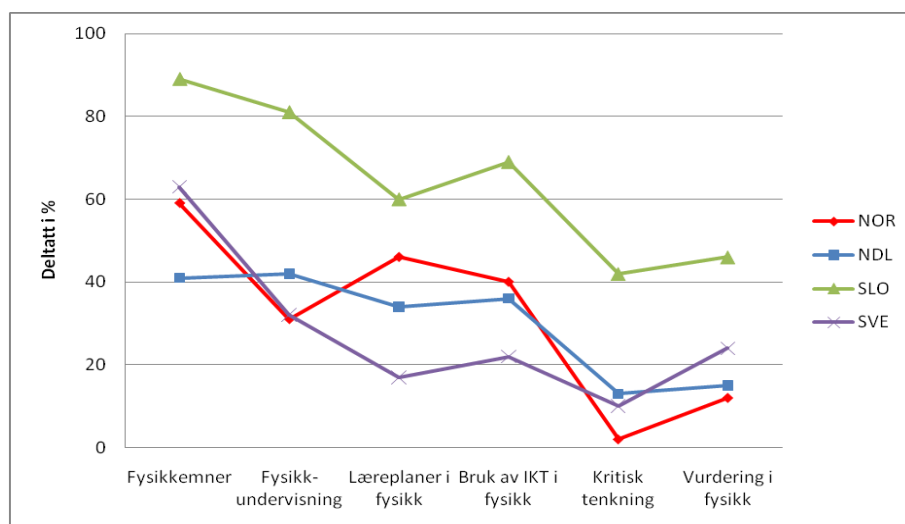
jevn balanse. På den annen side er det verdt å minne om at disse forskjellene mellom land på ingen måte speiler kjønnsfordelingen blant elevene.

Figur 3.12 *Kjønnsfordelingen blant fysikklærerne*



Lærerne ble spurt om, og innenfor hvilke områder, de hadde deltatt i etterutdanningskurs i løpet av de to siste årene, se figur 3.13. Slovenia skiller seg meget klart ut ved at lærerne der i langt større grad deltar i etterutdanning enn i de andre landene, og det gjelder for alle områdene som var listet opp. Vi kan for eksempel legge merke til at nesten ingen i Norge, og få i Nederland og Sverige, har deltatt i etterutdanning som handler om ”forbedring av elevenes kritiske tenkning eller problemløsningsevne”, mens 40 % av lærerne i Slovenia svarer at de har det.

Figur 3.13 *Andel av lærerne som har deltatt i etterutdanning innen ulike områder de to siste årene*

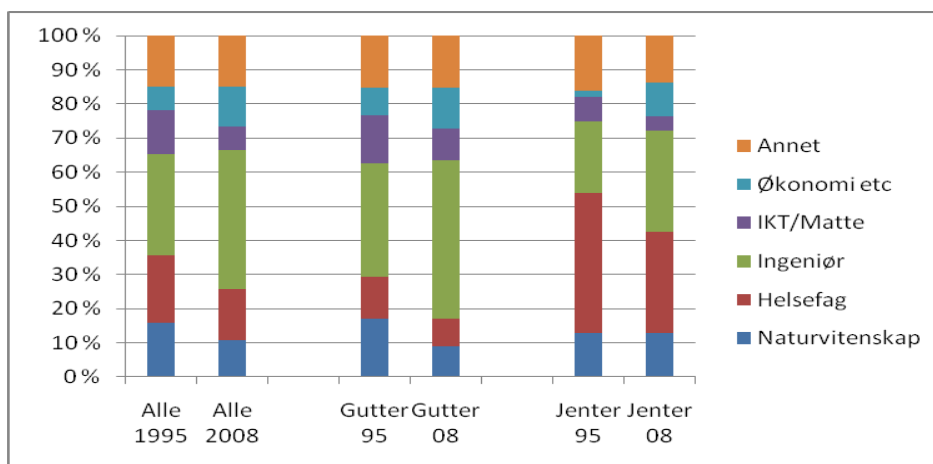


Vi ser av figuren at norske fysikklærere deltar forholdsvis hyppig i etterutdanning, og at det er fysikkemner, altså fysikkfaglig innhold, som er mest dominerende på kursene. Ganske mange norske lærere har deltatt i etterutdanning om læreplaner i fysikk. Det kan ha sammenheng med at vi jo nylig har hatt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

3.12 Elevenes utdanningsplaner og grunner for valg av fysikk

Figur 3.14 viser hvordan elevene i Norge svarer på spørsmål om hva slags framtidig yrke de kan tenke seg. Som det framgår av figuren, er det en markert kjønnsforskjell når det gjelder yrkespreferanser, og denne forskjellen går særlig ut på at jentene prioriterer helserelaterte fag betydelig høyere og ingeniør/tekniske fag betydelig lavere enn guttene gjør.

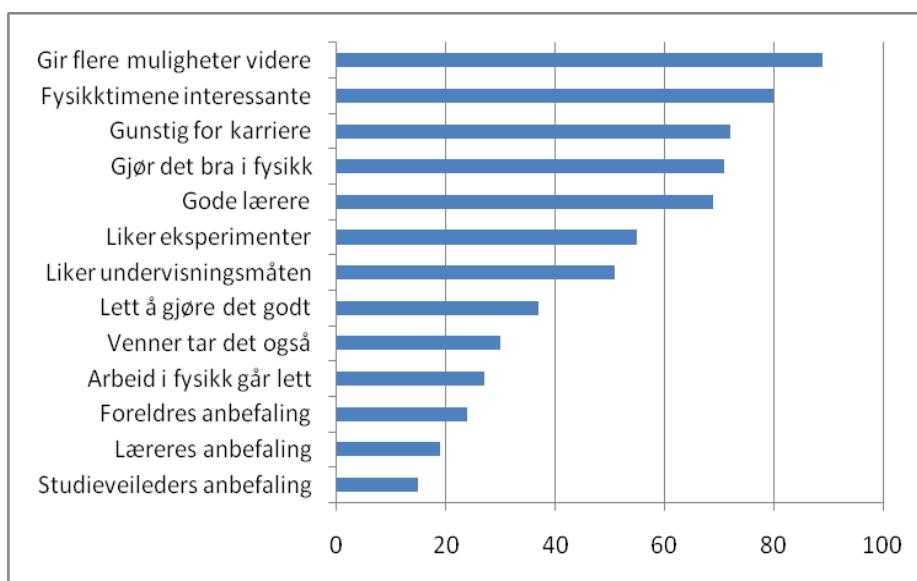
Figur 3.14 Utdanningspreferanser i 1995 og 2008



Til venstre på figuren er hele elevgruppene sammenliknet, og de viser noen karakteristiske endringer siden 1995. Betydelig flere av fysikkelevne sikter seg nå inn på ingeniørfag, mens færre ønsker seg inn på helsefag og IKT/matematikk. Nedgangen for helsefagets vedkommende må ses i lys av at fysikk i Vg3 ikke er obligatorisk for å komme inn på medisinstudiet. Økonomi er blitt et mer populært fagområde for fysikkelevne. Det framgår videre av figuren at alle disse endringene gjelder både for gutter og jenter.

Figur 3.15 viser prosentandel av elevene som sier at den angitte grunnen var ”veldig viktig” eller ”viktig” for deres valg av 3FY. Noen trekk er svært tydelige på figuren. For det første har anbefalinger fra voksne eller påvirkninger fra andre elever gjennomgående veldig lave tall. Derimot er det noen trekk som naturlig nok preger de viktige grunnene til valg av fysikk, nemlig på den ene siden positiv holdning til faget og dets undervisningsmetoder, og på den annen side mulighetene som faget gir når det gjelder yrkesvalg videre.

Figur 3.15 Prosentandel av elevene som sier at den angitte grunnen var ”veldig viktig” eller ”viktig” for deres valg av 3FY



3.13 Hva kjennetegner skoler og elever som skårer høyt?

Vi har gjennomført analyser av sammenhenger mellom fysikkskår og andre karakteristiske trekk ved elever, lærere og skoler. Noen hovedfunn er gjengitt nedenfor.

Elever som skårer høyt, kjennetegnes ved å:

- være gutt i majoritetsgruppen
- ha mange bøker hjemme og høyt utdannede foreldre
- ikke bruke mye tid til betalt jobb utenom skolen
- ha positiv holdning til faget og undervisningen samt høy selvoppfatning i faget
- se fram til realfagrelatert utdanning og yrke

Skoler som skårer høyt kjennetegnes ved å:

- ha erfarne fysikklærere, som:
 - bruker betydelig tid på gjennomgang av hjemmearbeid (lekser)
 - og tilsvarende lite tid på elevenes gruppevise samarbeid med oppgaver
 - legger vekt på å gi elevene betydelige utfordringer av typen forklaringer og begrunnelser i sine besvarelser
- ha et skoleklima der skolen prioriteres foran betalt jobb