



9. Et kritisk og konstruktivt blikk på naturfaget i norsk skole

Førsteforfattere: Trude Nilsen og Merethe Frøyland

Medforfattere: Ellen Karoline Henriksen, Stein Dankert Kolstø, Doris Jorde, Majken Korsager, Erik Knain, Marianne Ødegaard, Nani Teig, Fredrik Jensen, Marit Kjærnsli, Berit Bungum, Marianne Løken, Matthias Gregor Stadler

Sammendrag Dette kapitlet retter et kritisk, men konstruktivt blikk på naturfag, og foretar en gjennomgang av naturfag og naturfagdidaktikk innen forskning og i praksis. Kapitlet starter med å beskrive og diskutere naturfagets kjennetegn, verdi og relevans. Her kastes det lys på hva som er fagets og naturvitenskapens egenart, og hvorfor og hvordan naturfag er verdifullt og relevant. Videre beskrives og diskuteres naturfag på tre nivåer eller fra tre perspektiver: 1) på system- og politikknivå (antall timer til naturfag, realfagssatsing og læreplan), 2) på lærernivå (læreres kompetanse, etterutdanning og undervisning) og 3) på elevnivå (elevers kompetanse og motivasjon). Innen hvert av disse nivåene beskrives først tilstanden og hvordan gunstige betingelser ville ha vært (f.eks. hva kjennetegner god undervisning), og deretter diskuteres utfordringer og muligheter. Kapitlet avsluttes med en oppsummering og diskusjon av veien videre.

Nøkkelord naturfagdidaktikk | læreres kompetanse og undervisningskvalitet og -kvantitet | utforskende arbeidsmåter | naturfaglig diskurs og argumentasjon | representasjoner og modeller

Abstract This chapter provides on a critical but constructive view of science and undertakes a review of science and science education in research and practice. The chapter begins by describing and discussing the nature of science, as well as its value and relevance. Light is shed on what constitutes the nature of science in general and the nature of the school subject, and why and how science is valuable and relevant. Further, science is described and discussed at three levels or from three perspectives: 1) at the system and policy level (number of hours for science, strategies for promoting science, and curriculum), 2) at the teacher level (teachers' competence, professional development, and instruction) and 3) at the student level (students' competence and motivation). Within each of these levels, the condition

and how optimal conditions would be are described first (e.g., what characterizes good teaching), and then challenges and possibilities are discussed. The chapter concludes with a summary and discussion of the way forward.

Keywords science education | teachers' competence and instructional quality and quantity | inquiry | science discourse and argumentation | representations and models

9.1 INTRODUKSJON OG KORT SAMMENDRAG AV KAPITLENE

Elevenes læringsutbytte i naturfag har hatt en nedgang i både PISA og TIMSS på ungdomstrinnet, og avstanden til de øvrige nordiske landene har blitt enda større. De foregående kapitlene i denne antologien har belyst elevers læringsutbytte og motivasjon i naturfag ved å benytte TIMSS-data. I dette kapitlet benyttes et bredere perspektiv, og litteratur, teorier og data fra forskjellige prosjekter og tradisjoner blir diskutert. Forfatterne i dette kapitlet er alle naturfagdidaktikere fra forskjellige prosjekter, forskjellige universiteter og tradisjoner, med både kvantitativ og kvalitativ erfaring når det gjelder forskningsmetoder, og med både praktiske og teoretiske bakgrunner. Kapitlet søker å belyse naturfag fra flere forskjellige perspektiver, fra praktiske og yrkesnære tilnærminger, til teoretiske og allmennfaglige tilnærminger. Kapitlet er skrevet for forskere, politikere innen utdanning, lærere, lærerutdannere og studenter.

De tidligere kapitlene i denne antologien utgjør en del av et større bilde, og blir her kort oppsummert før de settes inn i den store sammenhengen i resten av kapitlet.

Sammendrag av tidligere kapitler. I introduksjonskapitlet blir det redegjort for bakgrunnen for boka, og det beskrives hva TIMSS-undersøkelsen er og hvilke resultater TIMSS 2019 ga. Videre begrunnes kapitlene i litteraturen for naturfagdidaktikk, samt i funn fra TIMSS. Til slutt beskrives strukturen og kapitlene i boka.

Kapittel 2, «Elevenes muligheter til å lære», handler om tre læreplannivåer: *den intenderte* (altså hva elevene skal lære), *den implementerte* (altså hva lærerne underviser, OTL) og *den oppnådde* (elevers prestasjoner). Resultatene viser god overensstemmelse mellom norsk læreplan og TIMSS' rammeverk, og mellom nedgang i prestasjoner og elevenes muligheter til å lære fra 2015 til 2019.

I kapittel 3, «Gir utforskende arbeidsmåter i naturfag bedre læringsutbytte?», måles utforskende arbeidsmåter ved elevspørreskjema, og resultatene viser en sterk sammenheng mellom utforskende arbeidsmåter og motivasjon for naturfag

og en middels sterk sammenheng mellom utforskende arbeidsmåter og faglige prestasjoner.

I kapittel 4, «TIMSS 2019: Hverdagsspråk og naturfaglig diskurs i elevens svar på åpne oppgaver», undersøkes det i hvilken grad elevene evner å argumentere naturfaglig på TIMSS-oppgaver som krever at elevene resonnerer. Resultatene viser at en forholdsvis stor andel av elevene på 9. trinn benytter hverdagsforestillinger framfor faglig diskurs.

Kapittel 5, «Norske 9.-trinnslevers motivasjon for naturfag og matematikk – en latent profilanalyse av TIMSS 2019», grupperer elevene i seks motivasjonsprofiler. Resultatene viser blant annet at det er større sannsynlighet for at det er flere gutter som tilhører den «optimale» profilen, «matematikkprofilen» og «naturfagsprofilen» enn det er i den såkalte «passive» profilen (denne gruppen rapporterer om den laveste selvtiliten og den laveste indre og ytre motivasjonen for både naturfag og matematikk). I tillegg viste resultatene at elever med innvandrerbakgrunn har stor sannsynlighet for å høre til i profilen som fikk merkelappen «verdsetter realfag». Med tanke på prestasjoner ble det funnet store forskjeller mellom profilenes matematikkprestasjoner, men ikke for naturfagprestasjonene.

Kapittel 6, «Skolemiljø, motivasjon og naturfagprestasjoner fra TIMSS 2015 til TIMSS 2019», undersøker om endringer i elevers motivasjon for naturfag og skolemiljø (trygghet, læringsfokus, psykososialt og fysisk miljø) kan forklare nedgangen i naturfagprestasjoner på 9. trinn fra TIMSS 2015 til 2019. Resultatene viser at skolemiljøet kan forklare en del av nedgangen i elevers motivasjon for naturfag, og at både skolemiljø og motivasjon er med på å forklare noe av nedgangen i elevenes prestasjoner.

Kapittel 7, «Språk i hjemmet og naturfagprestasjoner fra TIMSS 2015 til TIMSS 2019», undersøker om endringer i hvor ofte elevene snakker norsk hjemme kan forklare nedgangen i naturfagprestasjoner. Resultatet viser at språk forklarer noe av nedgangen i naturfagprestasjoner.

Kapittel 8, «Lærerkompetanse, undervisningskvalitet og naturfagprestasjoner fra TIMSS 2015 til TIMSS 2019», undersøker hvorvidt endringer i lærernes kompetanse, undervisningskvalitet og elevsammensetning i klasser i Norge kan forklare nedgangen i naturfagprestasjoner på 9. trinn fra TIMSS 2015 til 2019. Resultatene viser at lærerne har vært med på å motvirke nedgangen i naturfagprestasjoner, mens elevfaktorer som begrenser undervisningskvaliteten (f.eks. at elevene mangler kunnskaper eller ferdigheter, ikke har et sunt kosthold eller ikke får nok søvn), kan forklare noe av nedgangen.

9.2 NATURFAGETS EGENART, VERDI OG RELEVANS

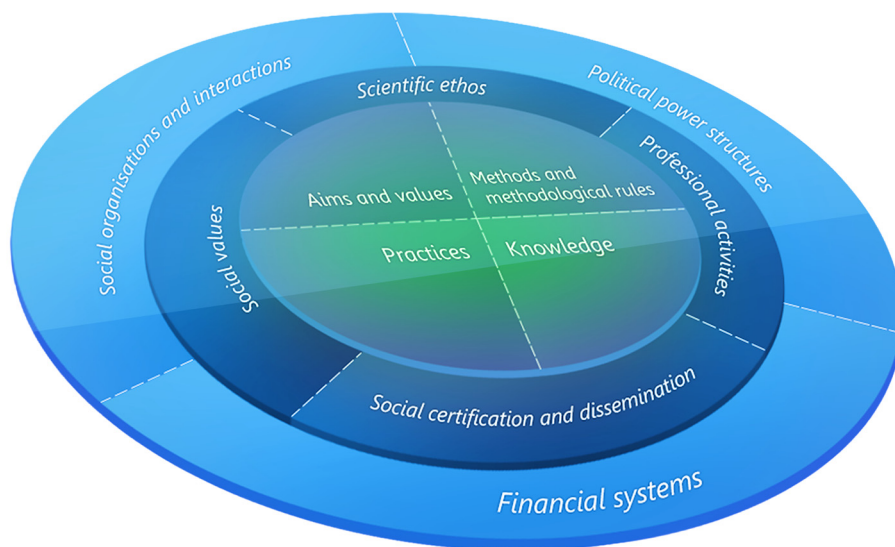
Naturvitenskap er tett forbundet med hvordan vi lever. Naturvitenskapelige og teknologiske innsikter påvirker hva vi arbeider med, hvordan vi arbeider, hvordan vi tar vare på egen og andres helse, hva vi fyller tiden vår med, og hvordan vi kommuniserer. Naturfag er skolens versjon av naturvitenskapene, med innhold fra flere forskjellige fagfelt som fysikk, kjemi, biologi, geofag og teknologi. Men naturfag er først og fremst et verdifullt, relevant og nyttig fag. Her skisserer vi kort hvorfor ved først å presentere naturvitenskapenes egenart, deretter trekke fram relevansen og verdien av naturfag, og til slutt oppsummere hvordan dette passer inn i norsk skole.

9.2.1 Naturvitenskapenes egenart

Det er viktig å skille mellom naturvitenskapenes egenart (*Nature of Science, NOS*) og egenarten til naturfagene i skolen. Egenarten til naturfagene i skolen handler om hva som kjennetegner skolefagene, og blir drøftet nærmere i kapittel 2.3, mens *Nature of Science* (NOS) handler om hva naturvitenskapelig kunnskap er, og hvordan det blir til. Erduran, Kaya, Cullinane, Imren og Kaya (2020) har framsatt en modell som oppsummerer likhetstrekkene til alle naturvitenskapenes egenart, fysikk, kjemi, biologi, geofag og teknologi. Modellen er delt opp i tre nivåer illustrert som tre sirkler (se figur 9.1). Overordnet gir kjernen en beskrivelse av naturvitenskapelig kunnskap, som er et resultat av hvordan det naturvitenskapelige samfunnet arbeider og fungerer, og som igjen er avhengig av samfunnet rundt og de muligheter og begrensninger det gir.

For å gi en mer detaljert beskrivelse av modellen består den innerste delen av hjulmodellen, altså kjernen av naturvitenskapene, av vitenskapelig kunnskap, metoder brukt for å frambringe denne kunnskapen, praksiser for å validere kunnskapen, og mål og verdier benyttet underveis (f.eks. nøyaktighet). Denne kjernen blir påvirket av vitenskapenes og samfunnets normer og verdier, kommunikasjon med omverdenen via formidling, og aktiviteter forskere er med på. Både disse elementene, samt kjernen, blir påvirket av ytre faktorer (den ytterste ringen), som finansielle, politiske og organisatoriske faktorer.

På et vis er intensjonen med naturfag i skolen å speile naturvitenskapen, men i virkeligheten er dette ikke mulig. Naturfag blir derfor presentert til barn og unge i en progresjon som er passende for deres alder og nivå av forståelse. Naturfag i skolen har et dobbelt mål, en grunnleggende kompetanse og forståelse for naturfag for alle, og rekruttering til videre studier innen naturvitenskap.



Figur 9.1 Erdurans modell av naturvitenskapenes egenart (Erduran, Kaya, Cullinane, Imren & Kaya, 2020).

Hjulmodellen illustrerer hva naturvitenskapene har til felles, men det er også viktig å få fram at hver av fagene har sine tradisjoner og sin egenart. Teknologi skiller seg fra de andre fagene ved at teknologi søker å løse problemer, mens de fire andre naturfagene søker å forstå og forklare fenomener. For eksempel er teknologi ofte opptatt av *om* en ting virker eller ikke, mens i de andre fagene er man opptatt av *hvorfor* det virker eller ikke. I mange sammenhenger henger teknologi tett sammen med de andre fagene. For eksempel er det ofte slik at teknologiske framskritt (som mikroskopet) fører til framskritt i naturvitenskapen, og vice versa.

Innen fysikk, kjemi, biologi og geofag finnes det også store variasjoner i hvordan vitenskapelig arbeid drives. Noen ganger drives forskningen ved hjelp av hypotese-testing, andre ganger drives den av å beskrive eller måle fenomener. Noen ganger produseres data ved hjelp av eksperimenter der variablene endres, mens andre ganger, som ofte i astrofysikk, består dataene av observasjoner som ikke manipuleres (Brandon, 1994).

For å forstå naturvitenskapelig kunnskap og hvordan kunnskapen blir til, og ikke minst opparbeide kritisk ferdighet er det viktig at elever har kjennskap til naturvitenskapenes egenart.

9.2.2 Verdien og relevansen av naturfag

På grunn av sin lange tradisjon og ikke minst relevans for samfunnsutviklingen har naturfaget en svært viktig rolle i skolen og i utviklingen av elevers allmenndannelse.

Vi trenger naturvitenskapelig og teknologisk kunnskap for å løse framtidige utfordringer knyttet til klima, miljø, helse, pandemier og for å kunne skape bærekraftig utvikling. Samtidig kan ikke disse temaene belyses ved kun ett fag, de må belyses fra flere fag, som for eksempel samfunnsfag, filosofi og matematikk. Mye av samfunnsutviklingen er derfor avhengig av naturvitenskapelig kunnskap, men ofte sett i sammenheng med andre fag. Sentrale emner i den nye læreplanen (LK20) er oppsummert i tre tverrfaglige temaer: *bærekraftig utvikling*, *folkehelse og livsmestring* og *demokrati og medborgerskap* (Utdanningsdirektoratet, 2019). Naturfaget gir viktige bidrag til alle disse tre temaene. Her beskriver vi kort hvordan og hvorfor naturfag er relevant generelt sett.

Bærekraftig utvikling. Bærekraftskrisen er en stor utfordring for naturfagene, både som skolefag og som del av skolen som institusjon. Advarslene fra forskersamfunnet blir stadig sterkere (UNEP, 2021). Vi har som samfunn et forholdsvis smalt og raskt krympende vindu for å gjøre dyptgripende og omfattende endringer, lokalt og globalt, og på alle samfunnsområder for å unngå katastrofale klimaendringer og kritisk svikt i viktige økosystemtjenester. Samtidig vil klimaendringene som allerede er i gang, føre oss inn i en framtid som er mer preget av usikkerhet, risiko og store utfordringer med tilpasning og omstilling. Ytterligere kompleksitet vil ligge i hvordan utfordringene forstås og tolkes i lys av grunnleggende syn på natur og samfunn, normer og verdier (Stoknes, 2019). Både problemene selv, hvordan de sees på, og løsninger på dem vil både romme og være årsak til interessekonflikter. Hva er viktige kompetanser i en verden som er i rask endring?

Naturfagene står slett ikke på bar bakke. Forskning på «socio-scientific issues» med vekt på hvordan elever håndterer komplekse og dagsaktuelle spørsmål med et naturvitenskapelig islett, har gitt ulike rammeverk for å analysere både naturvitenskapens egenart (Kolstø, 2001) og elevers læringsprosesser (Sadler, 2011). Utforskende arbeidsmåter er også godt egnet til å arbeide med mer komplekse og åpne problemstillinger (Knain, 2019). Det finnes flere mer generiske kompetanserammeverk som kan relateres til naturfag. Kompetanser som ofte går igjen, er: forstå og vurdere systemer, strategiske vurderinger om framtiden, reflektere over verdier og normer, kunne samarbeide og delta i fellesskap, og kritisk tenkning (Leicht, Heiss & Byun, 2018; Sinnes, 2015).

EU-prosjektet Science Education for Action and Engagement towards Sustainability (SEAS) (www.seas.uio.no) utvikler teoretiske og metodiske ressurser for å støtte samarbeid mellom skoler og ulike organisasjoner, lokale myndigheter,

bedrifter og forskere om å skape endring i lokale bærekraftsspørsmål, og gjennom det utvikle handlingskompetanse og anvende ulike kunnskapsressurser. Prosjektet består av seks skolenettverk i ulike europeiske land, og selv om naturfag er et sentralt fag, er prosjektene utpreget tverrfaglige.

Et annet prosjekt er Den naturlige skolesekken (DNS, <https://www.naturesekken.no/>) som gir lærere kompetanse i å undervise og designe tverrfaglig undervisning innen bærekraftig utvikling (se delkapittel 3.1.1.).

Folkehelse og livsmestring. Helse er den viktigste verdien for enkeltpersoner og samfunn, og alle bør derfor tilegne seg kunnskap, ferdigheter og positive holdninger til fysisk og psykisk helse. Høy helsekompetanse i befolkningen har blitt enda viktigere under covid-19-pandemien. Mange trenger å finne pålitelig helseinformasjon, forstå myndighetenes anbefalinger og tiltak og vite hva de skal gjøre for å beskytte seg selv og andre. Helsekompetanse er nøkkelen til å finne, forstå, vurdere og bruke helseinformasjon for å kunne ta kunnskapsbaserte beslutninger om egen helse (Sørensen et al., 2012). Dette gjelder informerte helsebeslutninger knyttet til livsstilsvalg, sykdomsforebyggende tiltak (f.eks. smittevern, vaksiner og bruk av antibiotika) samt egenmestring av sykdom. Naturfag skal bidra til å styrke elevenes helsekompetanse og oppmuntre dem til å foreta og opprettholde sunne valg gjennom hele livet. God helse fører til økt livskvalitet som gjør det mulig for mange å ta en aktiv rolle i samfunnet. En sunn befolkning er også samfunnets viktigste kapital for en stabil økonomisk utvikling.

Demokrati og medborgerskap. Et demokrati bygger blant annet på at alle medborgere skal ha innflytelse på samfunnet. Det er viktig å kunne delta aktivt og være med på å forme samfunnet rundt seg. Faktorene beskrevet over, handlingskompetanse, innbefattet kritisk tenkning i forhold til klima og miljø og helse, kunnskap om teknologi og praktiske ferdigheter, er kompetanser som er viktige for elevene å ha for å kunne bidra til morgendagens samfunn, for å klare seg i dette samfunnet og ta informerte valg, og for å kunne påvirke det. Et samfunn med medborgere som tror at jorda er flat, eller at klimaendringer ikke er menneskeskapt, er ikke et bærekraftig samfunn.

En internasjonal undersøkelse som måler demokratiforståelse, kunnskap og engasjement blant 9.-klassinger (International Civic and Citizenship Education Study, ICCS) fant at norske elever skåret høyt på kunnskap om og forståelse for hvordan demokratiet fungerer i teori og praksis, sammenlignet med det internasjonale gjennomsnittet (Huang et al., 2017).

I tillegg til disse tre tverrfaglige temaene er det andre temaer som karakteriserer kjernen av naturfag, og som bidrar til å gjøre naturfag relevant og verdifullt. Disse beskrives i det følgende.

Kritisk, vitenskapelig tankegang. Vi lever i en tid hvor folk trekker vitenskapelige fakta i tvil, for eksempel tviler en del mennesker på vaksiner, på klimaendringer og til og med på hvorvidt jorden er rund. Dette tyder på at mange har liten kunnskap om vitenskapelige prosesser, om hvordan teorier testes, og om hva som skal til for å frambringe ny kunnskap. Da er det lett å falle for såkalte «fake news». Det er derfor viktig at elever lærer kritisk tankegang. Naturfag er en naturlig arena for å trene på *kritisk tenkning* og *kreativt samarbeid*. Disse er viktige elementer i «21st century skills», altså kompetanser man antar er viktige i det 21. århundre, og som gjerne framheves som viktige for utdanningen i årene framover (Griffin & Care, 2014). Faget er derfor høyst relevant for elevene, og for de andre fagene.

Gjennom utforskende arbeidsmåte får elevene trening i å utvikle forslag til forklaring av observasjoner de gjør. Like viktig er det at de får erfaring med at slike forslag må testes mot ny empiri og mot andres forslag og argumenter. I slike prosesser blir forslag forbedret, og kvaliteten til argumenter blir kritisk vurdert. Gjennom lærerledede diskusjoner i grupper og i klassen kan elevene få erfaring med diskusjon der målet ikke er å vinne debatten, men sammen å finne ut hvilke argumenter og konklusjoner som har best støtte (Bailin & Battersby, 2016). Ved sammen å reflektere over slike erfaringer kan de bli kjent med verdien av å kritisk vurdere påstander i lys av empiri og argument.

I arbeid med prosjekter knyttet til samfunnsrelaterte tverrfaglige tema i læreplanen kan elevene få trening i å bruke sine nye innsikter om kritisk vurdering i møte med påstander i ulike medier og i møte med medelevers argumenter. I mange samfunnsaktuelle problemstillinger kreves det naturfaglig kunnskap for å forstå og vurdere argumenter. Koronaepidemien har også eksemplifisert at innsikt i naturvitenskapens egenart kan være viktig for kritisk vurdering basert på forståelse av vitenskapelig kunnskapsutvikling, for eksempel innsikt i hvordan vitenskap håndterer usikkerhet, og forskjellen mellom enkeltstudier og konsensuell kunnskap.

Praktisk kunnskap og teknologi. Teknologi hører naturlig hjemme i naturfaget, og er i LK20 et eget kjerneelement. For moderne teknologi og naturvitenskap er skillelinjene uklare fordi mye av vår moderne teknologi ikke hadde vært mulig uten sitt grunnlag i naturvitenskap, og motsatt. Likevel har teknologi sine egne kunnskapsstrukturer som elevene bør bli kjent med som del av faget. Det er ikke slik at man basert på utelukkende vitenskapelig kunnskap kan skape og bruke teknologi: Man kan for eksempel ikke bygge et fungerende vannkraftverk kun med kunnskap om Faradays induksjonslov, eller genmodifisere tomater bare ved å lese tykke bøker om cellebiologi og artikler om tomaters DNA. Utvikling og bruk av teknologi er i sin natur praktisk og sammensatt, og trekker på mange ulike kunn-

skapstradisjoner. I tråd med dette defineres teknologiske praksiser parallelt med naturvitenskapelige praksiser (Bybee, 2011; Crawford, 2014). Den underliggende logikken som skiller disse, er teknologiens formål om å løse praktiske problemer, mens naturvitenskapens formål er å besvare spørsmål om naturlige fenomener. I undervisningen om teknologi som del av naturfaget bør elevene derfor få erfaring med å arbeide praktisk med alle aspekter av teknologi, bli kjent med teknologiske begreper og bruk av verktøy. De bør få utvikle egne løsninger som fyller gitte formål, ikke bare som demonstrasjoner av naturvitenskapelige prinsipper. Dette kan gi dem glede over å skape noe, erfaringer som inspirerer til å velge teknologiske utdanninger og yrker, respekt for praktisk arbeid og innsikt i at all teknologi er menneskeskapt, noe som innebærer at noen har gjort valg på brukernes vegne. Dette er også viktig i et demokratiperspektiv.

Utforskende arbeidsmåter. Generelt er det viktig for elevene å lære seg utforskende arbeidsmåter da dette er nyttig i andre fag og i videre studier og yrkesliv. Gjennom utforskende arbeidsmåter lærer elever ulike kompetanser som reflekterer selve kjernen i all vitenskap. Ifølge Rönnebeck, Bernholt og Ropohl (2016) er disse kompetansene knyttet til forberedelsesfasen (formulere forsknings-spørsmål og hypoteser, søke etter informasjon), gjennomføringsfasen (planlegge og gjennomføre forsøk, analysere, tolke og vurdere data) og forklarings- og evalueringsfasen (konstruere modeller, utvikle naturfaglige forklaringer og delta i argumentasjon og resonnering). I tillegg er kommunikasjon en overordnet kompetanse som er essensiell for å støtte alle disse tre fasene. Det er dog viktig å poengtere at elever også kan jobbe utforskende ved, for eksempel, å søke opp kilder til kunnskap og sammenstille disse – eller jobbe med datasett som andre har gjort tilgjengelige (dette er ikke minst aktuelt i forbindelse med programmering og modellering).

Motivasjon. Naturfag er ikke bare et verdifullt og nyttig fag for elevenes læring, de kan også ha glede av det. Interesse, glede og motivasjon for naturfag er viktig både for læring i faget (Osborne, Simon & Collins, 2003) og for et eventuelt senere valg av naturfagrelatert utdanning og yrke (se f.eks. Bøe, 2012; Krapp & Prenzel, 2011). Morgendagens samfunn er avhengig av at en del elever velger en slik retning, blant annet i møte med utfordringer knyttet til bærekraft og klimaendringer. Naturfaget kan også bidra til naturglede og fasinasjon for sammenhenger i naturen, og er på den måten viktig for engasjement for å bevare naturen og forståelse for miljøpolitikk (for mer om motivasjon, se kapittel 5 og delkapittel 9.5).

9.2.3 Naturfaget i skolen

Naturfagets mål og innhold

Naturfag er basert på eldgamle vitenskapsdisipliner, og som skolefag har naturfaget en sterk integritet. Naturfag har vært til stede i norsk skole siden siste halvdel av 1800-tallet (Sjøberg, 2009). Begrunnelsen for, og målene med, naturfaget i skolen har vekslet gjennom tidene. På 1800-tallet lå vekten på praktisk kunnskap om jordbruk og om helse, mens dagens læreplan, LK20, setter søkelys på bærekraftig utvikling, demokratisk medborgerskap, tverrfaglighet og kritisk tenkning – verdier og ferdigheter som ofte forbindes med kompetanser for det 21. århundre (Griffin & Care, 2014; Utdanningsdirektoratet, 2019).

Begrunnelsene for naturfaget i skolen kan sorteres under to hovedargumenter: nytteargumentet og dannelsesargumentet (Eggen et al., 2015; Sjøberg, 2009). Nyttteargumentet legger vekt på naturfag som redskap for å bedre samfunnets og den enkeltes levekår og naturfag som basis for teknologi og økonomisk utvikling. Dannelsesargumentet dreier seg om mulighet for demokratisk deltakelse og velinformerte valg for enkeltindividet, og ikke minst om naturfaglig kunnskap som kilde til glede og berikelse for den enkelte ved at faget bidrar til å gjøre verden forståelig. Læreplanen LK20 omfatter begge typer mål med naturfaget, men en rimelig tolkning er at dannelsesargumentet står sterkt i gjeldende læreplan.

Naturfag har alltid vært både et teoretisk og praktisk-eksperimentelt fag, og både nåværende og tidligere læreplaner har lagt opp til at faget skal inkludere forskning og demonstrasjoner, ekskursjoner og feltarbeid. I læreplanen LK20 står utforskende arbeidsmåter helt sentralt i naturfaget, og spesielt kjerneelementet «naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter» legger vekt på naturfag som et praktisk fag. Som Biggs og Tang (2011) har påpekt, må det være samsvar mellom målene med undervisningen og de undervisningsformene og læringsaktivitetene som foregår i klasserommet. Men faggjennomgangen fra 2015 (Eggen et al., 2015) påpekte at variasjonen i arbeidsmåter i norske naturfagklasserom var begrenset, og at en del lærere nedprioriterte eksperimentelt arbeid, blant annet grunnet mangel på tid og utstyr. Også TIMSS 2015-undersøkelsen (Nilsen & Frøyland, 2016) viste at naturfagundervisningen langt oftere er preget av at lærer forklarer nytt innhold eller ber elevene forklare noe, enn av at elevene planlegger eksperimenter, samler data eller observerer og forklarer fenomener. Lignende resultater finner vi i PISA 2015 (Jensen & Kjærnsli, 2016). Her er det åpenbart behov for endring hvis målene i LK20 skal oppfylles. Spesielt kan vi merke oss at lærere trenger strategier for å støtte elever i utforskende arbeid på måter som fremmer læring. Forskning tyder på at tydelig veiledning fra læreren er viktig for at elever skal ha godt læringsutbytte av utforskende arbeid i naturfag (Aditomo & Klieme, 2020; Zhang & Cobern,

2020). Den norske naturfaglæreplanens vektlegging av utforskende arbeidsmåter krever tilstrekkelig tid, og den krever lærere som har kompetanse i å veilede elevene på fruktbare måter i det utforskende arbeidet (se delkapittel 9.4).

Læreplanen LK20 legger opp til at elever ikke bare skal kunne gjengi fakta og teorier, men også anvende kunnskapen i komplekse og nye sammenhenger, med andre ord oppnå dybdelæring (NOU 2015; Pellegrino & Hilton, 2012). Disse perspektivene henger også sammen med søkelyset på kritisk tenkning og argumentasjon som sentrale kompetanser for det 21. århundre (OECD, 2018a), noe som framheves i overordnet del av læreplanen (Utdanningsdirektoratet, 2017).

Skolens naturfag er et rikt fag med kompetanser fra fem ulike fagfelt og deres vitenskapelige egenart. Det skal legges til rette for kritisk tenkning, kombineres med andre fagfelt og synliggjøre praksiser som er typiske for fagene. Naturfaget i skolen har med andre ord et stort oppdrag og har fått ansvar for å løse flere utfordringer. I tillegg bør elevene få oppleve glede og nytte ved dette faget. I neste avsnitt skal vi se nærmere på hvordan dette arter seg for elevenes utbytte.

Hvilke typer utbytter kan elever få i naturfag?

Læreplanen beskriver kompetansen som elever skal oppnå gjennom naturfaget. I denne kompetansen inngår både konkrete *kunnskaper* (for eksempel om cellens oppbygning eller om universets utvikling), *ferdigheter* (f.eks. å planlegge og gjennomføre forsøk og datainnsamling eller å kritisk vurdere informasjon fra ulike kilder) og *holdninger* (for eksempel motivasjon for naturfag eller ønske om å bidra til bærekraftig utvikling) (Utdanningsdirektoratet, 2019). Kunnskaper, ferdigheter og holdninger er sentrale mål for et naturfag som skal forberede elevene til videre studier og jobb, og til å delta som borgere i et demokrati. I LK 20 er ferdigheter knyttet til utforskning spesielt sterkt vektlagt og knyttet til kjerneelementet «naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter». En kombinasjon av kunnskap, ferdigheter og holdninger må til for å oppnå dybdelæring. Ifølge Mayer (2010) handler dybdelæring om at holdninger som motivasjon og tro på egne evner må ligge til grunn for å organisere kunnskap og innøve ferdigheter. Elever må altså involveres og engasjeres i egen læringsprosess for å oppnå dybdelæring. Basert på observasjoner i klasserom har Metha og Fine (2019) beskrevet tre dimensjoner som må opptre samtidig og over tid for å bygge elevens dybdeforståelse. De tre dimensjonene er: mestring (elevene lærer det faglige innholdet gjennom aktiv deltakelse, gjennom bruk av praksiser og tenkemåter som dominerer fagfeltet), identitet (for at elevene skal jobbe med det faglige på denne måten og få best utbytte av det, er det viktig at elevene er engasjert, ser verdien og relevansen av det og drives av indre motiva-

sjon) og kreativitet (elevene må få anledning til å ta i bruk den nye kunnskapen på nye og gjerne kreative måter).

For å oppnå mestring og identitet i naturfag er derfor naturvitenskapenes egenart helt sentralt. Modellen av naturvitenskapenes egenart (Erduran & Dagher, 2014; Erduran et al., 2020), beskrevet i delkapittel 9.1, er som tidligere nevnt noe forskjellig fra naturfagets egenart i skolen. Likevel, den illustrerer hvordan kunnskapsutvikling skjer, og at den utviklingen henger tett sammen med hva som skjer i samfunnet for øvrig. Dette er et perspektiv som kanskje kunne vært enda tydeligere i skolens naturfag. Kjernen av naturfagets egenart i skolen i dag inkluderer utforskende arbeidsmåter, vitenskapelig tankegang og kritisk tenkning, begrepsforståelse, faglig diskurs (altså fagspråk) og argumentasjon, modeller og forskjellige representasjoner av samme fenomen (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 2007). Det er viktig å påpeke at læring og læringsutbytte skjer når alle disse komponentene plasseres sammen i en læringssituasjon, og at en kunnskapsbase bestående av fakta, begreper og teorier ligger i bunnen.

I tillegg kjennetegnes naturfag i skolen ved at det er tverrfaglig. Denne beskrivelsen av naturfag i skolen, samt beskrivelsene ovenfor fra læreplanen, viser også at det finnes mange mulige typer utbytter elevene kan få av faget. I naturfag kan elevene få faglig utbytte i form av å ha kunnskap om, og kunne bruke, naturfaglige begreper i diskurs og argumentasjon, og de vil få muligheten til å utvikle utforskende arbeidsmåter og kritisk tankegang. Naturfag gir også elever mulighet til å utvikle forståelse for modeller og ferdigheter til å bruke dem, og de vil kunne representere fenomener på flere ulike måter.

Foruten det rent faglige utbyttet kan elevene oppleve glede og mestring ved faget (Kaarstein & Nilsen, 2018; Osborne et al., 2003). Over tid vil også motivasjon gi seg utslag i økt læringsutbytte (Bøe & Henriksen, 2013; Eccles & Wigfield, 2002; Osborne et al., 2003; Pintrich & Schunk, 2002). Faktisk er motivasjonen en drivkraft for elevens læring, særlig når eleven opplever det faglige innholdet relevant og verdt å bruke tid på (Skaalvik & Skaalvik, 2015).

Ekskursjoner i naturen kan gi mange forskjellige typer utbytte, som vilje til å beskytte natur, glede – og dybdelæring (Frøyland & Remmen, 2019). Andre ekskursjoner, som for eksempel til et museum, kan også bidra til inspirasjon og nysgjerrighet. Ved å inngå samarbeid med museet som involverer elevene i arbeidet med utstillinger eller lignende, vil de trene på kritisk tenkning og oppleve at de gjennom sin deltakelse kan bidra til å påvirke resultatene (Løken & Skåtun, 2021). Slik kan museene tilby andre tilnærminger til kritisk tenkning og dybdelæring i naturfagene. Å inngå samarbeid med aktører i nærmiljøet bidrar også til at elever får anledning til å jobbe med autentiske problemstillinger som både kan være

inspirerende og lærerike for elevene (Braund & Reiss, 2006; Frøyland & Remmen, 2019). Eksempler på slike prosjekter er Lektor2, DNS og SEAS.

For at elevene skal oppnå dybdeløring, må læreren involvere uteklasserommet i elevenes utforskende arbeid. Det betyr at klasseromsundervisning må henge sammen med uteundervisningen, og at elevene involveres i utforskende arbeid der de tar i bruk praksiser som er typiske for naturvitenskapen (Frøyland & Remmen, 2019). I museumsklasserommet kan elevene lære om og involveres i naturfaglige prosesser, som for eksempel hvordan museets samlinger behandles og forvaltes på en bærekraftig og hensynsfull måte – både av hensyn til gjenstandene og miljøet.

Enten elevene deltar i skoleklasserommet, naturklasserommet, museumsklasserommet eller andre uteklasserom, kan forsøk og utforskende tilnærminger gi variasjon og utbytte i form av praktiske ferdigheter og praktisk erfaring, teknologiske ferdigheter, samarbeidsevner, økt kompetanse innen utforskende arbeidsmåter, glede og økt motivasjon for faget, økt faglig læringsutbytte samt læring av vitenskapelig tankegang og kritisk tenkning (se f.eks. Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Generelt skal naturfaget bidra til at skolen lar elevene utvikle nysgjerrighet, skaperglede, lærelyst, kritiske holdninger og tro på egne evner. Da kan ikke faget bare bestå av faktakunnskaper og ferdige prosedyrer som elevene skal lære seg. Samtidig er det behov for et visst kunnskapsgrunnlag for å kunne være utforskende, kritisk og skapende, slik at en god balanse mellom fagets strukturerte kunnskapsinnhold og elevenes kreative aktivitet blir viktig. Dilemmaet er at slik undervisning tar mye tid, og utbyttet kan være vanskelig å måle på prøver og tester. Lærere kan derfor vegre seg for å gå i gang med større undervisningsprosjekter hvor utbyttet kan være åpenbart i klasserommet, men som kanskje ikke er like synlig i elevenes eksamensresultater. Dette dilemmaet er også viktig å ha i bakhodet når vi tolker resultater fra tester som TIMSS. Resultatene fra TIMSS, PISA og andre studier som har resultater på elevers kompetanse og holdninger til naturfag i Norge, blir beskrevet i delkapittel 9.4.1.

9.3 SYSTEMNIVÅ OG POLITIKK

I denne delen av kapitlet beskrives og diskuteres naturfag på systemnivå. Spesielt diskuteres antall timer til naturfag og elevenes muligheter til å lære, realfagssatsingen og læreplanen. Hver av disse starter med beskrivelser av status og avslutter med utfordringer og muligheter.

9.3.1 Antall timer til naturfag og elevenes muligheter til å lære

Tidligere forskning

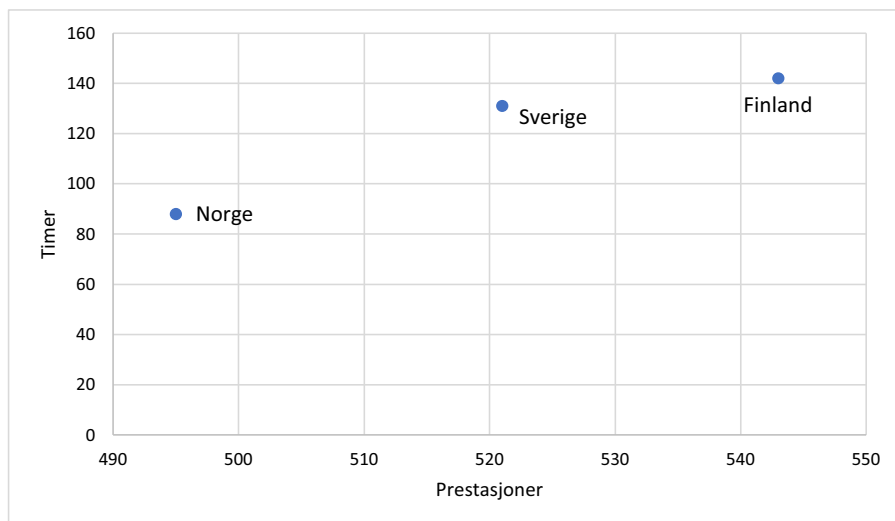
Forskning har vist at undervisningstid har sammenheng med undervisningskvaliteten og elevers læringsutbytte (Scheerens, 2016). Sammenhengen mellom undervisningstid og læringsutbytte har også blitt funnet i Norge ved bruk av TIMSS-data (Nilsen & Frøyland, 2016). Elevers muligheter til å lære er et område av forskningen som på engelsk kalles Opportunity to Learn (OTL). OTL er et bredt begrep og inkluderer blant annet tid brukt til undervisning, og hvorvidt pensumet elevene blir testet i, er dekket av læreplan og undervisning (Daus, Braeken & Nilsen, 2016; Scheerens, 2016). Tilstrekkelig med tid gir muligheter for å utføre praktisk arbeid, til utforskende metoder, til å undervise ikke bare *i* faget, men *om* faget (fagets egenart), til feltarbeid og ekskursjoner og til dybdelæring. Det gir elevene mulighet til å få stimulert sin nysgjerrighet, og det gir lærerne mulighet for å øke elevers motivasjon og glede ved faget.

Fra skoleåret 2016–2017 ble antall timer økt på 5.–7.trinn (Utdanningsdirektoratet, 2016). Resultatene i TIMSS 2019 viser at elever på 5. trinn presterer bra i naturfag, også i forhold til andre nordiske land. Hvorvidt denne økningen av antall timer har ført til gode prestasjoner, har ikke blitt undersøkt, men med støtte i tidligere forskning (Scheerens, 2016; Schmidt & Maier, 2012) er dette en plausibel forklaring.

Et annet mål på elevenes muligheter til å lære er hva elevene undervises i, altså kompetansemålene i norsk kontekst. Ikke overraskende har Scheerens (2016) og flere andre forskere funnet at dekningsgrad av pensum (altså i hvor stor grad elevene har fått mulighet til å lære det de blir vurdert i) har sammenheng med elevenes prestasjoner (for mer om dette, se kap. 2 i denne antologien).

Utfordringer og muligheter

Det er bekymringsverdig at Norge har så få timer med undervisning i naturfag (se kap.1 i denne antologien og Bergem, Kaarstein & Nilsen, 2016; Eggen et al., 2015; Kaarstein, Radišić, Lehre, Nilsen & Bergem, 2020) med tanke på at antall timer i naturfag har betydning for elevers læringsutbytte (Scheerens, 2016). Figur 9.2 viser hvor mange timer hvert av de nordiske landene som deltok i TIMSS 2019 på 9. trinn, hadde i naturfag, og elevenes prestasjoner. Norge hadde 88 timer i året med naturfagundervisning, Sverige hadde 131 og Finland 142, og det internasjonale snittet var på 137 timer (Mullis, Martin, Foy, Kelly & Fishbein, 2020). Norge ligger nesten nederst på listen av alle land, og andre land gir i gjennomsnitt mer enn 50 prosent flere timer til naturfag enn Norge (Kaarstein et al., 2020).



Figur 9.2 Antall timer til naturfag og prestasjoner på TIMSS 2019.

I den nye læreplanen er «utforskende arbeidsmåter» framtreddende. Men skal slike arbeidsmåter gi det ønskede læringsutbyttet, trengs tilstrekkelig tid (Guskey, 2000). Brukes store deler av det snau naturfagtime-budsjettet på utforskende arbeid, risikerer man at det blir for liten tid til andre sentrale læringsaktiviteter (Teig, Scherer & Nilsen, 2018). Økt vektlegging av utforskende arbeidsmåter i naturfag burde dermed vært fulgt av en økning i timetallet for at det ønskede læringsutbyttet i form av dybdeløring av naturfag skal oppnås.

Det er vanskelig for en skoleleder å prioritere et lite fag som naturfag framfor andre store fag som matematikk og norsk. Når lærere ønsker å ta etterutdanning eller være med i et skoleutviklingsprosjekt, må en skoleleder vurdere dette opp mot økonomi og hvor mye skolen sitter igjen med fra innsatsen. Det lave timetallet i naturfag kan gi signaler om at naturfag ikke er et prioritert fag, og dette kan igjen føre til at etter- og videreutdanning i naturfag for lærere ikke blir prioritert av skoleledere. Kanskje er dette årsaken til at flere naturfaglærere som ønsker etter- og videreutdanning, ikke har fått tilbud om det (Kaarstein et al., 2020). Dette ble også løftet fram i evalueringen av Realfagskommunetiltaket gjennom et sitat fra en rektor (Lødding et al., 2019, s. 99):

Vi må sette opp begrensninger, for det er noe med at vi skal drive skole også.

Dette utsagnet til rektoren peker på dilemmaet med at ulike utviklingstiltak i personalet, slik videreutdanning er, kan stå i konkurranseforhold til hva som

faktisk er skolens kjerneoppgave. Hen understreker at videreutdanning for å oppfylle kompetansekravene i norsk, matematikk og engelsk må gis prioritet.

Oppsummert er altså konsekvensene av få timer i naturfag mange: dårlige forutsetninger for god undervisning (f.eks. utforskende arbeidsmåter), elevene får dårligere muligheter for å lære, spesielt dybdelæring, og skolene prioriterer andre større fag enn naturfag til for eksempel etterutdanning. Det er derfor en sterk anbefaling at også ungdomsskolen får flere timer i naturfag.

9.3.2 Realfagssatsing

Et tilbakeblikk

Realfagssatsing har foregått i snart 20 år, og forskjellige typer strategier har blitt implementert siden starten på 2000-tallet. Målet har vært å bedre både elevs og lærers kompetanse i realfag, samt å øke rekrutteringen til fagene, fordi behovet for realfaglig arbeidskraft vil øke. Samtidig er det en bekymring for kjønnsbalansen i en del av realfagene (se f.eks. Bøe & Henriksen, 2013). Det finnes en mengde slike strategier, og flere av disse er omtalt i kapittel 1 i denne antologien, som for eksempel «Realfag, naturligvis» (2002–2007) og «Realfag for framtida» (2010–2014). Flere vitensentre har blitt opprettet som konsekvens av disse strategiene, og to nasjonale sentre som Naturfagsenteret ved Universitet i Oslo og Matematikkenteret ved NTNU ble etablert. I tillegg har flere kommuner blitt realfagskommuner.

En ekspertgruppe nedsatt av Kunnskapsdepartementet leverte en rapport i 2015 som hadde som mål å framskaffe et kunnskapsgrunnlag for en ny realfagssatsing i perioden 2015–2018: «Tett på realfag» (Bergem et al., 2015). Rapporten het «Realfag – relevante, engasjerende, attraktive, lærerike», og foreslo en strategi over 4–6 år med ni mål, der de to første handlet om å styrke realfagundervisningen og heve lærerens faglig og fagdidaktiske kompetanse, det tredje handlet om å styrke posisjonen til naturfaget og teknologi i grunnskolen, det fjerde handlet om å endre vilkårene for differensiert og tilpasset opplæring og styrke vurderingspraksis, det femte til åttende handlet om å starte tidlig, øke motivasjon og interesse, kjønnsbalanse, reduksjon av regionale forskjeller og øke gjennomføringsgraden på videregående. Det niende målet handlet om å styrke didaktisk forskning.

Dette endte opp med realfagssatsingen «Tett på realfag¹», som viste seg å bli den siste realfagssatsingen. Satsingen inkluderte flere av de foreslåtte tiltakene, som økt lærerkompetanse gjennom lærende nettverk, realfagskommuner og etter hvert nett-

1 Se <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/nasjonale-satsinger/realfagsstrategien/>.

stedet realfagsløyper.no. Begge de to tiltakene, realfagsløyper og realfagskommuner, var rettet mot både skole og barnehager fordi tidlig satsing ble trukket fram som viktig. Det ble opprettet talentsatsing og tiltak for elever med stort læringspotensial som virkemidler for å hjelpe lærere med en mer differensiert og tilpasset undervisning. I tillegg til realfagsatsingen ble det også innført en femårig lærerutdanning for å styrke læreres grunnutdanning (Kunnskapsdepartementet, 2021).

Ifølge begge evalueringene av «Tett på realfag» til NIFU (Lødding et al., 2019) har tiltak som realfagskommunetiltaket og talentsatsingen fungert forholdsvis bra. Det var særlig der satsingen ble satt i system i kommunen, at de lyktes. Realfagsatsingen har vært med på å systematisere arbeidet med realfag. Som en barnehagestyrer sier i NIFU-rapporten del 2 (s. 116):

Uten realfagsstrategien ville de vært mer avhengige av å ha personer som brenner for realfag, ettersom personene som jobber der, ofte setter preg på og påvirker hva slags barnehage det blir.

Stortinget valgte å legge ned de store satsingene fordi det ga for lite uttelling, det ble for mye «top-down»-styring og for lite «bottom-up» (Regjeringen, 2016). I stortingsmelding 21 ble det videre begrunnet med at å endre praksis kan best skje når aktørene det gjelder, både ser at de har behov for å endre praksis og ønsker det, og at de har tid til å gjennomføre endringer. Det resulterte i at man fikk en omlegging av skole- og barnehagesatsing til mer generelle satsinger, der leder og eier av skole og barnehage i samarbeid med lokalt universitet og høyskole (UH) skal definere hvilke utfordringer deres skole og barnehage ønsker å satse på. For skolene heter denne ordningen DeKom (desentralisert kompetanseutvikling), og for barnehager heter den Rekom (regional kompetanseutvikling) (Utdanningsdirektoratet, 2021a). I løpet av 2020 har det også kommet en egen ordning for spesialpedagogikk og inkluderende praksis. Med denne endringen har UH fått en særdeles viktig posisjon i og med at det blir UH som skal drive skoleutviklingen framover. Spørsmålet er om UH har den kompetansen som skal til? Og for naturfaget illustrerer dette hvor viktig det er at UH over hele landet har kompetanse til å gi naturfaget i skolen den støtten og utviklingen som er nødvendig.

I det neste delkapitlet skal vi se nærmere på utfordringene ved naturfaget.

Utfordringer og muligheter

Et problem med de satsingene som har blitt gjort, er at de i liten grad har nådd naturfag, men i all hovedsak dreid seg om matematikk. Av de fire målene i strategien «Tett på realfag» er tre rettet mot realfag generelt, mens det siste er forbeholdt

kun matematikk, slik kan man si at den siste realfagssatsingen favoriserte matematikk framfor naturfag.

I evalueringen av realfagssatsingen blir det bekreftet at for flere av aktørene ble satsingen en matematikksatsing framfor en realfagssatsing. Som eksempel kan realfagskommunetiltaket trekkes fram som et viktig tiltak i satsingen. Dette tiltaket var inspirert av et dansk prosjekt som handlet om å etablere naturfagkommuner eller science-kommuner (Lødding et al., 2019). I Norge ble dette omdøpt til realfagskommuner. Tabell 9.1 (hentet fra evalueringsrapporten fra NIFU del 2) viser at nesten en tredjedel av realfagskommunene valgte å satse kun på matematikk i skolen, mens ingen valgte å satse kun på naturfag i skolen.

Tabell 9.1 Antall kommuner som satser på matematikk, naturfag og begge fag

	Matematikk og naturfag	Bare matematikk	Bare naturfag
Skole (20 kommuner)	14	6	0
Barnehage (20 kommuner)	15	4	1
Både skole og barnehage (av 19)	12	4	0

I rapporten til NIFU – del 2 (Lødding et al., 2019) skriver de:

Selv om alle kommunene skriver at de satser på realfag, er det seks som kun satser på matematikk. En av disse kommunene begrunner dette i at skoleelevene gjør det bedre på eksamen i naturfag enn i matematikk, og at ståstedsanalysen viser at barnehagene jobbet bedre med *Natur, miljø, teknikk* enn med *Antall, rom, form*. I tillegg forteller kommunen at alle barnehagene mener at de mangler kompetanse innen matematikk. De andre kommunene som har ekskludert naturfag fra strategien, begrunner ikke sitt valg, og flere av disse kommunene nevner ikke naturfag i strategidokumentet. Det er ingen kommuner som kun satser på naturfag. (s. 61)

Videre viser evalueringen av realfagskommunetiltaket at kommunene bruker utfordringer i matematikk, som nasjonale prøver i regning og standpunktkarakter i matematikk, som argument for å søke om å få bli en realfagskommune:

Majoriteten av kommunene (14 av 21) oppgir at elevene er dårligere i realfag enn landsgjennomsnittet, stort sett eksemplifisert med resultater fra nasjonale prøver i regning og elevundersøkelsen samt standpunktkarakterer i matematikk. Primært brukes dette som hovedgrunnlag for å delta. (s. 63).

Videre er det slik at når kommunene skal formulere mål for satsingen, er det matematikk som går igjen selv om dette målet like gjerne kunne handlet om naturfag:

Elevane må lære seg å anvende matematikk på nye måtar som inneber evne til kritisk refleksjon, problemløysing og forståing. Dette vil gi dei kompetanse i å delta i eit fungerande demokrati, slik at dei kan forstå og ta stilling til presenterte fakta i ulike samanhengar som til dømes debattar om miljø, teknologi og økonomi. (s. 65)

I mange land blir naturfag ansett for å være et av de viktigste fagene, på lik linje med matematikk og språk. Dette reflekteres også i de internasjonale studiene som TIMSS og PISA. Den samme prioriteringen ser ikke ut til å gjelde i Norge. Vi har her gitt eksempler på at det som skulle være en satsing på matematikk og naturfag, i flere tilfeller har blitt en satsing på matematikk. Det er andre satsinger som støtter opp om dette, for eksempel at matematikk var med i andre nasjonale satsinger slik som «Ungdomstrinn i utvikling» (UiU). I tillegg er det tilbud om lærerspesialisering i matematikk, men ikke i naturfag (Utdanningsdirektoratet, 2021b). Matematikk har også langt flere timer enn naturfag² (fra 8. til 10 trinn har matematikk 313 timer, mens naturfag har 249), og det forventes at matematikkferdigheter (som regning og programmering) skal integreres i alle andre fag. Dette gir matematikk en helt annen tyngde innenfor skolen sammenlignet med naturfaget. Naturfagrapporten (Eggen et al., 2015) trekker også fram utfordringen med at matematikk favoriseres framfor naturfag. Nå når satsingen skal prioriteres av aktørene i skolen, er det en fare for at de vil fortsette denne praksisen fordi det er matematikkresultatene skolene blir målt på.

Mye tyder også på at skolene prioriterer matematikk når timeplaner blir lagt, for eksempel får elevene sjelden matematikk siste time på fredag. Slike prioriteringer blir ikke gjort for naturfag. Et annet eksempel er at lærere må avgi rapporter i norsk, matematikk og engelsk, men ikke i naturfag. Det handler med andre ord om at også naturfaget må synligjøres og prioriteres. I naturfagrapporten kunne de også vise at elever i stor grad fikk færre timer naturfag enn det skolen er pålagt, fordi timene ble brukt til andre ting (Eggen et al., 2015).

Matematikk har en mye sterkere posisjon i den norske skolen, hvilket vil si at det er større forventninger til matematikk i form av antall timer, ferdigheter og nasjonale prøver, og det kan derfor se ut som at det er matematikken som har tjent best på realfagssatsingen. Det ser ikke ut til at en nasjonal satsing alene vil fungere. Skal naturfag

2 Se Utdanningsdirektoratet <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/fag-og-timefordeling/>.

få et lignende utbytte som matematikken, må naturfagets posisjon i norsk skole styrkes gjennom for eksempel antall timer. Det er likevel viktig at satsingen på matematikk beholdes, og at en satsing på naturfag ikke går på bekostning av matematikk.

9.3.3 Læreplan

Om Kunnskapsløftet og Fagfornyelsen

I 2006 ble læreplanene revidert og Kunnskapsløftet (LK06) ble en realitet. Med Kunnskapsløftet ble læringsmålene erstattet av kompetansemål. Det betyr at elevene skal kunne mer enn å gjengi kunnskap, de skal kunne anvende den nye kunnskapen i nye situasjoner. I tillegg ble det satt søkelys på grunnleggende ferdigheter som skriving, lesing, snakking, regning og digitale ferdigheter i alle fag. Naturfagets egenart ble uttrykt gjennom Forskerspiren.

Da tiden kom for en ny revisjon av læreplanen, den såkalte Fagfornyelsen, var det ikke ønskelig å revidere læreplanen totalt, men kun gjøre justeringer. Derfor heter også denne læreplanen Kunnskapsløftet, men har fått navnet LK20 fordi den ble innført i 2020. Kompetansebegrepet ble beholdt, men denne gangen ble det forsterket gjennom begrepene dybdelæring og progresjon. I LK20 ble det lagt vekt på at elevers dybdelæring skjer når elevene jobber med de faglige temaene over tid, og når temaene bygger på hverandre i en progresjon (NOU 2015: 8, 2015). Dette førte til at man ønsket å slanke den eksisterende læreplanen (LK06) og velge ut *kjerneelementer* i fagene og legge til rette for at elevene kan jobbe med noen få temaer i en progresjon gjennom hele skolegangen. Dybdelæring handler også om å se fagene i lys av andre fag i komplekse sammenhenger. Derfor fikk LK20 tre tverrgående temaer som elevene skulle jobbe med på tvers av fagene; bærekraftig utvikling, folkehelse og livsmestring og demokrati og medborgerskap (Utdanningsdirektoratet, 2019). Men disse temaene har ikke bare relevans for elevenes dybdelæring, de er også viktige i et samfunnsperspektiv, som tidligere nevnt i dette kapitlet. Vi er helt avhengige av å ha en befolkning som forstår viktigheten av dem. I undervisningen av de tre temaene står naturfaget helt sentralt. Vi vil påstå at det er helt meningsløst å undervise disse tre temaene uten å inkludere naturfaget. Dette poengterer igjen hvor sentralt og viktig naturfaget er som et skolefag også i LK20.

Utfordringer og muligheter

Selv om Fagfornyelsen har mange positive sider for naturfag, som dybdelæring, progresjon, tverrfaglige temaer og sentrale kjerneelementer, er den også en utfordring. Utfordringen skyldes i stor grad det lave timetallet, samtidig som faget inneholder

fem fagfelt, er svært tverrfaglig og skal favne mange områder og kompetanser i tillegg til ren fagkunnskap, forsøk og praktisk arbeid, utforskende arbeidsmåter, representasjoner og modeller, faglig diskurs og begrepsforståelse.

Revisjonen av læreplanen LK06 startet med å definere kjerneelementene for de ulike skolefagene. Men grunnet den nevnte utfordringen med at faget er stort og har få timer, ble dette arbeidet utfordrende. Det endte opp med noen kjerneelementer som det er bred enighet om at er sentrale for naturfag, og noen som det er mindre enighet om at kan kalles kjerneelementer. Et av de sentrale kjerneelementene er «Naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter», som fanger opp naturvitenskapenes egenart. Kjerneelementet er ikke så tydelig på hvilke praksiser og tenkemåter lærere bør jobbe med. Derfor har Naturfagsenteret jobbet videre med dette og foreslått åtte praksiser som er sentrale basert på internasjonal forskningslitteratur, og gitt eksempler på kjennetegn på dybdelæring til hver av dem. Disse praksisene kan være verktøy for læreren for å gjøre naturfagundervisningen utforskende og engasjerende for elevene.

Et annet kjerneelement som er viktig for naturfag, er «Energi og materie». Dette er sentrale faglige begreper som benyttes for å forklare mange naturfaglige fenomener (Harlen, 2010). Kjerneelementet «Jorda og livet på jorda», derimot, er av en annen kategori, og minner mer om et rikt tema som inkluderer det meste fra naturfagene framfor å være et fokusert kjerneelement. Det samme er «Teknologi», som i tillegg er et helt fagfelt. Resultatet vitner altså om at det er utfordrende å velge ut noen få kjerneelementer, fordi naturfaget er så stort og omfangsrikt.

Det finnes eksempler på andre lignende rammeverk, som for eksempel «Big Ideas» av Harlen (2010), som inneholder 14 kjerneelementer eller «store ideer». 14 kjerneelementer er litt for omfangsrikt for det lille naturfaget i norsk skole. For å imøtekomme dette ble det i boka «Dybdelæring i naturfag» foreslått å definere sluttkompetansen etter 10. trinn med utgangspunkt i de tre grunnleggende begrepene: partikler, energi og krefter, og de tre store forklaringsmodellene: evolusjon, platetektonikk og big bang, i tillegg til naturvitenskapelige praksiser og naturfagets egenart (Voll et al., 2019). Poenget er å gi elevene noen verktøy til å forklare verden rundt seg.

Som nevnt tidligere har naturfaglæreplanen en sterk vektlegging av utforskende arbeidsmåter, og det krever altså tilstrekkelig tid og lærere som har kompetanse i å guide elevene på fruktbare måter i det utforskende arbeidet (se delkapittel 9.4). Mye tyder på at norske lærere har behov for mer kompetanseutvikling knyttet til gjennomføring av utforskende arbeid i naturfag.

Med innføringen av LK20 er det viktig og interessant å undersøke effekten på elevenes læringsutbytte i fremtiden. Videre er det viktig å undersøke i hvor stor grad lærerne dekker pensum i LK20, da dette påvirker elevenes muligheter til å lære.

I kapittel 2 i denne antologien undersøkes elevenes muligheter til å lære ved å se på i hvor stor grad kompetansemålene i læreplanen blir dekket. Resultatene viste blant annet at det var godt samsvar mellom læreplanen Kunnskapsløftet LK06 og naturfagoppgavene i TIMSS-testen. Videre viste resultatene at det var samsvar mellom nedgang i prestasjoner fra 2015 til 2019 og nedgang i dekningsgraden av kompetansemålene undervist av lærerne. Til tross for at læreplanen ikke endret seg fra 2015 til 2019, og heller ikke TIMSS' rammeverk endret seg, ble enkelte emner undervist i mindre grad i 2019 enn i 2015. Dermed hadde elevene mindre muligheter til å lære i 2019, og dette er muligens en av faktorene som kan forklare nedgangen. I 2019 gjaldt kunnskapsløftet LK06, og det blir derfor spennende å se effekten av den nye lærerplanen, LK20.

9.4 LÆRERES KOMPETANSE OG UNDERVISNING I NATURFAG

9.4.1 Lærernes kompetanse og etterutdanning

I dette underkapitlet beskrives først hva som kjennetegner god kompetanse og etterutdanning ifølge tidligere forskning, og deretter diskuteres utfordringer og muligheter.

God kompetanse og etterutdanning

Kompetanse. Ifølge tidligere forskning kan læreres kompetanse grovt sett deles i to kategorier: 1) faglig, fagdidaktisk og pedagogisk kompetanse og 2) holdninger, motivasjon og erfaring (Baumert et al., 2010; Carlson et al., 2019; Kuger, Klieme, Jude & Kaplan, 2016). Læreres undervisningskvalitet regnes ikke som en del av læreres kompetanse (Goe, 2007; Nilsen & Gustafsson, 2016), og blir derfor beskrevet i neste delkapittel (9.4.2). Likevel er det viktig å være klar over at god kompetanse ikke nødvendigvis har direkte effekt på elevers prestasjoner, men påvirker derimot undervisningskvaliteten, som igjen har en effekt på prestasjoner (se f.eks. Baumert et al., 2010). Enkelt sagt kan man si at det ikke nødvendigvis hjelper læreren å ha mastergrad og høy spesialisering i naturfag dersom læreren ikke klarer å omsette dette i god undervisning.

Det er viktig at lærere har kunnskap i naturfag, i naturfagdidaktikk (altså samspillet mellom pedagogikk og naturfag, hvordan lære bort naturfag) og i pedagogikk. En britisk rapport om kvalitet i undervisning (Coe, Aloisi, Higgins & Major, 2014) framhevet «quality of instruction» (undervisningskvalitet) og «(Pedagogical) content knowledge» (fagdidaktisk kunnskap) som de to mest betydningsfulle

kvalitetsindikatorerne på god undervisning. Som viktige aspekter av fagdidaktisk kunnskap framhevet de blant annet dyp faglig kunnskap, forståelse for hvordan elever tenker innen naturfaglige temaer, og kunnskap om elevers alternative forestillinger eller typiske misforståelser. For å oppnå slik kompetanse er det viktig at naturfaglærere får tilstrekkelig spesialiseringsmuligheter i utdanningen, et høyt utdanningsnivå og kunnskap om didaktikk og pedagogikk.

Forskning har også vist at holdninger, motivasjon og erfaring er viktige aspekter av læreres kompetanse, og at disse også er av betydning for elevers læring (Ainley & Carstens, 2018). For eksempel har konstruktivistiske holdninger vist seg å være gunstig i naturfag (Angell et al., 2011). Videre har motiverte og engasjerte lærere som er stolte av sitt yrke og av skolen sin, en positiv effekt på elevers læringsutbytte (Nilsen, Scherer & Blömeke, 2018; OECD, 2020).

Etterutdanning. Basert på evaluering og forskning gjennom mange tiår har man funnet flere faktorer som er vesentlige for at både videre- og etterutdanning skal være effektivt for læreres kompetanseutvikling, uavhengig av hva de skal lære (Darling-Hammond, Hylar & Gardner, 2017; Desimone, Smith & Phillips, 2013; Garet, Porter, Desimone, Birman & Yoon, 2001; Osborne et al., 2019). Oppsummert kan man si at følgende faktorer er avgjørende: Innholdet skal være relevant og i overensstemmelse med skolekultur og styringsdokumenter, lærerne skal delta aktivt i egen læring, og læring bør skje i samarbeid med kolleger. Å lære i samarbeid med kolleger er ikke bare viktig, men også i dag lovfestet i den overordnede delen av læreplanen, der det heter at «Alle ansatte i skolen må ta aktivt del i det profesjonelle læringsfelleskapet for å videreutvikle skolen» (LK20, § 3.5). Profesjonelle læringsfelleskap har vist seg å være effektive fordi de bidrar til at lærere opplever at de får støtte og tid til å implementere nye ideer og kompetanser i egen praksis (Borko, 2004; Stoll, Bolam, McMahon, Wallace & Thomas, 2006; Voelkel Jr & Chrispeels, 2017).

Videre viser flere studier at varighet er viktig, men samtidig er søkelys på undervisning i praksis og aktive læringsmuligheter for lærerne av større betydning for læreres praksis i klasserommet enn varighet (Desimone & Pak, 2017).

Selv om de ovennevnte faktorene kan bidra til læreres kompetanseutvikling, er det også andre faktorer som er viktige for at lærere skal endre praksis (se f.eks. Desimone & Garet, 2015), og dermed påvirke elevers læring. Ifølge en studie som gikk gjennom 28 etterutdanningsprogram, har ulike metoder ulik effekt på læreres læring og deres evne til å utvikle egen praksis (Kennedy, 2016). Det å gi lærere oppskrifter på hvordan de skal undervise, eller presentere dem for læringsteori, har lav effekt, mens det å gi dem didaktiske strategier i kombinasjon med refleksjons-spørsmål har størst effekt. Likevel viser flere norske studier at oppskrifter i form av

modellering av en læringsaktivitet kombinert med didaktiske strategier og refleksjonsspørsmål kan være mer effektivt (Haug & Mork, 2021; Korsager, Reitan, Gaare Dahl, Skår & Frøyland, i trykk). En annen faktor som viser seg å være avgjørende, er at lærere får oppleve positiv respons fra egne elever og positivt utbytte på elevenes læring og motivasjon underveis i etterutdanningen (Gabrielsen & Korsager, 2018; Guskey, 2002). Dette kan ha stor betydning for hvorvidt lærere ønsker å endre og opprettholde endringer i egen praksis.

I senere år har korte etterutdanningskurs for enkeltlærere måttet vike for mer langsiktig kompetanseheving og skolebasert kompetanseutvikling. Forskningen til Hanne Mehli (se f.eks. Mehli, 2014; Mehli & Bungum, 2013) har imidlertid vist, med NAROMs kurs i romteknologi som eksempel, at lærere opplever stort utbytte av faglige etterutdanningskurs hvor de har kontakt med det vitenskapelige fagmiljøet. De styrker sin faglige identitet, og skaffer seg førstehåndskunnskap og kontekster for hva som ligger i «naturvitenskapens egenart», med selvopplevde eksempler de kan fortelle om til elevene. Det er derfor viktig at lærere jevnlig får opprettholde kontakt med fagmiljøer utenfor skolen og utvikle sin identitet som fagpersoner, ikke bare sin pedagogiske og didaktiske kompetanse.

Utfordringer og muligheter

Spesialisering. Andelen naturfaglærere med spesialisering i naturfag er lav i Norge. Ifølge TIMSS 2019-undersøkelsen hadde 55 prosent av elevene på 9. trinn i Norge lærere med spesialisering (minst 60 studiepoeng) i naturfag og/eller naturfagdidaktikk, mens denne andelen lå på 82 prosent i Finland, og 87 prosent i Sverige. For matematikk var andelen lærere med spesialisering høyere enn de andre nordiske landene, og andelen hadde økt fra 2015 til 2019 i Norge, mens den lå på samme nivå i naturfag i 2019 som i 2015 (Mullis et al., 2020). Dette kan være årsaken til at omtrent én av fire naturfaglærere rapporterte at de følte seg lite trygge på bruk av utforskende metoder i naturfagundervisningen (Kaarstein et al., 2020).

Utdanningsdirektoratet tilbyr lærerspesialistordning innen matematikk, norsk, engelsk, kroppsøving, kunst og håndverk, for å nevne noen, men ikke i naturfag. Dette er en ordning som kunne være nyttig for naturfaglærere også, for å gi naturfagundervisningen et løft. Utdanningen skal gi lærere som ønsker det, oppdatert kunnskap innen forskning og fagdidaktikk. Målet er at læreren skal bruke denne kompetansen til å styrke profesjonsfelleskapet på sin skole.³

3 Se: <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/etter-og-videreutdanning/larerspesialister/vil-du-bli-larerspesialist-og-dykke-enda-dypere-inn-i-ditt-fag/>.

Det har i senere år skjedd store endringer innen lærerutdanningen i Norge som kan bidra til spesialiseringen av lærerne. I 2017 ble lærerutdanningen i Norge reformert, og vi fikk et femårig masterstudium. Det første kullet fra denne fem-årige utdanningen uteksamineres våren 2022 og skal da ha en «forskningsbasert utdanning» bak seg som skal gjøre dem «rustet til å etterspørre og bruke forskningsbasert kunnskap» (Kunnskapsdepartementet, 2021, s. 9).

Etter- og videreutdanning (EVU). Ifølge TIMSS 2019-resultatene var det 54 prosent av elevene som ble undervist av naturfaglærere som ikke hadde tatt noen etterutdanning de siste to årene, 25 prosent som hadde tatt etterutdanning i mindre enn 6 timer, 13 prosent som hadde deltatt på etterutdanning som varte mellom 6 og 15 timer, og 9 prosent som hadde deltatt på etterutdanning som varte mer enn 16 timer (Mullis et al., 2020). Oppsummert hadde altså mer enn halvparten av lærerne ikke deltatt på EVU, og de resterende hadde deltatt på kurs av kort varighet. Som tidligere nevnt viser forskning at EVU må ha en viss varighet for at elevene skal få læringsutbytte. Dette vises også i den internasjonale TIMSS 2019-rapporten, hvor elever som hadde lærere som enten ikke deltok på EVU eller deltok i mindre enn 6 timer, skåret 25 poeng dårligere enn de elevene som hadde lærere som deltok i 16–35 timer med EVU. 25 poeng tilsvarer mer enn ett års skolegang.

I et internasjonalt perspektiv deltar norske naturfaglærere i liten grad på etterutdanning (Mullis et al., 2020). For eksempel var det under 8 prosent av elevene som hadde lærerne som deltok på etterutdanning i utforskende arbeidsmåter, mot 44 prosent internasjonalt. Samtidig var det 55 prosent som ønsket etterutdanning på dette området. Det er spesielt lite etterutdanning innen bruk av IKT i naturfag (5 %), og 51 prosent ønsker seg mer etterutdanning innen dette (Kaarstein et al., 2020). Med andre ord får naturfaglærere i Norge lite etterutdanning, men ønsker seg mer, spesielt når det gjelder utforskende arbeidsmåter og bruk av IKT. Dette kan tyde på at det er behov for systematisk satsing på systemnivå. Ved innføring av fagfornyelsen er det lagt ytterligere vekt på utforskende arbeidsmåter, og TIMSS-resultatene viser at lærere har behov for å vite hvordan de skal støtte og veilede elevene i utforskningsprosessen (Kaarstein et al., 2020). Dersom lærerne ikke kan lære og veilede elevene i utforskende arbeidsmåter, er resultatet mindre læringsutbytte for elevene (Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007; Minner, Levy & Century, 2010).

Resultatene fra TIMSS peker på et forbedringspotensiale for norsk lærerutdanning. Også det internasjonale ekspertpanelet som evaluerte norsk lærerutdanning, pekte på behov for endringer. Panelet fokuserte på fem aspekter ved grunnskolelærerutdanningen som de mente burde forbedres (Cochran-Smith et al., 2020): samarbeid på tvers mellom flere aktører, aktiv deltakelse fra alle involverte innen-

for kunnskapsbygging og læring, oppbygging av forskerkompetanse og kapasitet for alle lærerstudenter og lærerutdannere, styrking av praksisdelen i lærerstudentenes praksisopplæring og masteroppgave samt sikring av bærekraften til reformen ved å få på plass nødvendig infrastruktur, ressurser og verktøy. Med dette som utgangspunkt er det behov for flere, bedre og mer målrettede etter- og videreutdanningstilbud (så vel som grunnopplæring) for lærere i naturfag.

Mulighetene for å ta EVU for lærerne. I Norge er det i de senere årene utviklet ulike ressurser og støtteordninger for lærere som ønsker å ta EVU i profesjonelle læringsfelleskap. Naturfagsenteret har i mange år utviklet og administrert flere av disse, som for eksempel *Realfagsløyper*, *Den naturlige skolesekken* og *Lektor2*. Mens ressursene i *Realfagsløyper* er designet slikt at lærere på egen hånd kan gjennomføre kompetanseutviklingen i sitt skolebaserte profesjonelle læringsfelleskap, består tilbudet i *Den naturlige skolesekken* og *Lektor2* av nasjonale nettverk med lærere som koordineres av lærerutdannere fra ulike UH-institusjoner eller andre eksterne aktører.

Ressursene i *Realfagsløyper* gir støtte til kompetanseutvikling innen sentrale fagdidaktiske temaer som for eksempel dybdelæring, utforskende undervisning, relevans og tverrfaglighet knyttet til undervisning i matematikk og naturfag. *Realfagsløyper* legger til rette for at lærere får erfaring med konkrete undervisningsaktiviteter i naturfag, oppleve elevreaksjoner og få respons på endringer i klasserommet kombinert med at de deltar i et skolebasert profesjonelt læringsfelleskap. Flere studier viser at denne kombinasjonen bidrar positivt til lærernes kompetanseutvikling, men også til deres praksisutvikling og dermed kan få effekt på elevers læring (Korsager et al., i trykk).

Nettverkene i *Den naturlige skolesekken* (DNS) og i EU-prosjektet SEAS gir lærere kompetanse i å undervise og designe tverrfaglig undervisning innen bærekraftig utvikling. Forskning og utvikling i DNS viser at etablering av undervisning knyttet til *utdanning for bærekraftig utvikling* tar tid, men skolene har større sannsynlighet for å lykkes ved å etablere kollegial forankring ved skolen, bruke nærmiljøet som læringsarena og samarbeide med eksterne aktører for å motivere både lærere og elever i dette arbeidet (Scheie & Stromholt, 2019). Videre viser forskning på skoleprosjekter i DNS at lærere trenger kompetanse i og støtte til å samarbeide på tvers av fag og bevissthet om at undervisningen bør være eksplisitt for at elever skal få en holistisk forståelse av bærekraftig utvikling (Korsager & Scheie, 2019).

I *Lektor2* får lærere støtte til å samarbeide med fagpersoner fra det lokale arbeidslivet om realfagsundervisningen. Nettverkene og ressursene gir lærerne økt kompetanse i det å samarbeide med eksterne aktører og i hvordan samarbeid og autentiske problemstillinger fra arbeidslivet kan brukes til å skape en mer relevant

og engasjerende undervisning. Forskning på Lektor2 viser blant annet at lærere opplever at det blir lettere å samarbeide med eksterne, og at undervisningen blir mer utforskende og elevaktiv (Kostøl, Remmen, Braathen & Stromholt, 2021). Elever som har deltatt i ordningen, opplever blant annet at de reelle utfordringene de jobber med, gir økt innsats og engasjement, at de får mulighet til å bidra i nærmiljøet, og at de får et utvidet syn på hva realfag kan brukes til i samfunnet (Kostøl et al., 2021).

I Oslo kommune finnes det et tilbud for de som har master eller ph.d. i realfag, og som ønsker å bli lærere eller ledere, som heter «Teach first». Dette programmet ved Universitetet i Oslo gjør det mulig å jobbe fulltid som matematikk- og/eller naturfaglærer på en ungdoms- eller videregående skole i Oslo samtidig som de følger et utdannings- og utviklingsprogram. Dette er en måte å få inn høyt kvalifiserte lærere med både naturfaglig og didaktisk bakgrunn på.

Lærere kan også selv bidra til utvikling og etterutdanning for kolleger. I *KreTek*-prosjektet, som er et samarbeid mellom NTNU og Trondheim kommune (se <https://www.ntnu.no/skolelab/kretek>), har man høstet gode erfaringer med å la dyktige og engasjerte lærere, ved hjelp av en relativt liten tidsressurs, utforske muligheter med å kombinere programmering med utvikling av elevers kreativitet og faglige læring i matematikk og naturfag, og formidle sine nyervervede kunnskap og erfaringer til andre lærere. Dette gir en sterk troverdighet og relevans for mottakerne, siden lærerne hensyntar alle aspekter av undervisningssituasjonen og lærerrollen, noe som er vanskelig å gripe i sin helhet for rene fagpersoner eller fagdidaktikere fra universitetene. Det er her et poeng at utviklingen og formidlingen skjer til kolleger på egen skole, fordi dette er svært utviklende ved at de bygger sin egen profesjonelle identitet, også for lærerne som bidrar. Videre bidrar dette til et praksisfellesskap på tvers av skolene (Bungum & Sanne, i trykk).

Etterutdanning av lærerutdannere. Det er lærerutdanningen ved UH som tilbyr etter- og videreutdanning. Det er imidlertid flere av de som underviser i naturfag i lærerutdanningen, som har naturvitenskapelig bakgrunn uten formell naturfagdidaktisk kompetanse (Mork, Henriksen, Haug, Jorde & Frøyland, i trykk). Dette kan være en utfordring, og det er behov for flere lærerutdannere med bakgrunn i begge fagfelt. Ifølge en studie av Metha og Fine (2019) var det den tradisjonelle undervisningen som dominerte (der lærer snakket mesteparten av tiden og elever satt passive og lyttet). Som nevnt tidligere viser resultater fra TIMSS og PISA at det samme skjer i norske klasserom. En undervisning som følger opp intensjonene i den nye læreplanen LK20, vil med andre ord være krevende å få realisert, men ikke umulig. Metha og Fine (2019) observerte at det var minst én lærer på hver skole som klarte å bryte med tradisjonen og gi elevene en undervisning

som utviklet elevenes dybdeforståelse. Disse lærerne kunne fortelle at de selv hadde opplevd lærere i sin utdanning som også hadde brutt med tradisjonen. Dette bekrefter det Lortie (1975) har påpekt om at lærere underviser slik de selv har blitt undervist. Med andre ord, det er viktig at vi har en lærerutdanning som kan gi lærerstudentene og lærere den undervisningen vi ønsker å ha ute i skolen. Vi må sørge for at lærerutdanningen i Norge har den kompetansen (faglig og fagdidaktisk) som er nødvendig for å få til dette. Dette var også noe som ble løftet fram i rapporten om naturfagene i norsk skole (Eggen et al., 2015) og i rapporten som var kunnskapsgrunnlaget for siste realfagsatsing (Bergem et al., 2015). Her ble det påpekt hvor sentral kompetansen ved lærerutdanningen er for å lykkes med satsing på naturfag og at det kreves tiltak for å styrke den (Eggen et al., 2015):

Det må settes inn tiltak som styrker lærerutdanningene slik at de kan gi god etter- og videreutdanning i naturfag for lærere. Det bør sikres at en tilstrekkelig andel lærerutdannere har førstekompetanse, og forskningsaktiviteten i naturfagdidaktikk bør styrkes. (s.64)

For å bøte på dette har Naturfagsenteret i samarbeid med Institutt for lærerutdanning og skoleforskning ved Universitetet i Oslo tilbudt et 30 studiepoengs studium for denne målgruppen (lærerutdannere) i naturfagdidaktikk og forskning innen naturfagdidaktikk.⁴ Dette kan være et tiltak for å utvikle kompetansen innen UH, som nevnt tidligere. Det kan utvikles studier for UH-ansatte innen fagfelt og temaer som praksisfeltet i barnehager og skoler har behov for. Per i dag finnes det ikke en ordning der aktører med spisskompetanse kan søke om midler til å tilby UH slike studier. Men vi anser det som et viktig tiltak for å styrke UH i arbeidet med naturfagdidaktikk og andre praksisnære problemstillinger i de desentraliserte ordningene. Dette kunne ha vært et program ved Direktoratet for internasjonali-sering og kvalitetsutvikling i høyere utdanning (DIKU).

Grunnen til at dette delkapitlet har gitt en så utfyllende beskrivelse av lærerutdanningen og etter- og videreutdanning for lærere, er blant annet at det nå ligger en stor utfordring med å bringe de nye ideene fra Fagfornyelsen inn i praksis. Den største utfordringen for 8–13-utdanningen er også å ta høyde for hvordan endringer i læreplanen for de eldre elevene (for eksempel når gjelder programmering) fører til et behov for å jobbe med disse temaene i lærerutdanningen.

Kunnskapsbasen for vitenskapen og derfor naturfaget endres fort. Et eksempel på dette er kunnskapsendringer når det gjelder virus og vaksiner som har skjedd under pandemien. Lærerutdanningen trenger å utstyre lærere med evnen til å

4 NATDID4901V – Naturfagdidaktikk for lærerutdannere - Universitetet i Oslo (uio.no).

oppdatere seg og til å relatere egen praksis til dagsaktuell vitenskap, uavhengig av læreplanrammeverket.

9.4.2 Lærernes undervisning

I dette delkapitlet beskrives først hva som kjennetegner god undervisning ifølge tidligere forskning. Deretter beskrives de mest kjente teoriene (såkalte rammeverk). Imidlertid er mange av disse generiske og kan benyttes på tvers av fag. Derfor beskrives også de aspektene av undervisningskvalitet som er karakteristiske for naturfag spesielt. Til sist handler det om resultater av forskning på undervisningskvalitet i Norge med fokus på utfordringer og muligheter.

Hva kjennetegner god undervisning generelt?

Undervisning er et vidt begrep og kan inkludere både det som gjøres i klasserommet, ekskursjoner, pensum og forberedelser og etterarbeid til undervisningen. Ofte benyttes to begreper for lærernes undervisning: undervisningskvalitet og praksis. Praksis benyttes om alt læreren gjør i klasserommet, mens undervisningskvalitet benyttes for å beskrive de praksiser som forskning har funnet har positiv effekt på elevers læringsutbytte (Nilsen & Gustafsson, 2016; Praetorius, Klieme, Herbert & Pinger, 2018). Undervisningskvaliteten til læreren påvirkes av deres kompetanse, både den faglige, fagdidaktiske og pedagogiske (Baumert et al., 2010; Neumann, Kauertz & Fischer, 2012). Det benyttes flere forskjellige rammeverk for å beskrive hvilke aspekter av undervisningskvalitet som har positiv effekt på elevers læringsutbytte, og de fleste av disse har blitt utarbeidet innen forskning på matematikdidaktikk i Tyskland og USA (se f.eks. Baumert et al., 2010; Kane & Staiger, 2012; Klieme, Pauli & Reusser, 2009; Pianta, La Paro & Hamre, 2006). Rammeverkene er ofte generiske, det vil si at de inkluderer aspekter ved undervisningskvalitet som er generelle på tvers av fag, som for eksempel klasseledelse (Praetorius et al., 2018). Typisk vil de fleste av rammeverkene (f.eks. Praetorius et al., 2018) inkludere aspekter som

1. klasseledelse (orden og disiplin, tidsbruk)
2. støttende undervisning (f.eks. emosjonell og faglig støtte, at læreren ser hver elev, oppsummerer undervisningen, bygger ny undervisning på elevers kunnskap, og gjør undervisningen relevant for elevene)
3. kognitivt stimulerende undervisning (å utfordre elevene til å strekke seg litt lenger, å gi oppgaver som kan løses på flere måter, etc.)

Disse tre aspektene av undervisningskvalitet er fra det kjente tyske rammeverket kalt «Three Basic Dimensions, TBD», altså de tre grunnleggende dimensjonene (Baumert et al., 2010; Klieme et al., 2009; Praetorius et al., 2018). Det er disse tre aspektene av lærernes praksis som ifølge forskning har betydning for elevers prestasjoner (Praetorius et al., 2018), også i Norge (Nilsen et al., 2018). Det er imidlertid andre praksiser som kan bidra til andre typer utbytte. Typiske eksempler er ekskursjoner, samarbeidsprosjekter, feltarbeid og forsøk. Disse aktivitetene har ikke nødvendigvis en umiddelbar, direkte effekt på prestasjoner, men kan bidra til å øke elevers motivasjon og glede over faget, framtidig rekruttering til faget, trivsel, nysgjerrighet, og forståelse for fagets egenart (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Det kan også tenkes at de har effekt på prestasjoner over tid. Det finnes svært få longitudinelle studier, og enda færre randomiserte, kontrollerte forsøk hvor én type undervisning blir testet for en gruppe elever, mens en annen gruppe elever (med lik fordeling av kjønn, hjemmebakgrunn etc.) fungerer som kontrollgruppe.

Et annet kjent rammeverk fra USA, fra Tripod-prosjektet, inkluderer syv aspekter av undervisningskvalitet, og heter «The 7 C's» (Ferguson & Danielson, 2014). De syv aspektene av undervisningskvalitet er Care (støtte elever faglig og emosjonelt), Confer (oppmuntre og respektere elevenes ideer og synspunkter), Captivate (engasjere og motivere, oppmuntre til aktiv deltakelse), Clarify (undervise på en klar og forståelig måte, samt gi tilbakemelding), Consolidate (repetere og hjelpe elevene til å integrere og syntetisere kunnskap), Challenge (utfordre elevene til å gjøre sitt beste) og Classroom management (holde god disiplin og orden).

Siden de fleste av disse rammeverkene er generelle på tvers av fag, kan de også benyttes i naturfag til tross for at de ble utviklet innen forskningsfeltet matematikdidaktikk. For eksempel har Neumann og kolleger (2012) utviklet et rammeverk i naturfag som ligner veldig på TBD-rammeverket nevnt over, og inkluderer to av de samme dimensjonene, nemlig klasseledelse og kognitivt stimulerende undervisning. I tillegg inkluderer dette rammeverket strukturering av innhold, praktiske arbeidsmåter, motivasjonsstøtte (motiverende undervisning), læringsperspektiv (f.eks. konstruktivistisk læringssyn, elevsentrert læringssyn), elevlærer-relasjon og ikke-verbal kommunikasjon. Dette rammeverket er bredere og inkluderer flere aspekter enn akkurat hva læreren gjør i klasserommet.

Det finnes også rammeverk som dreier seg mer mot undervisningsmetoder. Teaching for understanding (TfU) er et generelt rammeverk for undervisning utviklet ved Harvard-universitetet i Boston i USA (Wiske, 1998). Understanding, eller forståelse, defineres i denne sammenheng som dybdelæring og innebærer at elever forstår når de kan overføre kunnskap til nye situasjoner. Å undervise for forståelse innebærer å kombinere to tilnæringer. For det første handler det om å

engasjere elever i meningsgivende aktiviteter rundt fagets sentrale ideer (big ideas) eller spørsmål. Den andre tilnærmingen handler om å undervise og evaluere evnen til å overføre forståelse til nye situasjoner. Det er viktig at elevene får øve på å ta i bruk den nye kunnskapen i autentiske sammenhenger. Lærerens funksjon er å legge til rette for og trene/støtte elevene i deres læringsprosess og etter hvert la elevene bli mer og mer selvstendige. TfU har fire punkter som en lærer kan legge opp sin undervisning rundt: 1. Velg et generisk tema, big idea eller et spørsmål 2. Velg et forståelsesmål: Hva skal eleven forstå / kunne overføre når undervisningen er over? 3. Hvilke aktiviteter skal eleven gjøre for å nå målet? 4. Undervisningsvurdering: Hvordan vet du at eleven er på rett vei? Dette rammeverket er tilpasset for norsk kontekst og utvidet til også å handle om å undervise både i og utenfor klasserommet i naturfag (Frøyland & Remmen, 2019): 1. Velg et tema. 2. Velg læringsarena inne og ute. 3. Velg oppdrag. 4. Finn mål. 5. Lag aktiviteter (tenk progresjon, vurdering etc.).

Dette harmonerer igjen godt med amerikansk faglitteratur som handler om kjennetegn på «ambisøs naturfagundervisning» (Windschitl, Thompson, Braaten & Stroupe, 2012). Windschitl og kolleger (2012) foreslo et sett av «kjernepraksiser» som naturfaglærere burde bruke for å gi god naturfaglæring i klasserommet. Disse praksisene inkluderer: 1) planlegge undervisning med de store vitenskapelige ideer, 2) få fram elevens ideer rundt et fenomen og tilpasse undervisningen, 3) støtte utviklingen av elevens tenkning rundt det, og 4) trekke sammen og gi skrive støtte for evidensbaserte forklaringer.

Andre typer rammeverk har blitt utviklet spesielt for å undersøke undervisningskvalitet som blir observert i klasserommet (f.eks. video-observasjoner). Et eksempel er PLATO (Protocol for Language Arts Teacher Observations), som har blitt utviklet i Stanford, USA for språk og kunstfag (Grossman, Loeb, Cohen & Wyckoff, 2013; Klette & Blikstad-Balas, 2018). Dette er en observasjonsmanual laget for å observere de forskjellige aspektene av undervisningskvalitet basert på rammeverket nevnt over, «The 7 C's».

Hva kjennetegner god undervisning i naturfag?

Rammeverkene beskrevet over er internasjonale og har blitt evaluert i flere studier med tanke på reliabilitet og validitet, og er beskrevet i vitenskapelige journaler. For en gjennomgang av de mest kjente rammeverkene for undervisningskvalitet, se Senden, Nilsen & Blömeke (i trykk). Forskningsfeltet etterlyser imidlertid rammeverk som også inkluderer aspekter som er mer faglige i tillegg til de generelle aspektene, som for eksempel klasseledelse (Praetorius et al., 2018). Ennå finnes det ikke ett dominerende internasjonalt anerkjent rammeverk for naturfag spesielt.

Men i Norge har prosjektet *Linking Instruction in Science & Student Impact* (LISSI) utviklet et rammeverk for undervisning i naturfag. Dette rammeverket er beskrevet i rapporten «Tett på naturfag i klasserommet»⁵ (Ødegaard et al., 2021). For mer om LISSI, se under «Hvordan måle undervisningskvalitet».

Også Naturfagsenteret har utviklet et rammeverk basert på forskning, litteratur og egen erfaring i møte med lærere og elever over hele landet, kalt «Kjernen i god naturfagundervisning». Dette rammeverket legger vekt på at undervisningen skal være både støttende for eleven (aspekt nummer 2 i TBD rammeverket) og kognitivt stimulerende (aspekt nummer 3 i TBD). Rammeverket har som mål at elevene oppnår engasjement og dybdelæring, og er utdypet i et nummer av tidsskriftet *Naturfag* (Voll, 2018). Rammeverket består av fem punkter som en lærer bør tenke over når hen planlegger undervisningen, og som Naturfagsenteret har brukt i utvikling av egne undervisningsopplegg (naturfag.no): 1. Motivasjon og tilpassning, 2. Relevans og kontekst, 3. Progresjon og vurdering, 4. Språk og kommunikasjon og 5. Utforskende arbeidsmåter.

Dette var to spesifikke eksempler på rammeverk for undervisningskvalitet i naturfag i Norge. Vi vender nå blikket utover for å beskrive hva internasjonal forskning helt generelt framhever at er karakteristisk for god undervisning i naturfag. Ifølge tidligere forskning bør følgende sentrale elementer inngå i god naturfagundervisning: utforskende arbeidsmåter, faglig diskurs og argumentasjon og representasjoner og modeller (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Disse må sees i sammenheng, da alle må inngå for å oppnå god naturfagundervisning. Resten av dette delkapitlet beskriver disse tre elementene.

Utforskende arbeidsmåter. I utforskende undervisning er vekslingen og sammenhengen mellom ulike typer tilnærminger til faglig innhold viktig for læringsprosessen. Lærerens rolle er å legge til rette for utforskning, men det er elevene som gjennomfører de utforskende aktivitetene. En lærer som implementerte utforskende undervisning som deltaker i prosjektet *Skoleutvikling i naturfag* (SUN), uttrykte det slik: *Jeg har fått mer tro på at god undervisning ikke dreier seg om å «få sagt» alt elevene skal kunne. Det er viktigere at elevene er deltakende i læringsprosessen* (Fiskum & Korsager, 2013).

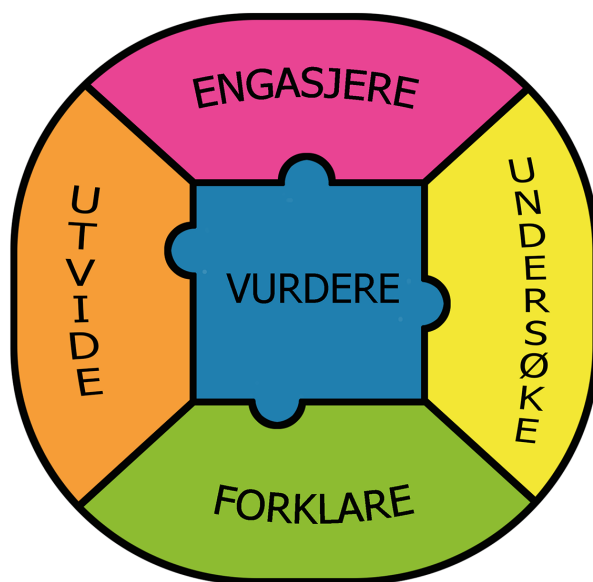
Flere studier har vist at undervisning som legger til rette for utforskende arbeidsmåter, kan virke motiverende for elevene, øke elevenes begrepsforståelse og bidra til dybdelæring (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Men for å oppnå dybdelæring er det ikke likegyldig hvordan læreren legger til rette for at elever kan jobbe utforskende. Det er tre komponenter som utgjør kjernen i utforskende

5 https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/lissi-laring-naturfag/lissi_kortrapport.pdf.

arbeid, som spørsmål, data og forklaring, og som handler om praksisene «å stille forskbare spørsmål», «å planlegge og samle inn data» og «lage forklaringer» (Haug & Mork, 2021). For mange lærere er eksplisitte rammer og støttestrukturer viktige for å få til god utforskende undervisning (Bjønness & Kolstø, 2015).

En måte å strukturere utforskende undervisning på er å bruke 5E-modellen (Bybee et al., 2006). Studier viser at 5E-modellen (se figur 9.3) kan hjelpe lærere med å legge til rette for utforskende undervisning, men modellen gir også en god støtte for elevers læring (Akar, 2005; Coulson, 2002; Lord, 1997).

5E-modellen ble utviklet i 1987 og har siden da vært brukt til å utvikle læringsressurser og undervisningsforløp i naturfagene. De fem E-ene kommer fra de engelske ordene engage, explore, explain, elaborate og evaluate. Den norske modellen er oversatt og bearbeidet i en årrekke av lærerutdannere fra Naturfagsenteret og NTNU i samarbeid med naturfaglærere i ungdomskolen og videregående skole som har deltatt i etterutdanning. På norsk oversettes de fem E-ene til engasjere, undersøke, forklare, utvide og vurdere.



Figur 9.3 Modell av Bybee et al., 2006.

En sentral endring som ble gjennomført i den norske 5E-modellen, er at vurderingsfasen inngår i alle de andre fasene (Fiskum & Korsager, 2018). Vurdering forstås dermed som en prosess hvor læreren innhenter og tolker informasjon om elevers tenkning og forståelse, for så å bruke denne informasjonen som utgangs-

punkt for tilbakemeldinger og justering av undervisning (Black & Wiliam, 1998; Harlen, 2012). En slik prosess bidrar også til å motivere elevene (engasjere) til å utforske (undersøke). Når elevene videre skal forske på fenomenet, vil utgangspunktet i deres egne ideer være viktig for elevenes følelse av eierskap og autonomi. Det å la elevene sette ord på egne ideer gjør at de også får mulighet for å kommunisere, diskutere og reflektere (forklare) over egen forståelse, noe som er helt sentralt for læring (Driver, Asoko, Leach, Scott & Mortimer, 1994; Mercer, 2002) og en viktig del av utforskende naturfagsundervisning (Bell, Urhahne, Schanze & Ploetzner, 2010).

Utforskende arbeidsmetoder kan i høyeste grad sies å være kognitivt stimulerende og hører således innunder det tredje aspektet av undervisningskvalitet, nemlig kognitivt stimulerende undervisning.

Med økt fokus på utforskende arbeidsmåter i Fagfornyelsen (LK20) blir lærernes evne til å undervise i dette enda viktigere. Forskning tyder på at tydelig veiledning fra læreren er viktig for at elever skal ha godt læringsutbytte av utforskende arbeid i naturfag (Aditomo & Klieme, 2020; Zhang & Cobern, 2020). Siden eksperimentelt og praktisk arbeid i naturfag ofte (men ikke alltid) inngår i utforskende arbeid, kan vi også merke oss at forskning indikerer at hvis elever skal lære om naturfaglige begreper og arbeidsmåter, må praktisk arbeid være mer fokusert på ideene og begrepene og mindre på selve gjennomføringen av målinger og observasjoner (Abrahams & Millar, 2008; Hofstein & Kind, 2012). Dette støttes også av norsk forskning som viser at lærere ofte ikke tar seg nok tid til oppsummerings- og konsolideringsfasen i forbindelse med praktisk arbeid i naturfag (Ødegaard, Haug, Mork & Sørvik, 2014). Ifølge Furtak et al. (2012, s. 323) er det viktig å engasjere elevene i å konstruere, utvikle og begrunne vitenskapelige forklaringer som en del av naturfagaktivitetene, for å hjelpe dem til å lære naturfag. Disse perspektivene henger også sammen med fokuset på kritisk tenkning og argumentasjon som sentrale kompetanser for det 21. århundre, noe som framheves både i overordnet del av læreplanen (Utdanningsdirektoratet, 2017) og i internasjonal forskning (OECD, 2018b; Osborne, 2010).

Faglig diskurs og argumentasjon. Faglige samtaler med elever har vist seg å ha positiv effekt på elevers begrepsforståelse (Mercer, 2002; Osborne, 2010). Når elevene benytter faglige begreper i faglige samtaler, får de en mer varig og dyp begrepsforståelse (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Når læreren utfordrer elevene til å diskutere faglige emner, kan dette også sies å tilhøre aspektet kognitivt stimulerende undervisning. Å diskutere og argumentere for synspunkter og forklaringsmodeller er en viktig praksis i naturfag (Furtak et al. (2012, s. 323). Gjennom læringsdialog basert på elevenes erfaringer fra egen utforskning kan forklarende

abstrakte begreper bli utviklet og forstått. Gjennom oppgaver og samtaler der elever skal anvende de nye begrepene, kan de få brukt og videreutviklet den faglige diskursen som er viktig for å få en dypere forståelse for naturfaglige begreper (Mortimer & Scott, 2003).

I denne sammenhengen er det naturlig å fokusere på at elevene må øve på å argumentere naturvitenskapelig (Osborne, 2010). Mork og Erlie (2017) beskrev tre sentrale mål for å arbeide med argumentasjon i naturfagundervisningen: 1) La elevene lære om argumentasjon og kritikk som sentrale praksiser for utvikling av naturvitenskapelig kunnskap, 2) La elevene lære å bruke naturfaglig evidens som begrunnelse for egne argumenter og 3) La elevene utvikle kompetanse i argumentasjon som strategi for dybdelæring. Diskusjon og argumentasjon i norske naturfagklasserom er blant annet undersøkt gjennom LISSI-prosjektet, der det viste seg at elevene fikk en del øvelse i å argumentere for egne utsagn, men lite øvelse i å diskutere med andre, komme med motargumenter eller utfordre andre elevers utsagn (Hagset, 2019; Ødegaard et al., 2021).

Representasjoner og modeller. Å benytte forskjellige representasjoner for samme fenomen er spesielt viktig i naturfag (Angell et al., 2011; Knain, Fredlund & Furberg, 2021). Typisk for et fenomen i naturfag, for eksempel krefter, er at det kan framstilles ved matematiske ligninger, grafer, vektorer, illustrasjoner, tekst og ved demonstrasjon eller eksperiment, for å nevne noen. Det er viktig at læreren benytter forskjellige representasjoner for å belyse fenomenet fra forskjellige perspektiver, og for dermed å øke elevers forståelse for begrepet eller fenomenet (Angell et al., 2019). Representasjoner er også viktige redskaper for å utvikle forståelse, ved at elevene arbeider i spennet mellom egne erfaringer fra naturfaglige fenomener, autoritative kilder (for eksempel lærer eller lærebok) og representasjoner de lager underveis (Knain et al., 2021). Arbeid med representasjoner er også en inngang til å undervise om naturvitenskapens egenart. Videre må elevene lære seg å tolke, forstå og bytte mellom ulike representasjoner. Under pandemien så man for eksempel hvor viktig det var for befolkningen å kunne forstå grafer over smittetall, illustrasjoner av hvordan vaksiner virker, og flere andre representasjoner.

Siden naturvitenskap kan sies å ha som mål å konstruere modeller av virkeligheten, bør modeller også ha en sentral plass i skolens naturfag. Gilbert (2004, s.116) hevdet at modeller er essensielle for produksjon, formidling og aksept av vitenskapelig kunnskap og bygger bro mellom vitenskapelig teori og virkelighet. I dette ligger det at modeller kan representere naturvitenskapelig «innholdskunnskap» (for eksempel «big bang»-modellen for universets opprinnelse), at modellering er en måte å arbeide på i naturfag (for eksempel gjennom at elever får bygge

fysiske modeller eller arbeide med matematiske modeller av fenomener), og at modeller dessuten kan brukes som pedagogiske verktøy for å gjøre det lettere for elever å forstå naturfaglige fenomener (for eksempel «vannstrøm-modellen» for strøm i en elektrisk krets).

Modeller og modellering er også tett knyttet til naturfagets mange representasjonsformer, som diskutert over. Angell og kolleger (2019) skiller mellom fenomenologisk, eksperimentell, grafisk, matematisk-symbolsk og begrepsmessig representasjon. En vesentlig utfordring for elever som skal lære naturfag, er å se sammenhengen mellom de ulike representasjonene av et fenomen og kunne bevege seg sømløst mellom å omtale fenomenet med ord, beskrive det gjennom formler / symbolsk representasjon, tolke en grafisk framstilling av fenomenet og så videre. Ifølge Pajchel, Ramton, og Sollid (2019) kan modeller og modellering i naturfaget knyttes til dybdelæring.

I tillegg til å *bruke* modeller legger Fagfornyelsen vekt på at elevene skal utvikle egne modeller. Dette er en del av mange utforskende prosesser og er mer kognitivt aktiverende enn å ta i bruk ulike modeller eller representasjoner. Lærerne bør dermed ikke bare kunne bruke disse i sin undervisning, men også kunne stimulere til modellering.

Hvordan måle undervisningskvalitet

Det er vanskelig å måle hvorvidt undervisningskvaliteten er god. For det første må forskere være enige om hvordan undervisningskvalitet skal defineres. For det andre må man ha gode mål på undervisningskvalitet, og en metode til å måle det. Det kan for eksempel måles ved å observere en klasse, ved å intervjuere elever og lærere, ved å samle inn skriftlige arbeider og/eller ved å gi elever og lærere spørreskjema. De mest valide dataene får man selvfølgelig dersom man benytter alle disse måtene å samle inn data på. Men også målene på undervisningskvalitet må være reliable og valide. Dersom man for eksempel stiller for få, eller uklare, irrelevante spørsmål til elevene i et spørreskjema, eller ikke dekker begrepet (for eksempel klasseledelse) godt nok, er det vanskelig å få reliable, valide mål. En indikasjon på hvorvidt målene fungerer, er dersom de viser en sammenheng med elevers prestasjoner. I kapittel 8 i denne antologien fant forfatterne at undervisningskvaliteten til lærerne har blitt bedre siden 2015, og det påvirker læringsutbyttet, og at tilbakegangen høyst sannsynlig hadde vært større i naturfag hadde det ikke vært for den økte kvaliteten på undervisningen.

Dersom man skal sammenligne læreres undervisningskvalitet på tvers av for eksempel tid, klassetrinn og land, bør man ha samme mål på undervisningskvali-

tet, og målene må være sammenlignbare (det kan f.eks. være at elever har en annen forståelse og et annet svarmønster når de svarer på de samme spørsmålene i et spørreskjema i 5. trinn og 9. trinn).

Det første store prosjektet i Norge som undersøkte undervisningskvalitet, var Linking Instruction and Student Achievement (LISA)-prosjektet (Klette, Blikstad-Balas & Roe, 2017). Prosjektet fikk midler av Norges forskningsråd og undersøkte læreres undervisningskvalitet i matematikk og norsk.

LISSI er et prosjekt inspirert av LISA. I LISSI har det vært sentralt å belyse utforskende arbeidsmåter i naturfag ved å bruke videoobservasjoner i klasserommet, men også intervju av lærere og skriftlig prøve i naturfag og spørreskjema til elever. Prosjektet er finansiert av Utdanningsdirektoratet, som ønsket å utforske sentrale funn og utfordringer som er avdekket blant annet i PISA og TIMSS fra 2015. For å lese mer om studien og resultater, se Ødegaard et al. (2021).

Et tredje prosjekt om undervisningskvalitet er TESO. Prosjektet fikk støtte av Norges forskningsråd, og datainnsamling pågår fremdeles. Prosjektet er en utvidelse av TIMSS-prosjektet. TESO undersøker undervisningskvaliteten i naturfag og matematikk ved spørreskjemaer til elever og lærere, og ved videoobservasjoner. Prosjektet har et longitudinelt design. Preliminære analyser tyder på at elevene blir mer kognitivt stimulert i matematikk enn i naturfag (Teig, Nilsen & Senden, 2021), og at lærerne gjør lite utforskende arbeidsmetoder i naturfag (se kap.3 i denne antologien).

Utfordringer og muligheter

Hvilke utfordringer som er knyttet til lærernes undervisningskvalitet i Norge, er et komplekst og sammensatt spørsmål, og det finnes relativt lite forskning på dette.

Utforskende arbeidsmåter. TIMSS-undersøkelsen har i årevis vist at lærerne gjør lite utforskende undervisning i naturfag (Mullis et al., 2020) og det samme finner PISA (OECD, 2019). Også LISSI-undersøkelsen viser at elevene i liten grad er med på å utvikle egne forskningsspørsmål, hypoteser eller prediksjoner (Ødegaard et al., 2021, s. 82), til tross for at disse skolene ble valgt ut nettopp fordi det ble antatt at disse benyttet utforskende arbeidsmåter i stor grad. Samtidig er det kanskje ikke overraskende i og med at det å undervise i utforskende arbeidsmåter avhenger av lærerens kompetanse innen dette området, og lærerne etterspør mer etterutdanning innen dette temaet (Mullis et al., 2020). Likevel er det alvorlig, siden flere tidligere forskningsstudier har funnet at utforskende arbeidsmåter har betydning for elevenes læringsutbytte (Furtak et al., 2012; kap.3 i denne antologien; Teig et al., 2018). Samtidig viser funn fra TIMSS-undersøkelsen at den gene-

relle undervisningskvaliteten til naturfaglærere på 9. trinn har blitt bedre siden 2015 (se kap. 8 i denne antologien). Dersom også lærerne hadde økt sin kompetanse i å undervise i utforskende arbeidsmåter, ville det høyst sannsynlig økt elevenes læringsutbytte.

Lærernes kompetanse. Ikke bare utforskende arbeidsmåter, men undervisningskvalitet generelt er avhengig av læreres kompetanse (Baumert et al., 2010; Carlson et al., 2019). I forhold til andre land, og spesielt de nordiske, får norske lærere lite spesialisering i naturfag i sin utdanning, og lite etterutdanning (Mullis et al., 2020). Læreres undervisningskvalitet har stor betydning for elevers læringsutbytte; å øke læreres kompetanse i naturfag, spesielt faglig og fagdidaktisk, er viktig.

Læremidler og digitalisering. Lærebøkene er ganske styrende for undervisningen i norske klasserom generelt (Juuhl, Hontvedt & Skjelbred, 2010), dette gjelder også i naturfag (Andersson-Bakken, Jegstad & Bakken, 2020; Hodgson, Rønning & Tomlinson, 2012).

Med Fagfornyelsen ble læreplanens kompetansemål mer generelle og mindre spesifikke; dette stiller økte krav til læreres autonomi og dømmekraft i å velge ut lærestoff til elevene. Å bare «følge læreboka» er mindre aktuelt enn før.

Matematikk og naturfag. Matematikk er et viktig verktøy i naturfag. Naturvitenskapelig informasjon i samfunnet inkluderer ofte tabeller, grafer, tallfesting av størrelser og usikkerheter. Kritisk vurdering i møte med slik informasjon forutsetter ofte evne til å kunne sammenligne tall eller grafer fra ulike kilder og med variasjon i framstillingsmåte. Tett samarbeid med matematikk vil her kunne gi elevene mer øvelse i å hankses med matematikk i ulike kontekster i livet. Matematisk kompetanse kan samtidig øves i reelle brukskontekster som kan engasjere. Kompetansemålene i naturfag vektlegger kvalitativ forståelse i faget, og erfaringsmessig er det i dag lite bruk av matematikk. Et naturfag som skal forberede på samfunnsdeltakelse, bør i større grad inkludere matematikk knyttet til bruk av data og argumentasjon.

Bruk av programmering i naturfag kan gi elevene begynnende innsikt i hvordan modellering og programmering brukes til å løse problemer som er for kompliserte til å løses ved regning. Samtidig kan de få innsikt i hvordan problemløsning forutsetter etablering av betingelser og andre elementer som inngår i algoritmisk tenkning.

Naturfag kan også kombineres med andre fag og benyttes for å øke læringsutbytte, for eksempel i språkutviklingen i barnehager eller i norskfaget i skolen.

9.5 ELEVERS KOMPETANSE OG MOTIVASJON I NATURFAG

9.5.1 Kompetanse i naturfag

I dette delkapitlet beskriver vi først hva som kjennetegner god kompetanse i naturfag, og trekker inn tidligere forskning. Deretter diskuterer vi utfordringer og muligheter knyttet til elevers kompetanse i naturfag.

God kompetanse i naturfag

Kompetanse er et svært generelt og allment begrep, og innen utdanningsforskning finnes det et stort antall studier som definerer begrepet (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015). I dette kapitlet vil vi kun kort poengtere at det er viktig å skille mellom begrepene kunnskap og kompetanse. Kompetanse handler om å kunne bruke kunnskap i forskjellige kontekster (Dolin, 2002; Mullis & Martin, 2017). Mens kunnskap handler om hva du *kan*, dreier kompetanse seg om hva du *kan gjøre* (Dolin, 2002).

God kompetanse i naturfag er viktig både for å oppnå kompetansemålene i læreplanen, for et godt grunnlag for videre studier og arbeidsliv og for å kunne delta i et samfunn med økende teknologibruk og utfordringer som må løses for å skape et bærekraftig samfunn innen viktige områder som klima, miljø, helse og økonomi. Men hva kjennetegner god kompetanse i naturfag? Ifølge læreplanen Fagfornyelsen (LK20) defineres kompetanse i naturfag på følgende måte:

Elevene viser og utvikler kompetanse på 8., 9. og 10. trinn når de bruker fagspråk, teorier og modeller for å beskrive, forklare og drøfte naturfaglige fenomener. De viser og utvikler også kompetanse når de utforsker, argumenterer, analyserer og reflekterer over naturfaglige emner og sammenhenger mellom dem, og vurderer egne funn og resultater. Videre viser og utvikler de kompetanse når de anvender fagets praksiser, og når de reflekterer over hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles. Elevene viser også kompetanse når de bruker programmering og utforsker teknologi.

Denne beskrivelsen gjenspeiler nøkkelbegreper i naturfagdidaktikken: faglig diskurs, utforskende arbeidsmåter, fagets egenart, modeller og representasjoner og begrepsforståelse (Abell & Lederman, 2007). Disse har blitt beskrevet grundig tidligere i dette kapitlet, og det er viktig at elever har kompetanse innen disse områdene. På et vis kan faglig diskurs, utforskende arbeidsmåter, fagets egenart, modeller og representasjoner betraktes både som faglig utbytte, men også som

læringsprosesser som øker begrepsforståelsen. På den måten er kanskje begrepsforståelse et av de viktigste faglige utbyttene i naturfag og henger sammen med gode prestasjoner i naturfag (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Driver, 1989). Det er en vanlig utfordring at elever har såkalte hverdagsforestillinger (Angell et al., 2019), noe som innebærer at de allerede har en forestilling om eller forståelse av et begrep fra egne erfaringer som ikke nødvendigvis er riktig sett fra et vitenskapelig ståsted. Disse forestillingene er ofte konsistente over tid, deles av mange og er motstandsdyktige for undervisning (Angell et al., 2019). For eksempel betraktes krefter ofte mer som en egenskap ved objektet enn som vekselvirkning mellom objekter. Et annet eksempel er forestillingen om årstider, hvor mange tror at det er kaldere om vinteren fordi de mener at jorden er lenger vekk fra sola, og varmere om sommeren fordi jorden er nærmere sola. Å ha forståelse for begreper er viktig for å forstå fenomener og for å kunne bruke vitenskapelige lover og modeller korrekt. Å forstå hvordan verden rundt oss fungerer, er viktig allmennkunnskap.

Det er når elevene forstår begrepene, kan bruke begrepene i nye situasjoner og forklare fenomener, at de har oppnådd dybdelæring. Dybdelæring handler om at elevene skal kunne bruke ny kunnskap i nye situasjoner. Men i naturfagundervisningen kan det være mye memoreringsstoff, slik som navnssetting på dyr, planter og stein, som handler mer om å huske enn å ta i bruk (Sawyer, 2005). I flere biologiske og geologiske emner er klassifisering og sortering sentralt, slik som for insekter, fugler, blomster, trær, dyr og steiner. Dette er relevante emner i naturfag fordi vi opplever dem rundt oss hele tiden. Det er også tema som er lette å engasjere små barn i. Men i undervisningen av slike temaer er det ofte navnene til de enkelte objektene som er i fokus, og ikke det å forstå systematikken. Det fører til at denne undervisningen ofte kan preges av å memorere en rekke navn. I stedet kunne disse objektene vært utgangspunkt for å forstå systematikk, som igjen kan være inngangen til å forstå naturfaglige fenomener, slik det ble gjort i Frøyland, Frøyland og Hurum (2011). Framfor å vektlegge navnene til bergarter fikk elevene anledning til å øve på å skille de tre hovedgruppene bergarter ved hjelp av å observere mønstre på stein. Når de kunne skille steinen i de tre hovedgruppene, kunne de også forklare hvordan steinene var blitt dannet. Senere studier har vist at elevene klarte å anvende denne sorteringskunnskapen på stein ett år etter undervisningen; de oppnådde dybdelæring (Frøyland, Remmen & Sørvik, 2016; Remmen & Frøyland, 2020). I naturfag kan koblingen mellom observasjon og systematikk kanskje være en vei å gå for å unngå memoreringsstoff og heller ha søkelys på forståelse eller dybdelæring.

Utfordringer og muligheter

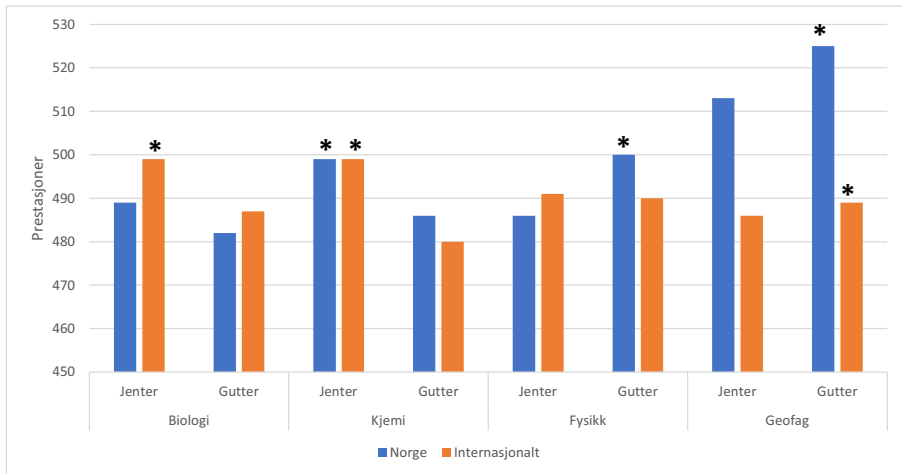
I dette delkapitlet skisserer vi noen av utfordringene elevene har når det gjelder kompetanse i naturfag. Disse utfordringene gjelder spesielt naturfaglig diskurs og språk, utforskende arbeidsmåter, kjønnsforskjeller, hjemmebakgrunn og språkkompetanse.

Diskurs og språk. Kapittel 4 i denne antologien viser at det i 75 prosent av de analyserte elevsvarene ikke benyttes naturfaglig diskurs, men hverdagspråk. Dette kan tyde på at fagspesifikk diskurs burde ha en enda sterkere plass i naturfagundervisningen i Norge. Videre viser kapitlet at jenter i større grad bruker fagspråk enn gutter, og forklarer dette med at jenter er bedre på abstrakt språkbruk, er bedre lesere enn gutter på ungdomstrinnet, og engasjerer seg oftere i språklige aktiviteter. Videre finner forfatterne i kapittel 4 at minoritetsspråklige (målt ved hvor ofte de snakker norsk hjemme) i mindre grad benytter fagspråk enn majoritetsspråklige.

Utforskende arbeidsmåter. Det finnes ikke mye evidens for i hvilken grad elever i Norge har kompetanse innen utforskende arbeidsmåter. I 2015 var naturfag hovedområdet til PISA, og av de tre kompetansene målt i PISA (Forklare fenomener på en naturvitenskapelig måte, Vurdere og planlegge naturvitenskapelige undersøkelser og Tolke data og evidens på en naturvitenskapelig måte) skåret norske elever signifikant dårligst i Vurdere og planlegge naturvitenskapelige undersøkelser (Kjærnsli & Jensen, 2016). Ser man dette resultatet i lys av at flere studier finner lite utforskende læring i norske klasserom (Mullis et al., 2020; Ødegaard et al., 2021), er det plausibelt at elevene ikke har høy kompetanse i utforskende arbeidsmåter. Likevel, her kreves mer forskning, spesielt fordi utforskende arbeid nå har en mye sterkere posisjon i naturfaget gjennom LK20, og at det er viktig at lærere får kjennskap til forskningsresultater om hvordan lærere best kan tilrettelegge og støtte læring gjennom utforskende arbeidsmåter i naturfag. Dette er helt sentralt for at det utforskende arbeidet skal føre til dybdelæring slik det er intendert.

Kjønnsforskjeller

I TIMSS består den faglige testen av mer enn 200 oppgaver fordelt på biologi, kjemi, fysikk og geofag på 9. trinn. Disse oppgavene er fordelt mellom tre forskjellige kognitive dimensjoner: å kunne, å anvende og å resonnerere. Videre er mange av oppgavene innen utforskende arbeidsmåter (Mullis & Martin, 2017). For den totale skåren, på tvers av alle disse fagområdene, er det ingen kjønnsforskjeller. Likevel er det kjønnsforskjeller innen hvert fagområde, og disse har gjentatt seg i hver eneste syklus av TIMSS siden 1995. Helt siden 1995 har gutter prestert signifikant bedre enn jenter i fysikk og geofag. Innen andre områder har det variert litt,

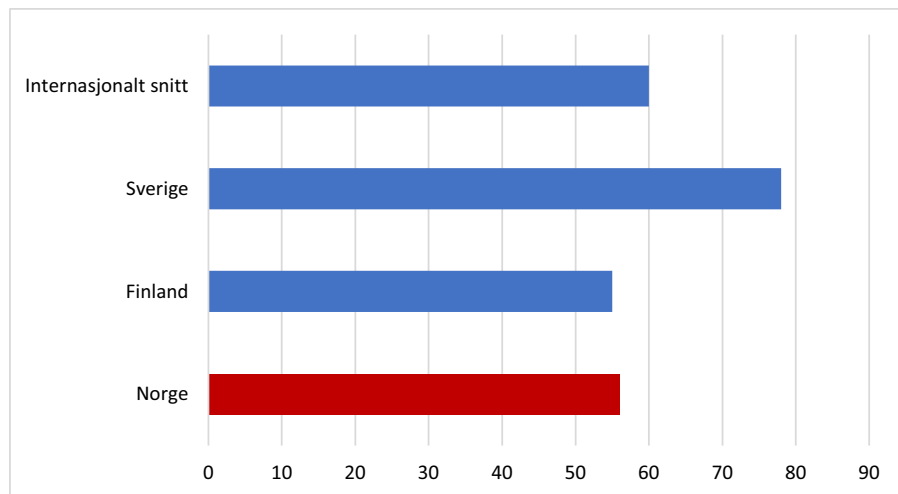


Figur 9.4 Kjønnsforskjeller i elevers prestasjoner på TIMSS 2019. * betyr signifikant forskjellig fra motsatt kjønn.

men i 2019 (se figur 9.4) presterte jenter bedre enn gutter i kjemi i Norge (i kjemi presterte jenter også bedre internasjonalt). I biologi var det ingen signifikante kjønnsforskjeller i Norge i 2019 (men jentene presterte bedre internasjonalt). Disse kjønnsforskjellene er foruroligende, og spesielt de forskjellene som har holdt seg i mer enn 20 år (altså at gutter har prestert bedre enn jenter i fysikk og geofag på ungdomstrinnet). På den ene siden hevdes det at (grunn)skolen er en «kvinnekultur» som favoriserer jenters uttrykksformer (også gjennom karaktersetting; jentene får bedre karakter enn guttene). På den annen side finnes det forskning som tyder på at jenter fortsatt er en «marginalisert gruppe» i realfagene (spesielt i fysikkrelaterte fagområder), med gjennomsnittlig lavere interesse og deltakelse og lavere faglig selvtilit enn guttene (Bøe & Henriksen, 2013; Henriksen, Dillon & Ryder, 2015). Her trengs det mer forskning på hvorfor det er slik. Lærerne kan også forsøke å utjevne denne forskjellen ved å motivere jenter innen fysikk og geofag, og å være bevisste på at jenter og gutter ikke blir forskjellsbehandlet i undervisningen.

Elevenes hjemmebakgrunn

Ikke bare kjønnsforskjeller, men også forskjeller i hjemmebakgrunn (målt ved SØS) har betydning for elevers kompetanse i naturfag. Figur 9.5 viser forskjellen i prestasjoner mellom elever med høy og lav SØS i de nordiske landene som deltok i TIMSS 2019 (9. trinn). Forskjellen i Norge var på 56 poeng, eller et halvt standardavvik.



Figur 9.5 Forskjell i prestasjoner mellom elever med høy og lav SØS.

Forskjellen i prestasjoner i naturfag mellom 8. og 9. trinn ligger på rundt 20 poeng (Bergem et al., 2016; Kaarstein et al., 2020). Det betyr at forskjellen i prestasjoner i naturfag for de med høy og lav SØS tilsvarer rundt to og et halvt års skolegang. Internasjonalt tilsvarer forskjellen 3 år, og for Sverige nesten 4 år. Selv om det er større forskjeller internasjonalt, er likevel to og et halvt års skolegang mye.

I Norge er forskjellen mellom de som alltid snakker norsk hjemme, og de som aldri snakker norsk hjemme, 32 poeng (Mullis et al., 2020). Videre er det en sterk sammenheng mellom denne variabelen og prestasjoner (og SØS), og sammenhengen er sterkere enn i matematikk (Bergem et al., 2016). Vi kan derfor anta at en stor andel av gapet mellom høy- og lav-SØS-elever i naturfagprestasjoner skyldes språkkunnskaper (elever som har vært i Norge kortere enn ett år er ekskludert fra TIMSS). Det viser videre at språk er spesielt viktig i naturfag. Dette blir diskutert i kapittel 6 i denne antologien. Det ligger altså store muligheter for å øke elevers kompetanse i naturfag på 9. trinn ved å sørge for grundig språkopplæring for minoritetsspråklige, og ved at de lærer naturfaglige begreper.

9.5.2 Motivasjon i naturfag

God motivasjon. Tidligere forskning

Det finnes et stort antall studier som har funnet at elevers motivasjon har sammenheng med deres prestasjoner (f.eks. Bandura, 1997; Eccles & Wigfield, 2002; Osborne et al., 2003; Pintrich, 1999). I naturfag er elevers motivasjon spesielt viktig

fordi det ikke bare har sammenheng med prestasjoner i naturfag (Bøe & Henriksen, 2013; Osborne et al., 2003), men også med rekruttering til videre studier og yrkesliv innen realfag (Bøe, 2012). Motivasjon kan betraktes både som et mål i seg selv og som et middel til å støtte læring av kunnskaper og ferdigheter.

Utfordringer og muligheter

I en tidligere studie fant Kaarstein og Nilsen (2018) at elevers motivasjon for naturfag har økt jevnt fra 1995 til 2015. Men fra 2015 til 2019 gikk elevers selvtilitt i naturfag ned for elever på 9. trinn (se kapittel 6 i denne antologien). Elever i Norge har, i et internasjonalt perspektiv, god selvtilitt og motivasjon i naturfag (Mullis et al., 2020; OECD, 2019). Likevel, både TIMSS og PISA viser at gutter har bedre selvtilitt enn jenter. TIMSS 2019 viste også at gutter har høyere indre motivasjon for naturfag enn jenter på både barne- og ungdomstrinnet (Kaarstein et al., 2020).

Resultater fra PISA 2015 (Kjærnsli & Jensen, 2016) viser at norske elever svarer noe mer positivt til utsagnene som utgjør konstruktet «Interesse for naturvitenskap», enn hva de gjorde i PISA 2006. Det er også en større andel som er enige i at naturfag er nyttig for senere jobbmuligheter i 2015, sammenlignet med i 2006. Det er en tydelig forskjell i guttenes favør når det gjelder interesse for naturfag, mestringsforventning og i hvilken grad de gjør naturfagrelaterte aktiviteter på fritiden. Kjønnforskjellene i interesse varierer imidlertid avhengig av hvilke temaer elevene blir spurt om. For eksempel er det en større andel jenter enn gutter som svarte at de var interesserte i «Hvordan naturvitenskap kan hjelpe oss å forebygge sykdommer». Det er en større andel av elevene i 2015 enn i 2006 som forventer å ha et realfaglig yrke når de blir 30 år. Her er det også tydelige kjønnsforskjeller, med flest jenter som ser for seg å jobbe innen medisinske yrker, og flere gutter enn jenter som ser for seg å jobbe som naturvitere, matematikere, sivilingeniører, teknikere eller innen IKT. Når det gjelder den instrumentelle motivasjonen, altså om elevene synes naturfag er viktig for videre utdanning og jobb, er det ingen kjønnsforskjell. Det er en positiv sammenheng mellom prestasjoner i naturfag og interesse, naturfagrelaterte aktiviteter, mestringsforventning og instrumentell motivasjon for naturfag. Den tydeligste sammenhengen er mellom interesse og prestasjoner.

9.6 KONKLUSJON – VEIEN VIDERE

I dette kapitlet løftet vi fram betydningen av naturfagene i skolen. Kompetanse innen naturfagene er ikke bare viktig for å bidra til glede og nytte for den enkelte

elev, men essensielt for å sørge for at vårt samfunn har en befolkning som både forstår og kan løse mange av dagens og framtidens utfordringer. Dette er også grunnen til at naturfagene internasjonalt har fått en sentral plass i skolen og regnes som kjernefag.

Læreplanen i naturfagene fokuserer på dybdelæring gjennom problemløsning, kritisk tenkning og kompetanser innen bærekraftig utvikling, folkehelse og livsmestring og demokrati og medborgerskap. Dette er positivt med tanke på naturfagenes nytteverdi for individet og samfunnet. Men for å oppnå intensjonene i læreplanene trenger Norge lærere med oppdatert kompetanse og tid til å gjennomføre god naturfagundervisning.

Til tross for nasjonale tiltak som Realfagstrategien ser vi likevel at det lokalt satses lite på naturfagene. En mulig forklaring er at, i motsetning til internasjonalt, er naturfag i Norge ikke et kjernefag, men et fag med få timer. Dette kan også forklare hvorfor Norge har et stort antall lærere med lite eller ingen spesialisering i naturfagene. Det betyr at vi har behov for et krafttak for naturfagene. Vi foreslår følgende tiltak:

1. **Naturfagene må bli et av skolens kjernefag** – på lik linje med engelsk, norsk og matematikk. Det kan blant annet skje ved at det blir et større fag i skolen. Vi foreslår derfor flere timer i naturfag på ungdomstrinnet.
2. **Styrking av læreres kompetanse** i god naturfagundervisning. Dette innebærer flere tiltak:
 - 2.1. *Flere lærere som får spesialisering i naturfagene.* Dette innebærer både naturfaglig og naturfagdidaktisk kompetanseutvikling.
 - 2.2. *Kvalitet i EVU-tilbudet* – styrke, videreutvikle og synliggjøre de kompetansetilbudene som finnes, og som vi vet fungerer godt. Dette gjelder blant annet nasjonale satsinger og lokale EVU-tilbud fra UH.
 - 2.3. *Styrke og videreutvikle naturfagdidaktikken i lærerutdanningen* – sørge for at flere ansatte ved lærerutdanningene får tilgang til kompetanseutvikling i naturfagdidaktikk. Dette kan bidra til å styrke UH i rollen som veiledere i DeKomp, ReKomp og kompetanseløftet.
 - 2.4. *Forskning innen naturfagdidaktikk.* For å øke kunnskap om hva som kjenner utegner god naturfagundervisning, og hvordan man kan bistå lærere i å gjennomføre denne undervisningen, trenger vi flere didaktiske forskningsprosjekter, både kvalitative og kvantitative, som setter søkelys på dybdelæring, kritisk tenkning, tverrfaglighet og utforskning innen naturfag.

REFERANSER

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International journal of science education*, 22(7), 665–702.
- Abell, S.K. & Lederman, N.G. (Red.). (2007). *Handbook of research on science education*: Lawrence Erlbaum Associates.
- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969.
- Aditomo, A. & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504–525.
- Ainley, J. & Carstens, R. (2018). Teaching and learning international survey (TALIS) 2018 conceptual framework. Hentet fra https://meyda.education.gov.il/files/Rama/TALIS_2018_Framework.pdf
- Akar, E. (2005). *Effectiveness of 5E learning cycle model on students' understanding of acid-base concepts*. Middle East Technical University,
- Andersson-Bakken, E., Jegstad, K.M. & Bakken, J. (2020). Textbook tasks in the Norwegian school subject natural sciences: what views of science do they mediate? *International journal of science education*, 42(8), 1320–1338.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E.K., Kolstø, S.D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Høyskoleforlaget.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E.K., Kolstø, S.D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2019). *Fysikkdidaktikk*: Høyskoleforlaget.
- Bailin, S. & Battersby, M. (2016). Fostering the virtues of inquiry. *Topoi*, 35(2), 367–374.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. WH Freeman and Co.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S. & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International journal of science education*, 32(3), 349–377.
- Bergem, O.K., Goodchild, S., Henriksen, E., Kolstø, S., Nortvedt, G. & Reikerås, E. (2015). Real-fag – relevante, engasjerende, attraktive, lærerike. Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kd/vedlegg/rapporter/rapport_fra_ekspertgruppa_for_realfagene.pdf
- Bergem, O.K., Kaarstein, H. & Nilsen, T. (Red.). (2016). *Vi kan lykkes i realfag, Resultater og analyser fra TIMSS 2015*. Universitetsforlaget.
- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university*: McGraw-hill education (UK).
- Bjønness, B. & Kolstø, S.D. (2015). Scaffolding open inquiry: How a teacher provides students with structure and space. *NorDiNa : Nordic Studies in Science Education*, 11(3).
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74.

- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R.J. (2015). Approaches to competence measurement in higher education. *Zeitschrift für Psychologie* 2015, 223(1), 1–2. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000193>
- Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. *Educational researcher*, 33(8), 3–15.
- Brandon, R.N. (1994). Theory and experiment in evolutionary biology. *Synthese*, 59–73.
- Braund, M. & Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International journal of science education*, 28(12), 1373–1388.
- Bungum, B. & Sanne, A. (i trykk).
- Bybee, R.W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding a framework for K-12 science education. *Science and Children*, 49(4), 10.
- Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Bøe, M.V. (2012). *What's in it for me? Norwegian students' choices of post-compulsory science in an expectancy-value perspective*. (Ph.d.-avhandling), Universitetet i Oslo.
- Bøe, M.V. & Henriksen, E.K. (2013). Love It or Leave It: Norwegian Students' Motivations and Expectations for Postcompulsory Physics. *Science Education*, 97(4), 550–573. <https://doi.org/10.1002/sce.21068>
- Carlson, J., Daehler, K.R., Alonzo, A.C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., . . . Friedrichsen, P. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (s. 77–94). Springer.
- Cochran-Smith, M., Alexandersson, M., Ellis, V., Grudnoff, L., Hammerness, K., Oancea, A. & Toom, A. (2020). Transforming Norwegian teacher education: The final report of the international advisory panel for primary and lower secondary teacher education.
- Coe, R., Aloisi, C., Higgins, S. & Major, L.E. (2014). What makes great teaching? review of the underpinning research.
- Coulson, D. (2002). BSCS Science: An inquiry approach – 2002 evaluation findings. Arnold, MD: PS International.
- Crawford, B.A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. I *Handbook of research on science education, volume II* (s. 529–556). Routledge.
- Darling-Hammond, L., Hyler, M.E. & Gardner, M. (2017). Effective teacher professional development. Learning Policy Institute.
- Daus, S., Braeken, J. & Nilsen, T. (2016). *Diving deeper into 'opportunity to learn'. Does the 'opportunity to learn'-effect depend upon the content learned and the teacher?* Paper presented at the EARLI Sig 18 & 23, Oslo.
- Desimone, L. & Garet, M.S. (2015). Best practices in teacher's professional development in the United States. *Psychology, Society & Education*, 7(3), 252–263 <https://doi.org/10.25115/psye.v7i3.515>
- Desimone, L. & Pak, K. (2017). Instructional coaching as high-quality professional development. *Theory Into Practice*, 56(1), 3–12.

- Desimone, L., Smith, T. & Phillips, K. (2013). Linking student achievement growth to professional development participation and changes in instruction: A longitudinal study of elementary students and teachers in Title I schools. *Teachers College Record*, 115(5), 1–46.
- Dolin, J. (2002). *Fysikfaget i forandring*. (Doktoravhandling.) Roskilde University, Denmark.
- Driver, R. (1989). Changing conceptions. I P. Adey (Red.), *Adolescent development and school science* (s. 79–103). Falmer Press.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P. & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, 23(7), 5–12.
- Eccles, J.S. & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53(1), 109–132.
- Eggen, P.O., Bøe, M.V., Fimland, N., Johansen, A., Nilsen, T., Olsen, R.V., Reitan, B., Trudeng, M., Tsigaridas, K.G., Urdahl, H. & Øren, F. (2015). *Naturfagene i norsk skole*. Hentet fra <https://www.udir.no/tall-og-forskning/finn-forskning/rapporter/naturfagene-i-norsk-skole-anno-2015/>
- Erduran, S. & Dagher, Z.R. (2014). Reconceptualizing nature of science for science education. I S. Erduran & Z.R. Dagher (Red.) *Reconceptualizing the nature of science for science education* (s. 1–18). Springer.
- Erduran, S., Kaya, E., Cullinane, A., Imren, O. & Kaya, S. (2020). Practical learning resources and teacher education strategies for understanding nature of science. I *Nature of Science in Science Instruction* (s. 377–397). Springer.
- Ferguson, R.F. & Danielson, C. (2014). How framework for teaching and tripod 7Cs evidence distinguish key components of effective teaching. *Designing teacher evaluation systems*, 98–143.
- Fiskum, K. & Korsager, M. (2013). SUN – skoleutvikling i naturfag – utforskende etterutdanning for naturfaglærere. *Naturfag*, 1, 55–57.
- Fiskum, K. & Korsager, M. (2018). 5E-modellen i utforskende undervisning. *Naturfag*, 1, 108–110.
- Frøyland, M., Frøyland, S.L. & Hurum, J.H. (2011). Kapittel 6: Stein og fossiler i barnehagen. I G. Langholm, I. Hilmo, K. Holter, A. Lea & K. Synnes (Red.), *Forskerfrøboka. Barn og natur* (s. 225–246): Fagbokforlaget.
- Frøyland, M. & Remmen, K. (2019). *Utvidet klasserom i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Frøyland, M., Remmen, K.B. & Sørvik, G.O. (2016). Name-Dropping or Understanding? Teaching to Observe Geologically. *Science Education*, 100(5), 923–951.
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D.C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Gabrielsen, A. & Korsager, M. (2018). Nærmiljø som læringsarena i undervisning for bærekraftig utvikling. En analyse av læreres erfaringer og refleksjoner. *Nordic studies in science education*, 14(4), 335–349.
- Garet, M.S., Porter, A.C., Desimone, L., Birman, B.F. & Yoon, K.S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38(4), 915–945.
- Gilbert, J.K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130.

- Goe, L. (2007). *The Link between Teacher Quality and Student Outcomes: A Research Synthesis. National Comprehensive Center for Teacher Quality.*
- Griffin, P. & Care, E. (2014). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*: Springer.
- Grossman, P., Loeb, S., Cohen, J. & Wyckoff, J. (2013). Measure for measure: The relationship between measures of instructional practice in middle school English language arts and teachers' value-added scores. *American Journal of Education*, 119(3), 445–470.
- Guskey, T.R. (2000). *Evaluating professional development*. Corwin press.
- Guskey, T.R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and teaching*, 8(3), 381–391.
- Hagset, K. (2019). *Tilretteleggelse for diskusjon i utforskende undervisning*.
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education. Association for Science Education*. Ashford Colour Press Ltd.
- Harlen, W. (2012). The quality of learning: assessment alternatives for primary education. *The Cambridge Primary Review Research Surveys*, 504–540.
- Haug, B.S. & Mork, S.M. (2021). Taking 21st century skills from vision to classroom: What teachers highlight as supportive professional development in the light of new demands from educational reforms. *Teaching and Teacher Education*, 100, 103286.
- Henriksen, E.K., Dillon, J. & Ryder, J. (2015). *Understanding student participation and choice in science and technology education*: Springer.
- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G. & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and. *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Hodgson, J., Rønning, W. & Tomlinson, P. (2012). Sammenhengen mellom undervisning og læring. *En studie av læreres praksis og deres tenkning under Kunnskapsløftet*, 4, 12.
- Hofstein, A. & Kind, P.M. (2012). Learning in and from science laboratories. *Second international handbook of science education*, 189–207.
- Huang, L., Ødegård, G., Hegna, K., Svagård, V., Helland, T. & Seland, I. (2017). Unge medborgere. Demokratiforståelse, kunnskap og engasjement blant 9.-klassinger i Norge. The International Civic and Citizenship Education Study (ICCS) 2016.
- Jensen, F. & Kjærnsli, M. (2016). Elevers oppfatninger av naturfagsundervisning. I *Stø kurs* (s. 94–106).
- Juuhl, G.K., Hontvedt, M. & Skjelbred, D. (2010). Læremiddelforskning etter LK06: eit kunnskapsoversyn.
- Kane, T.J. & Staiger, D.O. (2012). Gathering Feedback for Teaching: Combining High-Quality Observations with Student Surveys and Achievement Gains. Research Paper. MET Project. *Bill & Melinda Gates Foundation*.
- Kennedy, M.M. (2016). How does professional development improve teaching? *Review of Educational Research*, 86(4), 945–980.
- Kjærnsli, M. & Jensen, F. (Red.). (2016). *Norske elevers kompetanse i naturfag, matematikk og lesing i PISA 2015*. Universitetsforlaget.
- Klette, K. & Blikstad-Balas, M. (2018). Observation manuals as lenses to classroom teaching: Pitfalls and possibilities. *European Educational Research Journal*, 17(1), 129–146.

- Klette, K., Blikstad-Balas, M. & Roe, A. (2017). Linking Instruction and Student Achievement. A research design for a new generation of classroom studies. *Acta Didactica Norge*, 11(3), 19, sider.
- Klieme, E., Pauli, C. & Reusser, K. (2009). The pythagoras study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom*, 137–160.
- Knain, E. (2019). Utforskende arbeidsmåter—en oversikt. I E. Knain & S.D. Kolstø (Red.), *Elever som forskere i naturfag*, 2.
- Knain, E., Fredlund, T. & Furberg, A. (2021). Exploring student reasoning and representation construction in school science through the lenses of social semiotics and interaction analysis. *Research in Science Education*, 51(1), 93–111.
- Kolstø, S.D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291–310.
- Korsager, M., Reitan, B., Gaare Dahl, M., Skår, A.R. & Frøyland, M. (i trykk).
- Korsager, M. & Scheie, E. (2019). Students and education for sustainable development—what matters? A case study on students' sustainability consciousness derived from participating in an ESD project. *Acta Didactica Norge*, 13(2), 6–26.
- Kostøl, K.B., Remmen, K.B., Braathen, A. & Stromholt, S. (2021). Co-designing cross-setting activities in a nationwide STEM partnership program—Teachers' and students' experiences. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(1), 426–456.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International journal of science education*, 33(1), 27–50.
- Kuger, S., Klieme, E., Jude, N. & Kaplan, D. (2016). *Assessing contexts of learning: An international perspective*. Springer.
- Kunnskapsdepartementet. (2021). Lærerutdanning 2025. Nasjonal strategi for kvalitet og samarbeid i lærerutdanningene.
- Kaarstein, H. & Nilsen, T. (2018). Norske elevers motivasjon for naturfag gjennom 20 år. I J.K. Björnsson & R.V. Olsen (Red.), *Tjue år med TIMSS og PISA i Norge* (s. 34–56). Universitetsforlaget.
- Kaarstein, H., Radišić, J., Lehre, A.-C. W., Nilsen, T. & Bergem, O.K. (2020). *TIMSS 2019. Kortrapport*. Hentet fra: <https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/timss/2019/timss-2019-kortrapport.pdf>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. *Handbook of research on science education*, 831–879.
- Leicht, A., Heiss, J. & Byun, W.J. (2018). *Issues and trends in education for sustainable development* (vol. 5). Unesco Publishing.
- Lord, T.R. (1997). A comparison between traditional and constructivist teaching in college biology. *Innovative Higher Education*, 21(3), 197–216.
- Lortie, D. (1975). *Schoolteacher: A sociological study*. University of Chicago.
- Lødding, B., Tellmann, S.M., Bungum, B., Vennerød-Diesen, F.F., Sølberg, J., Røsdal, T., Jarness, V., Larsen, E.H. (2019). Evaluering av Tett på realfag. Implementeringen. Delrapport 2.
- Løken, M. & Skåtun, T. (2021). Museumsforlaget.
- Mayer, R.E. (2010). *Applying the science of learning*. Pearson Merrill Prentice Hall.

- Mehli, H. (2014). *Rom for læring: Hva kan erfaringer fra autentisk naturvitenskapelig arbeid bidra med i klasserommet?* (Doktoravhandling.) NTNU.
- Mehli, H. & Bungum, B. (2013). A space for learning: how teachers benefit from participating in a professional community of space technology. *Research in Science & Technological Education*, 31(1), 31–48.
- Mercer, N. (2002). *Words and minds: How we use language to think together*. Routledge.
- Metha, J. & Fine, S. (2019). *In search of deeper learning. The quest to remake the American high school*. Harvard University Press.
- Miles, M.B. & Huberman, A.M. (1984). *Qualitative Data Analysis: a sourcebook of new methods*. Sage Publications.
- Minner, D.D., Levy, A.J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Mork, S.M. & Erlien, W. (2017). *Språk, tekst og kommunikasjon i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Mork, S.M., Henriksen, E.K., Haug, B.S., Jorde, D. & Frøyland, M. (i trykk). Defining Knowledge Domains for Science Teacher Educators.
- Mortimer, E.F. & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Open University Press.
- Mullis, I.V.S. & Martin, M.O. (2017). TIMSS 2019 Assessment Frameworks. Hentet fra <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Foy, P., Kelly, D. & Fishbein, B. (2020). TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science.
- Neumann, K., Kauertz, A. & Fischer, H.E. (2012). Quality of instruction in science education. I *Second international handbook of science education* (s. 247–258). Springer.
- Nilsen, T. & Frøyland, M. (2016). Undervisning i naturfag. I O.K. Bergem, H. Kaarstein & T. Nilsen (Red.), *Vi kan lykkes i realfag* (s. 137–157).
- Nilsen, T. & Gustafsson, J.-E. (2016). *Teacher quality, instructional quality and student outcomes: relationships across countries, cohorts and time*. Springer Nature.
- Nilsen, T., Scherer, R. & Blömeke, S. (2018). 3. The relation of science teachers' quality and instruction to student motivation and achievement in the 4th and 8th grade: A Nordic. *Northern Lights on TIMSS and PISA 2018*, 61.
- NOU 2015: 8. (2015). *Fremtidens skole – Fornylse av fag og kompetanser*. Oslo: Norges offentlige utredninger (NOU).
- OECD (2018a). The future of education and skills: Education 2030. *OECD Education Working Papers*.
- OECD (2018b). The future of education and skills: Education 2030: Conceptual Learning Framework. Skills for 2030. *OECD Education Working Papers*. Hentet fra https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills_for_2030_concept_note.pdf
- OECD (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing.
- OECD (2020). *TALIS 2018 Results (Volume II) Teachers and School Leaders as Valued Professionals*. OECD Publishing.

- Osborne, J.F. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328(5977), 463–466.
- Osborne, J.F., Borko, H., Fishman, E., Gomez Zaccarelli, F., Berson, E., Busch, K., Reigh, E., Tseng, A. (2019). Impacts of a practice-based professional development program on elementary teachers' facilitation of and student engagement with scientific argumentation. *American Educational Research Journal*, 56(4), 1067–1112.
- Osborne, J.F., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International journal of science education*, 25(9), 1049–1079.
- Pajchel, K., Ramton, A.M.T.S. & Sollid, P.Ø.D. (2019). Modeller og modellering i naturfag. I L.O. Voll, A.B. Øyehaug & A. Holt (Red.), *Dybdeløring i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Pellegrino, J. & Hilton, M. (2012). Importance of deeper learning and 21st century skills. *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*, 37–68.
- Pianta, R.C., La Paro, K.M. & Hamre, B.K. (2006). CLASS: Classroom assessment scoring system manual preschool (Pre-K) version. Center for Advanced Study of Teaching and Learning.
- Pintrich, P. & Schunk, D. (2002). *Motivation in Education: Theory, Research, and Applications* (2. utg.). Merrill Prentice Hall.
- Pintrich, P.R. (1999). Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. I W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Red.), *New perspectives on conceptual change* (s. 33–50). Pergamon.
- Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B. & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: The German framework of three basic dimensions. *ZDM*, 50(3), 407–426.
- Regjeringen. (2016). Meld. St. 21 (2016–2017). Lærelyst – tidlig innsats og kvalitet i skolen.
- Remmen, K.B. & Frøyland, M. (2020). Students' use of observation in geology: towards 'scientific observation' in rock classification. *International journal of science education*, 42(1), 113–132.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197.
- Sadler, T.D. (2011). Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI. I *Socio-scientific Issues in the Classroom* (s. 355–369). Springer.
- Sawyer, R.K. (2005). *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge University Press.
- Scheerens, J. (2016). *Opportunity to learn, curriculum alignment and test preparation: A research review*. Springer.
- Scheie, E. & Stromholt, S. (2019). "The Sustainable Backpack": Exploring possibilities in education for sustainable development through a nationwide professional development program. *Acta Didactica Norge*, 13(2), 5–22.
- Schmidt, W.H. & Maier, A. (2012). Opportunity to learn. I *Handbook of education policy research* (s. 557–575). Routledge.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G. & Crawford, B.A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610–645.
- Senden, B., Nilsen, T. & Blömeke, S. (i trykk). A review of instructional quality: what is it, how do we measure and how does it relate to student outcomes?

- Sinnes, A.T. (2015). *Utdanning for bærekraftig utvikling: hva, hvorfor og hvordan?* Universitetsforlaget.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk* (3.utg.). Gyldendal.
- Skaalvik, E.M. & Skaalvik, S. (2015). *Motivasjon for læring: teori og praksis*. Universitetsforlaget.
- Stoknes, P.E. (2019). *Det vi tenker på når vi prøver å ikke tenke på global oppvarming*. Tiden.
- Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M. & Thomas, S. (2006). Professional learning communities: A review of the literature. *Journal of Educational Change*, 7(4), 221–258.
- Sørensen, K., Van Den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z. & Brand, H. (2012). Health literacy and public health: A systematic review and integration of definitions and models. *BMC Public Health*, 12(1), 80. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-80>
- Teig, N., Nilsen, T. & Senden, B. (2021). *Identifying Effective Science Instruction: Patterns and Relations to Student Cognitive and Affective Outcomes*. Paper presented at the ECER 2021.
- Teig, N., Scherer, R. & Nilsen, T. (2018). More isn't always better: The curvilinear relationship between inquiry-based teaching and student achievement in science. *Learning and Instruction*, 56, 20–29.
- UNEP. (2021). Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies. Hentet fra <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>
- Utdanningsdirektoratet (2016). Fag- og timefordeling og tilbudsstruktur for Kunnskapsløftet Udir-1-2016 Hentet fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/fag-og-timefordeling/Tidligere-rundskriv/udir-01-2016/vedlegg-1/2.-grunnskolen/>
- Utdanningsdirektoratet (2017). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*.
- Utdanningsdirektoratet (2019). Læreplan i naturfag (NAT01–04). Hentet fra <https://www.udir.no/lk20/nat01-04>
- Utdanningsdirektoratet (2021a). Kompetanseutvikling i barnehage, skole og fag- og yrkesopplæring. Hentet fra <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/lokal-kompetanseutvikling/>
- Utdanningsdirektoratet (2021b). Lærerspesialistutdanning. Hentet fra <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/etter-og-videreutdanning/larerspesialister/larerspesialistutdanning/>
- Voelkel Jr, R.H. & Chrispeels, J.H. (2017). Understanding the link between professional learning communities and teacher collective efficacy. *School Effectiveness and School Improvement*, 28(4), 505–526.
- Voll, L.O. (2018). Hva er dybdelæring? *Naturfag*, 1, 6–9.
- Voll, L.O., Bøe, M.V., Mork, M., Haug, B., Fiskum, K. & Frøyland, M. (2019). Bærende ideer i naturfag. I A. Holt, L.O. Voll & A.B. Øyehaug (Red.), *Dybdelæring i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Windschitl, M., Thompson, J., Braaten, M. & Stroupe, D. (2012). Proposing a core set of instructional practices and tools for teachers of science. *Science Education*, 96(5), 878–903.
- Wiske, M.S. (1998). *Teaching for Understanding. Linking Research with Practice. The Jossey-Bass Education Series*. ERIC.
- Zhang, L. & Cobern, W.W. (2020). Confusions on “Guidance” in Inquiry-Based Science Teaching: a Response to Aditomo and Klieme (2020). *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 1–6.

- Ødegaard, M., Haug, B., Mork, S.M. & Sørvik, G.O. (2014). Challenges and support when teaching science through an integrated inquiry and literacy approach. *International Journal of Science Education*, 36(18), 2997–3020.
- Ødegaard, M., Kjærnsli, M., Karlsen, S., Kersting, M., Lunde, M.L.S., Olufsen, M. & Sæleset, J. (2021). *Tett på Naturfag i klasserommet*. Hentet fra Universitet i Oslo: https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/lissi-laring-naturfag/lissi_kortrapport.pdf