

5 TIMSS I ET NATURFAGDIDAKTISK PERSPEKTIV

I dette kapitlet vil naturfagdelen av TIMSS bli studert i et naturfagdidaktisk perspektiv. Hva slags type kompetanse i naturfag måles i TIMSS? Naturfag i TIMSS vil spesielt bli sett i forhold til læreplanen for natur- og miljøfag i L97. En sammenlikning med PISA vil også stå sentralt. Som bakgrunn for disse analysene, gir vi innledningsvis en kort beskrivelse av kjennetegn ved naturfaglig kunnskap og naturfag som skolefag.

5.1 Hva er naturfaglig kunnskap?

5.1.1 Naturvitenskap som produkt, prosess og sosialt system

Spørsmålet om hva naturfaglig kunnskap er, kan i utgangspunktet betraktes som en vitenskapsteoretisk problemstilling. Sjøberg (1996) hevder at før man kan angripe de tre fagdidaktiske spørsmålene *hva, hvordan og hvorfor*, må hva-spørsmålet stilles på en helt grunnleggende måte: Hva er naturvitenskap? Ved å stille dette spørsmålet ønsker man å klargjøre hva som eventuelt er felles for de ulike naturfagene, og hva som skiller dem fra andre former for erkjennelse, med andre ord hva som skiller naturvitenskap fra for eksempel samfunnsvitenskapene og humanvitenskapene. I litteraturen møter vi ofte begreper som “history, philosophy and sociology of science” og “nature of science” i forbindelse med studier av hva som kjennetegner naturvitenskapelig virksomhet i vid forstand (Jenkins 1996, McComas mfl. 1998). I fagdidaktisk litteratur i naturfag møter vi videre ofte en tredelt kategorisering når forfatterne søker å fange hva som kjennetegner naturvitenskapene. De tre kategoriene er naturvitenskapen som *produkt, prosess* og *sosialt system* (se for eksempel Driver mfl. 1996).

Med naturvitenskapens *produktaspekt* mener man begrepene (for eksempel atomer, gener og energi), lovmessighetene (for eksempel Ohms lov og Mendels arvelover) og teoriene (evolusjonsteorien, kvanteteorien, relativitetsteorien ...). I skolens naturfag har det tradisjonelt vært en tendens til at dette aspektet ved naturvitenskapene har fått dominere, noe vi vil komme tilbake til senere.

Med *prosessaspektet* menes de metoder, teknikker og prosedyrer man benytter i naturvitenskapen for å vinne ny erkjennelse, med andre ord det man ofte kaller vitenskapelig metode. I flere lærebøker for skolen, også enkelte av dem som ble godkjent etter L97, ser vi at uttrykket ”den vitenskapelige metode” brukes. Lærebokforfatterne presenterer med andre ord naturvitenskapens prosessaspekt i form av en allmenn vitenskapelig metode, gjerne konkre-

tisert ved en punktvis presentasjon av den hypotetisk-deduktive metode. Flere har imidlertid påpekt at myten om den ene universelle vitenskapelige metoden er en av de mange mytene som eksisterer om naturvitenskapen (se for eksempel Jenkins 1994, McComas mfl. 1998). Det er åpenbart at ulike naturvitenskapelige disipliner kan være svært forskjellige når det gjelder metodiske tilnærminger. Man kan for eksempel sammenlikne en eksperimentell kjemiker med en astronom. Her er det forskjeller langs mange dimensjoner, for eksempel når det gjelder betydningen av og muligheten for å gjennomføre eksperimenter, og når det gjelder måten resultater rapporteres på.

Det siste aspektet ved naturvitenskapen som vi ofte møter i litteraturen, er naturvitenskapen som *sosialt system*, som institusjon, med andre ord som del av samfunnet. Det har blitt påpekt at det spesielt er i nyere tid at denne siden ved naturvitenskapen har blitt mer og mer framtrædende. Aikenhead (1994) omtaler i denne sammenhengen tre faser i det han kaller ”vitenskapens evolusjon”. På 1600-tallet ble naturvitenskapen (på den tiden ofte omtalt som naturfilosofi) institusjonalisert i Europa. På 1800-tallet ble naturvitenskapen profesjonalisert. På 1900-tallet, ikke minst som en følge av andre verdenskrig, ble samspillet mellom naturvitenskap og samfunn spesielt framtrædende.

I fagdidaktiske miljøer må det sies å være enighet om at naturfagene i skolen bør omfatte alle de tre skisserte aspektene ved naturvitenskapen. Som allerede nevnt har tradisjonell naturfagundervisning gjerne konsentrert seg om produktaspektet, mens de to andre dimensjonene har vært nedtonet. Like fullt har det blitt påpekt at selv om man ikke behandler naturvitenskapens egenart eksplisitt i undervisningen, kan man ikke unngå å formidle et syn på hva naturvitenskap er (Fourez 1988, Østman 1995). Denne formidlingen skjer ikke minst gjennom språkbruk (se for eksempel Knain 1999). Etter hvert har vi imidlertid også fått læremidler som i større grad vektlegger metoder og prosesser og også sosiale og samfunnsmessige sider ved naturvitenskapen. Det siste aspektet er for eksempel blitt ivaretatt gjennom miljølæreprosjekter.

5.1.2 Naturfaglig kunnskap som fakta, prosedyrer, skjemaer og strategier

Hva er naturfaglig kunnskap? Et mulig svar på dette spørsmålet finner vi hos Li mfl. (2004). De opererer med fire ulike typer naturfaglig kunnskap:

- *Faktakunnskap: å vite at.* Dette inkluderer naturfaglige begreper, definisjoner, fakta og utsagn av typen ”CO₂ er karbondioksid” eller ”grønne planter lager glukose fra karbondioksid og vann”. Denne typen kunnskap kan læres og holdes i minnet i form av for eksempel ord eller bilder.
- *Prosedyre kunnskap: å vite hvordan.* Denne typen kunnskap kan ta form av hvis-så-utsagn eller sekvenser av trinn, som å anvende algoritmer for å balansere kjemiske likninger, lese data ut av tabeller eller lage et eksperiment for å bestemme stoffene i en forbindelse. Fra erfaring kan den enkelte automatisere sin prosedyrekunnskap. Slik automatisering er et viktig kjennetegn ved ekspertise.

- *Skjemakunnskap: å vite hvorfor.* Denne typen kunnskap inkluderer typisk å kunne anvende naturfaglige prinsipper eller forklaringsmodeller, slik som å kunne forklare hvorfor månen står opp senere dag for dag, eller hvordan et spesielt virus fungerer. Denne typen kunnskap kan også anvendes for å støtte handling, å finne feil i systemer og å forutsi hvordan endringer i ett fenomen vil påvirke andre fenomener.
- *Strategisk kunnskap: å vite når, hvor og hvordan anvende.* Denne typen kunnskap inkluderer områdespesifikke strategier når det gjelder måten å representere et problem på, eller strategier for å takle spesielle typer oppgaver. Dette inkluderer også mer generelle kontroll- og planleggingsstrategier som å dele en oppgave inn i deloppgaver eller å integrere de tre andre typene av kunnskap på en effektiv måte.

5.2 Hvorfor lære naturfag?

Dersom vi prøver å angi et konkret innhold for naturfagene innenfor de dimensjonene som ble presentert ovenfor, ser vi raskt at hva-spørsmålet er uløselig knyttet til spørsmål om *hvorfor* og ikke minst *for hvem*. Det er langt fra slik at innholdet i naturfag som skolefag gir seg selv. Man kan for eksempel ikke automatisk dedusere et pensum i naturfag ved å ta utgangspunkt i naturvitenskapen selv. Det er i relasjon med ytre faktorer at et argument for eller mot et spesielt faglig innhold dannes. Fire vanlige kategorier av argumenter som legitimerer naturfag i skolen, er gitt nedenfor (se for eksempel Driver mfl. 1996, Sjøberg 2004).

Det økonomiske argumentet

Dagens høyteknologiske samfunn er dominert av kunnskapsindustri. I den sterke internasjonale konkurransen vil det være nødvendig å ha en befolkning som har innsikt i naturfag, og en elite med spesialkompetanse innen faget.

Nytteargumentet

Den innsikten naturfagene gir, vil bidra til at vi mestrer og forstår den verden vi lever i.

Det demokratiske argumentet

Vi lever i en verden hvor viktige politiske og etiske spørsmål har et naturfaglig tilsnitt. Dersom vi ønsker å ha et samfunn med autonome individer, må det være en befolkning som har så god innsikt at man kan fatte politiske og etiske beslutninger med basis i rasjonelle argumenter om den naturlige verden.

Det kulturelle argumentet

Den vestlige sivilisasjonen slik den har utviklet seg i de siste århundrene, er sterkt preget av framskritt i naturvitenskapen generelt. De har ikke bare påvirket en teknologisk utvikling, men også vår tenkemåte og identitet som er preget av modernitet, rasjonalitet og opplysning. Naturfagene er derfor en viktig del av vår kulturarv.

Det er opplagt at vektlegging av ulike argumenter vil ha implikasjoner for det konkrete innholdet i naturfagene. Eksempelvis vil en vektlegging av nytteargumentet kunne gi et fokus på å beskrive dagligdagse fenomener, mens kulturargumentet vil kunne medføre at man drøfter naturfagene i relasjon til filosofiske spørsmål.

5.3 Hvordan læres naturfag?

Begrepet ”konstruktivism” står sentralt i naturfagdidaktikken. Konstruktivism er et læringssyn som vektlegger at eleven aktivt søker å skape mening i den mengden av sanseinntrykk som uopphørlig ”strømmer inn”. Eleven er en aktiv fortolker som selv konstruerer sine egne mentale representasjoner av verden eller deler av verden. Det konstruktivistiske perspektivet på læring av naturfag er gradvis blitt utdypet og utvidet. De ulike perspektivene kan gi litt forskjellige konsekvenser for undervisningen i faget, selv om man ikke entydig kan avlede en bestemt undervisningsform fra et gitt læringssyn.

Leach og Scott (2000) beskriver to hovedkategorier av læringsteorier som blir og har blitt anvendt innenfor naturfagdidaktikken. Den første av disse har sitt opphav i Piagets genetiske epistemologi og har et kognitivt perspektiv. Med denne teoretiske bakgrunnen er detaljerte beskrivelser av elevers *hverdagsforestillinger* innenfor ulike områder av naturfag blitt utviklet, i kombinasjon med kunnskap om hvordan denne kunnskapen endrer seg som et resultat av naturfagundervisning. Et sentralt begrep i denne sammenhengen er ”konseptuell endring” (conceptual change). Det er flere teorier om konseptuell endring i naturfagdidaktikken som har sitt opphav i Piagets genetiske epistemologi. Noen av disse teoriene fokuserer på å beskrive den enkelte elevs mentale strukturer, mens andre igjen sier noe om de mekanismene som initierer endringer i disse. Denne typen teorier fokuserer på læring av naturfag som endring i de mentale strukturene til enkeltindivider. Man kan derfor kalle dette et individuelt syn på læring av naturfag. Ofte bruker man også begrepet ”personlig konstruktivism” i denne forbindelse (Driver mfl. 1994). Begrepet ”Piagetian constructivism” har også blitt brukt om denne retningen (Marín mfl. 2000).

Fra den personlige konstruktivismen, hvor relativt enkle modeller for konseptuell endring spilte en sentral rolle, har perspektivet utvidet seg til også å inkludere det som kan betegnes som de ikke-rasjonelle aspektene ved konseptuell endring. Man har tatt høyde for at begrepsutvikling er avhengig av kontekst (Cobern 1996). Det sosialkonstruktivistiske perspektivet i naturfagdidaktikken legger vekt på at læring av naturfag involverer å bli introdusert til en symbolsk verden. Lemke (1990) påpeker at læring av naturfag kan ses på som det å lære å snakke naturfag (se for øvrig også Vygotsky 1986). Hvis eleven skal få tilgang til naturvitenskapen som kunnskapssystem, må læringsprosessen gå videre enn en personlig empirisk tilnærming. I tillegg til de fysiske erfaringene må eleven få tilgang til de begreper og modeller som er etablert i naturvitenskapen. Man kan for eksempel vanskelig tenke seg at en elev vil oppdage Newtons lover ved kun å observere lodd som faller, med andre ord ved en ren

personlig empirisk tilnærming. Dette kan ses på som en kritikk av en naiv personlig konstruktivistisk tilnærming hvor man antar at eleven alene kan systematisere fenomener og arbeide seg fram til etablert naturvitenskapelig kunnskap.

Det sosialkonstruktivistiske perspektivet i naturfagdidaktikken har gradvis blitt utvidet og utdypet. Også et kulturelt perspektiv på læring og undervisning av naturfag har blitt introdusert. Aikenhead (1996) lanserer begrepet ”border crossing” om den prosessen som foregår når elevene krysser grensen mellom sin egen personlige kultur og den naturvitenskapelige kulturen. Aikenhead hevder at det er viktig at denne grensekryssingen gjøres tydelig for eleven. På denne måten kan man unngå at elevene avviser naturfaget i skolen som noe som ikke angår dem på grunn av for lite samsvar med deres eget verdensbilde. Eleven må med andre ord gjøres bevisst på hvilken kultur som til enhver tid er gjeldende. Grensekryssingen mellom kulturer kan fremmes i klasserommet ved å studere den enkelte elevs personlige kultur og sette denne opp mot den naturvitenskapelige kulturen. Poenget er at man skal bevege seg fram og tilbake mellom de to kulturene og bevisst skifte begrepsbruk, verdier, epistemologier osv. Man krever imidlertid ikke at elevene skal adoptere den naturvitenskapelige kulturen, det stilles ikke noe krav om assimilering. Andre vil imidlertid hevde at dette perspektivet på naturfagundervisning går for langt i retning av relativisme.

5.4 Konstruktivistisk undervisning i naturfag?

En ensidig vektlegging av bestemte arbeidsformer i naturfag følger ikke nødvendigvis av et konstruktivistisk læringssyn, som dreier seg om en læringsteori og ikke en teori for undervisning. Av et syn på læring følger ikke uten videre et syn på hva slags undervisning som er best egnet. Det går for eksempel ikke en entydig linje fra en betoning av elevens selvstendige konstruksjon av sin egen forståelse til ”elevsentrerte” arbeidsformer. Aktivt læringsarbeid skjer i hjernen, og hjerneaktiviteten er ikke avhengig av en bestemt arbeidsform. Det avgjørende er om læringsarbeidet makter å ”trigge” denne aktiviteten. Det handler ikke om synlig aktivitet, heller ikke om at arbeidet er selvstendig eller selvinitiert. I forhold til læring er den formelle undervisningsformen langt på vei irrelevant. En god veileder kan legge til rette for at et selvstendig prosjektarbeid fremmer god læring. Det samme gjelder eksperimentelt arbeid i naturfag. Men det krever at læringsmålene er i fokus hos både lærer og elev, og at arbeidsformene legges opp slik at disse målene fremmes. På samme måte kan en god formidler klare å fremme god læringsaktivitet hos sine tilhørere ved gjennomgang av nytt lærestoff. Men det krever på sin side en årvåkenhet overfor elevenes oppmerksomhet og reaksjoner, og ikke minst forutsetter det en kjennskap til hva elevene kan fra før, og til deres hverdagsforestillinger.

I TIMSS-studien har vi omfattende data om undervisningen i naturfag i de landene som deltar. I kapittel 9 i denne rapporten vil vi i detalj studere disse dataene for Norge i et internasjonalt perspektiv.

5.5 Naturfag som skolefag

Det fagområdet vi i norsk skole kaller natur- og miljøfag, er et viktig fag i den obligatoriske skolen i alle land, men det er stor forskjell når det gjelder fagets organisering og hvilken vekt som legges på forskjellige sider av faget. Den samme variasjonen kan man se når man studerer hvordan undervisningen er organisert på de ulike trinnene. I hele grunnskolen heter faget, i henhold til L97, *natur- og miljøfag*, mens det obligatoriske 5-timerskurset i videregående skole heter *naturfag*, og studieretningsfagene som elevene kan velge til videre fordypning, er spesialiserte kurs i *fysikk*, *kjemi* og *biologi*. I videregående skole finnes det riktignok valgfag i geologi og astronomi, men disse emnene spiller en svært liten rolle i forhold til de tre førstnevnte. Geofaglige emner blir ofte undervist i en samfunnsfaglig sammenheng, og grenseoppgangen mot samfunnsfagene kan ofte være tilfeldig. Før L97 var O-fag et integrert fag på barnetrinnet og bestod av *samfunnsfag* og *naturfag*, mens disse to fagene var separert på ungdomstrinnet.

Ser vi på andre land, er det store forskjeller i hvordan fagområdet organiseres. Selv mellom de nordiske landene varierer det sterkt i så måte. Tendensen er et integrert naturfag på lavere alderstrinn og økende spesialisering med separate kurs på høyere trinn. Denne spesialiseringen inntreffer på forskjellige tidspunkter i ulike land. I engelsktalende land er det sterke tradisjoner for et integrert fag, *science*, og utviklingen i vårt land har vært preget av de samme tendensene de siste tiårene. De enkelte fagdisiplinenes egenart har stått sterkere på kontinentet, og vi skal ikke lenger enn til våre naboland Sverige og Danmark for å finne faget oppdelt i separate emner i den obligatoriske skolen.

Diskusjonene om hvordan fagområdet skal organiseres som skolefag, dreier seg i stor grad om hva faget egentlig handler om, og dette er relatert til ulike syn på hva som er fagets grunnleggende egenart. Tendensen til å integrere faget har bakgrunn i følgende: Faget handler om hvordan naturen er bygd opp og fungerer, om hvilke naturlover den er underlagt, og hva som finnes der av levende og livløst materiale. Langt på vei preges også naturfagene av en felles arbeidsmåte for å skaffe ny kunnskap, ofte snakkes det til og med om en naturvitenskapelig arbeidsmåte, der observasjoner og eksperimenter står sentralt. I engelsk terminologi er dette så innarbeidet at betegnelsen *science* både dekker fagområdet naturfag, men også, særlig i sammenhengen *scientific*, vitenskap mer generelt. Slik er det også i skolen: *Science* i engelsk skole legger betydelig vekt på vitenskapelig arbeids- og tenkemåte, mens dette ikke er like sentralt i andre land. Her ligger åpenbart et dilemma. Oppøving av vitenskapelig og logisk tenkning er viktig, og naturfag kan være en arena der slike intellektuelle ferdigheter kan trenes opp. Men i hvilken grad slik tenkning er karakteristisk spesielt for naturvitenskap, er det ulike syn på. Mange vil hevde at dette er like viktige kompetanser i for eksempel samfunnsvitenskap.

Enhver samfunnsborger vil møte situasjoner hvor naturfaglig kompetanse er viktig for å kunne ta beslutninger og handle rasjonelt. Det er viktig å ha evnen til å kunne trekke konklusjoner fra gitt informasjon og å kunne kritisere påstan-

der framsatt av andre. I mange sammenhenger er det også av betydning å kunne skille en subjektiv mening fra et utsagn som er støttet av objektive data. Faget naturfag innebærer en spesiell rasjonalitet når det gjelder å teste ideer og teorier mot foreliggende dokumentasjon. Mange vil hevde at naturfaget i skolen nettopp har sin viktigste rolle knyttet til å fostre slike generelle kompetanser. Disse kompetansene er så brede og grunnleggende at man kan si at de utgjør en helt spesiell måte å forholde seg til seg selv og sine omgivelser på.

I en naturfagutdanning for *alle* er det viktig å utvikle en forståelse av sentrale begreper og teoretiske rammeverk i naturvitenskapen. Det er også viktig å utvikle kjennskap til naturvitenskapens metoder, både deres styrker og begrensninger når de anvendes i den virkelige verden. Elevene må kunne anvende denne forståelsen i virkelige situasjoner hvor naturvitenskap er involvert, og hvor påstander må vurderes og beslutninger fattes. Dette er betydningsfulle mål for utdanningen i naturfag for *alle* elever. For noen av elevene vil denne forståelsen senere bli utvidet gjennom dybdestudier av naturfaglige ideer som en forberedelse til et framtidig naturfaglig yrke.

Enhver læreplan i naturfag representerer også en avveining mellom det generelle og det spesielle, for eksempel mellom artskunnskap og mer generelle prinsipper i biologi. Og tilsvarende må læreplanen angi en vektlegging av forståelse av naturlover i forhold til kjennskap til de enkeltstående stoffer, arter og fenomener. Kort sagt: Hvor viktig er det å vite forskjell på gran og furu i forhold til å ha forståelse av generelle økologiske prinsipper? Og hvor viktig er kjennskap til atomenes verden i seg selv og som forklaringsmodell for å kunne forholde seg til makroskopiske fenomener i kjemi?

5.6 Naturfag i TIMSS

5.6.1 Innholdsdimensjonen

Som allerede nevnt i kapittel 2 har rammeverket for naturfag i TIMSS to organiserende dimensjoner, en *innholdsdimensjon* og en *kognitiv dimensjon*. Begge disse har flere elementer som definerer henholdsvis de spesifikke naturfaglige fagområdene i undersøkelsen og den ulike kognitive atferden som forventes av elevene i møte med oppgavene. I tillegg inneholder rammeverket en tredje overgripende dimensjon, nemlig naturvitenskapelige arbeidsmetoder. En del oppgaver i TIMSS søker spesielt å vurdere elevenes kompetanse knyttet til naturvitenskapelige arbeidsmetoder. Alle disse oppgavene er imidlertid også klassifisert etter både innholdsdimensjonen og den kognitive dimensjonen.

I den internasjonale rapporten fra TIMSS 2003 er innholdsdimensjonen valgt som utgangspunkt for rapportering. Vi vil legge oss på samme linje i denne rapporten. Innholdsdimensjonen i naturfag i TIMSS består som nevnt av fem fagområder i populasjon 2: biologi, kjemi, fysikk, geofag og miljølære. I populasjon 1 er fysikk og kjemi slått sammen, mens miljølære ikke er et eget fagområde. Riktignok er to av innholdselementene i miljølære for 8. klasse også dekket i 4. klasse, men de rapporteres som del av henholdsvis geofag og

biologi på laveste trinn. Prosentvis fordeling av naturfagoppgaver etter innholdsdimensjonen ble gitt i kapittel 2. Innholdet i fagområdene er presentert punktvis nedenfor. Rammeverket i TIMSS gir også en ytterligere konkretisering av hvert av punktene (Mullis mfl. 2003). I tabell 5.1 presenteres en slik konkretisering for et emne innen fagområdet ”Kjemi”. Disse svært spesifikke konkretiseringene har dannet utgangspunkt for utviklingen av oppgavene. Til hver setning svarer det minst én oppgave. I kapittel 6 i denne rapporten presenteres og diskuteres et utvalg av oppgaver fra begge populasjoner med tilhørende resultater.

Biologi

- Typer, karakteristika og klassifikasjoner av levende ting
- Struktur, funksjon og prosesser i levende organismer
- Celler og deres funksjoner (ikke på 4. klassetrinn)
- Utvikling av og livssyklus til organismer
- Reproduksjon og arvelighet
- Diversitet, tilpasninger og naturlig seleksjon
- Økosystemer
- Helselære

Kjemi

- Klassifikasjon av og sammensetning til stoffer
- Partikkelmodellen (ikke på 4. klassetrinn)
- Egenskaper til og anvendelser av vann
- Syrer og baser (ikke på 4. klassetrinn)
- Kjemisk forandring

Fysikk

- Aggregattilstander og forandringer i stoffer
- Energiformer, energikilder og energioverganger
- Varme og temperatur
- Lys
- Lyd og vibrasjoner (ikke på 4. klassetrinn)
- Elektrisitet og magnetisme
- Krefter og bevegelse

Geofag

- Jordas struktur og fysiske egenskaper (litosfæren, hydrosfæren og atmosfæren)
- Jordas prosesser, sykluser og historie
- Jordas plass i solsystemet og universet

Miljølære

- Befolkningsendringer (ikke på 4. klassetrinn)
- Anvendelse og bevaring av naturressurser (rapporteres som del av ”Geofag” i 4. klasse)

- Miljøendringer (rapporteres som del av ”Biologi” i 4. klasse)

Tabell 5.1 Konkretisering av ”Egenskaper til og anvendelser av vann” innen fagområdet ”Kjemi”

4. klasse	8. klasse
Identifisere vanlige anvendelser av vann i hver av dets tilstander (for eksempel som løsningsmiddel, kjølemiddel og varmekilde).	Identifisere vann som en forbindelse med molekyler bestående av ett oksygenatom og to hydrogenatomer. Relatere egenskaper og anvendelser av vann til dets fysikalske egenskaper (for eksempel smeltepunkt, kokepunkt, evne til å løse mange forbindelser, termiske egenskaper og utvidelse ved frysing).

5.6.2 Den kognitive dimensjonen

Den kognitive dimensjonen i TIMSS består av tre hovedkategorier:

- Faktakunnskap
- Begrepsforståelse
- Resonnement og analyse

De tre hovedkategoriene er nærmere konkretisert punktvis nedenfor. En nærmere beskrivelse av hvert punkt er gitt i Mullis mfl. (2003). På samme måte som for innholdsdimensjonen inneholder TIMSS oppgaver som måler elevens kompetanse i forhold til alle punktene. Hver oppgave er klassifisert både etter innholdsdimensjonen og den kognitive dimensjonen. Prosentvis fordeling av naturfagoppgaver etter den kognitive dimensjonen er gitt i kapittel 2. Det planlegges for øvrig et internasjonalt utviklingsarbeid med det mål å lage rapporteringsskalaer også basert på den kognitive dimensjonen.

Faktakunnskap

- Gjenkalle og gjenkjenne
- Definere
- Beskrive
- Anvende utstyr og prosedyrer

Begrepsforståelse

- Illustrere med eksempler
- Sammenlikne, kontrastere og klassifisere
- Representere og modellere
- Relatere
- Trekke ut og anvende informasjon
- Finne løsninger
- Forklare

Resonnement og analyse

- Analysere, tolke og løse problemer
- Integre og lage synteser

- Forutsi og lage hypoteser
- Designe og planlegge
- Trekke konklusjoner
- Generalisere
- Evaluere
- Begrunne

5.7 TIMSS og L97

Planen for natur- og miljøfag i L97 tar utgangspunkt i fire hovedmomenter:

- Kropp og helse
- Mangfoldet i naturen
- Stoff, egenskaper og bruk
- Det fysiske verdensbildet

Disse hovedmomentene er gjennomgående for hele grunnskoleløpet. Målene for hvert av hovedmomentene er presentert i tabellene 5.2 og 5.3. Som det går fram, er de temaene som beskrives her, i påfallende stor grad sammenfallende med innholdet i fagområdene i TIMSS. Innholdet er imidlertid inndelt på litt forskjellig måte i L97 og TIMSS. Det må imidlertid påpekes at svært lokalt preget kunnskap vanskelig kan inngå i en internasjonal komparativ studie som TIMSS. Dette kan for eksempel gjelde enkelte typer artskunnskap. Et mål som ”å bli kjent med navn på vanlige planter, dyr og sopp” kan opplagt berøres av dette (se for øvrig Turmo 2004b).

I de nærmere konkretiseringene er det påfallende forskjeller mellom L97 og TIMSS. Mens TIMSS beskriver i detalj hvilke kunnskaper og ferdigheter som inngår i testen innen det enkelte fagområde, som i eksemplet i tabell 5.1, har formuleringene i L97 en annen egenart. Innen hovedmomentet ”Kropp og helse” for 5.–7. klasse kan vi for eksempel lese følgende:

I opplæringen skal elevene

- **bli kjent med** plasseringen og hovedfunksjoner til noen organer i kroppen
- **arbeide med** enkle eksempler på likheter og ulikheter mellom bygningen til mennesker og andre dyrearter
- **arbeide med** spørsmål knyttet til puberteten, og hvilken rolle den spiller for formering og seksuell kjønnsidentitet, blant annet heterofili/homofili (L97, s. 211, våre uthevinger, originaltekst på nynorsk).

Sitatet er typisk for formuleringene i L97 og illustrerer tydelig hvordan læreplanen angir hva elevene skal arbeide med og gjøre, men i liten grad hva de faktisk skal kunne.

Tabellene 5.2 og 5.3 viser at målene i L97 også inneholder formuleringer av mer affektiv art, som ”å utvikle glede, undring og respekt”. Disse aspektene er ikke på samme måte dekket av TIMSS-undersøkelsen.

Tabell 5.2 Mål for hovedmomentene "Kropp og helse" og "Mangfoldet i naturen" i L97. Originaltekst på nynorsk

	Kropp og helse	Mangfoldet i naturen
1.–4. klasse	Elevene skal stimuleres til å bruke sansene bevisst, bli kjent med begreper om kroppen, lære hvordan de kan ta vare på kroppen, og bli fortrolige med hvordan kroppen vokser og endrer seg. De skal utvikle forståelse for mennesket som en del av naturen.	Elevene skal gjennom egne opplevelser kunne utvikle glede, undring og respekt for mangfoldet i naturen. De skal bli kjent med den levende og den ikke-levende delen av naturen og samspillet mellom dem. De skal utvikle begrepene sine om naturen ved å tegne og skrive sine egne observasjoner, og utvikle omsorg og ansvar for naturen i sitt eget nærmiljø.
5.–7. klasse	Elevene skal utvikle kunnskap om noen kroppsfunksjoner og eksempler på likheter og ulikheter mellom mennesker og andre dyrearter. De skal bli fortrolige med endringer som skjer ved overgangen fra barn til voksen, og kunne utvikle forståelse for verdien av et sunt kosthold. De skal kjenne til virkninger av tobakk og rusgifter og utvikle bevisste holdninger til bruk av rusmidler.	Elevene skal gjennom opplevelser og undersøkelser av ulike former for liv og livsprosser utvikle undring og respekt for mangfoldet i naturen. De skal gjennom systematiske observasjoner i ulike biotoper og gjennom kontrollerte forsøk utvikle forståelse for samspillet i naturen. De skal bli kjent med navn på vanlige planter, dyr og sopp og kunne søke etter informasjon i ulike skriftlige kilder og i datanett.
8.–10. klasse	Elevene skal ha kunnskap om bygningen og funksjonen til systemene i kroppen og hvordan de virker sammen. De skal bli kjent med vanlige sykdommer og hvordan sykdomsbildet har endret seg. De skal ha kunnskap om hvordan tobakk og rusmidler virker på kroppen, utvikle ansvar for egen helse og omsorg og respekt for andre.	Elevene skal gjennom systematiske undersøkelser av den levende og den ikke-levende delen av naturen utvikle økologisk forståelse. De skal kjenne til utviklingen av jorda og hvordan livet på jorda har oppstått og endret seg over tid. De skal utvikle forståelse for menneskets plass i naturen og hvordan menneskelige aktiviteter kan endre naturmiljøet lokalt og globalt, og kunne gi eksempler på hvordan kunnskap, forskning og teknologi har endret levevilkårene og miljøet. Elevene skal kunne bruke ulike skriftlige kilder og elektroniske hjelpemidler for å søke, omarbeide og formidle informasjon.

Tabell 5.3 Mål for hovedmomentene "Stoff, egenskaper og bruk" og "Det fysiske verdensbildet" i L97. Originaltekst på nynorsk

	Stoff, egenskaper og bruk	Det fysiske verdensbildet
1.–4. klasse	Elevene skal gjennom frie og styrte aktiviteter utvikle kunnskap om ulike materialer og noen av egenskapene deres. De skal ha kjennskap til resirkulering av avfall og utvikle en positiv holdning til miljøvennlig avfallshåndtering.	Elevene skal gjennom frie og styrte aktiviteter kjenne til noen fysiske fenomener i dagliglivet og utvikle begrepene sine i forhold til disse. De skal kjenne til ulike værphenomener og ha kunnskaper om sol, måne og stjerner.
5.–7. klasse	Elevene skal kjenne egenskapene til utvalgte stoffer og lære om hva de blir brukt til i dagliglivet. De skal bli kjent med vanlige mineraler og bergarter. De skal gjøre forsøk med og utvikle kunnskap om forbrenning av stoffer og få innsikt i hvilken rolle vann spiller i naturen og i samfunnet.	Elevene skal gjennom enkle forsøk utvikle kunnskap om magnetisme og elektrisitet og egenskaper ved lys og lyd, og kjenne til betydningen av dette i dagliglivet før og nå.
8.–10. klasse	Elevene skal ha kunnskap om stoffer og deres reaksjoner slik at de kan se sammenhenger og gjøre miljøvennlige valg i vår kjemiske hverdag. De skal kunne planlegge, gjennomføre og vurdere enkle forsøk. Elevene skal kunne bruke informasjonsteknologi som et hjelpemiddel.	Elevene skal ha kunnskap om jorda, solsystemet og universet og kjenne til hvordan teknologisk utvikling har virket inn på kunnskapen vår om verdensrommet. De skal ha kunnskap om ulike energitilstander, energikilder og energiformer. De skal kjenne hvordan teknologisk utvikling har påvirket energibruken vår og eksempler på positive og negative konsekvenser av dette. De skal ha kunnskaper om målinger og måleenheter og kunne planlegge, gjennomføre og vurdere enkle forsøk og kunne bruke elektroniske hjelpemidler i arbeidet. De skal gjennom forsøk få forståelse for en partikkelmodell for faste stoffer, væsker og gasser. Elevene skal være fortrolige med og kunne bruke informasjonsteknologi for å søke, omarbeide og formidle informasjon.

5.8 TIMSS OG PISA

5.8.1 Likheter og forskjeller

Det er både likheter og forskjeller mellom PISA- og TIMSS-undersøkelsene. En iøynefallende forskjell er at elevene i TIMSS populasjon 2 er to år yngre enn de elevene som deltar i PISA. Og videre er det ikke de samme landene som deltok i de to undersøkelsene. Endelig må vi ved alle sammenlikninger huske på at TIMSS og PISA måler litt forskjellige ting, siden oppgavene er valgt ut fra litt forskjellige premisser. Dette vil vi her gå litt nøyere inn på.

En gjennomgang av likheter og forskjeller mellom de to prosjektene er gitt av Harlen (2001). For det første har PISA utbyttet av den totale basisutdanningen som fokus, mens TIMSS er designet for å gjøre det mulig å rapportere prestasjoner på forskjellige aldersnivåer og på den måten sammenlikne fram-

gang med alder for forskjellige land. PISA tester det man regner med kreves i framtiden, mens TIMSS legger vekt på prestasjoner med utgangspunkt i en felles kjerne av læreplanelementer i de ulike land. TIMSS har som siktepunkt å måle så ”rettferdig” som mulig *det som undervises* i naturfag i alle deltakerlandene. Det man vurderer i PISA, er ikke knyttet til en slik kjerne av felles læreplanelementer, men i stedet til et konsensus syn når det gjelder hva utdanningssystemet *bør vektlegge* for å forberede samfunnsborgerne for voksenlivet og livslang læring. En vesentlig del av dette er evnen til å bruke prosesskompetanse og begrepsforståelse i ulike relevante kontekster.

PISA-oppgavene tar utgangspunkt i autentisk materiale (tekster), og man anvender grupper av oppgaver knyttet til samme materiale. TIMSS-undersøkelsen består derimot i hovedsak av enkeltstående oppgaver. PISA har flere oppgaver som krever lange svar enn TIMSS.

Når man skal sammenlikne resultatene fra TIMSS og PISA, er det altså viktig å ha klart for seg at de to undersøkelsene ikke måler den samme typen naturfagkompetanse. ”Naturfag” i TIMSS og PISA er med andre ord prinsipielt ikke det samme, men på hver sin måte passer definisjonene godt overens med natur- og miljøfag i L97.

Både TIMSS og PISA består av en serie undersøkelser, noe som gir muligheten til å få sammenliknbare data fra undersøkelse til undersøkelse. Deltakerlandene har derfor mulighet til å bruke begge disse studiene til å studere tendenser over tid.

5.8.2 Naturfag i PISA

PISA-studiens definisjon av naturfagkompetanse tar utgangspunkt i begrepet *scientific literacy*. Med utgangspunkt i den generelle kompetansedefinisjonen i PISA og med innspill fra alle deltakerlandene har en ekspertgruppe i naturfag kommet fram til følgende definisjon av begrepet *scientific literacy*:

“Scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity.” (OECD 2003, s. 133)

I PISAs definisjon av *scientific literacy* brukes naturfaglig kunnskap på en måte som innebærer mye mer enn kunnskap om fakta, navn og begreper. Det inkluderer en forståelse av fundamentale naturfaglige begreper og hvilke begrensninger naturfaglig kunnskap og naturvitenskapens egenart har. Å gjenkjenne spørsmål som kan besvares ved naturvitenskapelige metoder, innebærer kunnskap om naturvitenskapens egenart, så vel som kunnskap om naturfaglige sider knyttet til spesifikke temaer. Å trekke konklusjoner basert på data betyr å kjenne til og anvende metoder knyttet til utvalg og vurdering av informasjon og data. Det innebærer også å gjenkjenne tilfeller som mangler tilstrekkelig informasjon til at man kan trekke endelige konklusjoner.

Rammeverket for PISA tar utgangspunkt i hva som anses som viktige kompetanser i morgendagens samfunn. Det finnes ikke et dekkende begrep for

”scientific literacy” på norsk, men det blir ofte oversatt med naturfaglig allmenndannelse. I PISAs rammeverk er oppgavene klassifisert etter tre sider ved naturfag:

- *Emneområder*
- *Kompetanser*
- *Kontekster*

Disse tre danner utgangspunkt for hele naturfagdelen i PISA-undersøkelsen. De to første har i hovedsak vært viktige under utviklingen av oppgaver og til å beskrive elevenes kompetanse, og de blir nærmere beskrevet i de to neste avsnittene. Det tredje punktet, *kontekster*, var viktig under utviklingen av oppgaver for å sørge for at oppgavene til sammen var hentet fra et bredt spekter av virkelighetsnære situasjoner. Kontekstene skal være knyttet til elevenes hverdag, til skole, til arbeidslivet, til lokalsamfunnet eller til storsamfunnet. Det er lagt vekt på at naturfagoppgavene i PISA til sammen dekker alle disse ulike kontekstene.

Det som her er kalt emneområde, dreier seg om hvilke naturfaglige emner oppgavene handler om. I PISA har man ikke listet opp en lang og detaljert rekke med naturfaglige emner som skal dekkes, slik man gjør i TIMSS. Målet i PISA er å beskrive i hvilken grad elevene kan anvende kunnskapen i en del relevante sammenhenger. Emnene er valgt fra områdene *Liv og helse, Jorda og miljøet og Teknologi* i PISA 2003-studien. I PISA 2006 vil naturfag være hovedemne, og da vil et bredere utvalg av emner dekkes.

Naturfaglige kompetanser er ifølge PISA mentale handlinger som anvendes for å utvikle, tolke og bruke data for å oppnå kunnskap eller forståelse. Man ønsker å se i hvilken grad elever kan anvende naturfaglig kunnskap, om de kan vite når naturfaglig kunnskap er relevant, om de kan trekke konklusjoner basert på data, og om de kan skille mellom spørsmål som kan besvares ved hjelp av naturvitenskap eller ikke. De tre naturfagkompetansene i PISA 2003 er definert slik:

- *Kompetanse 1: Beskrive, forklare og forutsi naturvitenskapelige fenomener*
- *Kompetanse 2: Forstå naturvitenskapelige undersøkelser*
- *Kompetanse 3: Tolke naturvitenskapelig evidens og naturvitenskapelige konklusjoner*

Kompetanse 1

Her må elevene bruke begrepsforståelse i en gitt situasjon. Det vil si at de må beskrive eller forklare fenomener ved hjelp av naturfaglige begreper.

Kompetanse 2

Å forstå naturvitenskapelige undersøkelser innebærer for eksempel å bestemme hvilke spørsmål som kan undersøkes ved hjelp av naturvitenskap, eller å kunne foreslå spørsmål som kan undersøkes vitenskapelig. Det innebærer også å kunne avgjøre hva som er nødvendig i naturvitenskapelige undersøkelser, som

for eksempel hva som skal sammenliknes, hvilke variabler som skal kontrolleres, og hvilken informasjon som er nødvendig.

Kompetanse 3

Denne kompetansen vil si å kunne tolke eller begrunne naturvitenskapelige funn og konklusjoner og kunne anvende dem. Med utgangspunkt i oppgitte data kan dette være å velge mellom forskjellige konklusjoner eller å argumentere for eller mot en gitt konklusjon.

5.9 Avslutning

Det er stor innholdsmessig overlapp mellom naturfag i TIMSS og natur- og miljøfag i L97. Hovedforskjellen består i at rammeverket i TIMSS er svært spesifikt når det gjelder hvilke kunnskaper og ferdigheter som skal testes. Planen i natur- og miljøfag i L97 fokuserer derimot på aktiviteter og arbeidsmåter heller enn konkrete krav til kunnskaper og ferdigheter. Selv om det er stort innholdsmessig samsvar, er det like fullt sider ved natur- og miljøfag i L97 som TIMSS ikke måler. Dette gjelder spesielt affektive aspekter som å utvikle ”undring” eller ”respekt”. Riktignok inneholder TIMSS mål for elevens holdninger til naturfag, men disse målene er mer generelle av natur (se kapittel 7). Det må også påpekes at svært lokalt preget kunnskap vanskelig kan inngå i en internasjonal komparativ studie som TIMSS. Dette kan for eksempel gjelde enkelte typer artskunnskap.

Vi har altså sett at rammeverket i TIMSS er svært detaljert når det gjelder hva man ønsker å måle innenfor ulike faglige emneområder. Tilsvarende detaljgrad finner vi ikke i PISA-studien. Rammeverket i PISA er i større grad kompetansebasert. Man tenker seg at spesifikke naturfaglige kompetanser kan utøves i ulike faglige sammenhenger og kontekster, men akkurat *hvilke* områder og kontekster, er ikke like viktig. På denne måten har TIMSS og PISA noe ulik tilnærming til naturfaget. Mens TIMSS tar utgangspunkt i det som typisk inngår i skolefaget naturfag i de landene som deltar, tar PISA utgangspunkt i en normativ definisjon av hva som anses som viktig kompetanse. I lys av dette er det spesielt interessant å observere de klare tendensene til fallende nivå over tid i Norge i begge studiene. Vi ser samme tendens selv om de to studiene har litt ulike definisjoner av ”naturfag” og tester ulike klassetrinn (4. og 8. klasse i TIMSS mot 10. klasse i PISA).