

Berit S. Haug holds a PhD in Science Education and is associate professor at The Norwegian Centre for Science Education, University of Oslo. Her research focus includes language of science, formative assessment and professional development for teachers and teacher educators.

Øystein Sørborg is a lecturer at the Norwegian Centre for Science Education, University of Oslo. He develops research-based curriculum units and resources for teacher professional development in science and technology.

Sonja M. Mork holds a PhD in Science Education and is associate professor at The Norwegian Centre for Science Education, University of Oslo. Her research focus on professional development of teachers and teacher educators and scientific practices including language and literacy.

Merethe Frøyland, Professor in Earth Science education. Leader at The Norwegian Centre for Science Education, University of Oslo. Her research focus includes outdoor learning and professional development for teachers and teacher educators.

BERIT S. HAUG

Norwegian Centre for Science Education, University of Oslo, Norway
berit.haug@naturfagsenteret.no

ØYSTEIN SØRBORG

Norwegian Centre for Science Education, University of Oslo, Norway
oystein.sorborg@naturfagsenteret.no

SONJA M. MORK

Norwegian Centre for Science Education, University of Oslo, Norway
s.m.mork@naturfagsenteret.no

MERETHE FRØYLAND

Norwegian Centre for Science Education, University of Oslo, Norway
merethe.froyland@naturfagsenteret.no

Naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter – på vei mot et tolkningsfellesskap

Abstract

Scientific practices are introduced in curricula around the world, replacing the more general concept of inquiry. There are many different definitions of scientific practices, and the purpose of this article is to contribute to a common understanding of what scientific practices are and how they can be implemented and assessed in the classroom. We analyzed the Norwegian curriculum LK20 and found that teachers are mainly left on their own in how to interpret, implement and assess scientific practices. To address the lack of support, we selected a set of central scientific practices based on LK20, the research literature and international curricula and described the practices as explicit and close to teaching practice as possible. Implications for use are discussed, together with a call for other researchers to join the discussion.

INNLEDNING

I Norge er alle læreplaner for fag i grunnskole og videregående opplæring fornyet i 2020–2022. Hovedmålet med fagfornyelsen er at fagene bedre skal forberede elevene på et samfunn i endring gjennom blant annet økt fokus på dybdelæring og evne til kritisk tenkning (Meld.st. nr. 28 (2015-16)). Disse endringene er også i tråd med omtale av 21st century skills i internasjonale dokumenter (Kennedy & Sundberg, 2020; National Research Council, 2012a; OECD, 2018). Det nye læreplanverket har fått navnet Kunnskapsløftet 2020 (LK20). Et av hovedtrekkene ved LK20 er innføringen av kjerneelementer i fagene (Utdanningsdirektoratet, 2020). Kjerneelementene skal speile hva som er det viktigste og mest sentrale elevene skal jobbe med i hvert fag, inspirert av blant annet arbeidet til Harlen mfl. (2015) i *Big Ideas of Science Education*.

I denne artikkelen fokuserer vi på kjerneelementet *naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter (NPT)* i naturfag. Vi ønsker å belyse hva LK20 sier om dette kjerneelementet og å bidra til en bevisstgjøring og tolkningsfelleskap om innholdet. Både nasjonalt og internasjonalt ser vi en dreining mot å snakke om naturvitenskapelige praksiser fremfor det mer overordnede begrepet utforske (Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012; Rönnebeck, Bernholt, & Ropohl, 2016). Begrepet utforske, eller utforskning som tilsvarer det engelske inquiry, er brukt og tolket på mange ulike måter både innenfor naturfagdidaktisk forskning og i skolens naturfag. Utforskning er knyttet til hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles, en måte å undervise på og en måte å lære naturfag på (Crawford, 2014; Furtak et al., 2012; Gyllenpalm & Wickman, 2011; National Research Council, 2012b). En begrunnelse for å dreie fokus fra utforskning til naturvitenskapelige praksiser var behovet for å konkretisere hva utforskning er. Intensjonen var at praksisene skulle være en spesifisering av sentrale aktiviteter som inngår i utforskning (Crawford, 2014; National Research Council, 2012b; Osborne, 2014b).

LK20 innfører kjerneelementet NPT, samtidig som utforske er hyppig brukt i naturfaglærerplanen for 1.–11. trinn. I vårt arbeid med å belyse NPT ble det derfor viktig å diskutere sammenhengen mellom NPT og det å utforske. Ifølge forskningslitteraturen kan en utforskning bestå av ulike praksiser som for eksempel å stille spørsmål, innhente informasjon, argumentere og lage forklaringer om et fenomen (Cervetti, Pearson, Bravo, & Barber, 2006; Crawford, 2014; Furtak et al., 2012). For å få en dypere forståelse av hva det vil si å utforske, må vi først kjenne til hva som inngår i en utforskning, altså praksisene, og deres formål (Rönnebeck et al., 2016). Samtidig må vi unngå å behandle praksisene som isolerte enkeltelementer, da de er avhengig av hverandre for at en utforskning skal gi mening.

Selv om forskere stort sett er enige i at utforskende arbeid kan være effektivt for elevers læring (Crawford, 2014; Duschl & Grandy, 2008; Furtak et al., 2012), er det ikke slik at naturfag alltid må være utforskende. Vårt ståsted er derfor at NPT skal gjennomsyre all undervisning, uten at elevene nødvendigvis jobber utforskende. Dette utdypes senere i artikkelen.

For å få en helhetlig forståelse av hvordan forskere jobber når de utvikler, vurderer og reviderer kunnskap, er det altså nødvendig med forståelse av de ulike praksisene som inngår i arbeidet og sammenhengen mellom dem. Dette var utgangspunktet for Rönnebeck og kollegers (2016) gjennomgang av 81 studier som beskriver hvordan naturvitenskapelige praksiser relatert til utforskende arbeid defineres, implementeres og vurderes i undervisningen. Resultatene viser stor variasjon i hva som oppfattes som sentrale praksiser, hvordan de implementeres og vurderes, og ikke minst er definisjoner av praksisene like ulne og mangfoldige som definisjoner av utforskning. Disse utfordringene er også påpekt av andre forskere (Abd-El-Khalick et al., 2004; Marshall, Smart, & Alston, 2017).

Som vist, peker forskningslitteraturen på manglende felles forståelse av hva det innebærer å arbeide med naturvitenskapelige praksiser. Målet med denne artikkelen er derfor å bidra til en bevisstgjøring og tolkningsfelleskap mellom lærere, lærerstudenter, lærerutdannere og andre naturfagdidaktikere om hva det å arbeide med NPT innebærer for elever. Vi har ikke inkludert teknologiske praksiser og tenkemåter i dette arbeidet. Selv om flere praksiser vil være overlappende, har naturvitenskap og teknologi hver sin egenart og ulike formål.

Videre i artikkelen analyserer vi hvordan kjerneelementet NPT uttrykkes i LK20 og hvordan naturfaglæreplanen legger til rette for implementering i undervisningen. Deretter beskriver vi vårt arbeid med å velge ut sentrale praksiser, våre forslag til operasjonalisering av disse og implikasjoner for videre bruk i undervisningen.

NATURVITENSKAPELIGE PRAKSISER OG TENKEMÅTER I LK20

Det norske læreplanverket LK20 består av en overordnet del som beskriver verdier og prinsipper for opplæringen (Kunnskapsdepartementet, 2017) og læreplaner for fagene (Utdanningsdirektoratet, 2020) (tabell 1). Vi har undersøkt hva slags hjelp og støtte læreplanene gir lærere for operasjonalisering og implementering av NPT, og har først og fremst konsentrert oss om læreplanen for naturfag, (b) i tabell 1.

Tabell 1 Oversikt over det norske læreplanverket LK20.

LK20
a) Overordnet del (verdier og prinsipper felles for alle fag)
b) Læreplaner for fagene
<ul style="list-style-type: none">• <i>Om faget</i><ul style="list-style-type: none">– Fagets relevans– Kjerneelementer– Tverrfaglige temaer– Grunnleggende ferdigheter• <i>Kompetansemål og vurdering</i> (For naturfag: etter 2., 4., 7., 10. og 11. trinn)

Læreplaner for fagene

Læreplaner for fagene er todelt. *Om faget*, beskriver fagets relevans, kjerneelementer, tverrfaglige temaer og grunnleggende ferdigheter. Den andre delen inneholder *kompetansemål og vurdering* etter 2., 4., 7., 10. trinn (grunnskole) og 11. trinn (første år av videregående opplæring). Vi har analysert innholdet i de to delene for naturfag.

Om faget

Fra delen *Om faget* starter vi med beskrivelsen av kjerneelementet *naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter* (NPT) som er utgangspunktet for denne artikkelen:

Elevene skal oppleve naturfag som et praktisk og utforskende fag. Elevene skal gjennom opplevelse, undring, utforskning og erfaring forstå verden omkring seg i et naturvitenskapelig perspektiv. Ved å arbeide praktisk og ved å lage egne modeller for å løse faglige utfordringer, kan elevene utvikle skaperglede, evne til nytenking og forståelse av naturfaglig teori. Naturvitenskapene har et spesielt språk og fagspesifikke måter å tenke på for å forklare fenomener og hendelser. Kjerneelementet beskriver fagets uttrykksformer, metoder og tenkemåter. Arbeid med kjerneelementet naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter skal kombineres med arbeid knyttet til de andre kjerneelementene.

Dette er en altomfattende overordnet beskrivelse, og vi finner igjen mye av samme innhold i omtalen av fagets relevans, for eksempel:

Når elevene tar i bruk naturfaglig språk og naturfaglige metoder, praksiser og tenkemåter i arbeid med faglige emner, vil de få grunnlag for å forstå hvordan naturfaglig kunnskap brukes og utvikles.

Naturfag skal bidra til undring, nysgjerrighet, skaperglede, engasjement og nytenkning hos elevene ved at de får arbeide praktisk og utforskende med faget.

Begge beskrivelsene inneholder begrunnelser for naturfaget. Dette er forventet i omtale av fagets relevans, men ikke i kjerneelementet, som er ment å fremheve det viktigste innholdet og hva elevene skal lære i faget (Utdanningsdirektoratet, 2020). Kjerneelementet sier lite om hvilket innhold lærerne skal fokusere på utover at elevene skal arbeide praktisk og med modeller. Det står heller ingen ting om hva NPT er, utover at *Kjerneelementet beskriver fagets uttrykksformer, metoder og tenkemåter*, og at det skal kombineres med de andre kjerneelementene i naturfag. Å fremheve at fagets uttrykksmåter, metoder og tenkemåter skal kombineres med de andre kjerneelementene er bra og viktig, men beskrivelsen av kjerneelementet gir lite støtte til lærere om hva NPT egentlig innebærer.

I LK20 er det innført tre tverrfaglige temaer: *Folkehelse og livsmestring, Bærekraftig utvikling og Demokrati og medborgerskap*. Det er først og fremst i temaet som omhandler demokrati og medborgerskap vi finner en kobling til NPT gjennom utsagnet:

I naturfag handler det tverrfaglige temaet demokrati og medborgerskap om at elevene skal få grunnlag for å skille mellom vitenskapelig basert kunnskap og kunnskap som ikke er basert på vitenskap.

Dette utsagnet kan tolkes som at elevene skal øves i kritisk tenkning, et viktig budskap som er med på å begrunne hvorfor naturfag er et allmenndannende fag. En forutsetning for å kunne skille mellom naturvitenskapelig kunnskap og annen kunnskap er å ha god kjennskap til hvordan naturvitenskapelig kunnskap dannes og hvilke praksiser som inngår i naturvitenskapelig kunnskapsdannelse. Flere studier har vist at lærere trenger betydelig støtte i dette arbeidet (Capps, Crawford, & Constas, 2012; van Driel, Meirink, van Veen, & Zwart, 2012), og beskrivelsen av kjerneelementet NPT bidrar dessverre ikke med slik støtte.

Det siste punktet under *Om faget* omtaler de fem grunnleggende ferdighetene som elevene skal jobbe med å utvikle i alle fag: digitale ferdigheter, muntlige ferdigheter, å kunne lese, å kunne regne og å kunne skrive. Her er det flere konkrete beskrivelser som kan kobles til arbeidet med NPT, spesielt i teksten om det å kunne skrive:

Å kunne skrive i naturfag er å formulere spørsmål og hypoteser og skrive naturfaglige forklaringer basert på evidens og kilder. Det innebærer også å beskrive observasjoner og erfaringer og å formulere og argumentere for synspunkter.

Vi finner koblinger til NPT i de andre ferdighetene også, men det uttrykkes ikke like eksplisitt. For eksempel om regning i naturfag står det:

Å kunne regne i naturfag er å kunne innhente, bearbeide og framstille relevant tallmateriale. Regning i naturfag innebærer å bruke begreper og velge passende måleinstrumenter, måleenheter og formler for å løse naturfaglige problemstillinger. Regning i naturfag er også å kunne sammenligne, vurdere og argumentere for om beregninger, resultater og framstillinger er gyldige eller ikke.

Selv om lærere kan finne en utdypning av NPT i beskrivelsen av grunnleggende ferdigheter, må de for det første vite at det er her de skal lete etter det. Deretter krever det solid naturfaglig og naturfagdidaktisk kompetanse å se hvordan beskrivelsene henger sammen med kjerneelementet om NPT, kompetanser flere studier har referert til som begrenset, spesielt hos allmennlærere som underviser mange fag (Capps et al., 2012; Stadler & Jorde, 2012).

Læreplanverket er det som skal styre innholdet i all opplæring (Kunnskapsdepartementet, 2017), og vi ser at det ligger mye implisitt om NPT i beskrivelsene vi har presentert. De som utvikler læreplaner har mange hensyn å ta, og det må nødvendigvis inngås noen kompromisser. For eksempel står metodefrihet for lærere sterkt i Norge, og utdanningsmyndighetene er forsiktige med å fortelle lærere hvordan undervisningen skal foregå. Samtidig vet vi at det er behov for et felles begrepsapparat med et mer samstemt meningsinnhold, og det er selve utgangspunktet for denne artikkelen. Behovet for et tolkningsfelleskap trer også tydelig fram når vi ser på den delen av naturfagplanen som omhandler kompetansemål og vurdering.

Kompetansemål og vurdering

Kompetansemål viser til elevers forventede kompetanse etter ulike årstrinn (2., 4., 7., 10. og 11.) og følges av en kort tekst i to avsnitt om vurdering for hvert av disse årstrinnene. Vurderingsteksten gjelder for hele faget og er lignende for alle trinn. Den består hovedsakelig av generelle beskrivelser av underveisvurdering med enkelte tilpasninger for de ulike årstrinn, for eksempel:

Underveisvurderingen skal bidra til å fremme læring og til å utvikle kompetanse i faget. Elevene viser og utvikler kompetanse i naturfag på 5., 6. og 7. trinn når de vurderer og bruker fagbegreper og modeller til å utforske, beskrive og forklare naturfaglige fenomener. De viser og utvikler også kompetanse når de velger metoder, utforsker og reflekterer over teknologi og andre naturfaglige emner og vurderer egne funn og resultater.

Det andre avsnittet er like generelt og innledes på samme måte for alle trinn:

Læreren skal legge til rette for elevmedvirkning og stimulere til lærelyst gjennom å legge til rette for varierte, praktiske og utforskende arbeidsmåter.

Når tekster som skal støtte læreres arbeid er så lite konkrete, er det begrenset hvordan de kan bidra til å løfte læreres vurderingsarbeid eller støtte deres forståelse av hva NPT innebærer.

Når det gjelder kompetansemålene har vi sett spesielt på målene som er direkte knyttet til NPT og plassert dem i en progresjonstabell (tabell 2). Tabeller som viser kompetansemålene i sammenheng og gir oversikt over anbefalt progresjon gjennom utdanningsforløpet er noe vi savner i læreplanen ettersom det kunne vært et godt hjelpemiddel for lærere. Lærere på alle trinn skal bidra til å bygge elevenes naturfaglige kompetanse, og da er det viktig å ha oversikt over hva slags progresjon som er forventet før og etter det trinnet man selv underviser på.

Tabell 2 Oversikt over kompetansemål for naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter.

Etter 2. trinn	Etter 4. trinn	Etter 7. trinn	Etter 10. trinn	Etter Vg1
undre seg, utforske og lage spørsmål, og knytte dette til egne eller andres erfaringer	undre seg, stille spørsmål og lage hypoteser og utforske disse for å finne svar	stille spørsmål og lage hypoteser om naturfaglige fenomener, identifisere variabler og samle data for å finne svar	stille spørsmål og lage hypoteser om naturfaglige fenomener, identifisere avhengige og uavhengige variabler og samle data for å finne svar	utforske en selvvalgt naturfaglig problemstilling (knyttet til eget utdanningsprogram), presentere funn og argumentere for valg av metoder
presentere funnene sine og beskrive hvordan eleven har kommet fram til dem	bruke tabeller og figurer til å organisere data, lage forklaringer basert på data og presentere funn	skille mellom observasjoner og slutninger, organisere data, bruke årsak-virkning-argumenter, trekke slutninger, vurdere feilkilder og presentere funn	analysere og bruke innsamlede data til å lage forklaringer, drøfte forklaringene i lys av relevant teori og vurdere kvaliteten på egne og andres utforskinger	drøfte hvordan utvikling av naturvitenskapelige hypoteser, modeller og teorier bidrar til at vi kan forstå og forklare verden
	sammenligne modeller med observasjoner og samtale om hvorfor vi bruker modeller i naturfag	bruke og vurdere modeller som representerer fenomener man ikke kan observere direkte, og gjøre rede for hvorfor det brukes modeller i naturfag	bruke og lage modeller for å forutsi eller beskrive naturfaglige prosesser og systemer og gjøre rede for modellenes styrker og begrensinger	drøfte hvordan utvikling av naturvitenskapelige hypoteser, modeller og teorier bidrar til at vi kan forstå og forklare verden

Kompetansemålene omhandler både enkeltpraksiser og det å utforske mer generelt. Målene er fragmenterte, og hvordan innholdet i målene skal forstås overlates til hver enkelt leser. I tillegg ser vi at verbet utforske er mye brukt i flere kompetansemål i LK20 for både naturfag og andre fag. For eksempel *utforske et naturområde, utforske faseoverganger, utforske negative tall i praktiske situasjoner, utforske og formidle tekster, utforske kulturminner, utforske etiske ideer fra sentrale skikkelser i filosofihistorien*. Det eneste stedet *utforske* er definert i hele læreplanverket, er i en ordliste over utvalgte verb (f.eks. utforske, redegjøre, beskrive) som finnes i en hjelpemeny på nettsiden der kompetansemålene er beskrevet. Verbene i ordlisten er tilknyttet alle fag i LK20, og utforske er forklart på følgende måte:

Å utforske handler om å oppleve og eksperimentere og kan ivareta nysgjerrighet og undring. Å utforske kan bety å sanse, søke, oppdage, observere og granske. I noen tilfeller betyr det å teste ut eller evaluere arbeidsmetoder, produkter eller utstyr.

For naturfag er denne setningen lagt til:

I naturfag er det å stille spørsmål og bruke data for å lage forklaringer grunnleggende for å utforske.

Hvis lærere finner fram til ordlisten, mener vi det kan virke uoversiktlig å skulle forholde seg til et utvalg betydninger av samme verb. Den generelle definisjonen kan lett gi inntrykk av at så lenge elevene er aktive og gjør noe praktisk, er det utforskende. Et positivt element er presiseringen av at utforsking i naturfag har en spesiell betydning, noe som gjerne kunne vært framhevet flere steder enn i en ordliste.

At kjerneelementet kalles NPT kan indikere et ønske om å følge internasjonale trender med fokus på naturvitenskapelige praksiser. Samtidig er det overordnede begrepet *utforske* beholdt og nevnes hele 119 ganger i naturfagplanen. En slik sammenblanding av begreper kan etter vår mening bidra mer til forvirring enn klargjøring.

Ved å vise disse utdragene fra læreplanen, ønsker vi å synliggjøre at mye tolkningsarbeid er overlatt til lærere når det gjelder innføringen av NPT. Basert på sin oversiktsstudie vurderer Rönnebeck mfl. (2016) det som lite sannsynlig at lesere tolker praksisene på samme måte bare ved å se dem omtalt ved navn. Det er behov for å gå dypere inn i operasjonalisering av NPT, og denne artikkelen er et bidrag til en bevisstgjøring og et tolkningsfelleskap om hva det vil si å arbeide med NPT i naturfag.

I neste del beskriver vi prosessen med å velge ut sentrale praksiser, operasjonalisering av dem, samt forslag til kjennetegn på dybdelæring for hver av praksisene etter endt grunnskole.

UTVELGELSE AV PRAKSISER

I arbeidet med å velge ut sentrale praksiser tok vi først og fremst utgangspunkt i LK20 og sammenlignet med relevant litteratur og andre lands læreplaner. Vi søkte etter litteratur om utforskende aktiviteter (*inquiry based activities*) og naturvitenskapelige praksiser ved å bruke Google Scholar og ERIC (Education Resources Information Center). Samtidig søkte vi etter aktuelle oversiktsstudier i *Handbook of Research in Science Education* og i tidsskriftet *Studies in Science Education*. Oversiktsstudiene, spesielt Rönnebeck mfl. (2016) sin gjennomgang av empiriske studier av utforskende aktiviteter, ble brukt som en ressurs for å finne flere studier som var relevante for vårt arbeid.

I søket etter læreplaner med fokus på praksiser var det naturlig å starte med det amerikanske rammeverket Next Generation Science Standards (NGSS) ettersom dette har vært en inspirasjon for naturfagdidaktisk forskning og reformer (Jimenez-Liso, Martinez-Chico, Avraamidou, & López-Gay Lucio-Villegas, 2021; Monteiro & Jiménez-Aleixandre, 2016). NGSS framhever åtte praksiser for naturfagene: 1) stille spørsmål, 2) utvikle og bruke modeller, 3) planlegge og gjennomføre undersøkelser, 4) analysere og tolke data, 5) bruke matematikk og algoritmisk tenkning, 6) lage forklaringer, 7) argumentere ut i fra evidens og 8) skaffe, vurdere og kommunisere informasjon (National

Research Council, 2012b). Flere av de samme praksisene er framtreddende i litteraturen (e.g., Crawford, 2014; Erduran & Dagher, 2014; Osborne, 2014b; Rönnebeck et al., 2016), det er også overlapp med andre lands læreplaner (e.g. Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority, 2015; Education Scotland, 2011; Skolverket, 2017) og med praksisene som inngår i kompetansemålene i LK20 (se tabell 2). Vi valgte derfor å innlemme mange av de samme praksisene i vårt arbeid, men med noe ulik ordlyd, og endte opp med å fokusere på følgende praksiser:

- formulere spørsmål som kan undersøkes
- utføre informasjonssøk og kildekritikk
- samle og bearbeide data
- argumentere
- lage forklaring
- gjøre etiske vurderinger
- bruke og lage modeller
- formidle

Flere av disse praksisene framheves ofte som sentrale for utforskende arbeid, spesielt de fire i venstre kolonne samt argumentere og formidle (Cervetti et al., 2006; Furtak et al., 2012; Osborne, 2014b; Rönnebeck et al., 2016). Vi vil argumentere for at NPT gjelder for all naturfagundervisning og ikke må begrenses til kun å gjelde utforskinger. LK20 har stort fokus på å utforske, og utforskinger er en viktig del av naturfagene, men det betyr likevel ikke at all undervisning må være, eller er, utforskende. Det er flere måter å lære naturfag på, selv om utforskende arbeid kanskje er mest framtreddende. Vi har derfor valgt å inkludere praksisene *utføre informasjonssøk og kildekritikk* og *gjøre etiske vurderinger* som sammen med *argumentere* og *formidle* er handlinger og aktiviteter vi anser som sentrale i all naturfagundervisning (Mork & Erlien, 2017; Osborne, 2010, 2014a; Utdanningsdirektoratet, 2020; Zeidler & Sadler, 2008).

Praksisen å formulere hypoteser nevnes både i forskningslitteraturen (Gyllenpalm & Wickman, 2011; Rönnebeck et al., 2016) og i kompetansemålene for LK20 (se tabell 2). Vi har valgt å inkludere hypoteseformulering i praksisen *samle og bearbeide data*, ettersom hypoteser peker på mulige sammenhenger mellom variabler og på den måten er styrende for hvilke data som må samles inn. Det ikke alltid hensiktsmessig eller mulig å lage hypoteser, for eksempel i observasjonsbaserte undersøkelser som har som mål å beskrive ulike arter. I andre undersøkelser, for eksempel eksperimenter med ulike variabler, kan hypoteser være viktige i planlegging og gjennomføring av datainnsamling (Erduran & Dagher, 2014).

OPERASJONALISERING AV UTVALGTE PRAKSISER

Vår forståelse av NPT tar utgangspunkt i handlinger og aktiviteter elevene skal involveres i for å få en forståelse av hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles. Denne forståelsen er overens med beskrivelser i NGSS (vår oversettelse og vår utheving):

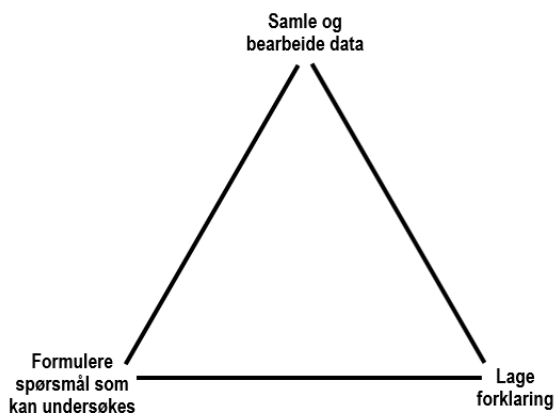
Praksisene beskriver hva forskere gjør for å undersøke den naturlige verden. I NGSS brukes ordet praksiser i stedet for ord som ferdigheter for å understreke at det å arbeide med naturvitenskapelige undersøkelser krever mer enn ferdigheter, det krever også kunnskap som er spesifikt knyttet til hver enkelt praksis. Å arbeide med praksisene vil hjelpe elevene til å forstå hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles (National Research Council, 2012b).

Vi er særlig opptatt av at elevene trenger kunnskap som er spesifikt knyttet til hver praksis, jf. utheving i sitatet. I arbeidet med å operasjonalisere hver av de utvalgte praksisene tok vi derfor utgangspunkt i spørsmålet *Hva betyr praksisen?* Vi støttet oss på forskningslitteraturen og formulerte beskrivelser som framhever hva det innebærer å for eksempel gjennomføre en datainnsamling eller å lage en forklaring. Vi fokuserte på hva lærere og elever må forstå og vite om praksisen for å kunne ta den i bruk. For ytterligere å utdype og konkretisere praksisen, formulerte vi en liste med kjennetegn på dybdelæring for hver praksis etter endt grunnskole. Kjennetegnene kan fungere som en støtte for lærere ved implementering av praksisen, vurdering av elevers arbeid og til å planlegge elevers progresjon innen hver praksis. Kjennetegnene vil også være nyttige i utvikling av læringsressurser, og de kan bidra til at elever får et metaperspektiv på NPT. Før vi presenterer beskrivelser og lister med

kjennetegnet på dybdelæring for den enkelte praksis, går vi inn på samspillet mellom praksisene og begrunner ulike valg vi har tatt.

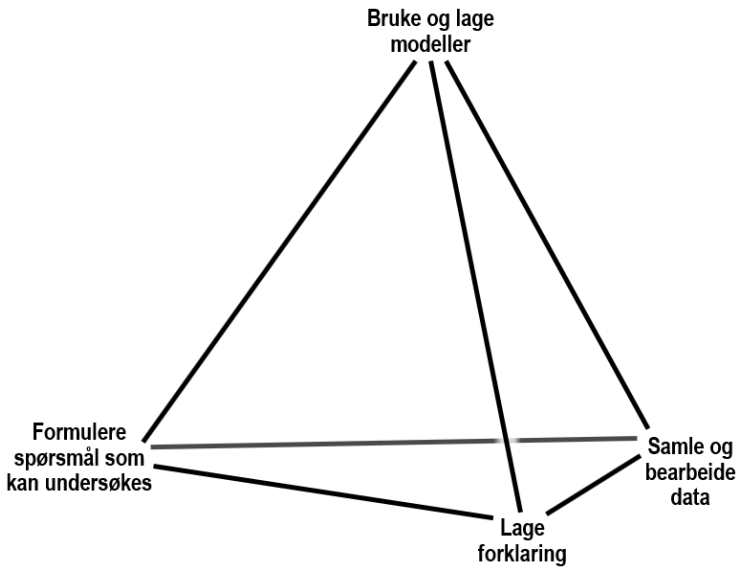
Gjensidig samspill mellom praksisene

Praksiser opptrer aldri enkeltvis eller isolert i en utforsking. Hvis det formuleres et undersøkende spørsmål blir det ikke noen utforsking uten å koble på flere praksiser, og for å kunne lage en forklaring må det foreligge evidens utledet av innsamlet data. Figur 1 uttrykker hvordan de tre praksisene å stille spørsmål, samle og bearbeide data og lage forklaring er koblet sammen. Praksisene opptrer i et gjensidig samspill og bygger på deler av definisjonen for å utforske i verblista i LK20: *I naturfag er det å stille spørsmål og bruke data for å lage forklaringer grunnleggende for å utforske*. Dette er overens med hva flere forskere refererer til som grunnleggende for utforskende arbeid (Cervetti et al., 2006; Crawford, 2014; Knain & Kolstø, 2019).



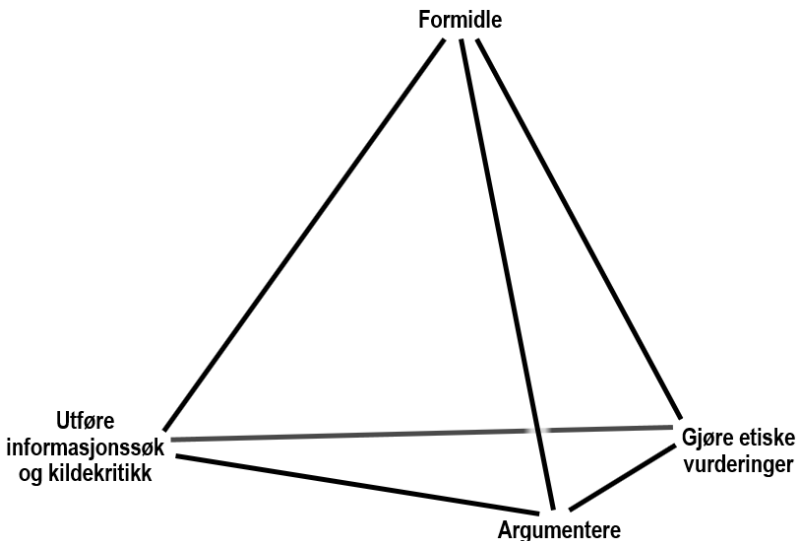
Figur 1. Sentrale praksiser for å utforske. Strekene indikerer hvordan praksisene er gjensidig avhengig av hverandre.

I LK 20 framheves praksisen å bruke og lage modeller, en praksis som er lite vektlagt i tidligere norske læreplaner (Utdanningsdirektoratet, 2020). Internasjonalt anses det å arbeide med modeller som en svært sentral del av naturfagundervisningen, noe som gjenspeiles i antall publikasjoner (e.g. Gilbert & Justi, 2016; Gouvea & Passmore, 2017; Krajcik & Merritt, 2012). Vi har valgt å inkludere det å bruke og lage modeller sammen med de grunnleggende praksisene for utforskende arbeid. Det er ikke alltid modeller er med i en utforsking, men i de tilfellene der elevene arbeider med modeller kan dette arbeidet knyttes tett til de tre praksisene vist i figur 1. Vi har valgt å visualisere det med, en trigonal pyramide som indikerer at praksisene opptrer i et gjensidig samspill (figur 2).



Figur 2. Sentrale praksiser for å utforske inkludert arbeid med modeller.

Utforske er en fellesnevner for de fire første praksisene og vi ser på de fire gjenværende praksisene som viktige elementer av kritisk tenkning. Dette er visualisert i en ny trigonal pyramide (figur 3). De tre praksisene som danner grunnflaten i pyramiden gjenspeiler prinsipper og handlemåter uttrykt i 21st century skills og overordnet del av LK20. Vi mener kritisk tenkning er en fundamental del av all naturfagundervisning, inkludert utforskende arbeid. De fire praksisene som inngår i kritisk tenkning kan også knyttes til de fleste andre fag i skolen.



Figur 3 Sentrale praksiser tilknyttet kritisk tenkning, gjeldende for all naturfagundervisning.

Kritiske vurderinger forutsetter kunnskap, og elevene må kjenne til praksisene som ligger til grunn for hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles for å bli en kritisk tenker (Osborne, 2014a). Evne til kritisk tenkning handler om å se noe fra flere sider og å kunne vurdere påstander, argumenter og handlingsvalg (Meld.st. nr. 28 (2015-16); Santos, 2017). Argumentasjon er således tett knyttet til kritisk tenkning (Osborne, 2014a). Videre skaper den store tilgangen på informasjon i dagens samfunn et behov for å kunne søke opp og vurdere ulike kilder til kunnskap og tenke kritisk om hvordan kunnskap utvikles og brukes i ulike sammenhenger. Dette er viktig både i et demokratisk perspektiv, men også for å kunne ta gode avgjørelser og informerte valg i eget liv (NOU 2015:8, 2015).

Å gjøre etiske vurderinger framheves vanligvis ikke som en sentral praksis i naturfag. Når vi likevel har valgt å inkludere den, er det fordi naturvitenskapelig kunnskap ikke utvikles i et vakuum, men i et sosialt samfunn som kunnskap både påvirker og påvirkes av (Lederman & Lederman, 2014). Å gjøre etiske valg og vurderinger ved å veie ulike hensyn mot hverandre og vurdere konsekvenser av egne og andres handlinger, er derfor en viktig del av kritisk tenkning i naturfag. Vi mener at det å løfte fram etiske vurderinger som en sentral praksis kan bidra til å utvide synet på hva naturfag og naturvitenskap er, og sette det inn i en større sammenheng.

Den siste praksisen, formidle, handler om å bidra til fellesskapet gjennom å gjøre arbeidet sitt tilgjengelig for andre. Vi ønsker å fremme formidling som en viktig del av faget, og vise hvordan det kan åpne for et metaperspektiv på eget arbeid som inkluderer refleksiv og kritisk tenkning (Santos, 2017). Det å formidle henger tett sammen med de andre praksisene i figur 3. Informasjonssøk og kildekritikk kan ligge til grunn for det som formidles, og det å gjøre egne data tilgjengelig for etterprøving og kritikk samt å krediterer kilder korrekt og samvittighetsfullt er forbundet med etiske vurderinger (De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2019). Likeledes er formidlingen av betydning når argumenter eller motargumenter fremmes både muntlig og skriftlig.

For hver av de utvalgte praksisene har vi utarbeidet en beskrivelse samt en liste med kjennetegn på dybdelæring for praksisen. Arbeidet er forankret i forskningslitteraturen med referanser i parentes etter hver praksis som presenteres fortløpende.

PRESENTASJON AV SENTRALE NATURVITENSKAPELIGE PRAKSISER

Praksis:

FORMULERE SPØRSMÅL SOM KAN UNDERSØKES

Å formulere spørsmål som kan undersøkes i naturfag innebærer å stille spørsmål det er mulig å finne svar på ved hjelp av egne praktiske (førstehånds) undersøkelser og/eller ved å innhente data fra andre kilder (andrehånds undersøkelser). Utgangspunktet for undersøkende spørsmål er fenomener i naturen. Noen ganger bidrar læreren med undersøkende spørsmål, men elevene må også trene på å formulere dem. Spørsmålene må være mulig å finne svar på med tilgjengelige ressurser og innenfor gitt tid. Undersøkende spørsmål er motoren som driver en utforskning og er styrende for de andre praksisene.

Kjennetegn på dybdelæring for denne praksisen

Elevene

- viser til at naturvitenskapelige undersøkelser trenger et tydelig definert (forsknings)spørsmål som driver arbeidet framover
- viser til at ulike spørsmål undersøkes ved å bruke ulike naturvitenskapelige metoder
- skiller mellom naturvitenskapelige spørsmål og andre spørsmål
- søker opp informasjon om hvilke spørsmål som allerede er undersøkt
- formulerer undersøkende spørsmål i forbindelse med observasjon av et fenomen
- bryter ned overordnet spørsmål i delspørsmål
- avgrensar spørsmålene slik at de er mulig å finne svar på innenfor gitte rammer

- argumenterer for valg av spørsmål
- identifiserer nye spørsmål som kan bidra til mer kunnskap om det som undersøkes
- bruker undersøkende spørsmål som utgangspunkt for å lage modeller

(Inspirert av: Chin & Osborne, 2008; National Research Council, 2012b; White & Frederiksen, 1998)

Praksis:

SAMLE OG BEARBEIDE DATA

Å samle og bearbeide data i naturfag innebærer å planlegge en undersøkelse, gjennomføre en undersøkelse og analysere data fra undersøkelsen.

Å *planlegge* en undersøkelse innebærer å velge passende metode og hensiktsmessig utstyr for å samle informasjon (data) som bidrar til å finne svar på spørsmålet som er stilt. Valg av metode henger sammen med type data som kan gi svar på spørsmålet. Data kan være kvalitative (f.eks. observasjon av egenskaper) eller kvantitative (f.eks. målinger, opptelling) og elever kan samle data selv (førstehånds) og/eller innhente data fra andre kilder (andrehånds). Når elever planlegger undersøkelsen er det avgjørende å bestemme hva som skal observeres, hvordan det skal observeres og hvordan data skal registreres, og hvis aktuelt, identifisere variabler. Enkelte ganger kan det også være aktuelt å lage en hypotese. En hypotese er et forslag til svar/forklaring på det undersøkte spørsmålet. En hypotese kan for eksempel si noe om hva som forventes å skje hvis det gjøres endringer i en variabel. Å bestemme hvor mye tid som skal brukes til datainnsamling inngår også i planleggingsfasen.

Å *gjennomføre* en undersøkelse innebærer å samle og registrere data systematisk og nøyaktig ved bruk av valgt metode og utstyr. Gjeldende sikkerhetsregler må også følges. Data samles gjennom kvalitative eller kvantitative observasjoner med eller uten hjelpemidler. Både det å observere og å bruke utstyr krever øvelse. Å være nøyaktig og følge instruksjoner er del av å gjennomføre en undersøkelse. Ved bruk av andrehåndsdatabe er kildekritikk viktig for dataenes troverdighet.

Å *analysere data* innebærer å bearbeide og tolke dataene for å svare på spørsmålet som er stilt. Data bearbeides gjennom å sortere, klassifisere og beregne for finne sammenhenger og mønstre, for eksempel likheter, forskjeller og/eller endringer. Modeller er et nyttig hjelpemiddel for å organisere og visualisere data. Bearbeidet data tolkes i lys av spørsmålet, hva elevene vet fra før og informasjon innhentet fra andre kilder. Hvis det brukes andrehåndsdatabe i en utforsking, er det viktig å være klar over at disse dataene er valgt ut og tolket av andre på forhånd, noe som medfører en usikkerhet.

Kjennetegn på dybdelæring for denne praksisen

Planlegge undersøkelse:

Elevene

- viser til at planlegging er avgjørende for en vellykket undersøkelse
- identifiserer hva slags data som kan bidra til å gi svar på spørsmålet, inkludert valg av første- og/eller andrehånds data
- lager instruksjon/metodebeskrivelse
- velger passende måte å registrere data på (notater, tabell, digital måling osv.)
- velger passende utstyr
- argumenterer for valg av metode

Hvis aktuelt:

- identifiserer variabler
- lager hypoteser og forutsigelser
- ivaretar etiske hensyn
- gjennomfører risikovurdering og gjør seg kjent med faremerking
- lager en modell for å forutsi hva man tror vil skje

Gjennomføre undersøkelse:

Elevene

- viser til at data samles inn for å finne svar på spørsmålet
- følger en planlagt metode
- samler data fra praktiske undersøkelser (førstehånds) og/eller fra andrehåndskilder
- gjennomfører kvalitative og kvantitative observasjoner
- mestrer bruk av utstyr og følger sikkerhetstiltak
- jobber systematisk og nøyaktig
- registrerer og beskriver observasjoner fra f.eks. forsøk og feltarbeid
- utøver kildekritikk ved bruk av andrehånds data, inkludert å skille mellom påstand og fakta
- identifiserer feilkilder
- vurderer og reviderer metode

Analysere data:

Elevene

- viser til at data bearbeides og tolkes for å finne svar på spørsmålet
- finner sammenheng mellom innsamlet data og svar på spørsmål
- sorterer og klassifiserer etter observerbare egenskaper
- organiserer data ved hjelp av tabeller og diagrammer
- utfører beregninger
- sammenligner og ser etter mønster
- finner og bruker kunnskap fra andre kilder for å tolke data
- utøver kildekritikk ved bruk av andrehånds data
- vurderer kvalitet på data og metode
- identifiserer feilkilder

(Inspirert av: Abd-El-Khalick et al., 2004; Frøyland & Remmen, 2019; Gyllenpalm & Wickman, 2011; Rönnebeck et al., 2016)

Praksis:

LAGE FORKLARINGER

Å lage en forklaring i naturfag innebærer å koble egne observasjoner og data til etablert naturvitenskapelig kunnskap (for eksempel evolusjonsteorien, partikkelmodellen eller energibevaringsloven) for å finne svar på spørsmål som er stilt. Å forklare er noe mer enn å beskrive. For eksempel når vi beskriver kondensering fokuserer vi på observerbare trekk ved fenomenet, slik som kaldt vann i glasset og dråper på utsiden av glasset. Når vi forklarer kondensering begrunner vi observasjonene ved hjelp av faseovergang og partikkelmodellen. Naturvitenskapelige forklaringer søker å svare på tre typer spørsmål: *Hva* vet vi? (ontologiske spørsmål), *hvordan* vet vi det? (epistemiske spørsmål) og *hvorfor* skjer det? (kausale spørsmål).

Kjennetegn på dybdelæring for denne praksisen

Elevene

- viser til at naturvitenskapelige forklaringer søker å svare på spørsmål om fenomener
- viser til at naturvitenskapelige forklaringer er forskjellige fra beskrivelser ved at forklaringer kobler innsamlet data til etablert naturvitenskapelig kunnskap
- svarer på det undersøkende spørsmålet i stedet for kun å beskrive observasjoner eller reddegjøre for metode
- kobler egne data (førstehånds eller andrehånds) til sin forståelse av naturvitenskapelig kunnskap for å svare på det undersøkende spørsmålet
- lager logiske resonnementer om årsak-virkning
- identifiserer mangler eller svakheter i forklaringer (egne og andres)

(Inspirert av: Braaten & Windschitl, 2011; National Research Council, 2012b; Osborne, 2014b).

Praksis:

BRUKE OG LAGE MODELLER

Å bruke og lage modeller i naturfag innebærer å arbeide med både egne modeller og etablerte modeller. Modeller brukes og lages for å visualisere tanker og ideer, for å forklare et fenomen eller for å forutsi hva man tror vil skje under gitte forhold. Modeller vil alltid være forenklinger, og kan for eksempel være diagrammer, tegninger og figurer, matematiske representasjoner, analogier, fysiske kopier og simuleringer. Ulike modeller kan belyse ulike deler av samme fenomen avhengig av formålet med modellen og spørsmålet som undersøkes.

Modeller er mer enn representasjoner som gjengir kjent kunnskap, de er et verktøy elevene kan bruke aktivt for å vise hvordan de tenker. En modell kan fungere som støtte gjennom en utforsking ved at den visualiserer hva elevene tror vil skje og at den vurderes og revideres i takt med at eleven samler mer informasjon (første- eller andrehånds data).

Eksempler på å bruke eksisterende teoretiske modeller er å bruke partikkelmodellen for å forklare fenomener som hvordan sølepytter forsvinner etter hvert, eller å bruke modeller om platetektonikk for å forklare hvordan jordskjelv oppstår.

Kjennetegn på dybdelæring for denne praksisen

Elevene

- viser til at modeller ikke er direkte kopier av det de representerer, men brukes for å forenkle noe komplekst og for å uttrykke hvordan noe henger sammen
- lager egne modeller og vurderer ulike representasjonsformer
- bruker egne eller andres modeller for å forklare fenomener eller forutsi hva som kan skje under gitte forhold
- framhever viktige elementer og merker modellen med nødvendig informasjon
- sammenligner ulike modeller og vurderer styrker og begrensninger ut fra formålet med modellen
- vurderer og reviderer modeller etter hvert som det samles ny informasjon
- argumenterer for valg som tas i forbindelse med å bruke og lage modeller

(Inspirert av: Gilbert & Justi, 2016; Gouvea & Passmore, 2017; Krajcik & Merritt, 2012)

Praksis:

UTFØRE INFORMASJONSSØK OG KILDEKRITIKK

Å utføre informasjonssøk og kildekritikk innebærer å søke i relevante og troverdige kilder etter informasjon som kan brukes for å utvide kunnskapsgrunnlaget, styrke eller svekke påstander og for å ta informerte valg. Kildekritikk er å vurdere både kilde og innhold. Eksempler på bruk av praksisen i forbindelse med utforsking kan være å: finne ut hva andre allerede har spurt om; søke opp og samle andrehånds data; kritisk tolke andrehånds data; vurdere argumenter og finne informasjon om ulike representasjonsformer.

Kjennetegn på dybdelæring for denne praksisen

Elevene

- viser til at det å utføre informasjonssøk og kildekritikk benyttes for å samle og kritisk vurdere relevant informasjon
- søker informasjon i relevante kilder
- vurderer om kilden er pålitelig og om innholdet er troverdig (kildekritikk)
- bruker informasjonen for å styrke eller svekke påstander
- bruker informasjonen for å ta informerte valg
- argumenterer for kvaliteten på innhentet informasjon

(Inspirert av: Mork & Erlie, 2017; Rönnebeck et al., 2016)

Praksis:

ARGUMENTERE

Å argumentere i naturfag innebærer å framsette påstander som begrunnes med evidens. Det handler også om å forsvare egne resonneringer og evidens og kritisere eller støtte andres, noe som er sentralt innenfor kritisk tenkning.

Argumentasjon inngår i utvikling, kvalitetssikring og kommunikasjon av kunnskap, noe som er grunnleggende når fagfeller vurderer hverandres arbeid. Argumentasjon brukes for å begrunne valg som gjøres i alle praksisene.

Kjennetegn på dybdelæring for denne praksisen

Elevene

- viser til at et argument inneholder en påstand som begrunnes med evidens
- viser til at i naturvitenskapene brukes evidens for å støtte eller avvise en forklaring av et fenomen
- identifiserer og velger ut relevant faktakunnskap eller innsamlet data som kan brukes som evidens i en gitt kontekst
- framsetter påstander og begrunner dem med etablert kunnskap og/eller evidens fra egne undersøkelser
- bruker evidens fra egne eller andres data for å støtte eller bestride et synspunkt i en diskusjon eller en forklaring av et fenomen
- bidrar i diskusjon både gjennom selv å gi kritikk og være åpen for kritikk fra andre, og skiller sak og person
- vurderer kvalitet og styrke på evidens som brukes i egne eller andres argument i lys av faktakunnskap og bruksområde
- vurderer argumenter ut fra ulike perspektiver i tillegg til naturvitenskap, for eksempel økonomi og etiske hensyn
- kan endre mening i lys av ny evidens og andres argument
- begrunner valg som gjøres i alle praksisene

(Inspirert av: Erduran & Jimenez-Aleixandre, 2012; Mork, 2005; Osborne, 2010)

Praksis:

GJØRE ETISKE VURDERINGER

Å gjøre etiske vurderinger innebærer å vise ansvar og respekt overfor mennesker, dyr, miljø og samfunnet generelt. Det kan handle om alt fra å følge retningslinjer for HMS i forsøk til å ivareta menneskerettigheter og naturmangfold. Det handler også om å ta valg i tråd med verdier som ligger til grunn for naturvitenskapene, f.eks. åpenhet, pålitelighet og etterrettelighet. Å gjøre etiske vurderinger vil si å veie ulike hensyn opp mot hverandre og reflektere over verdier, normer og begrunnelser for våre valg.

Ofte støtter etiske vurderinger seg på tilgjengelig naturvitenskapelig og teknologisk kunnskap. Ny naturvitenskapelig kunnskap og ny teknologi kan skape nye etiske problemstillinger og endre grunnlaget for de etiske vurderingene.

Kjennetegn på dybdelæring for denne praksisen

Elevene

- viser til at etiske vurderinger innebærer å reflektere over verdier, normer og begrunnelser for sine valg
- viser til at etiske vurderinger involverer å vise ansvar og respekt overfor mennesker, dyr, miljø og samfunnet generelt
- identifiserer etiske problemstillinger

- diskuterer og tar hensyn til lover og regler
- veier ulike hensyn opp mot hverandre og argumenterer for sitt syn
- begrunner hvordan etiske forpliktelser er ivaretatt
- bruker naturvitenskapelig kunnskap i etiske vurderinger
- etterstreber åpenhet og etterrettelighet
- gjør egne data tilgjengelig for andre og beskriver metode slik at andre kan etterprøve og kritisere
- krediterer kilder korrekt og samvittighetsfullt

(Inspirert av: De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2019; NOU 2015:8, 2015; Santos, 2017; Zeidler & Sadler, 2008)

Praksis:

FORMIDLE

Å formidle i naturfag innebærer å dele eget arbeid, inkludert egne data og resultater og hvordan man har kommet fram til disse. Formålet med formidling er å bidra til fellesskapet gjennom å gjøre arbeidet tilgjengelig for andre slik at de kan etterprøve, kritisere, lære av det og bygge videre på det. Mottakers ansvar i formidlingsfasen er å kritisk vurdere metoder, resultater, forklaringer og konklusjoner, stille spørsmål og foreslå alternative løsninger (fagfellevurdering). Formidleren må ha et metaperspektiv på eget arbeid gjennom å argumentere for valg av metode, bruk av teori og konklusjoner. Det som formidles gjenspeiler ikke alltid den reelle vekslingen mellom praksiser underveis i prosessen, men er ofte en mer oppskriftsmessig og stilisert versjon.

Formidling kan skje via ulike format: muntlig, skriftlig, digitalt, ved hjelp av modeller eller en blanding av disse.

Kjennetegn på dybdelæring for denne praksisen

Elevene

- viser til at formålet med formidling er å bidra til fellesskapet gjennom å gjøre egne metoder og resultater tilgjengelig for andre slik at de kan etterprøve, kritisere, lære av det og bygge videre på det
- svarer på spørsmålet som undersøkes
- begrunner valg av metoder
- begrunner hvordan resultatene støtter konklusjonen
- trekker ut det mest sentrale og presenterer arbeidet på en oversiktlig og sammenhengende måte
- velger egnet presentasjonsform
- bruker faglig spesifikt språk
- påpeker mulige feilkilder
- foreslår hvordan vi kan finne ut mer og nye spørsmål som kan undersøkes
- krediterer kilder korrekt og samvittighetsfullt
- uttrykker et metaperspektiv gjennom å vurdere og reflektere over eget arbeid
- sammenligner det som formidles av andre med egne resultater
- vurderer og stiller kritiske og oppklarende spørsmål til det som formidles av andre

(Inspirert av: Haug, 2016; Mork & Erlie, 2017; Rönnebeck et al., 2016)

IMPLIKASJONER OG AVSLUTTENDE KOMMENTARER

Denne artikkelen presenterer et utvalg av sentrale naturvitenskapelige praksiser og en beskrivelse av hver enkelt praksis, inkludert kjennetegn på dybdelæring etter endt grunnskole. Dette er vårt bidrag til et tolkningsfellesskap om sentrale naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter i naturfag.

Gjennomgangen av LK20 viser at mye tolkningsarbeid er overlatt til læreren når det gjelder implementering og vurdering av NPT. Det finnes noe informasjon om NPT i de ulike delene av fagplanen, men det er vanskelig å finne fram. Den fragmenterte, og ofte generelle, framstillingen krever god naturfagdidaktisk kompetanse hos læreren for å kunne se helheten og overføre innholdet til egen undervisningspraksis. Et mål med vår artikkel har derfor vært å utarbeide tekster om praksisene som er forankret i forskning, men formulert så konkret og praksisnært som mulig. Tekstene kan fungere som brobyggere mellom teori og praksis og støtte lærere i implementering og vurderingsarbeidet slik flere forskere har framhevet behovet for (Capps et al., 2012; van Driel et al., 2012).

Beskrivelser av praksisene og ikke minst utdyping av dem i form av kjennetegnene på dybdelæring, kan fungere som støtte når lærere skal innlemme praksisene i alle deler av naturfagundervisning. Kanskje kan man unngå at NPT kun blir del av kapittelet om naturfagets egenart som ofte er første kapittel i naturfaglærebøker (Lederman & Lederman, 2014). Figurene vi har utarbeidet (figur 1, 2 og 3) gir lærere og elever et utgangspunkt for diskusjoner og refleksjoner om praksisene. Et slikt metaperspektiv kan bidra til forståelse av hvordan praksisene fungerer i et gjensidig samspill, bidra til økt bevissthet om hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles og hva slags rolle praksisene har i slik utvikling.

For å unngå at aktiviteter forbundet med NPT kun blir aktiviteter for aktivitetens skyld, må arbeidet med praksisene kobles til de andre fagområdene i naturfaglæreplanen. I LK20 står det at kjerneelementet NPT skal *kombineres med arbeid knyttet til de andre kjerneelementene* (Utdanningsdirektoratet, 2020). Det er ikke tilstrekkelig for elever å lære at et argument består av påstand, evidens og begrunnelser uten å knytte det til faglig innhold eller diskusjon om hvorfor argumenter er bygget opp på denne måten (Rønnebeck et al., 2016). Å tilegne seg praksisene og å lære teoretisk kunnskap går hånd i hånd. For at elever skal oppnå dybdelæring i et fag, må de ifølge Sawyer (2006) sosialiseres inn i fagets praksiser og tenkemåter. Det betyr at forståelse for NPT er grunnleggende for at elever skal lære naturfag, og et godt utgangspunkt vil være å opparbeide et tolkningsfellesskap om hva det vil si å arbeide med NPT i skolen.

Vi understreker at dette er én versjon, vår versjon med våre synspunkt, og vi inviterer andre naturfagdidaktikere til å ta del i diskusjonen og bidra til en felles forståelse blant fagfeller.

TAKK

Vi ønsker å takke alle våre kolleger ved Naturfagsenteret som tålmodig har prøvd ut og vurdert nye forslag gjentatte ganger og bidratt med konstruktive innspill og diskusjoner i arbeidet med praksisene.

REFERANSER

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., . . . Tuan, H.-I. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education, 88*, 397-419.
- Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority. (2015). *F-10 curriculum: Science. Content and achievement sequences*. Retrieved from <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/science/content-and-achievement-sequences/>
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education, 95*(4), 639-669. doi:<https://doi.org/10.1002/sce.20449>
- Capps, D., Crawford, B., & Constas, M. (2012). A Review of Empirical Literature on Inquiry Professional Development: Alignment with Best Practices and a Critique of the Findings. *Journal of Science Teacher Education, 23*(3), 291-318. doi:10.1007/s10972-012-9275-2

- Cervetti, G. N., Pearson, P. D., Bravo, M. A., & Barber, J. (2006). Reading and Writing in the Service of Inquiry-Based Science. In R. Douglas, M. P. Klentchy, K. Worth, & W. Binder (Eds.), *Linking Science and Literacy in the K-8 Classroom* (pp. 221-244). Arlington, VA: National Science Teacher Association Press.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39. doi:10.1080/03057260701828101
- Crawford, B. (2014). From inquiry to science practices in the science classroom. In N. Lederman & S. Abell (Eds.), *Handbook of Research in Science Education* (Vol. II). New York: Routledge.
- De nasjonale forskningsetiske komiteene. (2019). *Forskningsetiske retningslinjer for naturvitenskap og teknologi*. Retrieved from <https://www.forskningsetikk.no/retningslinjer/nat-tek/forskningsetiske-retningslinjer-for-naturvitenskap-og-teknologi/>
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (Eds.). (2008). *Teaching Scientific Inquiry*. Rotterdam: Sense Publisher.
- Education Scotland. (2011). *Curriculum for Excellence: Sciences. Principal and practices*. Retrieved from <https://education.gov.scot/Documents/sciences-pp.pdf>
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Netherlands: Springer.
- Erduran, S., & Jimenez-Alexandre, M. (2012). Argumentation in science education research: Perspectives from Europe. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective* (pp. 253-289).
- Frøyland, M., & Remmen, K. B. (2019). *Utvidet klasserom i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- 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. doi:10.3102/0034654312457206
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education* (Vol. 9). Switzerland: Springer International Publishing.
- Gouvea, J., & Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'Models for'. *Science & Education*, 26(1), 49-63. doi:10.1007/s11191-017-9884-4
- Gyllenpalm, J., & Wickman, P. O. (2011). The Uses of the Term Hypothesis and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1993-2015. doi:10.1080/09500693.2010.538938
- Harlen, W. (Ed.) (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Trieste: IAP.
- Haug, B. S. (2016). Å kommunisere resultater fra en utforskning. In M. Ødegaard, B. S. Haug, S. M. Mork, & G. O. Sørvik (Eds.), *På forskerfotter i naturfag* (pp. 116-143). Oslo: Universitetsforlaget.
- Jimenez-Liso, M. R., Martinez-Chico, M., Avraamidou, L., & López-Gay Lucio-Villegas, R. (2021). Scientific practices in teacher education: the interplay of sense, sensors, and emotions. *Research in Science & Technological Education*, 39(1), 44-67. doi:10.1080/02635143.2019.1647158
- Kennedy, T., & Sundberg, C. W. (2020). 21st Century Skills. In B. Akpan & T. J. Kennedy (Eds.), *Science Education in Theory and Practice: An Introductory Guide to Learning Theory* (pp. 479-496). Cham: Springer International Publishing.
- Knain, E., & Kolstø, S. D. (2019). Utforskende arbeidsmåter - en oversikt. In E. Knain & S. D. Kolstø (Eds.), *Elever som forskere i naturfag* (pp. 15-43.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Krajcik, J., & Merritt, J. (2012). Engaging students in scientific practices: What does constructing and revising models look like in the science classroom? *Science and Children*, 49(7), 10-13.
- Kunnskapsdepartementet. (2017). *Overordnet del - verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. Oslo Retrieved from <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/verdier-og-prinsipper-for-grunnoppleringen/id2570003/>
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (Vol. II, pp. 600-620). New York: Routledge.

- Marshall, J. C., Smart, J. B., & Alston, D. M. (2017). Inquiry-Based Instruction: A Possible Solution to Improving Student Learning of Both Science Concepts and Scientific Practices. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 777-796. doi:10.1007/s10763-016-9718-x
- Meld.st. nr. 28 (2015-16). *Fag -Fordypning - Forståelse - En fornyelse av Kunnskapsløftet*. Oslo: Kunnskapsdepartementet Retrieved from <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20152016/id2483955/?ch=1>
- Monteira, S. F., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2016). The practice of using evidence in kindergarten: The role of purposeful observation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(8), 1232-1258. doi:<https://doi.org/10.1002/tea.21259>
- Mork, S. (2005). Argumentation in science lessons: Focusing on the teacher's role. *Nordina*, 1, 17-30.
- Mork, S., & Erlien, W. (2017). *Språk, tekst og kommunikasjon i naturfag*. (2 ed.). Oslo: Universitetsforlaget.
- National Research Council. (2012a). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2012b). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NOU 2015:8. (2015). *Fremtidens skole. Fornyelse av fag og kompetanser*. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/>
- OECD. (2018). *The future of education and skills. Education 2030*. Paris: OECD Retrieved from [https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)
- Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328(5977), 463-466. doi:10.1126/science.1183944
- Osborne, J. (2014a). Teaching critical thinking? New directions in science education. *School Science Review*, 95(352), 53-62.
- Osborne, J. (2014b). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. doi:10.1007/s10972-014-9384-1
- 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. doi:10.1080/03057267.2016.1206351
- Santos, L. F. (2017). The Role of Critical Thinking in Science Education. *Journal of Education and Practice*, 8(20).
- Sawyer, K. S. (2006). The new science of learning. In K. S. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 1-18). New York: Cambridge University Press.
- Skolverket. (2017). *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011: Reviderat 2017*. Stockholm: Skolverket Retrieved from <https://www.skolverket.se/undervisning/grundskolan/laroplan-och-kursplaner-for-grundskolan/laroplan-lgr11-for-grundskolan-samt-for-forskoleklassen-och-fritidshemmet>
- Stadler, M. G., & Jorde, D. (2012). Improving Science Education through European Models of Sustainable Teacher Professional development. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (pp. 375 - 393). Brill: Sense.
- Utdanningsdirektoratet. (2020). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. Oslo Retrieved from <https://www.udir.no/lk20/nat01-04>
- van Driel, J. H., Meirink, J. A., van Veen, K., & Zwart, R. C. (2012). Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: a review of design features and quality of research. *Studies in Science education*, 48(2), 129-160. doi:10.1080/03057267.2012.738020
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118. doi:10.1207/s1532690x-c11601_2
- Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2008). Social and Ethical Issues in Science Education: A Prelude to Action. *Science & Education*, 17(8), 799-803. doi:10.1007/s11191-007-9130-6