

En sammenlignende analyse af  
PISA2006 science testens grundlag  
og de danske målkategorier i naturfagene

Jens Dolin  
Henrik Busch  
Lars Brian Krogh

Rapport nr. 1 for projektet *Validering Af PISA Science*

Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik, Syddansk Universitet

Nummer 1 • September 2006

Skrift nr. 1

© Forfatterne September 2006

Tilrettelæggelse: Jens Dolin

Layout: DTP-Funktionen, Syddansk Universitet

Tryk: Syddansk Universitets Trykkeri

Oplag: 80 eksemplarer

Kan frit downloades fra NAMADIs hjemmeside

ISBN: 87-90923-80-4

Skriftserie udgivet af  
Center for Naturvidenskabernes og Matematikkens Didaktik  
Syddansk Universitet  
Campusvej 55  
5230 Odense M  
<http://www.namadi.sdu.dk>

# Indhold

Indledning .....	5
Scientific literacy i international sammenhæng .....	7
Project 2061 .....	10
Beyond 2000 .....	10
Opsummerende .....	11
PISA2006s science literacy begreb .....	13
Scientific literacy i 2000 og 2003 testen .....	13
Udarbejdelse af grundlaget for 2006 testen.....	14
Det opstillede begrebsapparat.....	15
Formålsformuleringer i danske naturfag i folkeskolen .....	19
Hvorledes opfylder de danske mål PISA-kravene? .....	21
Opgavekontekster .....	21
Naturvidenskabelige kompetencer.....	22
Affektive aspekter.....	24
Indholdssammenfald.....	26
Hvad kræver Fælles Mål, som PISA ikke tester? .....	31
Opsummering.....	33
Fælles Måls opfyldelse af PISAs framework .....	33
Hvad mangler PISAs framework i forhold til Fælles Mål?.....	34
Litteratur .....	35
English summary.....	37
The results of the comparative analysis.....	38
Bilag 1: VAP projektets opbygning .....	39
Bilag 2: Synoptisk oversigt over formål, slutmål og læseplansemner for biologi, fysik/kemi og geografi .....	41
Bilag 3: Framework for the PISA 2006 science assessment (Uddrag af The PISA 2006 Assessment Framework, Paris: OECD, 2006) .....	47



# Indledning

Indeværende rapport er den første i en serie fra forskningsprojektet Validering Af PISA Science (VAP). Det overordnede formål med VAP er at validere PISA Science 2006 i en dansk kontekst. Forskningsprojektet er i sin helhed gennemgået i bilag 1.

Formålet med denne rapport er at sammenligne det begrebs- og indholdsmæssige grundlag for PISA 2006 testens sciencedel med dels de formål der forfølges internationalt for naturfagene og dels de formål og mål der gælder for naturfagene i den danske folkeskole.

PISA tester angiveligt ikke science, men *scientific literacy*. Derfor starter vi med en gennemgang af hvorledes begrebet scientific literacy er udviklet og anvendt i primært den angelsaksiske verden. Herefter gennemgås det såkaldte *PISA2006 scientific literacy framework*, for at kunne vurdere PISA2006s scientific literacy begreb i relation til den internationale anvendelse af science literacy. Hvorledes følger PISAs definition sig ind i den internationale tradition? Er der aspekter der fremhæves og/eller mangler og hvilken samlet værdi får PISAs begreb som følge heraf?

Endelig, og som det centrale i rapporten, vil vi samle de danske målkategorier i de danske naturfaglige læseplaner, som de er formuleret i *Fælles mål*, og sammenholde PISAs scientific literacy begreb med de tilsvarende danske kategorier for at analysere graden af overensstemmelse og de vigtigste forskelle. Selv om PISA ikke er en curriculumtest, vil vi desuden undersøge graden af indholdsmæssigt sammenfald mellem PISA 2006 science og kravene i de danske naturfag.

PISA tester 15-årige og har til formål at måle elevers kompetencer ved afslutningen af den obligatoriske skolegang. Da danske elever begynder senere i skole end de fleste lande vi sammenligner os med, gennemfører vi i Danmark den samme test for elever i Folkeskolens 9. klasse og et repræsentativt udvalg af 15-årige i andre skoleformer (fx 1. g). Men da hovedsigtet er at kunne udtale sig om grunduddannelsen (og sammenligne disse på tværs af lande), omhandler denne analyse kun Folkeskoleniveauet.

Vi relaterer os til de naturfaglige styredokumenter som var gældende for skoleåret 2005/2006 og som derved udgjorde det formelle grundlag for undervisningen af de elever, der blev testet i PISA 2006.



## Scientific literacy i international sammenhæng

Udtrykket blev først brugt i slutningen af 1950'erne som en naturfagenes parallel til alfabetisme, dvs. det at kunne anvende naturvidenskabelig viden i almindelige hverdagsammenhænge. Begrebet er blevet brugt bredt om det ønskelige »dannende, hverdagsanvendelige« udbytte af naturfagsundervisningen, ofte sammen med et mere indholdsspecifikt og/eller studieorienteret mål, men uden at blive præcist defineret. Scientific literacy er blevet brugt som samlebetegnelse for alt »det gode og nyttige«, som naturfagsundervisningen skulle give eleverne ud over den konkrete faglige viden. Vi har valgt at bibeholde den engelske betegnelse frem for en dansk oversættelse. På dansk vil scientific literacy kunne oversættes til en mellemting mellem kompetence og dannelse, men disse begreber har hver især en række konnotationer og medbetydninger, som ikke fuldt ud indfanges af scientific literacy. Omvendt giver scientific literacys egen historik dette begreb sin særegne betydning forskellig fra de sammenlignelige danske.

Begrebet har sine rødder i den legitimering af naturfagene, der var nødvendig da de blev introduceret i uddannelsessystemet i slutningen af 1800-tallet. For at leve op til og få fodfæste i forhold til de altdominerende humanistiske fagområder, var det nødvendigt at hæve sig over en simpel praktisk betydning. Det blev påpeget at fagene ville bibringe de studerende en særlig måde at tænke på, lært gennem induktiv spørgen til naturen ofte realiseret via laboratoriearbejde, der her fik sin særlige rolle og status. Fagenes nytteværdi blev herved udvidet fra en selvstændig, fagintern vidensdimension til at lade i hvert fald en del af denne viden være grundlag for at give individuel uafhængighed og mulighed for fuld deltagelse i de demokratiske samfund (DeBoer 2000). Naturfagsundervisningen skulle være løftestang for personlig nytte, intellektuel udvikling, en kulturel ballast, kendskab til naturvidenskabelig arbejdsform, støtte til naturvidenskabens idealer, syn for verdens skønhed etc., alt efter de dominerende sociokulturelle strømninger.

Efter 2. verdenskrig eksploderede den videnskabelige og tekniske udvikling og naturvidenskaberne fik tildelt en nøgleposition i samfundsudviklingen. Dette førte til et ønske om at alle fik et bredt kendskab til naturvidenskab, både for at bibringe en forståelse af og for udviklingen og for at sikre en stabil rekruttering til de naturvidenskabelige og tekniske studier. Op gennem 1960'erne blev de erhvervsorienterede og økonomiske argumenter dominerende, og undervisningen i naturfagene blev bygget op over en så videnskabelig korrekt gennemgang af disciplinerne som muligt. Denne back-to-basics bevægelse skubbede literacy-aspekterne i baggrunden. Det viste sig dog at være svært at lære elever at tænke naturvidenskabeligt, så selv om der blev investeret betydelige summer i videnskabeligt korrekte lærebogssystemer og undervisningsprogrammer, kan man næppe påstå at der blev uddannet en generation med et bedre naturvidenskabeligt begrebsapparat end tidligere. Men

størstedelen af de ældre naturfagslærere har deres opfattelser af naturfag og undervisning i naturfag fra denne periode. I takt med velstandsstigningen og de samfundsmæssige strømninger kom der igen fokus på hvilken rolle naturvidenskaberne kunne spille og hvorledes de kunne bidrage til en menneskelig og samfundsmæssig udvikling. Fagenes metaaspekter fik igen plads i undervisningen og relationerne mellem samfundet og naturvidenskaberne og teknologien blev det dominerende tema for scientific literacy.

I midten af 1970'erne indgik følgende syv dimensioner i forskellige opfattelser af scientific literacy:

- I. *The scientifically literate person understands the nature of scientific knowledge.*
  - II. *The scientifically literate person accurately applies appropriate science concepts, principles, laws, and theories in interacting with his universe.*
  - III. *The scientifically literate person uses processes of science in solving problems, making decisions, and furthering his own understanding of the universe.*
  - IV. *The scientifically literate person interacts with the various aspects of his universe in a way that is consistent with the values that underlie science.*
  - V. *The scientifically literate person understands and appreciates the joint enterprises of science and technology and the interrelationship of these with each other and with other aspects of society.*
  - VI. *The scientifically literate person has developed a richer, more satisfying, more exciting view of the universe as a result of his science education and continues to extend this education throughout his life.*
  - VII. *The scientifically literate person has developed numerous manipulative skills associated with science and technology.*
- (Laugksch 2000)(s. 76)

Disse punkter afspejler en opfattelse af naturvidenskab som noget der kan (og bør) forme og styre ens liv. Man skal forstå naturvidenskabens »væsen« og handle i overensstemmelse hermed. Man skal oven i købet også værdsætte naturvidenskabens og teknologiens verden (pkt. V) eller synes det er spændende (pkt. VI). Der fornemmes desuden en meget traditionel opfattelse af naturvidenskab bagved, hvor naturvidenskab anses for havende nogle specielle (almene, neutrale) værdier (pkt. IV) a la Mertons CUDOS idealisering (Communalism, Universalism, Disinterestedness, Originality, Scepticism)(Merton 1957).

Opfattelsen af scientific literacy blev op gennem 1980'erne og 90'erne gradvist tilpasset en mere nøgtern videnskabsfilosofi og uddannelsessystemets krav til de unge. Det blev klart, at naturvidenskaberne ikke var så værdineutrale, som de selv opfattede sig, og der blev stillet stigende krav fra aftagerne om at de faglige kompetencer blev suppleret med personlige og sociale kompetencer. Den naturvidenskabelige viden erhvervet gennem naturfagsundervisningen skulle kunne bruges i det senere liv, og dette krav blev en del af det naturvidenskabelige literacy-begreb. Desuden blev scientific literacy også bærer af en demokrati-begrundelse for naturfagene, som blev beskrevet som nødvendige for at kunne indgå i en demokratisk proces.



Det store skel i tilgangen til naturfaglig undervisning var dengang – som nu – hvorvidt undervisningen skulle tage udgangspunkt i samfundsorienterede, hverdagsrelaterede emner eller i naturvidenskabens discipliner. En bevægelse, som argumenterede for det første synspunkt, var den såkaldte Science-Technology-Society retning. Den blev fx forfægtet af det amerikanske National Science Teachers Association, som opstillede følgende mål for naturfagsundervisningen:

*... to develop scientifically literate individuals who understand how science, technology, and society influence one another and who are able to use this knowledge in their everyday decision-making.*

(NSTA 1982, her efter (DeBoer 2000))

Da naturvidenskaben er tæt forbundet med teknologi, vil evnen til at kunne handle inden for et naturvidenskabeligt felt i høj grad også afhænge af en vis grad af teknologisk indsigt. Mange taler derfor om *Scientific and Technological Literacy (STL)*:

*»... people are 'scientifically and technically literate' when their knowledge gives them a certain autonomy (the possibility of negotiating decisions without undue dependency with respect to others, while confronted with natural or social pressures); a certain capacity to communicate (finding ways of getting one's message across); and some practical ways of coping with specific situations, and negotiating over outcomes.[...]The concept of scientific and technological literacy therefore refers to a degree of empowerment of the individual, not to some definitely acquired and specific skill.« (Fourez 1997)*

Her kobles den naturvidenskabelige viden til en række personlige og faglige kompetencer. For at opnå disse skal den lærende udøve naturvidenskabelig praksis:

*»This approach assumes that the most important aspect in teaching STL is not so much overcoming a 'cognitive deficit' as achieving a certain level of interaction with scientific practices, as these occur in society.« (Fourez, 1997, s. 911)*

Der stilles således nogle krav til undervisningen, som skal være opfyldt for at muliggøre elevernes erhvervelse af scientific literacy. Her peges specielt på at den erhverves gennem praktisk engagement i hverdagslivets problemer under anvendelse af en naturvidenskabelig tilgang.

Hvortil modstandere så hævder, at dette vil ske på bekostning af en solid og sammenhængende naturvidenskabelig viden. Man kan ikke få overblik over og forståelse af de ganske indviklede og ofte meget abstrakte naturvidenskabelige begreber ved at arbejde »sagsorienteret«, fx gennem projektarbejde. Øget vægt på literacy vil ifølge dette synspunkt give en ringere faglighed.

Der er naturligvis ikke nogen »løsning« på denne (tilsyneladende?) modsætning. Den tid, der bruges sagsorienteret, vil ofte blive taget fra det abstrakte, faginterne arbejde, hvorfor man ikke kan udelukke at såvel den faglige bredde som abstraktionsniveauet bliver mindre. Men til gengæld kan den rene faginterne tilgang risikere at give en viden, som er svær at bruge uden for undervisningssituationen,

ligesom sagstilgangen ofte vil være mere motiverende for eleverne. Vægtningen mellem de to sider og afgørelsen af hvilke aspekter af scientific literacy, der skal fremmes i undervisningen, er i sidste ende et uddannelsespolitisk valg, som fx formuleres via uddannelsernes målformuleringer.

Ofte foretages dette valg ved at skele til udviklingen i andre lande, som vi normalt sammenligner os med. Her kan der peges på en række konkrete udviklings- og curriculum projekter, som har haft indflydelse på feltet, og som i praksis har præget den internationale opfattelse af scientific literacy, som den ser ud i dag.

De to, som har haft størst indflydelse på den internationale forståelse, og også på såvel den danske opfattelse som på PISA formuleringerne, er utvivlsomt det amerikanske Project 2061 og det engelske Beyond 2000.

## Project 2061

The American Association for the Advancement of Science (AAAS), udgav i 1989 »Project 2061 Science For All Americans« (AAAS 1990). Rapporten var en reaktion på »A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform«, som the National Commission on Excellence in Education udgav i 1983. A Nation at Risk udtrykte bekymring for det lave vidensniveau i USA, som det konkret kom til udtryk i dårlige resultater ved internationale tests. Svaret var (naturligvis) standarder, men ikke for en indholdsmæssigt specificeret viden snarere for hvad der skulle kræves af den amerikanske borger for at være »science literate«. Project 2061 opstillede en række mål for den ønskede scientific literacy:

*being familiar with the natural world and respecting its unity;*  
*being aware of some of the important ways in which mathematics, technology, and the sciences depend upon one another;*  
*understanding some of the key concepts and principles of science;*  
*having a capacity for scientific ways of thinking;*  
*knowing that science, mathematics, and technology are human enterprises, and knowing what that implies about their strengths and limitations;*  
*and being able to use scientific knowledge and ways of thinking for personal and social purposes.*  
(AAAS 1990)

## Beyond 2000

Den engelske rapport Beyond 2000 (Millar and Osborne 1998) blev udgivet på baggrund af en række seminarer med deltagelse af fremtrædende engelske uddannelsesforskere inden for naturfagsundervisning. Udgangspunktet var en bekymring over misforholdet mellem den daværende undervisning i science og behov og interesse hos de unge og i samfundet. Det daværende (og til dels nutidige!) pensum lagde vægt på at fremstille

*... science as a body of knowledge which is value-free, objective and detached – a succession of 'facts' to be learnt, with insufficient indication of any overarching coherence and a lack of contextual relevance to the future needs of young people (s. 2004).*

Baggrunden for dette pensum var 1960'ernes teknologi- og naturvidenskabsoptimisme og det forhold at undervisningen primært fokuserer på at understøtte de, der skal læse videre inden for naturvidenskab og teknologi.

I modsætning hertil mener rapportens forfattere, at naturfagsundervisningen skal udgøre en helhed og et mål i sig selv. Man skal derfor satse på en bred, hverdagsbrugsorienteret naturfagsundervisning:

*Our view is that the primary and explicit aim of the 5–16 science curriculum should be to provide a course which can enhance 'scientific literacy', as this is necessary for all young people growing up in our society, whatever their career aspirations or aptitudes (p. 2009).*

Denne scientific literacy skal formes af hverdagsbehov og demokratiske behov:

*The science curriculum should provide sufficient scientific knowledge and understanding to enable students to read simple newspaper articles about science, and to follow TV programmes on new advances in science with interest. Such an education should enable them to express an opinion on important social and ethical issues with which they will increasingly be confronted. It will also form a viable basis, should the need arise, for retraining in work related to science or technology in their later careers (s. 2009).*

## Opsummerende

Project 2061 og Beyond 2000 er de første helhjertede forsøg på at opstille et science curriculum *for alle* i modsætning til mange af de eksisterende science curricula, der primært indgår i en selvsupplerende naturvidenskabelig fødekæde.

I begge disse projekter og i de fleste andre fremstillinger samles beskrivelsen af scientific literacy om fem (delvis overlappende) kategorier:

- I. Viden om og forståelse af centrale naturvidenskabelige begreber og udtryk (naturvidenskabelig viden).  
Denne viden skal i et literacy-perspektiv omhandle forhold som er af betydning for en hverdagsageren frem for viden for videns egen skyld. Der vil fx lægges vægt på at kunne indoptage og forstå mediers dækning af emner med naturvidenskabeligt indhold for at kunne opfylde demokratidimensionen.
- II. Forståelse for hvorledes naturvidenskaberne arbejder.  
Naturvidenskaberne anses for at have en særegen videns- og erkendeform, fx ved at have nogle særlige måder at undersøge verden på, som kan adskilles fra andre videnskaber.

- III. Opmærksomhed på og viden om samspillet mellem naturvidenskab, teknologi og samfund.  
Naturvidenskaberne og teknologi udvikles i en gensidig vekselvirkning og de udvikles i et samspil med den samfundsmæssige udvikling. Herved bliver naturvidenskaberne en del af den kulturelle arv.
- IV. En demokrati-dimension  
I et højtudviklet samfund er mange beslutninger baseret på naturvidenskabelige og teknologiske problemstillinger, så et vist kendskab hertil er en forudsætning for at kunne deltage i de demokratiske processer.
- V. En holdningsmæssig dimension.  
Som aktiv borger fordres en stillingtagen til naturvidenskab og teknologi fx som et vist engagement i naturvidenskabeligt baserede problemstillinger. En sådan perspektivering ligger tæt op ad et dannelsesbegreb. Nogle vil endda arbejde for en positiv indstilling til naturvidenskab.

Scientific literacy indbefatter således naturvidenskabelig *viden* (i relation til hverdagsfænomener og hverdagshandlen), *viden om* naturvidenskab (og specielt viden om hvornår man kan anvende naturvidenskabelig indsigt og hvornår ikke), en evne (og måske villighed) til at *anvende denne viden* i hverdagssammenhænge. Den sidste dimension er klart den mest kontroversielle og vidtspændende. Den kan inddrage såvel det normative som det affektive og opererer med et interval af internalisering gående fra »selvstændig assimilation« til »tvingende assimilation« (Jegede and Aikenhead 1999). Der er således et ret stort overlap mellem nogles brug af denne dimension af scientific literacy og mange af de dannelsesforestillinger, der er fremherskende i det danske uddannelsessystem, fx Klafkis nye almindelseskoncept (Klafki 2001). Almindelse defineres her som

*Almindelsen er i denne henseende ensbetydende med at få en historisk formidlet bevidsthed om centrale problemstillinger i samtiden og – så vidt det er forudsigeligt – i fremtiden, at opnå den indsigt, at alle er medansvarlige for sådanne problemstillinger, og at opnå en beredvillighed til at medvirke til disse problemers løsning. (s. 71)*

I et større perspektiv kan et fokus på scientific literacy ses som et forsøg på at koble naturvidenskabernes verden med elevernes (og de senere voksnes) verden, så eleverne forberedes på at kunne og ville engagere sig i problemstillinger med naturvidenskabeligt indhold. Målet med naturfagsundervisningen er ikke mere at lære naturvidenskab i sig selv, men at lære naturvidenskab for at kunne bruge den uden for naturvidenskabens verden.

# PISA2006s science literacy begreb

PISA projektet har som formål at teste i hvilket omfang unge er forberedte på at kunne begå sig i fremtidens samfund. Dette er altså den samme grundlæggende evne, som man internationalt forsøger at indfange med et scientific literacy begreb, bortset fra at man i PISA udtaler sig om et fremtidigt forhold. I PISA omfatter science fysik, kemi, biologi og geovidenskab (naturgeografi og geologi).

## Scientific literacy i 2000 og 2003 testen

Scientific literacy blev i PISA 2000 og 2003 defineret som:

*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 1999), s. 60*

I den danske rapport blev det oversat til

*Færdighed i at kunne anvende naturvidenskabelig baseret viden; at kunne genkende naturvidenskabelige spørgsmål og kunne drage slutninger på grundlag af naturvidenskabelige kendsgerninger i bestræbelsen på at forstå og være med til at træffe afgørelser om den naturgivne omverden og de påvirkninger af den, som menneskers aktiviteter medføre. (Mejdning 2004)(s. 13)*

Denne definition er baseret på tre dimensioner: Naturvidenskabelig viden (incl. viden om naturvidenskab), en anvendelse af denne viden (især til at vurdere og tage beslutninger) og en kontekst hvori den skal kunne anvendes (nemlig naturgivne forhold og menneskelige indgreb heri).

Selve vidensaspektet er underlagt en evne til at kunne bruge denne viden, hvilket er lig det almindeligt brugte scientific literacy begreb og i overensstemmelse med det danske kompetencebegreb. I den danske rapport for PISA2000 og 2003 oversættes scientific literacy da også med naturvidenskabelig kompetence. Den naturvidenskabelige viden skal anvendes i forhold til den naturgivne omverden (og menneskers indvirkning herpå) ved at kunne afgøre hvilke naturvidenskabeligt funderede spørgsmål, man kan stille til denne omverden og så kunne drage slutninger vedrørende disse spørgsmål. Der lægges således relativ meget vægt på evnen til at kunne deducere

– »to draw evidence-based conclusions« – dvs. til en relativ kontekstafhængig argumentationsform anvendt i en given kontekst. Frem for fx at kunne opstille problemstillinger selv eller at kunne indgå i problemløsningsituationer af mere kompleks art.

Definitionen indbefatter ikke den holdningsmæssige dimension, der normalt indgår i scientific literacy.

## Udarbejdelse af grundlaget for 2006 testen

I 2006 udgør science hoveddelen af testen, nemlig 50% af den samlede testtid, og det bliver derfor muligt at inddrage flere aspekter. Den praktiske gennemførelse af PISA styres af et internationalt konsortium under ledelse af The Australian Council for Educational Research. Dette konsortium nedsatte et *Science Forum* med det formål at udvikle et grundlag for sciencetesten i 2006. Alle deltagende lande var repræsenteret, enten ved forskere eller ved embedsmænd. Fra Danmark deltog Annemarie Møller Andersen, DPU, og Jens Dolin, SDU. Gennem en række møder startende i Paris december 2002 blev det i bilag 3 viste PISA 2006 Scientific Literacy Framework udarbejdet. Selve tilblivelsesprocessen var relativ omstændelig. I Science Forum gav de enkelte lande udtryk for deres synspunkter og der blev i mange tilfælde udarbejdet kompromisser. Der var tydelige holdningsforskelle mellem landegrupper på afgørende punkter, fx vægtningen mellem viden og kompetencer, vægtningen af de faglige områder, inddragelse af holdningsmæssige spørgsmål etc. Disse forskelle afspejlede landenes uddannelsessystemer, hvor lande med mere traditionelle naturfaglige uddannelser lagde vægt på den konkrete viden og ville nedprioritere kompetenceaspektet og holdningssiden. Mange havde ikke forstået, at PISA ikke er en curriculumtest, og argumenterede ud fra testgrundlagets manglende overensstemmelse med det pågældende lands undervisningsplaner. Der var desuden en vis bekymring for om det var muligt på forsvarlig vis at teste elevernes holdninger. Konsortiet havde nedsat en *Science expert group* som ansvarlig for at de udarbejdede tests var fagligt forsvarlige og i overensstemmelse med frameworket. Denne ekspertgruppe deltog i Science Forum møderne og arbejdede ofte videre på de opstillede ideer mellem møderne. Udkastet blev også forelagt de, der udviklede science spørgsmålene (de såkaldte test items), og de nationale project managers. De endelige beslutninger og godkendelse af frameworket skete hos PGB (= PISA Governing Board, indtil marts 2004 kaldet BPC = Board of Participation Countries), som er PISAs »Bestyrelse« med regeringsrepræsentanter for alle deltagende lande. Ofte blev der på Science Forum møderne opstillet nogle alternativer, som så blev sendt til afstemning i PGB, og oftest blev det, som flertallet valgte, indskrevet i Science Framework.

Science Forums endelige udgave af PISA 2006 Framework for the Assessment of Scientific Literacy (EDU/PISA/BPC(2004)2) blev forelagt BPC/PGB i marts 2004. Her blev det ganske vist kaldt Framework for the PISA 2006 Science Assessment (EDU/PISA/BPC(2004)14), hvilket måske afspejler nogle landes forsøg på at erstatte »scientific literacy« inde i rapporterne med »PISA science« (se brev fra Andreas Schleicher 26. marts 2004: EDU/PISA/PGB/(2004)L07). Årsagen hertil skulle ifølge brevet være, at ... *in the dissemination of PISA findings, it had given rise to misunderstandings of the intentions of PISA, in the sense that mathematical and scientific literacy was sometimes interpreted as a rather low level of practical every-day knowledge of mathemat-*

*ics or science*. Man fastholdt dog brugen af scientific literacy som betegnelse for det, der testes i PISA science 2006.

Dette endelige Framework er offentliggjort næsten uændret i *The PISA 2006 Assessment Framework. Science, Reading and Mathematics* (OECD 2006), hvor det er anskueliggjort med en række eksempler på opgaver. På grund af de mange eksempler, er det en ret omfattende publikation på 250 sider.

Der er enkelte, mindre forskelle mellem Science Forums endelige Framework (EDU/PISA/BPC(2004)14) og det af OECD offentliggjorte. Indeværende analyse er foretaget på baggrund af EDU/PISA/BPC(2004)14, men da dette ikke er offentliggjort, har vi valgt at bringe sciencedelen af (OECD 2006) uden de supplerende eksempler, som Bilag 3 til indeværende rapport.

## Det opstillede begrebsapparat

PISA har intention om at teste 15-åriges »preparedness for life«. Inden for science er det centrale spørgsmål derfor:

*What is important for citizens to know, value, and be able to do in situations involving science and technology?*  
(EDU/PISA/BPC (2004) 14, p. 3)

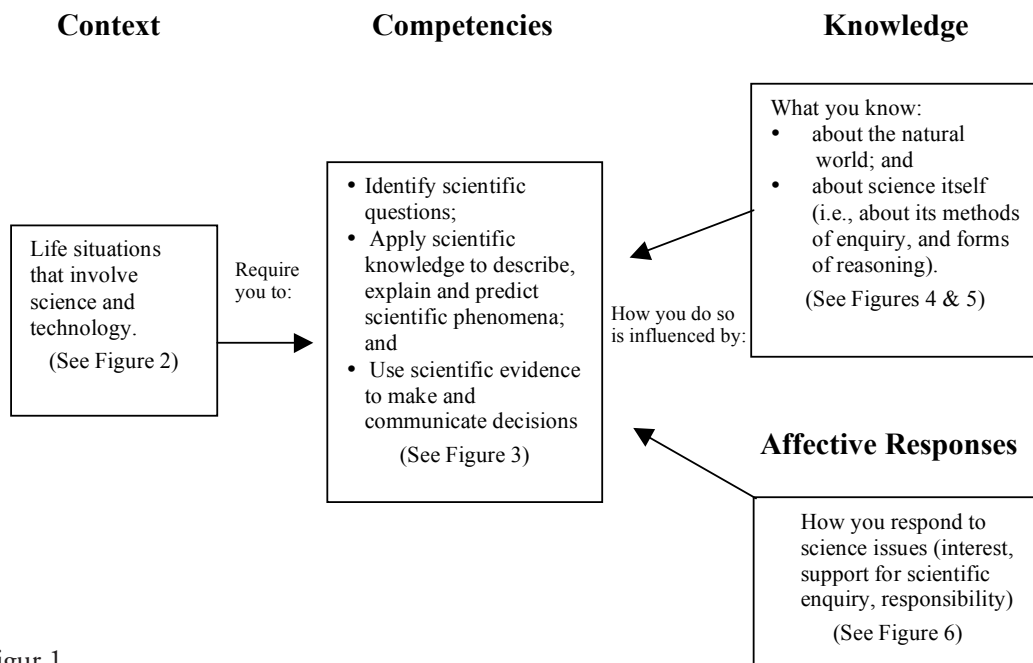
Svaret søges indfanget af det valgte literacy-begreb, som i PISA 2006 defineres som den enkeltes:

*Scientific knowledge and use of that knowledge to identify questions, to acquire new knowledge, to explain scientific phenomena, and to draw evidence-based conclusions about science-related issues;*  
*understanding of the characteristic features of science as a form of human knowledge and enquiry;*  
*awareness of how science and technology shape our material, intellectual, and cultural environments; and*  
*willingness to engage in science-related issues, and with the ideas of science, as a reflective citizen.*  
(EDU/PISA/BPC (2004) 14, p. 4f)

Denne definition adskiller sig en del fra den tidligere anvendte. Først og fremmest ved i den sidste linie at tilføje et holdningsmæssig aspekt. Men der er desuden sket nogle skred og der er kommet nogle udvidelser. I det første afsnit bidrager besiddelse af viden nu selvstændigt til literacy, hvor det tidligere skulle kunne bruges for at indgå i literacy. Desuden er evnen til at tilegne sig ny viden nu en del af literacy. Hvor viden *om* naturvidenskab tidligere indgik som en del af *scientific knowledge*, har den nu fået sin egen linie. Man skal vide hvad der er naturvidenskabens egenart og hvorved den adskiller sig fra andre videnskaber – et ganske stort krav at stille til 15-årige! Endelig kræves der en opmærksomhed på naturvidenskabens og teknologiens prægning af vores samfund og kultur (men ikke omvendt!).

Denne udvidede definition har den fordel, at den bringer PISAs scientific literacy begreb i overensstemmelse med de internationalt anvendte, idet den nu forholder sig til alle de fem aspekter, som blev omtalt i foregående afsnit (s. 11-12).

Til gengæld er det en noget anden definition end den der blev anvendt i PISA 2000 og 2003, med mere vægt på metaaspekterne af naturvidenskaben og mere vægt på elevernes holdninger til naturvidenskab. Det stiller naturligvis spørgsmål ved sammenligneligheden af 2006-testen med de tidligere tests. Især inddragelse af holdningsspørgsmål har givet anledning til en del debat i PISA-systemet. Man har løst dette spørgsmål ved at beslutte, at alle holdningsspørgsmål skal kunne adskilles fra de kognitive spørgsmål, således at der opstilles adskilte skalaer for de to dimensioner. Holdningsspørgsmålene stilles derfor nok i forlængelse af et eller flere kognitive spørgsmål, dvs. som en del af den samme hovedopgave (unit), men med en tydelig angivelse af at det er en anden type spørgsmål, hvor besvarelsen ikke influerer på scoren af de foregående spørgsmål. Herved afskærer man sig til gengæld fra at undersøge hvorledes det holdningsmæssige influerer på den kognitive præstation. Desuden må der ikke indgå holdningsspørgsmål i de opgaver, som er fælles for 2003 og 2006. Det vurderes fra det internationale konsortiums side, at den øgede vægt på viden om naturvidenskab er moderat. Dette virker som en lidt optimistisk vurdering. Tidligere ansås metaaspekterne at indgå i vidensbegrebet, som var en tredjedel af det, der lå bag evnen til at forstå og beslutte. Nu er det blevet et selvstændigt afsnit. Også inddragelsen af teknologiaspektet anses for at være en moderat ændring, da teknologi-færdigheder ikke testes. Vi vil således i modsætning til konsortiet mene, at definitionen er ændret ret kraftigt! Dette er ikke en pointe, vi vil forfølge yderligere i vores projekt. Når man ser på de udarbejdede test-items, ser det da heller ikke ud til at 2006 spørgsmålene afviger afgørende fra tidligere cyklers. Den største forskel er inkluderingen af de affektive spørgsmål.



Figur 1.



Ovenstående figur 1 fra PISA 2006 Scientific Literacy Framework er en grafisk opstilling af de elementer, der indgår i arbejdet med at udvikle de anvendte testopgaver. Som det fremgår testes scientific literacy via fire sammenhængende aspekter, som er svar på spørgsmålene:

Hvilke *kontekster* er det passende at teste 15-årige i?

Hvilke *kompetencer* er nødvendige for 15-årige?

Hvilken *viden* er det rimeligt at forvente at 15-årige har?

Hvilke *affektive* svar er det rimeligt at forvente fra 15-årige?

Før vi ser PISAs svar herpå, vil vi gennemgå målformuleringerne i de danske naturfag, for at kunne undersøge, i hvilket omfang PISA-kravene svarer til de danske mål.



# Formålsformuleringer i danske naturfag i folkeskolen

Den danske folkeskoles sigte beskrives gennem et relativt komplekst system af dokumenter. Der er for de enkelte fag udgivet et hæfte med Fælles Mål. De Fælles Mål omfatter for hvert fag:

- Et *signalement* af faget, hvor de centrale kundskabs- og færdighedsområder nævnes og tilstræbte faglige kompetencer beskrives.
- De overordnede *formål* som faget skal opfylde. Disse er i vid udstrækning formuleret i dansesestermer (fx holdning, ansvarlighed)
- *Slutmål* beskrevet i kompetencetermer (fx eleverne skal være i stand til ...), dog uden at kalde det kompetencer direkte. De er typisk formuleret inden for tre brede emneområder og et område som dækker viden om faget og arbejdsmetoder i faget
- *Trinmål*, der er en operationalisering af de bredere slutmål. Trinmålene beskrives for hvert klassetrin.
- *Beskrivelser* af hvorledes man kan (tæt på bør) arbejde med at realisere målene (fx udtrykt som: skal lægges vægt på, det er vigtigt at have, der arbejdes frem mod etc.)
- En *læseplan*, hvor det opstilles i punktform hvilke faglige emner og begreber der bør undervises i. Disse er opstillet for 7.-8. klasse og 9. klasse.
- Endelig har hvert fag en *vejledning*, som giver eksempler på måder hvorpå man kan opfylde læseplanen.

Formål, slutmål og trinmål er centrale bestemmelser for faget. På basis af de vejledende beskrivelser og læseplaner skal kommunerne lokalt vedtage bindende læseplaner og beskrivelser.

I bilag 2 er dele af de Fælles mål for fysik/kemi, biologi og geografi opstillet synoptisk i samme skema. Vi har valgt at vise formålene og slutmålene (efter 9. klasse). Vi har valgt slutmålene, da disse er udtryk for det udbytte, man ønsker eleverne skal have af undervisningen i de tre fag, hvilket passer godt med denne rapports undersøgelse af intentionerne i Folkeskolen med intentionerne i PISA. Desuden er der ikke væsentlig forskel på 8. klasse trinmålene og slutmålene hvad angår områder og målkategorier. Slutmålene er oftest beskrevet på et fagligt højere niveau, fx som krav om øget kompleksitet, mere nuanceret forståelse eller et mere konsekvent fagsprog.

I skemaet har vi tillige ved slutmålene de respektive steder indsat den relevante emnerække fra læseplanen, da disse emner udgør den mest detaljerede (vejledende) indholdsbeskrivelse af fagene.

JENS DOLIN • HENRIK BUSCH • LARS BRIAN KROGH

Vi har taget såvel emnerne fra 7.-8. klasse som fra 9. klasse og har så slettet de emner fra 7.-8. klasse, som gentages i 9. klasse.

# Hvorledes opfylder de danske mål PISA-kravene?

## Opgavekontekster

Opgaverne i PISA bliver formuleret inden for en situation fra »det virkelige liv« og ikke kun fra skolen. Disse situationer vil relatere sig til personlige (en selv, familien, venner), samfundsmæssige og globale forhold. Inden for hvert område anbefales en række anvendelsesområder: sundhed, ressourcer, miljø, risici og forskningens frontlinie. Der gives i Science Literacy Framework 2006 følgende eksempler:

	Personlig	Samfundsmæssig	Global
Sundhed	At holde sig rask, uheld, ernæring	Sygdomskontrol, fødevarer	Epidemier, spredning af infektioner
Ressourcer	Individuelt forbrug	Livskvalitet, sikkerhed, fødevarereproduktion og -distribution, energiforsyning	Fornyelige og ikke-fornyelige ressourcer, befolkningsvækst, natursystemer
Miljø	Miljøvenlig adfærd, brug og bortskaffelse af varer	Befolkningsfordeling, affald, miljøpåvirkning, lokalt vejr	Biodiversitet, bæredygtighed, forureningskontrol, jordtab
Risici	Natur- og menneskeskabte,	Hurtige ændringer (jordskælv, vejr), langsomme (erosion), risikovurdering	Klimaændringer, krig
Frontlinie	Science-baserede hobbyer, sport og fritid, musik	Nye materialer, genetisk modifikation, transport, våbentechnologi	Udryddelse af arter, udforskning af rummet, universets oprindelse

Der er udvalgt områder hvor naturvidenskabelig viden og kompetence (literacy) anses for at have særlig betydning for den enkelte og for samfundet til at forbedre og fastholde livskvalitet.

Herudover kan anvendes historiske sammenhænge for at teste forståelse af udviklingen i viden.

Det er vanskeligt i en international test at finde situationer som er af interesse og relevans for

alle unge i alle lande og miljøer, hvilket har betydet at en række udmærkede opgaver er blevet sorteret fra efter veto fra enkelte lande, og at en række landeforslag ikke er taget med på trods af deres testmæssige kvaliteter.

De fleste af skemaets kontekster kan umiddelbart findes i de danske Fælles Mål eller vil naturligt danne ramme om arbejdet med at opfylde målene. Dette gælder især sundhed, ressourcer og miljø og i mindre grad risici og frontlinie. Risici er ikke et selvstændigt område, især risikovurdering er et vanskeligt område som ikke er omtalt, men til gengæld omtales jordskælv, klimaændringer og vurdering af de miljømæssige konsekvenser af samfundenes udnyttelse af naturgrundlaget. Der er ikke danske krav til at skulle beskæftige sig med front-linie problemer, men mange af emnerne indgår, og man vil under arbejdet med disse naturligt inddrage den nyeste viden (transport, genetisk modifikation, udryddelse af arter, universets oprindelse).

## Naturvidenskabelige kompetencer

PISA scientific literacy framework opererer med tre kompetencer som værende karakteristiske for naturvidenskabelig funderet handlen. Det er de samme tre forhold, som var centrale i 2000 og 2003 definitionen af scientific literacy. Annemarie Møller Andersen og Marit Kjærnsli (Andersen and Kjærnsli 2003) giver en god gennemgang af PISA 2000s overensstemmelse med naturfagene i den danske folkeskole, og konkluderer at

*Overordnet set er der ingen uoverensstemmelse mellem PISA's definition af scientific literacy og formålene for naturfagene (de naturvidenskabelige fag) i folkeskolen (ibid. s. 154).*

Disse tre kompetencer er i PISA 2006 sat i centrum af literacy-feltet som samlende de kognitive og de affektive evner i en given kontekst. Det drejer sig om at kunne

- Identificere (natur)videnskabelige spørgsmål
  - genkende hvilke spørgsmål man kan undersøge videnskabeligt
  - identificere naturvidenskabelige nøgleord som hjælp til informationssøgning
  - genkende centrale træk ved en naturvidenskabelig undersøgelse
- Anvende naturvidenskabelig viden
  - anvende naturvidenskabelig viden og viden om naturvidenskab i givne situationer
  - beskrive og forklare naturvidenskabelige fænomener og forudsige ændringer
  - identificere passende beskrivelser, forklaringer og forudsigelser
- Bruge naturvidenskabelige beviser
  - tolke naturvidenskabeligt bevismateriale og drage konklusioner
  - argumentere for eller imod konklusioner og identificere forudsætninger for givne konklusioner
  - kommunikere konklusioner og de beviser og ræsonnementer de er baseret på.

Den første kompetence vægtes lidt lavere end de to sidste, nemlig til 25-30% af samlet tid afsat til kompetencerne, mens de to sidste vægtes lige med hver 35-40% af samlet testtid.

Disse »kompetencer« er baseret på en række kognitive processer, som anses for specielt relevante for scientific literacy, nemlig: Induktiv/deduktiv ræsonnement, kritisk og helhedsbaseret tænkning, transformation af repræsentationer, databaserede forklaringer, modeltænkning og brug af matematik. I disse processer ses modeltænkning og transformationstænkning at svare til nogle af de naturfaglige kompetencer, som blev opstillet i Fremtidens Naturfaglige Undervisning (Andersen, Busch et al. 2003).

PISAs forståelse af kompetence er noget snævrere end vi er vant til i Danmark og OECD (fx DeSeCo). Vi bruger normalt kompetencebegrebet til at karakterisere evnen til at kunne foretage en relativ kompleks handlen under anvendelse af en række egenskaber og viden. Per Schultz Jørgensen har følgende meget citerede definition:

*»Kompetencen bliver et udtryk for denne evne til at håndtere og agere i en social og kulturel mangfoldighed.*

*Lidt forenklet kan man sige, at kompetence er noget man har, fordi man ved noget og gør noget, der lever op til udfordringerne i en given situation.*

(Jørgensen 1999)

Man kunne fx tænke sig en problemløsningskompetence, som indebærer at man har viden inden for et område, at man kan og vil bringe denne viden i rigtig anvendelse i den aktuelle kontekst, og at man kan kommunikere resultatet på passende vis. En sådan kompetenceopfattelse ville sammenfatte alle de i figur 1 viste egenskaber i én kompetence. Se fx (Dolin, Krogh et al 2003) for en grundigere udredning af kompetencebegrebet. Man kan med en vis ret hævde at PISA indskrænker kompetencer til de intellektuelle *færdigheder*, og opererer med tre af slagsen.

PISA kompetencerne er i deres opsætning og formulering tydeligvis inspireret af Beyond 2000 og det herfra videreudviklede 21st Century Science (<http://www.21stcenturyscience.org/home/>), med deres vægt på argumentation og evidens og inddragelse af videnskabsteoretiske spørgsmål. Disse tre PISA science kompetencer kan ikke genfindes i samme form i Fælles Mål. Alligevel stiller Fælles Mål krav om at skulle kunne gennemføre mange af de samme processer. Alle de tre fag har i deres slutmål et afsnit om »Arbejds måder og tankegange«, hvor der fx tales om kendskab til *hvordan biologisk viden bliver til gennem naturvidenskabelige arbejds metoder og genkende biologiske argumenter og modeller i samfundsdebatten samt overveje deres muligheder og begrænsninger* (biologi) samt *identificere og formulere relevante spørgsmål, samt opstille enkle hypoteser* (fysik/kemi).

Det danske perspektiv er dog noget anderledes, idet de danske »Arbejds måder og tankegange« er formuleret med henblik på at kunne foretage egne undersøgelser og problembearbejdning. Dvs. de indgår i nogle overordnede sammenhænge og ikke som selvstændige discipliner. PISAs kompetencer er i højere grad opstillet som nogle relativt abstrakte færdigheder elever skal kunne bruge på et givent materiale. Det er således ikke givet, at danske elever kan »tolke naturvidenskabeligt bevismateriale og drage konklusioner« eller »argumentere for eller imod konklusioner og identificere forudsætninger for givne konklusioner«.

## Affektive aspekter

Som tidligere nævnt indgår affektive forhold i 2006-definitionen på scientific literacy:

*... a person's scientific literacy includes certain attitudes, beliefs, motivational orientations, self-efficacy, values, and ultimate actions.*

(EDU/PISA/BPC(2004)14, p.16)

Det affektive domæne opdeles i tre aspekter: interesse, støtte (påskønnelse) og ansvarlighed:

- Interesse for naturvidenskab
  - udviser nysgerrighed over for naturvidenskab og relaterede emner og aktiviteter
  - tilegner sig supplerende viden inden for naturvidenskabelige emner
  - viser vilje til løbende interesse i naturvidenskab, overvejer evt. naturvidenskabsrelaterede karriere
- Støtte til (support for) naturvidenskabelig undersøgelse
  - støtter vigtighed af at inddrage forskellige perspektiver, ideer og forklaringer
  - støtter brug af faktuel viden og rationelle forklaringer ved analyse og evaluering
  - støtter behovet for at konkludere på basis af logiske og omhyggelige processer
- Ansvarlighed i forhold til ressourcer og miljø
  - udviser personlig ansvarlighed i forhold til bæredygtig udvikling
  - demonstrerer opmærksomhed for de miljømæssige konsekvenser af egne handlinger
  - udviser vilje til at handle for at opnå bæredygtighed

Det kan nævnes, at der oprindeligt blev opereret med en fjerde dimension, nemlig »appreciation of science«. I en pre-pilottest foretaget af IPN i Kiel var det imidlertid vanskeligt at opstille en holdbar skalering for denne dimension, så den blev droppet.

De affektive sider testes via særskilte spørgsmål i relation til opgaverne. Der blev dog ikke stillet affektive spørgsmål i relation til spørgsmål med sensitive emner, som fx tobaksrygning, evolution, toilet-cisterner. Derudover spørges der også til holdningsmæssige forhold i det separate spørgeskema. Det bemærkes, at de tre bullets ikke indeholder spørgsmål vedrørende »self-efficacy«, på trods af at dette begreb indgår i definitionen af scientific literacy. Men der er i spørgeskemaet en række spørgsmål til elevernes selvtillid til at kunne løse konkrete opgaver.

Der er udviklet forskellige testformater til de tre aspekter af det affektive domæne. Likert-scalaen blev anvendt til interesse og støtte, mens der blev udviklet et »match-the-opinion« format til ansvarlighedsdimensionen. Ved match-the-opinion skal eleverne til hvert spørgsmål vælge hvilket af fire udsagn de er mest enige i. Det kunne fx være fire personers holdning til bygning af et vedvarende energianlæg som producerer relativt dyr elektricitet. Eleverne skal vælge hvilket af fire svar på spørgsmålet 'Støtter du bygningen af anlægget?', de er mest enige i. (Fx svarene 'Nej, vi har brug for billig energi og drivhuseffekten er ikke bevist', 'nej, vi skal reducere udledningen af drivhusgasser, men jeg synes vi skal vente til videnskaben finder billigere måder at gøre det på', 'ja, selv om elektriciteten bliver dyrere, er jeg villig til at betale mere for at reducere



drivhuseffekten, hvis alle gør det', 'ja, jeg villig til at betale mere for at reducere drivhuseffekten, selv hvis andre ikke vil').

For at reducere at eleverne giver socialt acceptable svar, arbejdede man med et unipolært svarformat (høj interesse, mellem interesse, lav interesse, ingen interesse) frem for det sædvanlige bipolære format (meget enig, enig, uenig, meget uenig) ved interesse dimensionen. Holdningsspørgsmålene bliver desuden markeret typografisk anderledes i testhæfterne end de andre spørgsmål, og det bliver præciseret, at de holdningsmæssige spørgsmål ikke har noget korrekt svar og at de ikke vil tælle med i test-scoren.

På Science Forum mødet den 29.-30. august 2005 blev resultaterne fra pilottesten af holdningsspørgsmålene og spørgeskemaet gennemgået. Scalaerne for »interesse i science« og »støtte til naturvidenskabelige undersøgelser« viste sig at fungere godt, mens der var problemer med »miljøansvarlighed«, idet det følte urimeligt at indplacere svarmulighederne i et »match-the-opinion« – format på en lineær skala. Alligevel var der stemning for at inddrage dette aspekt både p.g.a. dets innovative format og dets rolle i scientific literacy definitionen.

Konsortiet anbefalede, bl.a. på baggrund af Science Forums diskussioner, at alle tre aspekter testes, og at der afsættes 17% af samlet testtid hertil. Dette svarer til en tredjedel af den samlede tid til sciencetesten. Denne anbefaling blev sendt rundt til deltagerlandene.

Landenes svar (EDU/PISA/PGB(2005)L21 dateret 22. oktober 2005) viste flertal for kun at teste »interesse i science« og »påskønnelse af/støtte til naturvidenskabelige undersøgelser«.

Interesse og ansvarlighed er to områder, der også prioriteres højt i de danske formål, i modsætning til 'støtte', der ikke nævnes.

Eksempelvis skal undervisningen ifølge Fælles Mål i biologi

*fremme deres glæde ved naturen og lyst til at beskæftige sig med biologiske emner og problemstillinger*

*i fysik*

*stimulere og videreudvikle alle elevers interesse og nysgerrighed over for naturfænomener*

*og i geografi*

*udvikle(r) interesse for selv at udbygge deres viden om omverdenen*

I biologi gælder at

*Elevernes ansvarlighed overfor natur og miljø skal videreudvikles.*

Fysik/kemi skal bidrage til

*elevernes grundlag for at få indflydelse på og tage medansvar for brugen af naturressourcer og teknik både lokalt og globalt*

og endelig skal geografi udvikle

*engagement, selvstændig stillingtagen til og ansvarlighed over for problemer vedrørende udnyttelse af naturgrundlag, ressourcer og den kulturskabte omverden og konsekvenserne for miljø og levevilkår.*

Derimod omtaler Fælles Mål ikke en særskilt påskønnelse af naturvidenskabelig undersøgelsesform frem for andre videnskabers arbejds måder.

Set med danske øjne er det meget uheldigt, at ansvarlighedsskalaen ikke indgår i PISA 2006 science testen, når man ser med hvilken vægt dette aspekt indgår i Fælles Mål.

Konkluderende kan siges, at halvdelen af de affektive aspekter, som PISA tester, indgår i Fælles Mål, og at PISA tester en tredjedel af de affektive aspekter, som indgår i Fælles Mål.

## Indholdssammenfald

Selv om PISA ikke er en curriculum-test, er det ikke uden interesse at undersøge hvor stort sammenfald der er mellem PISA-testens indholdskrav og de danske læseplaner. Jo større sammenfald der er, jo større mulighed må man gå ud fra eleverne har for at få en høj score. Under forudsætning af at der er et rimeligt sammenfald mellem det intenderede pensum og det realiserede pensum.

En konkret sammenligning ville kræve, at man tog de aktuelle opgaver fra et PISA testsæt og sammenlignede indholdet heri med det, som man gennemgår i skolen. Det kunne fx ske ved at lade nogle erfarne naturfagslærere vurdere testindholdet. En sådan undersøgelse er foretaget i den irske PISA-rapport for 2003 (Cosgrove et al 2004) for matematik og vil for 2006 i Irland også blive gjort i science. For matematik anføres, at

*Students were expected to be familiar with concepts underlying half to seven-tenths of the PISA items depending on syllabus level. Familiarity with the context of application of these concepts and the item formats was lower, ranging from 65.9% to 80.0% unfamiliar with context and 62.4% to 83.5% unfamiliar with format.* (p. 188)

Men en sådan undersøgelse ligger helt uden for VAP-projektets muligheder. Vi har i stedet sammenholdt de opstillede kriterier i PISA testen med folkeskolens læseplaner. Der er således tale om sammenligning af to sæt intentioner. Med fare for at forskellene i virkelighedens verden er større eller mindre.

PISA Frameworket opstiller tre kriterier for udvælgelse af indhold:

1. Det skal være relevant i hverdagsituationer (real-life situations).
2. Det skal repræsentere centrale begreber som har blivende nytte.
3. Det skal passe til 15-åriges udviklingstrin.

Frameworket taler om »systemer« frem for indhold, for at signalere, at den nødvendige viden skal anvendes i komplekse, autentiske situationer, hvor verden og viden hænger sammen. Der skelnes mellem

- fysiske systemer (dvs. fysik/kemi)
- levende systemer (dvs. biologi) og
- jord/rum systemer (dvs. naturgeografi/geologi og fysik).

Ud over denne indholdsviden (knowledge *of* science) opererer PISA med naturvidenskabernes metaperspektiver (knowledge *about* science), bestående af

- naturvidenskabelig undersøgelse
- naturvidenskabelige forklaringer og
- naturvidenskab og teknologi i samfundet.

Naturvidenskabelig viden er i PISA sammenhænge således kombinationen af den konkrete viden og viden om denne viden. De to sider af viden vægtes ca. som 2:1, dvs. ca. 65% af opgaverne (og dermed svartiden) skal bruges på at teste konkret viden, mens ca. 35% skal bruges på at teste viden om viden. Dette forhold er et af de mest diskuterede i frameworket. Den anvendte definition på scientific literacy lægger næsten lige meget vægt på de to sider, men da mange landes læseplaner langt fra gør dette, ville en sådan vægtning give anledning til stor utilfredshed og antydninger af at PISA ikke tester naturvidenskabelig viden. Man er derfor endt på ca. en tredjedel, men kan på den anden side heller ikke gå under, hvis det skal være muligt at konstruere en skala for hver af de tre *om*-kategorier.

Mens de tre metaperspektiver vægtes ligeligt (hver med 10-15%) er der en skævdeling af de faglige kategorier. Levende systemer vægtes højest, 25-30% af pointene, dernæst vægtes fysiske systemer med 20-25% og lavest vægtes jord/rum systemet med 15-20%. Denne vægtning svarer ikke til den vægtning, som den danske timefordelingsplan angiver. Hvis vi antager, at halvdelen af geografis timer anvendes til kultur- og samfundsgeografi, er den danske timefordeling således:

Fysik/kemi	50%	(PISA: fysiske systemer ca. 33%)
Biologi	36%	(PISA: levende systemer ca. 41%)
Naturgeografi/geologi	14%	(PISA: jord/rum systemet ca. 26%)

I Danmark vægtes fysik/kemi således væsentligt højere end i PISA (hvilket desuden forstærkes af eksamenssystemets opprioritering af fysik/kemi), mens biologi vægtes lidt lavere. Naturgeografi vægtes betragteligt lavere i Danmark end i PISA.

En sammenligning mellem det indhold, som PISA anser for nødvendigt at kende til for at kunne løse testene, og det indhold, som gennemgås i det danske skolesystem, kompliceres af de danske læseplaners opbygning. Formålene er analyseret i foregående afsnit. Vi har til indholdsanalysen valgt at se på slutmålene og læseplanerne, som de er opstillet i bilag 2. Beskrivelserne har her et detaljeringsniveau som ligger tæt op ad frameworkets indholdsside.

Lad os først se hvilket af PISAs indhold der kan genfindes i det danske indhold. Alle PISA science testens kategorier er oplistet i venstre kolonne, og i højre er angivet det tilsvarende danske indhold.

<p><b>Physical Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> structure and properties of matter (e.g., thermal and electrical conductivity)</li> <li><input type="checkbox"/> physical and chemical changes (e.g., states of matter, rates of reactions)</li> <li><input type="checkbox"/> motions and forces (e.g., velocity, acceleration, friction)</li> <li><input type="checkbox"/> energy and its transformations (e.g., conservation, dissipation)</li>   <li><input type="checkbox"/> interactions of energy and matter (e.g., light and radio waves, sound and seismic waves)</li> </ul>	<p><b>Fysik/kemi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> alt stof er opbygget af små partikler (t og e ledningsevne nævnes ikke)</li> <li><input type="checkbox"/> generelle stofegenskaber (tilstande og reaktionshastighed nævnes ikke)</li> <li><input type="checkbox"/></li> <li><input type="checkbox"/> energiomsætning ved transport og samfundets energiforsyning med bl.a. behandling af de uundgåelige tab i energikvalitet (men ikke generel energibevarelse og -tab)</li> <li><input type="checkbox"/> generelle stofegenskaber (lys og radiobølger, lyd og seismiske bølger nævnes ikke)</li> </ul>
<p><b>Living Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> cells (e.g., structures and function, DNA, plant and animal)</li> <li><input type="checkbox"/> humans (e.g., health, nutrition, subsystems [i.e. digestion, respiration, circulation, excretion, and their relationship], disease, reproduction)</li> <li><input type="checkbox"/> populations (e.g., species, evolution, biodiversity, genetic variation)</li>   <li><input type="checkbox"/> ecosystems (e.g., food chains, matter and energy flow)</li> <li><input type="checkbox"/> biosphere (e.g., ecosystem services, sustainability)</li> </ul>	<p><b>Biologi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> cellers bygning og function, dna og gener, dyre- og plantecellers bygning og funktion</li> <li><input type="checkbox"/> beskrive og forklare væsentlige kropsfunktioner/ kende forskellige faktorer, der påvirker menneskets sundhed/fødevareroptagelse, respiration/sundhedsproblemer/menneskets forplantning</li> <li><input type="checkbox"/> artsdannelse, livets udvikling og den biologiske mangfoldighed i et naturområde/grundlæggende forhold i arvelighed og evolution</li> <li><input type="checkbox"/> stofkredsløb og energistrømme/ udvikling og ændring i økosystemer/ opbygger- og nedbryderfødekæder</li> <li><input type="checkbox"/> menneskers anvendelse af naturgrundlaget samt inddrage perspektiver for bæredygtig udvikling</li> </ul>
<p><b>Earth and Space Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> structures of the Earth systems (e.g., lithosphere, atmosphere, hydrosphere)</li>   <li><input type="checkbox"/> energy in the Earth systems (e.g., sources, global climate)</li> <li><input type="checkbox"/> change in Earth systems (e.g., plate tectonics, geochemical cycles, constructive and destructive forces)</li> <li><input type="checkbox"/> Earth's history (e.g., fossils, origin and evolution)</li> <li><input type="checkbox"/> Earth in space (e.g., gravity, solar systems)</li> </ul>	<p><b>Geografi og Fysik/kemi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> give eksempler på globale naturgeografiske mønstre/beskrive det geologiske kredsløb (de tre sfærer ikke nævnt)</li> <li><input type="checkbox"/> samfundets energiforsyning/fordeling af verdens ressourcer og råstoffer/ klimaforandringer på jorden</li> <li><input type="checkbox"/> beskrive det geologiske kredsløb/ geologiske ændringer forskellige steder på jorden (de tre fænomener nævnes ikke)</li> <li><input type="checkbox"/> hovedpunkter i jordens udviklingshistorie</li>   <li><input type="checkbox"/> vores solsystem samt Jordens, de øvrige planeters og Månens bevægelser (gravitation nævnes ikke)</li> </ul>

Det er karakteristisk, at beskrivelsen af fysik/kemi er holdt i meget generelle vendinger, som gør det muligt for læreren at opfylde den med meget forskelligt indhold. Desuden – og nok vigtigere – består de danske målbeskrivelser ikke af abstrakte lovmæssigheder og begreber (som fx PISAs »termisk ledningsevne«), men mere som konkrete hverdagsfænomener, som kan behandles under inddragelse af forskellige naturvidenskabelige lovmæssigheder og begreber (fx »energiomsætning ved transport«). Der kan derfor godt være stor dele af »Physical Systems«, der ikke er gennemgået i konkrete klasser.

Der er fuld overensstemmelse mellem »Living Systems« og »Biologi«, selv om der naturligvis er afvigelser i den konkrete sprogbrug.

Hvad angår »Earth and Space Systems« er der rimelig stor overensstemmelse. Det, geografi ikke dækker, dækkes af fysik/kemi. Dog er beskrivelsesniveauet mindre detaljeret i de danske mål, end i PISA, så man kan risikere, at emnerne er gennemgået uden at de specifikke begreber er gjort til genstand for særlig opmærksomhed.

PISAs »knowledge about science« er tidligere inddraget i en sammenligning af de overordnede formål. Vi vil her sammenligne dem punkt for punkt (venstre søjle) med »Arbejds måder og tankegange« fra Fælles Mål (højre søjle).

<p><b>Scientific Enquiry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> origin (scientific questions).</li> <li><input type="checkbox"/> purpose (e.g., to produce evidence that helps answer scientific questions, current ideas/models/theories guide enquiries).</li> <li><input type="checkbox"/> observations and experiments (e.g., different questions suggest different scientific investigations, current scientific knowledge).</li> <li><input type="checkbox"/> data (e.g., quantitative [measurements], qualitative [observations]).</li> <li><input type="checkbox"/> measurement (e.g., inherent uncertainty, replicability, variation, accuracy/precision in equipment and procedures).</li> <li><input type="checkbox"/> characteristics of results (e.g., empirical, tentative, testable, falsifiable, self-correcting).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> identificere og formulere relevante spørgsmål</li> <li><input type="checkbox"/></li> <li><input type="checkbox"/> planlægge, gennemføre og vurdere undersøgelser og eksperimenter</li> <li><input type="checkbox"/> indsamle og behandle data (kvantitative og kvalitative nævnes ikke)</li> <li><input type="checkbox"/></li> <li><input type="checkbox"/></li> </ul>
<p><b>Scientific Explanations</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> types (e.g., hypothesis, theory, model, law).</li> <li><input type="checkbox"/> formation (e.g., extant knowledge and new evidence, creativity and imagination, logic).</li> <li><input type="checkbox"/> rules (e.g., logically consistent, based on evidence, based on historical and current knowledge).</li> <li><input type="checkbox"/> outcomes (e.g., new knowledge, new methods, new technologies, new investigations).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> opstille enkle hypoteser</li> <li><input type="checkbox"/></li> <li><input type="checkbox"/></li> <li><input type="checkbox"/> kende til, hvordan biologisk viden bliver til</li> </ul>

<p><b>Science and Technology in Society</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ role of science (e.g., understand the natural world, answers questions) and role of science-based technology (e.g., attempts to solve human problems, develop artefacts, design processes, human adaptation [non-biological]).</li> <li>□ relationships between science and technology (e.g., science often advances due to new technologies, advances in scientific knowledge can advance technology).</li> <li>□ risks (e.g., may create new problems, knowledge is often not public, benefits versus costs, unintended consequences).</li> <li>□ influence (e.g., science and technology influence society through their knowledge, procedures, products, and world views).</li> <li>□ challenges (e.g., societal issues and aspirations often inspire questions for scientific research and problems for technological innovations).</li> <li>□ limits (e.g., science cannot answer all questions and technology cannot solve all societal problems or meet all human aspirations).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ eksempler på den teknologiske udvikling i samspil med naturvidenskaberne</li> </ul>
---	--

Det ses at kun ca. en tredjedel af PISAs krav til viden *om* naturvidenskab indgår i Fælles Mål.

Enkelte dele af disse metaaspekter dækkes af de tre fags »arbejds måder og tankegange«. Men »arbejds måder og tankegange« er rettet mod specielle problemer i hvert af de tre fag og her i vid udstrækning relateret til det praktiske arbejde, som fx at kunne opstille enkle hypoteser i fysik/kemi. De udgør derfor ikke en systematisk videnskabshistorisk eller erkendelsesmæssig dimension, som giver eleverne en overordnet metaforståelse af naturvidenskaberne, der fx sætter dem i stand til at kende forskel på hypoteser, teorier, modeller, lovmæssigheder eller vide hvorvidt resultater er empiriske, tentative, testbare, falsificerbare etc.

Så overordnet set må denne del af PISA siges at være dækket svagt ind i de danske læseplaner.

## Hvad kræver Fælles Mål, som PISA ikke tester?

Vi vil i dette afsnit undersøge hvilke af de danske naturfaglige formålsformuleringer der ikke testes i PISA science 2006 testen.

Formålene for de tre fag er ifølge Fælles Mål at tilegne sig viden inden for de tre fagområder. I biologi skal lægges særlig vægt på forståelsen af sammenhænge, i fysik/kemi på udvikling af naturvidenskabelige arbejdsmetoder og udtryksformer og i geografi på samfundenes udnyttelse af naturgrundlag og ressourcer. Disse områder er fuldt dækket af PISAs opgavekontekster.

I stk. 2 siges for såvel biologi som geografi, at undervisningen skal bygge på elevernes egne oplevelser og undersøgelser. Dette aspekt testes ikke i PISA. Stk. 2 fremhæver også at eleverne skal udvikle glæde ved naturen, lyst til at beskæftige sig med biologiske emner, nysgerrighed over for naturfænomener, tillid til egne muligheder, interesse for selv at udbygge deres viden om omverdenen. Alle disse motivationelle forhold indgår i PISAs test af de affektive aspekter.

I stk. 3 opstilles som formål, at eleverne udvikler ansvarlighed og engagement over for natur og miljø og at de kan tage stilling og handle i forhold til menneskets samspil med naturen. Ansvarlighedsdimensionen indgår som nævnt i Frameworket, men ikke i testen. Desuden skal eleverne kunne erkende naturvidenskab og teknologi som en del af vores kultur og vort verdensbillede, hvilket indgår i PISAs vidensindhold. De kulturgeografiske sider af geografi indgår naturligt nok ikke i PISA.

Alle tre fag har i deres slutmål et afsnit om »Arbejds måder og tankegange«. Her lægger de stor vægt på den eksperimentelle dimension:

*søge biologisk viden og forståelse gennem egne undersøgelser og eksperimenter i naturen og laboratoriet og undersøge udvalgte danske og udenlandske biotoper med deres biologiske mangfoldighed (biologi) planlægge, gennemføre og vurdere undersøgelser og eksperimenter og vælge udstyr, redskaber og hjælpemidler, der passer til opgaven. (fysik/kemi)*

*foretage undersøgelser, målinger og registreringer på grundlag af egne iagttagelser og oplevelser i natur- og kulturlandskabet (geografi).*

Denne eksperimentelle dimension, hvad enten det er i laboratoriet eller via feltarbejde, testes ikke i PISA. Men det skal siges, at PISA i sin indholdsdimension tester kendskab til eksperimenteres muligheder og begrænsninger og til databehandling af eksperimentelle data.

Sammenfattende kan siges, at PISAs scientific literacy framework dækker centrale dele af de danske naturfags formålsformuleringer og tankegangsmæssige målformuleringer. Den største mangel

er de danske naturfags store vægt på elevernes praktiske arbejde og feltarbejde, som ikke indgår i PISA. Dette betyder også at en række mere personlige egenskaber, såsom fantasi og spørgelyst, ikke testes.

Det er også vigtigt at påpege, at de personlige og affektive formål med naturfagsundervisningen indgår med stor vægt i de danske formål og mål, mens de kun vil komme til at udgøre en mindre del af den samlede PISA test i science. Der er desuden lav overensstemmelse mellem hvilke affektive aspekter henholdsvis PISA og Fælles Mål inddrager.

Endelig er PISAs kompetencer altovervejende kognitive færdigheder, hvor de danske mål er mere helhedsorienterede mod en selvstændig problemløsningsevne, som naturligvis inkluderer kognitive færdigheder, men i samspil med andre evner.



# Opsummering

En sammenligning mellem PISAs scientific literacy framework og de danske læseplaner i naturfagene er ganske vanskelig. Vi har at gøre med to beskrivelsessystemer, der er opbygget efter forskellige principper og som anvender forskellige beskrivelseskategorier. PISAs model for hele feltet (figur 1) går fx på kryds og tværs af fagbeskrivelserne i de danske Fælles Mål, og der anvendes forskellige definitioner på kompetence. Men det er alligevel meningsfyldt at forsøge en sammenligning, dels fordi PISAs definition af scientific literacy er i stor overensstemmelse med den internationalt anvendte, som har haft væsentlig indflydelse på de danske læseplaner, og dels fordi graden af overensstemmelse har betydning for tolkningen af de danske elevers resultater i PISA testen.

PISA vil måle, hvorledes elever er i stand til, i specificerede kontekster, at udfolde nogle definerede kompetencer under brug af naturfaglig viden, samt hvilke holdninger eleverne har til naturvidenskab.

De danske Fælles Mål beskriver hvad danske elever skal vide og kunne efter undervisning i de tre naturfag, og hvilke holdninger der skal fremmes.

## Fælles Måls opfyldelse af PISAs framework:

PISA vil som intention teste hvorvidt eleverne er i stand til at anvende det krævede indhold i en autentisk kontekst – dvs. samme intention som de danske målbeskrivelser ligger op til. De *kontekster*, som PISA opstiller som relevante at teste kompetencer i, svarer fint til de situationer og forhold, som de danske læseplaner omtaler.

De *kompetencer*, PISA tester, svarer ikke helt til de danske. PISA tester en række naturvidenskabelige færdigheder tæt knyttet til logiske spørge- og argumentationsformer og deduktive processer. En sådan evidensbaseret konklusion står ikke centralt i de danske naturfag.

Der er ringe overensstemmelse mellem PISAs testning af det *affektive* domæne og de motivationelle og holdningsmæssige sider, som vi i Danmark vil fremme. Fælles Mål vægter PISAs interessedimension, men ikke PISAs læggen vægt på elevernes påskønnelse af naturvidenskabelige erkendeformer. Til gengæld betyder beslutningen om ikke at teste ansvarlighed, at en væsentlig del af de danske affektive mål udelades.

Fagområdernes *tyngde* er forskellig i PISA-testen og i den danske Folkeskole. Tidsmæssigt set vægtes biologi højere i PISA-testen end timetalsandelen udgør i Danmark, hvorimod fysik/kemi vægtes væsentligt højere og (natur)geofagene væsentligt lavere i Danmark end i PISA-testen.

Overensstemmelsen i *indhold* er meget forskellig fra fag til fag og for de forskellige metaaspekter. For biologi, som er det største fagområde med 25-30% af testtiden, er der næsten fuldstændig overensstemmelse. For fysik/kemi, som udgør 20-25% af testtiden, er det vanskeligt at sammenligne. De danske målbeskrivelser omtaler hverdagsfænomener, som vil blive behandlet under inddragelse af forskellige lovmæssigheder, som ikke nødvendigvis svarer til PISAs. Den danske beskrivelse lægger ikke op til at eleverne lærer de begreber, der ligger bag de fænomener og problemer, man arbejder med, som selvstændige, abstrakte størrelser, således som de er formuleret i PISAs indholdsskema. Indholdsdelen af de danske målbeskrivelser synes således mere literacy-orienteret end PISAs indholdsbeskrivelse. Indholdet i geofagene, som udgør 15-20% af testtiden, svarer ret godt til Fælles Mål.

PISAs viden *om* viden, der vil fylde ca. en tredjedel af testtiden, er ret svagt dækket i de danske læseplaner. Selv om aspekter heraf indgår i fagenes arbejdsmetoder og tankegange udgør de ikke en selvstændig, systematisk dimension.

## Hvad mangler PISAs framework i forhold til Fælles Mål:

Den vigtigste del af Fælles Mål, som ikke testes i PISA, er den praktiske dimension. De danske læseplaner lægger stor vægt på elevernes praktiske arbejde i form af laboratorie- og feltarbejde, og dette kan ikke indgå i PISA testens papir og blyantsformat.

Der er naturligvis en lang række faglige emner, som nævnes i Fælles Mål, og som ikke indgår i PISAs framework. Vigtigere er det, at de danske indholdsbeskrivelser er bredere i deres emnevalg, typisk gennem formuleringer som »særlig vægt på forståelsen af sammenhænge«, »væsentlige træk ved«, »inddrage perspektiver for«, der ligger op til mere helhedsorienterede problemarbejdsituationer. De herved opnåede evner til at gennemføre processer og se sammenhænge og helheder indgår ikke med vægt i PISA testen.

Det skal desuden nævnes, at det affektive domæne fylder mere i de danske læseplaner end i PISA testen.

# Litteratur

- American Association for the Advancement of Science (1990). *Science For All Americans*, Oxford University Press.
- Andersen, A. M. and M. Kjærnsli (2003). »PISA og andre internationale komparative undersøgelser«. I: *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. H. Busch, S. Horst and R. Troelsen. København, Undervisningsministeriet: Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 8, s. 143-79.
- Andersen, N. O., H. Busch, et al. (2003). »Fremtidens naturfaglige uddannelser«. *Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 7*. København, Undervisningsministeriet.
- Cosgrove, Judith et al (2004): *Education for life: The achievements of 15-year-olds in Ireland in the second cycle of PISA*. Dublin, Educational Research Centre, St Patrick's College.
- DeBoer, G. E. (2000). »Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform.« *Journal of Research in Science Teaching* **37**(6): 582-601.
- Dolin, J., L. B. Krogh og R. Troelsen (2003). »En kompetencebeskrivelse af naturfagene.« I: *Inspiration til fremtidens naturfaglige uddannelser*. H. Busch, S. Horst and R. Troelsen. København, Undervisningsministeriet: Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 8, s. 59-140.
- Fourez, G. (1997). »Scientific and Technological Literacy as a Social Practice.« *Social Studies of Science* **27**(6): 903-936.
- Jegede, O. J. and G. S. Aikenhead (1999). »Transcending cultural borders: implications for science teaching.« *Research in Science & Technological Education* **17**(1): 45-66.
- Jørgensen, P. S. (1999). »Hvad er kompetence?« *Uddannelse* (9): 4-13.
- Klafki, W. (2001). *Dannelsesteori og didaktik – nye studier*. Århus, Klim.
- Laugksch, R. C. (2000). »Scientific Literacy: A Conceptual Overview.« *Science Education* (84): 71-94.
- Mejdung, J., Ed. (2004). *PISA 2003 – Danske unge i en international sammenligning*. København, Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Merton, R. K. (1957). *Social Theory and Social Structure*. Glencoe, The Free Press.
- Millar, R. and J. Osborne (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London, King's College London.
- OECD (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills – a New Framework for Assessment*. Paris, OECD.
- OECD (2006). *The PISA 2006 Assessment Framework. Science, Reading and Mathematics*. Paris, OECD.



# English summary

## A Comparative Analysis of the PISA 2006 Science Framework and the Danish Goals for Science Education in compulsory school.

This is the first report from the VAP-project (Validation of PISA Science).

The overall aim of the project is to validate the PISA 2006 science test in a Danish context. The project set-up appears from the diagram on page 40 (a - the literacy concept (in PISA and elsewhere); b - the science goals in the Danish educational system; c - the PISA test (knowledge of and about science, format etc.) and the Danish test results; d - the Danish evaluation system in science; e - the VAP test).

The first step in the VAP-project is to compare the PISA Science Framework (published as appendix 3 in this report) with the general understanding of scientific literacy within the science education community and with the general aims of the Danish science education in the compulsory school (the Common Goals). This report gives the results of the comparison (relation 1 in the diagram).

The next step examines the question whether the PISA science test (i.e. the items) actually measures what it intends to (according to the Framework) (relation 2), and to what extent the test corresponds to the Danish science education goals (relation 3).

Relation 4 deals with the PISA test format in relation to the evaluation culture in the Danish compulsory school. Interviews with science teachers and a nationwide survey will give a basis for assessing the importance of the differences between the PISA test system and the everyday test practice in science education in Denmark.

These three studies are the foundation of the real validation study: Are the PISA science test results an adequate expression of the students' competencies in science? 120 students were selected among those who went through the PISA 2006 test. Some weeks later these students were subjected to a specially designed VAP-test. Special educated assistants (student teachers) assessed the students (one at a time) about two selected items, which they had been exposed to in the PISA test. The conversations involved relevant artifacts, took 30 minutes, and followed a rather tight scheme for reliability reasons. All the talks were videotaped and scored afterwards. The results from this oral, socioculturally oriented assessment are compared with the paper and pencil PISA test (relation 6). In excess of assessing the students' knowledge and competencies related to the PISA item content, the conversations also included the subject specific knowledge demanded by the Danish curriculum, but still within the item domain. The students were finally put together two and two to do a practical lab work (a carrying into practice one of the PISA items). It was videotaped and scored. (relations 7).

## The results of the comparative analysis

The PISA Science Framework and the Danish course of study (Common Goals) are two very different systems of describing the desired outcome from science education. They emphasize different aspects and they use different terminologies – which complicates comparison. But the report concludes:

- *The literacy definition* in the PISA2006 Science Framework is quite different from the literacy definition in 2003, bringing the 2006 definition in accordance with the international used terminology. The items are, apart from the attitudinal questions, completely alike in the 2003 and the 2006 tests.
- *The contexts* for assessment items in the Framework are in good alignment with the recommended contexts in Common Goals.
- The PISA *concept of competency* is not in accordance with the way competency is used in the Danish educational system.
- The correspondence within *the affective domain* is not very good. Both weights interest in science. But Common Goals do not mention support for scientific inquiry (which is a part of the PISA attitudinal area) but gives instead high priority to responsibility towards resources and environments (which is a part of the PISA attitudinal area in the Framework, but not in the items).
- *The knowledge of science* categories has different weight in the PISA science test and in the Danish compulsory school. PISA gives more importance to Biology and Geosciences, while the Danish school gives higher weight to Physics and Chemistry.
- The alignment in *content* varies from subject to subject. For Biology the correspondence is nearly complete, in the Geosciences the correspondence is very high, but in Physics/ Chemistry it is very difficult to compare, due to different description formats.
- The PISA *knowledge about science* has a relatively weak position in the Danish curriculum. Aspects of knowledge about science is part of the described working methods and ways of thinking in the Common Goals for the different subjects, but they do not form a systematic, self-contained system.
- *The practical dimension*, which is a major part of Common Goals, is not included in the PISA Framework, although the theoretical aspects are.
- *In general*, the Danish course of study is kept in broader, more general terms than the PISA Framework. Phrases like ‘emphasis on understanding of connections’, ‘the essential points’, ‘involve the perspectives for’ etc. are quite widespread in the Common Goals. This promotes teaching with emphasis on processes, overall views, problem orientation etc. where the teachers adapt the Common Goal curriculum to the concrete class and students. The result is a more heterogeneous science teaching, without concern for standards.

# Bilag 1

## Validering Af PISA Science

VAP projektet forestås af lektor, ph.d., Jens Dolin (projektleder), Institut for Filosofi, Pædagogik og Religionsstudier, Syddansk Universitet, lektor Henrik Busch, Danmarks Pædagogiske Universitet, og lektor Lars Brian Krogh, Steno Institut, Aarhus Universitet.

Projektet er finansieret af Undervisningsministeriet, og ministeriets PISA-styregruppe fungerer som referencegruppe for projektet.

Det overordnede formål med VAP-projektet er at placere PISA 2006 science undersøgelsen i en dansk kontekst. Som en forudsætning herfor undersøges PISA2006 science dels på sine egne præmisser og dels i forhold til de danske mål for naturfagene. De forskellige elementer i en sådan undersøgelse og deres indbyrdes sammenhænge er illustreret i diagrammet.

Gennem projektet svares på nedenstående spørgsmål (hvor tal og bogstaver i parentes refererer til diagrammet).

### **Hvad vil PISA måle sammenlignet med andre literacymål og med de danske mål for naturfagene?**

Som svar på første delspørgsmål undersøges PISAs literacybegreb (a) med andre internationalt anvendte literacybegreber.

1. I anden delspørgsmål sammenlignes PISAs literacybegreb (a) med kompetence-/dannelsesmål i det danske uddannelsessystem som de er formuleret i Fælles Mål (b). En sådan analyse vil kunne perspektivere PISAs »fit for life«-opfattelse med det danske dannelses-/kompetencebegreb. Metodisk vil der være tale om tekstanalyse.

Dette spørgsmål behandles i *Delrapport 1*.

### **Måler testen det den vil, og hvorledes svarer den til kravene i Fælles Mål?**

2. Her analyseres PISA test setup'et (c) i forhold til det opstillede literacy begreb (a). Denne interne validitet siger noget om testens begrænsninger på testens egne præmisser. Også her vil metoden være tekstanalyse.

3. Ved at sammenholde PISA-testen (c) med de samlede mål, der stilles for de danske uddannelser (b) kan man afgrænse hvilke aspekter af de danske naturfagsuddannelser PISA-testen reelt kan udsige noget om, og hvilke de ikke kan. Igen tekstanalyse. Disse to spørgsmål behandles i *Delrapport 3*.

### **Er målemetoden rimelig ift den gængse evaluering i det danske uddannelsessystem?**

4. Her må test setup'et (c) sammenlignes med de måder, man traditionelt evaluerer på i

danske skoler (d). Dette vil kunne forklare resultater grundet i forskellige testkulturer. En sådan analyse forudsætter et kendskab til den danske evalueringskultur i naturfagene, som kun kan tilvejebringes via en empirisk undersøgelse af (d).

5. Et interessant aspekt er at sammenholde den eksisterende evalueringskultur med de officielt opstillede mål. Tester vi i Danmark det, vi er interesseret i at eleverne skal kunne? Dette vil også kunne sige noget om hvorvidt danske evalueringsresultater er et rimeligt udtryk for opfyldelsesgrad af danske mål.

Disse to aspekter behandles i *Delrapport 2*.

**Er PISA-resultaterne udtryk for det eleverne kan inden for det testede område?**

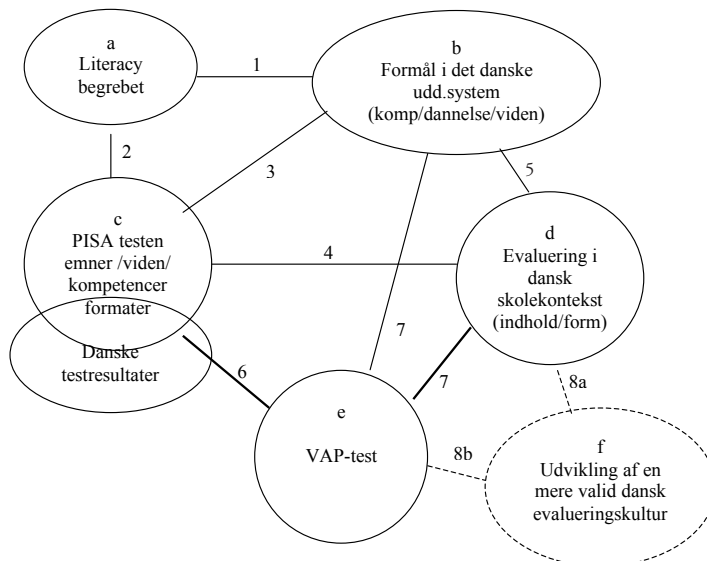
6. Dette er en »traditionel« validering af testen, og et af forskningsprojektets centrale spørgsmål. Når test-tekniske forhold filtreres fra, kan spørgsmålet kun besvares ved en feltundersøgelse, dvs. empirisk. Dette gøres ved at udsætte de PISA-testede elever for en mere omfattende evaluering (e). Denne VAP-evaluering består af en række faser (fx samtale), som i højere grad anses for at evaluere det (i PISA) ønskede.

7. Ved samme evaluering (e) undersøges i hvilket omfang eleverne opfylder de mål, som ikke indgår i PISA-testen (fx praktiske færdigheder). Disse spørgsmål behandles i *Delrapport 4*.

**Udvikling af en mere valid evalueringskultur i de naturfaglige uddannelser**

8. Dette kunne være et spin-off af projektet, som ville kræve en selvstændig indsats. Hvorledes kan en sammenstilling af det, som forskningsprojektet viser at eleverne rent faktisk ikke kan ifølge PISA (6), og som den danske evalueringskultur ikke indfanger (7), bruges til udvikling af en evalueringsform og -kultur (f), som i højere grad end den nuværende evaluerer de opstillede formål (b) med uddannelserne?

Diagram over elementer og sammenhænge i VAP





## Bilag 2

### Synoptisk oversigt over formål, slutmål og læseplansemner for biologi, fysik/kemi og geografi

	<b>Biologi</b>	<b>Fysik/kemi</b>	<b>Geografi</b>
<b>Formål</b>	<p>Formålet med undervisningen i biologi er, at eleverne tilegner sig viden om de levende organismer og den omgivende natur, om miljø og sundhed samt om anvendelse af biologi. Der skal lægges særlig vægt på forståelsen af sammenhænge.</p> <p><i>S/k. 2.</i> Undervisningen skal i videst mulig omfang tage sit udgangspunkt i elevernes egne oplevelser, undersøgelser og opfattelser samt søge at fremme deres glæde ved naturen og lyst til at beskæftige sig med biologiske emner og problemstillinger.</p> <p><i>S/k. 3.</i> Elevernes ansvarlighed overfor natur og miljø skal videreudvikles, og undervisningen skal bidrage til at skabe grundlag for stillingtagen og handlen i forhold til menneskets samspil med naturen.</p>	<p>Formålet med undervisningen i fysik/kemi er, at eleverne tilegner sig viden og indsigt om fysiske og kemiske forhold. Undervisningen skal medvirke til udvikling af naturvidenskabelige arbejdsmetoder og udtryksformer hos den enkelte elev med henblik på at øge elevernes viden om og forståelse af den verden, de selv er en del af.</p> <p><i>S/k. 2.</i> Undervisningen skal give mulighed for at stimulere og videreudvikle alle elevers interesse og nysgerrighed over for naturfænomener, naturvidenskab og teknik med henblik på at udvikle erkendelse, fantasi og lyst til at lære. Eleverne bør opnå tillid til egne muligheder for at forholde sig til problemstillinger med naturvidenskabeligt og teknologisk indhold af betydning for den enkelte og samfundet.</p> <p><i>S/k. 3.</i> Undervisningen skal bidrage til elevernes grundlag for at få indflydelse på og tage medansvar for brugen af naturressourcer og teknik både lokalt og globalt. Undervisningen skal give eleverne mulighed for at erkende naturvidenskab og teknologi som en del af vor kultur og vort verdensbillede.</p>	<p>Formålet med undervisningen i geografi er, at eleverne tilegner sig viden om og forståelse af de naturgivne og kulturskabte forudsætninger for levevilkår i Danmark og i andre lande samt samfundenes udnyttelse af naturgrundlag og ressourcer.</p> <p><i>S/k. 2.</i> Undervisningen skal bygge på elevernes egne iagttagelser, oplevelser og undersøgelser og på geografiske kilder, så de udvikler interesse for selv at udbygge deres viden om omverdenen.</p> <p><i>S/k. 3.</i> Undervisningen skal fremme elevernes forståelse af fremmede kulturer og give dem mulighed for at udvikle engagement, selvstændig stillingtagen til og ansvarlighed over for problemer vedrørende udnyttelse af naturgrundlag, ressourcer og den kulturskabte omverden og konsekvenserne for miljø og levevilkår.</p>

<p>Slutmål Efter 9. kl. Med læseplanens emner for 7.-9. klasse indføj</p>	<p><b>De levende organismer og deres omgivende natur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– kende og beskrive udvalgte organismer, deres livsrytninger og tilpasninger til forskellige livsbetingelser</li> <li>– kende til opbygning og omsætning af organisk stof, stofkredsløb og energistrømme</li> <li>– redegøre for grundlæggende forhold i arvelighed og evolution.</li> </ul> <p>Læseplan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– fødeoptagelse, respiration, vækst, bevægelse</li> <li>– organismers systematiske tilhørsforhold</li> <li>– cellers bygning og funktion</li> <li>– dna og gener</li> <li>– simple arveregler</li> <li>– kønnet og ukønnet formering, herunder betydningen af genetisk variation</li> <li>– organismers forhold til føde, vand, ilt, lys, temperatur</li> <li>– tilpasninger i bygning, funktion og adfærd til forskellige levesteder og levevilkår</li> <li>– udvikling og ændring i økosystemer</li> <li>– fotosyntese, opbygger- og nedbryderfødekæder, stofkredsløb og energistrøm</li> <li>– dyre- og plantecellers bygning og funktion</li> <li>– principper for proteinsyntesen</li> <li>– livets opståen</li> <li>– artsdannelse, livets udvikling og den biologiske mangfoldighed i et naturområde</li> </ul>	<p><b>Fysikkens og kemiens verden:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– benytte fysiske og kemiske begreber og enkle modeller til at beskrive og forklare fænomener og hændelser</li> <li>– kende til udvalgte stoffers kredsløb i naturen.</li> </ul> <p>Læseplan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– fænomener, der kan beskrives ved hjælp af fysiske og kemiske processer og begreber</li> <li>– fænomener, der fremkaldes af tryk</li> <li>– vores solsystem samt Jordens, de øvrige planeters og Månens bevægelser</li> <li>– eksempler på energioverførsel</li> <li>– generelle stofegenskaber</li> <li>– eksempler på brugen af modeller, herunder forestillingen om, at alt stof er opbygget af små partikler</li> <li>– sammenhængen mellem det begrænsede antal grundstoffer, som verden er opbygget af, og kemiske forbindelsers mangfoldighed</li> <li>– et eller flere fysiske eller kemiske kredsløb i naturen.</li> <li>– fysiske og kemiske arbejdsmetoder i forbindelse med praktiske og undersøgende aktiviteter</li> <li>– anvendelse af fysiske og kemiske begreber i forbindelse med beskrivelse af praktiske og undersøgende aktiviteter</li> <li>– forskellige modeller og simuleringer til at undersøge og beskrive fysiske eller kemiske hændelser og sammenhænge</li> </ul>	<p><b>Globale mønstre</b></p> <p>Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– give eksempler på globale naturgeografiske mønstre, kredsløb og sammenhænge</li> <li>– beskrive den globale befolknings- og storbyfordeling</li> <li>– give eksempler på globale mønstre i forbindelse med økonomi, produktion, ressourceforbrug, miljø og forurening.</li> </ul> <p>Læseplan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– klimazoner og plantebælter</li> <li>– det globale vandkredsløb</li> <li>– det primære vindsystem</li> <li>– fordelingen af bjerge, dybgrave, vulkaner og jordskælv</li> <li>– befolkningens og storbyers fordeling i verden</li> <li>– fordelingen af verdens ressourcer og råstoffer, herunder forskellige produktionsformer</li> <li>– kommunikation, varestømme og transport</li> <li>– fordeling af i- og ulande i verden.</li> <li>– arbejde med naturgeografiske mønstre i større sammenhænge</li> <li>– analyse af menneskers bosættelse</li> <li>– sammenhængen mellem industrilokalisering og økonomi.</li> </ul>
---	--	--	---

<p>enkeltoorganismer, sammenhænge og sammenligninger til andre naturområder</p> <p>menneskets produktive og rekreative udnyttelse af naturområdet.</p> <p><b>Miljø og sundhed:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beskrive og forklare væsentlige kropsfunktioner</li> <li>– kende forskellige faktorer, der påvirker menneskets sundhed</li> <li>– beskrive menneskets anvendelse af naturgrundlaget samt inddrage perspektiver for bæredygtig udvikling</li> <li>– forholde sig til aktuelle miljøproblemer og deres betydning for menneskets sundhed og den omgivende natur.</li> </ul> <p>Læseplan:</p> <p>kredsløb, muskler, energiomsætning, kost, stress</p> <p>menneskets forplantning og udvikling</p> <p>kroppens forsvar mod bakterier og vira.</p> <p>aktuelle lokale og globale miljø- og sundhedsproblemer samt deres årsager og betydning</p> <p>interessesomsætninger i forbindelse med udnyttelse af naturressourcer</p> <p>forskellige erhvervs udnyttelse af naturen</p> <p>set i forhold til en bæredygtig udvikling</p> <p>sammenhænge mellem kroppens funktioner og livsstil og levevilkår</p>	<p>organiske og uorganiske forbindelser samt kemisk reaktion mellem forskellige stoffer</p> <p>centrale principper i det periodiske system, hvor der lægges vægt på systematikken</p> <p>ioniserende stråling og nogle enkle atomkerneprocesser</p> <p>forklaringer og dertil knyttede analyser af menneskets indgreb i naturens stofkredsløb og den deraf følgende påvirkning af miljøet.</p> <p><b>Udvikling i naturvidenskabelig erkendelse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– kende til udviklingen i den atomare beskrivelse af grundstoffer og kemiske forbindelser</li> <li>– kende til forskellige tiders forestillinger om universets opbygning og udvikling</li> <li>– kende til væsentlige træk ved den teknologiske udvikling.</li> </ul> <p>Læseplan:</p> <p>eksempler på udvikling af forestillinger om verdens fysiske og kemiske opbygning</p> <p>eksempler på teknologisk udvikling i samspil med udvikling af kemisk og fysisk erkendelse</p> <p>enke eksempler på vekselvirkning mellem observation, undersøgelse og teori som middel til udvidelse af erkendelse i naturvidenskaberne.</p> <p>historiske og nutidige forestillinger om universets opbygning og udvikling samt menneskets forsøg på at forklare sin egen placering i universet</p>	<p><b>Naturgrundlaget og dets udnyttelse</b></p> <p>Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beskrive det geologiske kredsløb</li> <li>– beskrive vigtige forhold bag vejr, klima og klimaforandringer på jorden</li> <li>– beskrive, hvordan isen, vandet og vinden kan forme landskaber</li> <li>– beskrive og forklare sammenhængen mellem landskab, klima, jordbund og vand som grundlag for levevilkår i verdens forskellige egne.</li> </ul> <p>Læseplan:</p> <p>hovedpunkter i Jordens udviklingshistorie og geologiske processer og kredsløb</p> <p>baggrunden for årstidernes skift, tidevandet og havstrømmene</p> <p>forskellige årsager til temperaturforskelle, vinde og nedbør samt deres sammenhæng med klima- og plantebælter</p> <p>det danske naturlandskabs dannelse, former og egenskaber</p> <p>muligheder for landbrugsproduktion og råstofudvinding</p> <p>forskellige steder i verden</p> <p>forskellige produktionsformer i forhold til den teknologiske og økonomiske udvikling</p> <p>vandkredsløbet og menneskers anvendelse af vand</p> <p>forskellige steder i verden.</p> <p>geologiske ændringer</p> <p>forskellige steder på Jorden</p>
--	--	---

	<p>opbygning, nedbrydning og anvendelse af fedtstoffer, kulhydrater og proteiner i kroppen på et elementært, molekylært niveau udvalgte forebyggelses- og helbredelsesmetoder forskelligt natursyn.</p> <p><b>Biologiens anvendelse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– undersøge og forklare almene biologiske processer i fødevarerproduktionen</li> <li>– forklare forskellige biologiske principper i genteknologi</li> <li>– forholde sig til moderne bioteknologiers anvendelse og betydning for den enkelte, samfundet og naturen.</li> </ul> <p>Læseplan: biologisk grundlag for produktion menneskets forhold til produktions- og kæledyr. produktion ved hjælp af enzymer og forædlede organismer produktion ved hjælp af gensplejede organismer udvalgsavl og genteknologi i plante- og dyreproduktion muligheder for at ændre på menneskers – fødte såvel som ufødte – arveanlæg i både krops- og kønsceller eksempler på de moderne bioteknologiers anvendelse på mennesker med vægt på visioner og begrænsninger samt etiske problemer</p>	<p>udviklingen af atommodeller i forskellige tidsperioder eksempler på, at den atomare beskrivelse af grundstoffer og kemiske forbindelser kan give øget indsigt i fænomener og sammenhænge i naturen eksempler på, at udviklingen af erkendelsen i videnskabsfagene har ændret menneskeheds syn på den fysiske omverden eksempler på den teknologiske udvikling i samspil med naturvidenskaberne.</p> <p><b>Anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– gøre rede for, diskutere og tage stilling til samfundets resource- og energiforsyning</li> <li>– beskrive og forklare eksempler på energiomsætninger</li> <li>– beskrive og forklare eksempler på fremstilling af produkter samt vurdere produktionsprocessers belastning af miljøet</li> <li>– beskrive hverdagslivets teknik og dens betydning for den enkelte og samfundet.</li> </ul> <p>Læseplan: egenskaber ved nogle stoffer og materialer, der omgiver os i vort dagligliv enkle eksempler på, hvorledes menneskelig aktivitet kan påvirke miljøet gennem udvinding af naturressourcer eksempler på, hvordan ændringen af fysiske og kemiske forhold i miljøet kan have betydning for mennesker, dyr og planter</p>	<p>klima og klimaændringer isens dannelse af landskaber naturens muligheder for levevilkår forskellige steder på Jorden.</p> <p><b>Kultur og levevilkår</b> Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og færdigheder, der sætter dem i stand til at</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beskrive og forklare vigtige forhold, der påvirker befolknings- og byudvikling med udgangspunkt i danske forhold</li> <li>– beskrive og forholde sig til menneskers levevilkår i eget og andre samfund</li> <li>– give eksempler på årsager til internationale konflikter begrundet i geografiske forhold</li> <li>– vurdere de miljømæssige konsekvenser af samfundenes udnyttelse af naturgrundlaget.</li> </ul> <p>Læseplan: byers udvikling, opbygning og funktioner i Danmark byers udvikling i sammenhæng med befolkningsudvikling forskellige kulturers værdier og traditioner bl.a. i forbindelse med kulturmøder levevilkår i udviklingslande samt årsagerne til fattigdomsudvikling politisk, økonomisk, militært og humanitært samarbejde mellem lande ressourcemæssige og økologiske problemer i forbindelse med en bæredygtig udvikling.</p>
--	--	---	---

	<p>brugen af dna-analyser og kortlægning af menneskers arveanlæg</p> <p>biologiske modeller og deres forkla- ringsværdi i forhold til de systemer, de beskriver.</p> <p><b>Arbejdsmåder og tankegange:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– søge biologisk viden og forståelse gennem egne undersøgelser og eksperimenter i naturen og laboratoriet</li> <li>– undersøge udvalgte danske og uden- landske biotoper med deres biologiske mangfoldighed</li> <li>– kende til, hvordan biologisk viden bliver til gennem naturvidenskabelige arbejds- metoder</li> <li>– genkende biologiske argumenter og mo- deller i samfundsdebatten samt overveje deres muligheder og begrænsninger</li> <li>– forholde sig til værdier og interessemod- sætninger knyttet til problemstillinger med biologisk indhold.</li> </ul> <p>Læseplan:</p> <p>iagttage og beskrive den levende natur samt formulere enkle, konkrete biologiske problemstillinger</p> <p>foreslå og gennemføre undersøgelser og eksperimenter, der kan understøtte eller afkræfte deres formodninger</p> <p>vælge og anvende laboratorie- og feltud- styr</p> <p>planlægge og gennemføre feltbiologiske undersøgelser i lokalområdet eller på længere ekskursioner</p>	<p>udvalgte produkters og materials vægt fra fremstilling til bortskaffelse</p> <p>enke produktionsprocesser eller dele heraf overskuelige eksempler på elektronisk styring i hverdagen</p> <p>eksempler på samfundets anvendelse af energi til transport, i industrien og i boligen</p> <p>energiproduktion på grundlag af fossile brændsler og vedvarende energikilder</p> <p>følgervirkninger af forskellige former for energiproduktion.</p> <p>Læseplan:</p> <p>samfundets energiforsyning med vægt på diskussion af centrale og decentrale muligheder med forskellige energikilder og teknologier</p> <p>energiomsætning ved transport og sam- fundets energiforsyning med bl.a. behand- ling af de uundgåelige tab i energikvalitet produktion af udvalgte produkter, hvor der behandles forskellige metoder til frem- stilling af samme produkt</p> <p>forskellige produktionsmetoders påvirk- ning af det omgivende miljø.</p> <p>eksempler på anvendelse af teknik i hver- dagens apparater og produkter</p> <p>principper for transmission af information over store afstande</p> <p>ioniserende stråling med vægt på virknin- gen på levende væv.</p>	<p>konsekvenserne af byvækst og befolknings- udviklingen</p> <p>forståelse af betydningen af forskellige erhverv og levevilkår</p> <p>forskellige kulturers levevilkår og værdier konflikter og politiske bestemte konflikt- løsninger</p> <p>konsekvenser af samfundenes forbrugs- mønstre.</p> <p><b>Arbejdsmåder og tankegange</b></p> <p>Undervisningen skal lede frem mod, at eleverne har tilegnet sig kundskaber og fær- digheder, der sætter dem i stand til at</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– gennemføre en analyse af globale mønstre, problemstillinger og regioner og samspil- let mellem disse ved hjælp af geografiske kilder og hjælpemidler</li> <li>– anvende globus, kort, fly- og satellitfotos samt elektroniske data som arbejdsredska- ber til at skabe overblik og sammenhæng</li> <li>– kende verdensdele, lande, byer m.m. på kort og globus, herunder navne på væsent- lige danske lokaliteter og deres placering</li> <li>– foretage undersøgelser, målinger og regi- streringer på grundlag af egne iagttagelser og oplevelser i natur- og kulturlandskabet</li> <li>– anvende informationsteknologi i forbin- delse med informationssøgning, under- søgelser, registrering, bearbejdning og fremlæggelse.</li> </ul>
--	--	---	---

	<p>vurdere problemer inden for fx miljø, sundhed, bioteknologi og naturforvaltning skelne mellem faktuelle spørgsmål og holdningsspørgsmål</p> <p>vurdere biologifagligt indhold i forhold til forskellige værdiforestillinger, interesse-modsætninger og handlemuligheder</p> <p>bearbejde og formidle naturoplevelser, tanker om miljøproblemer eller bioteknologiske visioner på forskellige måder, eventuelt i tværfagligt samarbejde.</p>	<p><b>Arbejdsråder og tankegange:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– identificere og formulere relevante spørgsmål, samt opstille enkle hypoteser</li> <li>– planlægge, gennemføre og vurdere undersøgelser og eksperimenter</li> <li>– vælge udstyr, redskaber og hjælpemidler, der passer til opgaven.</li> </ul> <p>Læseplan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– udvikle redskaber til gennemførelse af undersøgelser med praktisk og teoretisk indhold</li> <li>– benytte fysiske og kemiske sammenhænge i statiske og dynamiske modeller</li> <li>– indsamle og behandle data.</li> <li>– opstille hypoteser, foreslå og gennemføre egne undersøgelser og eksperimenter</li> <li>– benytte statiske og dynamiske modeller, der i stadig større grad understøtter deres brug af fagets begreber</li> <li>– foretage kvalificerede valg af metoder og understøt ved indsamling og behandling af data</li> <li>– formulere og videregive den fysiske og kemiske viden, de har opnået gennem arbejdet med teori og eksperimenter.</li> </ul>	<p>Læseplan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– beskrive, sammenligne og vurdere geografiske forhold</li> <li>– aflæse informationer på forskellige korttyper – herunder topografiske kort samt fysiske og tematiske atlaskort</li> <li>– aflæse og tolke informationer fra globus samt satellit- og flyfotos</li> <li>– iagttage landskab og bebyggelse og fremstille enkle kortskitser ud fra iagttagelserne</li> <li>– anvende principper for korttegning i forbindelse med fremstilling af kort</li> <li>– lokalisere verdensdele, lande, byer og andre områder på kort og globus</li> <li>– undersøge og registrere temperatur, vind, nedbør, trafik, arealbenyttelse o.l.</li> <li>– anvende geografiske databaser, elektroniske atlas samt andre informationsteknologiske hjælpemidler.</li> </ul> <p>begrunde egne problemstillinger om geografiske forhold</p> <p>analysere og se mulige konsekvenser af udnyttelse af naturen</p> <p>bruge kort og globus i det selvstændige arbejde</p> <p>bruge måleinstrumenter formålstjækligt</p> <p>anvende bearbejdede data og fremstille grafiske afbildninger og udforme tekster</p> <p>ved hjælp af regneark og tekstbehandling i forbindelse med egne undersøgelser og ved analyse af statistiske oplysninger.</p>
--	--	---	---

# Bilag 3

## Chapter 1: Scientific Literacy

1. An understanding of science and technology is central to a young person's "preparedness for life" in modern society. It enables an individual to fully participate in a society in which science and technology play a significant role. This understanding also empowers individuals to participate appropriately in the determination of public policy where issues of science and technology impact on their lives. An understanding of science and technology contributes significantly to the personal, social, professional and cultural lives of all people.
2. A large proportion of the situations, problems, and issues, encountered by individuals in their daily lives require some understanding of science and technology before they can be fully appreciated, understood or addressed. Science and technology related issues confront individuals at personal, community, national and even global levels, and as such national leaders should be encouraged to ask about the degree to which all individuals in their respective countries are prepared to deal with these issues. Perhaps an even more important question is, how do students respond to such issues at age 15? An answer to this question provides an early indication of how they may respond in later life to the diverse array of life situations that involve science and technology.
3. As the basis for an international assessment of 15-year-olds, it seems reasonable, therefore, to ask: *What is important for citizens to know, value, and be able to do in situations involving science and technology?* Answering this question establishes the basis for an assessment of what 15-year-old students should know, value, and be able to do in situations involving science and technology. Central to the answer are the competencies which lie at the heart of the PISA 2006 definition of scientific literacy. How well do students: *Identify scientific issues, Explain phenomena scientifically, and Use scientific evidence?* These competencies require students to demonstrate knowledge, cognitive abilities, and attitudes, values, and motivations as they meet and respond to science-related issues.
4. The issue of identifying what citizens should know, value, and be able to do in situations involving science and technology, seems simple and direct. Addressing the issue opens the realms of scientific understanding, but it also indicates a qualifier – citizens. As citizens, what *knowledge* is most appropriate? An answer to this question certainly includes basic concepts of the science disciplines, but that knowledge must be *used* in contexts individuals encounter in life. In addition, people often encounter situations that require some understanding of science as a process that produces knowledge and proposes explanations about the natural

world<sup>1</sup>. Further, they should be aware of the complementary relationships between science and technology, and how science-based technologies pervade and influence the nature of modern life.

5. What is important for citizens to *value* about science and technology? An answer will include the role and contributions to society of science, and of science-based technology, and their importance in many personal, social, and global contexts. Accordingly, it seems reasonable to expect individuals to have an interest in science, to support the process of scientific enquiry, and to act responsibly towards natural resources and the environment.
6. What is important for individuals to be able to *do* that is science related? People often have to draw appropriate conclusions from evidence and information given to them; they have to evaluate claims made by others on the basis of the evidence put forward, and they have to distinguish personal opinion from evidence-based statements. Often the evidence involved is scientific, but science has a more general role to play as well since it is concerned with rationality in testing ideas and theories against evidence. Of course this does not deny that science includes creativity and imagination, attributes that have always played a central part in advancing human understanding of the world.
7. Can citizens distinguish claims that are scientifically sound from those that are not? Ordinary citizens are generally not called on to judge the worth of major theories or potential advances in science. But they do make decisions based on the facts in advertisements, evidence in legal matters, information about their health, and issues concerning local environments and natural resources. An educated person should be able to distinguish the kinds of questions that can be answered by scientists, and the kinds of problems that can be solved by science-based technologies, from those that cannot be answered in these ways.

### Definition of the Domain

8. Current thinking about the desired outcomes of science education emphasises scientific knowledge (including knowledge of the scientific approach to enquiry) and an appreciation of science's contribution to society. These outcomes require an understanding of important concepts and explanations of science, and of the strengths and limitations of science in the world. They imply a critical stance and reflective approach to science (Millar & Osborne, 1998).
9. Such goals provide an orientation and emphasis for the science education of all people (Fensham, 1985). The competencies assessed in PISA 2006 should be broad and include aspects that relate to personal utility, social responsibility, and the intrinsic and extrinsic value of scientific knowledge.
10. The foregoing discussion frames a central point of the PISA 2006 science assessment: The assessment should focus on competencies that clarify what 15-year-olds know, value, and are able to do within reasonable and appropriate personal, social, and global contexts. This per-

---

1. Throughout this framework, "natural world" includes the changes made by human activity, including the "material world" designed and shaped by technologies.



spective differs from one grounded exclusively in school science programmes and extensively based only on the disciplines of science; but it includes educational and professional contexts, and recognises the essential place of the knowledge, methods, attitudes, and values that define scientific disciplines. The term that best describes the overall purposes of the PISA 2006 science assessment is scientific literacy (Bybee, 1997b; Fensham, 2000; Graber & Bolte, 1997; Mayer, 2002; Roberts, 1983; UNESCO, 1993).

11. PISA 2006 proposes to assess students' competencies as they relate to scientific literacy. This includes students' knowledge, and their capacity to use this knowledge effectively, as they carry out certain cognitive processes that are characteristic of science and scientific enquiries of personal, social, or global relevance. In assessing scientific competencies, PISA is concerned with issues to which scientific knowledge can contribute and which will involve students, either now or in the future, in making decisions. From the point of view of their scientific competencies, students respond to such issues in terms of their understanding of relevant scientific knowledge, their ability to access and evaluate information, their ability to interpret evidence bearing on the issue, and their ability to identify the scientific and technological aspects of the issue (Koballa, Kemp & Evans, 1997; Law, 2002). In addition to these cognitive aspects, students also respond affectively – attitudinal aspects of their response engage their interest, sustain their support, and motivate them to take action (Schibeci, 1984). Through such considerations we are led to define the overarching domain of scientific literacy for PISA 2006.

### Scientific knowledge: PISA 2006 terminology

The term “scientific knowledge” is used throughout this framework to refer collectively to both “knowledge *of* science” and “knowledge *about* science”. “Knowledge *of* science” refers to knowledge of the natural world across the major fields of physics, chemistry, biological science, Earth and space science, and science-based technology. “Knowledge *about* science” refers to knowledge of the means (“scientific enquiry”) and goals (“scientific explanations”) of science.

12. The term scientific literacy has been chosen for the following reasons: it is recognised as representing the goals of science education that should apply to all students; it connotes a broadness and an applied nature to the purposes of science education; it represents a continuum of scientific knowledge and the cognitive abilities associated with scientific enquiry; it incorporates multiple dimensions; and, it includes the relationships between science and technology. Together, the scientific competencies at the heart of the definition characterise a foundation for scientific literacy, and the objective of the PISA 2006 science assessment – to assess the degree to which the competencies have been developed (Bybee, 1997a; Fensham, 2000; Law, 2002; Mayer & Kumano, 2002).
13. For the purposes of PISA 2006, scientific literacy<sup>2</sup> refers to an individual's:

---

2. The PISA science concept of “literacy” can be compared to the DeSeCo (OECD, 2003a) definition of “competency” in that both involve attitudes and values, as well as knowledge and skills.

- *Scientific knowledge and use of that knowledge to identify questions, to acquire new knowledge, to explain scientific phenomena, and to draw evidence-based conclusions about science-related issues;*
  - *understanding of the characteristic features of science as a form of human knowledge and enquiry;*
  - *awareness of how science and technology shape our material, intellectual, and cultural environments; and*
  - *willingness to engage in science-related issues, and with the ideas of science, as a reflective citizen.*
- The following remarks further clarify this definition.

Scientific literacy...

14. Using the term “scientific literacy” rather than “science” underscores the importance that the PISA 2006 science assessment places on the application of scientific knowledge in the context of life situations, compared with the simple reproduction of traditional school science knowledge. The functional use of knowledge requires the application of those processes that are characteristic of science and scientific enquiry (the scientific competencies) and is regulated by the individual’s appreciation, interest, values, and action relative to scientific matters. Of necessity, a student’s ability to carry out the scientific competencies involves both knowledge *of* science and an understanding of the characteristics of science as a way of acquiring knowledge (i.e., knowledge *about* science). The definition also recognises that the disposition to carry out these competencies depends upon an individual’s attitudes toward science and a willingness to engage in science-related issues.

*...knowledge and use of that knowledge to identify questions, to acquire new knowledge, to explain scientific phenomena, and to draw evidence-based conclusions...*

15. Knowledge for this definition of scientific literacy implies far more than the ability to recall information, facts, and names. The definition includes knowledge *of* science (knowledge about the natural world) and knowledge *about* science itself. The former includes understanding fundamental scientific concepts and theories; the latter includes understanding the nature of science as a human activity and the power and limitations of scientific knowledge. The questions to be identified are those that can be answered by scientific enquiry, again requiring knowledge *about* science as well as scientific knowledge *of* the specific topics involved. Of significant note for the definition of scientific literacy is the fact that individuals must often acquire knowledge that is new to them, not through their own scientific investigations, but through resources such as libraries and the internet. Drawing evidence-based conclusions means knowing, selecting, and evaluating information and data, while recognising that there is often not sufficient information to draw definite conclusions, thus making it necessary to speculate, cautiously and consciously, about the information that is available.

*...characteristic features of science as a form of human knowledge and enquiry...*

16. As expressed here, scientific literacy implies that students should have some understanding of how scientists obtain data and propose explanations, recognise key features of scientific investigations, and the types of answers one can reasonably expect from science. For example, scientists use observations and experiments to gather data about objects, organisms, and events in the natural world. The data are used to propose explanations that become public knowledge and may be used in various forms of human activity. Some key features of science include: the collection and use of data – data collection is guided by ideas and concepts (sometimes stated as hypotheses), and includes issues of relevance, context and accuracy; the tentative nature of knowledge claims; an openness to sceptical review; the use of logical arguments; and, the obligation to make connections to current and historical knowledge, and to report the methods and procedures used in obtaining evidence.

*...how science and technology shape our material, intellectual, and cultural environments...*

17. The key points in this statement include the idea that science is a human endeavour, one that influences our societies and us as individuals. Further, technological development also is a human endeavour (Fleming, 1989). Although science and technology differ in aspects of their purposes, processes, and products, it is the case that they also are closely related and, in many respects, complementary. In this regard, the definition of scientific literacy proposed here includes the nature of science and of technology and their complementary relationships. As individuals we make decisions through public policies that influence the directions of science and technology. Science and technology play paradoxical roles in society as they propose answers to questions and provide solutions to problems, but may also create new questions and problems.

*...willingness to engage in science-related issues, and with the ideas of science as a reflective citizen.*

18. The meanings conveyed in the first part of this statement are wider than taking note and taking action as required; it implies having continuing interest in, having opinions about, and participating in, current and future science-based issues. The second part of the statement covers various aspects of attitudes and values that individuals may have towards science. The phrase implies a person who has an interest in scientific topics, thinks about science-related issues, has a concern for issues of technology, resources, and the environment, and reflects on the importance of science in personal and social perspectives.
19. Inevitably, scientific literacy draws upon reading and mathematical literacies (Norris & Phillips, 2003). For example, reading literacy will be necessary when a student is demonstrating an understanding of scientific terminology. Similarly, aspects of mathematical literacy will be required in data interpretation contexts. The intersection of these other literacies with the PISA 2006 definition and assessment of scientific literacy cannot be avoided; however, at the core of each assessment task there should be aspects that are unambiguously scientific literacy.
20. Compared to the definition of scientific literacy for PISA in 2000 and 2003, the definition for 2006 has been elaborated and enhanced. For the previous two assessments, when science was a minor domain, scientific literacy was defined as follows:

*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, 1999, 2000, 2003b)

21. The initial assertions of the 2000/2003 and 2006 definitions are fundamentally the same in that they centre on individuals' uses of scientific knowledge to draw conclusions. While the 2000 and 2003 definition embedded knowledge of science and understandings about science within the terms of scientific knowledge, the 2006 definition separates and elaborates this aspect of scientific literacy through the addition of terms that underscore students' knowledge about the characteristic features of science. Both definitions then refer to the application of scientific knowledge to understand, and ultimately to make informed decisions about, the natural world. In PISA 2006, this part of the definition is enhanced by the addition of knowledge of the relationship between science and technology – an aspect of scientific literacy that was assumed but not elaborated in the earlier definition. In today's world, science and technology are closely linked, often having synergistic relationships with each other.
22. In contrast to the earlier definition, the PISA 2006 definition of scientific literacy has been expanded by explicitly including attitudinal aspects of students' responses to issues of scientific and technological relevance. In summary, the 2006 definition is conceptually in accord with the 2000/2003 definition, with the exception of the addition of attitudinal responses. Other changes, for example elaborating knowledge *about* science, and science-based technology, represent an increased emphasis on particular aspects that were embedded or assumed in the earlier definition.

### Organisation of the Domain

23. The definition of scientific literacy proposed here provides for a continuum from less developed to more developed scientific literacy – that is, individuals are deemed to be more or less scientifically literate; they are not regarded as either scientifically literate or scientifically illiterate (Bybee, 1997a, b). So, for example, the student with less developed scientific literacy might be able to recall simple scientific factual knowledge and to use common scientific knowledge in drawing or evaluating conclusions. A student with more developed scientific literacy will demonstrate the ability to create and use conceptual models to make predictions and give explanations, to analyse scientific investigations, to relate data as evidence, to evaluate alternative explanations of the same phenomena, and to communicate conclusions with precision.
24. For purposes of assessment, the PISA 2006 definition of scientific literacy may be characterised as consisting of four interrelated aspects:
  - Recognising life situations involving science and technology. This is the *context* for assessment.
  - Understanding the natural world on the basis of scientific knowledge that includes both knowledge *of* the natural world, and knowledge *about* science itself. This is the *knowledge component* of the assessment.
  - Demonstrating competencies that include identifying scientific issues, explaining phe-

nomena scientifically, and drawing conclusions based on evidence. This is the *competency component*.

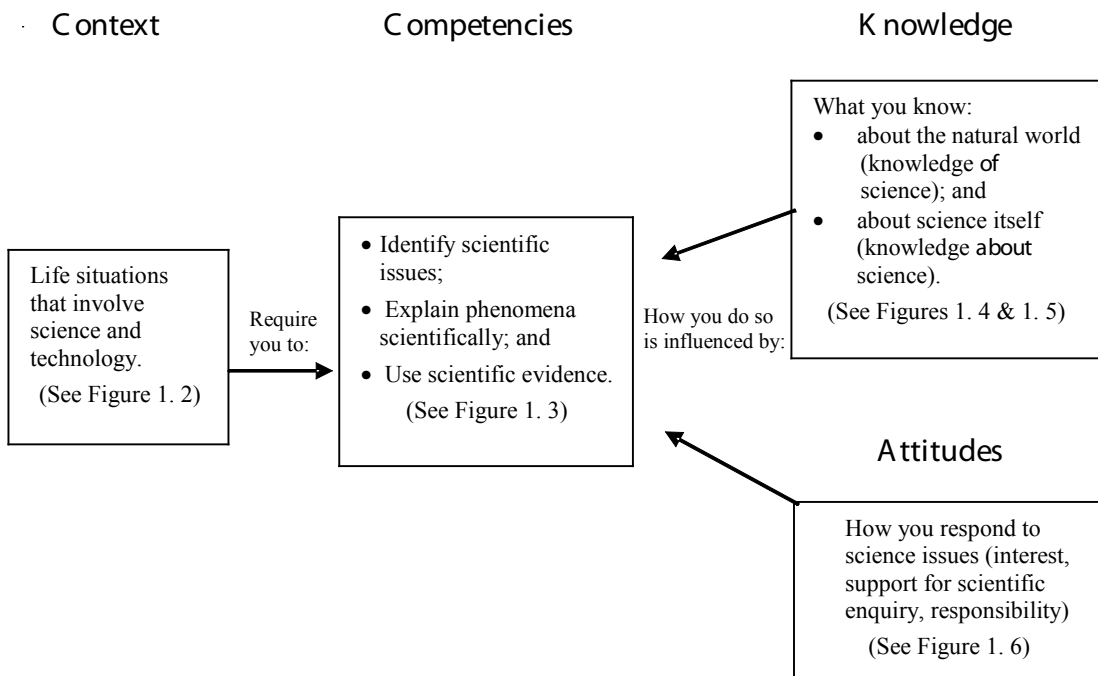
- Indicating an interest in science, support for scientific enquiry, and motivation to act responsibly toward, for example, natural resources and environments. This is the *attitudinal dimension* of the assessment.

25. This relationship is represented graphically in Figure 1.1

26. The following sections restate and elaborate the organising aspects of scientific literacy. In highlighting these aspects, the PISA 2006 scientific literacy framework has ensured that the focus of the assessment is upon the outcomes of science education as a whole. Several questions, based on the PISA 2006 perspective of scientific literacy lay behind the organisation of this section of the framework. They are:

- What CONTEXTS would be appropriate for assessing 15-year-olds?
- What COMPETENCIES would be appropriate for 15-year-olds?
- What KNOWLEDGE might we reasonably expect 15-year-olds to demonstrate?
- What ATTITUDES might we reasonably expect 15-year-olds to demonstrate?

Figure 1.1 Framework for PISA 2006 science assessment



### Contexts for Assessment items

27. PISA 2006 will assess important scientific knowledge relevant to the science education curricula of participating countries without being constrained to the common aspects of participants'

national curricula. The assessment will do this by requiring evidence of the successful use of scientific competencies in important situations reflecting the world and in accordance with PISA's focus on scientific literacy. This, in turn, will involve the application of selected knowledge about the natural world, and about science itself, and evaluation of students' attitudes toward scientific matters,

28. Assessment items will be framed in situations of general life and not limited to life in school. In the PISA 2006 science assessment, the focus of the items will be on situations relating to the self, family and peer groups (personal), to the community (social) and to life across the world (global). A further type of setting, appropriate to some topics, is the historical one, in which understanding of the advances in scientific knowledge can be assessed.
29. Figure 1.2 lists the applications of science, within personal, social, and global settings, primarily used as the contexts for assessment exercises. However, other settings (e.g., technological, historical) and areas of application also will be used. The applications will be drawn from a wide variety of life situations and will be generally consistent with the areas of application for scientific literacy in the 2000 and 2003 PISA frameworks. The areas of application are: health, natural resources, the environment, hazards, and the frontiers of science and technology. They are the areas in which scientific literacy has particular value for individuals and communities in enhancing and sustaining quality of life, and in the development of public policy.
30. The PISA science assessment is not an assessment of contexts. It assesses competencies, knowledge and attitudes as these are presented or relate to contexts. In selecting the contexts, it is important to keep in mind that the purpose of the assessment is to assess scientific competencies, understandings, and attitudes that students have acquired by the end of the compulsory years of schooling.
31. The contexts used for assessment items will be chosen in the light of relevance to students' interests and lives. Sensitivity to linguistic and cultural differences is a priority in item development and selection, not only for the sake of the validity of the assessment, but to respect these differences in participating countries. In developing any international test it is not possible, however, to include the differences in traditional and local knowledge about natural phenomena that exist among groups in participating countries. This is not to deny the contribution such knowledge can and has made to the respective cultures.
32. Science Example 1 is part of a unit titled *Catching the Killer*. The stimulus material is a newspaper article that establishes the context for the unit. The area of application is "Frontiers of science and technology" within a social setting.

Figure 1.2 Contexts for the PISA 2006 science assessment

	Personal	Social	Global
Health	maintenance of health, accidents, nutrition	control of disease, social transmission, food choices, community health	epidemics, spread of infectious diseases
Natural resources	personal consumption of materials and energy	maintenance of human populations, quality of life, security, production and distribution of food, energy supply	renewable and non-renewable, natural systems, population growth, sustainable use of species
Environmental quality	environmentally friendly behaviour, use and disposal of materials	population distribution, disposal of waste, environmental impact, local weather	biodiversity, ecological sustainability, control of pollution, production and loss of soil
Hazard	natural and human-induced, decisions about housing	rapid changes [earthquakes, severe weather], slow and progressive changes [coastal erosion, sedimentation], risk assessment	climate change, impact of modern warfare
Frontiers of science and technology	interest in science's explanations of natural phenomena, science-based hobbies, sport and leisure, music and personal technology	new materials, devices and processes, genetic modification, weapons technology, transport	extinction of species, exploration of space, origin and structure of the universe

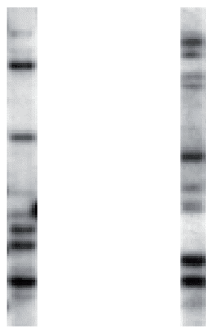
Science Example 1: CATCHING THE KILLER

**DNA TO FIND KILLER**

*Smithville, yesterday:* A man died from multiple stab wounds in Smithville today. Police say that there were signs of a struggle and that some of the blood found at the scene of the crime did not match the victim's blood. They suspect that this blood came from the killer.

To help find the killer, police scientists have prepared a DNA profile from the blood sample. When compared to DNA profiles of convicted criminals, kept on a computer database, no match was found.

*Photo of typical DNA profiles from two people. The bars are different fragments of each person's DNA. Each person has a different pattern of bars. Like fingerprints, these patterns can identify a person.*



**Person A**      **Person B**

Police are now asking all citizens of Smithville to come forward to have their DNA analysed.

Sergeant Brown of the Smithville police said, "We just need to take a harmless scraping from the inside of the cheek. From this scraping scientists can extract DNA and form a DNA profile like the ones pictured."

Except for identical twins, there is only a 1 in 100 million chance that two people will have the same DNA profile.

**Question 1: CATCHING THE KILLER**

This newspaper article refers to the substance DNA. What is DNA?

- A A substance in cell membranes that stops the cell contents leaking out.
- B A molecule that contains the instructions to build our bodies.
- C A protein found in blood that helps carry oxygen to our tissues.
- D A hormone in blood that helps regulate glucose levels in body cells.

**Question 2: CATCHING THE KILLER**

Which one of the following questions **cannot** be answered by scientific evidence?

- A What was the medical or physiological cause of the victim's death?
- B Why was the victim stabbed many times?
- C Is taking cheek scrapings a safe way to collect DNA samples?
- D Do identical twins have exactly the same DNA profile?

**Scientific Competencies**

33. The PISA 2006 science assessment gives priority to the competencies listed in Figure 1.3: the ability to identify scientifically-oriented issues; describe, explain, or predict phenomena based on scientific knowledge; interpret evidence and conclusions, and use evidence to make and communicate decisions. These competencies involve scientific knowledge – both knowledge *of* science and knowledge *about* science itself as a form of knowledge and an approach to enquiry.

**Figure 1.3 PISA 2006 scientific competencies**

<p><b>Identifying Scientific Issues</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▫ Recognising issues that it is possible to investigate scientifically.</li><li>▫ Identifying keywords to search for scientific information.</li><li>▫ Recognising the key features of a scientific investigation.</li></ul>
<p><b>Explaining Phenomena Scientifically</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▫ Applying knowledge <i>of</i> science in a given situation.</li><li>▫ Describing or interpreting phenomena scientifically and predicting changes.</li><li>▫ Identifying appropriate descriptions, explanations, and predictions.</li></ul>
<p><b>Using Scientific Evidence</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▫ Interpreting scientific evidence and making and communicating conclusions.</li><li>▫ Identifying the assumptions, evidence and reasoning behind conclusions.</li><li>▫ Reflecting on the societal implications of science and technological developments.</li></ul>



34. Some cognitive processes have special meaning and relevance for scientific literacy. Among the cognitive processes that are implied in the scientific competencies are: inductive/deductive reasoning, critical and integrated thinking, transforming representations (e.g., data to tables, tables to graphs), constructing and communicating arguments and explanations based on data, thinking in terms of models, and using mathematics.
35. Justification for an emphasis on the scientific competencies of Figure 1.3 in PISA 2006 rests on the importance of these competencies for scientific investigation. They are grounded in logic, reasoning, and critical analysis. An elaboration of the scientific competencies follows.

### Identifying Scientific Issues

36. The essential feature here is discriminating scientific issues and content from other forms of issues. Importantly, scientific issues must lend themselves to answers based on scientific evidence. This competency includes recognising questions that it would be possible to investigate scientifically in a given situation, and identifying keywords to search for scientific information on a given topic. It also includes recognising key features of a scientific investigation: for example, what things should be compared, what variables should be changed or controlled, what additional information is needed, or what action should be taken so that relevant data can be collected.
37. This competency requires students to possess knowledge *about* science itself, but may also draw, to varying degrees, on their knowledge *of* science. Question 2 of *Catching the Killer* (Science Example 1) requires students to identify a question that *cannot* be investigated scientifically. The item mainly assesses students' knowledge of what types of questions can be investigated scientifically (Knowledge *about* science, category: "Scientific enquiry"), but assumes knowledge *of* science (category: "Living systems") that one would expect 15-year-olds to possess.

### Explaining Phenomena Scientifically

38. Students demonstrate this competency by applying appropriate knowledge *of* science in a given situation. The competency includes describing or interpreting phenomena and predicting changes, and may involve recognising or identifying appropriate descriptions, explanations, and predictions. Question 1 of *Catching the Killer* (Science Example 1) requires students to draw on their knowledge of science (category: living systems) to recognise the appropriate description of DNA.

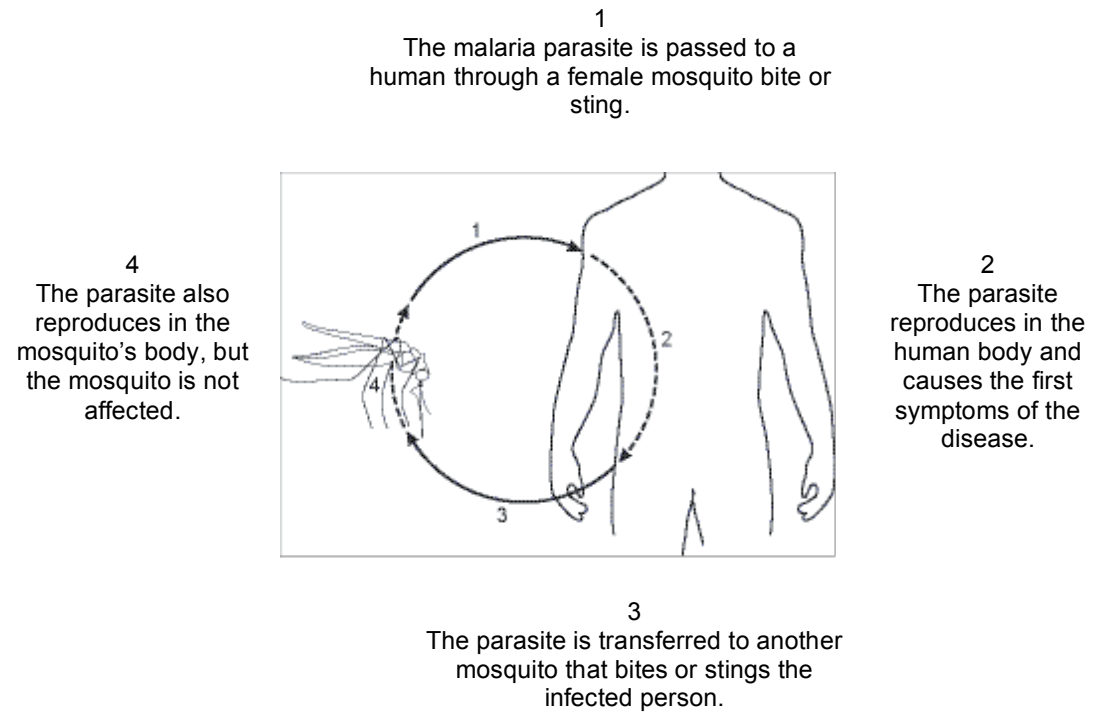
### Using Scientific Evidence

39. This competency requires students to make sense of scientific findings as evidence for claims or conclusions. The required response can involve knowledge *about* science or knowledge *of* science or both. The question in *Malaria* (Science Example 2) requires students to make conclusions based on the evidence presented about the life cycle of a mosquito. The item mainly assesses whether students can interpret a standard representation (model) of a life cycle – this is knowledge *about* science (category: "Scientific explanations" – see Figure 1.5).

- 40. This competency includes accessing scientific information and producing arguments and conclusions based on scientific evidence (Kuhn, 1992; Osborne, Erduran, Simon & Monk, 2001). The competency may also involve: selecting from alternative conclusions in relation to evidence; giving reasons for or against a given conclusion in terms of the process by which the conclusion was derived from the data provided; and identifying the assumptions made in reaching a conclusion. Reflecting on the societal implications of scientific or technological developments is another aspect of this competency.
- 41. Students may be required to express their evidence and decisions, through their own words, diagrams or other representations as appropriate, to a specified audience. In short, students should be able to present clear and logical connections between evidence and conclusions or decisions.

**Science Example 2: MALARIA**

- 42. Malaria is the cause of more than one million deaths every year. The fight against malaria is currently in crisis. Mosquitoes pass the malaria parasite from person to person. The malaria-carrying mosquito has become resistant to many pesticides. Also, medicines against the malaria parasite are getting less and less effective.



**Life cycle of the malaria parasite**

**Question 1: MALARIA**

Three methods of preventing the spread of malaria are given below.

Which of the stages (1, 2, 3 and 4) in the life cycle of a malaria parasite are **directly** affected by each method? Circle the relevant stage(s) for each method (more than one stage may be affected by a single method).

Method of preventing the spread of malaria	Stages in the life cycle of the parasite that are affected
Sleeping underneath a mosquito net.	1 2 3 4
Taking medicines against malaria.	1 2 3 4
Using pesticides against mosquitoes.	1 2 3 4

**Scientific Knowledge**

43. As previously noted, “scientific knowledge” refers to both knowledge *of* science (knowledge about the natural world) and knowledge *about* science itself.

**Knowledge of Science**

44. Given that only a sample of students’ knowledge *of* science can be assessed in the PISA 2006 science assessment, it is important that clear criteria are used to guide the selection of knowledge that is assessed. Moreover, the objective of PISA is to describe the extent to which students can *apply* their knowledge in contexts of relevance to their lives. Accordingly, the assessed knowledge will be selected from the major fields of physics, chemistry, biology, Earth and space science, and technology<sup>3</sup> according to the following criteria:

- The first criterion centres on relevance to real-life situations. Scientific knowledge differs in the degree to which it is useful in the life of individuals.
- The second criterion is that the knowledge selected represents important scientific concepts and thus has enduring utility.
- The third criterion is that the knowledge selected is appropriate to the developmental level of 15-year-olds.

45. Figure 1.4 shows the knowledge *of* science categories and examples of content selected by applying these criteria. This knowledge is required for understanding the natural world and for making sense of experiences in personal, social, and global contexts. For these reasons the framework uses the term “systems” instead of “sciences” in the descriptors of the major fields.

---

3. Knowledge of the design or internal working of technology artefacts (e.g., aeroplanes, engines, computers) will not be assumed.

The intention is to convey the idea that citizens have to understand concepts from the physical and life sciences, Earth and space science, and technology, in contexts that have components that interact in a more or less united way. That is, they have to apply scientific knowledge and deploy scientific competencies in considering contexts that can be viewed as systems.

46. The examples listed in Figure 1.4 convey the meanings of the categories; there is no attempt to list comprehensively all the knowledge that could be related to each of the knowledge of science categories. Question 1 of *Catching the Killer* (Science Example 1) assesses students' knowledge of science in the category "Living systems".

Figure 1. 4 PISA 2006 knowledge of science categories

<p><b>Physical Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Structure of matter (e.g., particle model, bonds)</li> <li>▫ Properties of matter (e.g., changes of state, thermal and electrical conductivity)</li> <li>▫ Chemical changes of matter (e.g., reactions, energy transfer, acids/bases)</li> <li>▫ Motions and forces (e.g., velocity, friction)</li> <li>▫ Energy and its transformation (e.g., conservation, dissipation, chemical reactions)</li> <li>▫ Interactions of energy and matter (e.g., light and radio waves, sound and seismic waves)</li> </ul>
<p><b>Living Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Cells (e.g., structures and function, DNA, plant and animal)</li> <li>▫ Humans (e.g., health, nutrition, subsystems [i.e. digestion, respiration, circulation, excretion, and their relationship], disease, reproduction)</li> <li>▫ Populations (e.g., species, evolution, biodiversity, genetic variation)</li> <li>▫ Ecosystems (e.g., food chains, matter and energy flow)</li> <li>▫ Biosphere (e.g., ecosystem services, sustainability)</li> </ul>
<p><b>Earth and Space Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Structures of the Earth systems (e.g., lithosphere, atmosphere, hydrosphere)</li> <li>▫ Energy in the Earth systems (e.g., sources, global climate)</li> <li>▫ Change in Earth systems (e.g., plate tectonics, geochemical cycles, constructive and destructive forces)</li> <li>▫ Earth's history (e.g., fossils, origin and evolution)</li> <li>▫ Earth in space (e.g., gravity, solar systems)</li> </ul>
<p><b>Technology Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Role of science-based technology (e.g., solve problems, help humans meet needs and wants, design and conduct investigations)</li> <li>▫ Relationships between science and technology (e.g., technologies contribute to scientific advancement)</li> <li>▫ Concepts (e.g., optimisation, trade-offs, cost, risk, benefit)</li> <li>▫ Important principles (e.g., criteria, constraints, innovation, invention, problem solving)</li> </ul>

## Knowledge *about* Science

47. Figure 1.5 displays the categories and examples of content for knowledge *about* science. The first category, “Scientific Enquiry,” centres on enquiry as the central process of science and the various components of that process. The second category, closely related to enquiry, is that of “Scientific Explanations.” Scientific explanations are the results of scientific enquiry. One can think of enquiry as the means of science (how scientists *get* data) and explanations as the goals of science (how scientists *use* data). The examples listed in Figure 1.5 convey the general meanings of the categories; there is no attempt to list comprehensively all the knowledge that could be related to each category.

Figure 1.5 PISA 2006 knowledge *about* science categories

<p><b>Scientific Enquiry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▸ origin (e.g., curiosity, scientific questions).</li> <li>▸ purpose (e.g., to produce evidence that helps answer scientific questions, current ideas/models/theories guide enquiries).</li> <li>▸ experiments (e.g., different questions suggest different scientific investigations, design).</li> <li>▸ data type (e.g., quantitative [measurements], qualitative [observations]).</li> <li>▸ measurement (e.g., inherent uncertainty, replicability, variation, accuracy/precision in equipment and procedures).</li> <li>▸ characteristics of results (e.g., empirical, tentative, testable, falsifiable, self-correcting).</li> </ul>
<p><b>Scientific Explanations</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▸ types (e.g., hypothesis, theory, model, law).</li> <li>▸ formation (e.g., data representation; role of extant knowledge and new evidence, creativity and imagination, logic).</li> <li>▸ rules (e.g., must be logically consistent; based on evidence, historical and current knowledge).</li> <li>▸ outcomes (e.g., produce new knowledge, new methods, new technologies; lead to new questions and investigations).</li> </ul>

48. Science Example 3 is part of a unit titled *School Milk Study*. The setting is “Historical” and the area of application is “Health”. Both questions assess students’ Knowledge *about* science, category: “Scientific enquiry”. Question 1 requires students to identify the possible purposes of the study (competency: “Identifying scientific issues”). The competency classification of Question 2 is also “Identifying scientific issues” (rather than “Using scientific evidence”) since the most obvious assumption (that the three groups of students were not significantly different in any relevant way) relates to the design of the study.

**Science Example 3: SCHOOL MILK STUDY**

49. In 1930, a large-scale study was carried out in the schools in a region of Scotland. For four months, some students received free milk and some did not. The head teachers in each school chose which of their students received milk. Here is what happened:
- 5000 school children received an amount of unpasteurised milk each school day;
  - Another 5000 school children received the same amount of pasteurised milk; and
  - 10,000 school children did not receive any milk at all.
50. All 20,000 children were weighed and had their heights measured at the beginning and the end of the study.

**Question 1: SCHOOL MILK STUDY**

Is it likely that the following questions were research questions for the study? Circle “Yes” or “No” for each question.

<b>Is it likely that this was a research question for the study?</b>	<b>Yes or No?</b>
What has to be done to pasteurise milk?	Yes / No
What effect does the drinking of additional milk have on school children?	Yes / No
What effect does milk pasteurisation have on school children’s growth?	Yes / No
What effect does living in different regions of Scotland have on school children’s health?	Yes / No

**Question 2: SCHOOL MILK STUDY**

On average, the children who received milk during the study gained more in height and weight than the children who did not receive milk.

One possible conclusion from the study, therefore, is that school children who drink a lot of milk grow faster than those who do not drink a lot of milk.

To have confidence in this conclusion, indicate one assumption that needs to be made about these two groups of students in the study.

.....

.....

## ATTITUDES

51. Peoples' attitudes play a significant role in their interest, attention, and response to science and technology in general and to issues that affect them in particular. One goal of science education is for students to develop attitudes that support attending to scientific issues and the subsequent acquisition and application of scientific and technological knowledge for personal, social, and global benefit.
52. The point of reference for the focus on attitudes is the multidimensional construct of scientific literacy. That is, a person's scientific literacy includes certain attitudes, beliefs, motivational orientations, self-efficacy, values, and ultimate actions. The inclusion of attitudes, and the specific areas selected for PISA 2006, is supported by, and builds upon, Klopfer's (1976) structure for the affective domain in science education and reviews of attitudinal research (for example, Gardner, 1975, 1984; Gauld & Hukins, 1980; Blosser, 1984; Laforgia, 1988; Schibeci, 1984).
53. The PISA 2006 science assessment will evaluate students' attitudes in three areas: *Interest in science*, *Support for scientific enquiry*, and *Responsibility towards resources and environments* (see Figure 1.6). These areas were selected because they will provide an international portrait of students' general appreciation of science, their specific scientific attitudes and values, and their responsibility toward selected science-related issues that have national and international ramifications. It will *not* be an assessment of students' attitudes toward school science programs or teachers. The results may provide information about the emerging problem of declining interest for science studies among young people.
54. *Interest in science* was selected because of its established relationships with achievement, course selection, career choice, and lifelong learning. The relationship between (individual) interest in science and achievement has been the subject of research for more than 40 years although there is still debate about the causal link (see, for example, Baumert & Köller, 1998; Osborne, Simon & Collins, 2003). The PISA 2006 science assessment will address students' interest in science through knowledge about their engagement in science-related social issues, their willingness to acquire scientific knowledge and skills, and their consideration of science-related careers.

Figure 1.6 PISA 2006 areas for assessment of attitudes

<p><b>Interest in Science</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Indicate curiosity in science and science-related issues and endeavours.</li> <li>– Demonstrate willingness to acquire additional scientific knowledge and skills, using a variety of resources and methods.</li> <li>– Demonstrate willingness to seek information and have an ongoing interest in science, including consideration of science-related careers.</li> </ul>
<p><b>Support for Scientific Enquiry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Acknowledge the importance of considering different scientific perspectives and arguments.</li> <li>– Support the use of factual information and rational explanations.</li> <li>– Express the need for logical and careful processes in drawing conclusions.</li> </ul>

**Responsibility towards Resources and Environments**

- Show a sense of personal responsibility for maintaining a sustainable environment.
- Demonstrate awareness of the environmental consequences of individual actions.
- Demonstrate willingness to take action to maintain natural resources.

55. *Support for scientific enquiry* is widely regarded as a fundamental objective of science education and as such warrants assessing. It is a similar construct to “adoption of scientific attitudes” as identified by Klopfer (1971). Appreciation of and support for scientific enquiry implies that students value scientific ways of gathering evidence, thinking creatively, reasoning rationally, responding critically, and communicating conclusions as they confront life situations related to science. Aspects of this area in PISA 2006 include the use of evidence (knowledge) in making decisions, and the appreciation for logic and rationality in formulating conclusions.
56. *Responsible attitude towards resources and environments* is of international concern, as well as being of economic relevance. Attitudes in this area have been the subject of extensive research since the 1970s (see, for example, Bogner & Wiseman, 1999; Eagles & Demare, 1999; Weaver, 2002; Rickinson, 2001). In December 2002, the United Nations approved resolution 57/254 declaring the ten-year period beginning on 1 January 2005 to be the “United Nations Decade of Education for Sustainable Development” (UNESCO, 2003). The International Implementation Scheme (UNESCO, September 2005) identifies *environment* as one of the three spheres of sustainability (along with society (including culture) and economy) that should be included in all education for sustainable development programmes.
57. PISA 2006 uses both a student questionnaire *and* contextualised test items<sup>4</sup> to gather data about students’ attitudes in these areas. The inclusion of contextualised items will add value to the assessment in that it will provide data on whether students’ attitudes differ when assessed in and out of context, whether they vary between contexts, and whether they correlate with performance at the unit level. One aspect of students’ *Interest in science* (namely, their *Interest in learning about science*), and students’ *Support for scientific enquiry*, will be assessed in the test using embedded items that target personal, social, and global issues.
58. The student questionnaire will be used to gather data on students’ attitudes in all three areas: *Interest in science*, *Support for scientific enquiry*, and *Responsibility towards resources and environments*, in a non-contextualised manner. Additional data concerning students’ “engagement in science” (e.g., self-efficacy, enjoyment and frequency of out of school activities) will also be collected via the student questionnaire, as will students’ views on the value of science for their own lives (e.g., further education and career choices) and for society (e.g., social and economic benefits).
59. The results of PISA 2006 will provide important information for educational policy makers in the participating countries. The combined richness of the data obtained through both the student questionnaire and the embedded attitudinal items should generate new knowledge about students’ predispositions towards scientifically literate behaviours. Further, since the

---

4. See paragraphs 63-64.

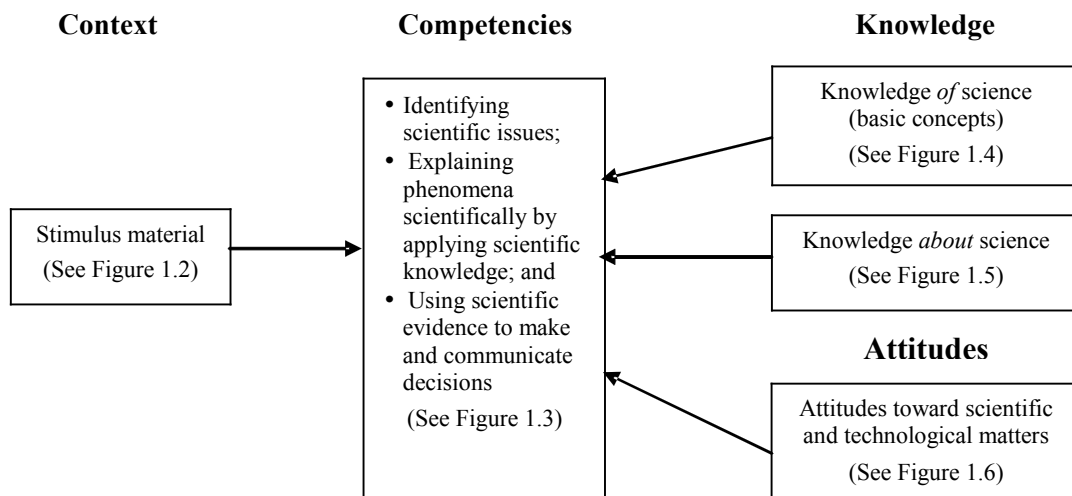


literature contains conflicting reports on the correlation between attitudes and performance in science, it remains to be seen how student attitudinal data (concerning students' *Interest in science*, *Support for scientific enquiry*, and *Responsibility towards resources and environments*), collected via the test and the questionnaire, correlates with student performance. Other data obtained from the student questionnaire, such as students' "engagement in science" and science-related behaviours, also will be reported and linked with student performance.

### Test Characteristics

60. In accordance with the PISA definition of scientific literacy, test questions (items) will require the use of the scientific competencies (see Figure 1.3) within a context (see Figure 1.2). This will involve the application of scientific knowledge (see Figures 1.4 and 1.5) and will reflect aspects of the respondents' attitudes toward scientific matters (see Figure 1.6).
61. Figure 1.7 is a variation of Figure 1.1 that presents the basic components of the PISA framework for the 2006 scientific literacy assessment in a way that can be used to relate the framework with the structure and the content of assessment units. This may be used both synthetically as a tool to plan assessment exercises, and analytically as a tool to study the results of standard assessment exercises. As a starting point to construct assessment units, we could consider the contexts that would serve as stimulus material, the competencies required to respond to the questions or issues, or the knowledge and attitudes central to the exercise.

Figure 1.7 A tool for constructing and analysing assessment units and items



62. A test unit is defined by specific stimulus material, which may be a brief written passage, or text accompanying a table, chart, graph, or diagram. The items are a set of independently

scored questions of various types, as illustrated by the three examples (*Catching the Killer*, *Malaria* and *School Milk Study*) already discussed and the additional examples included in the final section.

63. The reason PISA employs this unit structure is to facilitate the employment of contexts that are as realistic as possible, and that reflect the complexity of real situations, while making efficient use of testing time. Using situations about which several questions can be posed, rather than asking separate questions about a larger number of different situations, reduces the overall time required for a student to become familiar with the material relating to each question. However, the need to make each scored point independent of others within a unit needs to be taken into account. It is also necessary to recognise that, because this approach reduces the number of different assessment contexts, it is important to ensure that there is an adequate range of contexts so that bias due to the choice of contexts is minimised.
64. PISA 2006 test units will incorporate up to four cognitive items. Each item will involve the predominant use of one of the scientific competencies *and* require mainly knowledge *of* science or knowledge *about* science. In most cases, more than one competency and more than one knowledge category will be assessed (by different items) within a unit.
65. Four types of items will be used to assess the competencies and scientific knowledge identified in the framework. About one-third of the items will be (simple) multiple-choice items, like Questions 1 and 2 of *Catching the Killer* (Science Example 1), which require the selection of a single response from four options. A further third will either require short constructed responses, like Question 1 of *Malaria* (Science Example 2), or be complex multiple-choice items. Question 1 of *School Milk Study* (Science Example 3), which requires students to respond to a series of related “Yes/No” questions, is a typical complex multiple-choice item. The remaining one-third of the items will be open constructed-response items, like Question 2 in *School Milk Study* (Science Example 2), that require a relatively extended written or drawn response from a student.
66. Multiple-choice and short constructed-response items can be used to validly assess most of the cognitive processes involved in the three scientific competencies, but to assess the ability to communicate, an open-response format is likely to provide greater validity and authenticity.
67. Although the majority of the items will be dichotomously scored, some of the complex multiple-choice and open-response items will involve partial credit scoring. For each partial credit item, a detailed scoring rubric that allows for “full credit”, “partial credit” and “no credit” is provided. The categories “full credit”, “partial credit” and “no credit” divide students’ responses into three groups in terms of the extent to which the students demonstrate ability to answer the question. A “full credit” response, although not necessarily “absolutely scientifically correct”, will exhibit a level of understanding of the topic appropriate for a scientifically literate 15-year-old. Less sophisticated or correct responses may qualify for “partial credit”, with completely incorrect, irrelevant or missing responses being assigned “no credit”. Question 1 of *Malaria* (Science Example 2) is a partial credit item and its scoring scheme (coding guide) is shown in Science Example 4.

## Science Example 4: MALARIA (Question 1 scoring)

**Full Credit**

Code 2: All three correct: [1 and 3]; [2]; and [1, 3 and 4] in that order.

**Partial Credit**

Code 1: Two of the three rows correct

OR

one (or more) correct, *but none wrong*, in each row.

**No Credit**

Code 0: Other responses.

Code 9: Missing.

68. Most of the new units included in the PISA 2006 science test will contain an item that assesses students' *Interest in learning about science*, or an item that assesses their *Support for scientific enquiry*, or both types of items. Question 3 of the unit *Catching the Killer*, included below as Science Example 5, is an example of such an item. This item requires students to indicate their level of interest in three tasks to assess their interest in learning more about the application of science to solving crime. A unipolar response format (High interest, Medium interest, Low interest, No interest), rather than the conventional bipolar one (Strongly agree, Agree, Disagree, Strongly disagree), is used in this example to reduce the influence of "social desirability" on responses.
69. Attitudinal items are distinctively formatted in a shaded box to remind students that, for each statement, they should tick the box that indicates their own *opinion* about the statement. The General Directions at the start of each booklet will include the following instruction:
70. *Some of the questions are about your attitude or opinion regarding certain issues. These questions are set out differently from the others – they appear inside a shaded box. THERE IS NO CORRECT ANSWER to these questions and they will not count in your test score, but it is important that you answer them truthfully.*

## Science Example 5: Catching the Killer (Attitudinal item)

## Question 3: CATCHING THE KILLER

How much interest do you have in the following information?

*Tick only one box in each row.*

	<i>High Interest</i>	<i>Medium Interest</i>	<i>Low Interest</i>	<i>No Interest</i>
a) Knowing more about the use of DNA in solving crime.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Learning more about how DNA profiling works.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Understanding better how crime can be solved using science.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

71. The need for students to have a degree of reading literacy in order to understand and answer written questions on scientific literacy raises an issue of the level of reading literacy that will be required. Stimulus material and questions will use language that is as clear, simple and brief as possible while still conveying the appropriate meaning. The number of concepts introduced per paragraph will be limited and, generally, care will be taken to achieve a reading age no higher than that of the average 15-year-old. Questions that predominantly assess reading literacy, or mathematical literacy, will be avoided.

**Assessment Structure**

72. The PISA 2006 test units are arranged in 13 clusters, with each cluster designed to occupy 30 minutes of testing time. There are two Reading clusters, four Mathematics clusters and seven Science clusters. The clusters are placed in 13 booklets, according to a rotated test design. Each booklet contains four clusters and each student is assigned one of these two-hour booklets. There is at least one Science cluster in each booklet.
73. The desired balance between the two knowledge components, knowledge *of* science and knowledge *about* science is shown in Figure 1.8 in terms of percentages of score points. Figure 1.8 also shows the desired distribution of score points among the various knowledge *of* science and knowledge *about* science categories.

Figure 1.8 Desired distribution of score points for knowledge

<b>Knowledge of Science</b>	<b>Per cent of score points</b>
Physical systems	15–20
Living systems	20–25
Earth and space systems	10–15
Technology systems	5–10
<i>Subtotal</i>	<i>60–65</i>
<b>Knowledge about Science</b>	
Scientific enquiry	15–20
Scientific explanations	15–20
<i>Subtotal</i>	<i>35–40</i>
<b>Total</b>	<b>100</b>

74. The desired balance for scientific competencies is given in Figure 1.9

Figure 1.9 Desired distribution of score points for scientific competencies

Scientific Competencies	Per cent of score points
Identifying scientific issues	25–30
Explaining phenomena scientifically	35–40
Using scientific evidence	35–40
Total	100

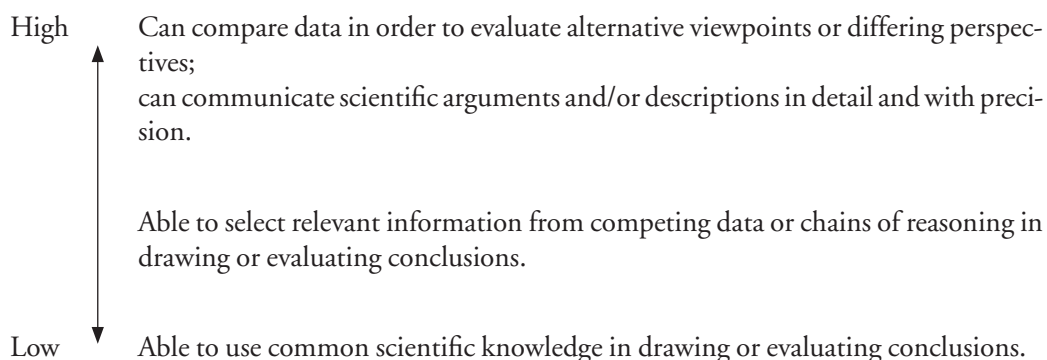
75. Item contexts will be spread across personal, social and global settings roughly in the ratio 1:2:1. A wide selection of areas of application will be used for units, subject to satisfying as far as possible the various constraints imposed by the previous two paragraphs.
76. About 60 per cent of the units will contain one or two attitudinal items (each comprising two or three scale points) that assess students' *Interest in learning about science* or their *Support for scientific enquiry*. Responding to these items will occupy about 11 per cent of the total test time. To facilitate comparability of performance over time, link items included from the two previous PISA science assessments will *not* contain attitudinal items.

### Reporting Scales

77. To meet the aims of PISA, the development of scales of student achievement is essential. The process of arriving at a scale has to be iterative. Initial descriptions, based on the results of the trials and the PISA 2000 and 2003 surveys – and informed by past experience of assessing science achievement and findings from research into learning and cognitive development in science – are likely to be modified as more data are accumulated in this and future surveys.
78. For PISA 2000, when science was a minor domain and thus having limited testing time, students' science achievement was reported in terms of a proficiency scale with a mean of 500 and a standard deviation of 100. Although no proficiency levels were identified, it was possible to describe what processes (i.e., scientific competencies) students can perform at three points in this scale (OECD, 2001, p. 83):
- Towards the top end of the scientific literacy scale (around 690 points) students are generally able to create or use conceptual models to make predictions or give explanations; to analyse scientific investigations in order to grasp, for example, the design of an experiment or to identify an idea being tested; to compare data in order to evaluate alternative viewpoints or differing perspectives; and to communicate scientific arguments and/or descriptions in detail and with precision.
  - At around 550 points, students are typically able to use scientific knowledge to make predictions or provide explanations; to recognise questions that can be answered by scientific investigation and/or identify details of what is involved in a scientific investigation; and to select relevant information from competing data or chains of reasoning in drawing or evaluating conclusions.

- Towards the lower end of the scale (around 400 points), students are able to recall simple factual scientific knowledge (e.g., names, facts, terminology, simple rules); and to use common scientific knowledge in drawing or evaluating conclusions.
79. For PISA 2003, the reporting of science results followed a similar format to that of 2000 (OECD, 2004). However, with science being the major domain for the PISA 2006 assessment, the increased testing time available should enable the construction of separate scales, with up to five described proficiency levels, for the three scientific competencies of Figure 1.3 Proficiency levels on the PISA 2000 and 2003 science achievement scale are described in terms of the scientific processes (i.e., the PISA 2006 scientific competencies). By examining the descriptions we can derive the skeleton of each PISA 2006 competency scale. For example, for “Using scientific evidence” we obtain the skeleton scale shown in Figure 1.10.

Figure 1.10 Example of a competency-based reporting scale



80. Alternatively, it should be possible to report separate scales for the two knowledge components, knowledge *of* science and knowledge *about* science. The competencies would then be central to describing the proficiency levels for these two knowledge scales. Decisions about the actual scales to be reported, and the number of proficiency levels to be identified, will be made following analysis of the PISA 2006 assessment data.
81. Factors which determine difficulty in items assessing science achievement include:
- the general complexity of the context;
  - the level of familiarity with the scientific ideas, processes and terminology involved;
  - the length of the train of logic required to respond to a question – i.e., the number of steps needed to arrive at an adequate response and the level of dependence of each step on the previous one;
  - the degree to which abstract scientific ideas or concepts are required in forming a response; and
  - the level of reasoning, insight and generalisation involved in forming judgements, conclusions, and explanations.

82. It should be possible also to prepare reliable scales for *Interest in learning about science* and *Support for scientific enquiry* using the data obtained from the embedded attitudinal items. Data obtained from the student questionnaire will be used to form scales for all three attitudes of Figure 1.6 (*Interest in science*, *Support for scientific enquiry*, and *Responsibility towards resources and environments*).
83. The “scores” on attitude items will not be included in an index (or overall score) of scientific literacy; rather, they will form a component of a profile of student scientific literacy.

## SUMMARY

84. Science will be the major testing domain for the first time in PISA 2006. The definition of scientific literacy has been elaborated and expanded from that used in PISA 2000 and 2003 to include students’ attitudinal responses to scientific issues. In addition, there is an increased emphasis on students’ understanding of the nature and methodology of science itself (their knowledge *about* science), and of the role of science-based technology.
85. The PISA 2006 definition of scientific literacy has its origin in the consideration of what 15-year-old students should know, value and be able to do as “preparedness for life” in modern society. Central to the definition, and the assessment of scientific literacy, are the *competencies* that are characteristic of science and scientific enquiry. The ability of students to perform these competencies depends on their *scientific knowledge*, both knowledge of the natural world and knowledge about science itself, and their *attitudes* towards science-related issues.
86. This framework describes and illustrates the scientific competencies, knowledge and attitudes that will be assessed in PISA 2006 (see Figure 1.11), and the contexts for test items. Test items will be grouped into units with each unit beginning with stimulus material that establishes the context for its items. A combination of item types will be used and some items will involve partial credit scoring. Attitudinal items will be embedded in over half of the units and occupy about 11 per cent of testing time.

Figure 1.11 Major components of the PISA 2006 assessment of scientific literacy

Competencies	Knowledge	Attitudes
Identifying scientific issues	Knowledge of science:	Interest in science <sup>1</sup>
Explaining scientific phenomena	<i>Physical systems</i>	Support for scientific enquiry
Using scientific evidence	<i>Living systems</i>	Responsibility towards
	<i>Earth and space systems</i>	resources and environments <sup>2</sup>
	<i>Technology systems</i>	
	Knowledge about science:	
	<i>Scientific enquiry</i>	
	<i>Scientific explanations</i>	

1. Embedded items assess “Interest in *learning about science*”

2. Not assessed with embedded items

87. The ratio of items assessing students' knowledge *of* science, to items assessing their knowledge *about* science, will be about 3:2, while each of the three scientific competencies will be assessed by at least 25 per cent of the items. This should enable separate scales, with described proficiency levels, to be constructed for each of the competencies, or for the two types of knowledge. Scales should also be able to be constructed for the attitudes that will be assessed with embedded items.