



EMPOWER

GECONSOLIDEERD RAPPORT

HET GEBRUIK VAN MODELGEBASEERD LEREN (MBL) IN NATUURWETENSCHAPPELIJKE LEERPLANNEN IN VIER LANDEN

2026



Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches

Erasmus+ Project EMPOWER

LERAREN VERSTERKEN IN NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS MET MODELGEBASEERDE AANPAKKEN

Projectteam van het werkpakket (in alfabetische volgorde)

Tom Bielik (SRU), Evridiki Eracleous (EUC), Felicitas Haupts (IPN), Wouter van Joolingen (UU), Moritz Krell (IPN), Kim Krijtenburg-Lewerissa (UU), Kim Eleni Lobner (IPN), Victor López-Simó (UAB), Loucas Louca (EUC), Marios Papevridipidou (UCY), Chloi Savvidou (EUC), Èlia Tena-Gallego (UAB), Kyriaki Vakkou (UCY)

Inhoud

.....	1
1 Inleiding	2
2 Methodologie	2
3 Achtergrond	5
4 Bevindingen	5
4.1 Strategieën voor het gebruik van MbL	5
4.2 Definities van modelleerscompetentie.....	6
4.3 Betekenis van modellen in de natuurwetenschappen.....	6
4.4 Soorten modellen.....	6
4.5 Contexten van modelgebruik	7
4.6 Modelleerpraktijken.....	7
4.7 Kennis van metamodelleren.....	7
4.8 Doel van de curriculumtekst	8
5 Conclusies	8

1 Inleiding

Dit geconsolideerde rapport presenteert een vergelijkende analyse van hoe modelgebaseerd leren (MbL) wordt weergegeven in de wetenschapscurricula van de vier Europese partnerlanden: Spanje (Catalonië), Duitsland, Nederland en Cyprus. Op basis van de nationale rapporten¹ die in het kader van het EMPOWER-project zijn opgesteld, heeft de analyse tot doel gemeenschappelijke patronen en trends te identificeren, evenals belangrijke verschillen in de conceptualisering en pedagogische behandeling van MbL binnen formele curriculumdocumenten. De deelnemende landen in het project vertegenwoordigen een breed scala aan onderwijsbestuurssystemen, van sterk gecentraliseerde systemen zoals Cyprus tot gedecentraliseerde en federale structuren zoals Duitsland en Spanje, evenals een semi-gecentraliseerd systeem met curriculumflexibiliteit, zoals in Nederland. Deze structurele verschillen zijn in belangrijke mate bepalend voor de manier waarop MbL binnen nationale leerplannen wordt geformuleerd, geïmplementeerd en ondersteund.

In alle geanalyseerde onderwijssystemen leggen de wetenschappelijke leerplannen de nadruk op kernelementen zoals wetenschappelijk onderzoek, conceptueel begrip en toepassing in de praktijk. MbL wordt echter niet consistent binnen deze kaders gepositioneerd; de mate waarin MbL wordt gepresenteerd als een afzonderlijke wetenschappelijke praktijk, een kerncompetentie of een ondersteunend instructiemiddel varieert aanzienlijk tussen de landen. In sommige contexten komt het naar voren als een expliciete wetenschappelijke praktijk die verbonden is met disciplinair denken, terwijl het in andere contexten ingebed blijft in bredere onderzoeksprocessen of verschijnt als een praktisch onderwijsmiddel dat gekoppeld is aan specifieke inhoudelijke onderwerpen. Deze verschillen weerspiegelen niet alleen structurele variaties, maar ook uiteenlopende epistemologische oriëntaties ten aanzien van het wetenschapsonderwijs.

2 Methodologie

Alle nationale rapporten waren gebaseerd op een kwalitatieve inhoudsanalyse volgens een gemeenschappelijk coderingskader dat binnen het EMPOWER-consortium was ontwikkeld. Deze gemeenschappelijke analytische structuur maakte een systematische vergelijking tussen uiteenlopende leerplancontexten mogelijk, ondanks aanzienlijke verschillen in leerplanformaten, reikwijdte en onderwijsstructuren. De analyse was erop gericht om in

¹ Hoewel er vier verschillende landen aan het programma deelnemen (Spanje (Catalonië), Duitsland, Nederland en Cyprus), hebben de twee partners uit Cyprus afzonderlijke rapporten opgesteld: het ene richt zich op het basisonderwijs (leeftijd 6-12 jaar) en het andere op biologie in de onderbouw van de middelbare school (leeftijd 12-15 jaar). Daardoor beschikken we in totaal over vijf nationale rapporten.

officiële leerplandocumenten verwijzingen naar modellen, modelleerpraktijken, modelleercompetentie en aanverwante concepten te identificeren.

Het corpus van geanalyseerd materiaal varieerde aanzienlijk per land. In Duitsland omvatte de analyse 67 curriculumdocumenten uit alle 16 deelstaten, wat de gedecentraliseerde aard van het onderwijssysteem weerspiegelde, wat resulteerde in 1322 verwijzingen naar MbL. In Cyprus werden zowel de leerplannen voor natuurwetenschappen in het basisonderwijs als die voor biologie in het lager secundair onderwijs onderzocht aan de hand van handleidingen voor leraren, wat resulteerde in 114 verwijzingen in het basisonderwijs en 215 verwijzingen in het lager secundair onderwijs. Het Nederlandse rapport richtte zich op de nieuw ontwikkelde nationale kerndoelen, waarbij 30 verwijzingen naar MbL werden geïdentificeerd, terwijl het Catalaanse leerplan in Spanje slechts een klein aantal (2) relevante voorbeelden opleverde. Tabel 1 hieronder geeft een overzicht van het geanalyseerde materiaal.

Tabel 1 *Geanalyseerde leerplandocumenten*

Land	Geanalyseerd leerplan	Gevonden verwijzingen
<i>Duitsland</i>	67 documenten over het biologiecurriculum uit 16 deelstaten, leerlingenleeftijd 5-11	1322, gemiddeld 19 referenties per deelstaat (minimum: 0, maximum: 97)
<i>Cyprus</i>	9 leerplandocumenten, 6 voor leerlingen van 6-12 jaar in natuurwetenschappen op de basisschool, en 3 voor leerlingen van 12-15 jaar in biologie.	114 (natuurwetenschappen in het basisonderwijs) 215 (biologie in de onderbouw van het voortgezet onderwijs)
<i>Spanje</i>	1 curriculumdocument voor het basisonderwijs (groep 1-6)	2 (basisonderwijs)
<i>Nederland</i>	1 curriculumdocument voor het basisonderwijs (groep 1-6) en 1 curriculumdocument voor de onderbouw van het voortgezet onderwijs (klas 7 tot en met 9). De analyse richtte zich op het curriculumdomein Mens en Natuur ² .	5 (basisonderwijs) 25 (onderbouw van het voortgezet onderwijs)

Het coderingsschema omvatte meerdere dimensies, waaronder definities van de modelleercompetentie, het belang van modellen, soorten modellen, gebruikscontexten, modelleerpraktijken, metamodelleerkennis en instructiestrategieën. Aan elke tekstuele eenheid konden meerdere codes worden toegekend, en gevallen waarin onvoldoende details aanwezig waren, werden gecategoriseerd als 'niet gespecificeerd'. In alle landen was een opvallend kenmerk van de analyse het veelvuldig voorkomen van niet-gespecificeerde

² Dit domein betreft de natuurwetenschappen en technologie, de aard daarvan en de interacties tussen mens en natuur.

categorieën, wat wijst op een gebrek aan expliciete begeleiding in de leerplanteksten. Tabel 2 hieronder geeft het gebruikte analyseschema weer.

Tabel 2 *Codering die is gebruikt voor de analyse van MBL-verwijzingen*

Categorie	Subcategorie
<i>Definities van modellercompetentie</i>	Gespecificeerd
	Niet gespecificeerd
<i>Betekenis van modellen</i>	... in de natuurwetenschappen
	... in het onderwijsproces
	... in het modellerproces in de wetenschap
	Niet gespecificeerd
<i>Soorten van modellen</i>	Mentale
	Conceptueel
	Fysieke
	Modellen beschikbaar in het schoollaboratorium
	Eenvoudig model
	3D-model
	Schema
	Tekening
	Digitaal model
	Mentaal model
	2D-model
	Rolspelmodel
	Meerdere modellen
	Niet gespecificeerd
<i>Toepassingsgebieden Modelleerpraktijken</i>	Modelcreatie
	Modelgebruik/selectie van modellen
	Modevaluatie
	Modelherziening
	Niet gespecificeerd
<i>Kennis van metamodelleren</i>	Kennis over de eigenschappen en functies van modellen
	Kennis van het modellerproces
	Niet gespecificeerd
<i>Overige</i>	Belang van op modelleren gebaseerd redeneren
	Gebruik van modellen om het concept van een fysisch systeem te begrijpen
	Niet gespecificeerd
<i>Doel van de tekst</i>	Voor de docent
	Voor de leerling
<i>Manieren/strategieën om MBL te gebruiken</i>	Kant-en-klare modellen
	Kant-en-klare modellen van andere studenten
	Modellen helemaal zelf ontwikkelen
	Niet gespecificeerd

3 Achtergrond

De structuur van nationale onderwijssystemen speelt een cruciale rol bij de manier waarop MbL in de leerplannen wordt weergegeven. Het federale systeem van Duitsland leidt tot een divers leerplanlandschap in de 16 deelstaten, waarbij de coördinatie wordt verzorgd door middel van gemeenschappelijke onderwijsnormen. Het federale systeem leidt tot verschillende soorten scholen in de Duitse deelstaten en tot uiteenlopende benaderingen van de vraag hoe en wanneer de exacte vakken op een geïntegreerde manier of als afzonderlijke vakken (bijv. biologie) worden onderwezen. Spanje functioneert eveneens binnen een gedecentraliseerd kader, hoewel het Catalaanse leerplan in overeenstemming blijft met de nationale richtlijnen, met name wat het natuurwetenschappelijk onderwijs betreft. Nederland daarentegen combineert nationale kerndoelstellingen met aanzienlijke autonomie op schoolniveau, waardoor leraren flexibiliteit hebben bij de uitvoering. Cyprus volgt daarentegen een sterk gecentraliseerd model waarin gedetailleerde handleidingen voor leraren een grote invloed hebben op de onderwijspraktijk. Het ministerie van Onderwijs in Cyprus heeft docentenhandleidingen ontwikkeld voor elke module natuurwetenschappen in het basisonderwijs en voor biologie in het voortgezet onderwijs. Deze handleidingen ondersteunen docenten bij het vertalen van het curriculum naar de praktijk in de klas door suggesties te geven voor lesstructuren, leerdoelen, inhoudsgebieden, klasactiviteiten, materialen, werkbladen en beoordelingsmogelijkheden.

4 Bevindingen

4.1 Strategieën voor het gebruik van MbL

In alle landen blijkt uit de analyse dat er een algemeen gebrek is aan expliciete omschrijving van onderwijsstrategieën voor de implementatie van MbL. In Duitsland valt 80% van de referenties in de categorie “niet gespecificeerd”, wat aangeeft dat de geanalyseerde documenten geen gedetailleerde richtlijnen bieden over hoe MbL in de onderwijspraktijk moet worden geïntegreerd. In Cyprus specificeert 27% van de referenties niet welke MbL-strategieën worden toegepast. In het geval van Spanje werden geen expliciete strategieën geïdentificeerd. In Nederland weerspiegelt de afwezigheid van voorgeschreven strategieën een bewuste ontwerpkeuze, aangezien het curriculum aanzienlijke flexibiliteit laat aan scholen en leraren.

Wanneer strategieën wel worden gespecificeerd, zijn kant-en-klare modellen de meest genoemde aanpak op zowel het basis- als het voortgezet onderwijs, met name in Cyprus (46,5%) en Duitsland. Het vanaf nul opbouwen van modellen komt ook voor, vooral in Cyprus (39%). Het gebruik van door medeleerlingen gegenereerde modellen ontbreekt echter vrijwel volledig. *Over het geheel genomen suggereren de bevindingen dat leerplannen de voorkeur*

geven aan het gebruik van modellen in plaats van het duidelijk definiëren van pedagogische benaderingen voor MbL.

4.2 Definities van modelleerscompetentie

In alle landen ontbreken expliciete definities van modelleerscompetentie of zijn deze minimaal aanwezig. In Duitsland en Spanje werden dergelijke definities niet aangetroffen. In Cyprus bevat slechts ongeveer 3% van de referenties definities. In Nederland bevat het curriculum weliswaar definities van modellen en modelleren, maar worden deze niet ingekaderd als onderdeel van een duidelijk gedefinieerde competentiestructuur. Dit algemene gebrek aan definities wijst erop dat MbL binnen de leerplannen niet wordt geconceptualiseerd als een afzonderlijke wetenschappelijke competentie.

4.3 Betekenis van modellen in de natuurwetenschappen

Het belang van modellen wordt in de geanalyseerde leerplannen slechts gedeeltelijk verwoord en blijft in veel gevallen impliciet. In Duitsland maken verwijzingen naar het belang van modellen 8% van het totale aantal codes uit, en in Cyprus specificeert ongeveer 21% van de verwijzingen expliciet de rol van modellen binnen de wetenschap. Het Spaanse leerplan bevat geen expliciete uitspraken over de epistemische rol van modellen, terwijl in Nederland modellen functioneel worden beschreven als hulpmiddelen voor het begrijpen en verklaren van verschijnselen, zonder uitgebreide bespreking van hun wetenschappelijke betekenis. Over het algemeen worden modellen vooral gepresenteerd als hulpmiddelen voor representatie en verklaring, in plaats van als centrale epistemische constructies in de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis. Dit suggereert dat de diepere rol van modellen in wetenschappelijk redeneren in de meeste leerplannen niet systematisch aan de orde komt.

4.4 Soorten modellen

Uit de analyse blijkt dat er een breed scala aan modeltypen bestaat in de verschillende landen, hoewel de expliciete identificatie ervan aanzienlijk varieert. In Cyprus domineren fysieke modellen, met name in het basisonderwijs (44%), waar ze vaak worden gebruikt om waarneembare wetenschappelijke verschijnselen weer te geven. In het lager voortgezet onderwijs zijn zowel mentale (48%) als fysieke modellen (32%) prominent aanwezig. Ook de Duitse leerplannen verwijzen naar 5 clusters van modeltypen, waarbij functionele (25%) modellen het meest prominent aanwezig zijn. Het Nederlandse leerplan biedt eveneens een uitgebreide lijst, met inbegrip van digitale, analoge, conceptuele en disciplinaire modellen, zoals deeltjes- en klimaatmodellen. Het Spaanse leerplan daarentegen identificeert modeltypen niet expliciet.

Ondanks deze diversiteit blijft een groot deel van de verwijzingen in alle landen ongespecificeerd, wat de duidelijkheid van de verwachtingen ten aanzien van de soorten

modellen waarmee leerlingen zich zouden moeten bezighouden, beperkt. Als gevolg daarvan worden het bereik en de progressie van modeltypen niet altijd systematisch verwoord.

4.5 Contexten van modelgebruik

Modellen worden in een breed scala aan wetenschappelijke contexten gebruikt, wat de inhoudsstructuur van elk leerplan weerspiegelt. In op biologie gerichte leerplannen, zoals die van Cyprus en Duitsland, is MbL nauw verbonden met onderwerpen als cellen, menselijke fysiologie en ecologische systemen. In het basisonderwijs in Cyprus wordt MbL vaak geassocieerd met onderwerpen als de aarde en de lucht, elektriciteit en het menselijk lichaam. In Nederland komt MbL voor in bredere wetenschappelijke domeinen, waaronder fysische systemen, scheikunde en aardwetenschappen. In Spanje wordt MbL weliswaar niet expliciet benadrukt, maar kan het worden afgeleid uit belangrijke wetenschappelijke ideeën zoals ecosystemen en energiesystemen.

4.6 Modelleerpraktijken

Een consistent patroon in alle landen is dat het gebruik van modellen de overhand heeft boven andere modelleerpraktijken, zoals het maken, evalueren of herzien van modellen. Van leerlingen wordt meestal verwacht dat ze modellen gebruiken, terwijl er wel mogelijkheden zijn om modellen te maken, maar deze komen minder vaak voor. Praktijken zoals het evalueren en herzien van modellen zijn aanzienlijk ondervertegenwoordigd. In Duitsland maakt het gebruik van modellen 66% van de modelleerpraktijken uit, terwijl herziening vrijwel volledig afwezig is (2%). Het maken van modellen bedraagt 19% en het evalueren van modellen 13%. In Cyprus wordt een vergelijkbare verdeling waargenomen, waarbij het gebruik van modellen (ongeveer 42%) en het maken ervan (23%) de boventoon voeren, en evaluatie (10%) en herziening (10%) slechts sporadisch voorkomen. In Spanje wordt alleen modelcreatie expliciet genoemd, terwijl in Nederland alle aspecten van de modelleercyclus aanwezig zijn, op hogere onderwijsniveaus. *Deze resultaten geven aan dat sommige curricula de volledige modelleercyclus niet ondersteunen, wat de mogelijkheden van studenten om zich bezig te houden met modelleren als een iteratief en reflectief wetenschappelijk proces mogelijk beperkt.*

4.7 Kennis van metamodelleren

Kennis over metamodelleren is de minst ontwikkelde dimensie in alle landen. In Cyprus gaat het merendeel van de verwijzingen niet expliciet over metamodelleren (87%). In Duitsland wordt slechts beperkte aandacht besteed aan de aard en functie van modellen (7%), terwijl dergelijke verwijzingen in Spanje ontbreken. De geanalyseerde documenten uit Nederland bevatten expliciete verwijzingen naar zowel de eigenschappen als de beperkingen van modellen, met name in meer gevorderde onderwijstrajecten. *Waar meta-modelleerkennis aan de orde komt, richt deze zich voornamelijk op het begrijpen van modellen als*

representaties, in plaats van op het begrijpen van het modellerproces zelf. Dit suggereert dat de geanalyseerde leerplannen niet actief ingaan op de ontwikkeling van een reflectief begrip van modelleren als wetenschappelijke praktijk.

4.8 Doel van de curriculumtekst

In alle landen zijn de meeste verwijzingen naar MbL gericht op leerlingen (in plaats van uitsluitend op docenten), waarbij de nadruk ligt op het modelleren als onderdeel van de leertekst. In Cyprus is ongeveer 63% van de verwijzingen leerlinggericht, terwijl de overige 37% gericht is op docenten. Ook in Duitsland is 39% van de MbL-verwijzingen gericht op docenten en 61% op de leerlingen. In Nederland en Spanje zijn de verwijzingen bijna uitsluitend geformuleerd in termen van leerresultaten voor leerlingen. Dit geeft aan dat MbL in de geanalyseerde leerplannen voornamelijk wordt gepresenteerd als een activiteit voor leerlingen (), hoewel de mate van pedagogische begeleiding die aan docenten wordt geboden varieert.

5 Conclusies

Uit de transnationale analyse blijkt dat MbL in alle onderzochte leerplannen aanwezig is, maar niet consequent is ontwikkeld als een samenhangend of expliciet onderdeel van het natuurwetenschappelijk onderwijs. In de meeste gevallen komt MbL voor als een impliciet element binnen bredere onderzoeksprocessen in plaats van als een duidelijk gedefinieerde wetenschappelijke praktijk. Het ontbreken van expliciete definities van modellercompetentie draagt verder bij aan dit gebrek aan conceptuele duidelijkheid.

In alle landen ligt de nadruk duidelijk op het gebruik van modellen, terwijl andere belangrijke aspecten van modelleren, zoals evaluatie en herziening, minder vaak aan bod komen. Deze onevenwichtigheid suggereert dat leerlingen mogelijk beperkte kansen hebben om de volledige MbL-cyclus te doorlopen en een dieper begrip te ontwikkelen van de epistemische rol van modellen in de wetenschap. Bovendien wijst de beperkte aandacht voor metamodelleerkennis erop dat de leerplannen onvoldoende ondersteuning bieden voor een

Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the National Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

This work is licensed under CC BY-NC 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

