

Leerlijn Leren voor Duurzame Ontwikkeling in nlt

Robert Benjamins

Stageverslag MSc Biology - Wageningen University

Begeleider universiteit: Judith Gulikers

Studentnummer: 951208049090

Bedrijf: Food Valley Netwerk VO-HO

Begeleider stageplaats: Reina Kuiper

Samenvatting

Achtergrond

Aanpassing van het onderwijscurriculum is een belangrijke stap in het werken richting een duurzame samenleving. Leren voor Duurzame ontwikkeling, een manier om transformatief en transgressief sociaal leren toe te passen in het onderwijs, speelt hierin een belangrijke rol. Leerlingen worden in deze onderwijsstroming aangemoedigd zelf deel uit te maken van duurzame ontwikkeling, onder andere door aandacht te besteden aan waardenvorming. Sociale verandering waarbij verantwoordelijkheid wordt genomen voor onder andere klimaatproblemen is hierbij het doel. Er wordt afstand genomen van het concept 'resilience', wat uitgaat van zelfredzaamheid van de natuur om terug te keren tot een oorspronkelijk evenwicht.

Een leerlijn leren voor duurzame ontwikkeling in nlt

Vanuit de vereniging NLT is de wens ontstaan om leren voor duurzame ontwikkeling ook te integreren in het middelbare schoolvak 'natuur-leven-techniek', middels een schakelmodule en deze leerlijn. Het vakoverstijgende karakter van dit bètavak heeft potentie om te werken met interdisciplinaire vraagstukken. Het vak is modulair opgebouwd en kent een examenprogramma met verscheidene domeinen waaraan voldaan moet worden. In deze leerlijn wordt ook genoemd hoe aan deze eindtermen kan worden gewerkt.

Deze leerlijn kan gezien worden als een tool om de vele modules waar in het vak nlt uit gekozen kan worden beter op elkaar aan te laten sluiten, zonder de keuzevrijheid veel te beperken. De leerlijn kan zodoende gebruikt worden door docenten om modules uit te kiezen en te structureren, maar kan ook gebruikt worden door ontwikkelaars om eventuele hiaten in het aanbod aan te vullen. In eerste instantie biedt deze leerlijn een gids om het leerproces van leren voor duurzame ontwikkeling te faciliteren. Hierbij wordt aandacht besteed aan de plaats van de leerling in de duurzame ontwikkelingen en aan samenhang en complexiteit van duurzaamheidsvraagstukken. Ten slotte wordt de leerling gestimuleerd in het aanpakken van duurzaamheidsvraagstukken als toekomstig professional.

Verder wordt er in deze leerlijn rekening gehouden met inhoudelijke thema's, cognitieve domeinen en vaardigheden die belangrijk zijn bij leren voor duurzame ontwikkeling. De inhoudelijke thema's zijn gebaseerd op de Sustainable Development Goals van de Verenigde Naties, en bieden een scala aan onderwerpen die idealiter aan bod zouden moeten komen bij leren voor duurzame ontwikkeling binnen het bèta-onderwijs. Een passende verdeling van cognitieve domeinen uit de taxonomie van Bloom waarbij rekening wordt gehouden met de verdeling van cognitieve domeinen kan het leren voor duurzame ontwikkeling verder ondersteunen. Ook zijn er enkele vaardigheden genoemd die essentieel zijn om leerlingen voor te bereiden op het aanpakken van duurzaamheidsvraagstukken. Om gemakkelijker met deze leerlijn te werken is een excel-tabel ontworpen waarmee modules beoordeeld kunnen worden op de aanwezigheid van de hiergenoemde aspecten.

Analyse van module aanbod

Uit de analyse van het module-aanbod bleek dat enkele aspecten van leerlijn nog relatief weinig aan bod komen. De modules waaruit dit vak is opgebouwd hebben doorgaans beperkt aandacht voor de leefomgeving van de leerling, en maken nog weinig duidelijk hoe een leerling middels eigen gedrag bij kan dragen aan duurzaamheidsvraagstukken. Ook kan het aanbod aan modules dat zich focust op voedsel en consumptie of op ecosystemen en biodiversiteit uitgebreid worden om leerlingen completer beeld te geven van duurzaamheidsvraagstukken. In sommige modules is al wel aandacht voor leren voor duurzame ontwikkeling, maar dit is voorlopig slechts beperkt zichtbaar in het examenprogramma van het vak.

In veel modules is er wel ruimte voor een projectmatige werkwijze, maar is dit vaak ondergeschikt aan het grote docent-gestuurde deel van de module. Ook wordt in modules vaak wel nadruk gelegd op

informatievaardigheden, maar wordt er weinig gestimuleerd om bronnen kritisch te onderzoeken. Verder vindt er in modules vaak nog geen participatie in de samenleving plaats, terwijl dit een opdracht authenticiteit en betekenis kan geven. Ten slotte is er in enkele modules al wel sprake van waardenoriëntatie, al komt dit voornamelijk naar voren in modules die onderwerpen behandelen waar al maatschappelijk debat over gevoerd wordt. Er is slechts beperkt ruimte voor het vormen van een toekomstbeeld waarin duurzaamheid een rol speelt.

Middels deze leerlijn kan een eerste stap gezet worden richting leren voor duurzame ontwikkeling. Op de lange termijn is leren voor duurzame ontwikkeling enkel aan bod laten komen in het vak nlt te beperkt om te werken aan sociale verandering, en is een benadering waarbij de gehele school wordt betrokken bij leren voor duurzame ontwikkeling passender.

Over de voorpagina: deze verticale strepen geven de relatieve gemiddelde temperatuur per jaar in Nederland weer tussen 1901 en 2018 (donkerblauw = laag, donkerrood = hoog). De grote hoeveelheid rode strepen aan de rechterzijde van de afbeelding benadrukt de urgentie om duurzaamheidsvraagstukken aan te pakken.

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
<i>Achtergrond</i>	1
<i>Een leerlijn leren voor duurzame ontwikkeling in nlt</i>	1
<i>Analyse van module aanbod</i>	1
Inleiding	4
<i>Aanleiding</i>	4
<i>Opbouw leerlijn</i>	5
Leerproces	7
<i>Zien en bijdragen</i>	7
<i>Verbreden en verbinden</i>	7
<i>Professionaliseren en innoveren</i>	7
Inhoudelijke thema's	9
<i>Klimaat</i>	9
<i>Biodiversiteit en ecosystemen</i>	9
<i>Energie</i>	10
<i>Voedsel en consumptie</i>	10
<i>Gezondheid en veiligheid</i>	11
Vaardigheden	12
<i>Oriënteren op waarden en toekomstdenken</i>	12
<i>Samenwerken en participeren</i>	12
<i>Kritisch denken en omgaan met onzekerheid</i>	12
<i>Projectmatig onderzoeken</i>	13
Cognitieve domeinen	14
Leeswijzer tabel	15
Discussie	16
<i>Nlt-examenprogramma</i>	16
<i>Leerproces</i>	16
<i>Inhoudelijke thema's</i>	16
<i>Vaardigheden</i>	16
<i>Cognitieve domeinen</i>	17
<i>Volgende stappen in duurzaamheidsonderwijs</i>	17
Dankwoord	19
Referenties	20
Appendix I: input expertgroep	22
Appendix II: Begrippenlijst	23
Appendix III: Docentenhandleiding	25
Appendix IV: Leerlijn tabel	25

Inleiding

Aanleiding

Toenemende industrialisering en bevolkingsgroei hebben ertoe geleid dat de mens de afgelopen jaren een grote invloed heeft gehad op zijn omgeving. Om deze invloed te verminderen hebben de Verenigde Naties het Brundtland-rapport opgesteld, waarin meer aandacht kwam voor duurzame ontwikkeling: “*de ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen*” (Verenigde Naties, 1987). Ook hebben de Verenigde Naties 17 doelen (Figuur 1) opgesteld om deze ontwikkeling te bewerkstelligen: de **Sustainable Development Goals** (Verenigde Naties, 2019). Middels internationale samenwerking wordt geprobeerd om de impact die men heeft op de aarde te verkleinen.



Figuur 1: Sustainable development goals van de Verenigde Naties. Bron: United Nations Development Programme (2019).

Binnen het onderwijs is er soms al tot op zekere hoogte aandacht voor duurzame ontwikkeling. Dit kan in eerste instantie door scholen worden gezien als morele taak om te behandelen. Daarnaast biedt het onderwerp duurzaamheid scholen de mogelijkheid om enkele kerndoelen te behandelen, zoals ondersteunen in het begrijpen en in context plaatsen van actuele onderwerpen en leerlingen helpen omgaan met maatschappelijke kwesties (Bron et al., 2009). Op deze manier levert leren voor duurzame ontwikkeling (LvDO) een bijdrage aan burgerschapsvorming, wat tevens onderdeel is van een recent advies van Coördinatiegroep Curriculum.nu (2019) aan de minister van onderwijs, cultuur en wetenschap. Dit advies is erop gericht om het onderwijs beter aan te laten sluiten op hedendaagse maatschappelijke behoeftes.

LvDO kan dus een bijdrage leveren aan het onderwijs, maar onderwijs heeft ook verrijkende potentie om klimaatproblemen aan te pakken, middels transformatief en transgressief sociaal leren: een onderwijsstroming die leerlingen voorbereidt op steeds snellere verandering, toenemende complexiteit en onzekerheid (Lotz-Sisitka et al., 2015). Deze zienswijze op het onderwijs beoogt sociale verandering, wat nodig is om verantwoordelijkheid te nemen voor klimaatproblemen. Met deze stroming wordt afstand genomen van het concept ‘**resilience**’, dat uitgaat van zelfredzaamheid van de natuur om terug te keren tot een oorspronkelijk evenwicht. In plaats hiervan wordt uitgegaan van de eigen capaciteiten van mensen om bij te dragen aan duurzaamheidsvraagstukken. Hierom wordt nadruk gelegd op het leren voor duurzame ontwikkeling: Leerlingen deel uit laten maken van de ontwikkeling.

Om binnen het Bèta-onderwijs meer aandacht te besteden aan duurzame ontwikkeling is vanuit de vereniging NLT de wens ontstaan om een schakelmodule en een leerlijn voor het schoolvak nlt (natuur, leven, technologie) te ontwikkelen (Vereniging NLT, 2019). Dit keuzevak voor de natuurprofielen in de bovenbouw havo en vwo bestaat uit verschillende modules die leraren vrij uit kunnen kiezen om aan te sluiten op de behoeftes van de school en haar leerlingen. De schakelmodule heeft als doel vergaarde voorkennis over duurzaamheid in een context te plaatsen en een basis te vormen voor verdere ontwikkeling op dit gebied.

Met deze leerlijn wordt het mogelijk om modules van het vak nlt te analyseren en te evalueren op de aanwezigheid van belangrijke aspecten van LvDO. Hierbij worden leerlingen voorbereid op het aanpakken van complexe hedendaagse problemen zoals klimaatverandering en wordt een bijdrage geleverd aan burgerschapsvorming. De leerlijn is een middel om modules te structureren en eventuele tekortkomingen in een serie duurzaamheidsmodules aan te vullen. **Docenten** kunnen met deze leerlijn ondersteund worden in het uitkiezen en ordenen van modules, en **ontwikkelaars** van modules kunnen de richtlijnen gebruiken om eventuele gebreken van modules aan te vullen. Hierbij wordt rekening gehouden met het proces van leren van duurzame ontwikkeling, gewenste inhoud, belangrijke vaardigheden en cognitieve domeinen.

Dit document is erop gericht een theoretische achtergrond te geven aan de kaders van deze leerlijn. Aan de hand hiervan kan het vak als geheel worden geëvalueerd op zijn huidige aansluiting bij LvDO, en kunnen er adviezen gegeven worden om huidige modules aan te passen en nieuwe modules te ontwerpen. Ook zal er gekeken worden naar hoe er in deze leerlijn rekening kan worden gehouden met de verschillende domeinen van het examenprogramma van nlt (Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap, 2011). Op deze manier is er ook aandacht voor de huidige speerpunten van het vak nlt, en hoe deze een plaats kunnen krijgen in de leerlijn. Voor een kort overzicht van deze domeinen kan tabel 1 (pagina 17) geraadpleegd worden.

Opbouw leerlijn

In deze leerlijn wordt een advies gegeven over de opeenvolging van nlt modules aan de hand van een aantal fases in een **leerproces**. Aanvankelijk zullen modules focussen op het plaatsen van de eigen omgeving in een duurzaamheidscontext, en op het aansluiten bij de belevingswereld van de leerling (zien en bijdragen). Daarna worden verbanden gelegd tussen verschillende aspecten van het duurzaamheidsvraagstuk (verbreden en verbinden). Tenslotte wordt de leerling gestimuleerd om na te denken over hoe hij/zij zelf duurzaamheidsvraagstukken aan zou kunnen pakken in een vervolgopleiding of beroep (Professionaliseren en innoveren). Deze opbouw vloeit voort uit literatuur over leren voor duurzame ontwikkeling, waar op de volgende pagina verder op in wordt gegaan.

Om te waarborgen dat belangrijke onderwerpen op het gebied van duurzaamheid aan bod komen zijn enkele **thema's** samengesteld die belangrijk zijn binnen een leerlijn LvDO. Docenten kunnen modules uitkiezen die onder deze overkoepelende thema's geschaard kunnen worden en kunnen zo nagaan welke onderwerpen nog niet of weinig aan bod zijn gekomen. Ook zijn bij LvDO enkele **vaardigheden** van belang, die verderop aan bod zullen komen. Ten slotte kan de taxonomie van Krathwohl (2002) gebruikt worden, een aanpassing van de originele **taxonomie** van Bloom (1956), om diversiteit in cognitieve denkniveaus te garanderen en leerlingen aan te moedigen naar hogere denkniveaus toe te werken.

Bij de constructie van nieuwe modules kan ook de relatie tussen de verschillende onderdelen onderling (leerproces, inhoudelijke thema's, vaardigheden en cognitieve domeinen) overwogen worden. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld onderwerpen afgestemd worden op hun plaats in het leerproces, of kunnen sommige vaardigheden meer aan bod komen bij modules die focussen op een specifiek cognitief domein. Op sommige plaatsen zal een gewenste relatie tussen onderdelen in deze leerlijn al expliciet worden gemaakt. Om gemakkelijk te kunnen werken met de leerlijn is een overzichtelijke excel-tabel ontworpen (Appendix IV).

Hiermee kan een beter overzicht gekregen worden van welke aspecten in modules aan bod komen. In dit document is tevens een leeswijzer voor deze tabel opgenomen (zie pagina 14).

Leeswijzer

Enkele belangrijke termen die aan bod komen in dit document kunnen nageslagen worden in de begrippenlijst voor extra verduidelijking (appendix II). Om docenten te laten werken met deze leerlijn is een docentenhandleiding opgenomen (appendix III). Een handleiding voor ontwikkelaars zal op een later moment ook worden ontwikkeld.

Leerproces

Zien en bijdragen

Een belangrijk component van LvDO is een link leggen tussen vakinhoud en de leer- en leefomgeving van de leerling, wat opdrachten en voorbeelden herkenbaar, realistisch en betekenisvol kan maken (Frijters, 2016; Remmers, 2007). Ook biedt de leefomgeving mogelijkheden om te leren op een informele manier (UNECE, 2005), wat in het formele onderwijs aangemoedigd kan worden. Verder kan het zoeken naar aansluiting met de leefomgeving en de belevingswereld van de leerling bijdragen aan het schetsen van een positief toekomstbeeld, doordat de leerling gewezen kan worden op ontwikkelingen waar ze aan kunnen bijdragen. Dit stimuleert het leren voor duurzame ontwikkeling vanuit positieve emoties in plaats van negatieve emoties zoals angst (Moser, 2007).

Door leerlingen bloot te stellen aan grote duurzaamheidsvraagstukken is het gemakkelijk om overweldigd en machteloos te voelen (Moser, 2007). Leerlingen zouden middels educatie kunnen inzien wat ze zelf zouden kunnen **bijdragen** aan duurzaamheidsvraagstukken (Wals, 2015). Het is hierom van belang leerlingen uit te rusten met de houding, kennis en vaardigheden die nodig zijn om met duurzaamheidsvraagstukken aan de slag te gaan. Hiermee kan een gevoel van empowerment worden opgewekt, wat nodig is in LvDO (Frijters, 2016). Ook sluit dit aspect van de leerlijn aan bij de ontwikkeling van enkele hogere affectieve domeinen. Deze domeinen zijn gefocust op gevoel en emotie en kunnen net als de cognitieve domeinen uit de taxonomie van Bloom (1956) geordend worden volgens een bepaalde hiërarchie. De twee hoogste affectieve domeinen beslaan het internaliseren van waarden, en het leven en gedragen naar deze waarden (Wilson, 2019).

Verbreden en verbinden

“Leren voor Duurzame Ontwikkeling ziet complexiteit als een uitdaging” (Remmers, 2007). In ‘zien en bijdragen’ is er een begin gemaakt aan duurzaamheidsvraagstukken bij leerlingen onder de aandacht brengen, en is er een positief toekomstbeeld geschetst. In ‘verbreden en verbinden’ is het hierdoor mogelijk om leerlingen verbanden te laten leggen tussen verschillende aspecten van duurzaamheidsvraagstukken. Het doel is om inzicht te geven in de vele aspecten van duurzaamheid, en de onderlinge relatie tussen vraagstukken in kaart te brengen. Voor de leeftijd 15 tot 20 jaar zijn complexere vraagstukken passend gezien de ontwikkeling in het denkvermogen van leerlingen (Wolf et al., 2018). Deze periode wordt ook wel de filosofische fase genoemd, die gekarakteriseerd wordt door het zoeken naar algemeen geldende schema’s en overtuigingen (Egan, 1997). De focus ligt hier op achtergrond bieden aan problemen, en de achterliggende principes verduidelijken. Hiermee kan gewerkt worden aan subdomein F1 van het vwo-examenprogramma van nlt: ‘Fundamentele theorieën’.

Middels **systemdenken** wordt het mogelijk om relaties tussen verschillende variabelen in een systeem te begrijpen (Wolf, 2018). Dit kan helpen bij het aantonen van relaties tussen verschillende SDG’s, en het koppelen van eigen handelen aan duurzaamheidsvraagstukken. In LvDO kunnen ook verbanden worden gelegd tussen kennis en vaardigheden van verschillende vakken, gezien het sterke interdisciplinaire karakter van de vraagstukken die behandeld worden (Sleurs, 2007). Hiermee wordt relatief veel aandacht besteed aan de cognitieve domeinen ‘analyseren’ en ‘evalueren’ (zie Krathwohl, 2002), gezien er veel aandacht is voor het in kaart brengen van de reikwijdte van duurzaamheidsvraagstukken.

Professionaliseren en innoveren

Innovatie is onderdeel van een van de SDG’s (SDG 9, Industry, innovation and infrastructure) en heeft potentie om bij te dragen aan het aanpakken van klimaatproblemen (UNESCO, 2005). Deze SDG kan toegepast worden op veel verschillende onderwerpen, door te focussen op nieuwe ontwikkelingen en/of toepassingen op dit gebied. Gezien het feit dat er constant nieuwe technieken gevonden worden om duurzaamheidsvraagstukken aan te pakken is het van belang dat leerlingen betrokken worden bij nieuwe

inzichten. Dit aspect van het leerproces is in die zin meer oplossingsgericht. Hiermee kunnen ze ook voorbereid worden op een **vervolgstudie** of **loopbaan**, wat tevens aansluit bij subdomein A4 van het nlt-examenprogramma 'studie en beroep'.

In dit deel van de leerlijn wordt relatief veel focus gelegd op de hogere denkniveaus in de taxonomie van Krathwohl (2002). Met name deze hogere domeinen 'evalueren' en 'creëren' kunnen leerlingen voorbereiden op het aanpakken van duurzaamheidsvraagstukken op een professionele manier, bijvoorbeeld door zelfstandig een probleem te analyseren, huidige ontwikkelingen te evalueren en zelf innovatieve oplossingen te creëren. De kennis en vaardigheden om duurzaamheidsvraagstukken aan te pakken die ontwikkeld zijn in het deel van de leerlijn 'verbreden en verbinden' kunnen op deze manier door de leerlingen zelf toegepast worden in een nieuwe context. Door te focussen op mogelijkheden om in een toekomstige loopbaan te werken aan duurzaamheidsvraagstukken wordt tevens gewerkt aan het affectieve domein 'karakteriseren en internaliseren van waarden' (Wilson, 2019).

Modules die in bij dit aspect van het leerproces worden behandeld kunnen aansluiten bij onder andere de volgende examendomeinen: ontwerpen (subdomein A6), natuurwetenschappelijk instrumentarium (domein A8) en wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie (domein B2). Deze domeinen sluiten aan bij technische oplossingen voor duurzaamheidsvraagstukken. Domein E 'materialen, processen en producten' en 'technologische ontwikkeling' (vwo) sluiten daarnaast goed aan op dit thema gezien de focus op innovatie en oplossingen.

Inhoudelijke thema's

Het doel van deze inhoudelijke thema's is waarborgen dat de meest essentiële aspecten van duurzame ontwikkeling behandeld worden. Uiteraard is het mogelijk dat onderwerpen van modules meerdere thema's behandelen, of onderwerpen aansnijden die slechts beperkt bij een thema aansluiten. Deze thema's zijn gebaseerd op de Sustainable Development Goals (SDG's) van de Verenigde Naties (2019). De Bèta-georiënteerde SDG's krijgen hierin de meeste aandacht, gezien deze het best aansluiten bij de bèta-georiënteerde leerlingen die het vak nlt kiezen. Overige SDG's kunnen in het vak nlt op de achtergrond behandeld worden of met meer diepgang behandeld worden bij andere vakken. Bij de bepaling van de thema's die aan bod komen is, naast de SDG's ook input uit de expertgroep gebruikt (zie appendix I).

Per thema is aangegeven welke onderwerpen aan bod zouden kunnen komen bij een module die binnen dat thema valt. Ook is aangegeven welke modules momenteel al aansluiten bij een thema. Als aangegeven is dat een module deels aansluit bij een thema dan komt het slechts beperkt aan de orde, of is er veel potentie om aan te sluiten bij een thema.

Klimaat



In de Sustainable Development Goals speelt **klimaatverandering** een belangrijke rol (SDG 12: Sustainable cities and communities, SDG 13: climate action). Ontwikkeling van onderwijs kan potentieel een grote rol spelen in het aanpakken van klimaatproblemen. Verschillende onderzoeken wijzen erop dat studenten die meer inzicht hebben in klimaatwetenschap een groter verantwoordelijkheidsgevoel hadden t.a.v. klimaatproblemen (Anderson, 2012). Ook in de expertgroep

kregen het klimaat, de ecologische voetafdruk en de rol van circulaire economie veel aandacht. Op het gebied van klimaateducatie schijnen er veel misconcepties te zijn die aangepakt kunnen worden (Cordero et al., 2008). De mens heeft een duidelijke invloed op het klimaat, wat verreikende gevolgen heeft voor mensen en ecosystemen (IPCC, 2014). Het behandelen van het klimaat is daardoor belangrijk in het duurzaamheidsonderwijs. Binnen dit thema zou ook gemakkelijk gewerkt kunnen worden met klimaatmodellen, hetgeen aansluit bij subdomein A7 van het examenprogramma: 'modelvorming'.

Onderwerpen die binnen dit thema aan bod kunnen komen zijn: CO₂ uitstoot, de stikstofcrisis, circulaire economie, (mitigatie en gevolgen van) klimaatverandering, verdroging, zeespiegelstijging, smelten van de ijskappen en bodemdaling. Enkele modules die op dit thema aansluiten zijn 'Brandstof voor het leven', 'CO₂ opslag: zin of onzin?', 'Ijs en klimaat', 'Klimaatverandering', 'Aerosolen en vuile lucht', 'Summer in the city' en 'Zeespiegelstijging in een deltagebied'.

Biodiversiteit en ecosystemen



Twee van de SDG's zijn gericht op biodiversiteit (SDG 14: life below water, SDG 15: life on land). Gezien klimaatverandering en menselijke activiteiten biodiversiteit erg beïnvloed (IPCC, 2014) is onderwijs hierin van belang. Een veelvoorkomende leerhindernis hierbij is dat leerlingen weinig natuurervaring hebben, en daardoor meer moeite hebben met een beeld en een gevoel vormen bij ecologische onderwerpen (Kapteijn et al., 2019). Onder andere **ecosysteemdiensten** en de rol van

organismes bleken in de expertgroep als essentieel onderwerp naar voren te komen. Gezien de beschikbare kennis over biodiversiteit en de waarde ervan onzeker en variabel is, heeft het de potentie om een brug te vormen tussen wetenschap en samenleving (Van Weelie & Wals, 2002). Dit thema sluit daarnaast goed aan bij havo-domein C van het nlt-examenprogramma: 'Aarde en Natuur', en vwo-subdomein C1 'Processen in levende natuur, aarde en ruimte'.

Onderwerpen die binnen dit thema aan bod kunnen komen zijn: toxiciteit, vervuiling, soortensamenstelling, overbevissing, de rol van insecten, ecosysteemdiensten, (achteruitgang van) biodiversiteit, ontbossing, natuurbescherming, en de plaats van de mens in het ecosysteem aan bod kunnen komen. Enkele modules die op dit thema aansluiten zijn 'Aarde in evolutie', 'Klimaatverandering' (deels), 'Ruimte voor de rivier', 'Schat je risico', en 'Een waarheid als een koe' (deels).

Energie



Energie is een belangrijk onderwerp in duurzaamheidseducatie. De **energietransitie** heeft een eigen Sustainable Development Goal (SDG 7: Affordable and clean energy), is actueel, en werd genoemd als essentieel onderwerp in de expertgroep. Een artikel van Kandpal en Broman (2014) heeft enkele punten uiteengezet die belangrijk zijn het behandelen van duurzame energie in het onderwijs, waarbij ontwikkeling en implementatie van herbruikbare energiebronnen een belangrijke rol speelt. Er zijn op het moment al meerdere modules ontwikkeld die energieproductie en/of gebruik behandelen. Het subdomein A12 'Wiskundige en rekenkundige vaardigheden' van nlt-examenprogramma sluit ook aan bij dit thema, gezien kennis van wiskunde van belang is bij onderwijs gericht op energie (Aretorn, 2012). Veel modules die binnen het thema energie vallen werken daarnaast al aan dit examendomein.

Onderwerpen die binnen dit thema aan bod kunnen komen zijn: de energietransitie, productiemethodes en voorziening van elektrische energie, energieverbruik en verwarming door aardwarmte en gas en technologische concepten als de waterstofauto. Enkele modules die op dit thema aansluiten zijn: 'Blue energy', 'de waterstofauto binnenstebuiten', 'Energie-eiland', 'Kernfusie', aspecten van 'Logistiek', 'glastuinbouw en energie' en 'nul energiehuis'.

Voedsel en consumptie



Het thema 'voedsel en consumptie' heeft voornamelijk betrekking op twee SDG's (SDG 2: zero hunger, SDG 12: responsible consumption and production) en is daarnaast sterk gerelateerd aan klimaatverandering (Carlsson-Kanyama & González, 2009). Aandacht voor **consumentengedrag** en duurzame keuzes kan zodoende bijdragen aan mitigatie van klimaatverandering. Ook in de praktische leidraad leren voor duurzame ontwikkeling van het SLO (Bron et al., 2009) was

voedsel, consumptie en afval een belangrijk thema. Onder andere beschikbaarheid van ruimte voor voedselproductie kwam in deze leidraad aan de orde. Ook binnen de expertgroep was aandacht voor voedselproductie en landbouw, aangevuld door duurzaamheidskenmerken en de effecten van visserij op de natuur.

Onderwerpen die binnen dit thema aan bod kunnen komen zijn: de relatie tussen productie en consumptie, globalisering, duurzaamheidskeurmerken, voedselproductie en oorsprong, 'world overshoot day', ecologische voetafdruk, ruimtegebruik van de landbouw en veeteelt, uitstoot van stikstof en CO₂, levenscyclusanalyse, waterverbruik, bio-industrie, circulaire economie, de mogelijke rol van insecten en verpakkingsmateriaal. Enkele modules die op dit thema aansluiten zijn: 'Battle of the genes', 'Drinkwater: lekker belangrijk!', 'Logistiek' (deels), 'Door de zoete appel heen bijten', 'Het beste ei (deels)' en 'waterzuivering'.



Gezondheid en veiligheid is naast een onderdeel van twee SDG's (SDG 3: Good health and well-being, SDG 6: Clean water and sanitation). Er bestaan al enkele modules over waterhuishouding in Nederland en sommige modules focussen ook al op gezondheidsaspecten in nlt. Luchtkwaliteit, watergebruik en wateroverlast waren daarnaast ook onderwerpen die terugkwamen in de expertgroep. Dit onderwerp geeft daarnaast meer inzicht in de complexe gevolgen van

klimaatverandering, en hoe klimaatverandering gevolgen kan hebben voor de mens zelf. Ook sluit het aan bij domein D van het eindexamenprogramma 'gezondheid, bescherming en veiligheid' (havo) en 'gezondheid en veiligheid' (vwo).

In zowel de SDG's als in het denkkader 'People Planet Prosperity' (Hammond, 2006) is veel aandacht voor **maatschappelijke aspecten** van de term duurzaamheid, die relevant zijn voor het vak nlt om technologische ontwikkelingen in een maatschappelijke context te kunnen plaatsen. Onderwerpen die binnen dit thema aan bod kunnen komen zijn: epidemiologie, het effect van klimaatverandering op ziekteverspreiding (zie ook Shuman (2010)), tekorten aan grondstoffen ten gevolge van klimaatverandering (zie ook Raleigh and Urdal (2007)), maar ook lange termijn verbetering van leefomstandigheden door bijvoorbeeld armoedebestrijding een rol kunnen spelen. Enkele modules die op dit thema aan kunnen sluiten zijn: 'een waarheid als een koe', 'een dijk van een dijk', 'duurzaam en niet duur', 'logistiek' en 'drinkwater: lekker belangrijk!'.

Vaardigheden

Oriënteren op waarden en toekomstdenken

Aangezien bij duurzame ontwikkeling vaak vele partijen betrokken zijn die een andere blik kunnen hebben op duurzaamheidsvraagstukken is het stimuleren van **waardenvorming** in LvDO van belang (Sleurs, 2007). Reflecteren op waarden en het expliciteren van houding en waarden zijn hierbij nodig (Frijters, 2016). Ook is het volgens Moser (2007) van belang om rekening te houden met mogelijke emotionele reacties op de overweldigende dreiging van klimaatverandering. Wanneer er te weinig rekening wordt gehouden met deze emoties kan de basale 'fight, flight, freeze' respons worden geactiveerd, wat kan leiden tot het ontkennen van de dreiging, of verschuiving van verantwoordelijkheid. Dit vindt plaats wanneer klimaatproblemen vanuit een negatieve emotie als angst wordt benaderd. Hierom is het belangrijk dat leerlingen niet gemotiveerd worden om een negatief toekomstbeeld te voorkomen, maar juist om voor een positief toekomstbeeld te zorgen.

Om sociale normen te vormen die kunnen bijdragen aan het aanpakken van duurzaamheidsvraagstukken is het nodig om een positief toekomstbeeld te vormen bij leerlingen. Ook moeten leerlingen de mogelijkheid krijgen hun toekomstvisie te delen, en gewezen worden op de acties die op het moment al ondernomen worden om naar die visie toe te werken. Vervolgens kan er gezamenlijk gewerkt worden aan het uitwerken van plannen om naar dat toekomstbeeld toe te werken (Moser, 2007). Deze benadering waarbij waardes gevormd, geplaatst en ontwikkeld worden draagt daarnaast bij aan het ontwikkelen van het affectieve domein 'organiseren van waarden' (Wilson, 2019). Ook sluit deze vaardigheid aan bij subdomein A9 van het nlt-eindexamenprogramma: 'waarderen en oordelen'.

Samenwerken en participeren

Het kunnen samenwerken en **communiceren** met medeleerlingen is een vaardigheid die veel terugkomt in nieuwere vormen van onderwijs. Samenwerking staat centraal in de praktische leidraad duurzame ontwikkeling van Frijters (2016), en genoemd als sociale vaardigheid die de handelingsbekwaamheid van leerlingen kan verhogen (Sleurs, 2007). Samenwerken en communiceren komen ook aan de orde in het nlt-examenprogramma in subdomein A2 en A13, en dragen bij aan het ontwikkelen van enkele lagere affectieve domeinen, namelijk het ontvangen van stimuli en het verwerken van deze stimuli om een respons te geven (Wilson, 2019).

Ook **participatie** in de samenleving middels authentieke situaties is een belangrijke randvoorwaarde van duurzame ontwikkeling (Frijters, 2016). Met name organisaties die niet aan overheden gelieerd zijn kunnen belangrijke rol kunnen spelen bij het informeel leren (UNECE, 2005). Kunnen leren in een sociale omgeving is daarnaast een belangrijk aspect van "boundary crossing", een onderwijsconcept dat focust op grenzen overbruggen tussen vakgebieden, culturen en perspectieven en belangen (Oonk & Gulikers, 2018). Participatie biedt leerlingen zo de mogelijkheid zich voor te bereiden op een toekomst waarin ze zullen werken aan complexe, transdisciplinaire, veranderlijke vraagstukken (Gulikers & Oonk, 2016).

Kritisch denken en omgaan met onzekerheid

In LvDO staat het kunnen analyseren en op waarde beoordelen van informatie centraal (Remmers, 2007). Hierin kunnen leerlingen ondersteund worden door om te leren gaan met **onzekerheid**, waarbij voorwaardelijk taalgebruik en het behandelen van omstreden onderwerpen van belang zijn (Tauritz, 2019). Dit is zeker in het kader van duurzame ontwikkeling van belang, waar constant nieuwe inzichten ontwikkeld worden, veel verschillende belangen en perspectieven aanwezig zijn, en er nog veel onzeker is. Onzekerheidscompetenties dragen bij aan het ontwikkelen van een kritische denkwijze, wat een belangrijk aspect is van kritisch-democratisch burgerschap (Leenders & Veugelers, 2005). Ook is het van belang dat docenten zich bewust zijn van eventuele preconcepties bij zichzelf omtrent duurzaamheid, en dat ze leerlingen de mogelijkheid geven om een eigen conceptie van duurzaamheid te ontwikkelen (Stratton et al.,

2015). Door een kritische houding te hanteren kan gewerkt worden aan de onderdelen van het nlt-examenprogramma domein A1 'informatievaardigheden gebruiken', A5 en A11 'redeneren'.

Projectmatig onderzoeken

Duurzaamheid heeft een dynamische aard waarbij continu vernieuwende inzichten ontstaan over wat duurzaam is (Sleurs, 2007). **Projectgestuurd leren** heeft de mogelijkheid om authentieke problemen als duurzaamheidsvraagstukken aan te pakken, en speelt daarnaast een grote rol in het versterken van motivatie en betrokkenheid. Verdere aspecten van LvDO die aan bod komen in projectgestuurd leren zijn 'verwerken van informatie uit verschillende bronnen' en 'leren in een sociale context waarin samenwerken van belang is'. Bij deze vorm van leren staat onderzoek aan de hand van een vraag centraal: de focus wordt verschoven van het begrijpen van lesstof naar het systematisch beantwoorden van een onderzoeksvraag (Blumenfeld et al., 1991). Deze kenmerken van projectgestuurd leren (Zie ook Lucassen (2016)) zijn ook genoemd als componenten van LvDO door Frijters (2016). Het aanleren van onderzoeksvaardigheden vraagt doorgaans om een andere rol van docent dan informatieverstrekker, namelijk die van 'kritische vriend' tijdens het onderzoeksproces, en na afloop van het onderzoek de rol van evaluator (Wientjes & Veenhoven, 2016).

Projectmatig werken sluit aan bij vwo-subdomeinen F2: 'Methoden en technieken van onderzoek' in het examenprogramma, gezien de systematische benadering van onderzoeken, en bij subdomein A5: 'onderzoeken'.

Cognitieve domeinen

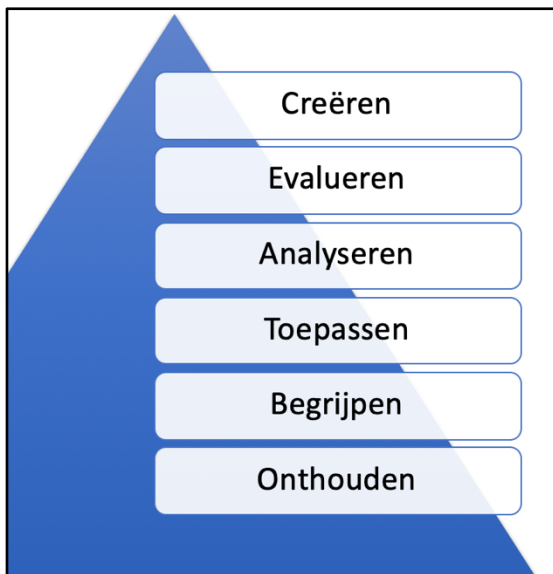
De **taxonomie van Bloom** (1956) beschrijft middels verschillende denkniveaus het cognitieve leerproces. Hiermee is een classificatiesysteem opgesteld van cognitieve leerdoelen waarbij de complexiteit van de denkprocessen toeneemt. In een latere revisie van deze taxonomie door Krathwohl (2002) bestond deze taxonomie uit de volgende zes aspecten:

- **Onthouden**: opslaan en ophalen van kennis
- **Begrijpen**: Een betekenis kunnen geven aan een instructie of boodschap
- **Toepassen**: Een bepaalde procedure toepassen op een nieuwe situatie
- **Analyseren**: Onderdelen van een object onderscheiden en de relatie van onderdelen tot elkaar bepalen
- **Evalueren**: Een oordeel kunnen vellen op basis van bepaalde criteria
- **Creëren**: Elementen samen kunnen voegen tot een coherent geheel of een nieuw origineel product maken

De taxonomie kan gebruikt worden om te analyseren op welke cognitieve domeinen nadruk wordt gelegd in de verschillende modules. Hiermee kan nagegaan worden of in lesprogramma's of curriculumontwikkeling bepaalde cognitieve domeinen onderbelicht worden (Krathwohl, 2002).

Bij het vak nlt kunnen vele diverse onderwerpen aan de orde komen. Bepaalde denkniveaus kunnen afhankelijk van het onderwerp en de opzet van een module meer of juist minder aan bod komen. Ook worden de modules vaak door verschillende partijen ontworpen, wat de onderlinge afstemming van de modules kan vermoeilijken. Hierdoor is het mogelijk dat sommige denkniveaus in zijn geheel over het hoofd

worden gezien. Een analyse op gebruik van cognitieve domeinen kan leiden tot een meer evenwichtig samengesteld curriculum (Krathwohl, 2002).



Figuur 2: Visuele weergave van de cognitieve domeinen van Krathwohl (2002)

Bij LvDO staat de capaciteit van de leerling om bij te dragen aan duurzaamheidsvraagstukken centraal (Lotz-Sisitka et al., 2015). Met name bij hoger opgeleide leerlingen is het hierom van belang ze voor te bereiden op het gebruiken van hogere denkniveaus. Hierdoor wordt aangemoedigd dat leerlingen niet enkel leren over duurzame ontwikkeling, waarbij lagere denkniveaus zoals 'onthouden' en 'begrijpen' een rol spelen. Door leerlingen aan te moedigen te analyseren, te evalueren en te creëren kan een sterke bijdrage geleverd worden aan duurzame ontwikkeling. Zo kunnen huidige niet-duurzame processen beter geanalyseerd en geëvalueerd worden en kan er beter richting een oplossing gewerkt worden.

Leeswijzer tabel

Om eenvoudig met deze leerlijn te werken kan de bijbehorende excel tabel gebruikt worden. In de kolom van deze tabel zijn de verschillende nlt modules voor havo en vwo weergegeven. De schakelmodule heeft hierin een bijzondere plaats, gezien deze voor zowel havo als vwo ontwikkeld wordt. In de eerste rij staan de volgende onderdelen: (1) de plaats in de leerlijn, (2) de inhoudelijke thema's, (3) de vaardigheden (4) en cognitieve domeinen. Elk onderdeel bestaat uit een aantal aspecten die in de tweede rij te zien zijn.

In de tabel is per aspect een kort antwoord gegeven op een onderzoeksvraag. Deze onderzoeksvragen zijn opgesteld aan de hand van de kernaspecten van de bovenstaande beschrijvingen, en is per aspect weergegeven in de beschrijving van de tabel. Zowel de aspecten van inhoudelijke thema's als vaardigheden hoeven niet in een bepaalde volgorde behandeld te worden. Ook de aspecten van 'cognitieve domeinen' hoeven elkaar niet van links naar rechts op te volgen, al komen hogere cognitieve domeinen beter tot hun recht later in het leerproces.

In het leerproces zit wel een regulatieve stijgende lijn van 'zien en bijdragen' naar 'verbreden en verbinden' en tenslotte naar 'professionaliseren en innoveren' (links naar rechts). Per deelaspect van Leerproces kunnen verschillende modules ingezet worden, afhankelijk van de wensen van de docent en de school. Het is ook mogelijk dat een module tot in zekere mate meerdere aspecten beslaat, hoewel te veel overlap tussen de uiterste twee niveaus minder gewenst is.

Discussie

Op basis van de analyse in de tabel is het mogelijk om een oordeel te geven over de opbouw van nlt-modules in het algemeen, en hoe goed ze aansluiten bij LvDO. Deze constatering kunnen gebruikt worden om na te gaan hoe het vak nlt zich in de toekomst verder kan ontwikkelen. Ook kan er gekeken worden naar de geschiktheid van het vak nlt op zich om bij te dragen aan duurzame ontwikkeling in de context van de school: zijn er punten waarop het onderwijs in het algemeen zich verder in zou moeten ontwikkelen om beter bij te kunnen dragen aan duurzame ontwikkeling?

Nlt-examenprogramma

In deze leerlijn is overwogen hoe de verschillende domeinen van het nlt-examenprogramma (zie tabel 1) aan bod zouden kunnen komen. Met name subdomein B1 'interdisciplinariteit' en subdomein A10 'interdisciplinaire vraagstukken in studie en beroepspraktijk' komen zeer sterk aan de orde, gezien duurzaamheidsvraagstukken een erg sterk interdisciplinair karakter hebben (Lotz-Sisitka et al., 2015). Subdomein A3 'reflecteren op leren' kwam bij veel modules die aangeven dat ze aan dit domein werken impliciet aan de orde. In het examenprogramma kwam reflectie op belangstelling, motivatie en leerproces naar voren. Hier zou, om te werken aan een verandering van houding, reflecteren op waarden een geschikte toevoeging aan zijn.

Het spreekt voor zich dat ook subdomein C2 'duurzaamheid' sterk aan de orde komt, gezien duurzame ontwikkeling de centrale focus is van deze leerlijn. Het is echter opmerkelijk dat duurzaamheid enkel benoemd wordt als apart subdomein van het vwo-examenprogramma, en dat het slechts een enkele keer genoemd wordt in het havo-examenprogramma met betrekking op de inrichting van de leefomgeving. Daarnaast is er in het examenprogramma slechts weinig aandacht voor waardenvorming en de didactiek van LvDO. In het vwo-examenprogramma wordt in het kader van duurzaamheid enkel het gebruik van grondstoffen, energie en ruimte genoemd, terwijl in de bredere zin van het woord veel meer onderwerpen behandeld kunnen worden in bètagericht onderwijs.

Leerproces

Ook in het module-aanbod bleken enkele aspecten van het leerproces onderbelicht te zijn: Een groot deel van de modules sluit niet of slecht aan bij het onderdeel 'zien en bijdragen' van de leerlijn. Dit gold voornamelijk voor vwo-modules. Door te weinig aandacht te besteden aan toekomstdenken en de rol van de leerling in duurzaamheidsvraagstukken kunnen duurzaamheidsvraagstukken overweldigend overkomen (Moser, 2007). Het onderdeel 'verbreden en verbinden' kwam voor zowel havo als vwo toereikend aan de orde. Het onderdeel 'professionaliseren en innoveren' kwam voornamelijk bij de havo-leerlijn weinig aan de orde, maar juist veel binnen de vwo-leerlijn.

Inhoudelijke thema's

De inhoudelijke thema's 'energie' en 'klimaat' waren voornamelijk vertegenwoordigd in het module-aanbod. Het thema 'gezondheid en veiligheid' kwam naar voren in meerdere modules, al speelde het vaak een kleine rol. Voornamelijk de thema's 'voedsel en consumptie' en 'biodiversiteit en ecosystemen' kwamen weinig aan de orde.

Vaardigheden

Voor zowel havo als vwo was er in modules aandacht voor de vaardigheid projectmatig werken, waarbij op een gestructureerde manier gewerkt wordt aan een onderzoeksvraag. Bij veel modules was er wel sprake van een relatief groot docent-gestuurd deel, gevolgd door een korte projectmatige opdracht. De modules die focussen op kritisch denken en omgaan met onzekerheid waren minder talrijk. Hoewel er regelmatig korte opzoek-opdrachten zijn en in sommige modules een eigen onderzoek opgesteld wordt is er slechts weinig aandacht voor kritisch omgaan met bronnen. De vaardigheid 'samenwerken en participeren' komt

ook slechts beperkt aan bod: ondanks dat leerlingen vaak worden gestimuleerd gezamenlijk aan een opdracht te werken is er slechts in enkele modules aandacht voor communicatie tussen leerlingen met verschillende interesses, en is er weinig daadwerkelijke participatie in de samenleving. De vaardigheid 'waardenoriëntatie en toekomstdenken' kwam ten slotte meer aan bod bij vwo-modules dan bij havo-modules, voornamelijk in de vorm van het voeren van een debat. Toekomstdenken had in veel modules geen of een beperkte plaats, terwijl de mogelijke rol die bijvoorbeeld een nieuwe technologie in de toekomst kan gaan spelen relatief makkelijk toegelicht kan worden. Waardenvorming kwam voornamelijk aan bod middels het voeren van een debat.

Cognitieve domeinen

De analyse van de cognitieve domeinen onthulde een relatief evenwichtige verdeling, waarin meerdere domeinen wel tot in zekere mate aan de orde kwamen. Bij veel modules was er echter vooral aandacht voor de hogere cognitieve domeinen bij een centrale eindopdracht, en was de module verder redelijk gericht op het opnemen van informatie. Enkele modules waren vooral gericht op de lagere cognitieve domeinen. Deze modules zijn minder geschikt om later in de leerlijn behandeld te worden, en zouden idealiter afgewisseld worden door modules waarbij de hogere cognitieve domeinen meer aan de orde komen.

Volgende stappen in duurzaamheidsonderwijs

Deze leerlijn kan gebruikt worden als tool om modules met uiteenlopende onderwerpen en werkwijzen te verenigen tot een samenhangend geheel, waarmee LvDO geïntegreerd kan worden in het vak nlt. In dit document wordt een achtergrond gegeven aan de noodzaak van het behandelen van Duurzame ontwikkeling in het onderwijs, en wordt een onderbouwde uiteenzetting gegeven van aspecten die essentieel zijn om te leren voor duurzame ontwikkeling. Om complexiteit en samenhang goed te kunnen bevatten is een transdisciplinaire benadering nodig in het onderwijs (Lotz-Sisitka et al., 2015). Het vak nlt biedt een uitstekende mogelijkheid om met duurzaamheidsvraagstukken bezig te gaan gezien het vak een sterk interdisciplinair karakter heeft.

Op de lange termijn kan het onderwijs erbij gebaat zijn om duurzaamheid breder te behandelen dan enkel binnen het vak nlt. Leerlingen die niet het vak nlt volgen worden zo ook betrokken bij duurzaamheidsvraagstukken, en er is meer mogelijkheid om aan SDG's te werken die niet bètaggericht zijn. Ook kan zo een overgang gemaakt worden van een benadering waarin een duurzaamheidsaspect toe is gevoegd aan het curriculum, naar een benadering waarin duurzaamheid ten grondslag ligt aan het curriculum van de school. Dit kan vervolgens leerlingen helpen bij het in twijfel trekken van sociale paradigma's omtrent duurzaamheid (Sterling, 2004).

Tabel 1: overzicht van de domeinen van het examenprogramma van het vak nlt (Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap, 2011)

havo	vwo
Domein A: Vaardigheden A1: Informatievaardigheden gebruiken A2: Communiceren A3: Reflecteren op leren A4: Studie en beroep A5: Onderzoeken A6: Ontwerpen A7: Modelvorming A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium A9: Waarderen en oordelen A10: Interdisciplinaire vraagstukken in studie- en beroepspraktijk A11: Redeneren A12: Rekenkundige en wiskundige vaardigheden A13: Samenwerken	Domein A: Vaardigheden A1: Informatievaardigheden gebruiken A2: Communiceren A3: Reflecteren op leren A4: Studie en beroep A5: Onderzoeken A6: Ontwerpen A7: Modelvorming A8: Natuurwetenschappelijk instrumentarium A9: Waarderen en oordelen A10: Interdisciplinaire vraagstukken in studie- en beroepspraktijk A11: Redeneren A12: Rekenkundige en wiskundige vaardigheden A13: Samenwerken
Domein B: Exacte wetenschappen en technologie B1: Interdisciplinariteit B2: Wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie	Domein B: Exacte wetenschappen en technologie B1: Interdisciplinariteit B2: Wisselwerking tussen natuurwetenschap en technologie
Domein C: Aarde en natuur	Domein C: Aarde, natuur en heelal
Domein D: Gezondheid, bescherming en veiligheid	Domein D: Gezondheid en veiligheid
Domein E: Materialen, processen en producten E1: Methoden en technieken van technologische ontwikkeling E2: Processen en producten	Domein E: Technologische ontwikkeling E1: Methoden en technieken van technologische ontwikkeling E2: Processen en producten
-	Domein F: Fundamenten van natuurwetenschap en technologie F1: Fundamentele theorieën F2: Methoden en technieken van onderzoek

Dankwoord

Als eerste zou ik graag Reina Kuiper willen bedanken, wie mij heeft begeleid bij het ontwikkelen van deze leerlijn, meerdere keren waardevolle feedback heeft gegeven en veel heeft meegedacht over de vorm van de leerlijn. Verder gaat mijn dank uit naar Judith Gulikers, wie mij vanuit de Wageningen Universiteit heeft begeleid bij het ontwikkelen van de leerlijn. Ook zou ik graag de leden van het schrijversteam van de schakelmodule willen bedanken voor hun feedback op concepten van de leerlijn, Arjen Nawijn, Hester Moens, Johan Brons, Anne de Fraiture en Nick Hendriks. Ook gaat mijn dank uit naar de vereniging NLT voor de mogelijkheid om deze leerlijn te kunnen ontwikkelen, en hun betrokkenheid bij de ontwikkeling van de leerlijn. Ten slotte zou ik graag mijn geweldige collega's bij het Food Valley Netwerk VO-HO willen bedanken voor hun steun, betrokkenheid en alledaagse gezelligheid: Jamila de Jong, Niek Bijkerk, Marijn Verweij, Ellen van Seben, Saskia Hermans, Alex Roossien, Jose Homan, Annelies Brakshoofden-Stokhof, Els van Coeverden, Mirjam Troost, Hilco van Stuijvenberg, Petra Naber en Guido Linssen.

Referenties

- Anderson, A. (2012). Climate change education for mitigation and adaptation. *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(2), 191-206.
- Aretorn, L. (2012). *Mathematics in the Swedish Upper Secondary School Electricity Program: A study of teacher knowledge*. Umeå Universitet.
- Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain. *New York: McKay*, 20-24.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Bron, J., Haandrikman, M., & Langeberg, M. (2009). *Leren voor duurzame ontwikkeling; een praktische leidraad*.
- Carlsson-Kanyama, A., & González, A. D. (2009). Potential contributions of food consumption patterns to climate change. *The American journal of clinical nutrition*, 89(5), 1704S-1709S.
- Coördinatiegroep Curriculum.nu. (2019). *Samen bouwen aan het primair en voortgezet onderwijs van morgen*.
- Cordero, E. C., Todd, A. M., & Abellera, D. (2008). Climate change education and the ecological footprint. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89(6), 865-872.
- Egan, K. (1997). *The Educated Mind: How Cognitive tools shape our understanding*. Chicago: University of Chicago Press.
- Frijters, S. (2016). *Leren voor Duurzame Ontwikkeling: Gewoon Doen!*
- Gulikers, J., & Oonk, C. (2016). Het waarderen van leren met partijen buiten de school. *OnderwijsInnovatie*, 3.
- Hammond, G. P. (2006). *'People, planet and prosperity': the determinants of humanity's environmental footprint*. Paper presented at the Natural Resources Forum.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genève: IPCC.
- Kandpal, T. C., & Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 300-324.
- Kapteijn, M., Kamp, M., & Hullu, E. d. (2019). *Ecologie: Leren & onderwijzen*: NVON.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218.
- Leenders, H., & Veugelers, W. (2005). Waardevormend onderwijs en burgerschap. *Pedagogiek*, 24(4), 361-375.
- Lotz-Sisitka, H., Wals, A. E., Kronlid, D., & McGarry, D. (2015). Transformative, transgressive social learning: Rethinking higher education pedagogy in times of systemic global dysfunction. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 16, 73-80.
- Lucassen, M. (2016). Projectgestuurd onderwijs: wat is het en hoe werkt het? Retrieved at 22-10-19 from <https://www.vernieuwendewerwijs.nl/project-onderwijs/>
- Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap. (2011). Regeling van de Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap van 27 april 2011, nr. VO/289008, houdende wijziging van de Regeling examenprogramma's voortgezet onderwijs in verband met het vernieuwen van het examenprogramma natuur, leven en technologie havo en vwo. *Staatscourant*, 9161.
- Moser, S. C. (2007). More bad news: The risk of neglecting emotional responses to climate change information.
- Oonk, C., & Gulikers, J. (2018). Studenten opleiden tot bruggenbouwers. Retrieved at 25-09-19 from <https://www.canonberoepsonderwijs.nl/Boundary-crossing-leren--met-en-van-de-ander>
- Raleigh, C., & Urdal, H. (2007). Climate change, environmental degradation and armed conflict. *Political geography*, 26(6), 674-694.
- Remmers, T. (2007). *Duurzame ontwikkeling is leren vooruitzien, kernleerplan voor duurzame ontwikkeling*. SLO.

- Shuman, E. K. (2010). Global climate change and infectious diseases. *New England Journal of Medicine*, 362(12), 1061-1063.
- Sleurs, W. (2007). Educatie voor duurzame ontwikkeling. De stap naar de praktijk. *Impuls*, 37(2), 1.
- Sterling, S. (2004). Higher education, sustainability, and the role of systemic learning *Higher education and the challenge of sustainability* (pp. 49-70): Springer.
- Stratton, S. K., Hagevik, R., Feldman, A., & Bloom, M. (2015). *Educating science teachers for sustainability*: Springer.
- Tauritz, R. (2019). *Certain you're not sure: An inquire into pedagogical strategies for teaching children how to manage uncertain knowledge about sustainability challenges*: University of Edinburgh.
- UNECE. (2005). UNECE strategy for education for sustainable development. Retrieved at 25-10-19 from <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2005/cep/ac.13/cep.ac.13.2005.3.rev.1.e.pdf>
- UNESCO. (2005). International Implementation Scheme.
- United Nations Development Programme. (2019). Sustainable development goals. Retrieved at 24-10-19 from <https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html>
- Van Weelie, D., & Wals, A. (2002). Making biodiversity meaningful through environmental education. *International Journal of science education*, 24(11), 1143-1156.
- Verenigde Naties. (1987). UN Documents: Gathering a body of global agreements. Retrieved at 17-09-19 from <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- Verenigde Naties. (2019). About the sustainable development goals. Retrieved at 18-09-2019 from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- Vereniging NLT. (2019). Plan van aanpak Ontwikkeling leerlijn en schakelmodule Duurzame ontwikkeling voor NLT.
- Wals, A. E. (2015). *Beyond unreasonable doubt. Education and learning for socio-ecological sustainability in the Anthropocene*: Wageningen University.
- Wientjes, H., & Veenhoven, J. (2016). *Eureka! Didactiek voor het leren onderzoeken in het vwo*: Universiteit Utrecht.
- Wilson, L. O. (2019). Three Domains of Learning - Cognitive, Affective, Psychomotor. Retrieved at 21-10-2019 from <https://thesecondprinciple.com/instructional-design/threedomainsoflearning/>
- Wolf, M. d., Smit, E., & Hurkxkens, P. (2018). *Lesgeven over duurzame ontwikkeling*. Antwerpen: Garant.

Appendix I: input expertgroep

Ter voorbereiding op het schrijven van de schakelmodule en de leerlijn is op 20 juni 2019 een groep experts uit werkvelden gerelateerd aan duurzaamheid uitgenodigd om input te geven over de onderwerpen die aan bod zouden moeten komen in de schakelmodule en de leerlijn. In groepen werden bepaalde thema's geopperd die gecategoriseerd werden als essentieel, belangrijk en wenselijk. Deze zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: input expertgroep

Essentieel	Belangrijk	Wenselijk
<ul style="list-style-type: none"> • Klimaat (probleem) • Energie (transitie) • Grondstoffen • Biodiversiteit • Kringlopen • Voedsel • Landgebruik • Ecosysteemdiensten en insecten • Samenhang en integratie van kennis • People Planet Prosperity • Circulariteit (afval bestaat niet) • Global challenges – local action • Digitale toekomst, data, informatie • Design (niet end of pipe, maar voorkomen) • Geo-informatie • Permanent nieuwe inzichten in duurzaamheid • Wateroverlast, droogte, extreem weer • Bodemdaling west Nederland • Groningen aardgaswinning • Perceptie en besluitvorming 	<ul style="list-style-type: none"> • Regionaal/globaal • Verschillende perspectieven • Luchtkwaliteit, de gezonde stad • Wereldwijd transport en gevolgen daarvan • Handelsstromen • Katoen, milieubelasting, rechtvaardigheid • Natuurbehoud in andere landen vs productie van voedsel • Ecologische voetafdruk en watergebruik • FSC – MSC (ketens en duurzaamheidskeurmerken) • Bossen in Nederland, hout, biomassa, ecologie • Natuur- vs cultuurlandschap • Van wie is de natuur 	<ul style="list-style-type: none"> • Rol publieke opinie (welvaart vs duurzaamheid) • Belang echte kennis/feiten • Vogels in de stad • Overbevissing • Logistiek • Urban farming • Citizen science en ambassadeurschap • Keuzes en empowerment

Appendix II: Begrippenlijst

Hier volgt een lijst met begrippen die in dit document aan de orde zijn gekomen in dit document. Dit kan ondersteunend werken bij het begrijpen van vakspecifieke termen.

- **Aspect:** Elk onderdeel van de leerlijn bestaat uit een aantal aspecten. Deze zijn terug te vinden in de tweede rij van de excel-tabel. Enkele voorbeelden zijn 'zien en bijdragen', 'voedsel en consumptie', 'onthouden' en 'projectmatig werken'.
- **Boundary Crossing:** Grenzen tussen soms sterk verschillende werelden opzoeken en benutten om tot innovatieve resultaten te komen. Deze grenzen kunnen intrapersoonlijk, interpersoonlijk of institutioneel zijn.
- **Cognitieve domeinen:** Een ordening van leerdoelen volgens de taxonomie van Bloom. Bij een evenwichtig lesprogramma komen meerdere cognitieve domeinen aan bod. Dit onderdeel van de leerlijn bestaat uit de volgende aspecten: 'onthouden', 'begrijpen', 'toepassen', 'analyseren', 'evalueren' en 'creëren'.
- **Eindterm:** Eisen van het examenprogramma van het vak nlt. Voor een overzicht zie de bron van 'ministerie voor onderwijs, cultuur en wetenschap'.
- **Expertgroep:** Een groep met mensen die werkzaam zijn in vakgebieden die gerelateerd zijn aan duurzaamheid, of op een andere manier expertise hebben op dit onderwerp.
- **Inhoudelijke thema's:** Vijf thema's die opgesteld zijn aan de hand van onderwerpen die van belang zijn om een geschikt geheel beeld te vormen van duurzaamheidsproblematiek. De vijf aspecten die hiertoe behoren zijn: 'voedsel en consumptie', 'gezondheid en veiligheid', 'energie', 'biodiversiteit en ecosystemen' en 'klimaat'.
- **Leerlijn:** Een richtlijn om leren voor duurzame ontwikkeling toe te passen binnen het vak nlt. Hiermee kunnen docenten ondersteund worden in het uitkiezen en ordenen van modules, en kunnen ontwikkelaars ondersteund worden in het aanpassen en ontwikkelen van modules.
- **Leerproces:** Het leerproces dat leerlingen door moeten lopen binnen deze leerlijn om optimaal te voldoen aan leren voor duurzame ontwikkeling. Dit onderdeel van de leerlijn bestaat uit de volgende drie aspecten: 'zien en bijdragen', 'verbreden en verbinden' en 'professionaliseren en innoveren'.
- **Leren voor Duurzame Ontwikkeling (LvDO):** Een onderwijsstroming waarbij leerlingen gestimuleerd worden actief bij te dragen aan de ontwikkeling van een niet-duurzame naar een duurzame samenleving.
- **Module:** Een reeks lessen van enkele weken gericht op een bepaald onderwerp. Deze modules zijn vrij uit te kiezen door docenten en scholen.
- **Nlt:** Het middelbare schoolvak 'natuur, leven, techniek'. Dit vak is opgebouwd uit modules die gegeven kunnen worden door verschillende docenten, afhankelijk van het onderwerp van de module.
- **Onderdelen (van de leerlijn):** Deze leerlijn bestaat uit 4 hoofdzakelijke onderdelen waarop de modules zijn geïnventariseerd. Deze zijn terug te vinden in de bovenste rij van de excel-tabel. De onderdelen zijn het 'Leerproces', de 'Inhoudelijke thema's', de 'Vaardigheden' en de 'Cognitieve domeinen'. Elk onderdeel bestaat uit een aantal aspecten.
- **Participatie:** Deelname aan de samenleving. Dit kan binnen nlt gerealiseerd worden door de buurt, bedrijven of instanties te betrekken bij opdrachten.
- **Projectgestuurd leren:** Een lesvorm waarbij niet de overdracht van kennis centraal staat, maar het beantwoorden van een onderzoeksvraag. Leerlingen werken hierbij op systematische wijze aan het beantwoorden van de vraag.
- **Schakelmodule:** Een nlt-module die naast deze leerlijn ontwikkeld wordt en als doel heeft beschikbare voorkennis over duurzaamheid bij leerlingen activeren en helpen plaatsen. Dit is bedoeld als basis om verder te leren voor duurzame ontwikkeling.
- **Sustainable Development Goals (SDG's):** 17 doelen die opgesteld zijn door de Verenigde Naties om te werken richting een duurzame samenleving. Deze doelen moeten in 2030 bereikt zijn.

- **Systeemdenken:** Verbanden kunnen leggen tussen verschillende aspecten van duurzaamheidsvraagstukken en de betrokken partijen.
- **Taxonomie van Bloom:** Ordening van cognitieve domeinen, zie ook 'cognitief domein'.
- **Thema:** Zie inhoudelijke thema's
- **Transdisciplinair:** Verschillende disciplines (bijvoorbeeld natuurkunde/scheikunde/biologie) zijn niet meer te onderscheiden bij het aanpakken van een vraagstuk. Transdisciplinaire problemen zijn zodoende niet op te lossen wanneer ze benaderd worden vanuit een enkele discipline.
- **Transformatief transgressief sociaal leren:** Een onderwijsstroming die focust op het voorkomen en mitigeren van klimaatverandering middels sociale verandering, waarbij de capaciteit van mensen om bij te dragen aan klimaatvraagstukken centraal staat.
- **Vaardigheden:** Enkele vaardigheden staan bij leren voor duurzame ontwikkeling centraal. Dit onderdeel van de leerlijn bestaat uit de volgende aspecten: 'projectmatig onderzoeken', 'kritisch denken en omgaan met onzekerheid', 'samenwerken en participeren' en 'Oriënteren op waarden en toekomstdenken'.
- **Vereniging NLT:** Een vereniging van en voor scholen die verantwoordelijk is voor de ontwikkeling en kwaliteitsbehoud van nlt-modules.
- **Waardenvorming:** Een mening ontwikkelen over wat iemand wenselijk of nastrevenswaardig vindt. In de context van leren voor duurzame ontwikkeling zal dit focussen op een duurzame toekomst, en krijgt de leerling een handreiking om deze duurzame toekomst na te streven.

Appendix III: Docentenhandleiding

Om docenten in staat te stellen om te werken met deze leerlijn is deze docentenhandleiding opgesteld. Deze is bijgevoegd als apart bestand.

Appendix IV: Leerlijn tabel

De bijgevoegde tabel is een inventarisatie van hoe nlt-modules voldoen aan de verschillende onderdelen van de leerlijn. Deze is bijgevoegd als apart excel-bestand.