

Didactiek voor geïntegreerd STEM-onderwijs: kenmerken en leerdoelstellingen

Heidi Knipprath, Mieke De Cock, Wim Dehaene, Peter Van Petegem

1. Nood aan geïntegreerd STEM-onderwijs

Het woord 'STEM' echoot door het Vlaamse onderwijslandschap en vindt steeds meer weerklank in initiatieven van scholen en nieuwe onderwijsvisies. STEM staat voor *Science, Technology, Engineering & Mathematics*. Het Vlaamse onderwijs wordt stilaan gewaar dat het niet meer kan voldoen aan de steeds groeiende vraag naar de wetenschappers, technici en ingenieurs waar de industrie zo naar snakt. Hoewel 40% van de leerlingen een STEM-diploma in het Vlaams secundair onderwijs behaalt, kiest slechts 27% van de schoolverlaters voor een STEM-richting in het hoger onderwijs. Uiteindelijk zwaait 19% van de gediplomeerden van hogescholen en universiteiten af met een STEM-diploma. Bovendien beschikken jongeren die afstuderen met een STEM-diploma vaak niet over de door de industrie gewenste competenties of stromen niet door naar een STEM-job (Van den Berghe & De Martelaere, VRWI, 2012).

Jongeren lijken dus niet voldoende de relevantie van wetenschappen en technologie te percipiëren. Een mogelijke reden hiervoor zou kunnen gevonden worden in de wijze waarop de vakken wetenschappen, wiskunde en technologie in het secundair onderwijs worden onderwezen. De vakken wiskunde, fysica, biologie en chemie worden in de sterk wetenschappelijke richtingen van het secundair onderwijs vaak geïsoleerd van elkaar onderwezen. De link tussen deze verschillende vakken wordt niet altijd expliciet gemaakt en wiskundige en wetenschappelijke topics worden nauwelijks betrokken in een groter kader rond technologische leerinhouden.

De vraag naar een didactiek op secundair onderwijsniveau waarin duidelijke banden worden gesmeed tussen de verschillende STEM-disciplines dringt zich op. Door aan te tonen tijdens de lessen dat de kennis en inzichten van wetenschappen, wiskunde en technologie ook in de praktijk vaak interdisciplinair worden ingezet en te vertrekken vanuit sociale en maatschappelijke toepassingen, kunnen jongeren meer inzicht krijgen in de relevantie van elke STEM-discipline. We willen hiermee bereiken dat leerlingen zicht krijgen op 'how STEM works' en inzien dat STEM op zich waardevol en een essentieel deel van de menselijke kennis is. Op deze manier kunnen ze een geïnformeerde en kwalitatief betere studiekeuze maken wanneer ze het secundair onderwijs verlaten. Daarnaast worden jongeren door het verwerven van kennis en vaardigheden binnen elke STEM-discipline, m.i.v. probleemoplossend vermogen, nog beter voorbereid voor een steeds meer innoverende, hoogtechnologische maatschappij.

Hierna lichten we meer in detail toe wat we willen bereiken met geïntegreerd STEM-onderwijs, op welke manier en bij welke doelgroep. We tonen aan dat geïntegreerd STEM-onderwijs meer is dan het cumuleren van leerinhouden uit de verschillende STEM-disciplines. Geïntegreerd STEM-onderwijs vraagt ook een gepaste onderwijsstrategie.

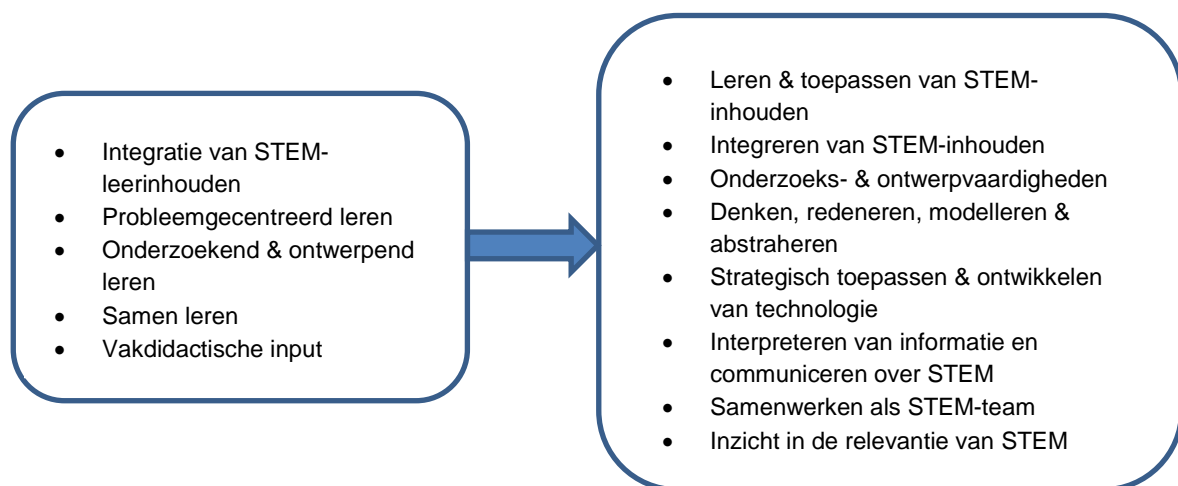
2. Doelgroep

Het verwerven van kennis en vaardigheden met betrekking tot STEM en het inzien van de relevantie van STEM zijn belangrijke leerdoelstellingen die voor elke leerling nagestreefd moeten worden. Echter,

het secundair onderwijs kent een grote diversiteit onder de leerlingen met betrekking tot kennis, vaardigheden en interesses waardoor geïntegreerd STEM-onderwijs sterk gedifferentieerd aangeboden zou moeten worden. Om tot een goede en gevalideerde didactiek voor geïntegreerd STEM-onderwijs te komen, lijkt het ons efficiënter om ons op een specifieke doelgroep toe te spitsen. Gezien de huidige problematiek van een daling van de belangstelling in STEM na het secundair onderwijs onder leerlingen die aanvankelijk in het secundair onderwijs voor een STEM-studierichting hebben gekozen, beperken we onze doelgroep binnen het huidige onderzoek tot leerlingen uit studierichtingen die sterk op wiskunde, wetenschappen en/of technologie inzetten in het ASO (Wetenschappen) en het TSO (Industriële Wetenschappen).

3. Leerdoelstellingen van geïntegreerd STEM-onderwijs

Figuur 1 geeft acht leerdoelstellingen weer die bereikt zouden moeten worden met geïntegreerd STEM-onderwijs. Zowel kennis als vaardigheden komen aan bod in de leerdoelstellingen. We beschrijven ze hieronder één voor één.



Figuur 1. Kenmerken en leerdoelstellingen van geïntegreerd STEM-onderwijs

Leren & toepassen van STEM-inhouden

In de eerste plaats verwachten we dat leerlingen kennis van en inzicht in leerinhouden met betrekking tot wetenschappen, technologie en wiskunde verwerven. Deze leerinhouden moeten ze vervolgens kunnen identificeren en toepassen om vragen en authentieke probleemstellingen op een innovatieve en creatieve manier te beantwoorden. Leerlingen herkennen wetenschappelijke, wiskundige en technologische concepten in het dagelijks leven. Ze leggen de link tussen deze concepten en hun eigen verworven kennis en inzichten.

Integreren van STEM-inhouden

Leerlingen moeten niet alleen de leerinhouden van de verschillende STEM-disciplines afzonderlijk verwerven en leren toepassen, ook moeten ze het verband kunnen leggen tussen de STEM-disciplines. Ze moeten STEM-inhouden geïntegreerd kunnen toepassen om vragen en authentieke probleemstellingen te beantwoorden.

Gericht zijn op en vaardig zijn in onderzoek & ontwerp

Om vragen en authentieke probleemstellingen te beantwoorden, moeten leerlingen zich uitgedaagd voelen en leren vragen te stellen om probleemstellingen en uitdagingen af te bakenen en te identificeren. Ze moeten in staat zijn verschillende bronnen van informatie te evalueren en samen te brengen. Ze moeten informatie in verband met wetenschappen, technologie, engineering en wiskunde kunnen identificeren, kritisch analyseren en synthetiseren (grafieken, figuren, tekst, audio, video, ...). Ze leren onderzoek uit te voeren, technische problemen op te lossen of technische systemen te ontwerpen. Ten slotte, zij leren na de onderzoeks- of ontwerpfase te reflecteren op de antwoorden en nieuwe vragen te formuleren.

Denken & redeneren, modelleren & abstraheren

Tijdens het het oplossen van vragen en authentieke probleemstellingen, zijn de vaardigheden denken, redeneren, modelleren en abstraheren belangrijk. Leerlingen moeten daarom leren kritisch te denken, een probleem te abstraheren en een geschikte systematische aanpak te kiezen en te hanteren. Zij moeten daarvoor eenvoudige processen tot eenduidige algoritmen kunnen herleiden om processen te automatiseren en te simuleren. Bovendien moeten zij een wetenschappelijk, wiskundig of technisch probleem kunnen beschrijven m.b.v. een gepast conceptueel of wiskundig model.

Strategisch toepassen & ontwikkelen van technologie

Leerlingen moeten niet alleen in staat zijn om gebruik te maken van technologisch inzicht bij het beantwoorden van een vraag of authentieke probleemstelling, maar ook om nieuwe technologie te ontwikkelen of bestaande technologie te verbeteren. Leerlingen moeten bij het toepassen en het ontwikkelen van technologie ook in staat zijn de limieten, risico's en de impact van technologie te analyseren. Daarnaast moeten ze technologie gebruiken op een ethische en verantwoorde manier.

Communiceren over informatie i.v.m. wetenschap, technologie, engineering & wiskunde

Leerlingen moeten een mening of argument kunnen verwoorden en onderbouwen over wetenschappen, wiskunde, technologie, engineering en een correcte vaktaal bij communicatie kunnen hanteren. Ze moeten in staat zijn op effectieve en correcte wijze te communiceren met zowel STEM-teamleden als niet-teamleden.

Samenwerken als STEM-team

In het oplossen van complexe problemen is samenwerken belangrijk. Leerlingen moeten daarom leren ideeën te delen en effectief samen te werken binnen een interdisciplinair STEM-team om een gemeenschappelijk doel te bereiken. Ze luisteren naar en staan open voor ideeën van anderen binnen het team en communiceren op een effectieve en correcte wijze.

Inzicht in de relevantie van STEM en hoe STEM werkt

Door de leerinhouden uit de verschillende STEM-disciplines geïntegreerd aan bod te laten komen, willen we jongeren meer inzicht geven in de relevantie van STEM. Leerlingen leren inzien dat STEM op zich waardevol en een essentieel deel van de menselijke kennis is. Leerlingen moeten zicht krijgen op 'how STEM works'. Zo leren ze dat een STEM-discipline nuttig kan zijn voor een andere STEM-discipline en dat bijvoorbeeld wiskunde belangrijk kan zijn om theoretische fysica te leren. Leerlingen leren ook

dat in de praktijk wetenschappen, wiskunde en technologie, vaak interdisciplinair, worden ingezet om technologische en maatschappelijke toepassingen te verwezenlijken. Door een beter inzicht in de relevantie van STEM en hoe STEM werkt te verwerven kunnen ze een geïnformeerde en kwalitatief betere studiekeuze maken wanneer ze het secundair onderwijs verlaten.

Hoewel we er van uit gaan dat een betere geïnformeerde studiekeuze, gebaseerd op de juiste motivatie, in het secundair onderwijs en bij de overgang van het secundair naar het hoger onderwijs kan leiden tot een verhoogde instroom in STEM-studierichtingen en STEM-jobs, is deze verhoogde instroom an sich niet onze prioritaire doelstelling. Ook wanneer leerlingen besluiten niet in te stromen in STEM-studierichtingen of STEM-jobs, zullen zij kennis en vaardigheden m.b.t. STEM verworven hebben die bruikbaar zijn in niet-STEM-jobs.

4. Kenmerken van geïntegreerd STEM-onderwijs

Figuur 1 geeft vijf kenmerken weer die volgens ons eigen zijn aan geïntegreerd STEM-onderwijs. Deze vijf kenmerken achten we belangrijk om onze leerdoelstellingen te bereiken. De vijf kenmerken die centraal staan in het door ons ontwikkeld leer materiaal voor geïntegreerd STEM-onderwijs zijn: (1) integratie van STEM-leerinhouden; (2) probleemgecentreerd, leren; (3) onderzoekend en ontwerpnd leren; (4) samenwerkend leren; en (5) rekening houden met vakdidactische input. Bij het realiseren van deze onderwijsstrategieën en kenmerken houden we rekening met de principes van instructie van Merrill (2002). Deze principes - probleemgecentreerd leren, demonstreren, activeren, integreren en toepassen - worden geacht aan de basis te liggen van een effectieve leeromgeving ongeacht het theoretisch kader, het vak of de onderwijsstrategie die men in de praktijk toepast.

4.1 Integratie van leerinhouden

Leerinhouden uit de disciplines natuurwetenschappen, technologie, engineering en wiskunde worden samengebracht en ingezet om een authentiek probleem op te lossen. Wanneer dit probleem een ontwerp vraag is waarbij een product of een technisch systeem ontworpen moet worden, dan spreken we van engineering. Wanneer het probleem vertaald kan worden naar een onderzoeksvraag, dan spreken we over wetenschappen. Integratie van leerinhouden uit de STEM-disciplines hoeft echter niet te impliceren dat alle disciplines altijd tegelijkertijd geïntegreerd worden. Ook S en M kunnen bijvoorbeeld op bepaalde momenten in het curriculum geïntegreerd worden, zonder dat T/E op dat moment aan bod komen of omgekeerd.

De integratie van de leerinhouden leidt tot twee praktische implicaties binnen ons project: (1) het opzetten van een STEM-vak waarin de integratie centraal staat in functie van het oplossen van een authentiek probleem en (2) het aanpassen van de volgorde van leerinhouden van de basisvakken natuurwetenschappen (in de tweede graad is dit enkel fysica) en wiskunde zodat leerinhouden gemeenschappelijk voor de basisvakken en het STEM-vak op hetzelfde moment aan bod komen. Dit laatste veronderstelt een goede samenwerking tussen de leerkrachten van de basisvakken en het STEM-vak.

Hoewel integratie van de disciplines van STEM zo goed mogelijk wordt nagestreefd omdat we er een meerwaarde zien, gaat de integratie dus niet ten koste van de basisvakken. Meer nog, integratie dient te gebeuren met respect voor de eigenheid van natuurwetenschappen en wiskunde. Bovendien is het niet noodzakelijk en haalbaar om alle leerinhouden uit de basisvakken enkel op geïntegreerde wijze

aan te bieden. Ook binnen elk vakdomein kan het abstracte denkvermogen en conceptueel inzicht versterkt worden. Maar, we gaan er wel van uit dat vooral door integratie van de leerinhouden uit de verschillende STEM-disciplines meer inzicht kan gecreëerd worden bij jongeren in de relevantie van STEM en hoe STEM werkt.

4.2 Probleemgecentreerd leren

Probleemgecentreerd leren is een van de basisprincipes van Merrill (2002) voor goed onderwijs. Een probleem kan een onderzoeksvraag zijn of een opdracht om een product of systeem te ontwerpen. Dit probleem moet authentiek zijn, maar hoeft geen echte opdracht te zijn die van buiten komt, bv. vanuit een bedrijf of andere instantie. Het probleem moet uitdagend en niet-vastomlijnd zijn, opdat leerlingen tot de vaststelling komen dat verschillende oplossingen mogelijk kunnen zijn en leren argumenteren waarom zij voor een welbepaalde oplossing gaan. Het is daarnaast belangrijk dat het probleem aangeboden en belicht wordt in zijn geheel bij aanvang van een nieuwe module (cf. Perkins, 2009). Leerlingen moeten reeds bij aanvang van de les het hele probleem kunnen aanschouwen. Dit zal hen ook een beter inzicht geven in wat aan bod zal komen in de daaropvolgende lessen dan een droge opsomming van leerdoelstellingen (Merrill, 2002).

Leerlingen worden doorheen het schooljaar met enkele grote uitdagingen of authentieke problemen geconfronteerd. Deze problemen staan centraal in het STEM-vak en bepalen welke leerinhouden aan bod komen. Leerinhouden die nodig zijn om het authentieke en complexe probleem op te lossen worden echter niet door de leerlingen zelf gezocht en gekozen zoals in probleemgestuurd leren, maar worden door de leerkracht op basis van het leermateriaal aangeboden. Leerlingen moeten niettemin betrokken worden in het gehele proces van het oplossen van een probleem, bv. bij het definiëren van het probleem, en niet enkel op vlak van uitvoering. Tot slot, leerlingen moeten een proces doorlopen bij het oplossen van problemen waarbij de problemen toenemen in complexiteit. Ze moeten daarbij op gepaste wijze begeleid worden door de leerkracht (Merrill, 2002).

4.3 Onderzoekend en ontwerpend leren

Om een authentiek probleem op te lossen, doorlopen leerlingen meermaals een onderzoeks- en/of ontwerpcyclus. Om een antwoord te vinden op het probleem voeren leerlingen deelopdrachten - ontwerpen of experimenten - uit en bouwen ze geleidelijk aan de kennis op die ze nodig hebben om een antwoord te vinden op het authentieke probleem. De onderzoeks- en ontwerpcyclus bestaat globaal uit vier fases die meermaals voor eenzelfde opdracht doorlopen kunnen worden: oriënteren, voorbereiden, uitvoeren en reflecteren. Tijdens het oriënteren wordt de uitdaging of het (deel)probleem omgezet naar een onderzoekbare vraag of ontwerp-vraag. Leerlingen geraken vertrouwd met en worden eigenaar van het probleem. Het is belangrijk dat in deze fase een link wordt gelegd met de voorkennis van de leerlingen en geïnventariseerd wordt welke nieuwe kennis nodig is om het probleem op te lossen. Vervolgens worden verwachtingen geformuleerd met betrekking tot de onderzoeksvraag of worden de eisen van het te ontwerpen product geformuleerd. In de voorbereidingsfase wordt bijkomende informatie verzameld. Dat kan gaan om theoretische achtergronden, randvoorwaarden voor een experiment of ontwerp-opdracht etc. Daarna wordt een onderzoeks- of ontwerpplan uitgeschreven en de vereiste benodigdheden verzameld. In de derde fase, wordt het experiment of de ontwerp-opdracht uitgevoerd. Gegevens worden aan de hand van het experiment verzameld en gerapporteerd. Het ontwerpvoorstel wordt uitgevoerd, getest en gerapporteerd. In de laatste fase wordt diepgaander gereflecteerd over de uitvoering van het

onderzoek of het ontwerp en het geleerde. Leerlingen verwerven inzicht in het geleerde concept of het technische systeem en vertalen dit naar de eigen leefwereld of de uitdaging. Eventueel komt na reflectie het bijsturen van het experiment of het verder gaan met een nieuwe, uit het onderzoek voortvloeiende onderzoeksvraag of het bijsturen van het ontwikkelde product.

Het is belangrijk dat leerlingen tijdens onderzoekend en ontwerpend leren goed begeleid worden. Hoewel de leerlingen in het gehele proces van het oplossen van het probleem betrokken moeten worden, zal demonstreren zeker bij aanvang van geïntegreerd STEM-onderwijs een belangrijke plaats innemen. Het is belangrijk dat de leerkracht vooral in de beginfase de leerlingen demonstreert hoe ze hypothesen kunnen formuleren, ontwerp opdrachten kunnen beschrijven, opdrachten kunnen uitvoeren en resultaten kunnen analyseren, rapporteren en verdiepen.

Huidige onderzoeksliteratuur is positief over de voordelen van onderzoekend en ontwerpend leren, mits goede begeleiding. Op basis van een review concluderen De Groof, Donche en Van Petegem (2012) dat onderzoekend leren een effectieve aanpak is voor het verwerven van onderzoekscompetenties en inhoudelijke conceptuele kennis. Het is eveneens een effectieve aanpak voor transfer van de verworven kennis, vaardigheden en attitudes. Empirische studies rond ontwerpend leren in secundair onderwijs tonen aan dat deze aanpak tijdens de lessen wetenschappen redeneren, zelfsturing en samenwerkingsvaardigheden stimuleert (Gómez Puente, Van Eijck & Jochems, 2013). We gaan er daarom van uit dat we met ontwerpend en onderzoekend leren onze leerdoelstellingen kunnen bereiken.

4.4 Samen leren

Samen leren is een succesvolle onderwijsstrategie waarbij leerlingen in kleine heterogene groepjes (bij voorkeur 2 tot 4 personen) samenwerken aan de uitvoering van een gemeenschappelijke taak. Samen leren veronderstelt een actieve deelname van de leerlingen aan het lesgebeuren. Het is een onderwijsstrategie waarop de basisprincipes van Merrill (2002), activeren, integreren, demonstreren en in aanraking komen met meerdere perspectieven, gerealiseerd kunnen worden. Leerlingen nemen actief deel door informatie uit te wisselen, te discussiëren, zaken te selecteren en te experimenteren. Door eigen denkproces en inzichten te toetsen aan dat van anderen, wordt nadenken over het geleerde bevorderd. Leerlingen ontwikkelen hun denkvermogens, het vermogen om problemen op te lossen, om kennis te integreren in reeds bestaande concepten en kennis toe te passen. De leerlingen construeren op die manier kennis door actief bezig te zijn. Samen leren draagt ook bij tot het verwerven van sociale vaardigheden en tot de taalontwikkeling van de leerlingen. Doordat samen leren actieve discussie veronderstelt, wordt de (wetenschappelijke) taalvaardigheid van de leerlingen getraind (Dochy, Heylen & Van de Mosselaer, 2000; Slavin, 1996).

Samen leren is niet altijd evident, bijvoorbeeld als de verhoudingen in de klas moeilijk liggen of als altijd dezelfde leerling aan de zijlijn staat. Het is dan ook belangrijk dat leerlingen de kans krijgen te groeien in samenwerken, en dat de leraar hen hierbij begeleidt (zie voor concrete voorbeelden van werkvormen voor samen leren <https://fys.kuleuven.be/slonwf/lesmateriaal-1/samen-leren/samen-leren-vliebergh.pdf>).

4.5 Vakdidactische input

Naast de bovenvermelde onderwijsstrategieën die in eender welk vak zouden toegepast moeten kunnen worden, is ook aandacht voor het vakdidactisch onderzoek belangrijk. Vakdidactiek omvat kennis over en het kunnen toepassen van de gepaste instructiewijze om specifieke vakinhouden, hier STEM-leerinhouden, over te brengen aan de leerlingen. In de internationale literatuur wordt dit ook wel de *pedagogical content knowledge* genoemd (zie Shulman, 1986). Op basis van onderzoek en ervaring van leerkrachten is er bijvoorbeeld informatie beschikbaar op welke manier de meest voorkomende concepten binnen een bepaald domein op een duidelijke manier voorgesteld kunnen worden aan de hand van verschillende representaties, analogieën, illustraties, voorbeelden, en demonstraties. Ook is er reeds veel geweten over welke (voor)kennis leerlingen van verschillende leeftijden met zich meedragen met betrekking tot de thema's en de concepten die behandeld worden in de klas. Vakdidactisch onderzoek vertelt ons op welke manier een leerkracht kan inspelen op misconcepties en welke strategieën toegepast kunnen worden om de misconcepties om te buigen naar correcte wetenschappelijke denkbeelden. Tot slot, vakdidactisch onderzoek vertelt ons niet alleen hoe concepten het best aangebracht worden maar ook over andere aspecten zoals probleemoplossend leren, over vormgeving van experimenten etc. We vinden het daarom belangrijk dat we in ons project bij het ontwikkelen van het leermateriaal rekening houden met zulke vakdidactische onderzoeksresultaten.

Tot op vandaag bestaat er geen vakdidactiek voor geïntegreerd STEM-onderwijs (cf. de Miranda, 2008). Om een goede vakdidactiek te ontwikkelen voor geïntegreerd STEM-onderwijs zal dus gekeken moeten worden naar de vakdidactiek van de afzonderlijke STEM-disciplines. In tegenstelling tot de vakdidactiek voor natuurwetenschappen en wiskunde is er in de huidige onderzoeksliteratuur weinig informatie te vinden over vakdidactiek of PCK voor technologie en ingenieurswetenschappen (cf. Williams & Lockley, 2012). De weinige artikels over PCK voor technologie of ingenieurswetenschappen behandelen bovendien diverse thema's gaande van technologische concepten (Roohan, Taconis & Jochems, 2011), onderzoeks- en ontwerpvaardigheden (Hynes, 2012; Williams & Lockley, 2012) tot zelfs een specifiek onderwerp uit de natuurwetenschappen (Viiri, 2003). Bij het ontwikkelen van een vakdidactiek voor geïntegreerd STEM-onderwijs zullen we ons dus moeten beroepen op zowel de onderzoeksliteratuur m.b.t. de relevante leerinhouden als op eigen onderzoeksresultaten en de ervaringen die de leerkrachten opdoen binnen ons project.

REFERENTIES

De Cock, M. Samen leren in de fysica's. Leuven: KU Leuven.

<https://fys.kuleuven.be/slonwf/lesmateriaal-1/samen-leren/samen-leren-vliebergh.pdf>

De Groof, J., Donche, Vincent, & Van Petegem, Peter (2012). *Onderzoekend leren stimuleren: effecten, maatregelen en principes*. Leuven: Acco.

De Miranda, M. A. (2008). Pedagogical content knowledge and engineering and technology teacher education: Issues for thought. *Journal of the Japanese Society of Technology Education*, 50(1), 17-26.

Dochy, F., Heylen, L. & Van de Mosselaer, H. (2000). *Coöperatief leren in een krachtige leeromgeving*. Leuven: Acco.

Gómez Puente, S. M., van Eijck, M., & Jochems, W. (2013). A sampled literature review of design-based learning

approaches: a search for key characteristics. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 717–732.

Hynes, M. M. (2012). Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: a look at subject matter and pedagogical content knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 22, 345–360.

Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 43-59.

Perkins, D. (2009). *Making learning whole*. San Francisco: Jossey-Bass.

Roohan, E. J, Taconis, R., & Jochems, W. M.G. (2011). Exploring the underlying components of primary school teachers' pedagogical content knowledge for technology education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 7(4), 263-274.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Slavin, R. E. (1996). Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know. *Contemporary Educational Psychology*, 21, 43-69.

Van den Berghe, W., & De Martelaere, D. (2012). *Kiezen voor STEM*. Brussel: VRWI.

Viiri, J. (2003). Engineering teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Engineering Education*, 28(3), 353-359.

Williams, J., & Lockley, J. (2012). Using CoRes to develop the pedagogical content knowledge (PCK) of early career science and technology teachers. *Journal of Technology Education*, 24(1), 34-53.