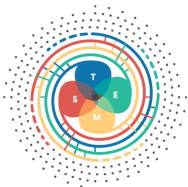


Eindrapport

Vlaams Lerend Netwerk STEM SO

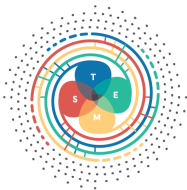
Stuurgroep van het Lerend Netwerk
redacteurs: Erica Andreotti, Renaat Frans, Ineke De Coninck,
Jan De Lange, Jan Sermeus, Jouri Van Landeghem

Het netwerk werd ondersteund door de Vlaamse Overheid Departement Onderwijs & Vorming en door UC Leuven-Limburg, Odisee, Hogeschool Gent, Hogeschool Vives en Arteveldehogeschool.



Eindrapport van het Vlaams Lerend Netwerk STEM Secundair Onderwijs

Executive summary	3
1. Inleiding	5
2. Doelen en activiteiten van het Vlaams Lerend Netwerk secundair onderwijs	6
3. Probleemstelling	7
3.1. Wat is STEM?	9
3.2. Waarom STEM?	11
3.3. Hoe?	12
3.4. Voor wie?	13
4. Wat met de 10 dimensies?	14
4.1 De 10 dimensies in detail	15
4.2 Een 10 dimensionaal schema	20
5. InkleurModel voor het STEM-onderwijs	21
5.1 Waarom een InkleurModel?	21
5.2 Het InkleurModel voor het STEM-onderwijs	21
<i>Logo</i>	22
<i>Waarom?</i>	23
<i>Wat?</i>	24
<i>Hoe?</i>	28
<i>Voor wie?</i>	32
<i>Het volledige InkleurModel</i>	34
6. Aanbevelingen	36
Referenties	42
Appendix 1 – Wie zijn wij	44
Appendix 2 – Activiteiten van het netwerk	45
Appendix 3 – Noden van de scholen vanuit de vragenlijst	45
Appendix 4 – Generieke elementen vanuit de netwerksessies	57
Appendix 5 – Lijst van bij het netwerk betrokken scholen	61



Executive summary

Dit rapport is het resultaat van de besprekingen tijdens de netwerksessies georganiseerd door het Vlaams Lerend Netwerk STEM Secundair Onderwijs. Het netwerk bestaat uit meer dan 400 leden van meer dan 200 scholen en vele andere spelers in het onderwijsveld. Vertrekkend van de presentaties, gesprekken en discussies die plaatsvonden op de netwerksessies, en waarbij enkele noden en spanningen naar boven kwamen, werden de volgende themata naar voor geschoven.

Wat en waarom? Scholen geven elk een andere invulling aan het begrip 'STEM', wat leidt tot de vraag "Wat is de 'echte' STEM?". Deze vraag peilt ook naar de doelen, het waarom, van STEM. Het is interessant om het verschil in invulling van STEM een plaats te geven in de gesprekken tussen scholen, ouders, leerlingen,...

Hoe? Is STEM een nieuwe didactiek, of gaat het om een brede diversiteit aan mogelijke didactieken om op een interdisciplinaire manier met wetenschap, techniek, ontwerp en wiskunde aan de slag te gaan?

Voor wie? Tenslotte is er een spanning tussen STEM-specialisatie/focus en STEM-geletterdheid, waarbij tot nu toe de laatste minder aandacht krijgt.

Weloverwogen antwoorden op deze vragen laten toe om genuanceerder te communiceren over STEM.

De 10 dimensies van het STEM-kader

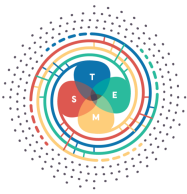
De 10 dimensies van het STEM-kader voor het Vlaamse onderwijs lijken onafhankelijk en verbergen zo veel onderliggende samenhang. Inzicht in die samenhang maakt het STEM-kader beter inzetbaar in de STEM-praktijk. Het schema op p. 20 is een resultaat van gesprekken binnen het netwerk en maakt deze onderliggende samenhang visueel.

Centraal in STEM staan ontwerpen en onderzoeken, die twee kanten zijn van dezelfde munt. Via onderzoek en ontwerp kunnen problemen opgelost en fenomenen doorgrond worden. Onderzoeken en ontwerpen gebeurt in authentieke, relevante en innoverende contexten met een duidelijke link naar de STEM-domeinen en de maatschappij waarin we leven. Om vaardig te kunnen onderzoeken en ontwerpen wordt gesteund op de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden. STEM is het domein bij uitstek om deze vaardigheden te ontplooien en verder te ontwikkelen en te verfijnen, en een domein waar we de leerlingen kunnen vormen tot actief participerende burgers.

Het resultaat van STEM-onderwijs is enerzijds een groep jongeren die gemotiveerd en bewust kiezen voor een STEM-specialisatie en een verdere carrière. Anderzijds kan (en moet) het STEM-onderwijs leiden tot een algemene STEM-geletterdheid voor alle jongeren (zie ook aanbeveling 6).

InkleurModel

Om de nuancering die nodig is wanneer men spreekt over een STEM-workshop, -project, -les, -richting of -school vorm te geven werd een InkleurModel ontwikkeld, zie p. 35. Hierbij duidt de betrokken leerkracht of school aan wat STEM juist inhoudt voor een bepaalde les, richting,...



door een antwoord te geven op de vragen 'Waarom', 'Wat', 'Hoe' en 'Voor wie'.

Waarom? Het STEM-verhaal heeft economische en marketing aspecten, maar kan en moet ook een verhaal zijn dat leerlingen tijd en ruimte geeft om de STEM-wereld te ontdekken, hen de mogelijkheid te bieden in de STEM-wereld geïnteresseerd te raken en om hen, als ze daarvoor kiezen, een focus op de STEM-wereld te gunnen.

Wat? STEM wordt steeds ingevuld door iemand met een bepaalde achtergrond (als wetenschapper, ingenieur,...). In het InkleurModel vertaalt zich dit naar het 'STEM-helix' model, dat geworteld is in de vier disciplines. Elk van de vier disciplines wordt vergeleken met een DNA-streng, elke discipline is uniek en een onmisbaar deel van de STEM wereld. Dit wil niet zeggen dat alle disciplines altijd en overal in dezelfde mate aanwezig zijn. Net als in een DNA-helix zijn er ook bruggen tussen de strengen van de STEM-helix. Deze bruggen stellen de 'relevante samenhang tussen de verschillende disciplines' voor.

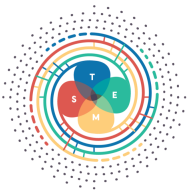
Hoe? STEM wordt dikwijls geassocieerd met projecten rond een bepaald onderwerp. Echter is een diversiteit aan organisatie, methodieken, en evaluatie mogelijk en toe te juichen in STEM. Als vormgever van STEM-onderwijs loont het om na te denken over de keuzes voor hoe STEM wordt aangeboden. Deze keuzes zijn verbonden met de *Wat?*, *Voor wie?*, en *Waarom?*.

Voor wie? STEM initiatieven richten zich steeds tot een bepaald publiek. Naast het onderscheid in leeftijd kan men ook een onderscheid maken in de STEM affiniteit van de leerlingen. Een les aan leerlingen die zich inzetten voor STEM-focus of specialisatie is anders dan een les voor leerlingen waarbij de focus ligt op STEM-geletterdheid.

Aanbevelingen

Ten slotte werden de volgende aanbevelingen geformuleerd.

- Aanbeveling 1:* Zet STEM in als een verhaal dat leerkrachten, scholen aanspreekt op hun professionaliteit.
- Aanbeveling 2:* De vier STEM-disciplines hoeven niet altijd allemaal aanwezig te zijn.
- Aanbeveling 3:* De samenhang tussen de disciplines moet betekenisvol en relevant zijn.
- Aanbeveling 4:* Maak gebruik van verschillende methodieken in het STEM onderwijs.
- Aanbeveling 5:* Goed STEM-onderwijs vraagt om een intense en goede begeleiding van de leerlingen.
- Aanbeveling 6:* Geef voldoende aandacht aan geletterdheid, schep ruimte voor 'verkenning', doseer de focus/specialisatie in functie van de doelgroep.
- Aanbeveling 7:* Denk na over de doelen van je STEM-onderwijs in functie van de waarom, wat, voor wie.
- Aanbeveling 8:* Stem af tussen de leerkrachten STEM: STEM is immers teamwork.
- Aanbeveling 9:* STEM moet inzetten op creativiteit, denkhoudingen, redeneren en het innemen van verschillende perspectieven.
- Aanbeveling 10:* Ga aan de slag met STEM binnen en buiten de school(m)uren.



1. Inleiding

Dit rapport is het resultaat van de besprekingen tijdens de netwerksessies georganiseerd door het Vlaams Lerend Netwerk STEM Secundair Onderwijs. De werking van het netwerk is vertrokken vanuit het STEM-kader van de Vlaamse overheid, waarbij de 10 dimensies van STEM worden voorgesteld. Het bleek echter dat deze 10 dimensies niet genoeg gefocust zijn op de praktijk van het onderwijs. Vanuit de netwerksessies werden daarom volgende themata naar voor geschoven in het licht waarvan het netwerk de vragen van directies en leerkrachten heeft bekeken: *STEM Waarom? Wat? Hoe? Voor wie?*

Tijdens de netwerksessies zijn ook een aantal spanningen aan bod gekomen, die terug te vinden zijn onder 'generieke elementen vanuit de netwerksessies' en onder 'noden van de scholen' (zie appendices). Het is interessant te merken dat gelijkaardige spanningen opgetreden zijn in de VS, waar STEM zijn oorsprong kent (STEM Education in Southwestern Pennsylvania, 2008). Deze spanningen sluiten trouwens aan bij de vragen '*Waarom? Wat?, Voor wie? en Hoe?*'. Antwoord geven op deze vragen betekent dan ook voor de bestaande spanningen een oplossing bieden.

1. *Wat en waarom?*

Een eerste opvallende spanning is die tussen ASO- en TSO-scholen. Zij geven elk een andere invulling aan het begrip 'STEM' wat al snel leidt tot vragen en discussies over wie dan de 'echte' STEM geeft. Dat scholen van verschillende onderwijsvormen STEM anders invullen, is echter begrijpelijk, het is dus interessant om het verschil in invulling van STEM een plaats te geven in de gesprekken tussen scholen, ouders, leerlingen,... Bovendien houdt de vraag "*wat is (de) 'echte' STEM?*" eerder verband met nadenken over de doelen van STEM in het onderwijs: de *waarom*- en de *wat*-vraag zijn dus sterk aan elkaar verbonden.

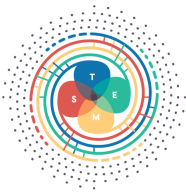
2. *Hoe?*

Een tweede spanning is er tussen de manier waarop er over STEM gesproken wordt, als zijnde een nieuwe didactiek (soms in het enkelvoud als 'de' STEM-didactiek) aan de ene kant, en als een brede diversiteit aan mogelijke didactieken om op een interdisciplinaire manier met wetenschap, techniek, ontwerp en wiskunde aan de slag te gaan, aan de andere kant.

3. *Voor wie?*

Tenslotte is er een spanning tussen STEM-geletterdheid en STEM-specialisatie/focus. Bij geletterdheid gaat het om een brede cultuur voor STEM: 'for all'. Bij specialisatie richt men zich tot leerlingen die kiezen voor of een aanleg hebben voor STEM. Deze spanning maakt conversaties over STEM moeilijk. Uit de werking van het netwerk is gebleken dat nuancering nodig is en dat tot nu toe er relatief weinig aandacht is voor de geletterdheid van STEM.

In dit rapport stellen we een aantal didactische en beleidsaanbevelingen voor. Deze worden geduid aan de hand van het 'InkleurModel voor het STEM- onderwijs' dat ontwikkeld werd in het kader van de netwerking. Dit InkleurModel tracht nuance in de verschillende vormen van STEM visueel voor te stellen en hoopt zo bij te dragen tot de bespreekbaarheid ervan. Op die manier tracht het InkleurModel voor STEM een instrument te zijn dat leerkrachten en scholen aanspreekt op hun professionaliteit.



Het is niet de bedoeling van dit rapport, of nog specifiek van het InkleurModel, om nog een definitie van/kader voor STEM toe te voegen aan de bestaande kaders. Het is echter wel de bedoeling om alle spelers in het STEM-veld (kinderen, ouders, scholen, beleidsmakers,...) een tool te geven om op een genuanceerde manier te praten over de bestaande STEM initiatieven, en te komen tot mogelijke antwoorden op de vier vragen *Waarom? Wat? Hoe? Voor wie?*.

Met de modernisering van het secundair onderwijs (zie <https://onderwijs.vlaanderen.be>) wordt een apart STEM-studiedomein ingericht voor 2de en 3de graad. In dit rapport beschouwen we echter STEM in zijn bredere betekenis en trachten we alle mogelijkheden en vormen ervan te analyseren, van 1ste tot 3de graad¹.

In hoofdstuk 2 en 3 van dit rapport wordt de werking van het Vlaams Lerend Netwerk STEM Secundair Onderwijs overlopen alsook de probleemstelling in detail besproken. Aansluitend wordt in hoofdstuk 4 het STEM-kader van de Vlaamse Overheid nader bekeken en in hoofdstuk 5 het InkleurModel voorgesteld. Tenslotte zijn in hoofdstuk 6 enkele aanbevelingen terug te vinden in een poging tot antwoord op de uitdagingen waar het STEM-onderwijs voor staat.

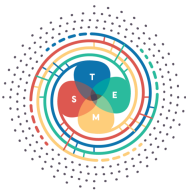
2. Doelen en activiteiten van het Vlaams Lerend Netwerk secundair onderwijs

Het Vlaams Lerend Netwerk secundair onderwijs vindt zijn oorsprong in de brede STEM-dynamiek die op gang kwam in de Vlaamse scholen. Op basis van de oproep voor projectvoorstellen van het Departement Onderwijs werd in het werkveld door de betrokkenen beslist een "consortium" op te richten om dit Vlaams Lerend Netwerk STEM S.O. te vormen. Het doel van het netwerk bestond erin om antwoorden te zoeken op de vele vragen van scholen en leerkrachten rond STEM. Het netwerk nam deze vragen ernstig en schiep ruimte voor een brede reflectie op STEM, met alle stakeholders: scholen, lerarenopleiders, onderzoekers, begeleiders... De expertise inzake STEM werd uitgewisseld door middel van:

- Netwerksessies van de stuurgroep (zie appendix 1): de leden van de stuurgroep vertegenwoordigen zelf, via een aantal lokale lerende netwerken, een ruime groep van scholen in dit overkoepelend Vlaams Netwerk, die allen bezig zijn met STEM.
- Brede netwerksessies open voor het brede publiek (zie appendix 2): deze werden door de uitvoerende leden georganiseerd, op basis van de input van de stuurgroep. Tijdens deze brede netwerksessies werden workshops, STEM-fairs, ronde tafels met deelnemers vanuit zowel het onderwijs als vanuit de bedrijven. In het bijzonder werden een aantal van de 30 innovatieve STEM-projecten in bso- en tso-scholen voorgesteld, gesubsidieerd door het Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming². De uitvoerende leden zorgden telkens voor verslagen op basis waarvan enkele 'generieke elementen' (m.a.w. terugkerende problematieken) werden geformuleerd.

¹ Krachtlijnen onderwijsvorming: <https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/van-29-studiegebieden-naar-8-studiedomeinen-in-2e-en-3e-graad-secundair-onderwijs>

² Innovatieve STEM-projecten in 30 bso- en tso-scholen: <http://onderwijs.vlaanderen.be/nl/innovatieve-stem-projecten-in-30-bso-en-tso-scholen>



- Een vragenlijst rond de 'noden van de scholen' (zie appendix 3): deze werd breed bekend gemaakt, zowel tijdens de netwerksessies als door middel van e-mails aan scholen en andere onderwijsinstellingen.
- Een website (www.stemnetwerk.be) waarop de activiteiten van het netwerk, de verzamelde les-materialen rond STEM (voorgesteld tijdens de georganiseerde workshops), de resultaten uit dit rapport en andere nuttige informatie beschikbaar worden gesteld.

In wat volgt gaan we verder in op de problematieken aan bod gekomen tijdens de netwerksessies en vanuit de vragenlijst. Het netwerk heeft deze problematieken niet enkel verzameld en samengevat, maar het heeft ook een instrument ontwikkeld - het InkleurModel voor het STEM-onderwijs - als hulpmiddel om deze bespreekbaar te maken, en tien aanbevelingen geformuleerd voor alle onderwijsactoren om deze problematieken rechtstreeks aan te pakken.

3. Probleemstelling

Wat is STEM, wat en wie hopen we juist te bereiken met het hele STEM-verhaal, en hoe moeten we STEM aanbrengen in het onderwijs? Antwoorden op deze vier vragen zijn niet meteen duidelijk. De problemen met STEM, en de redenen waarom het zinvol is om deze vragen te stellen wordt hieronder verder uitgelegd.

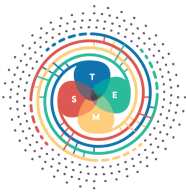
We schetsen eerst de problemen zoals ze vanuit de scholen naar boven gekomen zijn in het netwerk en op basis van:

- een vragenlijst rond de 'noden van de scholen' - opgesteld door de stuurgroep en ingevuld door 82 deelnemers vanuit heel Vlaanderen;
- generieke elementen vanuit de netwerksessies afgeleid uit de samenvatting van de verslagen van de workshops en ronde tafels georganiseerd tijdens de netwerksessies.

Verder (hoofdstuk 5) zullen we deze problemen opnieuw bekijken in het licht van het InkleurModel, dat ontwikkeld werd door het netwerk. Dit InkleurModel geeft richting en inspiratie zodat scholen zelf een antwoord kunnen geven op de gesignaleerde problemen.

Uit de vragenlijst rond de 'noden van de scholen' (zie appendix 3) zijn in het bijzonder volgende problemen rond STEM aan het licht gekomen:

- In de 1ste graad hebben de meeste scholen al STEM, maar in de 2de graad en vooral in de 3de graad moeten vele scholen STEM nog uitbouwen. Bovendien zijn er geen goede uitgeschreven leerlijnen rond STEM van eerste tot derde graad in de meeste scholen: hieruit blijkt dat **nog geen duidelijke leerlijn STEM** van eerste naar derde graad ontwikkeld werd.
- **Overleg en/of samenwerking tussen scholen en leraren** uit eenzelfde scholengemeenschap is eerder zwak. Er is dus nood aan middelen en ruimte om in gesprek te gaan rond STEM.
- De meningen zijn zeer verdeeld bij de vraag of STEM moet gegeven worden in een **apart interdisciplinair STEM-vak of STEM-project** (waarin de inhoud van de

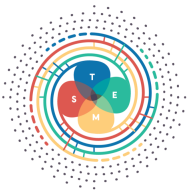


klassieke STEM-vakken verder behandeld wordt) of dat STEM binnen de klassieke STEM-vakken aan bod moet komen.

- Verder zijn de deelnemers ook erg verdeeld over de idee of er **een apart leerplan moet komen voor STEM of niet**.

Naast de resultaten van de bevraging bleek uit conversaties van het netwerk, dat nog niet helder is *wat STEM nu precies inhoudt* (Wat is STEM?). Ook de vraag wie wel en wie niet aan STEM doet of mag doen, en of STEM nu gereserveerd moet blijven voor ASO of voor TSO (Voor wie STEM?), zorgde soms voor 'gemotiveerde discussies'. Deze en een aantal andere generieke elementen zijn aan bod gekomen tijdens de netwerksessies:

- **Spanning tussen STEM geletterdheid en specialisatie.** Iedereen is het er over eens dat STEM ook kan/moet ingezet worden voor iedereen, maar toch gaan zo goed als alle voorbeelden van STEM in het secundair onderwijs over richtingen met STEM die leiden tot specialisatie. Met andere woorden: heel weinig scholen focussen echt op geletterdheid.
- **Geen eensgezindheid over de nood aan een leerplan of niet voor STEM.** Dit hangt ook vast met de invulling die elke school en elke leerkracht geeft aan STEM en het is verbonden met de idee die iedereen heeft over 'Wat is STEM' en 'Voor wie STEM is'. Niet iedereen is het ermee eens dat iedereen STEM doet en mag doen: dit sluit aan met de spanning tussen STEM in ASO en TSO richtingen. Bovendien blijft de vraag of ook in BSO en KSO richtingen STEM een plaats kan vinden.
- **We moeten nadenken over de mate van sturing en eigenaarschap (door de leerlingen) binnen een STEM activiteit.** Veel STEM-projecten blijven nog al heel sterk gestuurd, terwijl STEM juist een kader biedt om de leerlingen meer inspraak te geven over de inhoud van een activiteit. Dit betekent ook niet dat de leerlingen altijd volledig vrije projecten moeten uitwerken: de leerkracht blijft een noodzakelijk begeleidende rol hebben. De uitdaging bestaat erin om het juiste evenwicht te vinden tussen de input van de leerlingen en van de leerkracht. Leerlingen moeten langzaam leren om zelf eigenaarschap te nemen over de dingen die ze doen.
- Er is nog veel **werk om de verschillende componenten binnen STEM een zinvolle invulling** te geven vooral in verbinding met de andere disciplines. Bv. ontwerpen komt voor in Techniek en Engineering. Is dat dan hetzelfde? Ook in Science worden experimenten ontworpen en in wiskunde wordt nieuwe wiskunde gecreëerd. Maar dit ontwerpen gebeurt misschien telkens met iets andere doelstellingen. Het ontwerp in Engineering draait bv. vooral om 'invent, innovate, improve' van tools, processen en organisaties en het zal daarbij Mathematics, Science, maar ook economische en zelf sociale inzichten, toepassen. De E in STEM krijgt vaak een wat te enge invulling waarbij de sociale of maatschappelijke nood slechts een kleine rol speelt. STEM kan misschien een brug bouwen naar humane en sociale wetenschappen. Bv. bij onderzoeken denken we in de eerste plaats aan Science waar onderzoeken betekent dat men een verklaring zoekt. Maar onderzoeken komt ook voor in



Engineering, Techniek of Mathematics. Maar het onderzoeken daar heeft een wat andere focus bv. in E kan het een ontwerponderzoek betekenen.

We trachten in wat volgt bovenstaande problemen verder te analyseren en te groeperen onder de vier grote vragen *Waarom? Wat? Hoe? Voor wie?* Later zullen we, met het InkleurModel en de tien aanbevelingen, een antwoord trachten te bieden op deze vier vragen en daarmee ook bovenstaande problemen trachten op te lossen.

3.1. Wat is STEM?

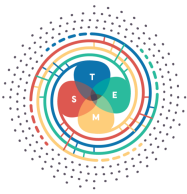
STEM is een internationaal veel gebruikt acroniem om de domeinen van "Science" "Technology" "Engineering" en "Mathematics" samen te vatten in één letterwoord. STEM is een recente term, die pas in de laatste tien jaar opgang is beginnen maken. Daarvoor sprak men van "science", waar men dikwijls een onderscheid maakte tussen "abstract science" (wiskunde, logica, computerwetenschappen, ...), "natural science" (fysica, biologie, chemie, geologie, ...), "applied science" (techniek, engineering, ...) en "social science" (sociologie, psychologie, economie, ...).

In de praktijk van bedrijven en onderzoekscentra ziet men dat specialisten uit die verschillende domeinen steeds vaker samenwerken aan complexe uitdagingen, die moeilijk onder één noemer van "science", "technology", "engineering" of "mathematics" zijn te bevatten. In de "echte" STEM wereld staan geen muren rond de domeinen. Het is helemaal niet duidelijk waar deze muren juist staan, wat er zich binnen of buiten deze muren bevindt, en hoe de verschillende domeinen over de muren heen verbonden zijn. In de "echte" STEM wereld maakt men zich geen zorgen of men nu met S, T, E of M bezig is. Het doel is complexe fenomenen te doorgronden en oplossingen te bedenken voor fundamentele en dagdagelijkse problemen, en daarvoor wordt kennis en expertise ingezet vanuit alle domeinen.

Denk bijvoorbeeld aan het Large Hadron Collider in het CERN, waar wetenschappers, ingenieurs, technici, wiskundigen en informatici samenwerken om een gigantische machine te bouwen en operationeel te houden die meer inzicht moet bieden in de elementaire bouwstenen van het universum. Of hoe inzichten van biologen rond het gedrag van mieren en modellen van fysici van vloeistofdynamica door ingenieurs en stedenbouwkundigen ingezet kunnen worden om verkeersstromen te optimaliseren en zelfrijdende auto's te programmeren.

Merk op dat er geen STEM-specialisten bestaan die expert zijn in alle domeinen. Het zijn specialisten op één (soms twee) domein(en), van wie wel verwacht wordt dat ze kunnen samenwerken en communiceren met specialisten uit andere domeinen, dat ze kunnen inzien voor welke problemen of fenomenen hun kennis en expertise een meerwaarde zou kunnen bieden.

Waar het relatief duidelijk is wat STEM inhoudt in de bedrijfs- en onderzoeksweld, is dit veel minder duidelijk in het onderwijs. Ondanks de recente toegenomen aandacht voor STEM in Vlaanderen en de verschillende publicaties en projectresultaten die STEM trachten te



concretiseren³, blijft één van de meest gestelde vragen van leerkrachten die willen inzetten op STEM: *Wat is STEM nu precies?. Wanneer is iets STEM?, maar ook zeker en vast Wanneer is iets geen STEM?.* Vallen de lessen natuurwetenschappen, waar de verschillende wetenschappelijke disciplines samenkomen en waarbij leerlingen wiskunde nodig hebben voor de oefeningen en techniek voor de practica, onder STEM? Is een les wiskunde, waarbij paraboolbanen en hun vergelijkingen gebruikt worden om te voorspellen waar een kogel zal belanden, STEM? Of kunnen we pas spreken van STEM bij probleemgestuurde projecten, zoals bijv. het ontwerp van een besturingssysteem op basis van oogbewegingen voor een rolstoel?

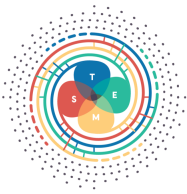
Deze vragen leven bij Vlaamse leerkrachten, maar het zijn ook vragen waar in de Verenigde Staten van Amerika over nagedacht werd/wordt, precies daar waar STEM-onderwijs zijn oorsprong vindt. Zo zijn in het rapport 'STEM Education in Southwestern Pennsylvania, 2008' een aantal vragen opgenomen die door Amerikaanse leerkrachten gesteld werden. Hierbij een aantal interessante voorbeelden:

- *Exactly which jobs are referred to when saying that we have to increase participation in STEM careers?*
- *In joining science, technology, engineering and mathematics are we saying that each component of STEM Education necessarily involves all of the STEM disciplines?*
- *Can you teach one of the areas, such as mathematics, and say that you are a STEM educator, since a strong knowledge of mathematics is necessary for success in science, technology or engineering?*
- *Is this about interdisciplinary education, or ensuring that students understand that content from each subject area is necessary to develop a strong understanding of the world?*

Een antwoord op deze vragen hangt af van de context, en ook de Amerikaanse ervaring mag niet zomaar naar Europa geïmporteerd worden. In Vlaanderen bestaan al heel veel invullingen van STEM. Deze zijn vaak interessant, goed uitgewerkt en heel divers. Die diversiteit is toe te juichen, maar leidt ook snel tot de discussie wie nu de 'echte' STEM geeft. Een zwart-wit antwoord geven op de vraag of iets nu wel of geen STEM is, is niet evident. Er is immers niet één definitie voor wat STEM juist inhoudt, laat staan een eenduidig kader.

Uit de vele gesprekken, voorstellingen en discussies die de leden van het netwerk hadden, zijn er toch enkele generieke elementen naar voor gekomen die gepaard gaan met een aantal uitdagingen. Deze generieke elementen hebben te maken met volgende vragen: Welke **inhouden** worden naar voor geschoven? Welke is de relevante **samenhang** tussen de disciplines van STEM? Welke **aanpak** is best geschikt waarbij leerlingen **actief** en **betekenisvol** leren?

³ Zo is er het STEM-kader van de Vlaamse overheid (<https://www.onderwijskiezer.be>), STEM voor de basis en STEM+ voor het basisonderwijs (<http://www.stembasis.be>), een begeleidingsdocument van Katholiek Onderwijs Vlaanderen (<http://www.katholiekonderwijs.vlaanderen>), het onderzoeksproject STEM@School (<http://www.stematschool.be>) dat inzet op doorstroom richtingen in de 2e en 3e graad van het secundair onderwijs, vele lokale STEM-initiatieven met een eigen invulling,...



Betekenis geven is essentieel en leerkrachten zien dit als hun voornaamste uitdaging. Dit verhoogt uiteraard de betrokkenheid en motivatie bij de leerlingen, en staat ook centraal in de First Principles of instruction van Merrill (Merrill, M.D. 2002). Betekenis wordt vaak gegeven door interessante contexten en probleemstellingen aan te reiken, passend voor de leefwereld, de leeftijd en het niveau van de kinderen. Het hoeft niet te verbazen dat dit heel verschillend kan zijn in een studierichting IW of voeding-verzorging... Engineering vertrekt vaak vanuit een lokale nood/probleem of zoekt naar maatschappelijk en sociale relevantie. STEM kan dus bijvoorbeeld vanuit Engineering bruggen bouwen met andere domeinen, zoals bijv. gezondheidszorg. De zoektocht naar goede contexten blijft prioriteit nummer één voor veel leerkrachten waardoor de didactiek uit het oog verloren kan worden.

Een tweede uitdaging is de samenhang van de verschillende STEM-componenten. Vanuit de betekenisvolle realiteit zoekt men vervolgens naar connecties (zonder te gaan forceren). Een bijkomende uitdaging is rekening te houden met de bestaande leerplannen van de richting waarbinnen de leerlingen zitten. Dit creëert soms een spanningsveld tussen de metacognitieve en inhoudelijke doelen. Iedereen erkent de meerwaarde van metacognitieve doelen, maar door sterk inhoudelijke focus worden deze vaak 'ondergesneeuwd' onder de disciplinaire doelen.

Het InkleurModel voor het STEM-onderwijs wil echter ruimte scheppen voor zowel inhoudelijke als voor metacognitive doelen, voor contexten en voor didactiek, via de samenspel tussen *Wat* en *Hoe*.

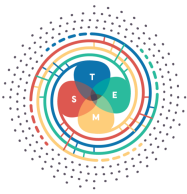
3.2. Waarom STEM?

Wetenschappen, wiskunde en techniek hebben al lang een prominente plaats binnen het curriculum van het Vlaamse onderwijs. Waar draait die hele STEM-heisa dan rond? Aansluitend aan de vraag *Wat is STEM?* is een antwoord op de vraag *Waarom STEM?* ook niet duidelijk.

STEM lijkt soms een modewoord te zijn dat scholen tegenwoordig moeten vermelden op hun website, opendeurdagen en studierichtingen om leerlingen aan te trekken. Is het antwoord op de vraag "Waarom STEM?" dan misschien beperkt tot marketing? Dat lijkt een zeer magere invulling van het potentieel dat STEM heeft in het onderwijs.

In de VS, waar de STEM beweging zijn oorsprong vindt, werd de invoering van STEM in het onderwijs gezien als een oplossing voor de afname van het aantal afgestudeerden in wetenschappelijke en technische richtingen (*State of STEM in the United States*, Maryland State Department of Education).

Om dezelfde reden is STEM ook in Europa en Vlaanderen beland. We hebben ingenieurs, wetenschappers, wiskundigen, technici, ... nodig, willen we als regio competitief kunnen blijven in een hoogtechnologische wereld, en om de vele maatschappelijke uitdagingen aan te pakken. Denk daarbij aan bijv. klimaatsopwarming, automatisatie, AI, genetische manipulatie,... Daarom is het belangrijk om jongeren te motiveren om een studierichting en carrière te kiezen binnen de STEM-wereld. De hoop is dat dit kan door motiverend STEM-onderwijs, waar zij naast relevante kennis en vaardigheden ook een goed beeld krijgen van wat werken binnen de STEM-wereld inhoudt.



Vaak zet de invulling van STEM in op deze eerste, economische, reden. STEM-studierichtingen worden ingericht met het oog om 'sterke' leerlingen klaar te stomen voor een verdere studie en carrière in STEM. Ook de bedrijfswereld ondersteunt deze STEM omwille van deze reden (zie b.v. <http://stemcharter.be/>). De invoering van STEM in het onderwijs kan immers kansen bieden om leerlingen (en leerkrachten) in contact te brengen met de STEM wereld van onderzoeksinstellingen en van bedrijven en om hun interesse hiervoor te stimuleren.

Deze economische beweegreden voor STEM is echter maar een deel van het antwoord. Een tweede oorspronkelijk reden voor STEM is maatschappelijk (zie b.v. <https://www.ed.gov/Stem> en het STEM-actieplan van de Vlaamse Overheid, 2012). STEM kan worden ingezet als drijvende kracht om meer meisjes en maatschappelijk kwetsbare kinderen en jongeren dezelfde mogelijkheden te geven als anderen. Hoewel dit doel zeer waardevol is, zijn er weinig projecten/scholen/... terug te vinden die hierop inzetten.

Naast deze twee redenen kan een bijkomende maatschappelijke reden geconcipieerd worden. Burgers van morgen hebben nood aan een fundamentele STEM-geletterdheid. Zij moeten in staat zijn zich goed en correct te informeren, een kritische kijk te ontwikkelen en een gefundeerde mening te vormen rond maatschappelijke thema's met sterke STEM-inslag, zoals klimaatproblematiek, milieu, energievoorziening, de toenemende automatisatie, genetische manipulatie, ... Het lijkt dus interessant om in te zetten op STEM ook voor leerlingen die geen STEM-richting kiezen (zie ook het *VLOR Advies over het ontwerp van STEM-kader*, 2015). Dit gebeurt nog niet.

"De Vlor is het niet eens met een louter functionalistische benadering van STEM - onderwijs. STEM is vormend op zich. Onderwijs moet niet werken aan STEM enkel omdat er meer STEM-afgestudeerden nodig zijn op de arbeidsmarkt. "

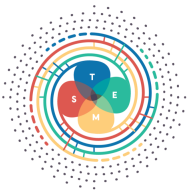
VLOR Advies over het ontwerp van STEM-kader, oktober 2015

Buiten deze economische en maatschappelijke redenen, zijn er ook pedagogische redenen om STEM in het onderwijs een plaats te geven. STEM is immers een rijke context die toelaat om aan algemene denkvaardigheden te werken. Leerlingen krijgen kansen om kritisch te leren denken, problemen op te lossen, creatief aan de slag te gaan, in team te leren werken, informatie op te zoeken en te evalueren, te leren plannen en organiseren...

3.3. Hoe?

In de klassieke wetenschapsklas is er sprake van 'de wetenschappelijke methode'. Deze methode wordt dan soms vertaald naar de OVUR methode waar leerlingen zich moeten Oriënteren, Voorbereiden om een onderzoek te kunnen Uitvoeren en erover te kunnen Rapporteren en Reflecteren. In een STEM-les is dit kader veel minder duidelijk, leerlingen moeten immers niet enkel onderzoeken, maar dikwijls ook ontwerpen. Bovendien zijn onderzoek en ontwerp intrinsiek verbonden in STEM.

Verscheidene mogelijke kaders kunnen gebruikt worden in de STEM-les: een aangepaste versie van OVUR, design thinking, onderzoekend leren, ontwerpnd leren,... Centraal lijkt echter steeds een actieve manier van leren te staan. Er lijkt, binnen het netwerk, een consensus te bestaan dat een actieve manier van leren in een open en projectmatige aanpak een grote



meerwaarde is. Men is het er over eens dat in STEM het open karakter of mate van autonomie belangrijk is (belangrijker dan in traditionele vakken).

Maar dit is niet altijd makkelijk implementeerbaar. De term 'open' of een 'graad van autonomie' is ook niet altijd goed omschreven. Zo spreekt men al snel over 'open' wanneer de resultaten van de leerlingen verschillend zijn. Denk hierbij bijv. aan een project waarin leerlingen worden uitgedaagd om een knikker weg te schieten met een katapult. De katapulten van de leerlingen zullen allemaal anders zijn. Maar deze invulling van een 'open' opdracht is beperkt in de zin dat alle leerlingen uiteraard een katapult maken. De opdracht zou meer open zijn wanneer de leerlingen uitgedaagd worden om een knikker weg te schieten (zonder daarbij al te zeggen dat dit met een katapult moet).

Het inherente brede karakter van STEM leidt tot een bijkomende veelheid aan methoden en kaders om STEM concreet te maken in de klas. De didactiek is echter vaak afwezig in conversaties over STEM, die al snel vervallen naar gesprekken over 'wat' de leerlingen doen in de klas. De leerlingen maken een katapult, een robot, een automatisch lichtje,... De leerlingen onderzoeken het spectrum van verschillende muziekinstrumenten, sterrenkundige data,... Vaak ontbreekt in deze gesprekken echter *Hoe* de kinderen aan de slag gezet worden. Komen de vragen/ideeën van hen of van de leerkracht? Werken ze alleen of in groep? Welke ondersteuning geeft de leerkracht? Hoe wordt omgegaan met de diversiteit in aanpak, snelheid, ... ? Hoe wordt curriculum-inhoud gekoppeld aan de opdracht?

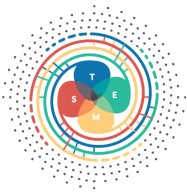
Het InkleurModel neemt de vraag *Hoe?* expliciet mee om de didactiek een plaats te geven in de gesprekken.

3.4. Voor wie?

Veel secundaire scholen zetten in op STEM in de eerste graad als een sterk alternatief voor Latijn. Nadien groeit deze richting uit tot een keuze voor STEM in richtingen zoals bijv. industriële wetenschappen of wiskunde-wetenschappen. STEM wordt dus ingevuld met de bril van STEM-focus/specialisatie. Hierdoor krijgt de andere kant van het spectrum, namelijk STEM-geletterdheid, minder aandacht en lijkt het, onterecht, inherent ondergeschikt. Dit staat tegenover de invulling van STEM in het lager onderwijs, waar voornamelijk wordt ingezet op STEM-geletterdheid.

Leerlingen ondervinden een spanning wanneer ze overgaan van het LO naar het SO. Ze zien een discontinue stap van STEM-for-all in het LO, naar STEM-voor-de-sterke-leerlingen in het SO. Hierbij is het helemaal niet duidelijk wat 'sterk' betekent in deze context. Vaak gaat het hierbij over kinderen die abstract/wiskundig sterker zijn, hoewel het maar een deel uitmaakt van STEM.

Tenslotte zijn er ook nog mogelijkheden om STEM op een ander manier een plaats te geven in het SO. Zo kan bijv. onderzocht worden of het vak 'natuurwetenschappen', waarin de verschillende wetenschappelijke disciplines geïntegreerd aangeboden worden, kan vertaald worden naar een STEM-vak.



Deze spanning tussen STEM-geletterdheid en STEM-focus/specialisatie zorgt voor onduidelijkheden en spanningen in conversaties over STEM in het secundair onderwijs. De vraag stelt zich dus welke rol STEM moet/kan opnemen in de eerste graad van het SO, en aan wie STEM wordt aangeboden. Ook voor de tweede en derde graad SO moet deze oefening gemaakt worden, waarbij dan natuurlijk rekening zal gehouden worden met de verschillende keuzerichtingen. Het zou goed zijn moest STEM deel uitmaken van de basis die alle leerlingen meekrijgen in het secundair onderwijs.

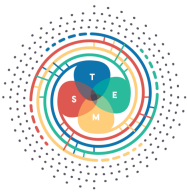
Er zijn vele mogelijkheden om STEM aan te bieden aan leerlingen van alle leeftijden, achtergronden en talenten. Het InkleurModel kan een manier zijn om al deze mogelijkheden van STEM genuanceerd te kaderen, de spanningen te ontlasten, en projecten die inzetten op STEM-geletterdheid een plaats te geven in de conversatie.

4. Wat met de 10 dimensies?

Het STEM-kader voor het Vlaamse onderwijs heeft de ambitie om "helderheid te scheppen", of zoals het beschreven staat, om "de kern van Vlaamse en internationale inzichten die de afgelopen jaren rond STEM zijn gegroeid, te bundelen in een hanteerbaar instrument." Het "wil een referentiepunt zijn, waaraan scholen hun STEM-praktijk kunnen aftoetsen." Daartoe reikt het "10 dimensies en principes" aan, "waar elk STEM-team op kan terugvallen en mee kan verder bouwen binnen de visie en de missie van de school." Deze 10 dimensies en principes zijn:

1. Interactie en samengaan van de aparte STEM-componenten van het letterwoord met respect voor de eigenheid van elke component
2. Probleemoplossend leren via toepassen van STEM-concepten en -praktijken
3. Vaardig en creatief onderzoeken en ontwerpen
4. Denken en redeneren, modelleren en abstraheren
5. Strategisch gebruiken en ontwikkelen van technologie
6. Inzicht verwerven in de relevantie van STEM op zich en voor de maatschappij
7. Verwerven en interpreteren van informatie over en communiceren over STEM
8. Samenwerken in teamverband
9. STEM als drager van 21^{ste}-eeuwse competenties
10. Innovatie

Men kan zich de vraag stellen of dit STEM-kader met 10 dimensies kan antwoorden op de vragen die gesteld werden in de probleemstelling. Een eerste lezing van deze dimensies maakt echter als snel duidelijk dat de items in deze lijst niet altijd eenduidig zijn en dikwijls overlappen. Het is geen kant-en-klare "afvinklijst", geen direct inzetbaar instrument om STEM-onderwijs vorm te geven en de kwaliteit ervan te bewaken. In dit hoofdstuk volgt een overzicht van hoe de dimensies en principes samenhangen, en hoe het kader mogelijks effectief gebruikt kan worden om de STEM-praktijk vorm te geven en af te toetsen.



4.1 De 10 dimensies in detail

De eerste dimensie luidt: "Interactie en samengaan van de aparte STEM-componenten van het letterwoord met respect voor de eigenheid van elke component." In de STEM-wereld, buiten de school, hebben de verschillende STEM-disciplines een duidelijke eigenheid.

'... Het hoge niveau van het bestaande wiskunde- en wetenschapsonderwijs moet behouden blijven, met respect voor de methoden, conventies en andere eigenheden van de wiskunde, de natuurwetenschappelijke disciplines en de toegepaste wetenschappen. Good practices in binnen- en buitenland tonen aan dat dit inderdaad mogelijk is.'

Vandewalle, J. & Veretennicoff, I. (2016)

Een blik op de definitie van Engineering toont dat Engineering economische en sociale aspecten toelaat⁴, iets dat eigen is aan de discipline. In die definitie staat echter ook dat de S, T en M "gebruikt worden". Is "engineering" dan een synoniem voor STEM? Staat de E boven de S, T en M, die eigenlijk maar hulpmiddelen zijn? Mensen actief in de S, T en M zullen hiervan steigeren. Een voorbeeld uit wetenschappen toont dat dit niet altijd zo is. Zo staan, bijvoorbeeld, in deeltjesversnellers zoals in CERN⁵, E, T en M in het teken van S. Dus ook wetenschap S zal E, T en M gebruiken voor zijn eigen doelstellingen. Een analoge redenering kan gemaakt worden voor M en T.

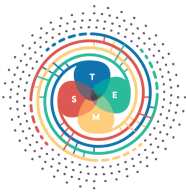
De STEM-wereld is zodanig breed en divers dat deze onmogelijk volledig aan bod kan komen in het onderwijs. Een "complete" STEM-richting is dan ook niet mogelijk. Hoe vertaalt deze STEM-wereld zich dan wel in het onderwijs? Hoe kunnen de aparte STEM-componenten interageren/verweven worden?

Is de oplossing alles gescheiden houden? Om de doelen van STEM-onderwijs te kunnen realiseren, zijnde jongeren stimuleren en voorbereiden op een STEM-specialisatie en het vergroten van de STEM-geletterdheid, zou een eerste stap kunnen zijn om de afzonderlijke disciplines te versterken en te actualiseren. Immers, binnen de individuele disciplines kan al ruimte gemaakt worden om over de grenzen te kijken en verbanden te leggen, om een basis te leggen voor interdisciplinariteit en het vermijden van een te sterk afgelijnd "hokjesdenken". Waarom bijv. geen computermodel gebruiken of programmeren om een dynamiek in een ecosysteem te modelleren in de lessen biologie/natuurwetenschappen?

Zoals hoger gebleken is bij de probleemstelling vanuit het netwerk (zie hoofdstuk 3), komen daarbij verschillende vragen op. In welke mate zijn de kennis en vaardigheden die we nu in lessen wetenschap, wiskunde en techniek aanbrengen relevant voor de 21^{ste} eeuw? Leiden zij effectief tot een grotere STEM-geletterdheid? Vormen zij kritische en goed geïnformeerde

⁴ Volgens ABET (Accreditation for Board Engineering and Technology) is engineering: "Engineering is the profession in which a knowledge of the mathematical and natural sciences gained by study, experience, and practice is applied with judgement to develop ways to utilize economically the materials and forces of nature for the benefit of mankind." (Definition of Engineering/Engineering Technology, ABET)

⁵ CERN staat voor Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (<https://home.cern/>)



burgers die een gefundeerd standpunt kunnen innemen? In welke mate stimuleren ze jongeren om verder in de STEM-wereld te duiken? Zijn de curricula voldoende afgestemd op wat hoger onderwijs, STEM-beroepen en de maatschappij vereisen? Geven zij een reflectie van de praktijk binnen bedrijven en onderzoekscentra?

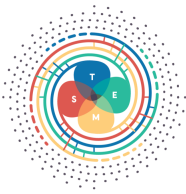
Is de oplossing dan alles integreren? Dat lijkt redelijk. Je hoort wel eens vaker dat een STEM-project goed geïntegreerd is als het praktijken vanuit de verschillende STEM-letters 'gebruikt'. Deze integratie mag echter niet ten koste gaan van hoogstaand onderwijs in de verschillende disciplines, zo waarschuwt het Amerikaanse rapport 'A framework for K12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas (Honey, M., et al, p. 148I). Meer nog, de auteurs stellen dat "*integrated STEM education reinforces the need for students to hone their disciplinary Expertise*". Je moet dus in de aparte disciplines duiken om de connecties tussen disciplines te leren zien.

Een goed gebalanceerd evenwicht tussen sterke individuele vakken en een geïntegreerd STEM-vak lijkt dus het meest interessant. Uiteraard is het onvermijdelijk dat verschillende studierichtingen eigen accenten gaan leggen, waarbij sommigen eerder een focus zullen leggen op abstract-theoretische aspecten (StEM), en andere meer praktijkgericht zullen zijn (sTEM). Sommigen zullen eerder gericht zijn naar natuur, andere meer naar techniek. Allen leiden tot een verschillende STEM-specialisatie, wat gezien de praktijk in bedrijven en onderzoekscentra zelfs wenselijk is. Er bestaan daar geen volwaardige "STEM"-specialisten, wel interdisciplinaire teams. Door leerlingen deze STEM-velden te laten ontdekken en hun samenspel in velerlei contexten en een duidelijke terugkoppeling te voorzien met de domeingerichte vakken als engineering, wiskunde, techniek, fysica, biologie, chemie en computerwetenschappen, wordt de relevantie van de componenten duidelijker.

In goed STEM-onderwijs zit dus niet noodzakelijk evenveel S, T, E en M. Goed STEM-onderwijs tracht wél te laten zien hoe inzichten uit de verschillende STEM-disciplines ertoe bijdragen om onze wereld beter te begrijpen, om betere en meer verantwoorde oplossingen te bedenken, te ontwerpen en te maken. Goed STEM-onderwijs brengt de leerlingen in contact met een grote diversiteit aan contexten, zowel toegepaste als fundamentele. Het laat zien hoe je met kennis en kunde uit de STEM-domeinen problemen kan oplossen en fenomenen kan doorgronden in diverse contexten en domeinen zoals milieu, zorg, voedselvoorziening, energievoorziening, ruimtevaart en sterrenkunde, geneeskunde en farmacie, land- en tuinbouw, logistiek, communicatie, textiel, ...

STEM-onderwijs gaat over het leren van de cruciale inzichten, vaardigheden en attitudes om fenomenen te doorgronden, problemen aan te pakken en oplossingen te ontwikkelen en te implementeren. Bij STEM is er daarom een voortdurende wisselwerking tussen het onderzoeken van fenomenen, het aanpakken van problemen en het ontwikkelen van oplossingen.

Het tonen van een diversiteit aan contexten waarbij men telkens terugkoppelt naar de afzonderlijke STEM-disciplines, net om de complementariteit in deze contexten te kunnen tonen, kan een concreet toetsbare factor worden om deze eerste dimensie vorm te geven.



De tweede dimensie luidt: "Probleemoplossend leren via toepassen van STEM-concepten en – praktijken". Hierboven is gesteld dat STEM gaat over fenomenen doorgronden en problemen oplossen. Pas in de derde dimensie, "Vaardig en creatief onderzoeken en ontwerpen", wordt ontwerpen expliciet vermeld.

Problemen oplossen en onderzoeken zijn twee kanten van dezelfde munt en vullen elkaar naadloos aan. Je kan niet effectief problemen oplossen zonder ook te onderzoeken, en bij elk onderzoek stuit je op problemen die opgelost moeten worden.

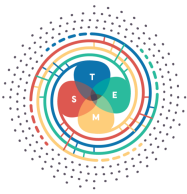
De set van vaardigheden en manieren van denken en ideeën waarop je kan teruggrijpen zijn zo goed als identiek voor onderzoeken als ontwerpen. Dat betekent niet dat onderzoeken en ontwerpen hetzelfde is, wel moet je in beide gevallen de vraag- of probleemstelling kunnen afbakenen, oplossingen bedenken en ontwerpen, testen en experimenten uitvoeren, data kunnen verzamelen en interpreteren, kunnen werken met modellen, redeneren en argumenteren, computationeel en mathematisch kunnen denken, denken in systemen en componenten, complexe problemen opsplitsen in deelproblemen, informatie verwerken, ... Onderzoeken en ontwerpen zijn de kernactiviteiten van de hele STEM-wereld, die een centrale plaats moeten krijgen in elk didactisch model van goed STEM-onderwijs.

Dimensies vier, vijf en acht verduidelijken de STEM-praktijken. "Denken en redeneren, modelleren en abstraheren" zijn cruciale vaardigheden die noodzakelijk zijn voor het oplossen van problemen en doorgronden van fenomenen. Hetzelfde geldt voor "Strategisch gebruiken en ontwikkelen van technologie" en voor "samenwerken in teamverband". Deze dimensies zijn dus een concrete verduidelijking van wat er nodig is om "Vaardig en creatief te onderzoeken en te ontwerpen".

De vaardigheden zoals vermeld in de dimensies zijn wel ruim en algemeen geformuleerd. Om deze als school te kunnen gebruiken als een instrument om STEM vorm te geven of de kwaliteit van het STEM-onderwijs na te gaan, zouden deze verder verfijnd en geconcretiseerd moeten worden. Er kunnen hele leerlijnen ontwikkeld worden waarbij bekeken wordt hoe leerlingen stapsgewijze zich deze vaardigheden met al hun deelaspecten eigen kunnen maken en leren toepassen in diverse contexten bij het doorgronden van fenomenen en oplossen van problemen. De VLOR-publicatie "Zin in wetenschappen, wiskunde en techniek" kan daarvoor al een aanzet geven. Verdere voorbeelden zijn ook te vinden in de internationale literatuur⁶.

De mate waarin dit uitgewerkt is, en opgevolgd en geëvalueerd wordt binnen de school en de klaspraktijk, kunnen dan de concrete toetsbare factoren worden voor een concreet STEM-instrument.

⁶ Zie bijv. de "Atlas of Science Literacy" van het Amerikaanse Project2061, ook online te raadplegen via <http://strandmaps.dls.ucar.edu/?chapter=ALL>, waarin o.a. voor de vermelde vaardigheden (en véél meer) leerlijnen worden uitgezet van kleuter tot hoger secundair.



Ook dimensies zes en zeven ("Inzicht verwerven in de relevantie van STEM op zich en voor de maatschappij" en "Verwerven en interpreteren van informatie over en communiceren over STEM") kunnen eveneens beschouwd worden als concretisering van STEM-concepten en praktijken, zij het met een duidelijke link naar het maatschappelijke en sociale luik van STEM.

Het is evident dat "verwerven en interpreteren van informatie" binnen de STEM-domeinen cruciaal is in het kader van onderzoeken en ontwerpen. Bronnen met relevante informatie vlot kunnen zoeken, relevante informatie selecteren en kritisch evalueren zijn daarbij noodzakelijke vaardigheden die binnen STEM zeker ontwikkeld kunnen worden, maar zeker niet tot STEM beperkt zijn. Het aanbrengen en ontwikkelen van strategieën rond informatie verwerven en interpreteren kan overkoepelend gebeuren met andere vakken zoals Nederlands, geschiedenis, ... om dan concreet toegepast te worden binnen een STEM-context.

Onder "Communiceren over STEM" kan een onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds "Communiceren binnen een STEM-context" en anderzijds "communiceren over STEM met de maatschappij".

Communiceren binnen een STEM-context is essentieel voor de samenwerking binnen een team, uitvoeren van peer-reviews, uitwisselen van onderzoeksgegevens en ontwerpen, opstellen van handleidingen en procedures, enz. Noodzakelijke vaardigheden zijn bv. argumenten kunnen opbouwen, kritiek kunnen geven, argumenten en kritiek kunnen evalueren en daar constructief mee omgaan, correct hanteren van vaktaal, ...

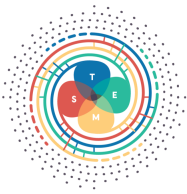
Maar niet alleen binnen en tussen STEM-teams is communicatie noodzakelijk, ook met doelen testgroepen moet op een effectieve manier gecommuniceerd kunnen worden.

De maatschappelijke relevantie van STEM lijkt evident, maar het onderwijs slaagt er moeilijk in om deze relevantie over te brengen naar de leerlingen. De wederzijdse beïnvloeding van STEM en maatschappij kan nochtans op verschillende manieren expliciet aan bod komen.

Werken rond algemeen controversiële contexten als kernenergie, genetische manipulatie, radioactiviteit of klimaatopwarming is zeker aan te bevelen. Leerlingen leren op deze manier dat inzicht in STEM niet alleen noodzakelijk is voor ingenieurs en wetenschappers, maar voor elke burger die wil deelnemen aan een participatieve maatschappij, en beleidsmakers in het bijzonder. In deze contexten is zowel het kunnen verwerven, interpreteren als kritisch evalueren van data noodzakelijk, alsook communicatie bij het voeren van debatten, formuleren van valide argumenten, omgaan met kritiek, ...

Ook toekomstige wetenschappers en ingenieurs hebben nood aan inzicht in de wederzijdse beïnvloeding van STEM en maatschappij. Beleidsbeslissingen, dikwijls genomen door mensen die niet actief zijn binnen een STEM-domein, hebben vaak impact op hoe STEM-specialisten hun werk kunnen uitvoeren. De manier waarop hier gecommuniceerd wordt kan van doorslaggevend belang zijn.

Er kan ook op een meer lokaal vlak gewerkt worden: concrete problemen binnen de school of in de directe omgeving kunnen de context vormen voor STEM-projecten, er kan samengewerkt worden met bedrijven en instellingen uit de buurt, ... zodat leerlingen kunnen inzien hoe STEM,



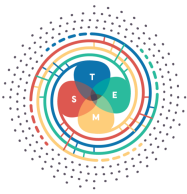
en meer bepaald hun STEM-kennis en vaardigheden, een directe impact heeft op vele mensen rondom hen. Ook hier speelt communicatie een belangrijke rol, net zoals voor een STEM-specialist in een bedrijf communicatie met opdrachtgevers, klanten en gebruikers belangrijk is.

Deze twee dimensies zijn vrij complexe gegevens, die een verdere uitsplitsing vragen om effectief te kunnen dienen als referentie voor goed STEM-onderwijs. Ook hier lijkt verdere verfijning, concretisering naar effectieve leerpaden wenselijk.

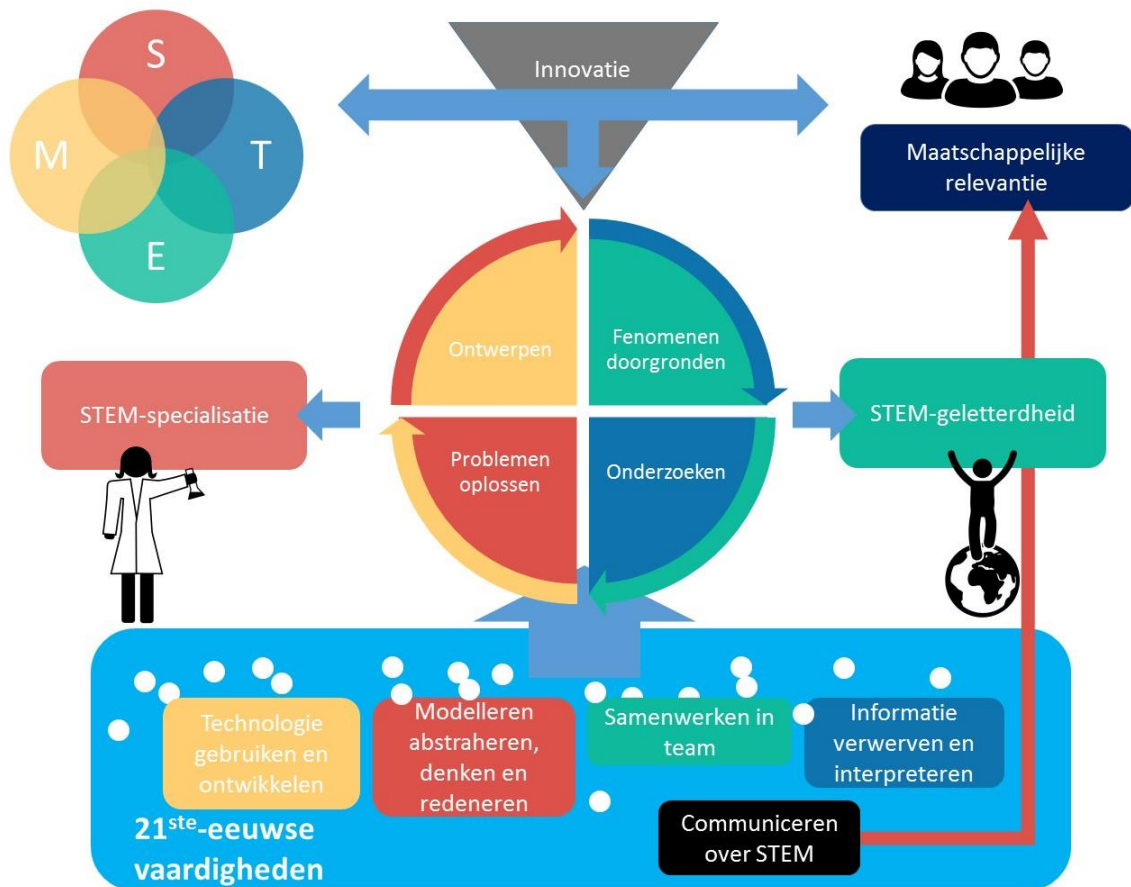
Ook de tiende dimensie, "innovatie", kan moeilijk los gezien worden van de andere dimensies. Het is een vrij complexe term, waarover uitgebreide discussies bestaan wanneer iets "innovatief" kan genoemd worden. Waar zit het verschil tussen "aanpassing", "innovatie" en "uitvinding"?

Vertrekken van innovaties als context om te exploreren binnen STEM is absoluut aan te bevelen, maar in welke mate kan er van leerlingen verwacht worden dat zij al "innoverend" zijn? Al mogen we ook daar de lat niet te laag leggen. Door leerlingen ruimte en vertrouwen te geven om uit te proberen, te onderzoeken, ze niet tussen afgebakende lijntjes te willen houden, kan hun motivatie aanzienlijk verhogen, leren ze lessen te trekken uit mislukken, en zien ze misschien opportuniteiten die de leerkracht nooit had kunnen indenken.

Doorheen de bovenstaande beschouwing van de STEM-dimensies komen verschillende vaardigheden steeds terug. Het gaat over zaken als kritisch denken, creatief denken, problemen oplossen, computationeel denken, informatie en ICT vaardigheden, communiceren, samenwerken, sociale vaardigheden en zelfregulering. Deze komen samen onder de noemer "21ste-eeuwse vaardigheden", dimensie negen (*Nieuw model 21ste-eeuwse vaardigheden*, Kennisnet). STEM kan dus gezien worden als drager van deze competenties.



4.2 Een 10 dimensionaal schema

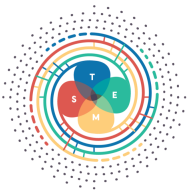


De dimensies kunnen samengevat worden in bovenstaand schema:

Centraal in STEM staan ontwerpen en onderzoeken om problemen op te lossen en fenomenen te doorgronden. Ontwerpen en onderzoeken zijn twee kanten van eenzelfde munt, het één kan niet zonder het ander. Vandaar dat dit centraal staat als de motor die het hele STEM-onderwijs zou moeten doen draaien.

Onderzoeken en ontwerpen gebeurt in authentieke, relevante en innoverende contexten met duidelijke link naar de STEM-domeinen en de maatschappij waarin we leven en waar we de leerlingen vormen tot actief participerende burgers. De term maatschappij moet breed geïnterpreteerd worden (zoals later aangehaald in het InkleurModel en in aanbeveling 3): een abstract wetenschappelijk probleem kan immers ook maatschappelijk relevant zijn.

Om vaardig te kunnen onderzoeken en ontwerpen wordt gesteund op de 21ste-eeuwse vaardigheden. STEM is een domein bij uitstek om deze vaardigheden te ontplooiën en verder te ontwikkelen en te verfijnen.



Het resultaat van STEM-onderwijs is enerzijds een groep jongeren die gemotiveerd en bewust kiezen voor een STEM-specialisatie als verdere carrière, en hiervoor binnen het onderwijs gemotiveerd, geselecteerd en grondig opgeleid worden voor verdere studies. Anderzijds leidt STEM-onderwijs tot een algemene STEM geletterdheid, voor alle jongeren die later een actief participerende rol willen spelen in de maatschappij van de 21^{ste} eeuw.

5. InkleurModel voor het STEM-onderwijs

5.1 Waarom een InkleurModel?

Tijdens de netwerksessies van het Vlaams Lerend Netwerk STEM Secundair Onderwijs, is gebleken dat het STEM-kader voor het Vlaamse Onderwijs (zie hoofdstuk 4) een verdere vertaling nodig heeft om hanteerbaar te zijn in het onderwijs. Vanuit deze bezorgdheid heeft de stuurgroep vorm gegeven aan een zogenaamd 'InkleurModel voor het STEM-onderwijs', ter aanvulling van het STEM-kader voor het Vlaamse onderwijs. Dit InkleurModel is het resultaat van de rijke discussies tijdens de netwerksessies, waaraan een veelheid van onderwijsactoren deelgenomen heeft: leerkrachten, schooldirecteuren, pedagogische begeleiders, onderzoekers...

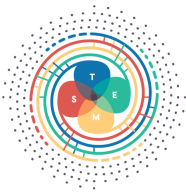
Het InkleurModel wil in eerste instantie een bruikbaar instrument zijn voor scholen, leerkrachten en directies om de invulling van STEM in een bepaalde richting, in een bepaald project of vak op een duidelijke en genuanceerde wijze aan te geven. Het InkleurModel is bedoeld als reflectie- en duidingsinstrument aan de hand waarvan de 'Wat?', de 'Hoe?', de 'Voor wie?' en de 'Waarom?' van STEM duidelijk wordt in een bepaalde school- of klascontext. Het is dus de bedoeling dat leerkrachten en directies, in samenspraak, het InkleurModel zelf inkleuren. Op die manier kan de school haar didactiek en keuzes voor STEM intern meer samenhang geven.

Het InkleurModel vormt dus in de eerste plaats een leidraad voor directies, begeleiders en lerarenteams om hen te helpen bij het maken van verantwoorde keuzes bij het ontwerp van STEM-onderwijs. Maar naast deze interne functie, kan men ook met een ingekleurd InkleurModel naar buiten komen om leerlingen en ouders duidelijk te informeren over de gemaakte keuzes inzake STEM in de verschillende studieprofielen. Tenslotte laat het InkleurModel genuanceerde conversaties over STEM toe over verschillende projecten, richtingen en scholen heen.

5.2 Het InkleurModel voor het STEM-onderwijs

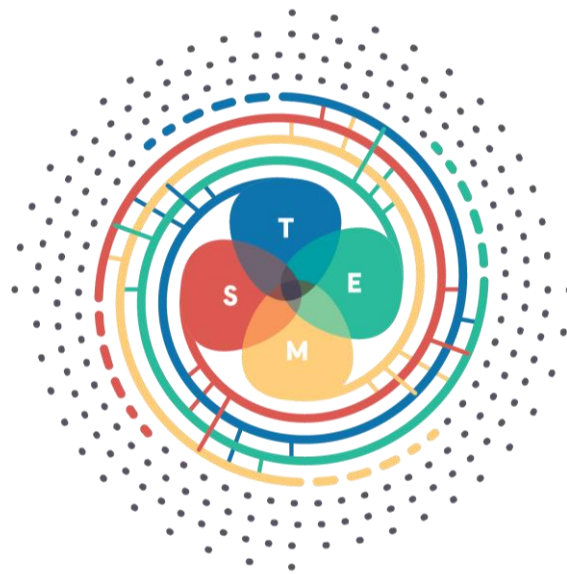
Het InkleurModel speelt dus in op de vier hoofdvragen STEM-*Waarom? Wat? Hoe? Voor wie?* Het wil een oriëntatie-instrument zijn, maar tegelijkertijd worden de specifieke antwoorden op deze vragen in de handen van de onderwijsactoren zelf gelaten. Het model geeft wel richting en daaruit vloeien de tien didactische en beleidsaanbevelingen verder voort.

Het model laat oriëntatie toe op verschillende niveau's: op niveau van een specifiek STEM-project, maar ook op niveau van een STEM-richting, of men kan het model mogelijk ook invullen op niveau van een school. Op de volgende pagina's wordt het InkleurModel opgebouwd, beginnend met het logo van het Vlaams Lerend Netwerk STEM SO.



Logo

Bovenaan het model vinden we het **logo** van dit Vlaams Lerend Netwerk STEM secundair onderwijs: een logo met een betekenis. Het bestaat uit de 'doorsnede' van een vier-strengige STEM-helix, die herinnert aan een DNA-helix, een aanzicht van boven gezien. De vier bollen (doorsnede van de vier strengen) symboliseren de vier STEM-disciplines: elkeen heeft een eigen karakter, maar er is ook overlap tussen hen (twee aan twee, tussen drie of tussen alle vier), gesymboliseerd in het logo door de doorsnede tussen de bollen.

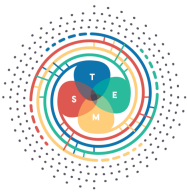


Verder is er ook samenwerking tussen de vier STEM-disciplines. Die samenwerking krijgt vorm dankzij de 'bruggen' tussen de STEM-strengen, zichtbaar in de spiralen rond de vier bollen. Deze linken tussen de strengen kunnen niet overal gelegd worden, maar enkel wanneer een verbinding zinvol is. Hierbij spreken we van 'relevante samenhang'. Deze samenhang kan:

- concreet zijn: gebaseerd op concrete maatschappelijke problemen in een context
- of conceptueel: gebaseerd op de concepten die nodig zijn van de verschillende disciplines om een probleem te kunnen oplossen.

De spirale vorm creëert een dynamiek waarbij de vier onderdelen beginnen in hun eigen bol, ze draaien rond elkaar en ze maken dan onderling verbindingen (via de bruggen). STEM vertrekt dus, zowel in de echte wereld als in het onderwijs, vanuit een bepaald oogpunt en beweegt dan in de richting van de andere onderdelen. Bovendien kunnen de spiralen in principe oneindig blijven doorlopen.

Het STEM-helix model is de kern van het InkleurModel, waarop de andere elementen gebaseerd zijn. Hieronder gaan we verder in op de vier grote onderdelen: Waarom, Wat, Voor wie, Hoe. We leggen uit wat de betekenis van deze elementen is en hoe het model gebruikt kan worden door leerkrachten en scholen.



Waarom?

Het antwoord op de vraag *'Waarom STEM?'* is rechtstreeks verbonden met de andere vragen: Wat? Hoe? Voor wie? Maar voor we hier een antwoord geven, kijken we naar de oorsprong van het begrip STEM. Het acroniem komt oorspronkelijk vanuit de VS: men ging uit van de hypothese dat de interesse voor de STEM-disciplines gewekt kan worden door wetenschap, wiskunde, technology, engineering te verbinden in het onderwijs. STEM werd gezien als een oplossing voor de afname van het aantal afgestudeerden in wetenschappelijke en technische richtingen (*State of STEM in the United States*, Maryland State Department of Education). Om dezelfde reden is STEM ook in Europa en Vlaanderen beland, in de hoop dat een hoger aantal toekomstige 'STEMmers' de vele maatschappelijke uitdagingen kan aanpakken (uitdagingen zoals klimaatsverandering, energie, automatisatie, AI,...). Speciaal de bedrijfswereld ondersteunt deze beweging (zie bijvoorbeeld het STEM-platform op <http://stemcharter.be>).

Hoe gaan we in de school om met deze economische beweegredenen voor STEM? Onderwijs is immers toch geen plaats waar louter toekomstige 'productiefactoren' uitstromen, maar waar vooral toekomstige *mensen gevormd* worden met geheel eigen interesses en verlangens. Mag het onderwijs hen de ruimte en de tijd gunnen om de wereld te leren ontdekken en om erdoor gefascineerd te raken?

"And education, too, is where we decide whether we love our children enough not to expel them from our world and leave them to their own devices, nor to strike from their hands their chance of undertaking something unforeseen by us, but to prepare them in advance for the task of renewing a common world."

Arendt, H. (1961). The crisis in education. Between past and future, 181-182.

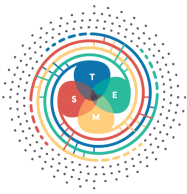
Hierbij kan dus STEM ook een belangrijke rol opnemen, die aanvullend is aan de noden van de bedrijven: STEM in het onderwijs kan een gelegenheid zijn om jongeren de wereld van STEM te laten verkennen in de eerste plaats omdat het een interessante wereld is.

STEM heeft een plaats in het onderwijs om:

- onze leerlingen de *STEM-wereld te laten ontdekken*
- hen de mogelijkheid te bieden in de *STEM-wereld geïnteresseerd te raken*
- hen, als ze daarvoor kiezen, een **focus op de STEM-wereld te gunnen**

In deze drie motivaties vinden we natuurlijk een zekere samenhang terug: de STEM-wereld slaat op de wereld van elke discipline maar ook op alle mogelijke verbindingen. Deze verbindingen kunnen inhoudelijk zijn maar ook maatschappelijk (zie verder onder hoofdstuk 5 InkleurModel 'Wat?'). In dit verband kunnen we bij het *ontdekken* daarvan, spreken van het verwerven van een STEM-geletterdheid.

'Leren ontdekken' is bovendien een voorwaarde om 'interesse te wekken'. Pas als er 'interesse gewekt is', heeft het zin om dieper te duiken in de wereld van STEM. In deze drie antwoorden op de vraag *"Waarom STEM?"* vinden we ook een lijn van STEM-geletterdheid naar STEM-focus/specialisatie terug. STEM ontdekken en een STEM-geletterdheid verwerven, zal een belangrijke plaats krijgen in het lager onderwijs en de eerste graad van het secundair onderwijs; een focus op STEM daarentegen situeert zich voornamelijk in de hogere graden van het secundair onderwijs, maar dat alles niet uitsluitend. Merk hierbij op dat STEM ontdekken ook mogelijk is in de hogere graden. (zie ook de invulling op de vraag 'Voor wie?' verder).



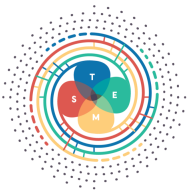
Het netwerk raadt scholen en leerkrachten aan om een antwoord op de vraag *Waarom?* te expliciteren aan de hand van bovenstaande vormen van motivaties. Het is aan de scholen zelf om de samenhang en de logica te leggen tussen bovenstaande motivaties voor de school, de verschillende richtingen en graden, vakken en concrete STEM-projecten, en -activiteiten. Het netwerk hoopt ertoe bij te dragen dat scholen de 'waarom' van STEM weloverwogen kunnen verantwoorden.

Wat?

STEM is in het leven geroepen om meer kinderen en jongeren te motiveren een keuze te maken voor een STEM-beroep, i.e. een beroep waarbij wetenschap, techniek, engineering of wiskunde centraal staan. Uiteraard is niemand volledig STEM (men zou kunnen beargumenteren dat zelfs niemand het volledige gebied van S, T, E of M kan bestrijken, laat staan ze alle vier). Net zo zal een eventuele studierichting 'STEM' een relatief karakter hebben: je kijkt vanuit een bepaald oogpunt naar STEM. Naargelang je achtergrond, kijk je met een andere 'bril'. Zo zal een wiskundige met een wiskundige bril naar STEM kijken, een wetenschapper met een wetenschappelijke bril, enzovoort.

De vraag dringt zich dan op wat STEM juist inhoudt, en hoe de kijk op STEM kan afhangen van de leerkracht, maar ook van hoe die kan ingekleurd worden naargelang het studieprofiel van een studierichting. Het InkleurModel brengt deze verschillende manieren van kijken naar STEM, tot uiting.

Er is een, buitenschoolse, STEM-wereld. In deze wereld gaan wetenschappers, technici, ingenieurs en wiskundigen aan de slag om fenomenen te doorgronden en problemen op te lossen. Bv. Een wetenschapper gebruikt wiskunde om modellen op te stellen, gebruikt techniek en engineering om een experiment te ontwerpen en te bouwen. De wetenschapper kan dit zelden of nooit alleen en realiseert zijn onderzoek vaak in samenwerking met technici, ingenieurs en wiskundigen. Een ingenieur zal bij het ontwerp van een oplossing bewust wetenschappelijke principes toepassen om een technisch probleem op te lossen, zal wiskundige modellen ontwikkelen om de verschillende omstandigheden te voorspellen, en heeft techniek of technici nodig om de uiteindelijke oplossing te realiseren. *Vindingrijkheid* (Eng. 'ingenuity') is iets wat een ingenieur, een technicus, een wiskundige of een wetenschapper nodig hebben.



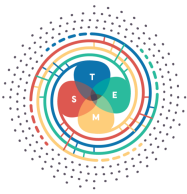
Wanneer iemand een probleem aanpakt zal hij/zij dus de verschillende aspecten van STEM, in meer of mindere mate, gebruiken, steeds vertrekkend vanuit zijn/haar achtergrond (als wetenschapper, techniek, ingenieur of wiskundige).

In het InkleurModel vertaalt zich dit naar het 'STEM-helix' model dat geworteld is in de vier disciplines. Elk van de vier disciplines wordt vergeleken met een DNA-streng, elke discipline is uniek en een onmisbaar deel van de STEM wereld is. Dit wil niet zeggen dat alle disciplines altijd en overal in dezelfde mate aanwezig zijn. Net zoals in de echte wereld, is de aanwezigheid van alle vier de disciplines in een bepaald project of bij een bepaald probleem in de klas, zeker geen vereiste. Er bestaan zeker verbanden tussen de vier STEM-componenten en dit wordt in het STEM-helix model voorgesteld door bruggen tussen de strengen. Je kan bv. vanuit een bepaalde discipline vertrekken en naar een andere gaan via een zinvolle 'brug'. Je kan bijv. als fysicus gebruik maken van wiskundige modellen om een fysisch probleem te modelleren; je kan als wiskundige opmerken hoe wiskundige patronen in de natuur voorkomen (zie b.v. de Fibonacci-rij); je kan als ingenieur wel eens vanuit bestaande technieken vertrekken om deze te optimaliseren of toe te passen in een totaal andere context.

RELEVANTE SAMENHANG



Het STEM-helix model geeft ook aan dat de bruggen tussen de disciplines, zinvol moeten zijn: we spreken hier van 'relevante samenhang'. Een link tussen de disciplines mag niet gezocht zijn (bv. om alle 'letters' in een project te hebben). Een zinvolle verbinding kan enkel gemaakt worden als dit echt iets laat zien van een andere discipline en een meerwaarde oplevert voor de discipline waaruit je vertrekt.



Bv. het loutere **gebruik van een wiskundige formule** laat zelden iets zien van wat echt wiskundig denken voorstelt. Stel dat men echter door wiskundig na te denken en te redeneren, een nieuwe patroon kan ontdekken waaruit een nieuwe formule kan afgeleid worden om ze dan toe te passen in een ander gebied, bijv. in de ingenieurswetenschappen. In dit geval kan je van een zinvolle samenhang spreken omdat ze de leerling toont hoe vooruitgang in de ene discipline een andere vooruit kan helpen.

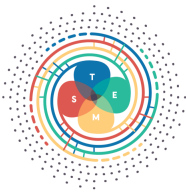
Het STEM-helix model voor 'WAT?' kan ingekleurd worden door de strengen aan de onderste kant in te kleuren. Hiermee geef je voor je STEM-activiteit of STEM-richting aan in welke mate een bepaalde discipline aanwezig is, in welke mate de activiteit of richting geworteld is in wiskunde, wetenschappen, techniek of engineering. De lengte van het ingekleurde stuk komt ongeveer overeen met een percentage (zie voorbeeld hieronder).

RELEVANTE SAMENHANG



Als je bijvoorbeeld een streng volledig inkleurt (100%), in het voorbeeld science, geeft dit aan vanuit welke discipline je 'binnen komt' en naar welke andere disciplines je connecteert. Zo kan je het onderste deel van een bepaalde streng:

- volledig weg laten (zoals engineering in het voorbeeld): dit betekent dat de overeenkomstige discipline (bijna) niet aanwezig is of dat ze enkel 'gebruikt' wordt, er is geen of weinig creatief denken in deze discipline;



- inkleuren voor de helft, zoals in dit voorbeeld voor wiskunde gebeurd is: dit betekent dat de overeenkomstige discipline aanwezig is, de focus ligt niet daarop, maar er wordt toch wel echt in het denken van deze discipline gedoken;
- volledig inkleuren: dit betekent dat de focus van het probleem ligt in deze discipline, je vertrekt eigenlijk in je probleemstelling vanuit deze discipline.
- het model laat ook nog enkele tussen-stadia toe bij het inkleuren (zoals voor techniek in het voorbeeld).

Probeer echter je keuze duidelijk te verantwoorden: een STEM-activiteit waar alle disciplines in hun volledige diepgang aan bod komen is niet erg realistisch en pedagogisch waarschijnlijk niet aan te raden wegens 'overkill'.

Deze oefening kan, net als het hele InkleurModel, gedaan worden voor:

- een project,
- een vak,
- een studierichting,
- of een school (of alles ertussen).

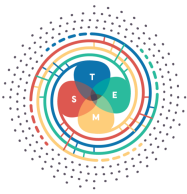
Op schoolniveau kan bijvoorbeeld een TSO-school de engineering en techniek strengen volledig inkleuren, en een ASO-school kan de strengen van wiskunde en wetenschappen sterk inkleuren. Natuurlijk kan een ASO-school ook engineering en techniek sterk inkleuren, of een TSO-school wetenschappen en wiskunde als men kan aantonen dat de focus en de vraagstelling vanuit deze disciplines vertrekken en daar ook terugkeren.

Voorbeeld:

- Vraag 1: hoe kunnen we de opwarming van de aarde tegengaan?
- Vraag 2: waarom warmt de aarde op?

Vraag 1 is een maatschappelijke relevante vraag waarvoor een 'ge-engineerde' oplossing nodig is. Uiteraard roept dat verdere wetenschappelijke, wiskundige en technische vragen op. Vanuit engineering connecteer je dus met de andere disciplines, je keert echter steeds terug naar engineering om een antwoord te formuleren op de oorspronkelijke vraag. Hiermee gebruik je de andere disciplines dus als hulp voor je engineering-vraag. De engineering-streng is dus volledig ingekleurd, de anderen strengen zijn tot de helft of zelfs niet ingekleurd.

Vraag 2 is een typische wetenschappelijke vraag naar het begrijpen van het mechanisme achter de klimaatopwarming. Waarom warmt de aarde op? Heeft dit te maken met hoe de moleculen in de atmosfeer reageren op de golflengte van de invallende straling? En als we de mechanismen begrijpen, kunnen we dan een wiskundig model ontwerpen dat betrouwbare voorspellingen kan doen? Je bouwt dus een verklarende en voorspellende theorie op die geverifieerd moet worden. Voor de experimentele verificatie ga je vaak naar engineering en techniek voor het ontwerp van toestellen en procedures om metingen te verrichten. De streng van wetenschappen is dus volledig ingekleurd want je vertrekt van het denken in deze discipline. De andere disciplines M, E en T, zijn bv. tot de helft ingekleurd (of minder) omdat je deze gebruikt als 'hulpwetenschap' om je S-doelstellingen te realiseren.



In bovenstaande voorbeelden is het duidelijk dat verschillende disciplines aanwezig kunnen zijn in een activiteit of project, maar het feit alleen dat een discipline 'gebruikt' wordt betekent niet dat deze volledig tot haar recht komt. In het eerste voorbeeld wordt de focus gelegd op engineering, terwijl de andere disciplines ondersteuning bieden. In de bovenstaande voorbeelden draag je een 'engineering' of 'wetenschappen' bril en kijk je naar de wereld vanuit dit perspectief. Daardoor zal je je verdiepen in de aard van deze discipline en minder of niet van de andere disciplines waarvan vaak enkel de resultaten 'gebruikt' worden om je oorspronkelijk probleem op te lossen.

In overeenstemming met het idee van de relevante samenhang, hoeven de vier disciplines dus zeker niet altijd aanwezig te zijn, en al helemaal niet in gelijke mate. Je legt zinvolle verbindingen, d.w.z. dat het loutere gebruik vaak 'zinvol' kan zijn voor je vraagstelling, terwijl op andere momenten je toch iets nieuws moet ontwikkelen in de andere discipline.

Hoe?

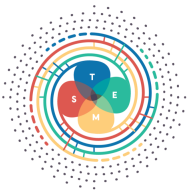
Het derde stuk van het InkleurModel laat toe om de hoe-vraag te duiden. Ook hier kan dit van les- tot schoolniveau. De hoe slaat op:

- Diversiteit van organisatie STEM: kies apart of in de vakken;
- Diversiteit van methodiek: kies i.f.v. je waarom, je doelgroep en de leraar.
- Diversiteit van evaluatie

De onderstaande lijst is niet volledig: het doel is om aan te sporen tot kritische reflectie. Het spreekt vanzelf dat de basisvoorwaarde voor het succes van een STEM les is goed onderwijs te bieden. De basisvaardigheden van een leerkracht blijven het vertrekpunt hiervoor. Het is daarnaast ook aangewezen om gepaste navormingen en bijscholingen te volgen om bepaalde vernieuwende organisatievormen, didactieken of evaluatiemethoden toe te passen.

Hoe op schoolniveau?

Op schoolniveau kan hier de vraag beantwoord worden hoe STEM georganiseerd wordt. Zit STEM geïntegreerd in de verschillende vakken, of worden er aparte STEM-uren ingeroosterd? Wie worden de STEM-leerkrachten? Krijgen zij tijd om de integratie te organiseren (bijv. door ze allemaal samen een uur vrij te roosteren zodat wekelijks overleg mogelijk is)? Welk lokaal, materiaal,... wordt voorzien? Is er tijd voorzien om over de middag in het lokaal verder te werken aan de projecten? Welke leerlingen krijgen STEM-geletterdheid, welke leerlingen mogen zich verder verdiepen in STEM? ... Een schoolteam kan dus zich plaatsen tussen de twee polen 'STEM als vak apart' en 'STEM vanuit de vakken', zoals voorgesteld in het InkleurModel. Het kan ook gebeuren dat in eenzelfde school STEM op verschillende manieren georganiseerd wordt afhankelijk van de richting en de graad (voor wie). De organisatie op schoolniveau moet steeds gebaseerd zijn op duidelijke doelen door de school zelf aangegeven voor STEM. Deze doelen hangen af van de waarom, wat, voor wie (zie aanbeveling 7). Het is dus ook noodzakelijk om een duidelijke leerlijn op te bouwen van eerste naar derde graad (per studierichting) om STEM op een coherente manier te kunnen organiseren.



DIVERSITEIT ORGANISATIE



STEM als vak apart STEM vanuit de vakken



1 geïntegreerd STEM-vak

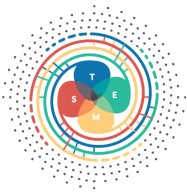
in de verschillende bestaande vakken

Hoe op lesniveau?

Op lesniveau kan hier de vraag beantwoord worden hoe je STEM zal aanpakken in de les, i.e. hoe je de leerdoelen bij de leerlingen wil bereiken, en welke methodiek gebruikt zal worden. Deze wordt gekozen in functie van het waarom, de doelgroep (voor wie), de achtergrond van de leraar en het probleem/fenomeen dat opgelost/onderzocht zal worden (wat).

Verschillende *methodieken* lijken aangewezen voor STEM-lessen. Hieronder staan twee veel voorkomende voorbeelden van methodieken (het spreekt voor zich dat andere methoden ook zeker mogelijk zijn):

- *projectmatig werken*: STEM lijkt, meer dan de traditionele vakken, geschikt voor het werken aan de hand van projecten. In dergelijke projecten is ruimte om leerlingen, onder andere, aan te zetten tot samenwerking, verbindingen te leggen tussen disciplines, maatschappelijke problemen aan bod te laten komen, en leerlingen zelfstandig te laten werken. De mate van zelfstandigheid waarmee gewerkt kan worden in een project hangt uiteraard af van de leerlingen, maar in belangrijke mate ook van de leerkracht. De leerkracht moet immers het leerproces van de leerlingen bewaken en begeleiden. Hierbij blijkt het cruciaal om bij aanvang van het project rekening te houden met de voorkennis van de leerlingen en hierop in te spelen. In het bijzonder is het aangewezen om te verzekeren dat alle leerlingen minimale basiscompetenties hebben voor aanvang van het project (De Bruyckere, P. (2017); Hattie, J., & Yates, G. C. (2013); Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006)). Uiteraard is de extra bagage van sommige leerlingen welkom wanneer ze aan de slag gaan in het project.
- *onderzoekend/ontwerpend leren*: deze onderwijsvormen sluiten natuurlijk aan bij STEM. Immers, in STEM worden typisch problemen opgelost en fenomenen

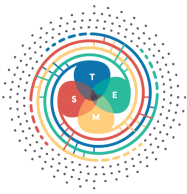


onderzocht. De vertaling naar de klas is dan een activiteit waarbij de leerling, in meer of mindere mate, zelfstandig een fenomeen *onderzoekt* of een oplossing voor een probleem *ontwerpt*. Dat onderzoek of ontwerp kan op verschillende manieren gekaderd worden (er zijn tal van onderzoeks- en ontwerpcycli). Centraal staat echter steeds dat leerlingen in een *onderzoek* vragen stellen, hypothesen formuleren, variabelen identificeren (om te variëren of constant te houden), onderzoeksresultaten verzamelen en deze tenslotte kritisch beoordelen. In een *ontwerp* staat centraal dat leerlingen het probleem analyseren, een oplossing bedenken, een prototype maken en deze in verschillende cycli verfijnen. Hoewel onderzoeken sneller en gemakkelijker aansluiting vindt bij de S en M van STEM, en ontwerpen eerder zal aansluiten bij de E en T van STEM, is in alle gevallen zowel onderzoek als ontwerp in meer of mindere mate aanwezig. In een onderzoek moet bijv. een meetinstrument ontworpen worden, en in een ontwerp moet onderzocht worden welke aanpassingen het ontwerp verbeteren. Ontwerpen en onderzoeken zijn in STEM complementair en een gepast evenwicht tussen de twee moet gezocht worden in functie van het waarom, het wat, het voor wie. Dit betekent niet dat alle leerlingen in dezelfde mate alles moeten kunnen - precies zoals dit het geval niet is voor leerkrachten, die echter in een STEM-team werken. Het betekent wel dat alle leerlingen in contact komen met deze twee aspecten om later een keuze te kunnen maken en om later ook in een STEM-team te kunnen werken.

- *alternatieve methodes zoals design thinking, tinkering, big ideas*, etc. zijn andere voorbeelden van didactieken die in de STEM lessen toegepast kunnen worden.

De *invulling* van de STEM-lessen, -projecten, -vakken... kan ook op verschillende manieren gebeuren. Hieronder worden enkele zaken verduidelijkt (maar ook deze lijst is zeker niet compleet).

- *concept/context*: de motivatie voor een invulling van STEM kan vertrekken vanuit een concept (bijv. energie) of een authentieke context (bijv. groene energie, al dan niet op de school). Merk op dat STEM interessante mogelijkheden biedt om met leerlingen aan de slag te gaan rond maatschappelijke, sociale, medische problemen (als context), hoewel dit niet noodzakelijk is (onderzoekers werken dikwijls rond 'abstracte' problemen die geen rechtstreekse en onmiddellijke gevolgen hebben voor de maatschappij, maar meestal wel op langere termijn).
- *zelfactiviteit/instructie*: zoals eerder vermeld, kan STEM ruimte scheppen voor zelfstandig werk. Dat betekent uiteraard niet dat de rol van de leerkracht beperkt is tot die van toezichter. De leraar kan/mag/moet soms ook doceren. Er moet dus gezocht worden naar een goed evenwicht tussen instructies/begeleiding en zelfstandig werk. Het spreekt voor zich dat naast doceren de leerkracht ook het denk- en leerproces moet begeleiden bij de leerlingen. Hierin kan *Guided discovery* een antwoord bieden. De leerkracht stelt dan vragen om de leerlingen te helpen het probleem af te bakken, en hen richting te geven.
- *Eigenaarschap*: indien in een STEM-project/vak probleemgestuurd gewerkt wordt, kan men zich de vraag stellen van waar het probleem komt. Wordt het probleem aangereikt door de leerkracht, of is de probleemstelling ingevuld door de leerlingen (en in welke mate?). STEM kan een gelegenheid zijn om leerlingen meer inspraak te geven over de inhoud van een activiteit. Ook in dit geval is een goed evenwicht noodzakelijk tussen de input van de leerlingen en de leerkracht. Ook in het geval



Hoe evalueren?

In STEM-onderwijs moet de leerkracht, net als in elke andere vorm van onderwijs, nadenken over de evaluatie. De evaluatie-vorm wordt bepaald door de keuzes voor *Hoe?*, *Wat?*, *Voor wie?*, en *Waarom?*. Evaluatie dient in de eerste plaats om te evalueren of de leerlingen de leerdoelen bereikt hebben. Het laat een leerkracht ook toe om te evalueren of de gekozen onderwijsvorm de leerlingen succesvol van de beginsituatie naar het einddoel gebracht heeft. Maar nadenken over evaluatie kan ook de keuze voor de onderwijsvorm beïnvloeden.

In STEM worden verbindingen gelegd tussen de verschillende kennisdomeinen. Dit laat binnen STEM toe om nadruk te leggen op vaardigheden, denkvaardigheden en attitudes. Dit vertaalt zich in meer open werkvormen (zie vorige paragraaf), maar ook in brede evaluatie.

Leerlingen kunnen nauw betrokken worden bij hun evaluatie, en die van hun medeleerlingen, zowel in het ontwerp als de uitvoering van de evaluatie. De evaluatie gebeurt doorheen het project, is niet enkel product-georiënteerd, maar kijkt ook naar het proces en zet sterk in op feedback.

Het netwerk heeft twee netwerksessies (een in Torhout en een in Leuven) aan STEM-evaluatie gewijd. Er werden verschillende methodes naar voor geschoven die rekening houden met bovenstaande ideeën. De voorgestelde praktijken zijn beschikbaar op de website van het netwerk (www.stemnetwerk.be).

Voor wie?

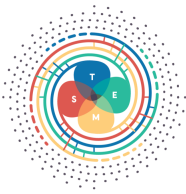
"...dat gedegen en gedragen STEM-didactiek, zoals die wordt gepromoot via het instrument, dreigt verloren te gaan. STEM op school slaat vooral aan bij goed geïnformeerde ouders en mikt vaak op cognitief sterke leerlingen. Deze evolutie dreigt voorbij te gaan aan de visie op STEM in onderwijs dat voor alle leerlingen is bedoeld. Goed STEM-onderwijs moet voor iedereen zijn, en kan een emanciperende rol spelen."

VLOR Advies over het ontwerp van STEM-kader, oktober 2015

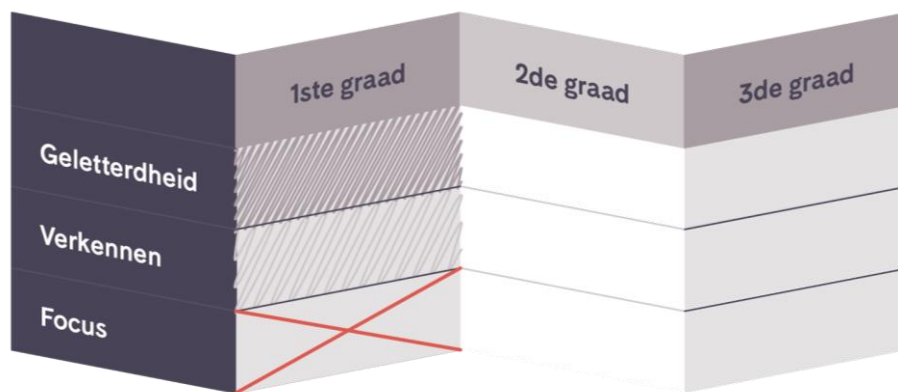
Tenslotte stelt zich de vraag voor wie STEM is. Het antwoord kan afhangen van de invulling die aan STEM wordt gegeven. Maar ook omgekeerd kan je vertrekken van de doelgroep en daarna kijken hoe STEM wordt ingevuld.

Veel scholen richten zich met STEM op de 'sterkere' leerlingen. In de ASO scholen wordt STEM vaak gereserveerd voor de richtingen met wetenschappen en/of 6u wiskunde, in de TSO scholen is STEM vaak gereserveerd voor de richtingen industriële wetenschappen of elektro-mechanica. De projecten zijn van relatief hoog niveau. Dit valt onder de noemer STEM-specialisatie. We zullen verder spreken van **STEM-focus**. De reden daarvoor is dat men zich niet kan *specialiseren* in STEM (zie *Wat?*).

Sommige scholen richten STEM in de eerste graad in uitsluitend als alternatief voor Latijn. Daarmee kan het de indruk wekken dat STEM in de eerste graad enkel belangrijk is voor de 'sterkere' leerling. Het lijkt ons aangewezen STEM voor een bredere groep van leerlingen mogelijk te maken en vooral in te zetten op oriëntatie en **verkenning**.



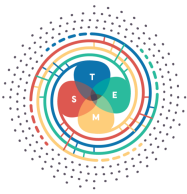
Daarmee zijn we bij **STEM-geletterdheid**: STEM als basisvorming voor alle leerlingen. Dat betekent ook voor de leerlingen uit Latijn-moderne talen, humane wetenschappen, office management, schoonheidsverzorging, haarzorg, retail,... Op dit moment is dit aanbod zeer beperkt (zomete onbestaande). Nochtans lijkt het ons aangewezen om ook voor deze richtingen in te zetten op een basisbegrip van STEM. Ook zij komen immers in aanraking met de hedendaagse technologie (smartphones, internet...), ook zij laten hun kinderen best vaccineren, ook zij zullen ooit een geïnformeerde beslissing moeten nemen wanneer ze hun stem uitbrengen bij verkiezingen rekening houdend met de standpunten van de partijen over kernenergie, klimaatverandering... Aandacht besteden aan STEM-geletterdheid is trouwens ook opgenomen als aanbeveling in het rapport *Beschrijving van kennisnetwerken STEM in Europa*.



De 'voor wie' staat in het InkleurModel onderaan in de vorm van een 'matrix' die ingekleurd kan worden door de scholen voor de tweede en derde graad. De kolom van de eerste graad is al ingevuld, aansluitend bij *aanbeveling 6*. In de eerste graad moet er ruimte zijn voor STEM-geletterdheid - STEM voor iedereen - en hoogstens voor verkenning in bepaalde richtingen. Daarom is de cel focus voor de eerste graad doorkruist. De cel geletterdheid is donker grijs ingekleurd om aan te geven dat deze best zeker aanwezig is in de eerste graad. De cel verkennen is lichtgrijs ingekleurd wat betekent dat verkennen kan, maar niet moet. Verkennen zal gebeuren in de basisvorming, maar kan verder gaan in een complementair STEM-vak.

Voor tweede en derde graad kan de school zich situeren tussen geletterdheid, verkenning en focus door de matrix in te kleuren zoals in bovenstaand voorbeeld. Hieronder worden de drie termen verder toegelicht:

1. **Geletterdheid**: basisvorming in STEM voor iedereen. Een basis in STEM-geletterdheid is meer dan de som van wetenschappelijke, technische... basisgeletterdheid. STEM-geletterdheid gaat over het kunnen innemen van de verschillende invalshoeken, relevante samenhang tussen de disciplines kunnen zien, kunnen meedraaien in de maatschappij van morgen... Dit impliceert dan ook een noodzakelijke basisgeletterdheid in de verschillende disciplines. Dergelijke STEM-geletterdheid moet zeker aanwezig zijn in de eerste graad, en er wordt bij voorkeur ook op ingezet in de tweede en derde graad, voor alle leerlingen in richtingen die niet inzetten op STEM-verkenning of STEM-focus.
2. **Verkenning**: hiermee wordt STEM geplaatst als een van de basisopties naast de basisvorming waarvoor de leerlingen kunnen kiezen. Deze basisopties moeten geen voorwaarde zijn om in de volgende graad in een STEM-richting te kunnen instromen.



Verkenning kan aanwezig zijn in de eerste graad en ook in de volgende graden. Verkenning kan een alternatief zijn voor focus. In de basisopties kan er wat meer nadruk gelegd worden op de verkenning van bepaalde invalshoeken van STEM (zie verder).

3. **Focus:** dit is een alternatieve term voor 'specialisatie' zoals bijv. in het STEM-kader van de Vlaamse Overheid. Het woord specialisatie leidt tot de misvatting dat een leerling zich kan specialiseren in STEM. Dat is alvast niet zo in het hoger onderwijs of in de industrie/onderzoekswereld, en is dus ook niet realistisch in het secundair onderwijs (zie *Wat*). De term 'Focus' geeft een genuanceerdere en bredere betekenis. Focussen op STEM betekent opties inrichten (in tweede en/of derde graad) voor leerlingen die ervoor kiezen. In deze opties wordt er aan STEM in zijn volle betekenis gewerkt, maar er kan wat meer nadruk gelegd worden op bepaalde disciplines, zoals b.v. op de S en de W in een wetenschappelijke richting in het ASO (zie ook de voorbeelden in het hoofdstuk *Wat*). Belangrijk hierbij is dit te expliciteren door de matrix in te vullen als school en per richting. Focus heeft betrekking zowel op de inhouden, als op de contexten en het niveau. Het niveau in een richting met focus op STEM zal hoger liggen dan in een richting waar STEM-geletterdheid of STEM-verkenning beoogd wordt. De focus in een doorstromingsrichting zal anders liggen dan in een arbeidsmarktgerichte richting.

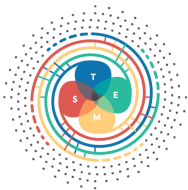
Een school kan bijvoorbeeld kiezen om de cel geletterdheid lichtgrijs in te kleuren in tweede en derde graad, omdat een licht STEM-vak ingericht wordt in alle richtingen, en daarnaast de cel verkenning zwart in te kleuren in de tweede graad omdat er studierichtingen aangeboden worden, en tenslotte de cel focus zwart in te kleuren in de derde graad. De matrix kan ingekleurd worden voor de hele school, maar ook per richting.

Elk STEM-project en elke activiteit kan 'getagd' worden volgens deze matrix: het kan om een project/activiteit gaan gericht op geletterdheid, op verkenning of op focus, in de eerste, tweede, of derde graad, in een bepaalde richting... Merk op dat dit kan in elke school en elke richting: van ASO, naar TSO, maar ook BSO en KSO. In alle richtingen kan je spreken zowel van geletterdheid, als van verkenning en focus. De laatste twee zullen verschillende inhouden en contexten omvatten afhankelijk van de richting en zullen toegepast worden vooral in die richtingen geclassificeerd als 'STEM-richtingen' (voor een classificatie van STEM- en niet-STEM-studierichtingen in het secundair onderwijs zie het VRWI-rapport 'Kiezen voor STEM' 2012).

Het volledige InkleurModel

De vorige vijf elementen worden gecombineerd tot het volledige InkleurModel. Een 'blanco' versie is terug te vinden in bijlage. Hieronder zie je hoe het model ingekleurd kan worden:

- Bij de WAT: je kan de percentages aanduiden die van toepassing zijn voor elke discipline door de lijnen in kwestie aan te vullen.
- Bij de HOE: met een slider geef je aan hoe je organisatie en methodiek georiënteerd zijn tussen de aangegeven polen. Bijkomende toelichtingen over de methodiek kunnen onderaan vermeld worden.
- Bij de Voor WIE: je kan in de tabel aanduiden hoe het STEM-aanbod per graad vertegenwoordigd is door de vakjes wel of niet, lichter of donkerder in te kleuren. Een donkerder ingekleurd vakje betekent dat daarop meer nadruk gelegd wordt (in het voorbeeld geletterdheid in de 1ste graad).



INKLEUR MODEL

STEM ONDERWIJS

RELEVANTE SAMENHANG

S T E M

DIVERSITEIT ORGANISATIE

STEM als vak apart

STEM vanuit de vakken

1 geïntegreerd STEM-vak in de verschillende bestaande vakken

DIVERSITEIT METHODIEK

Sturing

Zelfsturing

Onderzoekend leren

Ontwerpend leren

Concept

Context

Individueel

Klassikaal

Methodiek: _____

WAT

WAAROM?

HOE

Leren ontdekken van
Interesse opwekken voor
Focus op de
STEM-wereld

voor
WIE

1ste graad

2de graad

3de graad

Geletterdheid

Verkennen

Focus

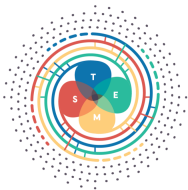
Duid hier de STEM-percentages aan die van toepassing zijn in jullie school door de lijnen in kwestie aan te vullen.

In dit voorbeeld:
S100% T25% E0% M50%

Duid hier d.m.v. arcering aan hoe jullie organisatie en methodiek geïntegreerd zijn.

Bijkomende opmerkingen kunnen onderaan vermeld worden.

Duid in de tabel aan hoe het STEM-aanbod per graad vertegenwoordigd is.



6. Aanbevelingen

De onderstaande tien aanbevelingen zijn rechtstreeks verbonden met de zaken die in de probleemstelling en het InkleurModel aan bod kwamen. De aanbevelingen zijn gericht op zowel de onderwijsactoren als op het beleid, dat uitgenodigd wordt om deze te ondersteunen. De aanbevelingen zijn geordend volgens het InkleurModel om de verbindingen tussen de twee expliciet te maken.

De lezer zal opmerken dat deze aanbevelingen vaak ook te vertalen zijn naar het klassieke onderwijs (zowel voor de STEM-vakken als andere vakken). Deze veralgemening is terecht en wordt ook gedragen door het Vlaams Lerend Netwerk STEM SO.

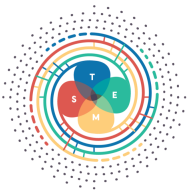
Aanbeveling 1: Zet STEM in als een verhaal dat leerkrachten en scholen aanspreekt op hun professionaliteit.

Toelichting: Met het InkleurModel, en de volgende aanbevelingen, wil het Vlaams Lerend Netwerk STEM SO leerkrachten in eerste instantie *inspireren* voor STEM en een kader bieden waarmee ze zelfstandig aan de slag kunnen. Het InkleurModel is m.a.w. een *instrument voor reflectie* en geen kant-en-klaar model. Leerkrachten worden dus expliciet aangesproken op hun professionaliteit. Leerkrachten hebben de vaardigheden, of kunnen deze verwerven, om een STEM-verhaal waardevol in te vullen in de eigen school door een gezamenlijk gedragen visie uit te werken op school. Daarvoor is het belangrijk om een STEM-team te vormen op school. Het spreekt voor zich dat ondersteuning van andere onderwijsactoren (begeleiders, lerarenopleiders...) daarbij nodig is en dit voor verdere professionalisering, voor deelname aan STEM-netwerken en om het dynamische karakter van het (STEM-)onderwijs te kunnen volgen. *Professionalisering*, de groei van de eigen vaardigheden, kan bijvoorbeeld via navormingen en bijscholingen, maar ook door ervaringen op te doen. Te dikwijls wordt immers de verantwoordelijkheid van de invulling van STEM in de lessen weggehaald van de hoofdrolspelers van het onderwijs, de leerkrachten. Met het InkleurModel geven we deze verantwoordelijkheid terug in de handen van de leerkrachten en leerkrachtenteams, die in samenspraak met hun directie, een passende invulling aan STEM kunnen geven. Bijkomend vertaalt de vraag tot ondersteuning zich te vaak in een loutere vraag voor concrete hulp door externen. In het geval van STEM is deze vraag vaak verbonden met de onzekerheden rond de *Waarom, Wat, Hoe, Voor wie*. In plaats van zekerheden en gelijkenissen te zoeken, is het tijd om te aanvaarden dat STEM in Vlaanderen een gevarieerd school-verhaal zal blijven, wat ook weerspiegeld is in de elementen van het InkleurModel.

Deze eerste aanbeveling geeft een antwoordt op de vraag '*Waarom een InkleurModel voor STEM?*'.

Aanbeveling 2: De vier STEM-disciplines hoeven niet altijd allemaal aanwezig te zijn.

Toelichting: Niemand is volledig STEM en de manier waarop iemand een probleem zal aanpakken zal afhangen van zijn/haar achtergrond. Tijdens het oplossen van een probleem kunnen verschillende aspecten van STEM, in meer of mindere mate, gebruikt worden. Degene die het probleem probeert op te lossen doet dit echter steeds vanuit de eigen achtergrond. De eerste dimensie van het STEM-kader luidt 'Interactie en samengaan van de aparte STEM-



componenten van het letterwoord met respect voor de eigenheid van elke component'. In hoofdstuk 4 werd al besproken op welke wijze deze dimensies geconcretiseerd kan worden. Aanbeveling 2 sluit hierbij aan. Deze ideeën worden weerspiegeld in het STEM-helix model. Een streng die volledig ingekleurd is, komt overeen met de discipline waarmee iemand 'binnenkomt', vanuit welk oogpunt iemand een probleem bekijkt, vanuit welke discipline iemand een oplossing gaat zoeken. Vanuit die kern-discipline kan/zal men dan bewegen naar een andere discipline die nodig is om tot een oplossing te komen. Belangrijk hierbij is dat niet noodzakelijk alle disciplines altijd nodig zijn, of indien wel, dat ze allemaal niet in dezelfde mate aanwezig zijn.

Veel hangt af van de vraag waarmee je binnenkomt: vertrek je van een vraag naar 'verklaring' van een natuurfenomeen, dan zal waarschijnlijk de S ingekleurd zijn en de T en de E minder of helemaal niet. T en E worden dan bv. gebruikt om een experiment te realiseren en M om een model op te bouwen. Vertrek je van een sociaal-maatschappelijke vraag die vraagt voor een 'ge-engineerde' oplossing, ga je waarschijnlijk E en T feller inkleuren en komen S en M eerder in een 'gebruiksrol' terecht. Je gebruikt dan bv. wiskundige of wetenschappelijke inzichten om de oplossing te ontwerpen. S en M moeten dan minder sterk ingekleurd worden.

Welke disciplines en in welke mate deze aanwezig zijn, wordt best ook expliciet gemaakt naar de leerlingen. Want het is door te focussen op de eigenschappen van een bepaalde discipline, dat je er mee kennis kan maken en kan ontdekken hoe deze disciplines onderling in relatie staan.

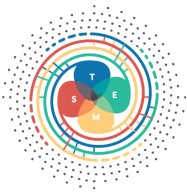
Deze tweede aanbeveling is rechtstreeks verbonden met de 'Wat' van het InkleurModel.

Aanbeveling 3: De samenhang tussen de disciplines moet betekenisvol en relevant zijn.

Toelichting: De relevante samenhang, bovenaan de STEM-helix, is aangegeven door de bruggen tussen de vier strengen. Deze staan niet overal, maar enkel in de plaatsen waar dat betekenis heeft. Deze aanbeveling vloeit uit de vorige: niet in elk project hoeven alle vier de disciplines aan bod te komen, enkel deze die relevant en betekenisvol zijn kunnen aanwezig zijn. Om de verbindingen tussen de verschillende disciplines te kunnen leggen is het ook nodig om zich te verdiepen in de aparte disciplines. Betekenisvol en relevant slaan op twee verschillende niveaus:

- betekenisvol slaat op 'inhoudelijke samenhang' (zie voorbeeld 1);
- relevant slaat op 'maatschappelijke relevante verbindingen' (voorbeeld 2).

Voorbeeld 1: in de astronomie, om de afstanden in het heelal ('The powers of ten') te kunnen vatten, ga je gebruik maken van een wiskundig model: je beschrijft de afstanden met vierkanten waarvan de zijden volgens opeenvolgende machten van tien groter of kleiner worden. Je lost dus geen maatschappelijk probleem op, maar je wil gewoon de afstanden in het grote en in het kleine begrijpen. Om dat te doen maak je gebruik van meetkunde en machten. Dit is een voorbeeld van een inhoudelijk betekenisvol verband tussen wetenschappen (S) en wiskunde (M).



Voorbeeld 2: 'gehoorproblemen' is een maatschappelijk relevant probleem waarbij er vele verbindingen zijn tussen wetenschappen en engineering. Om een oplossing voor gehoorproblemen te 'engineeren' is het nodig dat je heel goed begrijpt hoe het oor werkt (S, M). Van daaruit kan je oplossingen bedenken (E) en technische systemen onderzoeken (T).

Vooraf met het tweede voorbeeld (gehoorproblemen) zien we hoe de manieren waarop je binnenkomt vanuit het probleem zelf kan ingegeven zijn. Dus vaak kom je binnen *via een bepaald probleem* en van daar ga je dan *naar een bepaalde discipline*. Maar je keert ook terug en je bekijkt daarna *hetzelfde probleem maar nu vanuit een andere invalshoek*. Omdat het STEM-helix model dynamisch is, illustreert het goed deze dynamiek.

Deze aanbeveling is verbonden met het 'Wat' van het InkleurModel.

Aanbeveling 4: Maak gebruik van verschillende methodieken in het STEM-onderwijs.

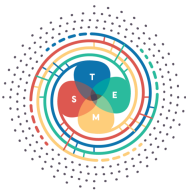
Toelichting: STEM biedt de kans om een veelheid aan mogelijke methodieken te gebruiken. Meer nog, STEM biedt de gelegenheid om minder klassieke werkvormen een kans te geven. Precies zoals de vier disciplines niet altijd tegelijkertijd aanwezig moeten zijn, kunnen ook verschillende methodieken op verschillende momenten gebruikt worden. In bepaalde gevallen zal je best bepaalde methodieken koppelen met bepaalde disciplines. Variatie in zowel inhoud als methodieken is aangewezen (zowel in STEM als erbuiten). Door verschillende methodieken te gebruiken heb je de grootste kans om zoveel mogelijke leerlingen te bereiken (zie bijvoorbeeld Leren en onderwijzen, Standaert R., et al). Zowel vernieuwende als meer klassieke methodes kunnen een plaats krijgen in de STEM-klas. Net als in aanbeveling 1 wijst het Vlaams Lerend Netwerk STEM SO erop dat leerkrachten zich kunnen bijscholen, of aansluiten bij onderzoeksprojecten, om nieuwe didactische methodes onder de knie te krijgen.

Vermits in STEM vaak gebruik wordt gemaakt van methodieken waarbij de leerlingen in grote mate zelfstandig werken, lijkt het aangewezen om erop te wijzen dat de voorkennis van de leerlingen een zelfde basis moet hebben voor ze zelfstandig aan de slag gaan. Zonder deze initiële gelijktrekking zullen de leerlingen met minder voorkennis hieronder lijden.

Deze aanbeveling is verbonden met het 'Hoe' van het InkleurModel.

Aanbeveling 5: Goed STEM-onderwijs vraagt om een intense en goede begeleiding van de leerlingen.

Toelichting: In de 'hoe' vraag van het InkleurModel wordt de spanning tussen twee uitersten, 'sturing' en 'zelfsturing', weergegeven. Als leerkracht kan je best verschillende methodieken toepassen, om in bepaalde gevallen zelfstandigheid te stimuleren, maar ook om instructies te geven in cruciale momenten. Je kan jezelf plaatsen ergens tussenin op de spanningslijn en soms dichter bij het ene of het andere uiterste gaan werken. Tracht toch een goed evenwicht te bewaren. Ook wanneer zelfstandig werk aan de beurt is, blijft de leerkracht een centrale rol spelen: een intense en goede begeleiding van de leerlingen is hierbij noodzakelijk, maar niet evident. Leerlingen leren begeleiden vraagt extra inspanningen: hierbij kan de leerkracht



oproep doen op experts bijvoorbeeld via nascholingen. Vergeet ook niet dat het succes van zelfstandig werk afhangt van de mate waarin verzekerd wordt dat alle leerlingen dezelfde minimale basiscompetenties hebben, zoals eerder aangehaald in hoofdstuk '5.2, Hoe'. De leerkracht moet dus voortdurend aandacht hebben speciaal voor die leerlingen die lacunes hebben in de achtergrond die nodig is om een probleem op te lossen, en differentiëren waar nodig.

Deze aanbeveling is verbonden met het 'Hoe' van het InkleurModel.

Aanbeveling 6: Geef voldoende aandacht aan geletterdheid, schep ruimte voor verkenning, doseer de focus/specialisatie in functie van de doelgroep.

Toelichting: Zoals eerder aangehaald (zie *Voor wie*) richten veel scholen zich met STEM op de 'sterkere' leerlingen, wat echter volgens het InkleurModel maar een onderdeel van het STEM-verhaal is (de *focus*). Daarom legt het Vlaams Lerend Netwerk STEM SO extra nadruk op het belang van *STEM-geletterdheid* en van *verkenning* (zie ook *Voor wie*). In het bijzonder in de eerste graad lijkt inzetten op STEM-geletterdheid, d.w.z. STEM voor iedereen, interessant. In die eerste graad kan zeker ook ruimte zijn voor verkenning, maar STEM-focus/specialisatie is hier zeker nog niet aan de orde. Het is aan de scholen om zelf te bepalen hoe de tweede en derde graad in te vullen, rekening houdend met de doelgroep en met het waarom, dat driedelig is: leren ontdekken van, interesse opwekken voor, focus op de STEM-wereld.

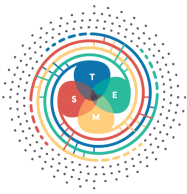
Deze aanbeveling is verbonden met de 'Voor wie' en de 'Waarom' van het InkleurModel.

Aanbeveling 7: Denk na over de doelen van je STEM-onderwijs in functie van het waarom, wat, voor wie.

Toelichting: Vermits er niet altijd leerplannen⁷ zijn voor STEM⁸, en STEM in elke koepel, in elke scholengroep, in elke school, door elke leerkracht en in elke les in principe anders kan ingevuld worden (wat nu al vaak het geval is), wilt het Vlaams Lerend Netwerk STEM SO zeker onderstrepen dat de actoren steeds de **doelen** van hun STEM-onderwijs scherp moeten houden. In de afwezigheid van leerdoelen vanuit het beleid, moet daar ruimte voor geschapen worden op schoolniveau. Ondersteunend kan het InkleurModel een beginpunt of een reflectie-tool zijn om tot een goed gefundeerd STEM-verhaal te komen. Aansluitend is het interessant om STEM in te vullen in samenwerking met de collega leraren over de vakinhouden die aan bod (moeten) komen in de klassieke vakken. Leraren worden hierbij dus aangesproken op hun professionaliteit (zie aanbeveling 1), en hun collegialiteit (zie aanbeveling 8). Een goed STEM-verhaal is deel van een leerlijn over de verschillende jaren heen. Eens de doelen - die per richting kunnen verschillen - bepaald zijn, kan de school ook een duidelijke leerlijn STEM uitwerken, van eerste naar derde graad.

⁷ Er zijn meestal leerplannen voor de afzonderlijke disciplines binnen STEM, en ook voor STEM binnen de basisopties. Vaak zijn er geen leerplannen voor STEM in een complementair gedeelte.

⁸ Merk op dat het niet duidelijk is of leerkrachten leerplannen willen, zie appendix 3.



Deze aanbeveling is verbonden met de 'Waarom', 'Wat', 'Hoe' en 'Voor wie' van het InkleurModel.

Aanbeveling 8: Stem af tussen de leerkrachten STEM: STEM is teamwork.

Toelichting: deze aanbeveling is in eerste instantie gericht op het beleid en scholen. Om van STEM een teamverhaal te maken moet tijd voor afstemming tussen leerkrachten voorzien worden. STEM kan niet door één leerkracht gegeven worden. Om verschillende invalshoeken aan bod te laten komen, heb je verschillende STEM-mensen nodig. Het kan zelfs aangewezen zijn om ook leerkrachten van niet-STEM-disciplines op te nemen in het STEM-team of minstens in een STEM-netwerk. Een netwerk kan ook mensen meenemen uit andere scholen, de bedrijfswereeld, lerarenopleiders, begeleiders.... *Teamwork* is bovendien een van de 10 dimensies aangegeven in het STEM-kader van de Vlaamse overheid.

De leerlingen moeten ook leren samenwerken als een STEM-team. Het beste voorbeeld kan niet anders komen dan van een eigen team leerkrachten dat hen begeleidt. Maak dus in eerste instantie tijd voor afstemming door de leerkrachten van het STEM-team samen vrij te roosteren. Daarnaast kan er gedacht worden over verschillende vormen van samenwerking: co-teaching, samen in de klas of interdisciplinair werken, vakoverschrijdend werken,... Pas de gekozen aanpak toe op basis van je ingevulde InkleurModel en van jouw doelen.

Deze aanbeveling is verbonden met de 'Hoe' van het InkleurModel.

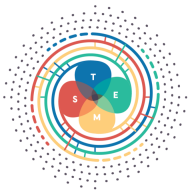
Aanbeveling 9: STEM moet inzetten op creativiteit, denkhoudingen, redeneren en het innemen van verschillende perspectieven.

Toelichting: STEM mag geen verhaal worden van louter inhoud, zelfs niet wanneer verbindingen gelegd worden tussen inhouden van verschillende deelgebieden. Zoals ook wordt aangegeven in de dimensies van het STEM-kader is aandacht voor de 21ste-eeuwse competenties cruciaal voor STEM-onderwijs. Inzetten op creativiteit, kritisch denken, het innemen van verschillende perspectieven (naar eenzelfde probleem kijken vanuit wiskunde, techniek,...), leren modelleren en abstraheren, en andere discipline-overstijgende denkvaardigheden onderscheiden een STEM-vak van een vak waarin enkel inhouden vanuit de verschillende disciplines samen worden gegeven.

Deze aanbeveling is verbonden met de 'Waarom' van het InkleurModel.

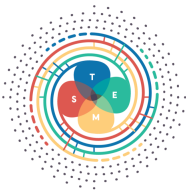
Aanbeveling 10: Ga aan de slag met STEM binnen en buiten de school(m)uren.

Toelichting: STEM biedt bij uitstek een venster op de wereld, en omgekeerd geeft de wereld tal van mogelijkheden om met een STEM-bril te kijken. De wereld staat voor verschillende grote uitdagingen (denk hierbij aan klimaatopwarming, overstap van fossiele naar duurzame energie, populatie-toename, migratie, genetische manipulatie van planten, dieren en misschien zelfs mensen,...). Een STEM-bril zal nodig zijn om deze uitdagingen aan te pakken. Het is dan ook aan de leerlingen van vandaag, i.e. de burgers van morgen, om door een STEM-



bril te leren kijken. Een bril die inherent multidisciplinair is en dus ook kan dienen om naar controversiële thema's te kijken, of om over de STEM-muren heen te kijken naar om het even welke andere discipline.

Deze aanbeveling is verbonden met de 'Wat' van het InkleurModel.



Referenties

Actieplan voor het stimuleren van loopbanen in wiskunde, exacte wetenschappen en techniek. Vlaamse Overheid. 2012-2020.

Ardui, J., De Cock, M., Frans, R., Hinnekint, K., Reybrouck, M., Schrooten, E., Vanesser, J. & Vyvey, K. (2011). *Inspiratiegids voor een kwaliteitsvolle vakdidactiek.* Leuven: Expertisenetwerk School of Education.

Arendt, H. (1961). *The crisis in education. Between past and future*, 181-182.

Beernaert, Y. en Kirsch, M. (2016). *Beschrijving van kennisnetwerken STEM in Europa.* Departement Onderwijs en Vorming. <http://www.onderwijs.vlaanderen.be/>.

De Bruyckere, P. (2017). *Klaskit.* Leuven: LannooCampus.

De Bruyckere, P. *Wat werkt in STEM-onderwijs?* <https://www.slideshare.net/thebandb/wat-werkt-in-stemonderwijs>

Definition of Engineering/Engineering Technology, ABET.
<http://wmich.edu/engineer/ceee/miller/082903/Lecture%20Notes.pdf>

Doelgericht werken aan STEM. Begeleidingsdocument van Katholiek Onderwijs Vlaanderen.
<https://pincette.vsko.be/meta/properties/dc-identifier/Cur-20170201-12>

Eames, C., & Eames, R. (1977). *The powers of ten.* United States: IBM.

Engineering. <https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering>

Frans, R., Clijmans, L., De Smet, E., Poncelet, F., Tamassia, L., & Vyvey, K. (2013). *Vakdidactiek Natuurwetenschappen*, School of Education, Associatie KU Leuven.

Hattie, J., & Yates, G. C. (2013). *Visible learning and the science of how we learn.* Routledge.

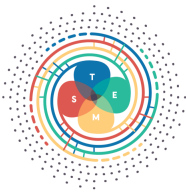
Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.) (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research.* National Academies Press.
<http://www.middleweb.com/wp-content/uploads/2015/01/STEM-Integration-in-K12-Education.pdf>

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). *Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching.* Educational psychologist, 41(2), 75-86.

Vandewalle, J. & Veretennicoff, I. (2016). *De STEM-leerkracht.* Standpunten van de Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten, Brussel.
www.kvab.be/standpunten/de-stem-leerkracht

Merrill, M.D. (2002). *First principles of instruction.* Educational Technology, Research and Development, Vol. 50, No. 3.

Nieuw model 21e eeuwse vaardigheden, Kennisnet.
<https://www.kennisnet.nl/artikel/nieuw-model-21e-eeuwse-vaardigheden/>



Science, Technology, Engineering and Math: Education for Global Leadership. U.S. Department of Education. <https://www.ed.gov/Stem>

Standaert R., Troch, F., Peeters, I., Stroobants, I., *Leren en onderwijzen. Inleiding tot de algemene didactiek.* Acco.

State of STEM in the United States. Maryland State Department of Education. <http://archives.marylandpublicschools.org/stem/index.html>

STEM Education in Southwestern Pennsylvania. Report of a project to identify the missing components – 2008. Leonard Gelfand Center for Service Learning and Outreach at Carnegie Mellon University and The Intermediate Unit 1 Center for STEM Education.

STEM-kader voor het Vlaamse Onderwijs. Departement Onderwijs en Vorming. <https://www.onderwijskiezer.be/v2/download/STEM-kader-voor-het-Vlaamse-onderwijs.pdf>

STEM-Platform. *STEM voor de toekomst.* <http://stemcharter.be/>

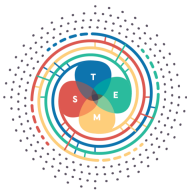
STEM@School. <http://www.stematschool.be/>

STEM voor de basis! <http://www.stembasis.be>

Van den Berghe, W. (Tilkon) en De Martelaere, D. (MAS), *Kiezen voor STEM, Rapport opgemaakt in opdracht van de VRWI - Vlaamse Raad voor Wetenschap en Innovatie,* Oktober 2012.

Vlaamse Onderwijsraad, *Advies over het ontwerp van STEM-kader,* 2015. <http://www.vlor.be/sites/www.vlor.be/files/ar-ar-adv-1516-008.pdf>

WhatIs.com. <http://whatis.techtargt.com/>



Appendix 1 – Wie zijn wij

Het Vlaams Lerend Netwerk STEM Secundair Onderwijs is een overkoepelende Professionele Leergemeenschap waar expertise inzake STEM uitgewisseld wordt. Het Vlaams Lerend Netwerk STEM secundair onderwijs werd gesubsidieerd door het Departement Onderwijs en Vorming van de Vlaamse Overheid.

Start datum: 01/05/2016 - Einddatum: 31/10/2017

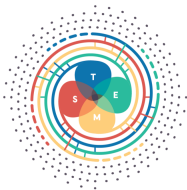
Structuur van het netwerk

Leden van de uitvoerende groep (redacteurs van het eindrapport)

Renaat Frans, UC Leuven-Limburg – Voorzitter
Erica Andreotti, UC Leuven-Limburg
Ineke De Coninck, Hogeschool Vives
Jan De Lange, Arteveldehogeschool
Jouri Van Landeghem, Hogeschool Gent
Jan Sermeus, Odisee

Leden van de Stuurgroep

Christel Balck, Odisee Lerarenopleiding
Didier Van de Velde, pedagogisch begeleider Katholiek Onderwijs Vlaanderen
Dirk Lamote, Vrij Technisch Instituut Torhout
Els Callemeijn, RTC-Vlaanderen
Eric Bogaerts, Don Bosco Technisch Instituut Helchteren
Fatiha Baki, Scientix-ambassadeur, GO! Geel
Frieda Meire, Stedelijk Lyceum Antwerpen
Hans Van Boven, pedagogische begeleidingsdiensten GO!
Heleen Bossuyt, UC Leuven-Limburg, Lerarenopleiding Leuven
Jelle De Schrijver, Odisee Lerarenopleiding
Kathy Vincent, Gitok Kalmthout
Katrien Strubbe, Universiteit Gent
Kolenberg Katrien, STEM-coördinator Associatie KU Leuven
Kristof Van de Keere, Hogeschool Vives
Laura Tamassia, UC Leuven-Limburg, Lerarenopleiding Diepenbeek
Laurent Heyman, Don Bosco Technisch Instituut Hoboken
Luc Hellinckx, pedagogische begeleidingsdiensten GO!
Luk Segers, pedagogisch adviseur OVSG
Marleen Van Strydonck, Artesis Plantijn Hogeschool Antwerpen
Natacha Gesquière, STEM-coördinator Sint-Bavohumaniora Gent, lid stuurgroep STEM-steunpunt Brussel, Universitaire Associatie Brussel
Nele Vandamme, UC Leuven-Limburg, Lerarenopleiding Leuven
Peter Declerck, Provinciaal Onderwijs Vlaanderen
Ronny Merken, coördinator STEM-steunpunt Brussel, Universitaire Associatie Brussel
Wim Peeters, pedagogisch begeleider Katholiek Onderwijs Vlaanderen
Tijs Verbeke, Howest



Appendix 2 – Activiteiten van het netwerk

Lijst van de georganiseerde netwerksessies (het programma en de gerelateerde presentaties zijn te vinden op <http://stemnetwerk.be/>).

Netwerksessie van de stuurgroep:

1. Netwerksessie van de stuurgroep, 09/06/2016
2. Netwerksessie van de stuurgroep, 13/10/2016
3. Netwerksessie van de stuurgroep, 05/12/2016
4. Netwerksessie van de stuurgroep, 24/02/2017
5. Netwerksessie van de stuurgroep, 02/06/2017
6. Netwerksessie van de stuurgroep, 12/09/2017

Grote netwerksessies (op Vlaams en regionaal niveau) open voor het brede publiek, met aantal deelnemers:

- 1^{ste} grote netwerksessie Brussel, 27/09/2016 - *STEM: Waarom? Wat? Voor en door wie?* (circa 120 deelnemers)
- 2^{de} grote (regionale) netwerksessie Diepenbeek, 23/01/2017 - *STEM: Hoe?* (128 deelnemers)
- 2^{de} grote (regionale) netwerksessie Gent, 16/02/2017 - *STEM: Hoe?* (120 deelnemers)
- 3^{de} grote (regionale) netwerksessie Torhout, 27/04/2017 - *STEM evaluatie* (49 deelnemers)
- 3^{de} grote (regionale) netwerksessie Leuven, 17/05/2017 - *STEM evaluatie* (56 deelnemers)
- Eindstudiedag Brussel, 25/10/2017 (circa 100 deelnemers).

Appendix 3 – Noden van de scholen vanuit de vragenlijst

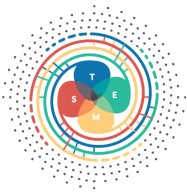
In deze appendix gaan we dieper in op de noden van de scholen, die we met een vragenlijst⁹ hebben proberen in kaart te brengen.

82 deelnemers, uit 55 verschillende scholen, 2 pedagogische begeleidingsdiensten, 1 uitgeverij en 1 STEM-centrum, hebben de vragenlijst ingevuld. Het profiel van de deelnemers van de vragenlijst is vrij homogeen verdeeld over alle provincies, alle graden van het SO, alle STEM-letters en alle leeftijden. Er deden ongeveer evenveel mannen als vrouwen mee, en evenveel bachelors als masters. De deelnemers waren vooral onderwijzend personeel. We denken met deze verdeling tot een eerste idee te kunnen komen van wat in de scholen leeft rond STEM.

We hebben een opsplitsing gemaakt tussen wat al in de praktijk in de school gebeurt en wat de eigen (toekomst-)visie is voor STEM.

De belangrijkste resultaten worden hieronder eens opgelijst. De resultaten van de volledige vragenlijst worden daar onder getoond via grafieken.

⁹ De volledige vragenlijst is als bijlage toegevoegd aan dit eindrapport.



1. Huidige aanpak van STEM op de eigen school

- In de 1^{ste} graad wordt STEM vooral gegeven in een apart interdisciplinair STEM-vak.
- In de 2^{de} graad en 3^{de} graad is het geven van STEM ongeveer gelijk verdeeld: binnen de bestaande klassieke vakken, in een apart interdisciplinair STEM-vak of een of meerdere interdisciplinaire project(en).
- In de 1^{ste} graad hebben de meeste scholen STEM. In de 2^{de} graad hebben vele scholen nog geen STEM, in de 3^{de} graad hebben de meeste scholen nog geen STEM.

2. Bij onderstaande stellingen noteerden telkens ongeveer 20-25% van de deelnemers 'geen mening', maar dat zit zeker niet duidelijk bij dezelfde personen:

- Overleg en/of samenwerking tussen scholen en leraren uit eenzelfde scholengemeenschap is eerder zwak.
- Er wordt vaak beroep gedaan op externen (bedrijven, hogescholen, universiteiten, andere scholen,...), maar dan vooral voor inhoudelijke of didactische ondersteuning, niet zozeer voor fysiek materiaal.
- De meeste leraren kunnen kiezen of ze meedraaien in STEM of niet.
- Bij de helft worden niet-STEM-vakken (geschiedenis, Nederlands,...) er soms bij betrokken.
- In de meeste scholen zijn er geen goede uitgeschreven leerlijnen rond STEM van eerste tot derde graad.
- De meeste scholen vinden dat er op de eigen school voldoende expertise en materiaal aanwezig is voor STEM in alle graden.
- Evaluatie gebeurt in de meeste scholen enkel via permanente evaluatie maar vaak ook via een combinatie van permanente evaluatie en examens.
- De evaluatie gebeurt meestal gecombineerd, vooral door de leerkracht, ook vaak door de leerling zelf en in mindere mate (maar toch bijna de helft) door collega leerlingen.

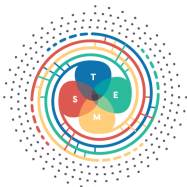
3. Verwachtingen bij deelname aan het Vlaams Lerend Netwerk SO

De meeste deelnemers zien de mogelijkheid om mee vorm te geven aan een STEM-didactiek, om mee vorm te geven aan de implementatie van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid, om bij te dragen met concreet materiaal, maar vooral om met collega's goede praktijkvoorbeelden te delen. (Meer dan 25% heeft hier echter geen mening over.)

4. Eigen ideeën over STEM

In een STEM-project moeten zeker niet alle 4 de STEM-componenten (S, T, E en M) aan bod komen (hoewel hier 25% van de deelnemers vindt van wel), maar toch wel minstens 2. Het is wel wenselijk dat over een heel schooljaar alle 4 de componenten aan bod komen.

De bestaande leerplandoelen van de aparte klassieke STEM-vakken kunnen voor een deel gerealiseerd worden via een STEM-project of een interdisciplinair STEM-vak (20% heeft hier geen mening over).



5. Zeer verdeeld zijn de meningen bij volgende 4 stellingen:

- De klassieke STEM-vakken moeten gegeven worden zoals vroeger, maar een apart interdisciplinair STEM-vak of STEM-project moet die inhoud verder behandelen.
- STEM moet binnen de klassieke STEM-vakken aan bod komen en geen apart vak zijn.
- Aan een STEM-project moeten steeds leerplandoelen van de klassieke STEM-vakken (en dus bijhorende leerplannen) gekoppeld worden.
- Als er een interdisciplinair STEM-vak is, moet daar ook een apart leerplan voorkomen.

De bijdrage van collega's uit verschillende disciplines is duidelijk een meerwaarde voor het ontwikkelen van een STEM-project.

Het is ook duidelijk de bedoeling dat leerlingen bij een STEM-project zelf het probleem kunnen analyseren, kunnen formuleren, een werkwijze kunnen bepalen en een resultaat kunnen vinden. Het hangt wel van project tot project af welke stappen leerlingen zelfstandig kunnen doen, maar het is zeker de bedoeling dat leerlingen groeien in dit probleemoplossend leren.

De meesten vinden dat een STEM-project **niet** kan gegeven worden door één leerkracht die van alle markten thuis is, maar 25% vindt van wel. Bijna iedereen gaat akkoord dat een leerkracht techniek niet voldoende is om een STEM-project te geven en dat leerkrachten uit alle disciplines nodig zijn bij een STEM-project.

Leerlingen uit verschillende richtingen kunnen samenwerken aan een STEM-project. Leerlingen uit verschillende scholen ook, maar dat ligt wat moeilijker bij de deelnemers.

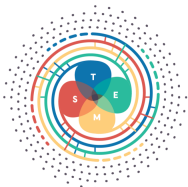
De procesevaluatie is belangrijker dan de productevaluatie. Kennis, vaardigheden en attitude moeten geïntegreerd geëvalueerd worden en niet apart.

Er moet ruimte zijn om de leerlingen te laten falen in hun project.

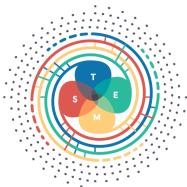
Herkomst van deelnemers aan de vragenlijst

De deelnemers komen uit volgende scholen/instellingen (geordend volgens de datum waarop de vragenlijst werd ingevuld):

	Naam school/instelling	Provincie school/instelling	Aantal deelnemers
1	Donbosco Hechtel	Limburg	1
2	Heilig Graf, Turnhout	Antwerpen	1
3	PI St Godelieve	Antwerpen	1
4	Provinciaal CLB	Limburg	1
5	Sint-Bavohumaniora Gent	Oost-Vlaanderen	1
6	Tuinbouwschool Melle	Oost-Vlaanderen	1
7	VTI Torhout	West-Vlaanderen	6
8	VISO	Oost-Vlaanderen	1
9	Thomas More Mechelen	Antwerpen	1
10	Sint Lambertusinstituut Heist-op-den-Berg	Antwerpen	4



11	KA Redingenhof, Leuven	Vlaams-Brabant	1
12	ZAVO, Zaventem	Vlaams-Brabant	1
13	Gito Tervuren	Vlaams-Brabant	1
14	Sint-Claracollege Arendonk	Antwerpen	1
15	Scholengroep Leiepoort Campus Sint-Vincentius, Deinze	Oost-Vlaanderen	1
16	Sint-Jozefscollege	Vlaams-Brabant	1
17	VIA Eerste Graad Tienen	Vlaams-Brabant	1
18	Sint-Martinusscholen Herk-de-Stad	Limburg	1
19	Heverlee	Vlaams-Brabant	1
20	Sint-Jozefinstituut	Antwerpen	2
21	VTI Aalst	Vlaams-Brabant	1
22	Fyxxi Lab	Oost-Vlaanderen	1
23	Sint-Bernardusinstituut	West-Vlaanderen	1
24	Sint-Lutgart	West-Vlaanderen	1
25	Campus De Helix	Limburg	3
26	Technisch Instituut Sint-Jozef Bilzen	Limburg	1
27	SJB college	Limburg	1
28	Sint-Jozef Sint-Pieter	West-Vlaanderen	1
29	Middenschool Sint-Pieter	West-Vlaanderen	1
30	Sint-Andreaslyceum Sint-Kruis	West-Vlaanderen	1
31	Pedagogische Begeleidingsdienst Regio West-Vlaanderen	West-Vlaanderen	1
32	DvM Humaniora Aalst	Oost-Vlaanderen	2
33	hta MoBi	Oost-Vlaanderen	1
34	VIVES	West-Vlaanderen	1
35	MMI Kortemark	West-Vlaanderen	1
36	Da Vinci Atheneum	West-Vlaanderen	1
37	Margareta-Maria-Instituut	West-Vlaanderen	1
38	De Passer	West-Vlaanderen	1
39	VTU	West-Vlaanderen	1
40	Middenschool Brugge Centrum	West-Vlaanderen	1
41	Sint-Aloysiuscollege	West-Vlaanderen	2
42	Middenschool Sint-Rembert	West-Vlaanderen	1
43	H.Hartcollege Lanaken	Limburg	2
44	Lutgardiscollege	Vlaams-Brabant	3
45	Stedelijk lyceum Hardenvoort	Antwerpen	2
46	Einstein Atheneum	Oost-Vlaanderen	2
47	Pts Maasmechelen	Limburg	1
48	Pedagogische Begeleidingsdienst Vlaams-Brabant	Vlaams-Brabant	1
49	Stedelijk Lyceum Meir	Antwerpen	1
50	Gito Overijse	Vlaams-Brabant	1
51	AP hogeschool	Antwerpen	1
52	Uitgeverij Plantyn	Antwerpen	1



53	Harlindis & Relindis EGS	Limburg	1
54	Provil Lommel	Limburg	2
55	KA2 De Ring	Vlaams-Brabant	3
56	Sint-Michielscollege Schoten	Antwerpen	1
57	Sint-Janscollege	Oost-Vlaanderen	1
58	Universitaire Associatie Brussel	Vlaams-Brabant	1
59	Sint-Ursulalyceum Lier	Antwerpen	1

Overzicht antwoorden vragenlijst

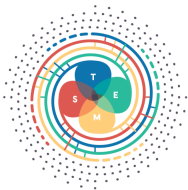
Hieronder volgen alle resultaten van de vragenlijst van het Vlaams Lerend Netwerk STEM SO.

	Antwerpen	Limburg	Oost-Vlaanderen	Vlaams-Brabant	West-Vlaanderen
Provincie school:	18	14	11	15	24

	onderwijzend	leidinggevend	ondersteunend
Wat is je functie?	57	29	6

	S	T	E	M
Welke STEM-letter past het beste bij jou? (meerdere antwoorden mogelijk)	54	37	31	30

	Bachelor	Bachelor lerarenopleiding	Master	Master lerarenopleiding	PhD	SLO
Wat is je eigen diploma?	13	31	26	17	4	8



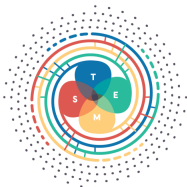
	Lager Onderwijs	1e graad SO	2e graad SO	3e graad SO	Hoger Onderwijs	geen les	leiding- gevend	andere
Voor leerkrachten: ik geef les in	1	37	28	19	3	9	4	5

	Man	Vrouw	andere
Ik ben een	38	42	2

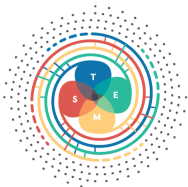
	20j-29j	30j-39j	40j-49j	50j-59j	60j-69j
Ik ben tussen	12	27	19	19	5

	nvt	apart vak	projecten	bestaande vakken
Hoe wordt STEM nu ingevuld in de eerste graad op jouw school?	13	38	14	9
Hoe wordt STEM nu ingevuld in de tweede graad op jouw school?	22	17	11	17
Hoe wordt STEM nu ingevuld in de derde graad op jouw school?	38	7	11	10

(1:helemaal niet akkoord → 5: helemaal akkoord)	1	2	3	4	5
1. Op niveau van de scholengemeenschap is er tussen de scholen overleg rond STEM-initiatieven.	26	17	15	18	4



2. Op niveau van de scholengemeenschap is er tussen de scholen samenwerking rond STEM-initiatieven (vb. infrastructuur,...).	27	21	17	11	4
3. Op niveau van de scholengemeenschap is er rond STEM-initiatieven samenwerking tussen leraren over de scholen heen.	20	20	20	17	3
4. Ik kan autonoom beslissen in mijn school om al dan niet mee te werken aan de invulling van STEM.	8	7	17	31	19
5. We betrekken binnen een STEM-project soms ook niet-STEM-vakken, zoals geschiedenis, Nederlands,....	16	13	17	26	10
6. We doen voor STEM beroep op externen (bedrijven, hogescholen, universiteiten, andere scholen,...) voor fysiek materiaal (hout, gereedschap,...).	19	17	17	17	12
7. We doen voor STEM beroep op externen (bedrijven, hogescholen, universiteiten, andere scholen,...) voor inhoudelijke of didactische ondersteuning.	8	8	23	27	16
8. Op onze school zijn goed uitgeschreven leerlijnen rond STEM van eerste tot derde graad.	24	15	26	16	1
9. Op onze school is er voldoende expertise (leerkrachten, specifieke kennis) aanwezig om STEM volledig uit te rollen met betrekking tot STEM-geletterdheid (de 1ste graad).	4	8	22	23	25
10. Op onze school is er voldoende didactisch materiaal aanwezig om STEM volledig uit te rollen met betrekking tot STEM-geletterdheid (de 1ste graad).	5	11	23	23	20
11. Op onze school is er voldoende expertise (leerkrachten, specifieke kennis) aanwezig om STEM volledig uit te rollen met betrekking tot STEM-specialisatie (bovenbouw).	6	5	23	31	17
12. Op onze school is er voldoende didactisch materiaal aanwezig om STEM volledig uit te rollen met betrekking tot STEM-specialisatie (bovenbouw).	9	12	25	26	10



(1:helemaal niet akkoord → 5: helemaal akkoord)

1. Ik zie de mogelijkheid om mee vorm te geven aan een STEM-didactiek.

2. Ik zie de mogelijkheid om mee vorm te geven aan de implementatie van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid.

3. Ik zie de mogelijkheid om bij te dragen met concreet materiaal.

4. Ik zie de mogelijkheid om met collega's goede praktijkvoorbeelden te delen.

	1	2	3	4	5
1. Ik zie de mogelijkheid om mee vorm te geven aan een STEM-didactiek.	1	10	30	29	12
2. Ik zie de mogelijkheid om mee vorm te geven aan de implementatie van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid.	5	17	32	24	4
3. Ik zie de mogelijkheid om bij te dragen met concreet materiaal.	6	14	26	25	11
4. Ik zie de mogelijkheid om met collega's goede praktijkvoorbeelden te delen.	3	4	24	35	16

(1:helemaal niet akkoord → 5: helemaal akkoord)

1. In elk STEM-project moeten de 4 STEM-componenten (S, T, E en M) aan bod komen.

2. In elk STEM-project moeten minstens 2 STEM-componenten (S, T, E en M) aan bod komen.

3. Over een heel schooljaar moeten de 4 STEM-componenten aan bod komen.

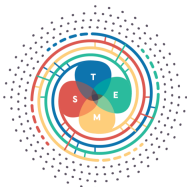
4. Over een heel schooljaar moeten minstens 2 STEM-componenten aan bod komen.

5. De bestaande leerplandoelen van de aparte klassieke STEM-vakken kunnen voor een deel gerealiseerd worden via een STEM-project of een interdisciplinair STEM-vak.

6. De klassieke STEM-vakken moeten gegeven worden zoals vroeger, maar een apart interdisciplinair STEM-vak of STEM-project moet die inhoud verder behandelen.

7. STEM moet binnen de klassieke STEM-vakken aan bod komen en geen apart vak zijn.

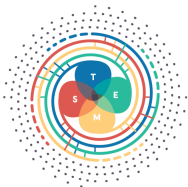
	1	2	3	4	5
1. In elk STEM-project moeten de 4 STEM-componenten (S, T, E en M) aan bod komen.	25	25	11	13	8
2. In elk STEM-project moeten minstens 2 STEM-componenten (S, T, E en M) aan bod komen.	11	5	5	23	38
3. Over een heel schooljaar moeten de 4 STEM-componenten aan bod komen.	2	1	6	15	58
4. Over een heel schooljaar moeten minstens 2 STEM-componenten aan bod komen.	23	4	12	6	37
5. De bestaande leerplandoelen van de aparte klassieke STEM-vakken kunnen voor een deel gerealiseerd worden via een STEM-project of een interdisciplinair STEM-vak.	1	2	19	27	33
6. De klassieke STEM-vakken moeten gegeven worden zoals vroeger, maar een apart interdisciplinair STEM-vak of STEM-project moet die inhoud verder behandelen.	11	16	18	26	11
7. STEM moet binnen de klassieke STEM-vakken aan bod komen en geen apart vak zijn.	24	26	11	14	7



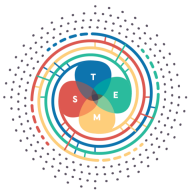
8. Aan een STEM-project moeten steeds leerplandoelen van de klassieke STEM-vakken (en dus bijhorende leerplannen) gekoppeld worden.	21	22	13	18	8
9. Als er een interdisciplinair STEM-vak is, moet daar ook een apart leerplan voorkomen.	23	12	21	14	12
10. De bijdrage van collega's uit verschillende disciplines is een meerwaarde voor het ontwikkelen van een STEM-project.	0	0	2	21	59

	basis	diepgaand	geen
11. Kennis van de eigen STEM-component	12	69	1
12. Kennis van de vreemde STEM-componenten	75	4	3
13. Vaardigheid in de eigen STEM-component	14	67	1
14. Vaardigheid in de vreemde STEM-componenten	72	4	6
15. Creatief denkvermogen	31	50	1

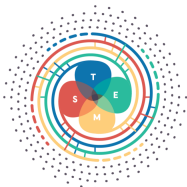
	1	2	3	4	5
(1:helemaal niet akkoord → 5: helemaal akkoord)					
16. Het is de bedoeling dat leerlingen bij een STEM-project zelf het probleem kunnen analyseren.	0	0	12	43	27
17. Het is de bedoeling dat leerlingen bij een STEM-project zelf een probleem kunnen formuleren.	0	1	10	55	16
18. Het is de bedoeling dat leerlingen bij een STEM-project zelf een werkwijze kunnen bepalen.	0	2	14	44	22
19. Het is de bedoeling dat leerlingen bij een STEM-project zelf een resultaat kunnen vinden.	0	3	10	42	27
20. Het hangt van project tot project af welke stappen leerlingen zelfstandig kunnen doen.	2	2	8	39	31



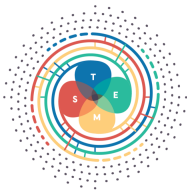
21. Het is de bedoeling dat leerlingen groeien in dit probleemoplossend leren.	0	0	0	24	58
22. Bij een STEM-project moeten de vaardigheden van de leerlingen aan bod komen.	0	0	5	44	33
23. Bij een STEM-project moet het creatief denken van de leerlingen aan bod komen.	0	0	6	35	41
24. Bij een STEM-project moet de kennis van de leerlingen aan bod komen.	0	2	11	44	25
25. Bij een STEM-project moet de attitude van de leerlingen aan bod komen.	0	1	6	43	32
26. Leerlingen moeten een tekening/figuur/schema maken om hun ideeën te verbeelden.	0	3	21	35	23
27. Leerlingen kunnen verbanden leggen met de theorie.	0	0	6	48	28
28. Leerlingen moeten een model maken.	1	7	17	40	17
29. Leerlingen moeten hun keuzes kunnen verantwoorden.	0	1	7	37	37
30. Voorspellingen moeten via simulaties op de computer gemaakt worden.	10	16	27	20	9
31. De leerlingen moeten rekening houden met de technologische behoeften en beperkingen bij een ontwerpopdracht.	0	1	17	50	13
32. De leerlingen moeten rekening houden met de gevolgen van technische interventies op natuur en samenleving.	0	1	14	43	24
33. Een STEM-project moet aansluiten bij de leefwereld van de leerlingen.	1	4	8	33	36
34. Bij een STEM-project kunnen zeker ook niet-STEM-inhouden of -contexten betrokken worden, bijvoorbeeld geschiedenis, taal, muziek, LO,...	0	2	5	29	46
35. Binnen STEM moet ruimte zijn voor discussie en exploratie rond kritisch denken.	0	0	4	32	46



36. Binnen STEM moet ruimte zijn voor discussie en exploratie rond controversiële thema's als kernenergie, genetische manipulatie,...	1	3	9	29	40
37. Er moet ruimte zijn voor ethische discussies rond recente ontwikkelingen in STEM-domeinen.	1	2	15	29	35
38. Bij een STEM-project voorziet de leerkracht in een informatierijke omgeving.	0	3	10	38	31
39. Bij een STEM-project leren leerlingen door elkaar feedback te geven.	0	1	7	43	31
40. Een STEM-project kan eigenlijk gegeven worden door één leerkracht die van alle markten thuis is.	19	27	15	14	7
41. Een leerkracht techniek is voldoende om een STEM-project te geven.	31	28	16	5	2
42. Leerkrachten uit alle disciplines zijn nodig bij een STEM-project.	4	3	11	27	37
43. Leerkrachten uit verschillende disciplines staan samen voor klas.	1	3	20	36	22
44. Leerkrachten uit verschillende disciplines staan afwisselend alleen voor klas.	2	16	30	30	4
45. Leerlingen uit verschillende richtingen kunnen samenwerken aan een STEM-project.	1	4	6	26	45
46. Leerlingen uit verschillende scholen kunnen samenwerken aan een STEM-project.	4	9	13	26	30
47. Het is duidelijk voor mij wat die 21ste-eeuwse competenties zijn.	9	6	20	30	17
48. Het is duidelijk voor mij hoe ik die 21ste-eeuwse competenties moet concretiseren binnen STEM.	10	12	24	27	9
49. Binnen STEM moet ruimte zijn voor exploratie rond recente ontwikkelingen in de verschillende STEM-domeinen.	1	0	14	43	24
50. De procesevaluatie is belangrijker dan de productevaluatie.	1	2	16	34	29



51. Vooral kennis moet geëvalueerd worden.	17	39	17	8	1
52. Vooral vaardigheden moeten geëvalueerd worden.	4	17	21	38	2
53. Vooral attitude moet geëvalueerd worden.	5	21	21	29	6
54. Kennis, vaardigheden en attitude moeten geïntegreerd geëvalueerd worden.	1	3	11	30	37
55. Kennis, vaardigheden en attitude moeten apart geëvalueerd worden.	16	28	18	14	6
56. Er moet ruimte zijn om de leerlingen te laten falen in hun project.	0	1	3	25	53



Appendix 4 – Generieke elementen vanuit de netwerksessies

Deze generieke elementen komen uit de praktijkvoorbeelden en de rondetafelgesprekken georganiseerd tijdens de netwerksessies van het Vlaams Lerend Netwerk STEM SO.

Tijdens de verschillende netwerksessies hebben leerkrachten uit het werkveld, pedagogisch begeleiders en directies heel wat praktijkvoorbeelden gepresenteerd rond de vragen Wat? Voor Wie? en Hoe? STEM vorm te geven. Zowel tijdens de reflectiemomenten op het eind van de workshops als tijdens de rondetafelgesprekken, kwamen steeds een aantal generieke elementen naar voor. Hieronder worden ze gegroepeerd onder verschillende thema's en de belangrijkste elementen kort besproken.

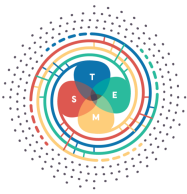
Over de (al dan niet integratie van) de verschillende STEM-componenten

De aparte componenten in het SO zijn niet altijd duidelijk te onderscheiden binnen de leerplannen en vakken. Voor Science en Mathematics zijn er wel duidelijk te onderscheiden vakken, in alle graden en voor alle niveaus. Voor Technology is dit al minder duidelijk: Er bestaat in de eerste graad wel een vak, Techniek. In het TSO wordt in 2^{de} en 3^{de} graad uiteraard ingezet op techniek en technologie, maar binnen het ASO bestaat hier niets over in de leerplannen en studierichtingen. De component Engineering is al nog het minst van al te onderscheiden. Dit komt enkel terug binnen leerplan IW, maar dan ook heel sterk vanuit techniek en technologie ingevuld. De invulling van de component E wordt verder nog besproken.

De interactie van de STEM componenten gebeurt vaak op dezelfde manier, namelijk via een context (bijvoorbeeld: hoe werkt een koffiezet, ontwerp van een joon, ontwerp een serre, ontwikkelen van apps...). Interactie wordt verwezenlijkt door deze context vanuit verschillende invalshoeken te gaan bekijken. De uitdaging voor leerkrachten/scholen is dan ook vaak een goede context te vinden die de blik van verschillende disciplines mogelijk maakt (maar op zich is elke betekenisvolle realiteit inzetbaar). Hierdoor is het zelfs mogelijk om eenzelfde context ook op verschillende niveaus in te zetten (van basisonderwijs tot laatste graad secundair onderwijs). Een belangrijk criterium voor de keuze van een context is de mate waarin die binnen de leefwereld past van leerlingen, die uitnodigend is, die motiverend werkt... Laat dit misschien net het grote verschil zijn met de meer klassieke vakken, die meer inhoudelijk gebonden zijn door hun leerplannen.

Men merkt ook een duidelijk verschil tussen TSO- en ASO-scholen op, meer bepaald hoe de STEM-componenten in interactie gaan met elkaar. Zo profileren de technische scholen zich vooral als sTEem (STEM wordt vooral vanuit T en E ingevuld), terwijl zoeken ASO-scholen hierbij naar sterkere invullingen van S en M (vooral binnen wetenschappen) en worden ze dan eerder bestempeld als SteM. Hierdoor kunnen deze scholen ook makkelijkere toegang vinden tot techniek: denk vooral aan nieuwe technologieën zoals arduino's, 3D printing... zonder dat hiervoor zware machinerie zoals CNC machines nodig zijn.

Zo werkten bijvoorbeeld 2 verschillende scholen beide rond een serre: de eerste binnen wetenschappen 3^{de} jaar ASO, de andere binnen de richting IW, 2^{de} graad. Hoewel beide vertrekken vanuit dezelfde context, zie je duidelijke nuance verschillen. Je merkt dit aan het soort vragen die behandeld worden tijdens dergelijk STEM-project. Binnen IW zijn er vooral vragen rond het technisch ontwerp en de randvoorwaarden hiervoor. Binnen wetenschappen ASO zie je meer wetenschappelijke



vragen rond de voorwaarden voor het telen van planten, aangevuld met een eenvoudige regeltechniek en sturing.

Hierbij nog een grote bemerking over de invulling van E binnen STEM. Dit wordt vaak ‘geclaimd’ vanuit de richting IW (waar dit ook expliciet in het leerplan staat). In de praktijk zie je echter dat engineering wordt vaak gelijkgesteld aan ‘ontwerpen’ waarbij leerlingen technische, wiskundige en wetenschappelijke inzichten toepassen door een idee uit te werken, te testen, een prototype te maken en aan te passen. Een vraag die vaak terug komt is dan ook of dit nu engineering of ontwerpen is.

Hiernaast zijn de meeste (engineering) opdrachten sterk gestuurd. Uit praktijkliteratuur draait engineering echter vooral over leerlingenbetrokkenheid om hen zo intrinsiek gemotiveerd te maken. De betrokkenheid is vaak beperkt tot de methode en oplossing, maar niet de nood. Hier kan dus nog meer aandacht naar toe gaan.

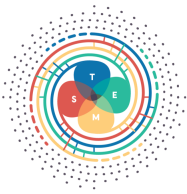
Engineering biedt ook de mogelijkheid om de brug te slaan naar een sociale en economische component¹⁰. Er zijn echter heel weinig voorbeelden waar een duidelijke economische en sociale component in zit. Besluit is dan dat engineering kan gaan over bruggen bouwen tussen beta- en alfawetenschappen maar blijft in de praktijkvoorbeelden vaak beperkt tot wetenschap en techniek. Mogelijkheden zijn er door meer expliciete aandacht te besteden aan de 3P’s: people, planet & profit.

Er zijn wel al enkele praktijkvoorbeelden met een economische en sociale component, maar deze dienen dikwijls enkel als vertrekpunt:

- Binnen uitvindingsbeurs heeft een leerling een hulpmiddel ontworpen voor haar oma dat haar in staat stelt een boek te lezen. Ze heeft hier zelfs een prijs mee gewonnen voor Handicap International.
- Een project waar robots ingezet worden om problemen in rusthuizen op te lossen. Dit is een zeer goede aanzet, maar tijdens de lessen zelf wordt vooral aandacht/tijd besteed aan het technisch ontwerp, en niet zozeer aan de verkenning van het probleem. De feedback uit de deelnemers aan deze workshop was dat er ook geen terugkoppeling was met het maatschappelijk probleem.
- Inzetten van lego mindstorms robots om vervuiling tegen te gaan. Terug goede aanzet maar in de praktijk gaat het om het bouwen van een robot, en niet zozeer om het probleem van vervuiling. Terugkoppeling aan het maatschappelijk probleem is echter niet aanwezig.

Een zeer voorzichtig besluit over de E van STEM: er zijn zeker en vast aanzetten, maar al te vaak vanuit een nogal enge invulling. De maatschappelijke of sociale nood wordt vaak niet in vraag gesteld. De vraag is echter of je dit moet doen binnen STEM-projecten. Is dit haalbaar om ‘echte’ maatschappelijke of sociale problemen ‘op te lossen’? Hoe zit het met de uitbreiding naar vakken buiten de STM-domeinen?

¹⁰ “Engineering is the application of **mathematics** and **scientific, economic, social,** and **practical knowledge** in order to invent, innovate, design, build, maintain, research, and improve structures, machines, tools, systems, components, materials, processes and organizations.” (From Wikipedia, the free encyclopedia).



Over STEM geletterdheid of specialisatie:

Een onderscheid dat vaak gemaakt werd, is dit tussen STEM-specialisatie of STEM-geletterdheid. Volgens velen is dit een belangrijk onderscheid. Iedereen is het over eens dat STEM voor iedereen is (of zou moeten zijn alleszins), maar slechts weinig projecten zetten hier ook op in. Er is wel een duidelijke richting binnen basisonderwijs omtrent geletterdheid waarbij STEM niet draait om inhouden (of domeinen zoals wetenschap en techniek) maar gaat over een manier van actief en betekenisvol leren.

In de 1^{ste} graad secundair onderwijs is er vaak sprake van geletterdheid, zeker binnen beleidsdocumenten. In de praktijk spreekt men i.p.v. geletterdheid meer over oriëntatie. Deze richtingen zijn (nog) geen specialisatie maar bereiden wel leerlingen hierop voor. Dit botst wel met de idee van brede eerste graad! In de 2^{de} en 3^{de} graad secundair onderwijs spreekt men over specialisatie, maar de voorbeelden focussen wel op de 'sterke' leerling (IW binnen TSO en Wetenschappen binnen ASO). Over geletterdheid is helemaal geen sprake meer, over specialisatie in beroeps en meer technische richtingen ook niet (denk bijvoorbeeld aan STEM in opleiding hout, of in voeding verzorging, of in handel).

Besluit is dat STEM momenteel nog een verhaal is van oriëntatie, om dan over te gaan tot specialisatie in de latere graden. Vele projecten en STEM-richtingen... focussen dan ook op de 'sterke' leerling.

Is STEM nu best in te vullen als een vak, een richting, meer projectmatig of als een didactiek?

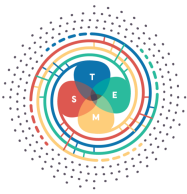
Uit de verhalen van de scholen blijkt dat:

- Scholen richten STEM vaak in als een richting waarbij leerlingen, naast extra wiskunde/programmeren/..., vaak 2 (tot 5) uur STEM krijgen. Deze extra STEM-uren krijgen dus de vorm van een 'vak' omdat aparte uren hiervoor voorzien worden. Dit STEM-vak wordt vaak projectmatig ingevuld.
- Er zijn weinig voorbeelden van scholen waarbij STEM ingezet wordt als een didactiek om de huidige vakken te versterken via meer betekenisvol en actief onderwijs. Een belangrijke opmerking die leerkrachten maken, is dat door het inzetten op STEM toch vaak een oliedruppel effect bereikt wordt, waarbij betekenisvol en actief leren ook intrede vinden in de traditionele aparte STEM-vakken. Je zou dit kunnen omschrijven als het meer STEMmig maken van het wetenschaps- en techniekonderwijs. Dit hoeft zeker niet beperkt te blijven tot wetenschappen en techniek, maar ook taal, geschiedenis en andere vakken kunnen hier aan werken.
- De grootste meerwaarde van STEM wordt door leerkrachten ervaren omwille van het vakoverschrijdende, doordat leerkrachten hun vak moeten verlaten en samen met andere vakleerkrachten een (nieuw) verhaal aan het maken zijn.

Volgende belangrijke vraag komt aan bod als STEM ingericht wordt als aparte richting of vak:

Moeten nieuwe leerplandoelstellingen komen voor STEM? Of moeten de bestaande leerplandoelstellingen van de aparte vakken gebruikt worden?

Dit loopt samen met de vraag van sommige scholen naar een soort van kwaliteitskader. De vraag is of dit wel mogelijk is. Vanuit het werkveld zijn hier duidelijke pro's en contra's. Dit blijkt trouwens ook uit de bevraging van de deelnemers.



- De visieteksten vanuit de koepels gaan meer over een beter evenwicht te zoeken tussen kennis en vaardigheden/competenties.
- Scholen die al redelijk wat ervaring hebben rond STEM zijn dan weer meer vragende partij om een soort van kwaliteit te garanderen via een soort kwaliteitskader, omdat nu iedereen STEM inricht, maar de verschillen behoorlijk groot zijn. Duidelijke criteria zijn nodig. Bijvoorbeeld de voorwaarde dat STEM componenten geïntegreerd en evenwaardig aan bod moeten komen of dat de opdrachten open moeten zijn. Wat precies verstaan wordt onder evenwaardig, of open, is echter verschillend als je leerkrachten verder bevraagd. Voor velen is het al voldoende als je leerlingen zelf aan een probleem laat werken waarbij alle criteria al volledig vastliggen, voor anderen moet dit dan weer een stuk verder gaan.

Een expliciete vraag van het werkveld in verband met een eventuele kwaliteitskader of een leerplan, is om toch niet te veel vast te leggen: laat leerkrachten werken vanuit de sterkte en eigenheid van hun team! Er is meer draagvlak om het selecteren en formuleren van doelen rond STEM in handen te geven van de school en van de leerkrachten.

Hoe zit het met een specifieke STEM aanpak?

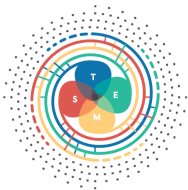
Men is het er algemeen over eens dat een open en projectmatige aanpak een grote meerwaarde is, maar ook dat dit niet altijd makkelijk implementeerbaar is. De term 'open' of een 'graad van autonomie' wordt ook niet altijd goed omschreven. Zo spreekt men over 'open' als de resultaten van de leerlingen verschillend zijn (allemaal unieke resultaten). Zo kan je stellen dat elke vorm van creëren een open opdracht is (aangezien elke leerling iets anders zal maken). Een voorbeeld: leerlingen worden uitgedaagd om een knikker weg te schieten en maken hiervoor een katapult systeem. Uiteraard krijg je allemaal verschillende katapulten, maar het zijn wel allemaal katapulten als oplossing.

Wel is men het over eens dat binnen STEM het open karakter of mate van autonomie veel belangrijker is in vergelijking met de traditionele vakken.

Vaak wordt gesteld dat een open projectmatige aanpak beter werkt voor 'sterkere' leerlingen. In de 1^{ste} graad wordt vaak gekozen voor een gecontroleerde omgeving (sterk sturend), om dan in de hogere graden meer eigenaarschap te geven. De vraag is of dit (met het oog op eigenaarschap, op intrinsieke motivatie) wel goed is. Er zijn voorbeelden vanuit de 1^{ste} graad waarbij leerlingen zelf al volledig eigenaarschap hebben over hun project. Goede begeleiding en ondersteuning is hier uiteraard wel nodig. Het belang van voorkennis mag niet onderschat worden. In plaats van 'open aanpak' spreek je dan ook beter over 'guided discovery'. Er is immers meer (of betere) begeleiding nodig om leerlingen meer eigenaarschap te geven. De leerkracht als coach/ondersteuner in plaats van sturend en instructor is geen makkelijke shift. Dit vergt tijd, dit vergt try-outs, dit vergt aanpassingen (eigen leerproces voor de leerkracht).

Een ander spanningsveld is de focus (en evaluatie) op het metacognitieve versus inhoudelijke doelen. Iedereen erkent de meerwaarde van metacognitieve doelen, maar door sterk inhoudelijke focus raakt deze vaak 'ondersneeuwd' onder de disciplinaire doelen.

Qua strategieën zijn er heel veel verschillende kaders waar scholen gebruik van maken: OVUR, Design thinking, ontwerpend en onderzoekend leren, enzovoort. Soms is het zo dat in de wetenschapsvakken wel een andere methode toegepast wordt dan in techniek (OVUR, technisch proces). Er is dus ook tussen de vakken onderling afstemming nodig. Er blijft hier de vraag welke strategie best geschikt is.



Een paar zaken die wel overal terugkomen zijn: hoge leerlingenactiviteit, motiverend en uitdagend, zelf zaken doen!

De inbreng van externen in het STEM-verhaal als grote meerwaarde

De inbreng van externen in het STEM-verhaal blijkt ook voor vele scholen een heel grote meerwaarde, zowel voor het technische als voor het wetenschappelijke verhaal. Zo bestaan er mooie samenwerkingen tussen ASO- en TSO-scholen (waarbij ASO-scholen technische expertise kunnen inroepen van hun naburige TSO-school), maar dit is zeker niet altijd zo.

Naast externe scholen, roepen scholen ook andere externen in: ouders, meters en peters, oud-leerlingen, oud-leerkrachten, naburige instellingen (uit bedrijfsleven, maatschappelijke instellingen, universiteiten en andere onderzoeksinstellingen). Met een mooi woord wordt deze externe inbreng verlener vaak als 'intellectuele sponsor' omschreven.

Hoe zit het met de leerkracht binnen STEM?

Er heerst een duidelijke unanimiteit over het belang van teamwork en inzetten van meerdere leerkrachten. STEM is een verhaal dat gaat over samenwerken, niet alleen tussen leerlingen, maar ook tussen leerkrachten. De moeilijkheid ligt soms bij de wil om open te staan niet alleen qua inhoud, maar ook wat betreft de aanpak (open/gestuurd, specifieke vakdidactiek...). Samenwerken is essentieel, maar over scholen heen is het veel moeilijker: de concurrentie speelt hier blijkbaar ook een rol. Het is dan weer makkelijker om internationaal te gaan samenwerken dan op Vlaams niveau.

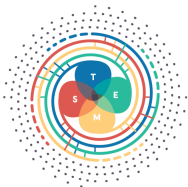
Hoe zit het met het verhaal van meisjes binnen STEM?

Veel scholen erkennen een onevenwicht tussen het aantal meisjes en jongens binnen STEM: meestal is de meerderheid jongens, soms ook zeer uitgesproken. De reden hiervoor is echter voor veel scholen nog steeds niet duidelijk. Ligt het aan een meer open en creatieve aanpak? Ligt het aan de context of thema's waarbinnen gewerkt wordt? Niemand weet echter hoe dit te verhelpen, maar de vraag die soms ook gesteld wordt is of dit nu een probleem is of niet?

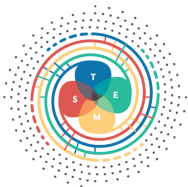
Appendix 5 – Lijst van bij het netwerk betrokken scholen

Een totaal van meer dan 200 secundaire scholen, STEM-centra, uitgeverijen, hogescholen en universiteiten werd betrokken in de looptijd van het project. Hieronder de volledige lijst.

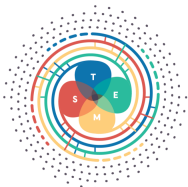
nr	Naam instelling
1	AGSO
2	Artesis Plantijn Hogeschool Antwerpen
3	Arteveldehogeschool Gent
4	Atheneum Alicebourg
5	Atheneum Borgloon
6	Atheneum De Regenboog Bree
7	Atheneum De Ring
8	Atheneum Jan Fevijn
9	Atheneum Schoten - Schilde
10	Atheneum Wispelberg



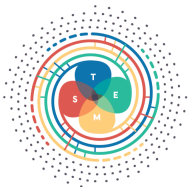
- 11 Campus De Beuk
- 12 Campus Impuls
- 13 Campus Russelberg
- 14 College OLV Ten Doorn
- 15 College Vilvoorde
- 16 Da Vinci Atheneum Sofia Hollevoet
- 17 Da Vinci Campus Ronse
- 18 De Passer
- 19 De Regenboog (Vrije Basisschool)
- 20 De startlijn
- 21 De Veerboot Astene
- 22 Don Bosco Instituut Helchteren
- 23 Don Bosco school voor wetenschap en techniek
- 24 Don Bosco Sint-Denijs-Westrem
- 25 Don Bosco T.I. Helchteren
- 26 Don Boscocollege Zwijnaarde
- 27 DvM humaniora Aalst
- 28 Educentrum vzw
- 29 Gesubsidieerd Technisch Instituut Mortsel
- 30 Gilo de Kaart
- 31 GITO Tervuren
- 32 GO! atheneum Centrum Oostende
- 33 GO! Atheneum de Ring Leuven
- 34 GO! Atheneum Herzele
- 35 GO! Atheneum Maasland-Campus Maasmechelen
- 36 GO! atheneum Oudenaarde
- 37 GO! Atheneum Schoten-Schilde
- 38 GO! Atheneum Temse
- 39 GO! Geel
- 40 GO! Middenschool Brugge-centrum
- 41 GO! Onderwijs van de Vlaamse Gemeenschap Centrale Diensten
- 42 GO! technisch atheneum 1 Diest
- 43 GO! Technisch Atheneum Domein Speelhof Sint-Truiden
- 44 GO! technisch atheneum Lokeren
- 45 GO!Atheneum Tienen
- 46 GTI Londerzeel
- 47 GTI Mortsel
- 48 GTSM
- 49 GVB Den Akker
- 50 Heilig Graf Instituut
- 51 Heilig Graf secundair onderwijs Turnhout
- 52 Heilig Hartcollege
- 53 Heilig Hartcollege Lanaken
- 54 Heilig Hartcollege Waregem
- 55 Heilig-Hartcollege Lanaken
- 56 Het Beroepenhuis vzw
- 57 HGI Bilzen
- 58 HHCL Lanaken



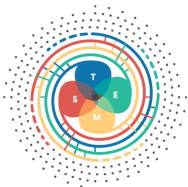
59	Hogeschool Gent
60	Hogeschool PXL
61	Howest
62	Immaculata Maria-Instituut
63	Inspirocollege
64	Instituut van het heilig graf Turnhout
65	Instituut Virgo Sapientiae
66	Jan Fevijn
67	Job school
68	KA Schoten
69	KA Tienen
70	KA Zottegem
71	KASOG
72	Katholiek Onderwijs Regio West-Vlaanderen
73	Katholiek Onderwijs Vlaanderen
74	Katholiek Onderwijs Vlaanderen - Dienst curriculum en vorming
75	Katholiek Onderwijs Vlaanderen regio Limburg
76	Katholiek onderwijs Vlaanderen regio West- Vlaanderen
77	Kbsot Vzw
78	KISP
79	KOBA de NETE vzw SGC-LIER
80	KOGEKA1
81	Koninklijk Atheneum Centrum Oostende
82	Koninklijk Atheneum Geraardsbergen
83	Koninklijk Atheneum te Keerbergen
84	Koninklijk Atheneum Zottegem
85	KS Diest
86	KSD
87	KSG Harlindis en Relindis
88	KTA Alicebourg Lanaken
89	KTA Brakel
90	Kta lanaken
91	KTA MoBi
92	KTA1 Diest
93	KU Leuven SLO Fysica
94	Leiepoort deinze campus sint-theresia
95	Lutgardiscollege S.O.
96	Lyceum aan de stroom Temse
97	Lyceum Hardenvoort
98	Margareta-Maria-Instituut
99	Middenschool Aarschot
100	Middenschool Brugge Centrum
101	Middenschool Malle
102	Middenschool Pius X
103	Middenschool Sint-Gertrudis Landen
104	Middenschool Sint-Pieter
105	Middenschool-Atheneum Geel
106	MMI Kortemark



107	Montfortcollege
108	MPI De Dageraad
109	MS Aarschot
110	Ms de makz knokke
111	MUDA instituut/ Einstein Atheneum
112	NOLIMEDS BVBA
113	O.-L.-V.-Hemelvaartinstituut - Joyce Vermeulen
114	Odisee VZW
115	Odisee, campus Waas
116	OLVA
117	OLVP Bornem
118	Ontdek Techniek Talent
119	Onze-Lieve-Vrouwecollege Assebroek
120	OVSG: Onderwijskoepel van Steden en Gemeenten
121	Pbsog Pedagogische begeleidingsdienst
122	Petrus en Paulus west
123	Pius X College Tessenderlo
124	Plantyn
125	Prizma - Campus VTI
126	Provil
127	Provinciaal Instituut voor Biotechnisch Onderwijs
128	Provinciaal onderwijs De Wijnpers Leuven
129	Provinciaal Onderwijs Vlaanderen
130	Provinciaal Technisch Instituut
131	Provinciale Scholen voor Tuinbouw en Techniek
132	Provinciale Secundaire School Bilzen
133	Provinciale Technische School
134	Provincie Limburg
135	Provinciebestuur Oost-Vlaanderen
136	PSSB
137	PTI
138	PTS Maasmechelen (Erik Clerkx)
139	PXL
140	Regina Caelilyceum
141	Regina Pacisinstituut
142	Rhizo Lyceum Olv Vlaanderen
143	RTC Antwerpen
144	RTC Oost-Vlaanderen
145	Rtc Vlaams-Brabant
146	Salco-Haasrode
147	SBSO Instituut Sterrebos Campus Ter Sterre OV4 ASS
148	Scheppersinstituut Wetteren
149	Scholengemeenschap Lanaken
150	scholengroep adite
151	School met de Bijbel 'Den Akker'
152	Schoolbestuur Sint-Paulus Vzw
153	Scientix
154	SG Lanaken campus Heilig-Hartcollege



155	SG Oost-Brabant - Sint-Leonardusinstituut Middenschool
156	SIGO! Lennik
157	Sint - Vincentiusmiddenschool
158	Sint jozef humaniora
159	Sint Jozef Mere
160	Sint Jozef Sint Pieter
161	Sint Lambertus college Bilzen
162	Sint Pietersinstituut Gent
163	Sint Victor
164	Sint-Albertuscollege-Haasrode
165	Sint-Aloysiuscollege
166	Sint-Bavohumaniora
167	Sint-Donatus Middenschool
168	Sint-Gummaruscollege Lier
169	Sint-Jozef Bilzen-Hoeselt
170	Sint-Jozef Mere
171	Sint-Lambertuscollege
172	Sint-Lambertusinstituut
173	Sint-Laurens SO Zelzate
174	Sint-Maartenscholen Ieper
175	Sint-Martinusscholen Herk-de-Stad
176	Sint-Michielscollege Brasschaat vzw
177	Sint-Michielscollege Schoten
178	Sint-Norbertusinstituut Antwerpen
179	Sint-Paulus Vzw
180	Sint-Pietersinstituut Gent
181	Sint-Rembert
182	Sint-Ritacollege
183	Sint-Theresiacollege
184	Sint-Ursulalyceum Lier
185	Spectrumcollege Beringen
186	Spectrumcollege BVTI
187	Spectrumschool Deurne
188	St Pietersinstituut Gent
189	Stedelijk Lyceum Hardenvoort
190	Stedelijk Lyceum Meir
191	Stedelijk Onderwijs
192	SVM-Lanaken
193	Technisch instituut lanaken
194	Technisch Instituut Sint-Jozef
195	Technisch Instituut Sint-Lodewijk
196	Technisch instituut sparrendal lanaken
197	Technopolis
198	Thomas More Mechelen
199	TISM
200	UCLL
201	Uitgeverij Pelckmans
202	Uitgeverij Plantyn



- 203 Uitgeverij Van In
- 204 Universitaire Associatie Brussel
- 205 Universiteit Antwerpen
- 206 Universiteit Gent
- 207 University College Leuven-Limburg
- 208 V.Z.W. Onderwijsinrichtingen Voorzienigheid
- 209 Verenigde scholen Ursulinen Mechelen en Hagelstein
- 210 Vicariaat Onderwijs
- 211 VISO Mariakerke
- 212 VITO Hoogstraten
- 213 Vives
- 214 VIVES campus Torhout
- 215 VJC Hasselt
- 216 vrij instituut voor secundair onderwijs
- 217 Vrij Technisch Instituut
- 218 Vrije Technische Scholen van Turnhout
- 219 Vrije Universiteit Brussel
- 220 VSOP Sint Bertinus VZW
- 221 VTI Aalst campus Puytenput
- 222 VTI Diksmuide t.a.v. Lander Decaestecker
- 223 VTI Gullegem
- 224 VTI Kortrijk
- 225 VTI Lier
- 226 VTI-Torhout
- 227 VTS 3 vlaamse trainersschool
- 228 VZW Instituut van het Heilig Graf
- 229 VZW KASO Maaseik- Kinrooi
- 230 VZW KOBB
- 231 VZW KOGA
- 232 vzw KOHH Sint-Martinusscholen
- 233 vzw Provinciaal der Broeders van Liefde Sint-Laurenscholen Secundair Onderwijs
- 234 vzw Scholengemeenschap Lanaken
- 235 Vzw Scholengroep Sint-Michiel Campus Klein Seminarie-Vabi
- 236 vzw SGL Campus T.I.SPARENDAAL
- 237 VZW Sint-Jozefsinstituut Betekom
- 238 VZW VSOP Sint Bertinus
- 239 Vzw Wico
- 240 Vzw Wico Campus Sint-maria