

Natural Entrepreneurs: Pedagogisch kader



INTELLECTUAL OUTPUT 2

FINAL REPORT



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

De steun van de Europese Commissie voor de productie van deze publicatie houdt geen goedkeuring in van de inhoud die alleen de mening van de auteurs weerspiegelt, en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gehouden voor enig gebruik dat kan worden gemaakt van de daarin opgenomen informatie.

Inhoud

Deel 1 - De pedagogische aanpak	3
1.1 Het biomimicry-ontwerpproces	3
1.2 Curriculumverbindingen	4
Deel 2 - Invloeden en processen	6
2.1 De Duurzame Ontwikkelingsdoelen (SDG's)	6
2.2 De Europese Green Deal	6
2.3 Biomimicry	8
Nature's Unifying Patterns (NUPs)	10
2.4 Kennis en competenties	11
2.5 De leeraanpak	14
Onderzoekend leren	14
Design-based learning	14
Outdoor learning	15
2.6 Rol van de leraar	16
TPACK (technologie-pedagogische-inhoudelijke kennis)	16
Bijlage: Evaluatie van curricula	19

Dit kader is vertaald vanuit het Engels en kan enkele fouten bevatten. Mocht er iets onduidelijk zijn, aarzel dan niet om contact op te nemen via info@biomimicrynl.org.

Deel 1 - De pedagogische aanpak

Klimaatverandering, vernietiging en verlies van biodiversiteit zijn slechts enkele van de milieuproblemen waarmee onze planeet wordt geconfronteerd. De European Environmental Agency (EEA) geeft toe dat Europa zijn duurzame ontwikkelingsdoelen voor 2030 niet zal bereiken zonder dringende actie. Biomimicry biedt een gedurfde aanpak, gebaseerd op 3.8 miljard jaar onderzoek uitgevoerd door de natuur.

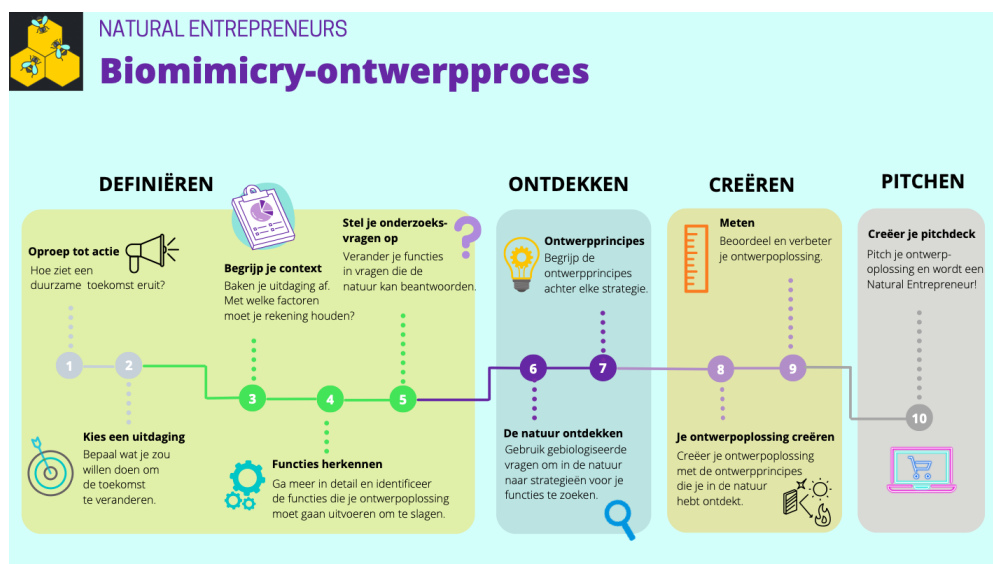
Biomimicry-innovatie is een drijfveer voor economische groei wereldwijd. Een aanzienlijk aantal bedrijven en organisaties vertrouwt al op de biomimicry-aanpak om te innoveren en voor de verdere ontwikkeling van hun producten en diensten.

Natural Entrepreneurs (NatEnt) helpt jongeren na te denken over welke toekomst ze willen creëren. Biomimicry biedt leerlingen de tools om deze toekomst ook daadwerkelijk te verwezenlijken.

1.1 Het biomimicry-ontwerpproces

Het pedagogisch kader van NatEnt behandelt de onderlinge relatie tussen *wetenschap*, *ondernemerschap* en *digitale competenties* met behulp van het biomimicry en is gebaseerd op de Duurzame Ontwikkelingsdoelen (SDG's) van de Verenigde Naties.

Natural Entrepreneurs behandelt het biomimicry-ontwerpproces in 4 fasen - DEFINIËREN, ONTDEKKEN, CREËREN en PITCHEN - met begeleidende activiteiten en samenwerkingstaken in elke fase. Deze worden gedetailleerd beschreven op het NatEnt-platform.



Het leertraject is ontworpen om geleverd te worden via een combinatie van klassikaal en online leren. Klassikaal leren wordt onder andere gebruikt om onderzoek uit te voeren en oefeningen te doen, en het NatEnt-platform wordt gebruikt voor het delen

van onderzoek en gegevens, en voor interactie met andere teams die het platform gebruiken – om samenwerking boven concurrentie aan te moedigen.

1.2 Curriculumverbindingen

Het project kan worden geïmplementeerd in bestaande lessen, gedurende een projectweek of als buitenschoolse activiteit. Het is geschikt voor leerlingen van 14-18 jaar maar kan ook worden aangepast aan andere leeftijden - de hoeveelheid ondersteuning die de leraar aan leerlingen biedt, zal variëren.

Het kader integreert een aantal sleutelideeën die onderzoekend leren, oplossingsgericht ontwerp en duurzame ontwikkeling ondersteunen.

Double Diamond Design model – de *double diamond* is een veelgebruikt model binnen design thinking en ligt ten grondslag aan de meeste ontwerprocessen. Ook het NatEnt-model integreert de dubbele diamant; het kritische verschil zit in hoe onderzoek hier is gericht op **inspiratie uit de natuur** en het vertalen van natuurlijke functies naar menselijke ontwerpprincipes.

TPACK – NatEnt verweeft onderzoekend leren met online en klassikale taken. TPACK biedt het kader om te begrijpen hoe het online platform het beste kan worden gebruikt om inhoudelijke en proceskennis te ondersteunen, zodat het platform de leerervaring verbetert in plaats van er afleidt.

Duurzame Ontwikkelingsdoelen – elke uitdaging op het NatEnt-platform heeft duidelijk betrekking op een van de SDG's, waarbij de SDG's ook worden gebruikt om leerlingen kennis te laten maken met het concept van en de behoefte aan duurzame ontwikkeling.

Outdoor Learning – in de fase ‘Ontdekken’ van het leertraject worden leerlingen aangemoedigd om direct uit de natuurlijke wereld in hun omgeving te leren, om succesvolle organismen te onderzoeken en om te verkennen hoe succesvolle strategieën in de natuur kunnen worden aangepast aan menselijk ontwerp. Dit element versterkt sterk het *(Re)connect* aspect van biomimicry, waarbij leerlingen leren begrijpen hoe zij deel uitmaken van de natuur.

Onderzoekend leren – het gehele NatEnt-kader is gebaseerd op een onderzoekende aanpak. In alle fasen worden leerlingen gestimuleerd om hun eigen onderzoek uit te voeren en te reflecteren op hoe dit onderzoek nuttig is voor hun ontwerpuitdaging. Daarnaast worden leerlingen aangemoedigd om het werk van andere teams op het platform te bekijken en te reflecteren op hoe dit werk nuttig kan zijn om hun eigen werk te verbeteren.

STE(A)M – Biomimicry kan dienen als een boeiende manier om STE(A)M onderwerpen aan studenten te presenteren. NatEnt wordt het beste geleverd als onderdeel van een vakoverstijgend programma. De wetenschappen (biologie, natuurkunde, scheikunde) spelen een cruciale rol bij het begrijpen van hoe de natuur werkt; vakken als kunst en techniek dragen bij aan het omzetten van ideeën in

levensvatbare en creatieve oplossingen; en een vak als economie laat leerlingen nadenken over hoe ze hun oplossing op de markt kunnen brengen en een succes kunnen maken.

Deel 2 - Invloeden en processen

Deel één gaf een kort overzicht van de belangrijkste invloeden achter het NatEnt-leertraject. Hieronder volgt een gedetailleerdere uitleg van deze invloeden voor een completer begrip van hoe NatEnt leerlingen ondersteunt.

2.1 De Duurzame Ontwikkelingsdoelen (SDG's)

De SDG's zijn in 2015 vastgesteld door de internationale gemeenschap als onderdeel van de *VN-Agenda 2030 voor Duurzame Ontwikkeling*, waarbij landen gezamenlijk de belofte opstelden om voor 2030 armoede uit te roeien, duurzame en inclusieve ontwikkelingsoplossingen te vinden, de mensenrechten van iedereen te waarborgen en ervoor te zorgen dat niemand achterblijft.

Er zijn 17 SDG's gedefinieerd, met 169 geassocieerde doelen, die tegen 2030 bereikt moeten worden. Ze gaan in op de uitdagingen waarmee de gehele wereld wordt geconfronteerd en pakken alle dimensies van duurzame ontwikkeling aan op een evenwichtige en geïntegreerde manier.

https://ec.europa.eu/international-partnerships/sustainable-development-goals_en



In het NatEnt-project richten we ons op zes doelen, maar het platform biedt de mogelijkheid om uitdagingen met betrekking tot elke SDG aan te gaan.

2.2 De Europese Green Deal

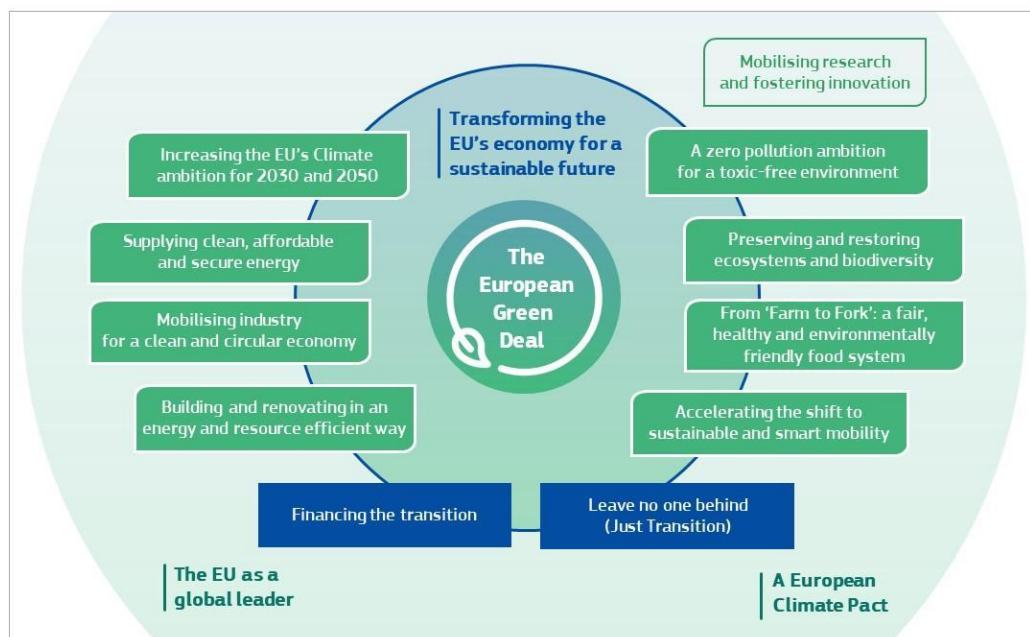
De Europese Green Deal is een EU-strategie om de 2030-agenda van de Verenigde Naties en de duurzame ontwikkelingsdoelen te implementeren.

Deze strategie is erop gericht om de EU om te vormen tot een eerlijke en welvarende samenleving met een moderne, hulpbronnefficiënte en concurrerende economie waarin de EU in 2050 koolstofneutraal is.

Hoe? De overgang moet rechtvaardig en inclusief zijn. Aangezien de overgang grote veranderingen met zich meebrengt, zijn actieve deelname van de samenleving en vertrouwen in de overgang van groot belang als we willen dat het beleid werkt en geaccepteerd wordt.

Iedereen is erbij betrokken: burgers in al hun diversiteit; nationale, regionale en lokale overheden; het maatschappelijk middenveld; en de industrie, in nauwe samenwerking met EU-instellingen en adviesorganen.

Om de Europese Green Deal te realiseren, moet het beleid voor schone energievoorziening over de hele economie, industrie, productie en consumptie, grootschalige infrastructuur, vervoer, voeding en landbouw, constructie en belasting opnieuw worden bekeken. Om deze doelen te bereiken is het essentieel om meer waarde te hechten aan de bescherming en het herstel van natuurlijke ecosystemen, het duurzame gebruik van hulpbronnen en de verbetering van de volksgezondheid. De EU moet ook de nodige digitale transformatie bevorderen en erin investeren, aangezien deze essentieel zijn voor de genoemde veranderingen.



Biomimicry biedt een krachtige aanpak om de ambigue doelen van de EU te bereiken door leerlingen te betrekken bij het herontwerpen van hun toekomst, op basis van de strategieën die de natuur gebruikt en door uitdagingen aan te gaan die alle belangrijke aspecten van de Europese Green Deal omvatten.

Meer over EU-klimaatbeleid en de Green Deal:

https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_en

2.3 Biomimicry

Biomimicry is een ontwerpmethodede die kennis uit de natuur gebruikt als inspiratie voor duurzaam ontwerpen. Het is een interdisciplinaire benadering die natuur, biologie, ontwerp en technologie samenbrengt. Biomimicry heeft het potentieel om voor meer dan alleen design gebruikt te worden - een van de mogelijkheden ligt in het onderwijs.

De overvloed van informatie in de natuur biedt de mensheid een schat aan kennis om de grootste uitdagingen van onze tijd aan te pakken. Janine Benyus gebruikte de term biomimicry voor het eerst in haar boek 'Biomimicry: Innovation Inspired by Nature' (1997). Biomimicry komt van de Griekse woorden 'bios' wat leven betekent, en 'mimesis' wat imiteren betekent.

Biomimicry bevat drie essentiële elementen: Ethos, (Re)connect en Emuleren.



- Het **Ethos**-element inspireert de ethische intenties en legt uit waarom en met welk doel biomimicry zou moeten worden beoefend. Ethos vertegenwoordigt ons respect voor, onze verantwoordelijkheid voor en onze dankbaarheid voor onze medesoorten en de planeet Aarde, ons thuis.
- Het **(Re)connect**-element legt uit dat wij mensen ook natuur zijn. Volgens Benyus worden natuur en mens nu vaak als aparte delen gezien. Het is het doel van biomimicry om deze twee te herenigen. Biomimicry kan helpen om de relatie tussen de mens en de rest van de natuur te onderzoeken en verdiepen.
- Het **Emulate**-element brengt biomimicry in zijn meest praktische vorm: duurzame oplossingen zoeken door principes, patronen, strategieën en functies uit de natuur te begrijpen en na te bootsen.

Biomimicry thinking biedt de context voor waar, hoe, wat en waarom biomimicry past in het proces van elke discipline of elke schaal van ontwerp. Het is een raamwerk dat bedoeld is om mensen te helpen biomimicry te beoefenen. Het volgen van de stappen helpt bij het succesvol integreren van de strategieën van uit de natuur in menselijke ontwerpen. De vier meest waardevolle stappen waarin biomimicry thinking zich onderscheidt van andere ontwerpmethoden zijn: scoping, ontdekken, creëren en evalueren.

Er zijn twee mogelijke routes om biomimicry te gebruiken: men kan ofwel vertrekken vanuit de biologie, ofwel vanuit een (technische of sociale) uitdaging. De eerste route (van biologie naar ontwerp) begint bij een organisme, ecosysteem of natuurlijk fenomeen. Bij het observeren van bijvoorbeeld een boom kan een ontwerper of ingenieur de vraag stellen: "Wat kunnen we leren van de boom over hoe de bladeren aan de takken zitten?". De tweede route (uitdaging naar biologie) begint bij een

bepaalde uitdaging. Dat kan een uitdaging zijn als "Hoe houden we gebouwen koel in de zomer?".

De twee mogelijke routes worden geïllustreerd in de tabel op de volgende pagina:

Biologie naar ontwerp	Uitdaging naar biologie
 <p data-bbox="406 985 630 1108">BIOMIMICRY THINKING Biomimicry DesignLens BIOLOGY TO DESIGN Biomimicry.net AdNatures.org</p>	 <p data-bbox="957 985 1181 1108">BIOMIMICRY THINKING Biomimicry DesignLens CHALLENGE TO BIOLOGY Biomimicry.net AdNatures.org</p>
<p>Bestudeer een boom. Welke kenmerken kun je ontdekken en wat kunnen we leren van deze boom, of van bomen in het algemeen?</p>	<p>Klimaatverandering vormt een enorme uitdaging en het zou interessant kunnen zijn om inspiratie uit de natuur te halen over hoe we dit probleem kunnen aanpakken.</p>
<p>Hoe komt het dat het onder de bomen koeler aanvoelt dan een kilometer verderop op de weg?</p>	<p>Om dit probleem aan te pakken zou je kunnen kijken naar de vermindering van CO₂ emissies in het luchtverkeer/vliegtuigen.</p>
<p>Wat kunnen we leren van een boom over het 'afkoelen van de omgeving'?</p>	<p>Hoe vliegt de natuur over lange afstanden zonder veel energie te gebruiken?</p>
<p>Verdamping van water en het creëren van schaduw dragen beide bij tot verkoeling van de omgeving.</p>	<p>Kijk naar zaadverspreiding van planten en naar hoe trekvogels (zoals de albatros) verre afstanden afleggen.</p>

Hoe kunnen we dit principe toepassen op gebouwen in de stad?	Hoe kunnen we specifieke vormen (albatrosvleugel, zaad van een esdoorn) en materialen (poreus, lichtgewicht) uit de natuur nabootsen?
Creëer platte waterreservoirs op de daken van hoge gebouwen die zich vullen tijdens regen en waarbij het water verdampt bij een specifieke temperatuur.	Maak vliegtuigvleugels van lichtgewicht materialen in combinatie met een structuur/vorm die gebruik maakt van het liftprincipe.

In het NatEnt-project beginnen leerlingen met het kiezen van een uitdaging die ze willen oplossen. Alle uitdagingen zijn verbonden aan de SDG's.

Nature's Unifying Patterns (NUPs)

Het kernidee van biomimicry is leren van de natuur om menselijke problemen op een duurzame manier op te lossen. Door de natuur en het leven op aarde zorgvuldig te observeren kunnen we de principes ervan ontdekken en doorgronden.

De 10 principes uit de natuur die belangrijk zijn bij biomimicry worden 'Nature's Unifying Patterns' (NUPs) genoemd, en werden voor het eerst verzameld door Janine Benyus in 1997. Deze principes zijn een verzameling van de beste praktijken waargenomen in succesvolle levende systemen (planten, dieren en ecosystemen) van elke omvang: van eencellige bacteriën tot hele regenwouden.

Door NUPs in je ontwerp te integreren kun je producten ontwerpen die net zo duurzaam en effectief zijn als levende systemen. Ze kunnen ook gebruikt worden als evaluatietool tijdens het ontwerpproces:

- De natuur gebruikt alleen de vrij beschikbare energie die ze nodig heeft.
- De natuur recycleert alle materialen.
- De natuur is veerkrachtig.
- De natuur optimaliseert in plaats van maximaliseert.
- De natuur streeft naar win-win relaties.
- De natuur draait op informatie.
- De natuur gebruikt chemie en materialen die veilig zijn voor al wat leeft.
- De natuur bouwt met behulp van overvloedige grondstoffen, en gebruikt zeldzame grondstoffen maar heel soms en dan in kleine hoeveelheden.
- De natuur is goed afgestemd op de lokale omgeving.
- De natuur gebruikt vorm die bij functie past.

We behandelen de NUPs vroeg in het ontwerpproces om duurzaamheid al vanaf het begin te integreren. Ook gebruiken we ze ook om ontwerp oplossingen te evalueren.

Meer over de NUPs:

https://toolbox.biomimicry.org/wp-content/uploads/2015/01/Natures_Patterns.pdf

Meer over biomimicry:

<https://docs.google.com/document/d/1S-6VhnAFIRSRAAdRCq8JhMJPBPNU8jrU4OiKjvfOQ4No/edit>

2.4 Kennis en competenties

Het project is een synergie tussen natuur en economie (geen uitersten die elkaar uitsluiten zoals nu wordt gedacht). In onze visie werken ondernemers samen met de natuur, in plaats van er slechts bronnen uit te onttrekken. Het ontwikkelen van biomimicry-ideeën geeft studenten de mogelijkheid om opgedane kennis toe te passen in werkende, innovatieve producten.

Bèta/technische vakken bieden de *basiskennis* en *-competenties* voor biomimicry. Biologie leert ons bijvoorbeeld hoe voedingsstoffen in bossen circuleren. Dit kan ons leren hoe productontwerp volledig circulair kan worden. Scheikunde laat ons zien hoe de natuur oneindige vormen creëert met behulp van eenvoudige formules, die weer uiteenvallen in onschadelijke elementen. Natuurkunde laat zien hoe krachten kunnen worden aangewend om het energieverbruik te verminderen. Tot slot kan techniek de wetenschap van de natuur gebruiken om nieuwe producten, processen en systemen te bouwen die de natuur weerspiegelen. *Biomimicry* geeft de gereedschappen om de wereld ten goede te veranderen en *ondernemerschap* leert ons hoe we dit in onze sociaaleconomische realiteit kunnen doen.

*Competentie in exacte wetenschappen*¹ verwijst naar het vermogen om de natuurlijke wereld te verklaren door gebruik te maken van de opgedane kennis en methodologie, met inbegrip van observatie en experimenten, om onderzoeksvragen te identificeren en op bewijs gebaseerde conclusies te trekken. *Competenties op het gebied van technologie en techniek* zijn toepassingen van die kennis en methodologie als antwoord op menselijke wensen of behoeften.

Voor wetenschap, technologie en techniek omvat de essentiële *kennis* de grondbeginselen van de natuurlijke wereld, fundamentele wetenschappelijke concepten, theorieën, beginselen en methoden, technologie en technologische producten en processen, alsmede inzicht in de invloed van wetenschap, technologie, techniek en menselijke activiteiten in het algemeen op de natuurlijke wereld. Deze competenties moeten individuen in staat stellen de vooruitgang, beperkingen en risico's van wetenschappelijke theorieën, toepassingen en technologie in samenlevingen in het algemeen beter te begrijpen (met betrekking tot besluitvorming, waarden, morele kwesties, cultuur, enz.)

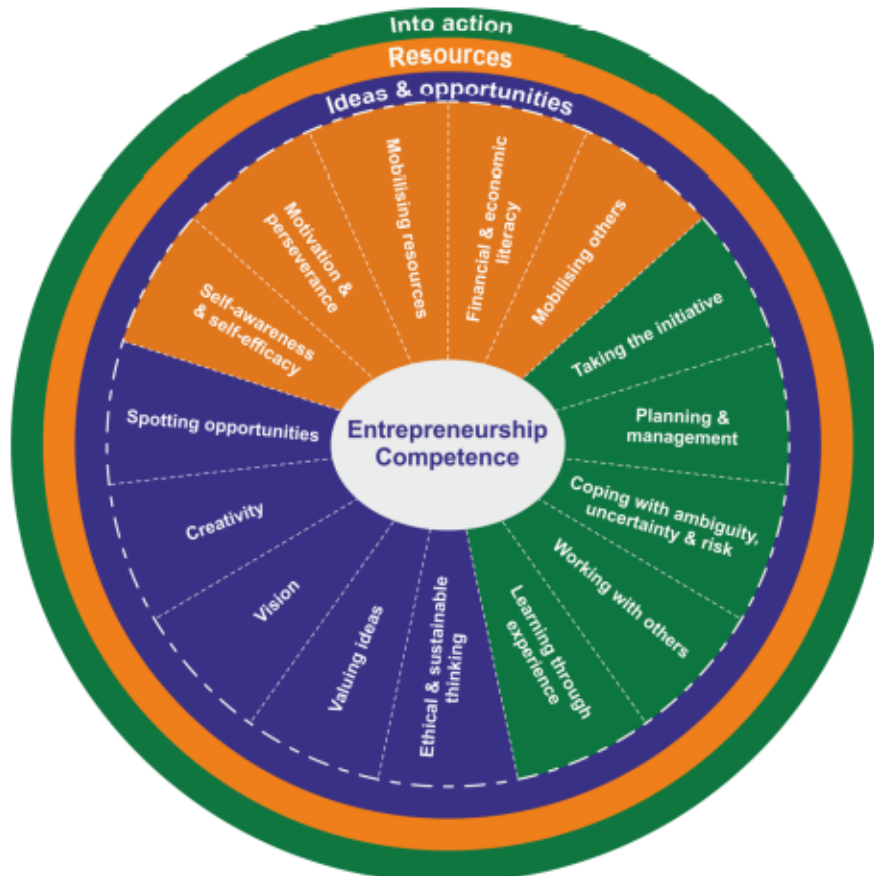
¹ Kerncompetenties voor een leven lang leren - een Europees referentiekader:
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/297a33c8-a1f3-11e9-9d01-01aa75ed71a1/language-en>

De vaardigheden omvatten het begrijpen van wetenschap als een proces voor onderzoek door middel van specifieke methodologieën, waaronder observaties en gecontroleerde experimenten, het vermogen om logisch en rationeel na te denken om een hypothese te verifiëren en de bereidheid om eigen overtuigingen overboord te gooien wanneer deze in tegenspraak zijn met nieuwe experimentele bevindingen. Het omvat het vermogen om technologische instrumenten en wetenschappelijke gegevens te gebruiken en te hanteren om een doel te bereiken of tot een op feiten gebaseerde beslissing of conclusie te komen. Men dient ook in staat te zijn de essentiële kenmerken van wetenschappelijk onderzoek te herkennen en de conclusies en redeneringen die daartoe geleid hebben te communiceren.

Een *ondernemingscompetentie*² verwijst naar het vermogen om te handelen naar kansen en ideeën en deze om te zetten in waarden voor anderen. Het is gebaseerd op creativiteit, kritisch denken en problemen oplossen, initiatief nemen en doorzettingsvermogen, en samenwerken om projecten met culturele, sociale of financiële waarde te plannen en te beheren.

Het EU-kader voor *competenties op het gebied van ondernemerschap* definieert ondernemerschap als een transversale competentie die van toepassing is op alle gebieden van het leven: van het koesteren van persoonlijke ontwikkeling tot actieve deelname aan de samenleving tot het (her)betreden van de arbeidsmarkt als werknemer of zelfstandige, en ook het starten van ondernemingen (cultureel, sociaal of commercieel). Het bouwt voort op een brede definitie van ondernemerschap die uitgaat van het creëren van culturele, sociale of economische waarde. Het omvat dus verschillende soorten ondernemerschap, waaronder intrapreneurship, sociaal ondernemerschap, groen ondernemerschap en digitaal ondernemerschap.

2



De Entrepreneurship Competence beschrijft drie competentiegebieden en 15 competenties, zoals geïllustreerd in de bovenstaande figuur. Al deze competenties lijken ook relevant te zijn voor het NatEnt-project en zullen worden behandeld als onderdeel van het biomimicry-ontwerpproces.

Biomimicry competencies zijn de specifieke competenties gelinkt aan het NatEnt-project:

- Leerlingen kunnen functionele ontwerpen in de natuur herkennen, een groter bewustzijn en meer waardering ontwikkelen voor de slimme ontwerpen in de natuur en voor hoe de natuur werkt als een systeem waarbij alle componenten diep met elkaar verbonden zijn.
- Studenten kunnen essentiële behoeften en kansen identificeren die kunnen worden aangepakt door het creëren van innoverende producten, processen en systemen.
- Leerlingen kunnen de gevolgen beoordelen van het implementeren van biomimicry-oplossingen.
- Leerlingen kunnen duurzame principes afleiden uit de manier waarop de natuurlijke wereld functioneert.
- Leerlingen kunnen hun creativiteit gebruiken om te innoveren, waarbij ze biologische modellen gebruiken om oplossingen voor hedendaagse ontwerpproblemen te ontwerpen.

Er is een breed scala aan competenties *op het gebied van wetenschap, ondernemerschap en ontwerp* vereist in de nationale onderwijscurricula van de partnerlanden. De competenties die verband houden met het biomimicry-ontwerpproces zijn te vinden in de bijlage.

2.5 De leeraanpak

Biomimicry laat ons de principes ontdekken die de natuur een model van duurzaamheid maken. Het biedt de mogelijkheid om te onderzoeken hoe deze principes kunnen helpen bij het aanpakken van enkele van de grootste uitdagingen waar de mensheid vandaag de dag voor staat, zoals klimaatverandering en toenemende hoeveelheden afval en vervuiling. Het stelt studenten in staat om hun nieuwe competenties toe te passen om echte oplossingen te creëren die werken. Biomimicry is een unieke waardevolle onderwijspraktijk omdat het de interesse van studenten kan wekken en kan enthousiasmeren (Stier, 2021), en omdat het door de dogma's van debatten over duurzaamheid heen kan prikken en praktische duurzaamheid in actie kan brengen.

De onderstaande leeraanpakken vormen een geschikte pedagogie voor het aanbieden van biomimicry.

Onderzoekend leren

Onderzoekend leren is een benadering van leren die de rol van de leerling in het leerproces benadrukt. Leerlingen worden aangemoedigd om zelf materiaal te verkennen, vragen te stellen en ideeën te delen. Onderzoekend leren maakt gebruik van verschillende benaderingen van leren, waaronder discussies in kleine groepen en begeleid leren. In plaats van feiten en materiaal uit het hoofd te leren, leren leerlingen door te *doen*. Dit stelt hen in staat om kennis op te bouwen door middel van onderzoek, ervaring en discussie.

Vanuit het oogpunt van de leerling richt onderzoekend leren zich op het onderzoeken van een open vraag of probleem. Ze moeten op bewijs gebaseerd redeneren en creatief problemen oplossen om tot een conclusie te komen, die ze moeten verdedigen of presenteren.

Vanuit het oogpunt van de leerkracht richt onderzoekend onderwijs zich op het verplaatsen van leerlingen van algemene nieuwsgierigheid naar kritisch denken en begrijpen. Leerkrachten moedigen leerlingen aan om vragen te stellen en ondersteunen hen tijdens het onderzoeksproces, waarbij ze begrijpen wanneer ze moeten beginnen en hoe ze een onderzoeksactiviteit moeten structureren.

Design-based learning

Design-based learning (DBL) is een onderzoekende vorm van leren die gebaseerd is op de integratie van design thinking en het ontwerpproces in de klas.

Ontwerpgebaseerde leeromgevingen zijn te vinden in vele disciplines, inclusief de disciplines die traditioneel geassocieerd worden met design (bv. kunst, architectuur, engineering, interieurontwerp, grafisch ontwerp), maar ook andere die normaal gezien

niet design-gerelateerd zijn (wetenschap, technologie, bedrijfskunde, menswetenschappen).^{[3][4]} DBL, evenals [projectgebaseerd leren](#) en [probleemgebaseerd leren](#), wordt gebruikt om [21e eeuwse vaardigheden](#) zoals [communicatie](#) en [samenwerking](#) aan te leren en [dieper leren](#) te bevorderen.^[5]

Outdoor learning

Outdoor learning is een uitstekende organisatievorm om te leren van de natuur en dit toe te passen in verschillende stadia van het biomimicry-ontwerpproces, maar vooral in de ontdekkingsfase.

Outdoor learning is een brede term die ontdekking, experimenteren, leren over en verbinding maken met de natuurlijke wereld, en betrokkenheid bij buitenactiviteiten omvat. Outdoor learning omvat de transformatie van kennis, vaardigheden, houdingen en gedrag door directe betrokkenheid bij de buitenomgeving ten behoeve van het persoonlijke en sociale welzijn van individuen, gezinnen, de samenleving en de planeet. Doelgerichte ervaringen in de buitenlucht kunnen een katalysator zijn voor krachtig en gedenkwaardig leren.

Voordelen van outdoor learning

Onderzoek toont aan dat mensen op alle gebieden van het leven baat hebben bij leren in de buitenlucht. Bovendien is outdoor learning een zeer effectieve manier om een aantal belangrijke maatschappelijke uitdagingen aan te pakken:

- Op mondiaal niveau: het bevorderen van een verbinding die leidt tot respect en zorg voor de natuurlijke wereld, waardering voor biodiversiteit en duurzaamheid, en milieuvriendelijk gedrag (zie *Re-connect* in *Biomimicry*).
- Op maatschappelijk niveau: het ontwikkelen van een gevoel van plaats dat leidt tot een grotere betrokkenheid bij de gemeenschap en een waardering van de mogelijkheden die er zijn om in de lokale omgeving te wonen, te leren en te werken.
- Op interpersoonlijk niveau: een veilige en ondersteunende omgeving bieden om sociale vaardigheden te verbeteren en verschillen te waarderen, en liefdevolle en betekenisvolle relaties tussen generaties aanmoedigen die tolerantie, respect en vriendelijkheid bevorderen.
- Op intrapersoonlijk niveau: betrokkenheid bij de natuur en het milieu voor gezondheid, welzijn en natuurverbondenheid, leidend tot levenslange participatie en outdoorcompetentie, en de ontwikkeling van karakter, veerkracht en het nemen van positieve risico's.

Alle vormen van outdoor learning waarderen directe ervaring, hebben te maken met actief leren in de buitenlucht (buiten het schoolgebouw) en gebeuren in de natuurlijke omgeving waar deelnemers kunnen zien, horen, aanraken en ruiken.



<https://www.outdoor-learning.org/Good-Practice/Research-Resources/About-Outdoor-Learning>

<http://www.englishoutdoorcouncil.org/what.is.outdoor.learning>

2.6 Rol van de leraar

Om leerlingen door de biomimicry-leerreis te leiden, moeten leerkrachten een aantal specifieke competenties ontwikkelen.

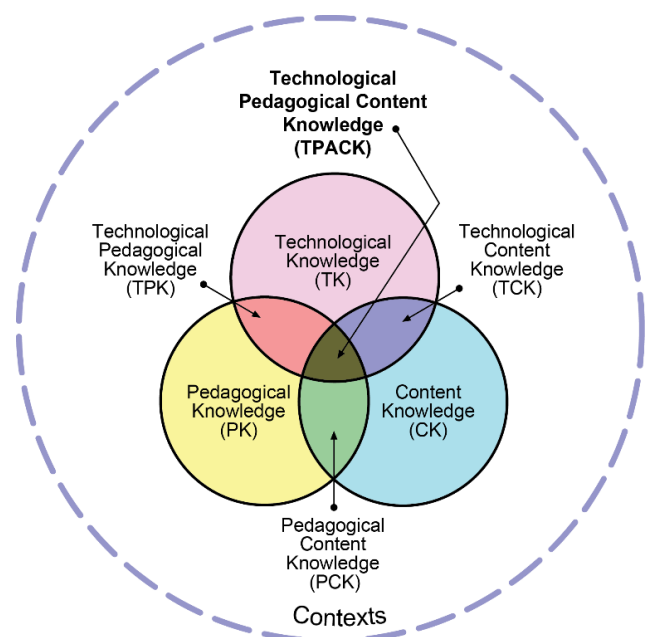
TPACK (technologie-pedagogische-inhoudelijke kennis)

(Erkenning: veel van dit werk is aangepast aan het werk van Daniela Conti (CREDA onlus) en het Change the Story-project).

Het TPACK raamwerk werd in 2006 geïntroduceerd door [Punya Mishra en Matthew J. Koehler](#) van Michigan State University.

Hiermee identificeren ze drie primaire vormen van kennis die leerkrachten, docenten en curriculumexperts moeten ontwikkelen voor een succesvolle integratie van edtech: inhoudelijke kennis (CK), pedagogische kennis (PK) en technologische kennis (TK).

Die drie primaire vormen van kennis zijn niet volledig gescheiden. In feite zijn de kruispunten van elk van deze drie vormen van kennis van cruciaal belang omdat ze diepere



niveaus van inzicht in het lesgeven vertegenwoordigen.

Het midden van het TPACK-diagram vertegenwoordigt een volledig begrip van hoe les te geven met technologie, wat suggereert dat dit niet hetzelfde is als kennis bezitten over elk van de drie primaire concepten afzonderlijk. In plaats daarvan gaat het bij TPACK om het begrijpen van hoe je technologie kunt gebruiken om concepten te onderwijzen op een manier die de leerervaringen van leerlingen verbetert.

Het impliceert dat het doordachte pedagogische gebruik van technologie de ontwikkeling van een complexe vorm van kennis vereist die niet de som kan zijn van enige kennis van inhoud of van pedagogie en van enkele leuke digitale hulpmiddelen die we misschien graag gebruiken.

Effectieve integratie van technologie voor pedagogie rond specifieke onderwerpen vereist het ontwikkelen van gevoeligheid voor de dynamische relatie tussen deze componenten van kennis, gesitueerd in unieke contexten.

Individuele leerkrachten, graadniveau, schoolspecifieke factoren, demografie, cultuur en andere factoren zorgen ervoor dat elke situatie uniek is en dat geen enkele combinatie van inhoud, technologie en pedagogie zal gelden voor elke leerkracht, elke cursus of elke kijk op lesgeven.

Werken met TPACK

Stap 1:

In NatEnt stimuleren we samenwerking met behulp van online tools om biomimicry-ontwerpoplossingen te ontwikkelen en te delen. We moedigen ook aan om zowel online als face-to-face te leren.

Daarbij moeten we ons bewust zijn van de competenties van zowel leerkrachten als leerlingen met betrekking tot de inhoud, de pedagogische benaderingen waarmee leerkrachten al ervaring hebben in vergelijkbare contexten, het soort (digitale) hulpmiddelen waarmee ze gewend zijn te werken en wat ze misschien nog moeten leren binnen de dimensies van het project om leerlingen voldoende te kunnen begeleiden.

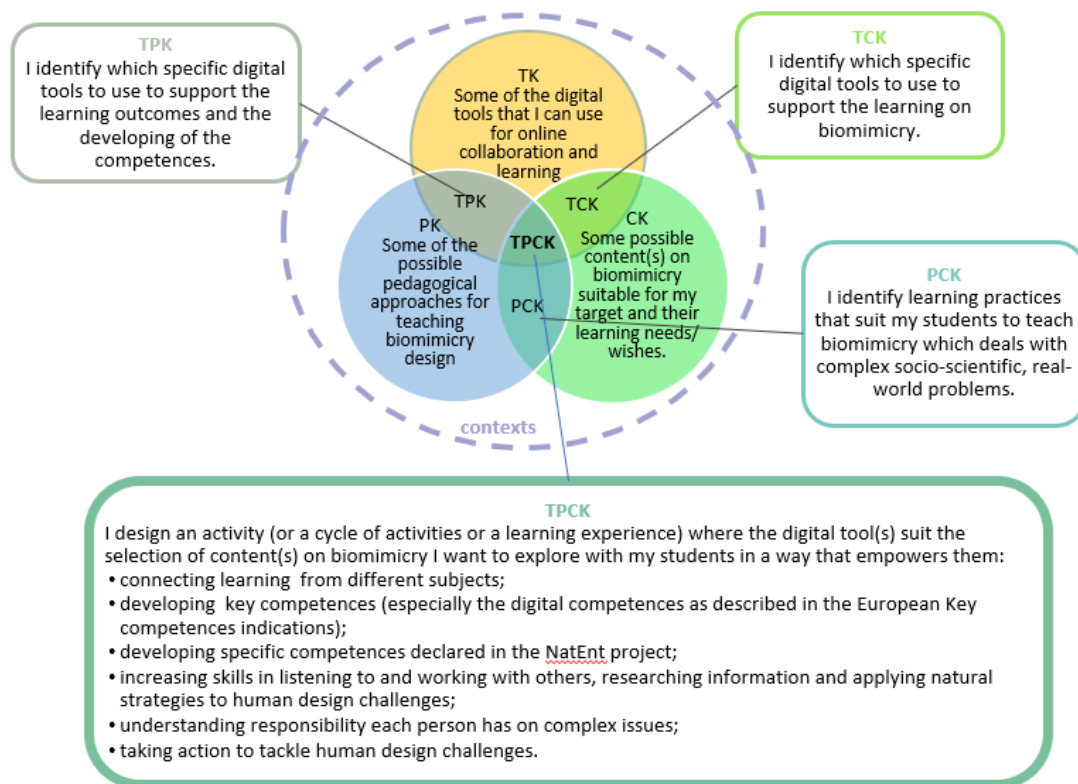
Stap 2:



Na de analyse van wat de hulpbronnen en behoeften zijn in termen van kennis en context, kunnen leerkrachten leren hoe ze met NatEnt kunnen werken.

Dit betekent dat we op een ander niveau met dit kader werken en het gebruiken om specifieke inhoud, digitale hulpmiddelen en pedagogische benaderingen te identificeren (voor een leereenheid of een enkele activiteit) die op de kruispunten werken.

Dit raamwerk maakt het mogelijk om te helpen bij het ontwerpen vanuit elk van de drie verschillende gebieden. Het moedigt aan om te zoeken naar en vooruitgang te boeken met de elementen van inhoud, pedagogie, technologie en context die bij elkaar passen en het verschil maken. De lens om door het kruispunt te kijken zijn de specificaties en kenmerken van het NatEnt-project.



Verder lezen: <http://tpack.org/>

Bijlage: Evaluatie van curricula

Index

Biologie	p1
Natuurkunde	p6
Scheikunde	p10
Wiskunde A	p15
Wiskunde B	p18
Algemene wetenschap	p20
Natuur, Leven en Technologie (NLT)	p23
Informatica	p26

Examenprogramma biologie havo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Zelfregulering
Domein C	Zelforganisatie
Domein D	Interactie
Domein E	Voortplanting
Domein F	Evolutie

Het centrale examen

Het centrale examen behandelt de subdomeinen B2, B3, B4, B5, B7, B8, C1, D4, E4, F1 en F2, in combinatie met de vaardigheden uit domein A.

Het CvE kan bepalen dat het centraal examen deels betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal examen samen dezelfde studielast hebben als genoemd in de vorige zin.

Het CvE bepaalt het aantal en de duur van de centrale examensessies.

Indien nodig zal het CvE een specificatie van de examenstof voor het centraal examen publiceren.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:

- de domeinen en subdomeinen die niet onder het centrale examen vallen;
- indien de bevoegde autoriteit dit verkiest: één of meer domeinen of subdomeinen waarop het centraal examen betrekking heeft;
- als de bevoegde autoriteit daarvoor kiest: andere vakeenheden die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof

Domein A: Vaardigheden

Algemene vaardigheden (profieloverschrijdend niveau)

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken

1. De kandidaat kan informatie gericht zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

Subdomein A2: Communiceren

2. De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal communiceren in het publieke domein over onderwerpen uit het relevante vakgebied.

Subdomein A3: Reflectie op leren

3. Bij het verwerven van professionele kennis en vaardigheden is de kandidaat in staat om te reflecteren op zijn/haar eigen interesses, motivatie en leerproces.

Subdomein A4: Studie en beroep

4. De kandidaat kan aangeven hoe wetenschappelijke kennis wordt gebruikt in studies en beroepen en kan mede op basis hiervan zijn belangstelling voor studies en beroepen verwoorden.

Natuurwetenschappen, wiskunde en technische vaardigheden (bètaprofiel)

Subdomein A5: Onderzoek

5. De kandidaat kan onderzoeksinstructies uitvoeren in contexten op basis van onderzoeksvragen en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt gebruik van consistent redeneren en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A6: Ontwerp

6. De kandidaat is in staat om een technisch ontwerp voor te bereiden, uit te voeren, te testen en te evalueren in contexten gebaseerd op een gesteld probleem, gebruik makend van relevante concepten, theorie en vaardigheden en geldig en consistent redeneren.

Subdomein A7: Modelleren

7. De kandidaat kan een probleem in contexten analyseren, een adequaat model selecteren en modeluitkomsten genereren en interpreteren. De kandidaat gebruikt consistent redeneren en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijke instrumenten

8. De kandidaat kan instrumenten gebruiken die relevant zijn voor de natuurwetenschappen in contexten, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; dit betreft instrumenten voor dataverzameling en -verwerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

Subdomein A9: Waarderen en beoordelen

9. De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing en daarbij onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Biologie - specifieke vaardigheden

Subdomein A10: Ervaring

10. De kandidaat kan gevoelens en betekenissen expliciteren in contexten die worden opgeroepen door om te gaan met de natuur of objecten die in de natuur voorkomen, met aandacht voor de gevoelens en betekenissen van anderen.

Subdomein A11: Vorm-functie denken

11. De kandidaat kan redeneren in contexten waarin biologische objecten op verschillende organisatieniveaus worden gezocht naar een overeenkomstige functie van een gegeven vorm en omgekeerd.

Subdomein A12: Ecologisch denken

12. In duurzaamheidscontexten kan de kandidaat redeneringen gebruiken die de gevolgen van interne of externe veranderingen in een biotische gemeenschap of ecosysteem uitwerken.

Subdomein A13: Evolutionair denken

13. De kandidaat kan redeneren in contexten die biologische fenomenen op verschillende organisatieniveaus verklaren met behulp van theorie over evolutionaire mechanismen.

Subdomein A14: Systeemdenken

14. De kandidaat kan in contexten onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uitleggen hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zichzelf in stand houden en ontwikkelen.

Subdomein A15: Contexten

15. De kandidaat kan de vaardigheden genoemd in domein A en de concepten genoemd in de domeinen B tot en met F ten minste gebruiken in professionele contexten en in contexten van de sociale omgeving.

Subdomein A16: Kennisontwikkeling en -toepassing

16. De kandidaat kan in contexten analyseren op welke wijze wetenschappelijke en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

Domein B: Zelfregulering

Subdomein B1: Eiwitsynthese

17. Met behulp van de concepten DNA en eiwitsynthese, ten minste in de context van gezondheid en voedselproductie, kan de kandidaat uitleggen hoe bouwmaterialen van de cel worden gevormd.

Subdomein B2: Celstofwisseling

18. De kandidaat kan het metabolisme van cellen van prokaryoten en eukaryoten ten minste in gezondheids- en voedingscontexten uitleggen met behulp van de begrippen homeostase, transport, assimilatie en dissimilatie.

Subdomein B3: Metabolisme van het organisme

19. Met behulp van de begrippen orgaan, fotosynthese, ademhaling, spijsvertering, uitscheiding en transport, althans in contexten op het gebied van gezondheid en

voedselproductie, kan de kandidaat beschrijven hoe de stofwisseling van organismen verloopt en hoe stoornissen daarin kunnen ontstaan. en hoe deze kunnen worden aangepakt.

Subdomein B4: Zelfregulatie van het organisme

20. Met behulp van de concepten homeostase, hormonale regulatie en neurale regulatie, ten minste in een sport- en voedingscontext, kan de kandidaat uitleggen hoe eukaryoten zichzelf reguleren.

Subdomein B5: Verdediging van het organisme

21. Met behulp van het begrip afweer, in ieder geval in contexten op het gebied van gezondheidszorg en voedselproductie, kan de kandidaat aangeven hoe eukaryoten weerstand bieden tegen andere organismen, virussen en allergenen en welke problemen zich daarbij kunnen voordoen.

Subdomein B6: Beweging van het organisme

22. Met behulp van de concepten van beweging, neurale regulatie en perceptie, ten minste in een gezondheids- en sportcontext, kan de kandidaat uitleggen hoe mensen en dieren bewegen en hoe dit kan worden geoptimaliseerd.

Subdomein B7: Waarneming door het organisme

23. Met behulp van de concepten orgaan, perceptie en neurale regulatie, ten minste in een gezondheids- en sportcontext, kan de kandidaat uitleggen hoe organismen waarnemen.

Subdomein B8: Regulering van ecosystemen

24. Met behulp van de begrippen energiestroom, kringloop, dynamiek en evenwicht, ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid, kan de kandidaat uitleggen hoe ecosystemen zichzelf reguleren en beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelfregulatie van ecosystemen en het aardsysteem kan beïnvloeden.

Domein C: Zelforganisatie

Subdomein C1: Zelforganisatie van cellen

25. De kandidaat kan met behulp van de begrippen genexpressie en celdifferentiatie, althans in energie- en gezondheidscontexten, beschrijven hoe de ontwikkeling van cellen plaatsvindt.

Subdomein C2: Zelforganisatie van het organisme

26. De kandidaat kan aan de hand van het concept levenscyclus, in ieder geval in de context van gezondheid en voedselproductie, benoemen hoe de ontwikkeling van organismen verloopt en uitleggen hoe verstoringen in de ontwikkeling kunnen ontstaan, voorkomen en aangepakt kunnen worden.

Subdomein C3: Zelforganisatie van ecosystemen

27. Met behulp van de begrippen dynamiek en evenwicht, althans in contexten op het gebied van duurzaamheid en wereldbeeld, kan de kandidaat benoemen hoe ecosystemen zich kunnen ontwikkelen en beargumenteren met welke maatregelen de mens de zelforganisatie van ecosystemen beïnvloedt.

Domein D: Interactie

Subdomein D1: Moleculaire interactie

28. Met behulp van de concepten van genregulatie en interactie met (a) biotische factoren, ten minste in de context van gezondheid en voedselproductie, kan de kandidaat beschrijven op welke manier moleculaire regulatie plaatsvindt.

Subdomein D2: Gedrag en interactie

29. Met behulp van de begrippen gedrag en interactie met (a) biotische factoren, ten minste in contexten op het gebied van communicatie, gezondheid en veiligheid, kan de kandidaat uitleggen hoe gedrag van organismen en populaties ontstaat en de functie ervan aangeven.

Subdomein D3: Seksualiteit

30. De kandidaat kan aan de hand van de begrippen gedrag en interactie met (a) biotische factoren, in ieder geval in gezondheids- en communicatiecontexten, beargumenteren op welke manier vraagstukken met betrekking tot de menselijke seksualiteit benaderd kunnen worden.

Subdomein D4: Interactie in ecosystemen

31. De kandidaat kan aan de hand van de begrippen voedselrelatie en interactie met (a) biotische factoren, ten minste in contexten op het gebied van duurzaamheid en voedselproductie, vaststellen welke relaties er bestaan tussen populaties in ecosystemen en beargumenteren op welke wijze kwesties die daarmee samenhangen, kunnen worden benaderd.

Domein E: Voortplanting

Subdomein E1: DNA-replicatie

32. De kandidaat kan aan de hand van het concept DNA-replicatie, althans in een gezondheids- en veiligheidscontext, vaststellen hoe erfelijk materiaal wordt gereproduceerd.

Subdomein E2: Levenscyclus van de cel

33. Met behulp van het concept van de celcyclus, althans in contexten op het gebied van energie, gezondheid en voedselproductie, kan de kandidaat beschrijven hoe de voortplanting van cellen plaatsvindt.

Subdomein E3: Voortplanting van het organisme

34. De kandidaat kan, tenminste in de context van gezondheid en voedselproductie, uitleggen hoe de voortplanting van eukaryoten en prokaryoten verloopt, met behulp van het begrip voortplanting.

Subdomein E4: Erfelijke eigenschappen

35. De kandidaat kan, ten minste in de context van veiligheid en voedselproductie, uitleggen hoe eigenschappen worden overgedragen in eukaryoten en prokaryoten met behulp van het concept erfelijke eigenschap.

Domein F: Evolutie

Subdomein F1: Selectie

36. De kandidaat kan aan de hand van de begrippen DNA, mutatie, recombinitie en variatie, ten minste in de context van gezondheid en voedselproductie, uitleggen hoe variatie in populaties ontstaat.

Subdomein F2: Soortenvorming

37. De kandidaat kan aan de hand van de begrippen populatie, variatie, selectie en soortvorming, althans in de context van gezondheid en levensbeschouwing, uitleggen hoe nieuwe soorten kunnen ontstaan.

Subdomein F3: Biodiversiteit

38. De kandidaat kan aan de hand van het begrip biodiversiteit, althans in contexten op het gebied van duurzaamheid, aangeven hoe de diversiteit van populaties en ecosystemen binnen het aardsysteem varieert.

Examenprogramma natuurkunde havo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen. Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Beeld- en geluidstechnologie
Domein C	Beweging en energie
Domein D	Materialen
Domein E	Aarde en universum
Domein F	Menselijk lichaam
Domein G	Meting en controle
Domein H	Natuurkunde en technologie
Domein I	Onderzoek en ontwerp

Het centrale examen

Het centrale examen behandelt de (sub)domeinen B1, B2, C1, C2, D1, E1, G1 en H in combinatie met de vaardigheden uit domein A.

Het CvE kan bepalen dat het centraal examen deels betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal examen samen dezelfde studielast hebben als het in de vorige volzin bedoelde examen.

Het CvE bepaalt het aantal en de duur van de centrale examensessies.

Indien nodig zal het CvE een specificatie van de examenstof voor het centraal examen publiceren.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:

- de subdomeinen D2, I1, I2 en I3;
- een keuze van twee uit de (sub)domeinen B3, E2, F en G2; het is mogelijk dat de bevoegde autoriteit deze keuze maakt, of de keuze aan de kandidaat laat;
- indien de bevoegde autoriteit dit verkiest: één of meer domeinen of subdomeinen waarop het centraal examen betrekking heeft;
- indien de bevoegde autoriteit dit wenst: andere vakken, die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof

Domein A: Vaardigheden

Algemene vaardigheden (profieloverschrijdend niveau)

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken

1. De kandidaat kan informatie gericht zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

Subdomein A2: Communiceren

2. De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal communiceren in het publieke domein over onderwerpen uit het relevante vakgebied.

Subdomein A3: Reflectie op leren

3. Bij het verwerven van professionele kennis en vaardigheden is de kandidaat in staat om te reflecteren op zijn/haar eigen interesses, motivatie en leerproces.

Subdomein A4: Studie en beroep

4. De kandidaat kan aangeven hoe wetenschappelijke kennis wordt gebruikt in studies en beroepen en kan mede op basis hiervan zijn belangstelling voor studies en beroepen verwoorden.

Natuurwetenschappen, wiskunde en technische vaardigheden (bètaprofiel)

Subdomein A5: Onderzoeken

5. De kandidaat kan onderzoeksinstructies uitvoeren in contexten op basis van onderzoeksvragen en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt gebruik van consistent redeneren en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A6: Ontwerp

6. De kandidaat is in staat om een technisch ontwerp voor te bereiden, uit te voeren, te testen en te evalueren in contexten gebaseerd op een gesteld probleem, gebruik makend van relevante concepten, theorie en vaardigheden en geldig en consistent redeneren.

Subdomein A7: Modelleren

7. De kandidaat kan een probleem in contexten analyseren, een adequaat model selecteren en modeluitkomsten genereren en interpreteren. De kandidaat gebruikt consistent redeneren en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijke instrumenten

8. De kandidaat kan instrumenten gebruiken die relevant zijn voor de natuurwetenschappen in contexten, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; dit betreft instrumenten voor dataverzameling en -verwerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

Subdomein A9: Waarderen en beoordelen

9. De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing en daarbij onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Natuurkunde - specifieke vaardigheden

Subdomein A10: Kennisontwikkeling en -toepassing

10. De kandidaat kan in contexten analyseren op welke manier natuurkundige en technologische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

Subdomein A11: Technische instrumentale vaardigheden

11. De kandidaat kan verantwoord omgaan met materialen, instrumenten, apparatuur en ICT-toepassingen die relevant zijn voor natuurkunde.

Subdomein A12: Rekenkundige en wiskundige vaardigheden

12. De kandidaat kan een aantal rekenkundige en wiskundige vaardigheden die relevant zijn voor natuurkunde correct en routinematig toepassen in probleemsituaties die specifiek zijn voor natuurkunde.

Subdomein A13: Technisch taalgebruik

13. De kandidaat kan de specifieke vaktaal en terminologie interpreteren en produceren, inclusief formuletaal, conventies en notaties.

Subdomein A14: Vakspecifiek gebruik van de computer

14. De kandidaat kan de computer gebruiken voor het modelleren en visualiseren van verschijnselen en processen en voor het verwerken van gegevens.

Subdomein A15: Kwantificeren en interpreteren

15. De kandidaat kan fysische grootheden kwantificeren en wiskundige uitdrukkingen relateren aan relaties tussen fysische concepten.

Domein B: Beeld- en geluidstechnologie

Subdomein B1: Informatieoverdracht

16. De kandidaat kan eigenschappen van trillingen en golven in contexten gebruiken bij het analyseren en verklaren van onder andere informatieoverdracht.

Subdomein B2: Medische beeldvorming

17. De kandidaat kan eigenschappen van ioniserende straling en de effecten van deze straling op mens en milieu beschrijven. De kandidaat kan ook medische beeldvormingstechnieken op basis van fysische principes beschrijven en analyseren en de diagnostische functie van deze beeldvormingstechnieken voor de gezondheid uitleggen.

Subdomein B3: Optiek *

18. De kandidaat kan eigenschappen van licht beschrijven en analyseren aan de hand van toepassingen van geometrische optica en golfoptica.

Domein C: Beweging en energie

Subdomein C1: Kracht en beweging

19. De kandidaat kan de relatie tussen kracht en bewegingsveranderingen in contexten analyseren en verklaren met behulp van de wetten van Newton.

Subdomein C2: Energieomzettingen

20. De kandidaat kan de concepten van energiebehoud, efficiëntie, arbeid en warmte in contexten gebruiken om energieomzettingen te beschrijven en te analyseren.

Domein D: Materialen

Subdomein D1: Eigenschappen van stoffen en materialen

21. De kandidaat kan fysische eigenschappen van stoffen en materialen in contexten beschrijven en verklaren met behulp van atomaire en moleculaire modellen.

Subdomein D2: Functionele materialen

22. De kandidaat kan fysische concepten gebruiken in de context van de ontwikkeling van functionele materialen en de mogelijke toepassingen van deze materialen verklaren en toelichten.

Domein E: Aarde en Universum

Subdomein E1: Zonnestelsel en Universum

23. De kandidaat kan het ontstaan en de ontwikkeling van structuren in het heelal beschrijven en bewegingen in het zonnestelsel analyseren en verklaren op basis van natuurkundige principes.

Subdomein E2: Aarde en klimaat *

24. De kandidaat kan fysische verschijnselen en processen in de context van geofysische systemen beschrijven, analyseren en verklaren.

Domein F: Menselijk lichaam *

25. De kandidaat kan fysische processen in de context van het menselijk lichaam beschrijven, analyseren en verklaren en hun functie voor gezondheid en veiligheid uitleggen.

Domein G: Meten en controleren

Subdomein G1: Gebruik van elektriciteit

26. De kandidaat kan de opwekking, het transport en de toepassingen van elektriciteit beschrijven en analyseren aan de hand van natuurkundige begrippen.

Subdomein G2: Technische Automatisering *

27. De kandidaat kan meet-, regel- en regelsystemen construeren en de functie en werking van de componenten beschrijven.

Domein H: Natuurkunde en technologie

28. De kandidaat kan natuurkundige principes en wetten herkennen, benoemen en toepassen in voorbeelden van technologische ontwikkeling die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen.

Domein I: Onderzoek en ontwerp

Subdomein I1: Experiment

29. De kandidaat is in staat om in contexten die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen onderzoek uit te voeren door middel van experimenten en de resultaten te analyseren en interpreteren.

Subdomein I2: Modelstudie

30. De kandidaat is in staat onderzoek te doen in contexten die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen door middel van modelstudies en de modeluitkomsten te analyseren en interpreteren.

Subdomein I3: Ontwerp

31. De kandidaat is in staat een ontwerp voor te bereiden, uit te voeren, te testen en te evalueren in contexten die vallen binnen subdomeinen van het centraal examen op basis van een gesteld probleem.

* twee worden gekozen uit deze vier (sub)domeinen

Examenprogramma scheikunde havo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen. Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Kennis van stoffen en materialen
Domein C	Kennis van chemische processen en cycli
Domein D	Ontwerp en experimenten in scheikunde
Domein E	Innovatieve ontwikkelingen in de chemie
Domein F	Processen in de chemische industrie
Domein G	Maatschappij en chemische technologie

Het centrale examen

Het centrale examen behandelt de subdomeinen B1, B2, B3, B4, B5, C1, C2, C3, C6, C7, C8, D1, D3, E1, F1, F3, G1 en G2 in combinatie met de vaardigheden uit domein A.

Het CvE kan bepalen dat het centraal examen deels betrekking heeft op andere subdomeinen, mits de subdomeinen van het centraal examen samen dezelfde studielast hebben als het in de vorige volzin bedoelde examen.

Het CvE bepaalt het aantal en de duur van de centrale examensessies.

Indien nodig zal het CvE een specificatie van de examenstof voor het centraal examen publiceren.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:

- de domeinen en subdomeinen die niet onder het centrale examen vallen;
- indien de bevoegde autoriteit dit verkiest: één of meer domeinen of subdomeinen waarop het centraal examen betrekking heeft;
- indien de bevoegde autoriteit dit wenst: andere vakken, die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof

Domein A: Vaardigheden

Algemene vaardigheden (profieloverschrijdend niveau)

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken

1. De kandidaat kan informatie gericht zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

Subdomein A2: Communiceren

2. De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal communiceren in het publieke domein over onderwerpen uit het relevante vakgebied.

Subdomein A3: Reflectie op leren

3. Bij het verwerven van professionele kennis en vaardigheden is de kandidaat in staat om te reflecteren op zijn/haar eigen interesses, motivatie en leerproces.

Subdomein A4: Studie en beroep

4. De kandidaat kan aangeven hoe wetenschappelijke kennis wordt gebruikt in studies en beroepen en kan mede op basis hiervan zijn belangstelling voor studies en beroepen verwoorden.

Natuurwetenschappen, wiskunde en technische vaardigheden (bètaprofiel)

Subdomein A5: Onderzoeken

5. De kandidaat kan onderzoeksinstructies uitvoeren in contexten op basis van onderzoeksvragen en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat maakt gebruik van consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A6: Ontwerp

6. De kandidaat is in staat om een technisch ontwerp voor te bereiden, uit te voeren, te testen en te evalueren in contexten gebaseerd op een gesteld probleem, gebruik makend van relevante concepten, theorie en vaardigheden en geldig en consistent redeneren.

Subdomein A7: Modelling

7. De kandidaat kan een probleem in contexten analyseren, een adequaat model selecteren en modeluitkomsten genereren en interpreteren. De kandidaat gebruikt consistent redeneren en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijke instrumenten

8. De kandidaat kan instrumenten die relevant zijn voor de natuurwetenschappen in contexten gebruiken, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; dit betreft instrumenten voor dataverzameling en verwerking, vaktaal, vakconventies, symbolen, formuletaal en rekenkundige bewerkingen.

Subdomein A9: Waarderen en beoordelen

9. De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing en daarbij onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Chemie - specifieke vaardigheden

Subdomein A10: Chemische concepten gebruiken

10. De kandidaat kan chemische concepten en fysische en biologische concepten die in de chemie worden gebruikt herkennen en met elkaar in verband brengen.

Subdomein A11: Redeneren in termen van contextconcept

11. De kandidaat kan chemische concepten herkennen en gebruiken in sociale, professionele en technologische contexten en kan op basis daarvan voorspellingen doen en berekeningen en schattingen maken.

Subdomein A12: Redeneren in termen van structureigenschappen

12. De kandidaat kan macroscopische eigenschappen relateren aan structuren op meso- en microniveau en schaalaspecten herkennen en omgekeerd kan hij vanuit structuren voorspellingen doen over macroscopische eigenschappen.

Subdomein A13: Redeneren over systemen, verandering en energie

13. De kandidaat kan chemische processen herkennen in termen van systemen, met behulp van kennis van stoffen, deeltjes, reactiviteit en energie.

Subdomein A14: Redeneren in termen van duurzaamheid

14. De kandidaat kan aspecten van duurzaamheid in sociale, professionele en technologische contexten aangeven en beschrijven.

Subdomein A15: Redeneren over chemische kennisontwikkeling

15. De kandidaat kan in contexten aangeven op welke wijze wetenschappelijke, technologische en chemische kennis wordt ontwikkeld en toegepast.

Domein B: Kennis van stoffen en materialen

Subdomein B1: Deeltjesmodellen

16. De kandidaat kan deeltjesmodellen beschrijven en gebruiken.

Subdomein B2: Eigenschappen en modellen

17. De kandidaat kan macroscopische eigenschappen van een stof of materiaal relateren aan deeltjesmodellen.

Subdomein B3: Banden en eigenschappen

18. De kandidaat kan eigenschappen van stoffen en materialen verklaren en beschrijven met behulp van kennis van bindingen.

Subdomein B4: Bindingen, structuren en eigenschappen

19. De kandidaat kan een macroscopische eigenschap van een stof of materiaal verklaren op basis van kennis van de aanwezige structuren en de bindingen in en tussen deeltjes.

Subdomein B5: Macroscopische eigenschappen

20. De kandidaat kan een macroscopische eigenschap relateren aan de structuur van een stof of materiaal.

Domein C: Kennis van chemische processen en cycli

Subdomein C1: Chemische processen

21. De kandidaat kan chemische reacties en fysische processen beschrijven in termen van het vormen en verbreken van (chemische) bindingen.

Subdomein C2: Chemisch rekenen

22. De kandidaat kan berekeningen maken over een proces met behulp van kennis van chemische reacties en behoudswetten.

Subdomein C3: Energieberekeningen

23. De kandidaat kan een chemisch proces en de resulterende energieomzetting en energie-uitwisseling beschrijven en uitleggen met een berekening.

Subdomein C4: Chemisch evenwicht

24. In experimenten kan de kandidaat concentraties en energie-uitwisseling meten en beredeneren of er evenwicht is en hoe de positie van het evenwicht beïnvloed kan worden.

Subdomein C5: Technologische aspecten

25. De kandidaat kan aspecten van schaal, verandering en reactiviteit herkennen en verklaren in contexten van technologische aard.

Subdomein C6: Reactiekinetiek

26. De kandidaat kan de reactiesnelheid uit de concentratieverandering berekenen en beredeneren hoe de reactiesnelheid wordt beïnvloed.

Subdomein C7: Wetten van behoud en cycli

27. De kandidaat kan chemische processen relateren aan behoudswetten en ze beschrijven in termen van cycli.

Subdomein C8: Classificatie van reacties

28. De kandidaat kan eenvoudige reacties classificeren en gebruiken om polymerisatiereacties te beschrijven.

Domein D: Ontwerpen en experimenteren in scheikunde

Subdomein D1: Chemische onderwerpmethoden

29. Met behulp van kennis van stoffen, materialen en chemische processen kan de kandidaat uitleggen waarom bepaalde scheidings- en/of analysemethoden passen in een voorgesteld ontwerp of productieproces.

Subdomein D2: Beveiliging

30. De kandidaat kan stoffen en materialen analyseren en zuiveren en daarbij veilig omgaan met stoffen, materialen en apparatuur.

Subdomein D3: Ontwerp van chemische processen

31. De kandidaat kan chemische processen relateren aan het ontwerp van een ontwerpdracht of de gebruikte technologie.

Subdomein D4: Moleculaire modellering

32. De kandidaat kan elementen van moleculaire modellering gebruiken in een onderzoeks- of ontwerpdracht.

Deelgebied E: Innovatieve ontwikkelingen in de chemie

Subdomein E1: Kenmerken van innovatieve processen

33. De kandidaat kan het gebruik van structuur-eigenschapsrelaties in innovatieve processen herkennen en beschrijven, ten minste in de context van materialen, geneesmiddelen of voedingsmiddelen.

Subdomein E2: Duurzaamheid

34. Met behulp van kennis van chemische processen kan de kandidaat aspecten van duurzaamheid relateren aan ontwikkelingen in de chemie.

Subdomein E3: Innovatieve processen

35. Met kennis van de chemische industrie kan de kandidaat een innovatief proces beschrijven, ten minste in de context van voedselproductie of materialen.

Deelgebied F: Processen in de chemische industrie

Subdomein F1: Industriële processen

36. De kandidaat kan gegeven industriële processen in blokschema's beschrijven, rendementsberekeningen maken en aangeven hoe aspecten van groene chemie een rol spelen bij het ontwerp van het proces.

Subdomein F2: Procestechnologie en duurzaamheid

37. De kandidaat kan kennis over procestechnologie en reactiekinetiek gebruiken in redeneringen met betrekking tot duurzaamheid en veiligheid van een proces.

Subdomein F3: Energieomzettingen

38. De kandidaat kan in het kader van duurzaamheid beschrijven welke chemische en/of technologische processen worden gebruikt bij energieomzettingen en kan beredeneren hoe duurzaamheid een rol speelt bij energieproductie.

Subdomein F4: Risico en veiligheid

39. De kandidaat kan veiligheidsrisico's in een gegeven industrieel proces identificeren en veiligheidsmaatregelen aangeven.

Subdomein F5: Kwaliteit en gezondheid

40. De kandidaat kan kennis van chemische processen ten minste in de context van voeding of voedselproductie relateren aan uitspraken over kwaliteit en gezondheid.

Domein G: Maatschappij en chemische technologie

Subdomein G1: Chemie van het leven

41. De kandidaat kan chemische processen in levende organismen herkennen en beschrijven.

Subdomein G2: Milieu-eisen

42. Met behulp van kennis van chemische processen, ten minste in de context van voedselproductie of gezondheid, kan de kandidaat uitspraken doen over de kwaliteit van water, lucht, bodem en voedsel.

Subdomein G3: Duurzame chemische technologie

43. De kandidaat kan aangeven hoe grondstoffen voor de chemische industrie worden geproduceerd en kan met behulp van kennis van duurzame principes een relatie leggen tussen de lokale en mondiale kwaliteit van leven en de bijdrage van een bedrijfsproces uit de chemische industrie daaraan.

Subdomein G4: Groene chemie

44. De kandidaat kan aspecten van duurzaamheid en groene chemie in grootschalige productieprocessen benoemen.

Subdomein G5: Ketanalyse

45. Met kennis van chemische processen in een ketanalyse van een proces kan de kandidaat voorstellen voor aanpassing van het proces of product beoordelen.

Examenprogramma wiskunde A havo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen. Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Algebra en tellen
Domein C	Verbindingen
Domein D	Wijzig
Domein E	Statistieken

Het centrale examen

Het centrale examen heeft betrekking op domein C en de subdomeinen B1, B2, E1, E2, E3 en E4 in combinatie met de vaardigheden uit domein A. Het CvE bepaalt het aantal en de duur van de centrale examensessies.

Indien nodig zal het CvE een specificatie van de examenstof voor het centraal examen publiceren.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:

- Domein D en subdomeinen B3 en E5;
- indien de bevoegde autoriteit dit verkiest: een of meer domeinen of subdomeinen waarop het centraal examen betrekking heeft;
- indien de bevoegde autoriteit dit wenst: andere onderwerpen, die per kandidaat kunnen verschillen

De examenstof

Domein A: Vaardigheden

Subdomein A1: Algemene vaardigheden

1. De kandidaat heeft kennis van de rol van wiskunde in de samenleving, is in staat hierover specifieke informatie te verzamelen en de resultaten met anderen te communiceren.

Subdomein A2: Profielspecifieke vaardigheden

2. De kandidaat kan profielspecifieke probleemsituaties in wiskundige termen analyseren, oplossen en het resultaat terugvertalen naar de relevante context.

Subdomein A3: Wiskundige vaardigheden

3. De kandidaat beheerst de wiskundige vaardigheden die passen bij het examenprogramma, waaronder modelleren en algebraïseren, ordenen en structureren, analytisch denken en problemen oplossen, formules manipuleren, abstraheren en logisch redeneren - en kan ICT functioneel gebruiken.

Domein B: Algebra en tellen

Subdomein B1: Rekenkundig

4. De kandidaat kan berekeningen met getallen uitvoeren, waarbij hij de basis rekenkundige bewerkingen gebruikt en met haakjes werkt.

Subdomein B2: Algebra

5. De kandidaat kan berekeningen met variabelen uitvoeren, gebruikmaken van algebraïsche basisbewerkingen en werken met haakjes.

Subdomein B3: Telproblemen

6. De kandidaat kan telproblemen structureren en schematiseren en dit gebruiken bij berekeningen en redeneringen.

Domein C: Verbindingen

Subdomein C1: Tabellen

7. De kandidaat kan een tabel opstellen op basis van gegevens uit een tekst, een grafiek, een formule of andere tabellen en tabellen, deze lezen, interpreteren en relateren aan andere tabellen, grafieken, formules of tekst.

Subdomein C2: Grafieken, vergelijkingen en ongelijkheden

8. De kandidaat kan een grafiek tekenen op basis van gegevens uit een tekst, tabel, formule of andere grafieken en gegevens en relevante informatie uit grafieken lezen, grafieken interpreteren en relateren aan andere grafieken, formules of tekst.

Subdomein C3: Formules met één of meer variabelen

9. De kandidaat kan waarden berekenen door substitutie in een formule met een of meer variabelen en een formule opstellen of wijzigen op basis van gegeven informatie.

Subdomein C4: Lineaire relaties

10. De kandidaat kan een formule formuleren en een lineair verband grafisch weergeven, berekeningen uitvoeren met lineaire verbanden zoals interpolatie en extrapolatie, lineaire vergelijkingen en ongelijkheden oplossen en resultaten toepassen in profielspecifieke probleemsituaties.

Subdomein C5: Exponentiële relaties

11. De kandidaat kan exponentiële verbanden herkennen, ze beschrijven met formules, ze weergeven in grafieken en er berekeningen op uitvoeren.

Domein D: Verandering

12. De kandidaat kan uitspraken doen over stijgen, dalen, maximum en minimum op een grafiek en kan veranderingen beschrijven met behulp van differentiaal, hellingen en toenamedigrammen.

Domein E: Statistiek

Subdomein E1: Presentaties van gegevens interpreteren en beoordelen

13. De kandidaat kan gegevens die op verschillende manieren zijn weergegeven en/of samengevat interpreteren en de relevantie ervan beoordelen in relatie tot een onderzoeksvraag.

Subdomein E2: Gegevens verwerken

14. De kandidaat kan gegevens verwerken, ordenen, manipuleren, weergeven in grafieken, tabellen en diagrammen en karakteriseren met geschikte centrum- en spreidingsmaten.

Subdomein E3: Data en verdelingen

15. De kandidaat kan gegevens analyseren en kenmerken van een verdeling beschrijven.

Subdomein E4: Statistische verklaringen maken

16. De kandidaat kan

- een uitspraak doen over het aandeel van een populatie op basis van steekproefgegevens of het gemiddelde van een populatie en de betrouwbaarheid kwantificeren,
- het verschil tussen de groepen kwantificeren,
- de relatie tussen twee variabelen beschrijven,

en interpreteer het resultaat in termen van de context.

Subdomein E5: Statistiek met ICT

17. De kandidaat beheerst het gebruik van statistische ICT in relatie tot de subdomeinen E1, E2, E3 en E4 om grote datasets te interpreteren en analyseren, ten minste in de context van de empirische cyclus.

Examenprogramma wiskunde B havo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het centraal examen en het schoolexamen. Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Functies, grafieken en vergelijkingen
Domein C	Geometrische berekeningen
Domein D	Toegepaste analyse

Het centrale examen

Het centrale examen heeft betrekking op de domeinen B, C en D in combinatie met de vaardigheden uit domein A. De CvE bepaalt het aantal en de duur van de centrale examensessies.

Indien nodig publiceert het CvE een specificatie van de examenstof voor het centraal examen.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft betrekking op domein A en:

- domein D;
- als de bevoegde autoriteit daarvoor kiest: een of meer domeinen of subdomeinen waarvoor het centraal examen betrekking heeft;
- als de bevoegde autoriteit daarvoor kiest: andere onderwerpen, die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof

Domein A: Vaardigheden

Subdomein A1: Algemene vaardigheden

1. De kandidaat heeft kennis van de rol van wiskunde in de samenleving, kan relevante informatie verzamelen en de resultaten met anderen communiceren.

Subdomein A2: Profielspecifieke vaardigheden

2. De kandidaat kan profielspecifieke probleemsituaties wiskundig analyseren, oplossen en het resultaat terugvertalen naar de betreffende context.

Subdomein A3: Wiskundige vaardigheden

3. De kandidaat beheerst wiskundige denkactiviteiten, waaronder modelleren en algebraïseren, ordenen en structureren, analytisch denken en problemen oplossen, formules manipuleren, abstraheren, en logisch redeneren en bewijzen, door middel van het examenprogramma, en kan daarbij ICT functioneel inzetten.

Domein B: Functies, grafieken en vergelijkingen

Subdomein B1: Standaardfuncties

De kandidaat kan standaardfuncties (machtsfuncties, exponentiële en logaritmische functies en goniometrische functies) hanteren, interpreteren binnen een context, de

grafieken beschrijven en vastleggen in een functie-instructie en werken met eenvoudige transformaties.

Subdomein B2: Vergelijkingen en ongelijkheden

5. De kandidaat kan vergelijkingen, stelsels van ongelijkheden van twee lineaire vergelijkingen oplossen, waar nodig grafisch oplossen, of de oplossingen numeriek benaderen en interpreteren in de context.

Subdomein B3: Evenredigheidsrelaties

6. De kandidaat kan de bijbehorende grafieken tussen de twee grootheden en van de vorm herkennen, toepassen en tekenen, een formule opstellen uit de beschrijving van zo'n relatie, de evenredigheidsconstante bepalen en rekenen met en redeneren over de relaties van deze vormen en het effect van schalen.

Subdomein B4: Periodieke functies

7. De kandidaat kan periodieke verschijnselen beschrijven aan de hand van sinus- of cosinusfuncties, de bijbehorende sinusoiden tekenen en de karakteristieke eigenschappen benoemen van en alle oplossingen bepalen van een goniometrische vergelijking op een gegeven interval.

Domein C: Meetkundige berekeningen

Subdomein C1: Afstanden en hoeken in concrete situaties

8. De kandidaat kan afstanden en hoeken berekenen met behulp van monometrische verhoudingen, de stelling van Pythagoras en de sinus- en cosinusregel.

Subdomein C2: Algebraïsche methoden

9. De kandidaat kan analytisch-algebraïsche berekeningen uitvoeren met behulp van de tekst en figuren. Domein

D: Toegepaste analyse

Subdomein D1: Wijzigingen

10. De kandidaat kan het veranderingsgedrag van een functie, gegeven door grafiek, tabel of formule, beschrijven met behulp van versterkingsdiagrammen en verschilquotienten en kan verschilquotienten ook vanuit een profielspecifieke probleemsituatie berekenen en interpreteren.

Subdomein D2: Afgeleide functies

11. De kandidaat kan de afgeleide functie conceptueel interpreteren en kan lokale veranderingen van functiewaarden zowel met een differentiequotient als met een numeriek-grafische methode benaderen.

Subdomein D3: Bepaling van afgeleide functies

12. De kandidaat kan de afgeleide functie bepalen van machtsfuncties met rationale exponenten en kan de som-, verschil- en kettingregel gebruiken om de afgeleide functie te bepalen.

Subdomein D4: Toepassingsafgeleide functies

13. De kandidaat kan analytisch-algebraïsche berekeningen uitvoeren gericht op profielspecifieke contexten.

Examenprogramma Algemene Natuurwetenschappen VWO (ook HAVO)

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en technologie
Domein C	Leven
Domein D	Biosfeer
Domein E	Materie
Domein F	Zonnestelsel en universum

Dit examenprogramma geldt ook voor HAVO, waarbij de HAVO-school ervoor kiest om algemene natuurwetenschappen als apart vak op te nemen in het eindexamen, met dien verstande dat een keuze kan worden gemaakt uit de examenstof voor HAVO.

Domein A en B behoren altijd tot de examenstof.

Het schoolexamen

Het schoolexamen omvat:

- domeinen A en B;
- ten minste één subdomein van ten minste drie van de vier overige domeinen;
- als de bevoegde autoriteit daarvoor kiest: andere onderwerpen, die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof

Domein A: Vaardigheden

Subdomein A1: Taalvaardigheden

1. De kandidaat kan adequaat schriftelijk en mondeling communiceren over wetenschappelijke onderwerpen.

Subdomein A2: Rekenen/wiskundevaardigheden

2. De kandidaat kan een aantal rekenkundige/wiskundige vaardigheden die relevant zijn voor het onderwerp toepassen om wetenschappelijke problemen op te lossen.

Subdomein A3: Informatievaardigheden

3. De kandidaat kan met behulp van ICT informatie selecteren, verwerken, beoordelen en presenteren.

Subdomein A4: Technische instrumentale vaardigheden

4. De kandidaat kan verantwoord omgaan met voor het vak relevante organismen en stoffen, instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

Subdomein A5: Ontwerpvaardigheden

5. De kandidaat kan een technisch ontwerp voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren.

Subdomein A6: Onderzoekvaardigheden

6. De kandidaat kan een wetenschappelijk onderzoeksproject voorbereiden en uitvoeren, de verzamelde onderzoeksresultaten verwerken en hieruit een conclusie trekken.

Subdomein A7: Sociale situaties

7. Toepassingen en effecten van natuurwetenschappen en technologie in verschillende maatschappelijke situaties herkennen en benoemen.

Domein B: Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en technologie

Subdomein B1: Kennisontwikkeling

8. De kandidaat kan aangeven hoe wetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen wetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze betrouwbare antwoorden kunnen krijgen.

Subdomein B2: Toepassing van kennis

9. De kandidaat kan analyseren hoe wetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast en kan reflecteren op de interactie tussen natuurwetenschap, technologie en maatschappij.

Subdomein B3: De invloed van wetenschap en technologie

10. De kandidaat kan de betrouwbaarheid van toegepaste wetenschappelijke kennis beoordelen en een eigen mening vormen over sociaalwetenschappelijke vraagstukken.

Domein C: Leven

Subdomein C1: Kenmerken van het leven

11. De kandidaat kan aan leken uitleggen dat levende wezens kwaliteiten hebben om zichzelf en de soort in stand te houden en aangeven hoe ze zich kunnen aanpassen aan veranderingen in hun omgeving.

Subdomein C2: Mens en gezondheid

12 De kandidaat is bekend met de ontwikkeling van concepten, technieken en producten in de gezondheidszorg en kan positieve en negatieve effecten daarvan bespreken.

Subdomein C3: Evolutie van het leven

13 De kandidaat kan de ontwikkeling van het denken over de oorsprong van het leven beschrijven en relateren aan epistemologische, ideologische en sociologische opvattingen.

Domein D: Biosfeer

Subdomein D1: Kenmerken van de biosfeer

14. De kandidaat kan aan leken uitleggen welke randvoorwaarden verbonden zijn aan het leven op aarde en hoe deze kunnen veranderen.

Subdomein D2: Duurzame ontwikkeling

15. De kandidaat kan uitleggen wat duurzame ontwikkeling inhoudt, het effect van ingrepen in de biosfeer kritisch bespreken en daarbij onderscheid maken tussen economische, ecologische, sociaal-culturele en mondiale aspecten.

Domein E: Materie

Subdomein E1: Eigenschappen van materie

16 De kandidaat weet dat stoffen in de levende en niet-levende natuur zijn opgebouwd uit elementen en hoe stoffen met elkaar kunnen reageren.

Subdomein E2: Productie van materialen

17. De kandidaat heeft kennis van de ontwikkeling en betekenis van stoffen en materialen door de tijd heen en kan kenmerken van moderne productiemethoden benoemen.

Subdomein E3: Oorsprong van kennis over materie

18. De kandidaat kan de ontwikkeling van modellen voor de bouwstenen van materie door de tijd heen beschrijven.

Domein F: Zonnestelsel en Universum

Subdomein F1: Eigenschappen van het zonnestelsel en het heelal

19 De kandidaat kan de bouw en geschiedenis van het zonnestelsel en het heelal uitleggen aan leken.

Subdomein F2: Zonnestelsel en Universum in het dagelijks leven

20 De kandidaat kan de invloed van en kennis over het zonnestelsel en het heelal op het dagelijks leven aangeven en beschrijven hoe gegevens over het zonnestelsel en het heelal worden verzameld.

Subdomein F3: Oorsprong van kennis over het universum

21 De kandidaat kan de ontwikkeling van kennis en ideeën over de bouw en geschiedenis van het zonnestelsel en het heelal beschrijven.

Examenprogramma natuur, leven en technologie HAVO van schooljaar 2013-2014

Examenprogramma NLT havo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het schoolexamen.

Het examenprogramma bestaat uit de volgende domeinen:

Domein A	Vaardigheden
Domein B	Exacte wetenschappen en technologie
Domein C	Aarde en natuur
Domein D	Gezondheid, bescherming en veiligheid
Domein E	Materialen, processen en producten

Het schoolexamen

Het schoolexamen omvat:

- het hele domein A en domein B in combinatie met:
- domeinen C tot E;
- en, als de bevoegde autoriteit daarvoor kiest, andere onderwerpen, die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof

Domein A: Vaardigheden

Algemene vaardigheden (profieloverschrijdend niveau)

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken

1. De kandidaat kan informatie gericht zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

Subdomein A2: Communiceren

2. De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal communiceren in het publieke domein over onderwerpen uit het relevante vakgebied.

Subdomein A3: Reflectie op leren

3. Bij het verwerven van professionele kennis en vaardigheden is de kandidaat in staat om te reflecteren op zijn/haar eigen interesses, motivatie en leerproces.

Subdomein A4: Studie en beroep

4. De kandidaat kan aangeven hoe wetenschappelijke kennis wordt gebruikt in studies en beroepen en kan mede op basis hiervan zijn belangstelling voor studies en beroepen verwoorden.

Natuurwetenschappen, wiskunde en technische vaardigheden (bètaprofiel)

Subdomein A5: Onderzoeken

5. De kandidaat kan onderzoeksinstructies uitvoeren in contexten op basis van onderzoeksvragen en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat

maakt gebruik van consistent redeneren en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A6: Ontwerp

6. De kandidaat is in staat om een technisch ontwerp voor te bereiden, uit te voeren, te testen en te evalueren in contexten gebaseerd op een gesteld probleem, gebruik makend van relevante concepten, theorie en vaardigheden en geldig en consistent redeneren.

Subdomein A7: Modelleren

7. In het bijzonder kan de kandidaat een gesloten probleem in contexten analyseren, een adequaat model kiezen en modeluitkomsten genereren en interpreteren. De kandidaat gebruikt consistente redeneringen en relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden.

Subdomein A8: Natuurwetenschappelijke instrumenten

8. De kandidaat kan instrumenten gebruiken die relevant zijn voor de natuurwetenschappen in contexten, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; dit betreft instrumenten voor dataverzameling en -verwerking, vaktaal, vakconventies, symbolen en formule-taal.

Subdomein A9: Waarderen en beoordelen

9. De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing en daarbij onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

NLT specifieke vaardigheden

Subdomein A10: Interdisciplinaire vraagstukken in studie en beroepspraktijk

10. De kandidaat kan voorbeelden geven van interdisciplinaire vraagstukken die spelen in een breed spectrum van bètastudies en -beroepen. Daarnaast kan de kandidaat een verband leggen tussen de praktijk van deze studies en beroepen en zijn/haar eigen kennis, vaardigheden en interesses.

Subdomein A11: Redeneren

11. De kandidaat kan consistente redeneringen opbouwen van zowel inductieve als deductieve aard met gegevens van wiskundige en wetenschappelijke aard.

Subdomein A12: Rekenkundige en wiskundige vaardigheden

12. De kandidaat kan een aantal relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden correct en routinematig toepassen in vakspecifieke probleemsituaties.

Subdomein A13: Samenwerken

13. Bij het werken aan interdisciplinaire vraagstukken is de kandidaat in staat om samen te werken met anderen, de inbreng van groepsleden actief te stimuleren, deze te waarderen en te gebruiken en een herkenbare eigen bijdrage te hebben aan de totstandkoming van het eindresultaat.

Domein B: Exacte wetenschappen en technologie

Subdomein B1: Interdisciplinariteit

14. De kandidaat kan contextrelevante conceptuele kennis en benaderingen uit ten minste aardwetenschappen, biologie, natuurkunde, scheikunde en wiskunde toepassen op interdisciplinaire vraagstukken met betrekking tot de domeinen C t/m E. De kandidaat kan daarbij:

- de rol van de verschillende disciplines in de aanpak van het probleem uitleggen aan de hand van voorbeelden;
- situaties beschrijven in termen van modellering, systeem, schaal en verandering;
- experimenteel onderzoek en/of simulaties uitvoeren of de resultaten van experimenten en/of simulaties interpreteren;
- technologische oplossingen ontwerpen of ontworpen technologische oplossingen uitleggen.

Subdomein B2: Interactie tussen wetenschap en technologie

15. De kandidaat kan de wisselwerking tussen de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis en technologie beschrijven en verklaren aan de hand van voorbeelden uit de domeinen C t/m E.

Domein C: Aarde en natuur

16. De kandidaat is in staat wetenschappelijke en wiskundige concepten toe te passen op interdisciplinaire vraagstukken met betrekking tot monitoring en (duurzaam) beheer van de natuurlijke en gestructureerde leefomgeving.

Domein D: Gezondheid, bescherming en veiligheid

17. De kandidaat is in staat wetenschappelijke en wiskundige concepten toe te passen op interdisciplinaire vraagstukken met betrekking tot de bescherming, diagnose, genezing, verzorging of revalidatie van de mens.

Domein E: Materialen, processen en producten

Subdomein E1: Methoden en technieken van technologische ontwikkeling

18. De kandidaat kan een aantal methoden en technieken noemen die van belang zijn voor recente technologieën en is in staat een of meer ervan toe te passen op interdisciplinaire (ontwerp)vraagstukken.

Subdomein E2: Processen en producten

19. De kandidaat kan een actueel technologisch proces of product beschrijven en daarbij de constructie of werking ervan verklaren aan de hand van relevante wetenschappelijke en wiskundige concepten.

Examenprogramma Informatica vanaf schooljaar 2019 havo en vwo (alleen schoolexamen)

Examenprogramma informatica havo / vwo

Het eindexamen

Het eindexamen bestaat uit het schoolexamen.

Het schoolexamen omvat:

Het hele domein A in combinatie met:

- domeinen B tot F;
- (in het HAVO-programma:) een keuze van één domein uit de domeinen G tot N en
- een keuze van één domein uit de domeinen O tot en met R; de bevoegde autoriteit kan dit doen
- deze keuze maken, of de keuze overlaten aan de kandidaat;
- (in het VWO-programma :) een keuze uit vier domeinen uit de domeinen G tot R,
- waarvan ten minste één domein uit de domeinen G tot en met N en ten minste één domein uit de domeinen O tot en met R; de bevoegde autoriteit kan deze keuze maken of aan de kandidaat overlaten;
- als de bevoegde autoriteit daarvoor kiest, andere onderwerpen, die per kandidaat kunnen verschillen.

De examenstof

I. Kernprogramma

Domein A: Vaardigheden

Algemene vaardigheden

Subdomein A1: Informatievaardigheden gebruiken

1. De kandidaat kan informatie gericht zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

Subdomein A2: Communiceren

2. De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal communiceren in het publieke domein over informatica gerelateerde onderwerpen.

Subdomein A3: Reflectie op leren

3. Bij het verwerven van professionele kennis en vaardigheden is de kandidaat in staat om te reflecteren op zijn/haar eigen interesses, motivatie en leerproces.

Subdomein A4: Oriëntatie op studie en beroep

4. De kandidaat kan aangeven op welke manier IT-kennis wordt gebruikt in studies en beroepen en kan mede op basis hiervan zijn eigen interesse voor studies en beroepen verwoorden.

Wetenschappelijke vaardigheden

Subdomein A5: Onderzoek

5. De kandidaat kan

- (in het havo-programma :) onderzoeksinstructies uitvoeren in contexten op basis van onderzoeksvragen en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat redeneert consistent.
- (in het VWO-programma :) vragen in contexten analyseren met behulp van relevante concepten en theorie, dit vertalen naar een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren en conclusies trekken uit de onderzoeksresultaten. De kandidaat redeneert consistent.

Subdomein A6: Modelleren

6. De kandidaat kan een relevant probleem in contexten analyseren, terugbrengen tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren, en het model testen en beoordelen. De kandidaat redeneert consistent.

Subdomein A7: Waarderen en beoordelen

7. De kandidaat kan in contexten een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de praktijk of een technische toepassing en daarbij onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, normatieve maatschappelijke overwegingen en persoonlijke opvattingen.

Specifieke vaardigheden voor computerwetenschappen

Subdomein A8: Ontwerp en ontwikkeling

8. De kandidaat kan in een context mogelijkheden zien voor het gebruik van digitale artefacten, deze mogelijkheden vertalen naar een doelstelling voor ontwerp en ontwikkeling, waarbij technische factoren, omgevingsfactoren en menselijke factoren worden betrokken, wensen en eisen specificeren en deze toetsen op haalbaarheid, een digitaal artefact ontwerpen, keuzes afwegen door onderzoek en experimenten bij het ontwerpen van een digitaal artefact, een digitaal artefact implementeren en de kwaliteit van digitale artefacten evalueren, en deze vaardigheden samen gebruiken om digitale artefacten te ontwikkelen.

Subdomein A9: IT gebruiken als perspectief

9. De kandidaat kan verschijnselen in contexten interpreteren, verklaren en uitleggen in termen van informatica, informaticaconcepten herkennen en relateren, en de mogelijkheden en beperkingen van digitale artefacten inschatten en beredeneren in technische termen.

Subdomein A10: Samenwerking en interdisciplinariteit

10. De kandidaat kan gestructureerd samenwerken in een team aan het ontwerpen en ontwikkelen van digitale artefacten en samenwerken met mensen uit een toepassingsgebied.

Subdomein A11: Ethisch handelen

11. De kandidaat kan beschrijven welke ethische normen en waarden een rol spelen bij het gebruik en de ontwikkeling van digitale artefacten, het eigen handelen expliciet vergelijken met ethische richtlijnen (in het VWO-programma :) en het eigen handelen kritisch analyseren en relateren aan ethische dilemma's.

Subdomein A12: IT-hulpmiddelen gebruiken

12. De kandidaat kan voor informatica relevante hulpmiddelen gebruiken, waar nodig met aandacht voor risico's en veiligheid; dit betreft (computer)apparatuur, besturingssystemen, applicaties, vaktaal, vakconventies en formalismen.

Subdomein A13: Werken in contexten

13. De kandidaat kan de vaardigheden genoemd in domein A en de concepten genoemd in de domeinen B tot en met F, en in de gekozen domeinen van G tot en met R, ten minste gebruiken in beroepscontexten, in sociale contexten (in het VWO-programma :) en in wetenschappelijke contexten.

Domein B: Grondbeginselen

Subdomein B1: Algoritmen

14. De kandidaat kan een oplossingsrichting voor een probleem uitwerken in een algoritme, standaardalgoritmen herkennen en gebruiken en de juistheid en efficiëntie van digitale artefacten onderzoeken via de onderliggende algoritmen.

Subdomein B2: Gegevensstructuren

15. De kandidaat kan verschillende abstracte gegevensstructuren vergelijken op elegantie en efficiëntie.

Subdomein B3: Automaten

16. De kandidaat kan eindige automaten gebruiken voor de karakterisering van bepaalde algoritmen.

Subdomein B4: Grammatica's

17. De kandidaat kan grammatica's gebruiken als hulpmiddel bij de beschrijving van talen.

Domein C: Informatie

Subdomein C1: Doelstellingen

18. De kandidaat kan doelstellingen voor informatie- en gegevensverwerking onderscheiden, inclusief zoeken en bewerken.

Subdomein C2: Identificeren

19. De kandidaat kan informatie en gegevens in contexten identificeren, rekening houdend met het doel.

Subdomein C3: Vertegenwoordigen

20. De kandidaat kan gegevens weergeven in een geschikte gegevensstructuur, rekening houdend met de doelstelling, en kan verschillende weergaven met elkaar vergelijken op elegantie, efficiëntie en implementeerbaarheid.

Subdomein C4: Standaard voorstellingen

21. De kandidaat kan standaardweergaven van numerieke gegevens en media gebruiken en met elkaar in verband brengen.

Subdomein C5: Gestructureerde gegevens

22. De kandidaat kan een informatiebehoefte vertalen naar een zoekopdracht op een verzameling gestructureerde gegevens.

Domein D: Programmeren

Subdomein D1: Ontwikkelen

23. De kandidaat is in staat om voor een gegeven doelstelling programmaonderdelen te ontwikkelen in een een imperatieve programmeertaal, het gebruik van programmeertaalconstructies die abstractie ondersteunen en het structureren van programmaonderdelen op zo'n manier dat ze gemakkelijk begrepen en geëvalueerd kunnen worden door anderen.

Subdomein D2: Inspecteren en aanpassen

24. De kandidaat kan de structuur en werking van bepaalde programmaonderdelen uitleggen en deze programmaonderdelen aanpassen op basis van evaluatie of veranderde eisen.

Domein E: Architectuur

Subdomein E1: Ontleding

25. De kandidaat kan de structuur en werking van digitale artefacten uitleggen aan de hand van architecturale elementen, dat wil zeggen in termen van de niveaus fysiek, logisch en toepassingen, en in termen van de componenten in deze lagen en hun onderlinge interactie.

Subdomein E2: Beveiliging

26. De kandidaat kan enkele beveiligingsbedreigingen en veelgebruikte technische maatregelen benoemen en deze relateren aan architectuurelementen.

Domein F: Interactie

Subdomein F1: Bruikbaarheid

27. De kandidaat kan gebruikersinterfaces van digitale artefacten evalueren met behulp van Heuristieken en vuistregels voor goed ontwerp met betrekking tot interfaces toepassen bij het ontwerpen en ontwikkelen van digitale artefacten.

Subdomein F2: Maatschappelijke aspecten

28. De kandidaat kan de invloed van digitale artefacten op sociale interactie en privacy herkennen en in historisch perspectief plaatsen.

Subdomein F3: Privacy

29. De kandidaat kan redeneren over de gevolgen van de veranderende mogelijkheden van digitale artefacten voor de persoonlijke vrijheid.

Subdomein F4: Beveiliging

30. De kandidaat kan enkele beveiligingsrisico's en veelgebruikte sociotechnische maatregelen noemen en deze relateren aan sociale en menselijke factoren.

II. Keuze thema's

Domein G: Keuzethema Algoritmiek, berekenbaarheid en logica

Subdomein G1: Complexiteit van algoritmen

31. De kandidaat kan

- (in het HAVO-programma :) de complexiteit van gegeven algoritmen vergelijken en kunnen klassieke 'moeilijke' problemen herkennen en benoemen.
- Legt (in het VWO-programma :) het verschil uit tussen exponentiële en polynomiale complexiteit, kan algoritmen op basis hiervan onderscheiden en kan klassieke "moeilijke" problemen herkennen en benoemen.

Subdomein G2: Berekenbaarheid

32. De kandidaat kan berekeningen op verschillende abstractieniveaus karakteriseren en met elkaar in verband brengen, en kan klassieke onvoorspelbare problemen herkennen en benoemen.

Subdomein G3: Logica

33. De kandidaat kan eigenschappen van digitale artefacten uitdrukken in logische formules.

Domein H: Selectiethema Databases

Subdomein H1: Informatiemodellering

34. De kandidaat kan een informatiemodel opstellen voor een eenvoudige praktijksituatie en definieer op basis hiervan een database.

Subdomein H2: Databaseparadigma's

35. De kandidaat kan naast het relationele paradigma minstens één ander databaseparadigma beschrijven en kan de geschiktheid van de relevante paradigma's voor een concrete toepassing afwegen.

Subdomein H3: Gekoppelde gegevens

36. De kandidaat kan gegevens uit verschillende databases (gegevensbronnen) koppelen in een applicatie.

Domein I: Keuzeonderwerp Cognitieve gegevensverwerking

Subdomein I1: Intelligent gedrag

37. De kandidaat kan en is in staat om de processen te beschrijven die nodig zijn voor intelligent gedrag analyseren hoe deze processen in de informatica gebruikt kunnen worden bij de ontwikkeling van digitale artefacten.

Subdomein I2: Kenmerken van cognitieve informatica

38. De kandidaat kan de belangrijkste kenmerken van cognitieve computersystemen en het verschil met traditionele digitale artefacten uitleggen en aangeven of een probleem geschikt is voor een oplossing met een cognitieve computerbenadering.

Subdomein I3: Cognitieve gegevensverwerking toepassen

39. De kandidaat is in staat om een eenvoudige toepassing te realiseren met een of meer van de methoden en technologieën uit cognitive computing.

Domein J: Keuzethema Programmeerparadigma's

Subdomein J1: Alternatief programmeerparadigma

40. De kandidaat kan de kenmerken van ten minste één aanvullend programmeerparadigma beschrijven en kan programma's volgens dat paradigma ontwikkelen en evalueren.

Subdomein J2: Keuze van een programmeerparadigma

41. De kandidaat kan een afweging maken tussen paradigma's voor het oplossen van een gegeven probleem.

Domein K: Keuzeonderwerp Computerarchitectuur

Subdomein K1: Booleaanse algebra

42. De kandidaat kan rekenen met formules in Booleaanse algebra.

Subdomein K2: Digitale schakelingen

43. De kandidaat kan eenvoudige digitale schakelingen op bitniveau construeren.

Subdomein K3: Machinetaal

44. De kandidaat kan een eenvoudig programma in machinetaal schrijven op basis van de beschrijving van een instructiesetarchitectuur.

Subdomein K4: Variatie in computerarchitectuur

45. De kandidaat kan variatie in computerarchitectuur verklaren in termen van technologische ontwikkelingen en toepassingsdomeinen.

Domein L: Keuzethema Netwerken

Subdomein L1: Netwerkcommunicatie

46. De kandidaat kan de manier waarop netwerkcomponenten met elkaar communiceren beschrijven en analyseren en is in staat schaal-effecten in communicatie te herkennen, voorbeelden te geven en de gevolgen ervan te verklaren.

Subdomein L2: Internet

47. De kandidaat kan de basisprincipes van internet als netwerk uitleggen en aangeven welke gevolgen dit heeft voor toepassingen en gebruikers.

Subdomein L3: Distributie

48. De kandidaat kan vormen van samenwerking en verdeling van functies en gegevens in netwerken beschrijven.

Subdomein L4: Netwerkbeveiliging

49. De kandidaat kan bedreigingen van een inbreuk op gedistribueerde functies en gegevens analyseren en maatregelen aanbevelen om deze inbreuk tegen te gaan.

Domein M: Keuzeonderwerp Fysieke informatica

Subdomein M1: Sensoren en actuatoren

50. De kandidaat kan sensoren en actuatoren hebben die de fysieke omgeving van een computersysteem besturen functioneel kunnen waarnemen en controleren, herkennen en beschrijven.

Subdomein M2: Ontwikkeling van fysieke computercomponenten

51. De kandidaat kan fysieke systemen en processen modelleren met betrekking tot real-time besturingsaspecten en kan met behulp van deze modellen, sensoren en actuatoren een computersysteem ontwikkelen om fysieke systemen en processen te bewaken en te besturen.

Domein N: thema veiligheidsselectie

Subdomein N1: Risicoanalyse

52. De kandidaat kan risico's, bedreigingen en kwetsbaarheden in een ICT-toepassing analyseren en kan zowel technische als menselijke factoren omvatten.

Subdomein N2: Maatregelen

53. De kandidaat kan keuzes uitleggen voor technische en organisatorische maatregelen om de beveiliging te verhogen.

Domein O: Keuzethema Bruikbaarheid

Subdomein O1: Gebruikersinterfaces

54. De kandidaat kan de werking van gebruikersinterfaces met de hand beschrijven en uitleggen van cognitieve en biologische modellen.

Subdomein O2: Gebruikersonderzoek

55. De kandidaat kan gebruikersinterfaces van digitale artefacten evalueren door middel van gebruikersonderzoek.

Subdomein O3: Ontwerp

56. De kandidaat kan elementen van een gebruikersinterface ontwerpen.

Domein P: Keuzethema Gebruikerservaring

Subdomein P1: Analyse

57. De kandidaat kan de relatie begrijpen tussen ontwerpkeuzes van een interactief digitaal artefact en de verwachte cognitieve, gedrags- en affectieve veranderingen of ervaringen uitleggen.

Subdomein P2: Ontwerp

58. De kandidaat kan de gebruikersinteractie voor een digitaal artefact vormgeven, de ontwerpbeslissingen verantwoorden en implementeren voor een eenvoudige toepassing.

Domein Q: Keuzethema Maatschappelijke en individuele invloed van informatica.

Subdomein Q1: Sociale invloed

59. De kandidaat kan positieve en negatieve effecten hebben van computerwetenschap en het netwerk de maatschappij op het individuele en sociale leven verklaren en voorspellen.

Subdomein Q2: Juridische aspecten

60. De kandidaat kan juridische aspecten van de toepassing van informatica in de maatschappij analyseren.

Examenprogramma Informatica vanaf schooljaar 2019 havo en vwo (alleen schoolexamen)

Subdomein Q3: Privacy

61. De kandidaat kan de effecten van technische, juridische en sociale maatregelen op privacy-gerelateerde kwesties onderzoeken.

Subdomein Q4: Cultuur

62. De kandidaat kan redeneren over de invloed van informatica op cultuuruitingen.

Domein R: Keuzeonderwerp Informatica

Subdomein R1: Modelleren

63. De kandidaat kan aspecten van een andere wetenschappelijke discipline modelleren in computationele termen.

Subdomein R2: simuleren

64. De kandidaat kan modellen en simulaties construeren en gebruiken om verschijnselen in die andere wetenschap te onderzoeken.