

# **ONTWIKKELING VAN EEN STEM- PROJECT VOOR DE 3<sup>DE</sup> GRAAD TSO**

## **ONDERZOEK NAAR DE EFFECTEN VAN GRONDWATERWINNING OP VERDROGING EN VEGETATIE**

Aantal woorden: 17.273

**Noah Fuhrmann**

Studentennummer: 02005375

Promotoren: Prof. dr. Kristof Demeestere, Prof. dr. Ann Dumoulin

Verkorte Educatieve Masterproef (9SP) voorgelegd tot het behalen van de graad van de Educatieve Master in de "Wetenschappen en Technologie, afstudeerrichting Bio-engineering"

Academiejaar: 2021 – 2022, Educatieve Masteropleiding





## VOORWOORD

Ik wil mijn promotoren prof. Demeestere en prof. Dumoulin erg bedanken voor hun begeleiding van deze educatieve masterproef. Hun kritische en tegelijk constructieve blik tilden zowel mijn werk als mijn motivatie naar een hoger niveau.

Mijn dankbaarheid gaat ook uit naar mijn vriendin voor haar interesse wanneer ik over deze masterproef vertelde en haar vermogen om in de vreugde van anderen (waaronder mijzelf) te delen.

# Inhoud

Voorwoord.....	1
Lijst van afkortingen.....	3
Lijst van tabellen.....	4
Lijst van figuren.....	4
Abstract.....	5
Inleiding.....	6
Hoofdstuk 1. Literatuurstudie.....	7
1.1 Definitie van STEM-onderwijs .....	7
1.2 Kwaliteitscriteria voor STEM-onderwijs .....	8
1.2.1 Het STEM-kader voor het Vlaamse Onderwijs .....	8
1.2.2 Kwaliteitscriteria voor STEM-onderwijs .....	11
1.2.3 Synthese van de kwaliteitscriteria voor STEM-lessenpakketten.....	14
1.3 Screening van leerlingenprojecten in een milieucontext .....	16
1.4 Bespreking van de geselecteerde leerlingenprojecten.....	37
Hoofdstuk 2. Methodologie bij het uitwerken van het eigen STEM-project.....	39
Hoofdstuk 3. Resultaten.....	40
3.1 Beginsituatie en voorkennis .....	40
3.2 Leerdoelen.....	40
3.3 Lessenplanning, werkvormen en onderbouwing .....	43
3.4 Coöperatieve werkvormen.....	51
3.5 Evaluatie.....	51
Hoofdstuk 4. Zelfevaluatie van het ontwikkelde project.....	53
4.1 Evaluatie op basis van de lijst van succescriteria voor STEM-projecten .....	53
4.2 Perspectieven voor verdere optimalisatie.....	58
Conclusie .....	60
Bibliografie.....	61
Bijlagen.....	63

## LIJST VAN AFKORTINGEN

AI	Artificiële Intelligentie
ANB	Agentschap voor Natuur en Bos
ASO	Algemeen Secundair Onderwijs
ASSURE	<i>Analyze Learners; State Objectives; Select Methods, Media and Materials; Utilize Media and Materials; Require Learner Participation; Evaluate and Revise</i>
BSO	Beroeps Secundair Onderwijs
BUSO OV4	Buitengewoon Secundair Onderwijs Opleidingsvorm 4
d	<i>Effect size</i>
DOV	Databank Ondergrond Vlaanderen
GIS	<i>Geographic Information Systems</i>
GO	Gemeenschapsonderwijs
INBO	Instituut voor Natuur en Bos Onderzoek
K-12	Leerplichtonderwijs in de Verenigde Staten (Kindergarten - 12th grade)
KIKS	Kunstmatige Intelligentie, Klimaatverandering en Stomata
KSO	Kunst Secundair Onderwijs
LD	(operationeel) leerdoel
NLR	Non-linguïstische representatie
SES	Socio-economische status
STEM	<i>Science Technology Engineering Mathematics</i>
TPACK	<i>technological pedagogical content knowledge</i>
TSO	Technisch Secundair Onderwijs
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VSK	Vlaamse Scholierenkoepel

## LIJST VAN TABELLEN

<i>Tabel 1 Dimensies van het STEM-kader voor het Vlaamse onderwijs (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015)</i> .....	9
<i>Tabel 2 Bijkomende aandachtspunten in het STEM-kompas ten opzichte van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid (Eeckhout, 2018)</i> .....	11
<i>Tabel 3 Synthese van succescriteria voor STEM-lessenpakketten, gebaseerd op (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015), (Eeckhout, 2018), (Schmidt, 2016), (Koehler &amp; Mishra, 2008), (National Research Council, 2011) en (Smaldino, et al., 2008)</i> .....	15
<i>Tabel 4 Eigenschappen van de zoekopdracht naar leerlingenprojecten in een milieucontext</i> .....	17
<i>Tabel 5 Korte beschrijving van de 15 weerhouden zoekresultaten gerelateerd aan leerlingenprojecten in een milieucontext</i> .....	19
<i>Tabel 6 Screening van leerlingenproject 1 (Kunstmatige Intelligentie, Klimaatverandering, Stomata: KIKS) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3</i> .....	25
<i>Tabel 7 Screening van leerlingenproject 2 (Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3</i> .....	27
<i>Tabel 8 Screening van leerlingenproject 3 (Zuid-Noord Klimaatspiegel) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3</i> .....	29
<i>Tabel 9 Screening van leerlingenproject 4 (Bio met Klasse) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3</i> .....	32
<i>Tabel 10 Screening van leerlingenproject 5 (Algen) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3</i> .....	34
<i>Tabel 11 Leerplandoelen en operationele leerdoelen van het ontwikkelde lessenpakket</i> .....	40
<i>Tabel 12 Lessenplanning, leerdoelen, werkvormen en onderbouwing</i> .....	43
<i>Tabel 13 Screening van het leerlingenproject ‘Onderzoek naar de effecten van grondwaterwinning op verdroging en vegetatie’ op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3</i> .....	54

## LIJST VAN FIGUREN

<i>Figuur 1 Kwaliteitskijker voor kwaliteitsvol STEM-onderwijs (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming &amp; Onderwijsinspectie, 2014)</i> .....	67
--	----

## ABSTRACT

De leerplannen van het vak toegepaste ecologie zetten in op een praktijkgerichte didactische aanpak in een realistische context, zoals deze van de milieu-uitdagingen waarmee de huidige maatschappij geconfronteerd wordt. In deze educatieve masterproef werden daarom de kwaliteitscriteria voor STEM-projecten onderzocht en in de praktijk toegepast door de ontwikkeling van een STEM-project gericht op het vak toegepaste ecologie in de 3<sup>e</sup> graad TSO Techniek-Wetenschappen. Er werd een lijst met succescriteria opgesteld voor STEM-projecten aan de hand van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid en wetenschappelijke literatuur. De succescriteria hebben betrekking op de leerdoelen en leerstof die het lessenpakket behandelt, de mate waarin 21<sup>ste</sup>-eeuwse competenties zoals mediawijsheid, ontwerp- en onderzoekscompetenties worden geoefend, het oplossen van maatschappelijk relevante problemen, en de begeleiding van de leerlingen. De succescriteria werden vervolgens gebruikt voor een analyse van vijf reeds bestaande leerlingenprojecten in een milieucontext die weerhouden werden uit de databanken Klascement en Stematschool. Bij een eerste groep van leerlingenprojecten lag de nadruk vooral op het geïntegreerd aanbrenge van STEM-inhouden op een relatief hoog abstractieniveau. Bij de tweede groep was er vooral aandacht voor bewustwording rond maatschappelijke thema's en voor didactische werkvormen. Als resultaat van deze educatieve masterproef werd een STEM-lessenpakket ontwikkeld in de context van onderzoek naar de effecten van grondwaterwinning op verdroging en vegetatie. Er werd een leerlingen- en leerkrachtencursus alsook opdrachten opgesteld over de onderwerpen grondwater, grondwaterafhankelijke vegetatie en verdroging. De eindopdracht omvat het uitvoeren van een onderzoek naar de effecten van grondwaterwinning op vegetatie door middel van enerzijds de websites Geopunt en Databank Ondergrond Vlaanderen en een berekeningsinstrument van VMM, en anderzijds een excursie naar grondwaterafhankelijke habitats. In het lessenpakket werden de STEM-disciplines wetenschap en engineering het meest uitgewerkt, terwijl voor wiskunde en technologie nog meer didactische en inhoudelijke uitdieping mogelijk is. De opdrachten van het lessenpakket werden uitgewerkt volgens de principes van coöperatief leren en er werd ook aandacht besteed aan het oefenen van metacognitieve vaardigheden. Meer gedetailleerde aanwijzingen voor feedback en begeleiding tijdens het lessenpakket zouden nog kunnen worden toegevoegd. Ten slotte werd het oplossen van maatschappelijk relevante problemen en de link met STEM-gerelateerde beroepen geïntegreerd in het project.

## INLEIDING

Het vak toegepaste ecologie is enkel opgenomen in het Gemeenschapsonderwijs (GO) in het curriculum van de 3<sup>de</sup> graad Technisch Secundair Onderwijs (TSO), richtingen techniek-wetenschappen en gezondheids- en welzijnswetenschappen. Door deze beperkte doelgroep bieden uitgevers van didactisch materiaal geen didactische methodes aan die toegespitst zijn op de leerplannen van dit vak. Het lijkt dan ook zinvol om direct bruikbaar didactisch materiaal te ontwikkelen voor startende leerkrachten toegepaste ecologie.

Het leerplan 2004/167 toegepaste ecologie voor de 3<sup>de</sup> graad GO TSO techniek-wetenschappen zet in op een praktijkgerichte didactische invulling van het vak in realistische contexten en laat relatief veel keuzevrijheid aan de leerkracht. Daarnaast krijgen milieuproblemen vandaag de dag meer maatschappelijke aandacht dan ooit tevoren en vormen deze problemen een kruispunt waar diverse wetenschappelijke disciplines, techniek, ingenieurstechnieken en wiskunde in interactie treden. Binnen deze educatieve masterproef worden daarom in eerste instantie de reeds bestaande STEM-projecten in een milieucontext opgezocht en geanalyseerd. Vervolgens wordt een STEM-project in een specifieke milieucontext ontwikkeld op basis van de doelstellingen uit leerplan 2004/167 toegepaste ecologie. Als eerste stap wordt echter een lijst van succescriteria voor STEM-projecten opgesteld die het fundament moet vormen van de analyse van de bestaande STEM-projecten alsook van de ontwikkeling van een nieuw STEM-project.

In 20 jaar tijd is in Vlaanderen de grondwaterstand in freatische (oppervlakkige) grondwaterlagen significant gedaald op 70% van de meetplaatsen (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021). Deze verdroging is ten eerste een gevolg van een te groot gebruik van grondwater. Daarnaast is er een verminderde infiltratie van regenwater door de steeds toenemende verharde oppervlakte. Ten slotte wordt verdroging ook veroorzaakt door de klimaatverandering, die leidt tot droogteperiodes van toenemende duur. Verdroging bedreigt zeldzame organismen die van grondwater afhankelijk zijn (Inverde, INBO & ANB, n.d.). Het ontwikkelde lessenpakket heeft dan ook als doel om jongeren te laten kennis maken met deze problematiek en met het belang van STEM bij het begrijpen en oplossen ervan.



# HOOFDSTUK 1. LITERAATUURSTUDIE

In dit hoofdstuk wordt eerst een definitie voor STEM-onderwijs geformuleerd. Vervolgens wordt een lijst met succescriteria voor STEM-lessepakketten opgesteld aan de hand van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid en wetenschappelijke literatuur. Daarna wordt onderzocht welke leerlingenprojecten in een milieucontext online beschikbaar zijn voor het secundair onderwijs. Een selectie van de teruggevonden leerlingenprojecten wordt gescreend op basis van de opgestelde succescriteria voor STEM-onderwijs. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een bespreking van de gescreende leerlingenprojecten.

## 1.1 DEFINITIE VAN STEM-ONDERWIJS

De afkorting STEM verwijst naar een onderwijsaanpak waarin de interactie tussen de componenten wetenschap (*Science*), techniek<sup>1</sup> (*Technology*), ingenieursvaardigheden (*Engineering*) en wiskunde (*Mathematics*) centraal staat. STEM maakte de voorbije jaren een opgang in het Vlaamse onderwijs. Vele secundaire scholen zijn nog op zoek naar de beste aanpak. De Vlaamse Overheid publiceerde daarom in 2015 de brochure 'STEM-kader voor het Vlaamse onderwijs - Principes en doelstellingen' (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015). In dat STEM-kader maakt de overheid het onderscheid tussen STEM-geletterdheid en STEM-specialisatie.

Er wordt een definitie van STEM-geletterdheid overgenomen van het 'You for Youth' netwerk en aangevuld op basis van wetenschappelijke literatuur (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015): *"(...) de mogelijkheid van iemand om fundamentele concepten uit wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde te verstaan [sic] en toe te passen om zo te komen tot weloverwogen beslissingen, om problemen op te lossen en/of nieuwe producten en processen te creëren"* (You for Youth, sd). STEM-geletterdheid omvat eveneens *"het bewustzijn (...) van de rollen die wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde vervullen in de moderne samenleving"* (National Academy of Engineering and National Research Council, 2014).

STEM-geletterdheid wordt gezien als een competentie die elk kind kan verwerven, terwijl STEM-specialisatie een *"vergaande STEM-geletterdheid en een bewuste keuze voor een STEM-richting en/of*

---

1 Het Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming verkiest de term 'techniek' boven 'technologie'. Daarbij wordt 'techniek' als algemeen begrip bedoeld, waarin ook de betekenis van de term 'technologie' (het toepassen van wetenschappelijke kennis om praktische problemen op te lossen) vervat zit. Deze keuze is gebaseerd op het Eindrapport van Techniek op school voor de 21ste eeuw (Departement Onderwijs & Vorming & Departement Economie Wetenschap & Innovatie, 2008). Binnen deze educatieve masterproef wordt deze keuze gevolgd en wordt 'techniek' gebruikt voor de STEM-discipline waarin wetenschappelijke kennis wordt toegepast op praktische problemen, technische handelingen worden uitgevoerd om ontwerpen uit te voeren enz. Om te verwijzen naar technologische toepassingen zoals websites, apps ... wordt de term 'technologie' gebruikt (bv. 'onderwijstechnologie').

*STEM-beroep*” inhoudt, die in alle onderwijsvormen mogelijk is (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015).

## 1.2 KWALITEITSCRITERIA VOOR STEM-ONDERWIJS

### 1.2.1 *HET STEM-KADER VOOR HET VLAAMSE ONDERWIJS*

Op basis van de Vlaamse en internationale inzichten in STEM-onderwijs van de laatste jaren wordt het STEM-kader opgebouwd uit 10 dimensies waaraan scholen hun STEM-praktijk kunnen aftoetsen, ongeacht het onderwijsniveau of de onderwijsvorm. De dimensies zijn zowel voor STEM-geletterdheid als voor STEM-specialisatie relevant (Tabel 1) (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015). Enkele dimensies van het STEM-kader, zoals het verwerven van informatie, het interpreteren van diverse (online) informatiebronnen en selecteren en verbeteren van technologieën, komen ook terug binnen de mediawijsheidsdoelstellingen van de Vlaamse Overheid (Mediawijs, 2021).

Tabel 1 Dimensies van het STEM-kader voor het Vlaamse onderwijs (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015)

Dimensie STEM-kader	Toelichting
1 Interactie en samengaan van de aparte STEM-componenten van het letterwoord met respect voor de eigenheid van elke component	De vier STEM-componenten wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde worden samen ingezet binnen een <b>interdisciplinaire aanpak</b> . Daarbij worden kennis en vaardigheden uit de STEM-disciplines en eventueel andere disciplines toegepast op een centrale inhoud.
2 Probleemoplossend leren via toepassen van STEM-concepten en -praktijken	Concepten en praktijken uit wiskunde, techniek en wetenschappen worden ingezet voor het ontwerpen (ingenieursvaardigheden) van <b>oplossingen voor complexe, levensechte problemen</b> . De focus ligt op een <b>beperkt aantal kernideeën</b> en de samenhang met maatschappelijke uitdagingen.
3 Vaardig en creatief onderzoeken en ontwerpen	Leerlingen verwerven zowel leerinhouden als <b>ontwerp- en onderzoeksvaardigheden</b> . Dat behelst het leren doorlopen van het iteratief technisch proces (stellen van onderzoeksvragen, ontwerpen, maken/uitvoeren, testen en evalueren). Leerkrachten geven instructie in deze vaardigheden en feedback op zowel het product als het proces.
4 Denken en redeneren, modelleren en abstraheren	Om een systematische oplossingsmethode te kunnen kiezen en uitvoeren, moeten leerlingen een onderzoeks- of ontwerpprobleem kunnen <b>abstraheren</b> in de vorm van een (eenvoudig) <b>concept of model</b> . De leerlingen moeten daarbij ook leren omgaan met verschillende niveaus van abstractie voor hetzelfde probleem.
5 Strategisch gebruiken en ontwikkelen van technologie	Leerlingen leren om <b>een gepaste technologie te selecteren</b> op basis van praktische en maatschappelijke criteria en om technologieën te <b>verbeteren of te ontwikkelen</b> .
6 Inzicht verwerven in de relevantie van STEM op zich en voor de maatschappij	Leerlingen verwerven inzicht in de <b>maatschappelijke relevantie</b> van STEM. Het werken aan maatschappelijk relevante problemen vergroot de belangstelling van meisjes, die volgens onderzoek door de Vlaamse Raad voor Wetenschap en Innovatie minder zelfvertrouwen hebben op vlak van STEM (Vlaamse Raad voor Wetenschap en Innovatie, 2012). De problemen waaraan gewerkt wordt, sluiten best aan bij de interesses van de leerlingen, maar beperken zich niet daartoe.

7	Verwerven en interpreteren van informatie over en communiceren over STEM-inhoud	Leerlingen worden enerzijds geoefend in het <b>correct interpreteren en gebruiken van informatie</b> zoals grafieken, figuren, tekst ... Anderzijds leren ze het hanteren van <b>correcte vaktaal</b> en duidelijke taal in het algemeen bij communicatie over STEM-inhoud.
8	Samenwerken in teamverband	Leerlingen <b>zoeken oplossingen in teamverband</b> en leren daarbij om ideeën te delen, open te staan voor meningen van anderen en effectief samen te werken. Op schoolniveau wordt STEM het best vormgegeven door een leerkrachtenteam met een eigen leertraject.
9	Verwerven van 21ste-eeuwse competenties	21ste-eeuwse competenties omvatten <b>cognitieve kenmerken</b> (bv. kritisch en creatief denken), <b>interpersoonlijke kenmerken</b> (bv. communicatie en samenwerking) en <b>intrapersoonlijke kenmerken</b> (bv. flexibiliteit en metacognitie). STEM draagt ertoe bij dat die competenties, die tot de vakoverschrijdende eindtermen behoren, gerealiseerd worden.
10	Innovatie	Het STEM-leerkrachtenteam doet aan <b>innovatie op drie domeinen</b> : het richt zich op de actuele maatschappelijke uitdagingen, op recente technologische ontwikkelingen, en op onderwijsinnovatie.

Naast de dimensies van Tabel 1 worden in het STEM-kader nog twee hoofdlijnen uitgezet, die ook doelstellingen voor het Vlaamse STEM-onderwijs inhouden. Er wordt gewezen op het tekort aan informatie dat jongeren krijgen over studierichtingen, waardoor jongeren onvoldoende inzien tot welke beroepskeuzes bepaalde richtingen leiden, zoals blijkt uit een bevraging van de Vlaamse Scholierenkoepel (VSK) in 2014. Ten eerste moet STEM-onderwijs daarom de interesses van jongeren voor STEM-disciplines versterken in algemene zin. Ten tweede moet STEM-onderwijs gelinkt worden aan toepassingen van STEM buiten de school en dus aan studiekeuzes en STEM-beroepen (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015).

### 1.2.2 KWALITEITSCRITERIA VOOR STEM-ONDERWIJS

Eeckhout (2018) ontwikkelde het STEM-kompas, dat inhoudelijke en didactische aandachtspunten opsomt bij vijf STEM-fasen: probleemstelling, brainstorm, ontwerpen/onderzoeken, testen en evalueren. Het STEM-kompas komt inhoudelijk deels overeen met de dimensies van het STEM-kader (Tabel 1), maar legt de nadruk op de aanpak van de leerkracht (Eeckhout, 2018). Tabel 2 vat de bijkomende aandachtspunten in het STEM-kompas ten opzichte van het STEM-kader samen. Het STEM-kompas omvat daarnaast ook de 9 elementen van kwaliteitsvol STEM-onderwijs die in de Onderwijspiegel 2014 werden geformuleerd door de Vlaamse Onderwijsinspectie. Die 9 elementen voegen inhoudelijk geen nieuwe informatie toe in vergelijking met het STEM-kader en het STEM-kompas en zijn daarom bijgevoegd in Bijlage 1 (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming & Onderwijsinspectie, 2014).

Tabel 2 Bijkomende aandachtspunten in het STEM-kompas ten opzichte van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid (Eeckhout, 2018).

Fase	Doelstelling	Inhoudelijke en didactische aandachtspunten voor de leerkracht
1 Probleemstelling	De STEM-activiteit wordt ingeleid aan de hand van een levensecht probleem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start de probleemstelling met een activerende en uitdagende prikkel.</li> <li>• Laat leerlingen toe eigen ideeën en oplossingen in te brengen.</li> <li>• Varieer afhankelijk van de inbreng van de leerling tussen een open begeleiding (waarbij het kind wordt losgelaten) en een gesloten, meer sturende begeleiding (fasen 1, 3, 4 en 5)<sup>2</sup>.</li> </ul>

<sup>2</sup> Eenzelfde aandachtspunt wordt door Eeckhout (2018) vaak bij verschillende fasen ingedeeld. Per aandachtspunt worden de nummers gegeven van de fasen waarin het aandachtspunt van toepassing is.

2	Brainstorm	De leerlingen worden uitgedaagd om oplossingen en plannen te bedenken voor de probleemstelling	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bespreek met de leerlingen aan welke randvoorwaarden het product van de opdracht moet voldoen (fasen 2 en 5).</li> <li>Zorg voor een klassfeer die de leerlingen ondersteunt om onderzoekend en samenwerkend te leren (fasen 2, 3 en 4).</li> <li>Stel concrete vragen aan de leerlingen en vermijd gesloten vragen en waarom-vragen (fasen, 2, 3, 4 en 5).</li> </ul>
3	Ontwerpen/ onderzoeken	De leerlingen maken een technisch ontwerp en/of stellen een onderzoeksplan op om de probleemstelling op te lossen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bereid het ontwerpen/onderzoeken grondig voor door geschikt materiaal te voorzien en de mogelijke onderzoeken voordien zelf uit te voeren.</li> <li>Schrijf de stappen uit die de leerlingen doorlopen en noteer bij elke stap de begeleiding die de leerkracht zal aanbieden.</li> <li>Voorzie tussentijdse, motiverende feedback (fasen 3, 4 en 5).</li> </ul>
4	Testen	De leerlingen testen hun ontwerp en/of onderzoeksplan uit in de praktijk.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Houd rekening met tempoverschillen tussen de leerlingen door differentiërende activiteiten en rollen te voorzien.</li> </ul>
5	Evalueren	De leerlingen evalueren of hun project voldoet aan de criteria en krijgen feedback.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bespreek samen met de leerlingen of hun STEM-project voldoet aan de evaluatiecriteria en geef feedback op het leerproces.</li> <li>Selecteer de eindtermen waaraan gewerkt wordt binnen het STEM-project.</li> </ul>

Een meta-analyse door Schmidt (2016) omvat 14 studies over de invloed van STEM-onderwijs op de prestaties van leerlingen in het Amerikaanse leerplichtonderwijs (K-12). De onderzochte benaderingen van STEM-onderwijs worden opgedeeld in 3 categorieën: (i) instructiemethodologieën (de strategieën toegepast door de leerkracht tijdens het lesgeven), (ii) instructietechnologieën (de technologie waarvan leerlingen gebruik maken in de klas), en (iii) pedagogische concepten (de theorie over hoe leerlingen bijleren, hetgeen de basis vormt van de instructie door de leerkracht). Voor de instructiemethodologieën wordt een gemiddelde *effect size* (*d*) van 0.40 gevonden en voor de instructietechnologieën een gemiddelde *d* van 0.45 (Schmidt, 2016). Dat betekent dat er bijna een halve standaardafwijking verschil is tussen de gemiddelde leerwinst van de leerlingengroep die onderwezen werd met een specifieke instructiemethodologie of –technologie, en de gemiddelde leerwinst van de leerlingen in de controlegroep (bij een *d* van 1 is er een verschil van 1

standaardafwijking). Daarmee voldoen de onderzochte instructiemethodologieën en instructietechnologieën maar net aan de kritische toetssteen  $d = 0.40$  die Hattie vooropstelde om *effect sizes* die te wijten zijn aan ontwikkelingsinvloeden en/of leraareffecten te elimineren (Hattie, 2009). Voor de pedagogische concepten wordt een gemiddelde  $d$  van 0.81 gevonden. Schmidt schrijft het succes van de laatste groep toe aan het versterken van de metacognitieve vaardigheden van de leerlingen. Leerkrachten die de instructie voorbereiden en uitvoeren op basis van pedagogische concepten, zorgen er vaker voor dat leerlingen kritisch reflecteren over de manier waarop ze bijleren en problemen oplossen (Schmidt, 2016). Dat ligt in lijn met de relatief hoge *effect size* die Hattie berekende voor lesstrategieën die inzetten op het oefenen van de metacognitieve vaardigheden van leerlingen ( $d = 0.69$ ) (Hattie, 2009).

De groep instructietechnologieën blijkt minder goed onderzocht te zijn en kent een grotere inherente variatie, zoals de mate van training van de leerkracht en de manier waarop de techniek wordt ingezet in de klas (Schmidt, 2016). Het *technological pedagogical content knowledge*- of TPACK-model stelt dat de leerkracht drie types kennis geïntegreerd moet inzetten om onderwijstechnologie succesvol te gebruiken: technologische, didactische en vakinhoudelijke kennis. Door die kennistypes te integreren, selecteert de leerkracht een geschikte technologische toepassing om een specifieke vakinhoud aan te brengen en gebruikt zij of hij de technologie binnen een effectieve didactische aanpak (Koehler & Mishra, 2008).

Uit een rapport van de National Research Council van de VS (2011) over effectieve benaderingen binnen STEM-onderwijs op meso- en macroniveau kunnen ook enkele adviezen voor het microniveau<sup>3</sup> worden afgeleid. Het rapport bevestigt enkele reeds vermelde kenmerken van kwaliteitsvol STEM-onderwijs, zoals het actief betrekken van leerlingen en het relevant maken van de leerinhouden in reële contexten. Daarnaast wijst het rapport op het belang van het evalueren van en het voortbouwen op de voorkennis bij de leerlingen en het nadenken over fundamentele wetenschappelijke vragen en onderzoeksmethoden die wetenschappers toepassen. Bovendien wordt het belang benadrukt van het behandelen van een minder groot aantal leerinhouden met een grotere diepgang. Ten slotte wijst het rapport er ook op dat leerkrachten over een grondige vakkennis dienen te beschikken (National Research Council, 2011).

In de masterthesis van Tomaç (2019) worden binnen de literatuur over STEM-onderwijs geen systematische aanpakken teruggevonden voor het ontwikkelen van STEM-activiteiten (Tomaç, 2019).

---

<sup>3</sup> Het microniveau is het laagste aggregatieniveau van het onderwijs: de concrete leer- en instructieomgeving (zoals een klas). Het mesoniveau is een hoger aggregatieniveau en is samengesteld uit meerdere opleidingen, lesgevers ... (zoals in een school of scholengroep). Het macroniveau is het hoogste niveau en verwijst naar onderwijsbeleid en de bijhorende actoren (zoals de overheid) (Valcke, 2019).

Het STEM-kompas, opgesteld door Eeckhout (2018) vormt een voorbeeld van een dergelijke systematische aanpak. Tomaç (2019) stelt een op STEM gerichte bewerking voor van het veelgebruikte ASSURE-model van Smaldino et al. (2004). ASSURE staat voor 6 stappen die leerkrachten kunnen doorlopen om systematisch leeractiviteiten te plannen: *Analyze Learners; State Objectives; Select Methods, Media and Materials; Utilize Media and Materials; Require Learner Participation; Evaluate and Revise*. Binnen die aanpak vormen vooral stap 1, 2 en 4 een aanvulling op het STEM-kompas. De eerste stap is het analyseren van de algemene leerlingenkenmerken (leeftijd, onderwijsniveau, sociaal-economische status (SES) ...), de specifieke voorkennis en vaardigheden van de leerlingen, en de leerstijlen van de leerling (hoe reageren leerlingen op leeromgevingen). Daarna worden leerdoelen geformuleerd, gebaseerd op de curricula van de verschillende STEM-disciplines. In de vierde stap worden de werkvormen gepland: de activiteiten waarin de leerlingen met de leermiddelen aan de slag gaan (bv. zelfstandig werk, groepsopdrachten ...). (Tomaç, 2019) (Smaldino, et al., 2008).

### *1.2.3 SYNTHESE VAN DE KWALITEITSCRITERIA VOOR STEM-LESSENPAKKETTEN*

In Tabel 3 worden de aanbevelingen uit de besproken literatuur gesynthetiseerd en vertaald naar een set van succescriteria voor STEM-lessenpakketten. De term lessenpakket verwijst daarbij naar het geheel van schriftelijke lesvoorbereidingen, multimediale leermiddelen (zoals video's en websites) en bijlagen waarvan de leerkracht tijdens een lessenreeks gebruik kan maken.



Tabel 3 Synthese van succescriteria voor STEM-lessenpakketten, gebaseerd op (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015), (Eeckhout, 2018), (Schmidt, 2016), (Koehler & Mishra, 2008), (National Research Council, 2011) en (Smaldino, et al., 2008)

#### **Leerdoelen en leerstof**

- De leerdoelen van het lessenpakket worden duidelijk geformuleerd en gelinkt aan de eindtermen.
  - Het lessenpakket is interdisciplinair: de vier STEM-componenten wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde worden samen ingezet.
  - Het lessenpakket behandelt een beperkte hoeveelheid leerstof, die door de leerlingen diepgaand wordt verwerkt.
  - Het lessenpakket bevat grondige vakinhoudelijke achtergrondinformatie voor de leerkracht.
  - Binnen het lessenpakket evalueert de leerkracht samen met de leerlingen het product en leerproces aan de hand van vooraf opgestelde en gecommuniceerde evaluatiecriteria.
- 

#### **21ste-eeuwse competenties**

- Het lessenpakket oefent de leerlingen in het interpreteren van informatie.
  - Het lessenpakket zet onderwijstechnologie in die geschikt is om een specifieke vakinhoud aan te brengen in het kader van een effectieve didactische aanpak.
  - Binnen het lessenpakket selecteren, ontwikkelen en/of verbeteren de leerlingen een gepaste technologie.
  - Het lessenpakket laat de leerlingen toe eigen ideeën en oplossingen in te brengen.
  - Het lessenpakket oefent de leerlingen in het communiceren over STEM-inhoud d.m.v. vaktermen en duidelijk en accuraat taalgebruik.
  - Het lessenpakket omvat werkvormen waarin de leerlingen al samenwerkend leren.
  - Het lessenpakket laat leerlingen kritisch reflecteren over de manier waarop ze bijleren en problemen oplossen.
- 

#### **Maatschappelijke relevantie**

- Binnen het lessenpakket zoeken de leerlingen oplossingen voor levensechte en actuele problemen.
  - Het lessenpakket maakt de leerlingen duidelijk wat de maatschappelijke relevantie van STEM is.
  - Het lessenpakket geeft de leerlingen inzicht in STEM-gerelateerde studiekeuzes en STEM-beroepen.
- 

#### **Ontwerp- en onderzoeksvaardigheden**

- Binnen het lessenpakket doorlopen de leerlingen het iteratief technisch proces (stellen van onderzoeksvragen, ontwerpen, uitvoeren, testen en evalueren).
  - Het lessenpakket behandelt het abstraheren van een probleem in de vorm van een concept of model.
  - Het lessenpakket bevat de randvoorwaarden waaraan het product van de leerlingen moet voldoen en deze randvoorwaarden worden besproken met de leerlingen.
  - Het lessenpakket is grondig voorbereid: het benodigde materiaal is voorzien (of eenvoudig verkrijgbaar) en de mogelijke onderzoeken zijn door de leerkracht op voorhand uitgevoerd.
- 

#### **Begeleiding**

- In het lessenpakket wordt rekening gehouden met de leerlingenkenmerken, voorkennis en leerstijlen van de leerlingen.
  - In het lessenpakket worden werkvormen gekozen met het oog op het realiseren van de leerdoelen en die werkvormen worden nauwkeurig beschreven.
  - Het lessenpakket beschrijft per stap die de leerlingen zullen doorlopen, de open en gesloten begeleiding die de leerlingen zullen krijgen.
  - Het lessenpakket voorziet voldoende, tussentijdse feedback op zowel het product als het proces.
  - Het lessenpakket voorziet in differentiërende activiteiten om aan tempoverschillen tussen de leerlingen tegemoet te komen.
-

### 1.3 SCREENING VAN LEERLINGENPROJECTEN IN EEN MILIEUCONTEXT

In deze sectie worden reeds bestaande voorbeelden van leerlingprojecten in een milieucontext voorgesteld en gescreend op vlak van de STEM-succescriteria weergegeven in Tabel 3. Daarbij zijn de volgende definities van 'milieucontext' en 'leerlingproject' van toepassing.

Het milieu of leefmilieu wordt in deze educatieve masterproef gedefinieerd als de abiotische en biotische factoren die bepalend zijn voor de groei en reproductie van organismen. Voorbeelden van abiotische factoren zijn de chemische samenstelling van oppervlaktewater en lucht, het bodemtype, het bodemvochtgehalte, de grondwatertafel, de temperatuur en de lichtintensiteit. Voorbeelden van biotische factoren zijn de hoeveelheid en verscheidenheid van andere organismen waarmee in interactie wordt gegaan (zoals predatoren, prooien, parasieten ...). Bij een leerlingproject in een milieucontext heeft de leerstof betrekking op het milieu en de wisselwerking tussen het milieu en organismen (zoals de mens). Die wisselwerking omvat zowel de impact van het milieu op organismen (of kenmerken van groepen organismen zoals biodiversiteit) als de impact van organismen op het milieu.

Een leerlingproject wordt in deze educatieve masterproef gedefinieerd als een leeractiviteit waarbij leerlingen vooropgestelde leerdoelen behalen door informatiebronnen over een onderwerp te verwerken en een product te ontwikkelen. Dat product kan diverse vormen aannemen, zoals een presentatie, een tekst, een video, ...

Voorbeelden van leerlingprojecten in een milieucontext in het Vlaamse secundair onderwijs werden verzameld. Tabel 4 geeft aan door middel van welke zoekopdracht die voorbeelden opgehaald werden.

Tabel 4 Eigenschappen van de zoekopdracht naar leerlingenprojecten in een milieucontext

Datum	12 februari 2022	20 februari 2022
<b>zoekopdracht</b>		
<b>Databank</b>	www.klascement.net	www.stematschool.be
<b>Zoekterm</b>	Project	/
<b>Filters</b>	Secundair 2 <sup>e</sup> graad Secundair 3 <sup>e</sup> graad aardrijkskunde (secundair) biologie (secundair) chemie (secundair) land- en tuinbouw (secundair) natuurwetenschappen (secundair)	/
<b>Aantal zoekresultaten</b>	91	9
<b>Aantal weerhouden zoekresultaten</b>	14	1

Van de 100 zoekresultaten werden er in totaal 15 weerhouden. De niet-weerhouden zoekresultaten werden geëlimineerd op basis van onvoldoende overeenstemming met de geformuleerde definitie van leerlingenprojecten in een milieucontext. Tabel 5 geeft een overzicht van de weerhouden zoekresultaten. Hieronder volgt een korte bespreking van het onderwerp, de doelgroep, de beschikbaarheid en de omvang van de weerhouden leerlingenprojecten.

- **Onderwerp:** de weerhouden leerlingenprojecten gaan over diverse onderwerpen. Het meest voorkomende onderwerp is klimaatverandering. Er zijn ook verschillende projecten waarbij geografische informatie zoals satellietbeelden wordt verzameld en geanalyseerd. Er werden geen leerlingenprojecten teruggevonden met een focus op biotoopstudie.
- **Doelgroep:** 5 projecten zijn uitsluitend op de 3<sup>e</sup> graad gericht. Voor het merendeel van de projecten wordt echter een brede groep leeftijden aangegeven. De projecten zijn bijna altijd geschikt voor Algemeen Secundair Onderwijs (ASO) en TSO. Iets meer dan de helft van de projecten is ook gericht op andere onderwijsvormen.
- **Beschikbaarheid:** iets meer dan de helft van de projecten is gratis online te verkrijgen.

- **Omvang:** er is vaak geen inschatting van het aantal uren voorzien, maar de projecten vragen doorgaans relatief veel uren. 5 projecten nemen ongeveer 5 tot 10 uren in beslag. Daarnaast zijn er 4 erg omvangrijke projecten met meer dan 100 pagina's ondersteunend leer materiaal.

Tabel 5 Korte beschrijving van de 15 weerhouden zoekresultaten gerelateerd aan leerlingenprojecten in een milieucontext.

Naam project (URL in hyperlink)	Doelgroep	Omschrijving (overgenomen van de pagina over het leerlingenproject op www.klascement.net)	Gratis verkrijgbaar?	Ondersteunend leermateriaal	Omvang leerlingenproject
1 <a href="#">Al Op School: KIKS</a>	3 <sup>e</sup> graad ASO, KSO en TSO	KIKS staat voor <i>Kunstmatige Intelligentie, Klimaatverandering en Stomata</i> , en is een STEM-project om leerlingen inzichten bij te brengen in de concepten van artificiële intelligentie binnen de context van biologie en klimaatverandering. Leerlingen leren ook programmeren in Python en er is aandacht voor ethiek.	JA	Leerlingencursus met 9 hoofdstukken (110 pagina's).	Geen informatie terug te vinden
2 <a href="#">Space Link</a>	3 <sup>e</sup> graad ASO, KSO en TSO	Space Link is een geïntegreerd STEM-project voor de derde graad secundair onderwijs. De leerlingen brengen stap voor stap een radioverbinding tot stand met een overvliegende NOAA-weersatelliet. Het resultaat is een livestream vanuit de ruimte met wolkenbeelden en temperatuurverdelingen. Zo kunnen extreme weersituaties zoals stormen en zware onweersbuien snel gedetecteerd worden. Het hele concept van een live satellietverbinding wordt in de praktijk uitgewerkt.	NEE Wel beschikbaar: Inleidende video Infobrochure	Materiaalkoffer, projectbundel, Python snelcursus, instructievideo's.	5 à 7 sessies van 2 lesuren
4 <a href="#">Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving</a>	3 <sup>e</sup> graad ASO, BSO, KSO en TSO	Dit STEM-pakket probeert het belang van tuinen aan te tonen. Het biedt een handleiding voor lesgevers om te werken rond ecosysteemdiensten van tuinen.	JA	5 modules met invulbladeren, leerkrachten-handleiding en leerlingencursus.	Ca. 10 lesuren
5 <a href="#">Run for forest</a>	Secundair onderwijs, BuSO OV4	Een vakoverschrijdend project met de SDG-doelstellingen als bindmiddel. Uitgangspunt is het planten van een boom. Hierbij stellen	NEE	Geen informatie terug te vinden	Geen informatie terug te vinden

			we één hamvraag: Wat is het vlindereffect van het planten van een boom in de Sahel?			
6	<a href="#">De recyclageschool</a>	1 <sup>e</sup> en 2 <sup>e</sup> graad ASO, BOS, KSO en TSO	Daag je leerlingen uit om rond maatschappelijke problemen te werken die te maken hebben met recyclage/milieu. De recyclageschool omvat enkele grote projecten zoals 'waterzuivering', 'bioplastics' en 'biogasreactor' (8-12 lessen) met ook enkele uitbreidende bundels. Daarnaast zijn er ook kleinere projecten (2-6 lessen) zoals bijvoorbeeld 'luchtverontreiniging' en 'recyclagematerialen'.	JA	Leerkrachten-handleidingen (waterzuivering: 33 pagina's; bioplastics: 53 pagina's)	Ca. 48 lessen
7	<a href="#">Simulatie van de Klimaatverandering</a>	3 <sup>e</sup> graad ASO en TSO	Dit project leert de leerlingen kijken naar de rol die wiskunde speelt in het onderzoek naar de klimaatverandering.	NEE Enkel de eerste twee delen van de eerste module zijn beschikbaar.	Leerlingencursus met 5 modules (155 pagina's, excl. oplossingen van de oefeningen)	Geen informatie terug te vinden
8	<a href="#">Waterzuivering (InnovationLab)</a>	2 <sup>e</sup> graad aso en tso	Laat jouw leerlingen de verschillende stappen in een waterzuiveringsproces ontdekken en bouw een kleine waterzuiveringsinstallatie.	NEE Wel beschikbaar: Website met informatie over verloop van het project	Geen informatie terug te vinden	Geen informatie terug te vinden
9	<a href="#">Zuid-Noord Klimaatspiegel</a>	2 <sup>e</sup> en 3 <sup>e</sup> graad TSO	Met het project de Zuid-Noord Klimaatspiegel worden leerlingen bewust van de gevolgen van de klimaatverandering in het Zuiden en hoe ons gedrag daar een invloed op heeft. Het klasproject is in de eerste plaats bedoeld voor leerlingen uit de tweede en derde graad TSO. Praktijkleerkrachten kunnen met de klas een concreet	JA	4 modules met leerkrachten-handleiding en werkblaadjes (resp. 32 pagina's en 34 pagina's)	Ca. 8 lessen

			project uitwerken rond klimaatvriendelijkheid binnen de eigen studierichting of binnen de klas. Misschien is overleg met leerkrachten algemene vakken (aardrijkskunde, natuurwetenschappen, godsdienst, zedenleer...) mogelijk om ook een theorieles aan het onderwerp te besteden als inleiding op het klasproject. Een klasproject kan ook perfect gekaderd worden binnen een GIP of een projectdag.			
10	<a href="#">Teledetectie en milieu (GeoMobiel)</a>	3 <sup>e</sup> graad ASO en TSO	Analyseer de groenvoorziening in de stad op basis van satellietbeelden.	JA	4 modules met theoretische uitleg en praktische opdrachten	Ca. 8 lesuren
11	<a href="#">PlanetWatch</a>	1e graad a-stroom 2e graad ASO	Hoe sensibiliseer je je leerlingen voor de kwaliteit van de lucht? PlanetWatch doet het via een wetenschappelijk experiment, met bio-indicatoren op bladeren van de es en esdoorn voor de aanwezigheid van vervuilende stoffen in hun leefmilieu.  Via deze E-learningmodule leer je meer over het determineren van bomen, veldwerk, opkweken van culturen van micro-organismen in het lab, online registreren van gegevens, en het technisch realiseren van een fonoscoop.	NEE  Wel beschikbaar: informatie over verloop van het project	Geen informatie terug te vinden	Geen informatie terug te vinden
12	<a href="#">AHA-project</a>	Lager onderwijs 5 <sup>e</sup> en 6 <sup>e</sup> leerjaar  Secundair onderwijs, BuSO OV4	De klimaatproblematiek laat de leerlingen bij ons op school duidelijk niet koud. Gedurende het hele schooljaar zullen ze via het <i>AHA-project</i> aan deze problematiek kunnen werken. Ze krijgen ook de kans om zelf ideeën en plannen	NEE  Wel beschikbaar: beschrijving van hoe de school die	Lessen, workshops, lezingen ... gedurende een	Geen informatie terug te vinden

			op poten te zetten.	dit project uitvoerde te werk ging	schooljaar	
13	<a href="#">Water4all: project waterbeheer</a>	Secundair onderwijs, BuSO OV4. Voornamelijk gericht op 1 <sup>e</sup> graad secundair onderwijs.	Water4all brengt een educatief pakket over integraal waterbeheer en duurzame ontwikkeling, in de provincie Vlaams-Brabant.  Bedoeling is dat leerlingen zowel binnen als buiten de school opdrachten uitvoeren. Meteen leren ze hierdoor de noodzaak én de complexiteit kennen van een duurzaam beheer van de waterlopen in hun buurt.	JA	3 modules met leerkrachtenhandl eiding (29 pagina's) en werkblaadjes.	Ca. 22 lesuren
14	<a href="#">Bio met klasse</a>	Secundair onderwijs	Bio met klasse (van Velt = Vereniging voor ecologische leven en tuinieren) biedt een gratis biolessenpakket aan voor het secundair onderwijs. De biologische landbouw en voeding komen sterk aan bod. Biolandbouw speelt een belangrijke rol binnen duurzame landbouw als oplossing voor de moeilijkheden van de huidige landbouw... Landbouw is duurzaam als ze voldoet aan economische, ecologische en sociale verwachtingen die de samenleving heeft, nu en in de toekomst.	JA	2 projecten met leerkrachtengids (6 en 10 pagina's) en leerlingen-werkbladen (20 en 16 pagina's).	8 lesuren en 1 tot 3 lesuren
15	<a href="#">Algen</a>	3 <sup>e</sup> graad ASO, TSO	Door onze consumptiemaatschappij en het steeds bewuster omgaan met grondstoffen, neemt de druk op alternatieve voedings- en/of brandstofbronnen toe. Algen kunnen hiervoor mogelijk een oplossing bieden. Daarenboven zuiveren algen het afvalwater, dus je kan twee vliegen in één klap vangen. Leerlingen zetten zelf een algenkweek op, monitoren de groei van de algen, oogsten ze nadien en maken ze nuttig voor een specifieke, zelfgekozen	JA	4 modules met leerkrachten-handleiding (122 pagina's)	Geen informatie terug te vinden



---

toepassing. Concepten die aan bod komen zijn pH,  
absorptie, turbiditeit, fotosynthese, logaritmen en  
exponentiële functies.

---

Van de 15 weerhouden leerlingenprojecten werden 5 leerlingenprojecten gescreend op basis van de succescriteria opgesomd in Tabel 3. De 10 andere projecten werden niet gescreend, omdat ze online niet of onvolledig beschikbaar waren of omdat ze vooral gericht waren op de 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> graad van het secundair onderwijs, terwijl deze educatieve masterproef zich concentreert op de 3<sup>e</sup> graad. Het project 'Teledetectie en milieu' werd niet gescreend, omdat het qua inhoud en uitwerking gelijkaardig is als 'Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving' en daarom werd aangenomen dat een screening geen nieuwe inzichten zou opleveren. De resultaten van de screening worden weergegeven in Tabel 6 t.e.m. Tabel 10.

Tabel 6 Screening van leerlingenproject 1 (Kunstmatige Intelligentie, Klimaatverandering, Stomata: KIKS) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3

Titel leerlingenproject	Kunstmatige Intelligentie, Klimaatverandering, Stomata: KIKS		
Auteurs en jaartal	(Ghesquière, et al., 2020)		
Succescriteria	Aanwezigheid in leerlingenproject		
	 Sterk aanwezig	 Matig aanwezig	 Afwezig
<b>Leerdoelen en leerstof</b>	<b>Toelichting</b>		
De leerdoelen van het lessenpakket worden duidelijk geformuleerd en gelinkt aan de eindtermen.	Bij het lessenpakket is een lijst met eindtermen te vinden die in het project aan bod komen.		
Het lessenpakket is interdisciplinair: de vier STEM-componenten wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde worden samen ingezet.	Wetenschap: de onderwerpen stomata en klimaatverandering worden diepgaand uitgewerkt. Techniek: de leerlingen leren o.a. over artificiële intelligentie (AI) en programmeren in Python. Ingenieursvaardigheden: de leerlingen passen zelf parameters van een neurale netwerk aan. Wiskunde: de leerlingen leren o.a. over tensoren en convoluties.		
Het lessenpakket behandelt een beperkte hoeveelheid leerstof, die door de leerlingen diepgaand wordt verwerkt.	Het lessenpakket gaat zeer diep in op enkele onderwerpen, zoals klimaatverandering, stomata, AI, machinaal leren en convoluties.		
Het lessenpakket bevat grondige vakinhoudelijke achtergrondinformatie voor de leerkracht.	Naast een uitgebreide leerlingencursus omvat het lessenpakket ook een leerkrachtenhandleiding met achtergrondinformatie.		
Binnen het lessenpakket evalueert de leerkracht samen met de leerlingen het product en leerproces aan de hand van vooraf opgestelde en gecommuniceerde evaluatiecriteria.	In het lessenpakket zijn geen aanwijzingen of hulpmiddelen voor evaluatie opgenomen.		
<b>21ste-eeuwse competenties</b>			
Het lessenpakket oefent de leerlingen in het interpreteren van informatie.	Het lessenpakket omvat een groot aantal oefeningen waarbij leerlingen grafieken en andere informatiebronnen moeten interpreteren.		
Het lessenpakket zet onderwijstechnologie in die geschikt is om een specifieke vakinhoud aan te brengen in het kader van een effectieve didactische aanpak.	De notebooks zijn zeer geschikt om met programmeren en beeldverwerking, machinaal leren en diepe neurale netwerken aan de slag te gaan. Ze laten ook een effectieve didactische aanpak toe (leren op eigen tempo, differentiatie, directe correctie).		
Binnen het lessenpakket selecteren, ontwikkelen en/of verbeteren de leerlingen een gepaste technologie.	De leerlingen werken in Python op notebooks en passen zelf parameters van een neurale netwerk aan. Ze selecteren of ontwikkelen niet zelf een technologie.		
Het lessenpakket laat de leerlingen toe eigen ideeën en oplossingen in te brengen.	De leerlingencursus bevat hoofdzakelijk vragen met één correct antwoord en opdrachten met een reeds vastgelegde methode en doel.		

Het lessenpakket oefent de leerlingen in het communiceren over STEM-inhouden d.m.v. vaktermen en duidelijk en accuraat taalgebruik.

Het lessenpakket omvat werkvormen waarin de leerlingen al samenwerkend leren.

Het lessenpakket laat leerlingen kritisch reflecteren over de manier waarop ze bijleren en problemen oplossen.

Het lessenpakket besteedt geen expliciete aandacht aan het oefenen van communicatie over STEM.

In het lessenpakket worden geen aanwijzingen voor samenwerkend leren gegeven.

Het lessenpakket focust op kennis van feiten, concepten en procedures. Er zijn geen opdrachten die op metacognitieve kennis inzetten.

---

### **Maatschappelijke relevantie**

Binnen het lessenpakket zoeken de leerlingen oplossingen voor levensechte en actuele problemen.

Het lessenpakket maakt de leerlingen duidelijk wat de maatschappelijke relevantie van STEM is.

Het lessenpakket geeft de leerlingen inzicht in STEM-gerelateerde studiekeuzes en STEM-beroepen.

De leerlingen moeten een oplossing zoeken voor een reëel probleem dat onderzoekers ondervinden (het tellen van stomata).

Wiskundige, biologische en technologische concepten worden ingezet om de impact van klimaatverandering te onderzoeken.

De leerlingen krijgen inzicht in hoe wetenschappers een onderzoek uitvoeren. Er komen geen andere beroepen aan bod.

---

### **Ontwerp- en onderzoeksvaardigheden**

Binnen het lessenpakket doorlopen de leerlingen het iteratief technisch proces (stellen van onderzoeksvragen, ontwerpen, uitvoeren, testen en evalueren).

Het lessenpakket behandelt het abstraheren van een probleem in de vorm van een concept of model.

Het lessenpakket bevat de randvoorwaarden waaraan het product van de leerlingen moet voldoen en deze randvoorwaarden worden besproken met de leerlingen.

Het lessenpakket is grondig voorbereid: het benodigde materiaal is voorzien (of eenvoudig verkrijgbaar) en de mogelijke onderzoeken zijn door de leerkracht uitgevoerd.

Het leerlingepakket bevat geen expliciete opdrachten om onderzoeksvragen te stellen, ontwerpen te maken, te testen en te evalueren.

Het leerlingepakket bevat vele wiskundige representaties van problemen, zoals puntenwolken en matrices.

De leerlingen werken aan duidelijk omliggende vragen, eerder dan aan een product met meer vrijheidsgraden, dat door randvoorwaarden wordt afgebakend.

Er worden notebooks aangeboden die gecreëerd zijn in een opensourcwebapplicatie en via een webbrowser toegankelijk zijn. Er moet geen extra software geïnstalleerd worden. Voor de laboproef is al het materiaal eenvoudig verkrijgbaar. De proeven zijn grondig uitgeschreven.

---

### **Begeleiding**

In het lessenpakket wordt rekening gehouden met de leerlingenkenmerken, voorkennis en leerstijlen van de leerlingen.

In het lessenpakket worden werkvormen gekozen met het oog op het realiseren van de leerdoelen en die werkvormen worden nauwkeurig beschreven.

Het lessenpakket beschrijft per stap die de leerlingen zullen doorlopen, de open en

De voorkennis waarover leerlingen dienen te beschikken wordt niet omschreven. Het pakket is modulair opgebouwd en laat leerlingen toe het zelfstandig door te nemen.

Het lessenpakket omvat geen beschrijving van werkvormen.

Het lessenpakket omvat geen aanwijzingen voor begeleiding

gesloten begeleiding die de leerlingen zullen krijgen.







Het lessenpakket voorziet voldoende, tussentijdse feedback op zowel het product als het proces.

Het lessenpakket voorziet in differentiërende activiteiten om aan tempoverschillen tussen de leerlingen tegemoet te komen.

Leerlingen zien in de notebooks of hun antwoord correct is door te vergelijken met het doel van de opdracht, maar krijgen niet automatisch feedback op hun antwoorden. Er is ook geen procesfeedback voorzien.

Het lessenpakket is modulair opgebouwd en omvat tal van opdrachten die kunnen worden weggelaten of toegevoegd, afhankelijk van het tempo van de leerlingen.

Tabel 7 Screening van leerlingenproject 2 (Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3.

Titel leerlingenproject	Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving
Auteurs en jaartal	(De Geest, et al., 2020)
Succescriteria	Aanwezigheid in leerlingenproject
	
Leerdoelen en leerstof	Toelichting
De leerdoelen van het lessenpakket worden duidelijk geformuleerd en gelinkt aan de eindtermen.	 Aan het begin van elke module worden de leerdoelen opgesomd. Enkel bij module 3B van het lessenpakket is een lijst met eindtermen te vinden die in het project aan bod komen.
Het lessenpakket is interdisciplinair: de vier STEM-componenten wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde worden samen ingezet.	 Wetenschap: de onderwerpen ecosysteemdiensten, waterhuishouding en hitteregulatie worden diepgaand uitgewerkt. Techniek: de leerlingen werken in Google Earth of QGIS. Ingenieursvaardigheden: de leerlingen doen zelf voorstellen om een tuin anders in te richten. Wiskunde: de leerlingen berekenen tuinscores in Excel en infiltratiepercentages. Het lessenpakket gaat zeer diep in op het onderwerp ecosysteemdiensten.
Het lessenpakket behandelt een beperkte hoeveelheid leerstof, die door de leerlingen diepgaand wordt verwerkt.	
Het lessenpakket bevat grondige vakinhoudelijke achtergrondinformatie voor de leerkracht.	 Naast invulbladen voor leerlingen omvat het lessenpakket ook een leerkrachtenhandleiding met inhoudelijke en didactische uitwerking.
Binnen het lessenpakket evalueert de leerkracht samen met de leerlingen het product en leerproces aan de hand van vooraf opgestelde en gecommuniceerde evaluatiecriteria.	 In het lessenpakket zijn geen aanwijzingen of hulpmiddelen voor evaluatie opgenomen.
21ste-eeuwse competenties	
Het lessenpakket oefent de leerlingen in het interpreteren van informatie.	 Het lessenpakket omvat oefeningen waarbij leerlingen krantenartikels, kaarten en andere informatiebronnen moeten interpreteren.

Het lessenpakket zet onderwijstechnologie in die geschikt is om een specifieke vakinhoud aan te brengen in het kader van een effectieve didactische aanpak.

Binnen het lessenpakket selecteren, ontwikkelen en/of verbeteren de leerlingen een gepaste technologie.

Het lessenpakket laat de leerlingen toe eigen ideeën en oplossingen in te brengen.

Het lessenpakket oefent de leerlingen in het communiceren over STEM-inhouden d.m.v. vaktermen en duidelijk en accuraat taalgebruik.

Het lessenpakket omvat werkvormen waarin de leerlingen al samenwerkend leren.

Het lessenpakket laat leerlingen kritisch reflecteren over de manier waarop ze bijleren en problemen oplossen.

Google Earth en QGIS zijn zeer geschikt om te leren over ecosysteemdiensten, die ruimtelijke diensten zijn. Het aanreiken van een toegankelijke tool (Google Earth) en gespecialiseerde software (QGIS) laat een effectieve didactische aanpak toe (differentiatie). De leerlingen leren Google Earth en QGIS te gebruiken, maar niet om technologie te selecteren, ontwikkelen of verbeteren.

De leerlingencursus bevat hoofdzakelijk vragen met één correct antwoord en opdrachten met een reeds vastgelegde methode en doel. In de laatste opdracht krijgen de leerlingen meer vrijheid en ontwerpen ze zelf een tuin.

Het lessenpakket bevat verschillende opdrachten waarin leerlingen STEM-inhouden moeten uitleggen of presenteren. Het pakket geeft de leerlingen geen aanwijzingen of succescriteria voor doeltreffende communicatie over STEM.

Het lessenpakket bevat verschillende opdrachten waarin leerlingen samenwerken aan opdrachten.

Het lessenpakket focust op kennis van feiten, concepten en procedures. Er zijn geen opdrachten die op metacognitieve kennis inzetten.

---

### **Maatschappelijke relevantie**

Binnen het lessenpakket zoeken de leerlingen oplossingen voor levensechte en actuele problemen.

Het lessenpakket maakt de leerlingen duidelijk wat de maatschappelijke relevantie van STEM is.

Het lessenpakket geeft de leerlingen inzicht in STEM-gerelateerde studiekeuzes en STEM-beroepen.

In het STEM-pakket doen de leerlingen voorstellen om tuinen te verbeteren in functie van het leveren van ecosysteemdiensten. Ze kunnen met hun bevindingen bovendien bijdragen aan een burgerwetenschapproject. Het belang van ecosysteemdiensten wordt toegelicht en de leerlingen ondervinden hoe ze met behulp van STEM-disciplines ecosysteemdiensten in kaart brengen en verbeteren.

De leerlingen krijgen inzicht in hoe wetenschappers een onderzoek uitvoeren door zelf aan wetenschappelijk onderzoek bij te dragen. Er komen geen andere beroepen aan bod.

---

### **Ontwerp- en onderzoeksvaardigheden**

Binnen het lessenpakket doorlopen de leerlingen het iteratief technisch proces (stellen van onderzoeksvragen, ontwerpen, uitvoeren, testen en evalueren).

Het lessenpakket behandelt het abstraheren van een probleem in de vorm van een concept of model.

Het lessenpakket bevat de randvoorwaarden waaraan het product van de leerlingen moet voldoen en deze randvoorwaarden worden besproken met de leerlingen.

Het lessenpakket is grondig voorbereid: het benodigde materiaal is voorzien (of eenvoudig verkrijgbaar) en de mogelijke onderzoeken zijn door de leerkracht

De leerlingen stellen zelf geen onderzoeksvragen op. De leerlingen ontwerpen een tuin die ze vervolgens evalueren. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de ontwerp-, maak- en testfase.

Ecosysteemdiensten en waterhuishouding worden d.m.v. wiskundige formules voorgesteld.

De leerlingen berekenen eerst de tuinscore van een bestaande tuin. Daardoor zijn de randvoorwaarden voor hun product (een zelf ontworpen tuin) duidelijk.

Al het leerlingen- en leerkrachtenmateriaal wordt voorzien. Zowel QGIS als Google Earth zijn gratis beschikbaar. Voor de experimenten is al het materiaal eenvoudig verkrijgbaar. De proeven zijn grondig uitgeschreven.

uitgevoerd.

### **Begeleiding**

In het lessenpakket wordt rekening gehouden met de leerlingenkenmerken, voorkennis en leerstijlen van de leerlingen.

In het lessenpakket worden werkvormen gekozen met het oog op het realiseren van de leerdoelen en die werkvormen worden nauwkeurig beschreven.

Het lessenpakket beschrijft per stap die de leerlingen zullen doorlopen, de open en gesloten begeleiding die de leerlingen zullen krijgen.

Het lessenpakket voorziet voldoende, tussentijdse feedback op zowel het product als het proces.

Het lessenpakket voorziet in differentiërende activiteiten om aan tempoverschillen tussen de leerlingen tegemoet te komen.

De voorkennis waarover leerlingen dienen te beschikken wordt niet omschreven. Het pakket is modulair opgebouwd en laat leerlingen toe het zelfstandig door te nemen.

Het lessenpakket omvat per module een onderdeel 'Didactische uitwerking les' met aanwijzingen voor enkele werkvormen. Er wordt geen gestructureerde opeenvolging van nauwkeurig omschreven werkvormen gegeven.

In de didactische uitwerking worden vragen voorgesteld die de leerkracht kan stellen. Het lessenpakket omvat verder geen aanwijzingen voor begeleiding.

Het lessenpakket omvat geen aanwijzingen voor feedback op product- of procesniveau.

Het lessenpakket is modulair opgebouwd en laat de mogelijkheid om inhoud toe te voegen of weg te laten, afhankelijk van het tempo van de leerlingen. Snellere leerlingen kunnen in QGIS werken in plaats van in Google Earth.

Tabel 8 Screening van leerlingenproject 3 (Zuid-Noord Klimaatspiegel) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3.

### **Titel leerlingenproject**

Zuid-Noord Klimaatspiegel

### **Auteurs en jaartal**

(Lambrechts & Van den Abeele, n.d.)

### **Succescriteria**

### **Aanwezigheid in leerlingenproject**

Sterk aanwezig

Matig aanwezig

Afwezig

### **Leerdoelen en leerstof**

### **Toelichting**

De leerdoelen van het lessenpakket worden duidelijk geformuleerd en gelinkt aan de eindtermen.

Het lessenpakket is interdisciplinair: de vier STEM-componenten wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde worden samen ingezet.

Het lessenpakket behandelt een beperkte hoeveelheid leerstof, die door de leerlingen diepgaand wordt verwerkt.

Er wordt een lijst gegeven van de vakoverschrijdende eindtermen waaraan gewerkt wordt. Aan het begin van elke module worden de leerdoelen opgesomd. Er is geen lijst met vakgebonden eindtermen opgenomen.

Wetenschap: het onderwerp klimaatverandering wordt uitgewerkt. Techniek: het lessenpakket doet geen beroep op techniek. Ingenieursvaardigheden: het lessenpakket omvat geen opdrachten m.b.t. ingenieursvaardigheden. Wiskunde: het lessenpakket omvat naast twee opdrachten met grafieken geen wiskunde.

Het lessenpakket concentreert zich op het onderwerp klimaatverandering.

Het lessenpakket bevat grondige vakinhoudelijke achtergrondinformatie voor de leerkracht.

Binnen het lessenpakket evalueert de leerkracht samen met de leerlingen het product en leerproces aan de hand van vooraf opgestelde en gecommuniceerde evaluatiecriteria.

Het lessenpakket omvat een leerkrachtenhandleiding met inhoudelijke en didactische uitwerking.

In het lessenpakket zijn geen aanwijzingen of hulpmiddelen voor evaluatie opgenomen.

---

### **21ste-eeuwse competenties**

Het lessenpakket oefent de leerlingen in het interpreteren van informatie.

Het lessenpakket zet onderwijstechnologie in die geschikt is om een specifieke vakinhoud aan te brengen in het kader van een effectieve didactische aanpak.

Binnen het lessenpakket selecteren, ontwikkelen en/of verbeteren de leerlingen een gepaste technologie.

Het lessenpakket laat de leerlingen toe eigen ideeën en oplossingen in te brengen.

Het lessenpakket oefent de leerlingen in het communiceren over STEM-inhouden d.m.v. vaktermen en duidelijk en accuraat taalgebruik.

Het lessenpakket omvat werkvormen waarin de leerlingen al samenwerkend leren.

Het lessenpakket laat leerlingen kritisch reflecteren over de manier waarop ze bijleren en problemen oplossen.

Het lessenpakket omvat oefeningen waarbij leerlingen krantenartikels, grafieken en andere informatiebronnen moeten interpreteren.

Het lessenpakket zet enkel analoge onderwijstechnologie in, zoals bord, werkblaadjes, kaartjes ... Deze technologie is niet specifiek geschikt om de vakinhoud (klimaatverandering) en de didactische aanpak (groepsdiscussies) te ondersteunen. Het lessenpakket doet geen beroep op technologie, afgezien van een online spel.

Het lessenpakket bevat diverse brainstorm- en discussieopdrachten waarin leerlingen hun mening over oorzaken, gevolgen en oplossingen voor klimaatverandering moeten geven. Het lessenpakket bevat verschillende opdrachten waarin leerlingen over wetenschappelijke inhouden een mening moeten formuleren. Het pakket geeft de leerlingen geen aanwijzingen of succescriteria voor doeltreffende communicatie over STEM.

Het lessenpakket bevat verschillende opdrachten waarin leerlingen samenwerken aan opdrachten. Het lessenpakket focust op kennis van feiten en concepten en op attitudes. Er zijn geen opdrachten die op metacognitieve kennis inzetten.

---

### **Maatschappelijke relevantie**

Binnen het lessenpakket zoeken de leerlingen oplossingen voor levensechte en actuele problemen.

Het lessenpakket maakt de leerlingen duidelijk wat de maatschappelijke relevantie van STEM is.

Het lessenpakket geeft de leerlingen inzicht in STEM-gerelateerde studiekeuzes en STEM-beroepen.

Het lessenpakket maakt de leerlingen bewust van de mondiale gevolgen van klimaatverandering en vraagt hen om oplossingen te bedenken.

Wiskunde, techniek en ingenieursvaardigheden komen niet aan bod in het lessenpakket.

STEM-gerelateerde beroepen komen niet aan bod.

---

### **Ontwerp- en onderzoeksvaardigheden**

Binnen het lessenpakket doorlopen de leerlingen het iteratief technisch proces (stellen van onderzoeksvragen, ontwerpen, uitvoeren, testen en evalueren).

Het leerlingenpakket bevat geen expliciete opdrachten om onderzoeksvragen te stellen, ontwerpen te maken, te testen en te evalueren.



Het lessenpakket behandelt het abstraheren van een probleem in de vorm van een concept of model.

Het lessenpakket bevat de randvoorwaarden waaraan het product van de leerlingen moet voldoen en deze randvoorwaarden worden besproken met de leerlingen.

Het lessenpakket is grondig voorbereid: het benodigde materiaal is voorzien (of eenvoudig verkrijgbaar) en de mogelijke onderzoeken zijn door de leerkracht uitgevoerd.

Het broeikaseffect en de zeespiegelstijging worden d.m.v. eenvoudige experimenten concreet (metaforisch) voorgesteld. Er wordt geen abstractie van gemaakt.

De leerlingen werken aan duidelijk omliggende vragen, eerder dan aan een product met meer vrijheidsgraden, dat door randvoorwaarden wordt afgebakend.

Al het leerlingen- en leerkrachtenmateriaal wordt voorzien. Voor de experimenten is al het materiaal eenvoudig verkrijgbaar.

---

### **Begeleiding**

In het lessenpakket wordt rekening gehouden met de leerlingenkenmerken, voorkennis en leerstijlen van de leerlingen.

In het lessenpakket worden werkvormen gekozen met het oog op het realiseren van de leerdoelen en die werkvormen worden nauwkeurig beschreven.

Het lessenpakket beschrijft per stap die de leerlingen zullen doorlopen, de open en gesloten begeleiding die de leerlingen zullen krijgen.

Het lessenpakket voorziet voldoende, tussentijdse feedback op zowel het product als het proces.

Het lessenpakket voorziet in differentiërende activiteiten om aan tempoverschillen tussen de leerlingen tegemoet te komen.

De voorkennis waarover leerlingen dienen te beschikken wordt niet omschreven. Het pakket richt zich op leerlingen met een beperkte wetenschappelijke vorming door te vertrekken vanuit de eigen leefwereld en actualiteit en laagdrempelige vragen en activiteiten.

Het lessenpakket is opgebouwd uit een gestructureerde opeenvolging van nauwkeurig omschreven werkvormen.












In de didactische uitwerking worden vragen voorgesteld die de leerkracht kan stellen. Het lessenpakket omvat verder geen aanwijzingen voor begeleiding.

Het lessenpakket omvat geen aanwijzingen voor feedback op product- of procesniveau.

Het lessenpakket omvat per activiteit een aanduiding van de moeilijkheidsgraad en het introducerende of verdiepende karakter. Er zijn geen opdrachten opgenomen die de leerlingen zelfstandig kunnen uitvoeren.

---

Tabel 9 Screening van leerlingenproject 4 (Bio met Klasse) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3.

Titel leerlingenproject	Bio met Klasse		
Auteurs en jaartal	(Remans, 2006)		
Succescriteria	Aanwezigheid in leerlingenproject		
	 Sterk aanwezig	 Matig aanwezig	 Afwezig
<i>Leerdoelen en leerstof</i>	Toelichting		
De leerdoelen van het lessenpakket worden duidelijk geformuleerd en gelinkt aan de eindtermen.	 Er wordt een lijst gegeven van de vakoverschrijdende eindtermen waaraan gewerkt wordt. Aan het begin van elke les worden de leerdoelen opgesomd. Er is geen lijst met vakgebonden eindtermen opgenomen.		
Het lessenpakket is interdisciplinair: de vier STEM-componenten wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde worden samen ingezet.	 Wetenschap: de onderwerpen biologische landbouw, dierenwelzijn, yoghurt en pH worden uitgewerkt. Techniek: het lessenpakket omvat geen opdrachten waarbij techniek wordt gebruikt of ontwikkeld. Ingenieursvaardigheden: het lessenpakket omvat geen opdrachten m.b.t. ingenieursvaardigheden. Wiskunde: het lessenpakket omvat geen wiskunde.		
Het lessenpakket behandelt een beperkte hoeveelheid leerstof, die door de leerlingen diepgaand wordt verwerkt.	 Het lessenpakket gaat diep in op het onderwerp bio-landbouw, maar de STEM-inhouden die aan dat thema verbonden zijn, worden niet diepgaand uitgewerkt.		
Het lessenpakket bevat grondige vakinhoudelijke achtergrondinformatie voor de leerkracht.	 Het lessenpakket omvat een leerkrachtenhandleiding met inhoudelijke en didactische uitwerking.		
Binnen het lessenpakket evalueert de leerkracht samen met de leerlingen het product en leerproces aan de hand van vooraf opgestelde en gecommuniceerde evaluatiecriteria.	 In het lessenpakket zijn geen aanwijzingen of hulpmiddelen voor evaluatie opgenomen.		
<i>21ste-eeuwse competenties</i>			
Het lessenpakket oefent de leerlingen in het interpreteren van informatie.	 Het lessenpakket omvat geen oefeningen waarbij leerlingen krantenartikels, grafieken en andere informatiebronnen moeten interpreteren.		
Het lessenpakket zet onderwijstechnologie in die geschikt is om een specifieke vakinhoud aan te brengen in het kader van een effectieve didactische aanpak.	 Het lessenpakket zet enkel traditionele onderwijstechnologie in, zoals PowerPoint, werkblaadjes, kaartjes ... Deze technologie is niet specifiek geschikt om de vakinhoud en de didactische aanpak (discussies, groepswork) te ondersteunen.		
Binnen het lessenpakket selecteren, ontwikkelen en/of verbeteren de leerlingen een gepaste technologie.	 Het lessenpakket omvat geen opdrachten waarbij technologie wordt gebruikt of ontwikkeld.		
Het lessenpakket laat de leerlingen toe eigen ideeën en oplossingen in te brengen.	 Het lessenpakket bevat diverse stellingen- en discussieopdrachten waarin leerlingen hun mening geven over duurzame landbouw en dierenwelzijn.		
Het lessenpakket oefent de leerlingen in het communiceren over STEM-inhouden	 Het lessenpakket bevat verschillende opdrachten waarin leerlingen over wetenschappelijke inhouden een mening moeten formuleren. Het pakket geeft de leerlingen geen		

d.m.v. vaktermen en duidelijk en accuraat taalgebruik.

Het lessenpakket omvat werkvormen waarin de leerlingen al samenwerkend leren.

Het lessenpakket laat leerlingen kritisch reflecteren over de manier waarop ze bijleren en problemen oplossen.

aanwijzingen of succescriteria voor doeltreffende communicatie over STEM.

Het lessenpakket bevat verschillende opdrachten waarin leerlingen samenwerken aan opdrachten.

Het lessenpakket focust op kennis van feiten en concepten en op attitudes. Er zijn geen opdrachten die op metacognitieve kennis inzetten.

---

### **Maatschappelijke relevantie**

Binnen het lessenpakket zoeken de leerlingen oplossingen voor levensechte en actuele problemen.

Het lessenpakket maakt de leerlingen duidelijk wat de maatschappelijke relevantie van STEM is.

Het lessenpakket geeft de leerlingen inzicht in STEM-gerelateerde studiekeuzes en STEM-beroepen.

Het lessenpakket maakt de leerlingen vooral bewust van de problemen van de voedselproductie. De opdrachten waarin de leerlingen zelf oplossingen moeten zoeken zijn eerder beperkt.

Wiskunde, techniek en ingenieursvaardigheden komen niet aan bod in het lessenpakket.

STEM-gerelateerde beroepen komen niet aan bod.

---

### **Ontwerp- en onderzoeksvaardigheden**

Binnen het lessenpakket doorlopen de leerlingen het iteratief technisch proces (stellen van onderzoeksvragen, ontwerpen, uitvoeren, testen en evalueren).

Het lessenpakket behandelt het abstraheren van een probleem in de vorm van een concept of model.

Het lessenpakket bevat de randvoorwaarden waaraan het product van de leerlingen moet voldoen en deze randvoorwaarden worden besproken met de leerlingen.

Het lessenpakket is grondig voorbereid: het benodigde materiaal is voorzien (of eenvoudig verkrijgbaar) en de mogelijke onderzoeken zijn door de leerkracht uitgevoerd.

Het leerlingenpakket bevat geen expliciete opdrachten om onderzoeksvragen te stellen, ontwerpen te maken, te testen en te evalueren.

Het lessenpakket maakt geen abstracte voorstellingen van problemen.

De leerlingen werken aan duidelijk omliggende vragen, eerder dan aan een product met meer vrijheidsgraden, dat door randvoorwaarden wordt afgebakend.

Al het leerlingen- en leerkrachtenmateriaal wordt voorzien. Voor de experimenten is al het materiaal eenvoudig verkrijgbaar.

---

### **Begeleiding**

In het lessenpakket wordt rekening gehouden met de leerlingenkenmerken, voorkennis en leerstijlen van de leerlingen.

In het lessenpakket worden werkvormen gekozen met het oog op het realiseren van de leerdoelen en die werkvormen worden nauwkeurig beschreven.

Het lessenpakket beschrijft per stap die de leerlingen zullen doorlopen, de open en

De voorkennis waarover leerlingen dienen te beschikken wordt niet omschreven. Het pakket houdt geen rekening met leerkenmerken en leerstijlen.

Het lessenpakket is opgebouwd uit een gestructureerde opeenvolging van nauwkeurig omschreven werkvormen.

In de didactische uitwerking worden vragen voorgesteld die de leerkracht kan stellen. Het lessenpakket omvat verder geen aanwijzingen voor begeleiding.

gesloten begeleiding die de leerlingen zullen krijgen.

Het lessenpakket voorziet voldoende, tussentijdse feedback op zowel het product als het proces.

Het lessenpakket voorziet in differentiërende activiteiten om aan tempoverschillen tussen de leerlingen tegemoet te komen.



Het lessenpakket omvat geen aanwijzingen voor feedback op product- of procesniveau.

Het lessenpakket omvat geen oefeningen met verschillende moeilijkheidsgraden. Er zijn geen opdrachten opgenomen die de leerlingen zelfstandig kunnen uitvoeren.

Tabel 10 Screening van leerlingenproject 5 (Algen) op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3.

<b>Titel leerlingenproject</b>	Algen
<b>Auteurs en jaartal</b>	(Stem @ School, 2018)
<b>Succescriteria</b>	<b>Aanwezigheid in leerlingenproject</b>
<b>Leerdoelen en leerstof</b>	<b>Toelichting</b>
De leerdoelen van het lessenpakket worden duidelijk geformuleerd en gelinkt aan de eindtermen.	Er wordt een summiere opsomming gegeven van de leerinhouden die aan bod komen, maar er worden geen eindtermen of leerdoelen vermeld.
Het lessenpakket is interdisciplinair: de vier STEM-componenten wetenschappen, techniek, ingenieursvaardigheden en wiskunde worden samen ingezet.	Wetenschap: verschillende concepten uit biologie (vetzuren, celdeling, fotosynthese ...) en chemie (pH, dissociëren van zouten, verdunningen ...) komen aan bod. Techniek: de leerlingen programmeren en bouwen schakelingen en een spectrofotometer. Ingenieursvaardigheden: de leerlingen optimaliseren de groeiomstandigheden van algen. Wiskunde: het lessenpakket behandelt exponentiële, logaritmische en logistische functies.
Het lessenpakket behandelt een beperkte hoeveelheid leerstof, die door de leerlingen diepgaand wordt verwerkt.	Het lessenpakket behandelt een groot aantal gevorderde wetenschappelijke onderwerpen relatief grondig.
Het lessenpakket bevat grondige vakinhoudelijke achtergrondinformatie voor de leerkracht.	Het lessenpakket bestaat uit uitgebreide handleidingen.
Binnen het lessenpakket evalueert de leerkracht samen met de leerlingen het product en leerproces aan de hand van vooraf opgestelde en gecommuniceerde evaluatiecriteria.	In het lessenpakket zijn geen aanwijzingen of hulpmiddelen voor evaluatie opgenomen.
<b>21ste-eeuwse competenties</b>	
Het lessenpakket oefent de leerlingen in het interpreteren van informatie.	Het lessenpakket omvat geen oefeningen waarbij leerlingen krantenartikels, grafieken of

Het lessenpakket zet onderwijstechnologie in die geschikt is om een specifieke vakinhoud aan te brengen in het kader van een effectieve didactische aanpak.

Binnen het lessenpakket selecteren, ontwikkelen en/of verbeteren de leerlingen een gepaste technologie.

Het lessenpakket laat de leerlingen toe eigen ideeën en oplossingen in te brengen.

Het lessenpakket oefent de leerlingen in het communiceren over STEM-inhoud en d.m.v. vaktermen en duidelijk en accuraat taalgebruik.

Het lessenpakket omvat werkvormen waarin de leerlingen al samenwerkend leren.

Het lessenpakket laat leerlingen kritisch reflecteren over de manier waarop ze bijleren en problemen oplossen.

andere informatiebronnen moeten interpreteren.

Het lessenpakket maakt gebruik van Arduino's om leerlingen te laten programmeren en GeoGebra voor grafieken. Deze technologie is specifiek geschikt om vakinhouden (groeicondities en -snelheid) en didactische aanpak (onderzoeksproject) te ondersteunen. De leerlingen leren niet om technologie te selecteren, ontwikkelen of verbeteren.

Het lessenpakket bestaat uit enkele cursussen met duidelijk omschreven opdrachten, maar bevat ook een beknopte handleiding voor een onderzoeksproject dat meer ruimte laat aan de leerlingen.

Het lessenpakket besteedt geen expliciete aandacht aan het oefenen van communicatie over STEM.

Het lessenpakket bevat verschillende opdrachten waarin leerlingen samenwerken aan opdrachten.

Het lessenpakket focust op kennis van feiten en concepten en op attitudes. Er zijn geen opdrachten die op metacognitieve kennis inzetten.

---

### **Maatschappelijke relevantie**

Binnen het lessenpakket zoeken de leerlingen oplossingen voor levensechte en actuele problemen.

Het lessenpakket maakt de leerlingen duidelijk wat de maatschappelijke relevantie van STEM is.

Het lessenpakket geeft de leerlingen inzicht in STEM-gerelateerde studiekeuzes en STEM-beroepen.

De leerlingen kweken algen als oplossing voor schaarse en vervuilende grondstoffen.

De leerlingen passen de STEM-disciplines toe om de algen te kweken.

STEM-gerelateerde beroepen komen niet aan bod.

---

### **Ontwerp- en onderzoeksvaardigheden**

Binnen het lessenpakket doorlopen de leerlingen het iteratief technisch proces (stellen van onderzoeksvragen, ontwerpen, uitvoeren, testen en evalueren).

Het lessenpakket behandelt het abstraheren van een probleem in de vorm van een concept of model.

Het lessenpakket bevat de randvoorwaarden waaraan het product van de leerlingen moet voldoen en deze randvoorwaarden worden besproken met de leerlingen.

Het lessenpakket is grondig voorbereid: het benodigde materiaal is voorzien (of eenvoudig verkrijgbaar) en de mogelijke onderzoeken zijn door de leerkracht

Het lessenpakket bestaat uit enkele cursussen met duidelijk omschreven opdrachten, maar bevat ook een beknopte handleiding voor een onderzoeksproject. In de handleiding wordt de opdracht voor het onderzoeksproject in grote lijnen uitgewerkt.

De groei van algen, de wet van Lambert-Beer, schakelingen en andere concepten worden door abstracte representaties voorgesteld.

Het lessenpakket bestaat uit enkele cursussen met duidelijk omschreven opdrachten, maar bevat ook een beknopte handleiding voor een onderzoeksproject waarin de leerlingen aan een product werken. De randvoorwaarden daarvan worden summier opgesomd.

Het lessenpakket omvat een materiaallijst voor de algenkweek, spectrofotometer en experimenten. Het gaat om relatief duur materiaal dat aangekocht dient te worden. De proeven zijn grondig uitgeschreven.

uitgevoerd.

---

**Begeleiding**

In het lessenpakket wordt rekening gehouden met de leerlingenkenmerken, voorkennis en leerstijlen van de leerlingen.

De voorkennis waarover leerlingen dienen te beschikken wordt zeer summier omschreven. Het pakket is modulair opgebouwd en laat leerlingen toe het zelfstandig door te nemen.

In het lessenpakket worden werkvormen gekozen met het oog op het realiseren van de leerdoelen en die werkvormen worden nauwkeurig beschreven.

Het lessenpakket omvat geen beschrijving van werkvormen.

Het lessenpakket beschrijft per stap die de leerlingen zullen doorlopen, de open en gesloten begeleiding die de leerlingen zullen krijgen.

In de modules worden hier en daar aanwijzingen gegeven over welke onderwerpen moeilijk zijn voor de leerlingen en hoe de leerkracht hen kan begeleiden.

Het lessenpakket voorziet voldoende, tussentijdse feedback op zowel het product als het proces.

Het lessenpakket omvat geen aanwijzingen voor feedback op product- of procesniveau.

Het lessenpakket voorziet in differentiërende activiteiten om aan tempoverschillen tussen de leerlingen tegemoet te komen.

Het lessenpakket is modulair opgebouwd en omvat onderdelen met een verdiepend karakter die de leerlingen zelfstandig kunnen doorlopen.

---

## 1.4 BESPREKING VAN DE GESCREENDE LEERLINGENPROJECTEN

De lessenpakketten die gescoord werden in Tabel 6 t.e.m. Tabel 10 kunnen op basis van hun scores op de succescriteria (Tabel 3) ingedeeld worden in twee groepen.

De eerste groep bevat 'KIKS', 'Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving' en 'Algen'. Deze leerlingpakketten zijn ontwikkeld door universiteiten en worden door de auteurs zelf onder de noemer van STEM geplaatst. Centraal in de pakketten staat de integratie van de vier STEM-disciplines om een maatschappelijk probleem op te lossen. Daarbij wordt een beperkt aantal onderwerpen diepgaand en tot een hoog abstractieniveau uitgewerkt. Bijgevolg zijn de projecten ook relatief omvangrijk: 'Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving' vraagt ca. 10 lessen; voor 'KIKS' en 'Algen' wordt geen inschatting van lessen gegeven, maar hier bestaat het ondersteunend leer materiaal uit meer dan 100 pagina's. De leerkracht krijgt de keuze uit een aantal modules, die de leerlingen ook zelfstandig kunnen doorlopen. De focus ligt (al dan niet expliciet) op het realiseren van vakgebonden eindtermen. De pakketten van de eerste groep zetten daarnaast sterk in op mediawijsheid door leerlingen grafieken en andere informatiebronnen te laten interpreteren, hen te leren programmeren of andere software te leren gebruiken. Er is beperkte aandacht voor werkvormen die de leerkracht kan inzetten, m.a.w. de leerinhouden primeren.

De tweede groep bevat 'Zuid-Noord Klimaatspiegel' en 'Bio met Klasse'. Deze leerlingpakketten zijn ontwikkeld door non-profitorganisaties en worden door de auteurs zelf niet onder de noemer van STEM geplaatst. Enkel de pijler 'wetenschap' is aanwezig in deze pakketten en die wordt bovendien veel minder diepgaand en abstract uitgewerkt dan in de projecten uit de eerste groep. De pakketten zijn over het algemeen ook minder omvangrijk (ca. 8 lessen). Het centrale doel is de leerlingen bewust te maken van maatschappelijke problemen en in groepsgesprekken oplossingen te bespreken. Leren over technologie komt niet aan bod in deze pakketten, die 10 tot 15 jaar eerder ontwikkeld werden dan de eerste groep pakketten. De focus ligt eerder op vakoverschrijdende eindtermen dan op vakgebonden eindtermen. Er is meer aandacht voor werkvormen, waarbij de leerlingen in groep werken, maar weinig mogelijkheid voor leerlingen om zelfstandig aan de slag te gaan.

Tot slot zijn er enkele succescriteria die algemeen weinig of niet aanwezig zijn. In geen van alle lessenpakketten worden expliciete wenken gegeven aan de leerkracht voor feedback, begeleiding van leerlingen en evaluatie van de leerdoelen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het geven van feedback en begeleiding vooral aanzien wordt als een taak die de leerkracht vanuit haar of zijn eigen aanpak invult en die niet voordien uitgeschreven dient te worden. Een meerwaarde van vrijblijvende

didactische wenken omtrent feedback en begeleiding zou kunnen zijn dat het de leerkracht op nieuwe ideeën brengen en van wetenschappelijk onderbouwde handvaten voorziet om haar/zijn lespraktijk te versterken.

Er zijn ook geen opdrachten opgenomen die leerlingen aanzetten tot reflectie over het eigen leerproces, hoewel daaraan door (Schmidt, 2016) en (Hattie, 2009) grote *effect sizes* worden toegeschreven. Daarnaast bespreekt geen van de lessenspakketten voorbeelden van STEM-gerelateerde beroepen, wat door de VSK en de Vlaamse Overheid als belangrijk aandachtspunt naar voren wordt geschoven (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015). Ten slotte is het opvallend dat de lessenspakketten weinig expliciete ruimte laten aan de leerlingen om het onderzoeks- en ontwerpproces vorm te geven met eigen ideeën door hen zelf onderzoeksvragen, hypothesen, ontwerpen, stappenplannen ... te laten bedenken. Het is echter een dimensie van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid dat de leerlingen het iteratief technisch proces doorlopen en creatief denken (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015).



## HOOFDSTUK 2. METHODOLOGIE BIJ HET UITWERKEN VAN HET EIGEN STEM-PROJECT

Gebruik makend van de inzichten verworven tijdens de literatuurstudie werd tijdens deze educatieve masterproef een nieuw STEM-project ontwikkeld voor de 3<sup>de</sup> graad TSO. Hierbij werd vertrokken vanuit de leerplandoelstellingen uit het leerplan 2004/167 (Toegepaste Ecologie) van de richting Techniek-Wetenschappen binnen het GO. Als context voor het lessenpakket werd gekozen voor een milieueffectenonderzoek naar de impact van grondwaterwinning op verdroging en vegetatie. De doelstellingen en didactische uitwerking van het lessenpakket werden gekozen op basis van (i) didactische wenken in het leerplan, (ii) de succescriteria voor STEM-projecten die in de literatuurstudie werden geformuleerd, en (iii) andere publicaties over *evidence based* onderwijs (Surma, et al., 2019) (Valcke, 2019).

Het lessenpakket omvat een cursus voor de leerkracht (Bijlage 2), een leerlingencursus (Bijlage 3), en opdrachten uitgewerkt in opgaven- en oplossingenbladen (resp. Bijlage 4 en Bijlage 5). De cursus voor de leerkracht bevat dezelfde inhoud als de leerlingencursus met daarbij tevens achtergrondinformatie en didactische wenken.

## HOOFDSTUK 3. RESULTATEN

Vooreerst wordt de beginsituatie en de voorkennis van de leerlingen omschreven en worden de operationele leerdoelen gelinkt aan de leerplandoelstellingen. Vervolgens wordt een overzicht van het lessenpakket gegeven aan de hand van een lessenplanning, met een onderbouwing van de gekozen leeractiviteiten en didactische werkvormen. Ten slotte wordt toegelicht hoe de evaluatie van de operationele leerdoelen kan worden uitgevoerd. De ontwikkelde leermiddelen voor het lessenpakket kunnen geraadpleegd worden in Bijlage 2 t.e.m. Bijlage 5.

### 3.1 BEGINSITUATIE EN VOORKENNIS

Dit lessenpakket is initieel ontworpen gericht op leerlingen van het zesde jaar secundair onderwijs TSO Techniek-Wetenschappen die het vak Toegepaste Ecologie volgen. Het kan echter ook worden uitgevoerd in het vijfde jaar en/of in andere TSO of ASO richtingen en/of in andere vakken. Daarvoor dient de leerkracht na te gaan welke eindtermen van het betreffende vak voor de betreffende richting gerealiseerd kunnen worden door het lessenpakket.

Specifieke voorkennis waarover de leerlingen dienen te beschikken, is het kunnen werken in de website Geopunt. Deze website is een gebruiksvriendelijke, laagdrempelige toepassing van *Geographic Information Systems* (GIS), die binnen de lessen aardrijkskunde kan worden aangebracht. Indien de leerlingen nog niet bekend zijn met Geopunt, dient hiervoor een introductieles voorzien te worden, zoals hieronder aangegeven in de lessenplanning.

### 3.2 LEERDOELEN

De operationele leerdoelen van het lessenpakket zijn gebaseerd op het leerplan 2004/167 van de richting TSO Techniek-Wetenschappen binnen het GO. Uitbreidingsdoelen worden aangeduid met een asterisk (\*).

*Tabel 11 Leerplandoelen en operationele leerdoelen van het ontwikkelde lessenpakket*

<b>Leerplandoel</b>	<b>Operationele leerdoelen (LD)</b>
1.1 De leerlingen kunnen waarnemingen van individuele organismen en hun omgeving registreren en verwoorden.	LD1.1 De leerlingen kunnen hun waarnemingen van grondwaterafhankelijke vegetatie beschrijven.
1.2 De leerlingen kunnen abiotische en biotische factoren aan de hand van concrete situaties vaststellen.	LD1.2A De leerlingen kunnen de basisbegrippen hydrologische cyclus, oppervlaktewater, infiltratie, poriën, aquitard, grondwater, doorlatendheid, aquifer, verzadigde zone, onverzadigde zone en grondwatertafel verklaren.

	<p>LD1.2B De leerlingen kunnen uitleggen hoe grondwater ontstaat.</p> <p>LD1.2C De leerlingen kunnen het verschil tussen grondwater en bodemwater toelichten.</p> <p>LD1.2D* De leerlingen kunnen de oorzaak van grondwaterstroming uitleggen.</p> <p>LD1.2E* De leerlingen kunnen het debiet van grondwaterstroming berekenen (a.d.h.v. de wet van Darcy).</p> <p>LD1.2F De leerlingen kunnen uitleggen wat abiotische factoren en standplaatskarakteristieken zijn en kunnen hiervan voorbeelden geven.</p> <p>LD1.2G De leerlingen kunnen de invloed van grondwater op de standplaatskarakteristieken van grondwaterafhankelijke vegetatie bespreken.</p> <p>LD1.2H De leerlingen kunnen a.d.h.v. een uitgevoerde grondboring een (ruwe) beschrijving geven van de bodemopbouw.</p>
5.4 De leerlingen kunnen op een bepaald schaalniveau, van lokaal via regionaal en fluviaal naar continentaal en mondiaal, milieueffecten bespreken a.h.v. concrete voorbeelden.	<p>LD5.4A De leerlingen kunnen voorbeelden van milieueffecten geven van concrete ingrepen.</p> <p>LD5.4B De leerlingen kunnen het concept verdroging omschrijven en dit situeren op regionale schaal.</p>
5.6 De leerlingen kunnen de impact van milieu-ingrepen op de biodiversiteit aantonen met voorbeelden.	<p>LD5.6A De leerlingen kunnen m.b.v. Geopunt verdrogingsgevoelige habitats lokaliseren.</p> <p>LD5.6B De leerlingen kunnen de invloedstraal en het debiet van een grondwaterwinning bepalen met de VMM rekentool.</p> <p>LD5.6C De leerlingen kunnen d.m.v. veldonderzoek de biodiversiteit tussen een verdroogd en een door grondwater gevoed perceel vergelijken.</p>
5.7 De leerlingen kunnen van de bestudeerde milieueffecten de oorzaken en gevolgen bespreken.	<p>LD5.7A De leerlingen kunnen mogelijke oorzaken van verdroging bespreken (bemaling, drinkwaterwinning ...).</p> <p>LD5.7B De leerlingen kunnen mogelijke gevolgen van verdroging bespreken (impact op vegetatie, zettingen ...).</p>

---

5.8 De leerlingen kunnen proeven uitvoeren en in verband brengen met onderzoek op verschillende schaalniveaus.

LD5.8 De leerlingen kunnen een grondboring uitvoeren.

### 3.3 LESSENPLANNING, WERKVORMEN EN ONDERBOUWING

Elke les is samengesteld uit een reeks activiteiten die in totaal 50 minuten duurt. Uitbreidingslessen worden aangeduid met een asterisk (\*).

Tabel 12 *Lessenplanning, leerdoelen, werkvormen en onderbouwing*

Les	Leerdoelen	Leerinhoud	Werkvormen (indicatieve timing toegevoegd tussen haakjes)	Onderbouwing werkvorm
Les 1	LD5.4A	Milieu-impact van een bouwproject	<b>Think – pair – share</b> (20 min): de leerlingen lezen over het bouwproject, noteren individueel de milieueffecten van één van de twee fasen van het project en brengen deze samen in een schema. Daarna delen ze het met de klas.	Doordat vertrokken wordt vanuit een realistische context, wordt het leren over grondwater en milieueffecten zinvol. Dat sluit aan bij volgende pedagogische wenk die in het leerplan Toegepaste Ecologie 2004/167 is opgenomen m.b.t. Vakoverschrijdende Eindtermen (VOET): <i>“Het nastreven van VOET vertrekt vanuit een bredere opvatting van leren op school en beoogt een accentverschuiving van een eerder vakgerichte ordening naar meer totaliteitsonderwijs. Door het aanbieden van realistische, levensnabije en concreet toepasbare aanknopingspunten, worden leerlingen sterker gemotiveerd en wordt een betere basis voor permanent leren gelegd. (...) De VOET verstevigen de band tussen onderwijs en samenleving, omdat ze tegemoetkomen aan belangrijk geachte maatschappelijke verwachtingen en een antwoord proberen te formuleren op actuele maatschappelijke vragen.”</i>
	LD1.2A LD1.2B	Hydrologische cyclus, grondwater	<b>Onderwijsleergesprek of zelfstandig leren</b> (10 min): de leerlingen nemen deel aan het onderwijsleergesprek met de	<i>Think – pair – share</i> is een voorbeeld van coöperatief leren. Voor de onderbouwing van deze werkvorm wordt verwezen naar §3.4.  Binnen dit lessenspakket wordt aanbevolen om de leerlingen te laten kiezen op welke manier ze de theorie

LD1.2C

leerkracht of verwerven de leerstof zelfstandig a.d.h.v. de cursus of instructievideo's<sup>4</sup>.

**Pictionary** (10 min): de leerlingen oefenen de basisbegrippen van grondwater in door pictionary te spelen.

**Klassikale feedback** (5 min): de leerkracht geeft enkele algemene aandachtspunten op basis van de sterke punten en werkpunten die zij/hij opmerkte tijdens *Think – pair – share* en *Pictionary*. Er is ook ruimte voor de leerlingen om te delen wat ze hebben opgestoken uit de les en hoe ze de les ervaren hebben.

**Exit Ticket** (5 min): de leerlingen beantwoorden individueel enkele vragen over de leerstof en reflecteren over de manier waarop ze de les gevolgd hebben.

verwerven: door een onderwijsleergesprek met de leerkracht te volgen of zelfstandig video's of de cursus door te nemen. Dit versterkt de autonomie van de leerlingen (één van de groeivitamines uit de zelfdeterminatietheorie (Vansteenkiste, 2015)) en bijgevolg ook hun intrinsieke motivatie. Wanneer de leerlingen hierbij gevraagd worden om te reflecteren over hun gekozen aanpak, biedt dit ook de kans om hun metacognitieve vaardigheden te oefenen.

*Pictionary* versterkt het inzicht van de leerlingen doordat ze zelf een non-linguïstische representatie (NLR)<sup>5</sup> van de leerstof moeten opstellen: ze moeten de begrippen goed begrijpen om ze te kunnen tekenen (Valcke, 2019). Bovendien wordt visuele informatie volgens een ander mentaal proces verwerkt dan verbale informatie (*dual coding*), waardoor de leerstof beter onthouden wordt (Surma, et al., 2019).

---

Les 2	LD1.2A	Doorlatendheid	<p><b>Klassikale verbetering Exit Ticket</b> (5 min): de leerlingen krijgen hun Exit Ticket van de vorige les terug. Dit wordt klassikaal besproken als herhaling van de leerstof van de vorige les.</p> <p><b>Onderwijsleergesprek of zelfstandig leren</b> (10 min)</p> <p><b>Zelfstandige, individuele ICT opzoekopdracht</b> (20 min): de leerlingen zoeken informatie op over grondwatervoerende en ondoorlatende lagen op Databank Ondergrond Vlaanderen.</p>	<p>In het leerplan Toegepaste Ecologie 2004/167 is volgende pedagogisch-didactische wenk opgenomen m.b.t. ICT: <i>“Maatschappelijke en onderwijskundige ontwikkelingen wijzen op het belang van het verwerven van ICT. Enerzijds speelt het in op de vertrouwdheid met de beeldcultuur en de leefwereld van jongeren. Anderzijds moeten jongeren niet alleen in staat zijn om nieuwe media efficiënt te gebruiken, maar is ICT ook een hulpmiddel bij uitstek om de nieuwe onderwijsdoelen te realiseren. Het nastreven van die competentie</i></p>
-------	--------	----------------	---	---

---

<sup>4</sup> Zie de didactische wenken in de leerkrachtencursus voor meer uitleg.

<sup>5</sup> Non-linguïstische representaties zijn grafische, fysieke voorstellingen van de leerstof, zoals afbeeldingen, video's, modellen ...

			<p><b>Klassikale verbetering opzoekopdracht en feedback</b> (10 min): de leerkracht verbetert de opzoekopdracht samen met de leerlingen.</p> <p><b>Exit Ticket</b> (5 min)</p>	<p><i>veronderstelt onderwijsvernieuwing en aangepaste onderwijsleersituaties. Er wordt immers meer en meer belang gehecht aan probleemoplossend denken, het zelfstandig of in groep leren werken, het kunnen omgaan met enorme hoeveelheden aan informatie ...”</i></p> <p>De ICT-toepassing die hier wordt aangereikt, past voor een groot deel binnen het TPACK-model: de website Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) Verkenner is een geschikte technologische toepassing om de specifieke vakinhoud (grondwater en doorlatendheden) door de leerlingen te laten inoefenen.</p>
Les 3*	LD1.2D*	Stijghoogte, oorzaak van grondwaterstroming	<p><b>Onderwijsleergesprek of zelfstandig leren</b> (20 min)</p> <p><b>Zelfstandige oefeningen (individueel)</b> (15 min): de leerlingen rekenen en redeneren met stijghoogtes en grondwaterstroming.</p> <p><b>Correctie en peer feedback</b> (10 min): de leerlingen corrigeren de oefening van een medeleerling aan de hand van een correctiesleutel die ze van de leerkracht krijgen. Vervolgens geven ze feedback aan de medeleerling.</p>	<p>De oefeningen situeren zich zoveel mogelijk in relevante, authentieke contexten, zoals overstromingen, natuurbeheer en drinkwaterwinning. Het doel hiervan is de leerlingen het nut van de leerstof te doen inzien en hen te motiveren. Hierbij wordt verwezen naar de pedagogische wenk uit het leerplan Toegepaste Ecologie 2004/167 m.b.t. VOET (zie de onderbouwing bij les 1).</p>
Les 4*	LD1.2E*	Debiet van grondwater, wet van Darcy	<p><b>Onderwijsleergesprek of zelfstandig leren</b> (20 min)</p> <p><b>Zelfstandige oefeningen (individueel of per twee)</b> (15 min): de leerlingen rekenen en redeneren met doorlatendheden en de wet van Darcy.</p> <p><b>Correctie en peer feedback</b> (10 min)</p>	<p>De oefeningen situeren zich zoveel mogelijk in relevante, authentieke contexten, zoals overstromingen, natuurbeheer en drinkwaterwinning. Het doel hiervan is de leerlingen het nut van de leerstof te doen inzien en hen te motiveren.</p>

Les 5	LD1.2F	Abiotische en biotische factoren. Standplaatskarakteristieken.	<p><b>Klassikale verbetering Exit Ticket</b> (5 min): hierbij wordt het Exit Ticket van les 2 verbeterd. Indien de uitbreidingslessen werden geïntegreerd, wordt dit Exit Ticket beter al eerder verbeterd.</p> <p><b>Placemat consensus standplaatskarakteristieken</b> (15 min): de leerlingen brainstormen in groepjes van 4 in verschillende stappen over standplaatskarakteristieken, waarbij ze enkel bij consensus een woord in het centrum van de placemat mogen schrijven.</p> <p><b>Onderwijsleergesprek of zelfstandig leren</b> (15 min)</p> <p><b>Schud en pak</b> (10 min): de leerlingen oefenen de leerstof over standplaatskarakteristieken in teams van 4 door elkaar vragen te stellen die op kaartjes staan en feedback te geven.</p> <p><b>Exit Ticket</b> (5 min)</p>	<p>Placemat consensus is een voorbeeld van coöperatief leren. De werkvorm werd ontwikkeld door Kagan (Kagan, 2009). Voor de onderbouwing van deze werkvorm wordt verwezen naar de literatuurstudie. Daarnaast helpt deze werkvorm de voorkennis bij de leerlingen te activeren, waardoor ze de tijdens de les aangeboden kennis efficiënter in hun langetermijngeheugen zullen kunnen integreren (Surma, et al., 2019).</p> <p>Schud en pak is een voorbeeld van coöperatief leren. Voor de onderbouwing van deze werkvorm wordt verwezen naar de literatuurstudie. De werkvorm werd ontwikkeld door Kagan (Kagan, 2009).</p>
Les 6	LD1.2F	Invloed grondwater op standplaatskarakteristieken.	<p><b>Klassikale verbetering Exit Ticket</b> (5 min)</p> <p><b>Onderwijsleergesprek of zelfstandig leren</b> (15 min)</p> <p><b>Casussen</b> (15 min): de leerlingen werken in groepjes van 2 en lossen elk een andere casus op, waarbij ze kennis over grondwater en standplaatskarakteristieken moeten gebruiken. Vervolgens stellen ze de casus aan elkaar voor.</p> <p><b>Correctie en peer feedback</b> (5 min): de leerlingen corrigeren de oefening van hun medeleerling aan de hand van een correctiesleutel die ze van de leerkracht krijgen. Vervolgens geven ze feedback aan de medeleerling.</p>	<p>De casussen plaatsen de leerstof in een realistische, zinvolle context (zie de onderbouwing bij les 1). Bovendien wordt de werkvorm uitgewerkt volgens de principes van coöperatief leren (zie §3.4).</p>



---

			<b>Exit Ticket</b> (5 min)	
Les 7	LD1.4	Impact van grondwaterafhankelijke vegetatie op ecosysteem.	<p><b>Klassikale verbetering Exit Ticket</b> (5 min)</p> <p><b>Onderwijsleergesprek of zelfstandig leren</b> (10 min)</p> <p><b>Drie Stappen Interview</b> (10 min): de leerlingen werken in groepjes van 4. Ze interviewen om de beurt hun partner over de leerstof. Daarna zoeken ze op in hun cursus of de antwoorden uit het interview kloppen en volledig zijn.</p>	Drie Stappen Interview is een voorbeeld van coöperatief leren. Voor de onderbouwing van deze werkvorm wordt verwezen naar de literatuurstudie. De werkvorm werd ontwikkeld door Kagan (Kagan, 2009).
	LD5.4 LD5.7A LD5.7B	Verdroging	<p><b>Onderwijsleergesprek of zelfstandig leren</b> (10 min)</p> <p><b>Schemapresentatie</b> (10 min): elke leerling tekent een schema over verdroging. Daarna presenteren de leerlingen per twee het schema van hun partner aan die partner.</p> <p><b>Exit Ticket</b> (5 min)</p>	Door een schema te tekenen, verwerken de leerlingen de leerstof actief, waardoor ze die beter gaan onthouden. Bovendien zet deze werkvorm opnieuw in op NLR's en <i>dual coding</i> (zie onderbouwing van les 1).
Les 8	LD5.6A LD5.6B	Milieueffecten bepalen met ICT-tools	<p><b>Algemene inleiding Geopunt</b> (15 min): korte herhaling door de leerkracht over het gebruik van Geopunt.</p> <p><b>Geopunt, opdracht deel 1</b> (10 min): de leerlingen werken een voorbeeldcasus uit in Geopunt die lijkt op het hoofdproject.</p> <p><b>Algemene inleiding berekeningsinstrument van Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)</b> (20 min): instructie door de leerkracht over het gebruik van het berekeningsinstrument van VMM.</p>	Hierbij wordt verwezen naar de pedagogische wenk uit het leerplan Toegepaste Ecologie 2004/167 m.b.t. ICT (zie de onderbouwing bij de werkvorm bij LD1.2A). De ICT-toepassing die hier wordt aangereikt, past voor een groot deel binnen het TPACK-model: de website Geopunt, het berekeningsinstrument van VMM (en bij uitbreiding Excel) zijn geschikte technologische toepassingen om de specifieke vakinhoud (het bepalen van milieueffecten) door de leerlingen te laten inoefenen.

Les 9	LD5.6A LD5.6B	Milieueffecten bepalen met ICT-tools	<b>Toepassing berekeningsinstrument</b> (50 min): de leerlingen berekenen met het instrument de invloedstraal voor de voorbeeldcasus.	Zie de onderbouwing bij les 8.
Les 10	LD5.6A LD5.6B	Milieueffecten bepalen met ICT-tools	<b>Geopunt, opdracht deel 2</b> (30 min): de leerlingen werken de voorbeeldcasus af in Geopunt. Ze gebruiken hiervoor de resultaten van de Excel-berekening.  <b>Vragen en feedback</b> (20 min): de leerkracht kan deze ruimte invullen om de leerlingen individuele feedback te geven over hun beheersing van de twee ICT-tools en op vragen van de leerlingen te antwoorden.	Zie de onderbouwing bij les 8. Het geven van feedback tijdens het leerproces is belangrijk om de beheersing van de leerdoelen te verbeteren (Surma, et al., 2019).
Les 11*		(Integratie van bovenstaande leerstof)	<b>Planning en uitwerking onderzoeksproject:</b> de leerlingen werken nu hun onderzoeksproject uit. Ze maken een voorlopige inhoudstabel voor hun rapport en ze stellen een stappenplan op. De leerlingen kunnen ook al beginnen met het bepalen van de effecten met ICT.	In het leerplan Toegepaste Ecologie 2004/167 is volgende algemene pedagogisch-didactische wenk opgenomen : <i>“Er dient over gewaakt te worden dat dit leerplan niet uitmondt in een systematische studie van de ecologie, maar door diverse proeven, zowel leerlingenproeven als demonstratieproeven gericht blijft op het technisch-wetenschappelijk benaderen van toepassingen van de ecologie.”</i> Het uitvoeren van een onderzoeksproject oefent de onderzoekscompetenties van de leerlingen (de derde dimensie binnen het STEM-kader). Daarnaast verwerken ze de leerstof ook actiever, waardoor ze die beter gaan onthouden (Surma, et al., 2019). Deze uitbreidingsles komt ook tegemoet aan een andere dimensie van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid, namelijk dat de leerlingen het iteratief technisch proces doorlopen en creatief denken (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015).

Les 12	LD5.6A LD5.6B	Milieueffecten bepalen met ICT-tools	<b>ICT uitwerking onderzoeksproject:</b> de leerlingen onderzoeken de impact van hun project in Geopunt en via het berekeningsinstrument van VMM.	Zie de onderbouwing bij Les 11*.
Les 13*		(Integratie van bovenstaande leerstof)	<b>Vorbereiding excursie:</b> de leerlingen bereiden de excursie voor door een stappenplan en materiaallijst op te stellen voor wat ze zullen onderzoeken.	Deze uitbreidingsles komt ook tegemoet aan een dimensie van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid, namelijk dat de leerlingen het iteratief technisch proces doorlopen en creatief denken (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015).
Les 14 – 15 – 16	LD1.1 LD1.2H LD5.6 LD5.8	Waarnemingen van organismen en omgeving. Abiotische en biotische factoren onderzoeken.	<b>Excursie</b> (180 min): de leerlingen voeren onderzoekjes uit in twee percelen. Beide percelen worden door alle leerlingen onderzocht. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onderzoek van een grondwater gevoed perceel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinatie planten (60 min)</li> <li>- Grondboring (30 min)</li> <li>- Waarnemingen/andere abiotische factoren meten (bv. vochtgehalte bodem) (30 min)</li> </ul> </li> <li>• Onderzoek van niet-grondwater gevoed perceel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinatie planten (30 min)</li> <li>- Grondboring (15 min)</li> <li>- Waarnemingen/andere abiotische factoren meten (bv. vochtgehalte bodem) (15 min)</li> </ul> </li> </ul>	In het leerplan Toegepaste Ecologie 2004/167 is volgende algemene pedagogisch-didactische wenk <i>“Terreinstudie is essentieel voor de realiteitswaarde van het leervak ecologie. Hierbij dient in alle situaties zowel aandacht aan het biotische als voor het abiotische geschonken worden.”</i> en volgende specifieke pedagogisch-didactische wenk <i>“informatie inwinnen via flora en ICT-informatie”</i> opgenomen.
Les 17	LD1.1 LD5.6	(Integratie van bovenstaande leerstof)	<b>Eerste versie rapport opstellen:</b> de leerlingen bundelen hun onderzoek en berekeningen in een rapport. Ze werken de eerste versie van het rapport thuis af.	Zie de onderbouwing bij Les 11*.

Les 18	LD1.1 LD5.6	(Integratie van bovenstaande leerstof)	<b>Tweede versie rapport opstellen:</b> de leerlingen verwerken tijdens de les de feedback van de leerkracht op de eerste versie van het rapport.	Het lessenpakket omvat een bijkomende les waarin de leerlingen de feedback van de leerkracht verwerken. Door de feedback al tijdens het leerproces te krijgen en niet pas achteraf kunnen de leerlingen er gebruik van maken om hun beheersing van de leerdoelen te verbeteren (Surma, et al., 2019).
Les 19	LD1.2A LD1.2B LD1.2C LD1.2D* LD1.2E* LD1.2F LD1.2G LD5.4B LD5.7A LD5.7B	(Integratie van bovenstaande leerstof)	<b>Toets grondwater, grondwaterafhankelijke vegetatie en verdroging</b> (30 tot 50 min)	Om de kennisdoelen (bv. eigenschappen van grondwater, standplaatskarakteristieken en verdroging) te evalueren, wordt aanbevolen om de leerlingen een toets te laten afleggen.

### 3.4 COÖPERATIEVE WERKVORMEN

Werken in teamverband is een dimensie van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015). Samenwerkend leren werd daarom ook opgenomen in de lijst met succescriteria voor STEM-lessenpakketten in Tabel 3. Johnson en Johnson (1996) wijzen op de valkuilen die zich voordoen wanneer leerkrachten de leerlingen in groep laten werken zonder een didactisch doordachte uitwerking van het groepswerk. Leerlingen zijn soms beter bekend met competitieve en individualistische klassituaties dan met doeltreffend samenwerken. Daaruit komen problemen voor de samenwerking voort zoals een ongelijke inspanning en verantwoordelijkheidsgevoel van de groepsleden. Werkvormen in groepsverband moeten daarom gestructureerd worden zodat samenwerken noodzakelijk is voor de leerlingen om succesvol te zijn. De auteurs stellen een reeks criteria op voor werkvormen voor effectief samenwerkend leren. Zo moeten de groepsleden van elkaar afhankelijk zijn om gemeenschappelijke doelen te behalen. Daarnaast moet zowel de groep als geheel als elk individu verantwoordelijk zijn voor en afgerekend worden op het bereiken van de doelen. Tussen de groepsactiviteiten moet er direct contact zijn met de leerkracht en communicatievaardigheden moeten geoefend en gemonitord worden (Johnson & Johnson, 1996).

Kagan (2009) ontwikkelde een groot aantal coöperatieve leerstrategieën met als doel alle leerlingen in de les te activeren (Kagan, 2009). De methode omvat een 200-tal werkvormen waarbij leerlingen in kleine groepen werken. Ook hier komt individuele aanspreekbaarheid terug als belangrijk principe: elke leerling moet nodig en verantwoordelijk zijn om tot de oplossing op groepsniveau te komen. In het STEM-project dat tijdens deze educatieve masterproef werd ontwikkeld, worden verschillende werkvormen van Kagan overgenomen: Drie Stappeninterview, Schud en Pak en Placemat Consensus (Kagan, 2009). Andere werkvormen, zoals *Think – pair – share*, *Pictionary* en de schemapresentatie zijn ook opgesteld volgens de principes van samenwerkend leren.

### 3.5 EVALUATIE

Bij de evaluatie binnen dit lessenpakket wordt een onderscheid gemaakt tussen formatieve en summatieve evaluatie. Formatieve evaluatie heeft als voornaamste doel het begeleiden van de leerlingen in hun leerproces, bv. door het geven van feedback. Summatieve evaluatie heeft als doel om te bepalen of de leerlingen de leerdoelen behaald hebben.

Het lessenpakket is zodanig ontworpen dat formatieve evaluatie één of meerdere keren per les, en minstens één keer per leerdoel, kan plaatsvinden. Formatieve evaluatie kan in de vorm van de Exit Tickets die de leerlingen oplossen en waarop de leerkracht hen de eerstvolgende les feedback geeft. Daarnaast kan de leerkracht de leerlingen observeren wanneer die een oefening, ICT-opdracht, coöperatieve opdracht of praktijkopdracht uitvoeren en de leerlingen mondeling of schriftelijk feedback geven op het niveau van het product dat ze bij de betreffende opdracht afleveren of op het niveau van het proces dat ze doorliepen om tot dat product te komen. Formatieve evaluatie kan ten slotte worden ingebouwd door het verbeteren van de eerste versie van het rapport van de leerlingen, alvorens ze aan de definitieve versie werken.

Summatieve evaluatie kan gebeuren nadat de leerlingen het definitieve rapport hebben ingediend. Aangezien de leerlingen hieraan in groep hebben gewerkt en beschikkend over hun cursus, is het rapport van hun project vooral geschikt om onderzoeksvaardigheden te evalueren. Dit betreft zowel generieke onderzoeksvaardigheden (bv. definiëren van onderzoeksvragen, formuleren van hypothesen, opstellen van een geschikte methodologie, bespreking van resultaten) als vakspecifieke onderzoeksvaardigheden (bv. hanteren van ICT-tools om milieueffecten te bepalen, determineren en beschrijven van bodemtypes en vegetatie). Om de kennisdoelen (bv. eigenschappen van grondwater, standplaatskarakteristieken en verdroging) te evalueren, wordt aanbevolen om de leerlingen één of meerdere toetsen te laten afleggen.

## HOOFDSTUK 4. ZELFEVALUATIE VAN HET ONTWIKKELDE PROJECT

### 4.1 EVALUATIE OP BASIS VAN DE LIJST VAN SUCCESCRITERIA VOOR STEM-PROJECTEN

In Tabel 13 wordt het lessenpakket dat in het kader van deze educatieve masterproef ontwikkeld werd, getoetst aan de lijst van succescriteria voor STEM-projecten die in de Literatuurstudie (Tabel 3) werd samengesteld.

Tabel 13 Screening van het leerlingproject 'Onderzoek naar de effecten van grondwaterwinning op verdroging en vegetatie' op basis van de STEM succescriteria uit Tabel 3

Titel leerlingenproject	Onderzoek naar de effecten van grondwaterwinning op verdroging en vegetatie		
Auteurs en jaartal	Fuhrmann, 2022		
Succescriteria	Aanwezigheid in leerlingenproject		
		Sterk aanwezig	
			Matig aanwezig
			 Afwezig
<b>Leerdoelen en leerstof</b>	<b>Toelichting</b>		
<p>De leerdoelen van het lessenpakket worden duidelijk geformuleerd en gelinkt aan de eindtermen.</p> <p>Het lessenpakket is interdisciplinair: de vier STEM-componenten wetenschappen, techniek, engineering en wiskunde worden samen ingezet.</p>	<p>Alle leeractiviteiten en leerstof uit het lessenpakket komen voort uit operationele leerdoelen die zijn afgeleid uit de doelstellingen van leerplan 2004/167 (Toegepaste Ecologie). In dat leerplan worden geen eindtermen aangegeven.</p> <p>Wetenschap: de onderwerpen grondwater, standplaatskarakteristieken en ecologisch belang van vegetatie en verdroging worden diepgaand uitgewerkt. Technologie: de leerlingen oefenen op het gebruik van de website Geopunt en het berekeningsinstrument van VMM. Engineering: de leerlingen ontwerpen een onderzoeksstrategie om effecten te bepalen. Wiskunde: de leerlingen leren rekenen met peilen en dieptes en in het uitbreidingsgedeelte passen ze de wet van Darcy toe.</p>		
<p>Het lessenpakket behandelt een beperkte hoeveelheid leerstof, die door de leerlingen diepgaand wordt verwerkt.</p> <p>Het lessenpakket bevat grondige vakinhoudelijke achtergrondinformatie voor de leerkracht.</p> <p>Binnen het lessenpakket evalueert de leerkracht samen met de leerlingen het product en leerproces aan de hand van vooraf opgestelde en gecommuniceerde evaluatiecriteria.</p>	<p>Het lessenpakket gaat relatief diep in op een beperkt aantal onderwerpen, met name grondwater, grondwaterafhankelijke vegetatie en verdroging.</p> <p>Naast een uitgebreide leerlingencursus omvat het lessenpakket ook een handleiding voor leerkrachten met achtergrondinformatie.</p> <p>In het lessenpakket is evaluatie opgenomen in de vorm van Exit Tickets, <i>peer feedback</i>, een opdracht om een rapport op te stellen en een toets. Het lessenpakket omvat geen toetsen of evaluatieschalen om vaardigheden te evalueren.</p>		
<b>21ste-eeuwse competenties</b>			
<p>Het lessenpakket oefent de leerlingen in het interpreteren van informatie.</p> <p>Het lessenpakket zet onderwijstechnologie in die geschikt is om een specifieke vakinhoud aan te brengen in het kader van een effectieve didactische aanpak.</p> <p>Binnen het lessenpakket selecteren, ontwikkelen en/of verbeteren de leerlingen een gepaste technologie.</p> <p>Het lessenpakket laat de leerlingen toe eigen ideeën en oplossingen in te brengen.</p>	<p>Het lessenpakket omvat een aantal oefeningen waarbij verschillende informatiebronnen geanalyseerd moeten worden, zoals de informatie over het bouwproject, de website Databank Ondergrond Vlaanderen, de figuren over grondwaterstroming en de kaarten in Geopunt.</p> <p>Geopunt, Databank Ondergrond Vlaanderen en het berekeningsinstrument van VMM zijn de geschikte technologische toepassingen om de vakinhouden van dit lessenpakket aan te brengen. Een specifieke didactische aanpak werd hierbij niet uitgewerkt.</p> <p>De technologische toepassingen worden aangereikt aan de leerlingen. Ze dienen deze enkel te kunnen gebruiken.</p> <p>In het lessenpakket wordt omschreven hoe de leerlingen eerst zelf een inhoudstabel en plan van aanpak voor hun milieueffectenonderzoek kunnen opstellen. Dit wordt wel als uitbreidingsles voorgesteld.</p>		



Het lessenpakket oefent de leerlingen in het communiceren over STEM-inhouden d.m.v. vaktermen en duidelijk en accuraat taalgebruik.

Het lessenpakket omvat werkvormen waarin de leerlingen al samenwerkend leren.

Het lessenpakket laat leerlingen kritisch reflecteren over de manier waarop ze bijleren en problemen oplossen.

In het lessenpakket oefenen de leerlingen op communicatie over STEM-inhouden door een rapport te schrijven, maar ook tijdens de vele mondelinge, coöperatieve opdrachten, waarin ze STEM-inhouden moeten uitleggen aan medeleerlingen. Het lessenpakket geeft echter geen specifieke aanwijzingen voor leerlingen en leerkracht hoe leerlingen kunnen leren om vaktermen en duidelijk taalgebruik accuraat te hanteren.

Het lessenpakket omvat diverse opdrachten die zijn uitgewerkt volgens de principes van coöperatief leren.

In de Exit Tickets worden de leerlingen gevraagd om kort te reflecteren over de mate waarin en de manier waarop ze die les hebben bijgeleerd. Deze reflecties zouden nog uitgebreid kunnen worden met bijkomende vragen. Er zou ook nog meer tijd voorzien kunnen worden om de reflectie te bespreken, bv. in groepjes van leerlingen.

---

### ***Maatschappelijke relevantie***

Binnen het lessenpakket zoeken de leerlingen oplossingen voor levensechte en actuele problemen.

Het lessenpakket maakt de leerlingen duidelijk wat de maatschappelijke relevantie van STEM is.

Het lessenpakket geeft de leerlingen inzicht in STEM-gerelateerde studiekeuzes en STEM-beroepen.

De leerlingen moeten een oplossing zoeken voor een reëel probleem dat bij bouwprojecten kan optreden (verdroging door bemalingen).

Wetenschappelijke en technologische concepten worden ingezet om de milieuproblematiek verdroging te onderzoeken.

De leerlingen krijgen inzicht in hoe studie bureaus milieueffecten bepalen. De opdrachten situeren zich ook in reële contexten gerelateerd aan beroepen zoals ingenieur, ecoloog of natuurbeheerder.

---

### ***Ontwerp- en onderzoeksvaardigheden***

Binnen het lessenpakket doorlopen de leerlingen het iteratief technisch proces (stellen van onderzoeksvragen, ontwerpen, uitvoeren, testen en evalueren).

Het lessenpakket behandelt het abstraheren van een probleem in de vorm van een concept of model.

Het lessenpakket bevat de randvoorwaarden waaraan het product van de leerlingen moet voldoen en deze randvoorwaarden worden besproken met de leerlingen.

Het lessenpakket is grondig voorbereid: het benodigde materiaal is voorzien (of eenvoudig verkrijgbaar) en de mogelijke onderzoeken zijn door de leerkracht uitgevoerd.

Voor het rapport dat de leerlingen moeten opstellen, moeten ze onderzoeksvragen stellen, een aanpak bedenken, een onderzoek uitvoeren en de resultaten bespreken.

Het lessenpakket abstrahert in het uitbreidingsgedeelte de complexe realiteit van grondwaterstroming tot schematische voorstellingen. Verder wordt de leerstof niet modelmatig voorgesteld.

De leerlingen stellen eerst zelf een inhoudstabel op voor het rapport. Dit wordt besproken met de leerkracht en vormt vervolgens een set criteria voor de inhoud van het rapport. Een set kwaliteitscriteria voor het rapport ontbreekt.

De technologische toepassingen zijn gratis online te gebruiken of te downloaden. Voor de excursie wordt gebruik gemaakt van de gratis app Obsidentify en een handboor (opgenomen in de materiële vereisten van het leerplan 2004/167, Toegepaste Ecologie).

---

### ***Begeleiding***

In het lessenpakket wordt rekening gehouden met de leerlingenkenmerken, voorkennis en leerstijlen van de leerlingen.

In het lessenpakket worden werkvormen gekozen met het oog op het realiseren van de leerdoelen en die werkvormen worden nauwkeurig

De voorkennis waarover leerlingen dienen te beschikken, wordt omschreven. Er wordt aangemoedigd dat de leerlingen de keuze krijgen op welke manier ze de leerstof verwerken.

Het lessenpakket is opgebouwd uit een gestructureerde opeenvolging van nauwkeurig omschreven werkvormen.

beschreven.

Het lessenpakket beschrijft per stap die de leerlingen zullen doorlopen, de open en gesloten begeleiding die de leerlingen zullen krijgen.

Het lessenpakket voorziet voldoende, tussentijdse feedback op zowel het product als het proces.

Het lessenpakket voorziet in differentiërende activiteiten om aan tempoverschillen tussen de leerlingen tegemoet te komen.

De begeleiding wordt niet systematisch per leeractiviteit beschreven, maar het lessenpakket omvat hiervoor wel enkele aanwijzingen, zoals het geven van feedback op zowel beheersing van de leerstof als op de zelfreflectie door de leerlingen.

Voor feedback wordt bijna in elke les tijd voorzien door middel van Exit Tickets, *peer feedback*, een 'vragen en feedback'-moment en het verwerken van feedback op de eerste versie van het rapport.

Het lessenpakket bevat verschillende onderdelen en activiteiten die kunnen ingelast of weggelaten worden, afhankelijk van de leerlingenkenmerken.

---

In de Literatuurstudie werden de besproken lessenkassetten ingedeeld in twee groepen. Bij de eerste groep werd sterk ingezet op het geïntegreerd aanbrengen van STEM-inhouden op een relatief hoog abstractieniveau. Bij de tweede groep waren de STEM-disciplines veel minder sterk aanwezig en was er vooral aandacht voor bewustwording rond maatschappelijke thema's en voor de didactische werkvormen. Bij het hier ontwikkelde lessenkasset werden keuzes gebaseerd op de lijst van succescriteria voor STEM-projecten. Het lessenkasset verenigt dan ook een aantal succescriteria die in de eerste groep sterk aanwezig waren met succescriteria die vooral voor de tweede groep werden opgemerkt. Daarnaast beantwoordt het project aan enkele succescriteria die binnen alle projecten weinig of niet aanwezig waren. Dat wordt hieronder toegelicht, waarbij telkens tussen haakjes verwezen wordt naar de les(sen) in Tabel 12 waar het aangehaalde succescriterium aan bod komt.

In het ontwikkelde lessenkasset zijn de STEM-inhouden diepgaand uitgewerkt net als bij de eerste groep, zoals blijkt uit de gedetailleerde cursus in Bijlage 3. De wiskundige component is daarbij wel minder aanwezig (les 3\*, 4\* en 9) en de techniekcomponent blijft beperkt tot het leren gebruiken van digitale toepassingen (les 2, 8, 9 en 10). Andere overeenkomsten met de eerste groep zijn (i) de oefeningen waarbij leerlingen informatiebronnen analyseren (les 1; opdracht 0.; les 2: opdracht 1.3; les 3\*: opdracht 1.4; les 4\*: opdracht 1.5; les 8 en 10: opdracht 4.1-4.3; les 9: opdracht 4.2; les 12) en (ii) het gebruik van technologie die geschikt is voor de specifieke vakinhouden (met name DOV Verkenner, Geopunt en het berekeningsinstrument van VMM). Ten slotte worden STEM-inhouden ingezet om reële maatschappelijk relevante problemen op te lossen (les 1: opdracht 0.; les 3\*: opdracht 1.4; les 4\*: opdracht 1.5; les 6: opdracht 2.2; les 8 en 10: opdracht 4.1-4.3; les 9: opdracht 4.2; les 10 t.e.m. 18: uitwerking project). Het ontwikkelde lessenkasset vertoont als belangrijkste gelijkheid met de tweede groep de uitgeschreven didactische werkvormen, waarbij groepswerk en communicatie over STEM-inhouden aan bod komen (les 1: opdracht 0. en 1.2; les 5: opdracht 2.1; les 7: opdracht 2.3 en 3.2).

Er is in het ontwikkelde lessenkasset meer aandacht voor feedback en evaluatie van de leerdoelen in vergelijking met de gescreende leerlingenprojecten in de Literatuurstudie (Exit Tickets in les 1, 2, 5, 6 en 7; *peer feedback* in les 3\*, 4\* en 5; 'vragen en feedback'-moment in les 10; les 12; les 13). Daarnaast zijn in het ontwikkelde lessenkasset meerdere opdrachten opgenomen in de context van STEM-gerelateerde beroepen (les 1, 3\*, 4\*, 6 en 8 t.e.m. 18). In de Exit Tickets reflecteren de leerlingen over het eigen leerproces (les 1, 2, 5, 6 en 7). Ten slotte zijn in het lessenkasset expliciete aanwijzingen opgenomen om de leerlingen het onderzoeks- en ontwerpproces zelf vorm te laten

geven met eigen ideeën door hen zelf onderzoeksvragen en een stappenplan te laten voorstellen (les 11\* en 13\*).

#### 4.2 PERSPECTIEVEN VOOR VERDERE OPTIMALISATIE

Het ontwikkelde lessenpakket zou nog uitgebreid kunnen worden met een beschrijving van de open en gesloten begeleiding die leerlingen per leeractiviteit krijgen, zoals Eeckhout (2018) voorstelt. Een andere mogelijke verbetering van het lessenpakket is het versterken van de wiskunde-component, door bv. de wet van Darcy als toepassing op afgeleiden verder uit te werken. De technologiecomponent zou verdiept kunnen worden door de leerlingen met gespecialiseerde GIS-software te leren werken, zoals in het lessenpakket 'Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving' wordt gedaan. De leerlingen zouden dan een vergelijking kunnen maken tussen Geopunt, DOV en de GIS-software en beoordelen wanneer ze welke toepassing zouden gebruiken. Er zou verder (literatuur)onderzoek kunnen worden uitgevoerd om de geschikte didactische aanpak voor deze technologie-toepassingen uit te werken. Het is wel aangewezen dat de leerlingen ook binnen andere vakken, zoals wiskunde, toegepaste informatica en aardrijkskunde, aan het lessenpakket kunnen werken. Het oefenen op communicatie over STEM-inhouden zou kunnen gebeuren in samenwerking met taalleerkrachten, waarbij de leerlingen aanwijzingen krijgen en geëvalueerd worden op het vlak van vaktermen en duidelijk en accuraat taalgebruik.

De voorstellen uit de vorige paragraaf om het lessenpakket uit te breiden staan in contrast met de vaststelling dat het lessenpakket nu al 19 lessen omvat, waarvan 4 uitbreidingslessen. Voor het vak Toegepaste Ecologie zijn in de 3<sup>de</sup> graad TSO in het GO 3 uren per week voorzien, waardoor het project 5 tot 6 lesweken in beslag zou nemen. Hoewel er in het lessenpakket 6 van de 28 verplichte leerplandoelen aan bod komen, lijkt het pakket in zijn totaliteit moeilijk inpasbaar in de jaarplanning van één vak.

Zoals aangegeven in Bijlage 4 bij opdracht 5 is de excursie, zoals die nu beschreven staat, moeilijk praktisch uitvoerbaar. Tijdens de ontwikkeling van het lessenpakket bleek dat grondwaterafhankelijke vegetatie zeldzaam en gevoelig is en daarom op de onderzochte plaatsen (het Wijnendalebos en het natuurgebied De Westhoek) niet toegankelijk is voor publiek. Om het lessenpakket te kunnen voltooien en gebruiksklaar te maken voor leerkrachten uit het secundair onderwijs wordt daarom contact opgenomen met verschillende centra voor natuureducatie met de vraag om in samenwerking het lessenpakket af te stemmen op het nabijgelegen natuurgebied. Idealiter kan het lessenpakket dan ter beschikking gesteld worden via de centra voor natuureducatie en via de online database Klascement.

Tot slot werd bij de ontwikkeling van het lessenpakket vastgesteld dat het moeilijk haalbaar is om in een lessenpakket van enkele weken aan de vele opgestelde succescriteria te voldoen. Zowel het diepgaand verwerken van STEM-inhouden als het doorlopen van het iteratief onderzoeks- en technisch proces vraagt veel lestijd. Leerkrachten zullen per project keuzes moeten maken over wat ze met dat project vooral willen bereiken. Wanneer binnen scholen gekozen wordt voor vakoverschrijdende samenwerkingen of het wekelijks reserveren van uren om de leerlingen te oefenen in STEM en onderzoekscompetenties, is het wellicht wel mogelijk om een groot aantal van de succescriteria in een project te integreren.

## CONCLUSIE

In deze educatieve masterproef werden de kwaliteitscriteria voor STEM-projecten onderzocht en toegepast in de praktijk door de ontwikkeling van een STEM-project gericht op het vak Toegepaste Ecologie in de 3<sup>de</sup> graad TSO Techniek-Wetenschappen. Er werd een lijst van succescriteria opgesteld voor STEM-projecten aan de hand van het STEM-kader van de Vlaamse Overheid en wetenschappelijke literatuur. Vervolgens werden de succescriteria gebruikt voor een analyse van reeds bestaande leerlingenprojecten in een milieucontext die teruggevonden werden in de databanken Klascement en Stematschool. Bij een eerste groep van leerlingenprojecten lag de nadruk vooral op het geïntegreerd aanbrengen van STEM-inhouden op een relatief hoog abstractieniveau. Bij de tweede groep was er vooral aandacht voor bewustwording rond maatschappelijke thema's en voor didactische werkvormen.

Steunend op de inzichten van deze theoretische studie werd tijdens deze educatieve masterproef tevens een volledig nieuw STEM-lessenpakket ontwikkeld, inclusief ondersteunend leermateriaal voor leerlingen en leerkracht, in de context van onderzoek naar de effecten van grondwaterwinning op verdroging en vegetatie. Daarbij werden de STEM-disciplines wetenschap en engineering het meest uitgewerkt, terwijl voor wiskunde en technologie nog meer didactische en inhoudelijke uitdieping mogelijk is. De opdrachten van het lessenpakket werden uitgewerkt volgens de principes van coöperatief leren en er werd aandacht besteed aan het oefenen van metacognitieve vaardigheden. Meer gedetailleerde aanwijzingen voor begeleiding tijdens het lessenpakket zouden nog kunnen worden toegevoegd. Ten slotte werd het oplossen van maatschappelijk relevante problemen en de link met STEM-gerelateerde beroepen geïntegreerd in het project.

## BIBLIOGRAFIE

De Geest, P. et al., 2020. *Pimp je tuin en verbeter je leefomgeving. MijnTuinlab.be*, sl: Mijn Tuinlab-consortium (Erasmushogeschool Brussel, KU Leuven en Natuurpunt).

Departement Onderwijs & Vorming & Departement Economie Wetenschap & Innovatie, 2008. *TOS21. Technische geletterdheid voor iedereen. Standaarden & referentiepunten. Eindrapport van Techniek op school voor de 21ste eeuw*, sl: Vlaamse Overheid.

Eeckhout, T., 2018. *Professionalisering van de kwaliteit van (na)schoolse STEM-activiteiten: STEM-kompas. Handleiding STEM-kompas*, Aalst: Odisee.

Ghesquière, N., Meeus, S., Van den Bulcke, J. & Wyffels, F., 2020. *Kunstmatige Intelligentie, Klimaatverandering, Stomata: KIKS*, sl: Universiteit Gent.

Hattie, J., 2009. *Visible Learning: A Synthesis of over 800 Meta-analysis relating to Achievement*, Milton Park, Oxon: Routledge.

Inverde, INBO & ANB, n.d.. *Verdroging*. [Online]  
Available at: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/verdroging>  
[Geopend 20 April 2022].

Johnson, D. & Johnson, R., 1996. Cooperation and the use of technology. In: D. Jonassen, red. *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*. London: MacMillan, pp. 1017-1044.

Kagan, S., 2009. *Cooperative learning*. San Clemente, Californië: Kagan Publishing.

Koehler, M. & Mishra, P., 2008. *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge for Educators*. New York: Routledge.

Lambrechts, E. & Van den Abeele, C., n.d.. *Zuid-Noord Klimaatspiegel*, sl: Protos & Good Planet.

Mediawijs, 2021. *Wanneer ben je mediawijs?*. [Online]  
Available at: <https://www.mediawijs.be/nl/dossiers/mediawijsheid>  
[Geopend 6 April 2022].

National Academy of Engineering and National Research Council, 2014. *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council, 2011. *Successful K-12 STEM education. Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington, D.C.: The National Academies Press.

Remans, K., 2006. *Bio met Klasse. Lessenpakket Secundair Onderwijs*, Berchem: Velt vzw.

Schmidt, N., 2016. *Trends in K-12 Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education and student achievement: a meta-analysis*, Ann Arbor, Michigan: ProQuest LLC.

Smaldino, S., Lowther, D. & Mims, C., 2008. *Instructional Technology and Media for Learning*. 330 Hudson Street, New York: Pearson.

Stem @ School, 2018. *STEMmodule Algen*, sl: sn

Surma, T. et al., 2019. *Wijze Lessen. Twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek*. 1e red. Meppel: Ten Brink Uitgevers.

Tomaç, C., 2019. *Development of effective STEM education materials*. Turkey: Department of Mathematics and Science Education. Graduate school of natural and applied sciences. Middle East Technical University..

Valcke, M., 2019. *Krachtige leeromgevingen. Omgaan met diversiteit in de klas*. Gent: Academia Press.

Vansteenkiste, M., 2015. *Vitamines voor groei. Ontwikkeling voeden vanuit de zelf-determinatie theorie*. 1 red. Gent: Acco.

Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming & Onderwijsinspectie, 2014. *Onderwijsspiegel 2014. Jaarlijks rapport van de onderwijsinspectie*, Koning Albert II-laan 15, 1210 Brussel: Lieven Viaene, inspecteur-generaal.

Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming, 2015. *STEM-kader voor het Vlaamse onderwijs. Principes en doelstellingen*, Koning Albert II-laan 15, 1210 Brussel: Micheline Scheys, Secretaris-generaal Departement Onderwijs en Vorming.

Vlaamse Milieumaatschappij, 2021. *Grondwaterstand (2000-2020)*. [Online] Available at: <https://www.vmm.be/water/grondwater/grondwaterstand> [Geopend 2 Mei 2022].

Vlaamse Raad voor Wetenschap en Innovatie, 2012. *Kiezen voor STEM. De keuze van jongeren voor technische en wetenschappelijke studies*. VRWI studiereeks 25, sl: sn

You for Youth, sd *STEAM*. [Online] Available at: <https://y4y.ed.gov/learn/steam/> [Geopend 20 03 2022].



## BIJLAGEN

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de bijlagen bij deze educatieve masterproef, die op de volgende pagina's te vinden zijn.

Bijlage 1 Kwaliteitskijker voor kwaliteitsvol STEM-onderwijs

Bijlage 2 Ontwikkeld STEM-lessenpakket "De impact van grondwaterwinning op vegetatie":  
leerkrachtencursus

Bijlage 3 Ontwikkeld STEM-lessenpakket "De impact van grondwaterwinning op vegetatie":  
leerlingencursus

Bijlage 4 Ontwikkeld STEM-lessenpakket "De impact van grondwaterwinning op vegetatie":  
opdrachten (leerkrachtenversies)

Bijlage 5 Ontwikkeld STEM-lessenpakket "De impact van grondwaterwinning op vegetatie":  
opdrachten (opgaves)

## Bijlage 1 Kwaliteitskijker voor kwaliteitsvol STEM-onderwijs

Figuur 1 toont de 10 criteria voor kwaliteitsvol STEM-onderwijs die geformuleerd werden door de Vlaamse Onderwijsinspectie in de Onderwijsspiegel van 2014 (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming & Onderwijsinspectie, 2014).

<b>THEMA 1: BEGINSITUATIE, DOELEN EN EVALUATIE</b>	
<b>Het onderwijsaanbod ...</b>	
1	sluit aan op het niveau van de leerlingen, daagt uit en houdt rekening met hun diverse achtergronden
2	is relevant, inhoudelijk juist en doelgericht
<b>De evaluatiepraktijk ...</b>	
3	is functioneel en richt zich op het (aan)tonen van kennis, inzichten, vaardigheden en attitudes
<b>THEMA 2: EEN BREDE AANPAK</b>	
<b>Het onderwijsaanbod laat toe om kennis, inzichten, vaardigheden en attitudes ...</b>	
4	geïntegreerd toe te passen binnen zinvolle contexten, binnen STEM-leergebieden, -domeinen en -vakken
<b>Het onderwijsaanbod ...</b>	
5	maakt aansluiting tussen de schoolse en de professionele setting, zowel op het niveau van proces als van product
<b>THEMA 3: ASPECTEN SPECIFIEK VOOR HET STEM-CURRICULUM</b>	
<b>De onderwijspraktijk ...</b>	
6	zet aan en bevordert processen zoals onderzoekend, probleemoplossend en creatief denken
7	heeft expliciet aandacht voor het toepassen van ontwerpvaardigheden binnen een ontwerpproces
8	stimuleert samenwerkend en actief leren waarbij zowel team als individu verantwoordelijk zijn voor proces en product
<b>THEMA 4: LEERMIDDELEN</b>	
<b>De onderwijspraktijk ...</b>	
9	steunt op een ruime en open beschikbaarheid van hedendaagse media, technologie en materiële vereisten
10	maakt dat leerlingen op eigen initiatief diverse media en technologische hulpmiddelen functioneel kunnen aanwenden

Figuur 39: Kwaliteitskijker voor kwaliteitsvol STEM-onderwijs.

Figuur 1 Kwaliteitskijker voor kwaliteitsvol STEM-onderwijs (Vlaams Ministerie van Onderwijs en Vorming & Onderwijsinspectie, 2014).

## **Bijlage 2 Ontwikkeld STEM-lessenpakket “De impact van grondwaterwinning op vegetatie”: leerkrachtencursus**

Op de volgende pagina's is de leerkrachtencursus toegevoegd van het STEM-lessenpakket “De impact van grondwaterwinning op vegetatie” dat in het kader van deze educatieve masterproef werd ontwikkeld.

# De impact van grondwaterwinning op vegetatie

*Leerkrachtencursus*

## Inhoud

1.	Grondwater .....	3
1.2	De leerlingen kunnen abiotische en biotische factoren aan de hand van concrete situaties vaststellen. ....	3
LD1.2A	De leerlingen kunnen de basisbegrippen hydrologische cyclus, oppervlaktewater, infiltratie, poriën, aquitard, grondwater, doorlatendheid, aquifer, verzadigde zone, onverzadigde zone en grondwatertafel verklaren. ....	3
1.1	Wat is grondwater? .....	3
1.2	Is al het water in de grond grondwater? .....	4
1.3	Welke bodems zijn goed doorlatend? .....	6
1.4	Uitbreiding: wat veroorzaakt grondwaterstroming? .....	6
1.5	Uitbreiding: Hoe kan je het debiet van grondwaterstroming berekenen? .....	9
2.	Grondwaterafhankelijke vegetatie .....	11
1.2	De leerlingen kunnen abiotische en biotische factoren aan de hand van concrete situaties vaststellen. ....	11
LD1.2F	De leerlingen kunnen uitleggen wat abiotische factoren en standplaatskarakteristieken zijn en kunnen hiervan voorbeelden geven .....	11
LD1.2G	De leerlingen kunnen de invloed van grondwater op de standplaatskarakteristieken van grondwaterafhankelijke vegetatie bespreken. ....	11
2.1	Wat bepaalt of een plant op een bepaalde plaats kan groeien? .....	11
2.2	Wat is de invloed van grondwater op de standplaatskarakteristieken? .....	13
2.3	Wat is het belang van grondwaterafhankelijke vegetatie voor andere organismen? .....	15
2.4	Waar vind je grondwaterafhankelijke vegetatie? .....	17
3.	Verdroging .....	18
3.1	Wat is verdroging en hoe wat zijn de oorzaken van verdroging? .....	18
3.2	Wat zijn de gevolgen van verdroging? .....	19
4.	Milieueffecten bepalen met ICT-tools .....	20
4.1	Geopunt .....	20
4.1.1	Algemene indeling Geopunt .....	21
4.1.2	Kaarten .....	21

4.1.3	Jouw geselecteerde kaarten.....	23
4.1.4	Achtergrond wijzigen.....	24
4.1.5	Zoekbalk .....	25
4.1.6	Tools: meten, tekenen en hoogteprofiel opvragen .....	26
4.2	Berekeningsinstrument bemalingen .....	27
4.2.1	Introductie .....	27
4.2.2	Handleiding.....	28
5.	Veldwerk.....	32
5.1	Hoe gebruik je een grondboor? .....	32
5.2	Hoe bepaal je de bodemsoort? .....	33
5.3	Hoe identificeer je wilde planten met Obsidentify? .....	33
	Bibliografie .....	35
	Bijlagen .....	38
	Bijlage 1 Handleiding Obsidentify .....	38

# 1. Grondwater

Cursus gebaseerd op (Fitts, 2012).

## 5.4 De leerlingen kunnen op een bepaald schaalniveau, van lokaal via regionaal en fluviaal naar continentaal en mondiaal, milieueffecten bespreken a.h.v. concrete voorbeelden.

LD5.4A De leerlingen kunnen voorbeelden van milieueffecten geven van concrete ingrepen.

## 1.2 De leerlingen kunnen abiotische en biotische factoren aan de hand van concrete situaties vaststellen.

LD1.2A De leerlingen kunnen de basisbegrippen hydrologische cyclus, oppervlaktewater, infiltratie, poriën, aquitard, grondwater, doorlatendheid, aquifer, verzadigde zone, onverzadigde zone en grondwatertafel verklaren.

LD1.2B De leerlingen kunnen uitleggen hoe grondwater ontstaat.

LD1.2C De leerlingen kunnen het verschil tussen grondwater en bodemwater toelichten.

LD1.2D\* De leerlingen kunnen de oorzaak van grondwaterstroming uitleggen.

LD1.2E\* De leerlingen kunnen het debiet van grondwaterstroming berekenen (a.d.h.v. de wet van Darcy)

## 1.1 Wat is grondwater?

Het water op Aarde doorloopt een kringloop: de **hydrologische cyclus**. Het grootste deel van het water bevindt zich in de oceanen (96.5 %). Door de warmte van de Zon verdampt oceaانwater. De waterdamp stijgt op en koelt af, waardoor condensatie optreedt. Het water valt als regen terug op het aardoppervlak en vloeit deels af naar beken, rivieren en meren (**oppervlaktewater**). Een ander deel van het water dringt binnen in de bodem. Dit proces wordt **infiltratie** genoemd. De bodem bestaat uit deeltjes waartussen zich **poriën** (kleine openingen) bevinden die gevuld zijn met lucht of water. Onder invloed van de zwaartekracht sijpelt het water neerwaarts door de poriën tot het op een bodemlaag komt die water niet goed doorlaat, doordat de poriën te klein zijn. Zo'n ondoorlatende laag noemen we een **aquitard**. Het water verzamelt zich boven de aquitard en vormt een laag waarin alle poriën met water gevuld zijn: een **aquifer**. Het water in de aquifer noemen we **grondwater**. De grens tussen de poriën die met water zijn gevuld en de met lucht gevulde poriën erboven, noemen we de **grondwatertafel**.

## Achtergrondinformatie

Onderstaande tabel en figuur geven de verdeling van het water over de verschillende reservoirs en fluxen op Aarde (Maidment, 1993).

Reservoir	Percent of All Water	Percent of Fresh Water
Oceans	96.5	
Ice and snow	1.8	69.6
Groundwater:		
Fresh	0.76	30.1
Saline	0.93	
Surface water:		
Fresh lakes	0.007	0.26
Saline lakes	0.006	
Marshes	0.0008	0.03
Rivers	0.0002	0.006
Soil moisture	0.0012	0.05
Atmosphere	0.001	0.04
Biosphere	0.0001	0.003

Source: Maidment (1993).

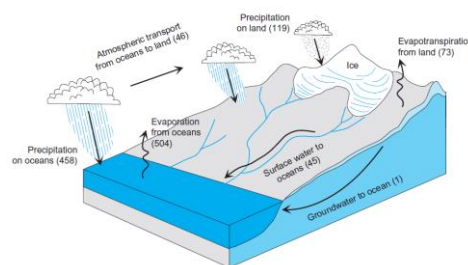


Figure 1.3 Global hydrologic cycle. Numbers in parentheses are total global fluxes in thousands of km<sup>3</sup>/yr. Data from Maidment (1993).

- Zonne-energie is de drijfveer voor de hydrologische cyclus: door zonlicht warmt het water op, verdampt het en circuleert het in de atmosfeer.
- Evapotranspiratie omvat verdamping van water vanuit oppervlaktewater (evaporatie) en door planten (transpiratie). Doordat ze moeilijk apart te meten zijn, worden ze meestal samengenomen.

- Bijna drie kwart van het aardoppervlak is bedekt met water. Dat lijkt veel, maar een groot deel van dat water is niet bruikbaar voor ons.
- Van al het water is maar 2,5% zoetwater. De rest is zeewater.
- Van het zoetwater is er zelfs minder dan 1% die wij kunnen gebruiken. De rest van het zoetwater is opgeslagen als landijs, diep grondwater waar we niet bij kunnen.
- De hoeveelheid zoetwater op Aarde blijft even groot. Er stroomt elke dag zoetwater in zee via de rivieren, maar na verdamping en wolkenvorming komt het terug op Aarde terecht in de vorm van regen en sneeuw.
- Waarom moeten we dan toch spaarzaam zijn met water? Onze voorraad water wordt altijd weer aangevuld, maar voor sommige delen van die voorraad, zoals grondwater, duurt het erg lang om ze terug aan te vullen. Als we al ons grondwater zouden opgebruiken, zou het 1400 jaar duren voor het weer volledig aangevuld wordt!
- Het is dus beter als we oppervlaktewater (rivieren, meren) gebruiken. Ook hier mogen we echter niet te veel van gebruiken, omdat het anders problemen zou geven voor dieren en planten die water nodig hebben om te overleven.
- Er zijn nog andere redenen waarom er waterschaarste kan zijn
  - De bevolking groeit, waardoor de hoeveelheid water per persoon vermindert. Azië heeft bijvoorbeeld de grootste hoeveelheid zoetwater van alle continenten, maar de kleinste hoeveelheid per inwoner.
  - Sommige gebieden op Aarde hebben minder beschikbaar zoetwater, bijvoorbeeld de landen in woestijnregio's zoals de Sahara of het Midden-Oosten.
  - In sommige landen valt de regen bijna volledig in een regenseizoen. In die periode voeren de rivieren dan veel water af naar zee. In het droge seizoen kan er dan watertekort zijn.
  - Door vervuiling van het water kan de beschikbaarheid van het water ook verminderen.
  - Door klimaatverandering worden droogtes extremer dan ze nu al zijn.

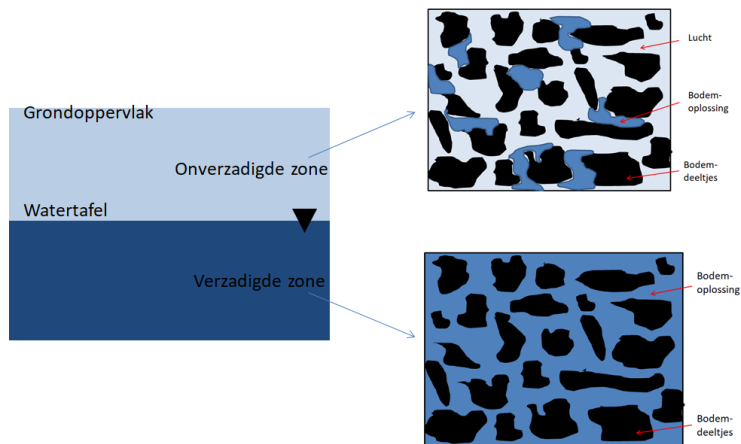
(Van der Bruggen, 2009)

### Didactische wenken

- Deze leerstof leent zich goed tot een onderwijsleergesprek, omdat de leerlingen hierover al vrij veel kennis bezitten. Mogelijke vragen voor de leerlingen zouden kunnen zijn:
  - Waar vinden we overal water op Aarde?
  - Teken een taartdiagram met de verdeling van het water op Aarde?
  - Teken een taartdiagram met de verdeling van het zoetwater op Aarde?
  - Waarom zit er water in de grond? Hoe komt dat water daar?
- Een mogelijke context om het onderwijsleergesprek in te kaderen is (drink)watertekort. Stel de leerlingen de vraag: kan het water op Aarde ooit opraken? Als het water door de hydrologische cyclus steeds wordt aangevuld, waarom is er dan toch gevaar op droogte, zelfs in Vlaanderen waar het relatief vaak regent?

## 1.2 Is al het water in de grond grondwater?

De ondergrond wordt ingedeeld in twee zones: de **onverzadigde zone** en de **verzadigde zone**. De onverzadigde zone bevindt zich boven de grondwatertafel. De poriën tussen de bodemdeeltjes zijn hier gevuld met lucht en water. Het water wordt er vastgehouden door de aantrekkingskrachten tussen de bodemdeeltjes en de watermoleculen (capillaire krachten). Dit water noemen we geen grondwater, maar **bodemwater**. De verzadigde zone bevindt zich onder de grondwatertafel. Hier zijn alle poriën gevuld met water. Dit water noemen we grondwater.



**Figuur 1** Schematische weergave van de onverzadigde en verzadigde zone in de bodem

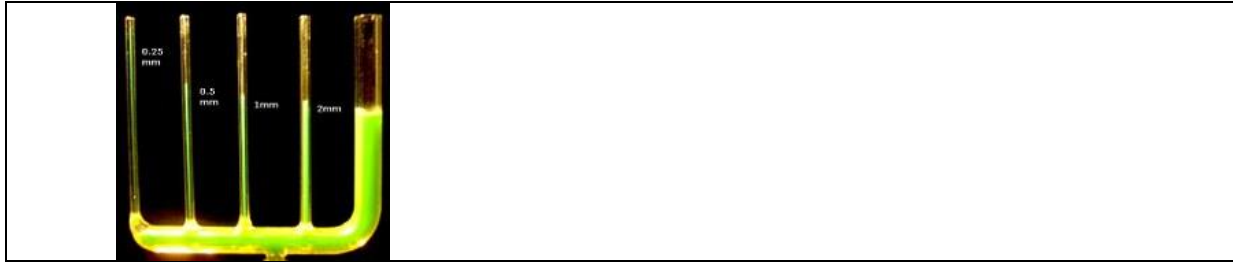
#### Achtergrondinformatie

- De watertafel vormt de grens tussen de onverzadigde (ook wel vadose) zone en de verzadigde (ook wel freatische) zone.
- Bij de watertafel is de poriewaterdruk gelijk aan de atmosferische druk (indien de atmosferische druk sterker zou zijn, zou het water naar beneden geduwd worden; indien de poriewaterdruk sterker zou zijn, zou het water omhoog gezogen worden).
- De watertafel wordt aangeduid met het symbool ▼ en krijgt ook wel de namen vrij oppervlak en freatisch oppervlak.
- Capillaire werking is een gevolg van de adhesiekrachten tussen watermoleculen en de moleculen van de poriën (elektrostatische aantrekking tussen de polen van water en de ladingen van de bodemdeeltjes).

#### Didactische wenken

- Om de leerlingen meer autonomie te geven en daardoor intrinsieke motivatie aan te wakkeren is het bieden van keuzemogelijkheden een effectief middel (Vansteenkiste & Soenens, 2015). Laat de leerlingen kiezen op welke manier ze de leerstof verwerven: door de instructie van de leerkracht te volgen, door zelfstandig de cursus door te nemen en deze samen te vatten in schema's of door instructievideo's te bekijken. In dit lessenpakket zijn geen instructievideo's opgenomen, maar als leerkracht kan je deze eenvoudig zelf opnemen met behulp van tools zoals Loom of Screencastify. Met Edpuzzle en Screencastify is het mogelijk om vragen aan de video toe te voegen. Dat is een manier om te zorgen dat de leerlingen die zelfstandig werken, de leerstof ook voldoende actief verwerken (net zoals het maken van schema's).
- Het gebruik van een niet-linguïstische representatie van de verzadigde en onverzadigde zone (zoals bij Figuur 1) versterkt het inzicht van de leerlingen in deze concepten (Valcke, 2019).
- Capillariteit kennen de leerlingen normaal gezien uit de lessen fysica of chemie. Dit verschijnsel kan eenvoudig gedemonstreerd worden, bv. zoals te zien op onderstaande afbeelding (Departement Natuurkunde en Sterrenkunde. KU Leuven, 2020).





### 1.3 Welke bodems zijn goed doorlatend?

Aquitards zijn slecht doorlatende lagen doordat de poriën tussen de bodemdeeltjes zo klein zijn dat het water veel hinder ondervindt wanneer het erdoor sijpelt. De poriën zijn klein, omdat de bodemdeeltjes ook kleiner zijn dan de bodemdeeltjes van goed doorlatende lagen. In een doos gevuld met voetballen is er ook veel meer ruimte tussen de deeltjes dan in een doos met knikkers. Bodems verdelen we in klassen op basis van hun korrelgrootte. In Tabel 1 zie je dat kleibodems de kleinste korrels hebben en dus het slechtst doorlatend zijn. Zand en grind zijn daarentegen goed doorlatend.

Tabel 1 Bodemsoorten en hun korrelgrootte (United States Department of Agriculture (USDA), 1987)

Bodemsoort	Korrelgrootte (mm)
Klei	<0.002
Leem	0.002 – 0.05
Zand	0.05 – 2.0
Grind	>2.0

#### Achtergrondinformatie voor de leerkracht

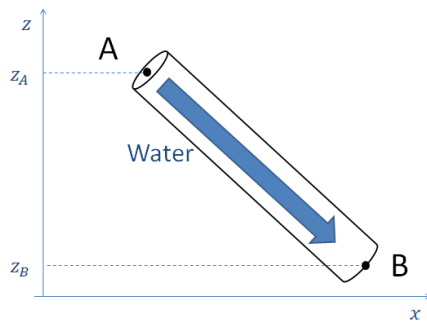
- De snelheid van infiltratie hangt van verschillende factoren af: een goede doorlatendheid van de bodem (door grote poriën), een laag vochtgehalte van de bodem en een onverharde bodem bevorderen infiltratie.

#### Didactische wenken

- Een mogelijke context voor deze leerstof is de bruikbaarheid van bodems voor landbouw. Op kleigrond, zoals in de polders, blijft water staan, waardoor akkerbouw er niet goed lukt. Zandgronden zijn beter geschikt, omdat water er sneller infiltreert. Leem is het vruchtbaarst, aangezien het water vasthoudt zonder te nat te worden.

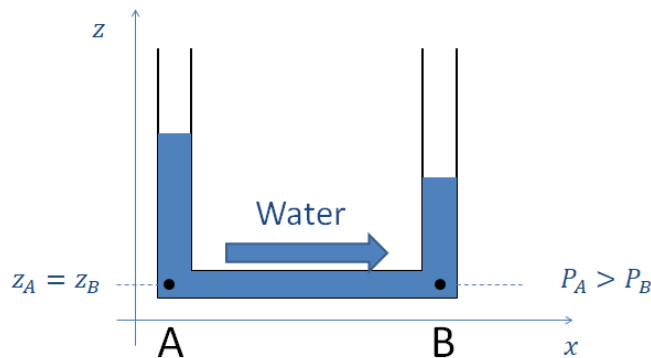
### 1.4 Uitbreiding: wat veroorzaakt grondwaterstroming?

Grondwater bevindt zich meestal niet in rust t.o.v. de bodem, maar stroomt. Om te begrijpen waarom grondwater van een punt A naar een punt B stroomt, bekijken we eerst een eenvoudige situatie (Figuur 2). Het water stroomt van punt A naar B onder invloed van de zwaartekracht, omdat de hoogte van punt A ( $z_A$ ) groter is dan de hoogte van punt B ( $z_B$ ).



**Figuur 2** Stroming van water door een buis van een grotere naar lagere hoogte

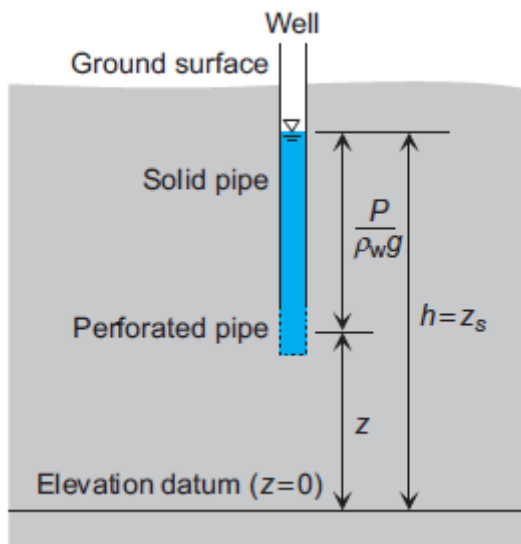
Op Figuur 3 stroomt het water ook van A naar B, terwijl A en B zich op dezelfde hoogte bevinden ( $z_A = z_B$ ). Punt A bevindt zich onder een hogere waterkolom dan punt B, waardoor de druk in A ( $P_A$ ) groter is dan de druk in B ( $P_B$ ). In dit voorbeeld stroomt het water dus niet door een verschil in hoogte, maar door een verschil in druk.



**Figuur 3** Stroming van water door een buis van een hogere naar lagere druk

Net zoals oppervlaktewater in beken of rivieren kan grondwater met een bepaalde snelheid stromen. Zoals we hierboven zagen, kan zowel een hoogteverschil als een drukverschil grondwaterstroming veroorzaken. We zullen vanaf nu de hoogte en de druk samen nemen in 1 grootheid: de stijghoogte  $h = z + \frac{P}{\rho_w g}$  met als eenheid meters ( $m$ ). Hierbij is  $z$  de hoogte (eenheid:  $m$ ) ten opzichte van een gekozen referentiehoogte (waar hoogte  $z = 0 m$ ),  $P$  de druk (eenheid:  $Pa$ ),  $\rho_w$  de massadichtheid van water (eenheid:  $\frac{kg}{m^3}$ ) en  $g$  de zwaarteveldsterkte ( $9.81 \frac{N}{kg}$ ). De druk wordt gedeeld door  $\rho_w g$  zodat we een term met als eenheid  $m$  bekomen die we kunnen optellen bij  $z$ . Hoe groter de druk en de hoogte, hoe groter de stijghoogte. Grondwater stroomt steeds van een grotere naar een kleinere stijghoogte.

De stijghoogte van het grondwater op een bepaald punt wordt gemeten door een pijp met gaatjes aan de onderkant in de bodem te installeren: een piëzometer. De hoogte tot waar het grondwater stijgt in de piëzometer is de stijghoogte.



Figuur 4 Piëzometer (Fitts, 2012)

### Achtergrondinformatie voor de leerkracht

- De formule voor de stijghoogte is afgeleid uit de Bernoulli-vergelijking (en de wet van behoud van energie). Stijghoogte is daarbij gelijk aan de mechanische energie, gedeeld door de massa en de zwaarteveldsterkte. De volledige formule voor de stijghoogte is:

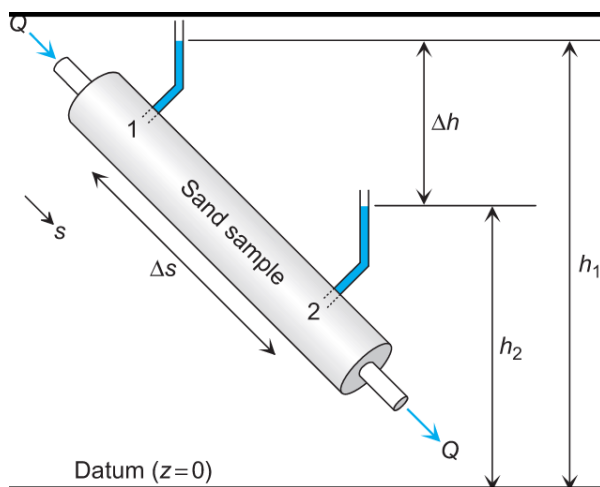
$$h = \frac{P}{\rho_w g} + z + \frac{v^2}{2g}$$

De laatste term (met de snelheid  $v$ ) is afgeleid van de kinetische energie van het water en is meestal verwaarloosbaar door de trage stroomsnelheid van het grondwater.

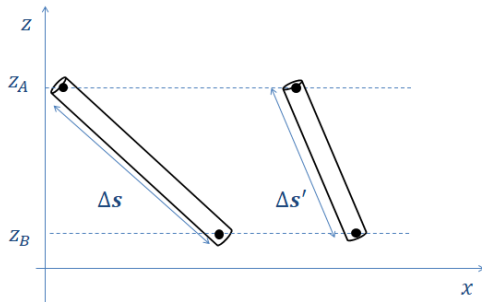
- Wanneer de stijghoogte tussen verschillende locaties vergeleken wordt, is het belangrijk om 1 referentiehoogte vast te leggen waar  $z = 0$ : de datum. Voor studies op een klein oppervlak is de datum meestal een arbitrair horizontaal oppervlak.
- Het principe van de piezometer berust op hydrostatica: er is geen stroming in de piezometer, waardoor we kunnen besluiten dat de stijghoogte overal in de waterkolom van de piezometer even groot is. Aan het wateroppervlak bovenaan is de stijghoogte volledig gelijk aan de hoogte t.o.v. de datum:  $h = z_s$ , de drukcomponent is er gelijk aan 0, omdat er zich geen waterkolom boven dit punt bevindt. We weten dus dat de stijghoogte onderaan de piezometer ook gelijk is aan  $z_s$  en kunnen deze dan ook gemakkelijk bepalen door de hoogte van het water in de piezometer ( $z_s$ ) te meten.

## 1.5 Uitbreiding: Hoe kan je het debiet van grondwaterstroming berekenen?

We beschouwen een schuin opgestelde buis gevuld met zand waar we bovenaan water in gieten (Figuur 5). Het water stroomt van de bovenkant van de buis (punt 1) naar de onderkant (punt 2). Hoe sterk het grondwater stroomt, drukken we uit met het debiet  $Q$  (eenheid:  $\frac{m^3}{s}$ ).  $Q$  geeft aan hoeveel volume water (in  $m^3$ ) er per tijdseenheid (in  $s$ ) door een dwarsoppervlakte stroomt. Met twee kleinere buisjes meten we de stijghoogte op punt 1 ( $h_1$ ) en op punt 2 ( $h_2$ ). Hoe groter het verschil tussen  $h_1$  en  $h_2$ ,  $\Delta h$ , hoe groter  $Q$ . Hoe kleiner de afstand tussen punt 1 en 2,  $\Delta s$ , hoe groter  $Q$  (namelijk: hoe kleiner de afstand tussen 1 en 2, hoe steiler de helling van de buis, zoals je ziet op Figuur 6).



Figuur 5 Opstelling om de wet van Darcy af te leiden (Fitts, 2012)



**Figuur 6** Verband tussen de afstand  $\Delta s$  tussen twee punten en de steilheid van de helling: in de tweede situatie is de afstand tussen A en B kleiner, wat overeenkomt met een steilere helling steiler.

Er is een recht evenredig verband tussen  $\Delta h$  en  $Q$  en een omgekeerd evenredig verband tussen  $\Delta s$  en  $Q$ .

$$Q \sim \Delta h \tag{1}$$

$$Q \sim \frac{1}{\Delta s} \tag{2}$$

Uit 1) en 2) volgt dat:

$$Q \sim \frac{\Delta h}{\Delta s} \tag{3}$$

We kunnen dan ook schrijven dat  $Q$  gelijk is aan  $\frac{\Delta h}{\Delta s}$ , vermenigvuldigd met een constante  $K$  en de dwarsoppervlakte van de stroming  $A$  (eenheid:  $m^2$ ).

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta s} \tag{4}$$

We noemen 4) de wet van Darcy. De constante  $K$  noemen we de **hydraulische conductiviteit** of **doorlatendheid**.  $K$  wordt uitgedrukt in  $\frac{m}{s}$  en in de praktijk meestal in  $\frac{m}{dag}$ .  $K$  geeft aan hoe doorlatend de bodem is voor grondwaterstroming. Figuur 7 geeft  $K$  voor verschillende bodemsoorten.

Tabel 2.1: Globale horizontale doorlatendheid  $k$  in  $m/dag$

zwارة klei	$10^{-4}$	fijn zand	1-10
potklei	$10^{-3}$	duinzand	7
matig zware klei	$10^{-2}$	grof zand	30
zandige klei	0,05	zeer grof zand	80
keileem	0,05	uiterst grof zand	200
veen	$10^{-3} \cdot 10^{-1}$	fijn grind	$10^3 \cdot 10^4$
kleilig veen	0,005	grof grind	$10^4 \cdot 10^5$
sterk zandig veen	0,05		
leem/löss	0,05		
zandige leem	0,3		
lichte zavel	0,5		
teelaarde	5		
schelpen	30		

**Figuur 7** Globale horizontale doorlatendheid  $K$  in  $\frac{m}{dag}$  (Bot, 2011)

#### Achtergrondinformatie voor de leerkracht

- De formule voor  $Q$  werd hierboven afgeleid voor stroming in de  $s$ -richting: de richting waarin de schuine buis uit de proefopstelling van Figuur 5 is opgesteld. In de ondergrond wordt  $Q$  opgesplitst in een horizontale component  $Q_x = K_h \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta x}$  en een verticale  $Q_z = K_v \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta z}$ . De horizontale conductiviteit  $K_h$  is doorgaans groter dan de verticale conductiviteit  $K_v$ .
- In bovenstaande afleiding wordt voor de eenvoudigheid abstractie gemaakt van het toestandsteken van het verschil in stijghoogte: eigenlijk is de formule voor het debiet

$Q_x = -K_h \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta x}$ . Om een stroming volgens de zin van de  $x$ -as te krijgen, van  $x_1$  naar  $x_2$  ( $\Delta x = x_2 - x_1 > 0$ ), moet  $h_1 > h_2$  en dus  $\Delta h = h_2 - h_1 < 0$ . In dat geval is  $K_h \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta x} < 0$ . Daarom moet  $Q_x = -K_h \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta x}$  om een positief debiet met de zin van de  $x$ -as te laten samenvallen.

Didactische wenken

- Voor leerlingen met interesse in fysica kan mogelijk een link gelegd worden met andere transportvergelijkingen, waarbij ook een stromingsvariabele berekend wordt door het product van een potentiaalverschil en een parameter die een vorm van conductiviteit voorstelt. Voorbeelden zijn de wet van Ohm  $I = \frac{U}{R}$  en de vergelijking van warmtetransport  $Q = -k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$ .

## 2. Grondwaterafhankelijke vegetatie

**1.2 De leerlingen kunnen abiotische en biotische factoren aan de hand van concrete situaties vaststellen.**

LD1.2F De leerlingen kunnen uitleggen wat abiotische factoren en standplaatskarakteristieken zijn en kunnen hiervan voorbeelden geven.

LD1.2G De leerlingen kunnen de invloed van grondwater op de standplaatskarakteristieken van grondwaterafhankelijke vegetatie bespreken.

### 2.1 Wat bepaalt of een plant op een bepaalde plaats kan groeien?

De **vegetatie** (ofwel alle planten die op een bepaalde locatie groeien) wordt beïnvloed door verschillende abiotische en biotische factoren. **Abiotische factoren** zijn niet-levende factoren, zoals het vochtgehalte van de bodem, de concentraties van voedingsstoffen (**nutriënten**) in de bodem en de hoeveelheid zonlicht. **Biotische factoren** zijn levende factoren, zoals insecten die de bloemen van een plant bestuiven of plantenetende organismen (herbivoren). Alle factoren samen die een bepaalde plantensoort nodig heeft om te kunnen groeien, noemen we de **standplaats** (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

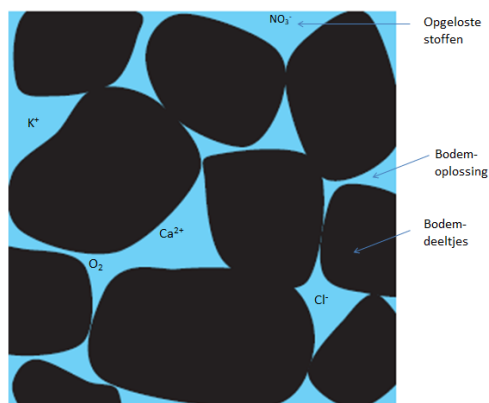
De verschillende factoren van de standplaats noemen we ook wel de **standplaatskarakteristieken**. Hieronder worden enkele belangrijke standplaatskarakteristieken opgesomd (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

- De mate waarin het terrein direct zonlicht krijgt (ofwel de lichtintensiteit. Dit is meetbaar in de vorm van de stralingsflux: de hoeveelheid zonne-energie per tijdseenheid per oppervlakte, uitgedrukt in  $\frac{W}{m^2}$ ). Planten hebben nood aan zonlicht om aan fotosynthese te kunnen doen.
- Het aantal uren zonlicht per dag. Dit kan sterk verschillen naargelang het seizoen.
- De windsnelheid
- De temperatuur

- De CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht
- De luchtvochtigheid

De belangrijkste standplaatskarakteristieken zijn echter gelinkt aan de bodem:

- De concentratie nutriënten in de bodem. We maken een onderscheid tussen macronutriënten en micronutriënten. Planten hebben de **macronutriënten** stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) in relatief grote hoeveelheden nodig om te overleven. Van **micronutriënten** zoals zink (Zn), ijzer (Fe) en molybdeen (Mo) hebben planten veel kleinere hoeveelheden nodig. Planten nemen nutriënten op uit de **bodemoplossing** (Figuur 8): het water dat zich in de bodemporiën bevindt waarin allerlei stoffen zijn opgelost. De nutriënten komen voor in de bodemoplossing als ionen (geladen deeltjes).



Figuur 8 Schematische voorstelling van de bodemoplossing

- Naast nutriënten zijn in de bodemoplossing ook hydroxoniumionen ( $H_3O^+$ ) en hydroxide-ionen ( $OH^-$ ) opgelost. De concentraties van deze ionen bepalen de **pH** of de zuurtegraad van de bodem.
- Het **bodemvochtgehalte** is de hoeveelheid water die een bepaald volume bodem bevat. Een grootte die dit uitdrukt, is de **volumetrische waterinhoud**  $\theta$ .  $\theta = \frac{V_w}{V_t}$ , waarbij  $V_w$  het volume water in een gegeven bodemvolume  $V_t$  is.  $V_t$  is het totale volume bodem en omvat dus het volume van de bodemdeeltjes, het volume bodemoplossing en het volume lucht in de poriën.
- De beschikbaarheid van **zuurstofgas** in de bodem. Planten doen niet enkel aan fotosynthese, maar ook aan **aerobe respiratie**. Daarbij worden suikers in de plantencellen verbrand met zuurstofgas om energiedragende moleculen zoals ATP te verkrijgen. Het zijn de plantenwortels die zuurstofgas opnemen uit de bodemporiën.

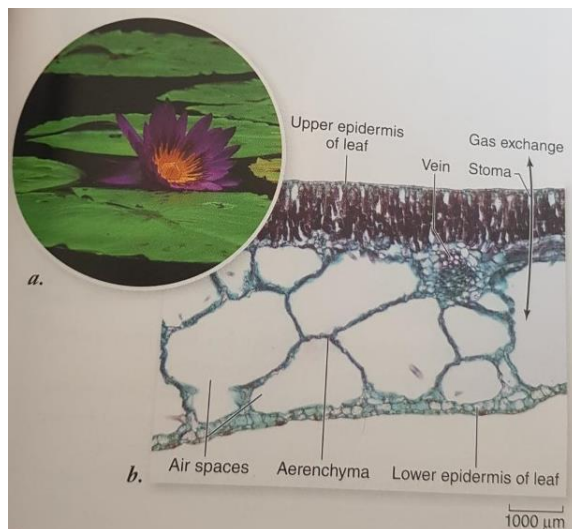
#### Didactische wenken

- Fotosynthese, aerobe respiratie en pH zijn hier belangrijk als voorkennis voor de leerlingen. Activeer die voorkennis aan het begin van de les met enkele vragen die de leerlingen klassikaal of zelfstandig moeten beantwoorden, zoals:
  - Geef de reactievergelijking van fotosynthese.
  - Wat is er nodig voor een plant om aan fotosynthese te kunnen doen?
  - Heeft een plant zuurstof nodig en waarom?
  - Welke oplossing heeft de hoogste pH: een azijn in water oplossing van 1 M, een zoutoplossing of een NaOH in water oplossing van 0.5 M.

## 2.2 Wat is de invloed van grondwater op de standplaatskarakteristieken?

We leerden al over het verschil tussen bodemwater en grondwater. Planten halen water en nutriënten meestal uit bodemwater via hun wortels. De diepte van de grondwatertafel (de **grondwaterstand**) heeft meestal geen rechtstreekse invloed op de vegetatie, maar wel indirect via andere standplaatskarakteristieken (Runhaar, Jalink, & Bartholomeus, 2011).

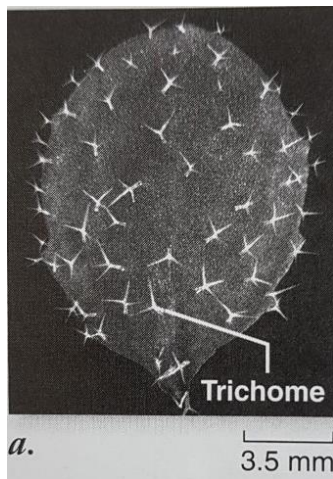
- Beschikbaarheid van zuurstofgas  
Wanneer de grondwaterstand tot in de wortelzone komt, worden alle poriën gevuld met water, waardoor de wortels minder zuurstofgas ter beschikking hebben. Sommige planten (**hygrofyten**) zijn daaraan aangepast en komen voor op plaatsen die tijdens het groeiseizoen verzadigd zijn met water. Hygrofyten bezitten bv. luchtweefsels. Dat zijn groepen van cellen met grote holtes gevuld met lucht, die planten gebruiken om zuurstofgas o.a. naar de wortels te transporteren (Figuur 9).



Figuur 9 Luchtweefsel in de bladeren van waterlelies (Raven, Johnson, Mason, Losos, Jonathan, & Singer, 2014)

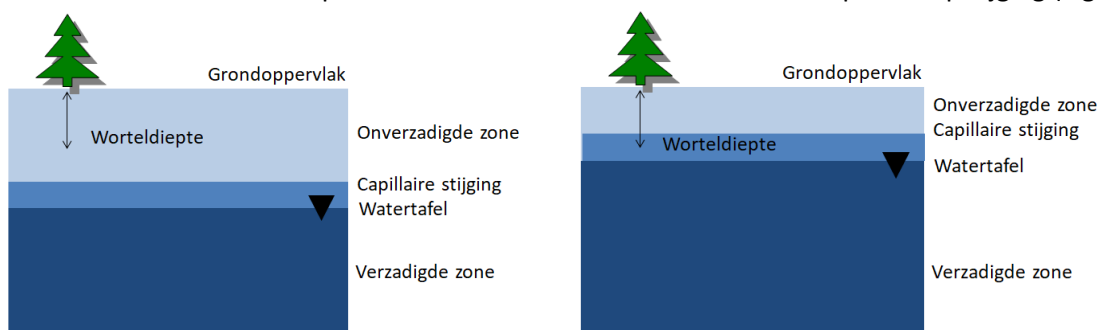
- Zuurtegraad en concentraties van nutriënten  
Ook deze standplaatskarakteristieken kunnen worden beïnvloed door de grondwaterstand. Hierop gaan we niet dieper in.
- Bodemvochtgehalte  
**Xerofyten** zijn planten die voorkomen op droge standplaatsen met een laag bodemvochtgehalte. Xerofyten hebben zich aangepast aan droogte door bv. wateropslag of haren op de bladeren (trichomen) die de huidmondjes afschermen, waardoor er minder gemakkelijk water verdampt.





Figuur 10 Trichomen (Raven, Johnson, Mason, Losos, Jonathan, & Singer, 2014)

Planten die voorkomen op plaatsen met meer bodemvocht, hebben deze aanpassingen niet en worden **mesofyten** genoemd. Het bodemvochtgehalte wordt bepaald door de hoeveelheid regen die valt en het type bodem. Zandbodems zijn meestal droger, omdat het water snel infiltreert, terwijl leembodems meestal meer vocht vasthouden. In bodems die weinig vocht vasthouden, is de diepte van de grondwatertafel erg belangrijk. Vanuit de grondwatertafel stijgt er namelijk water op door de aantrekkingskrachten van de bodempartikels op het water: **capillaire opstijging**. Bij een te diepe grondwatertafel kunnen de wortels van de planten echter niet aan het water van de capillaire opstijging (Figuur 11).



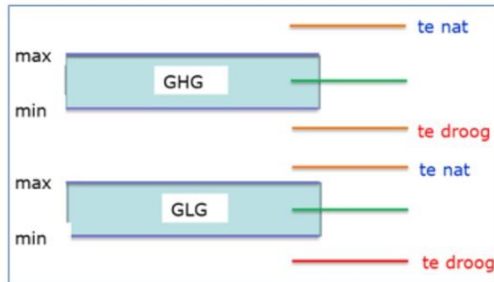
Figuur 11 Invloed van grondwaterstand op bodemvochtgehalte. In de tweede situatie kan de vegetatie water opnemen uit de zone van de capillaire stijging, doordat de grondwaterstand hoger is.

De grondwaterstand heeft dus een invloed op verschillende standplaatskarakteristieken. Dat zorgt ervoor dat alle vegetaties in Vlaanderen wel op een bepaalde manier beïnvloed worden door de grondwaterstand. Bij sommige vegetatietypes is de invloed van het grondwater zo groot, dat je de vegetatietypes niet vindt op plaatsen waar het grondwater dieper dan 2 m onder het maaiveld wegzakt. Die vegetatietypes worden **grondwaterafhankelijke vegetaties** genoemd (Van Daele, Herr, Adriaens, Raman, & De Becker, 2016).

#### Achtergrondinformatie voor de leerkracht

- Andere aanpassingen aan een te laag zuurstofgehalte zijn oppervlakkige beworteling, pas laat in het groeiseizoen actief worden (wanneer de grondwaterstanden alweer zijn gedaald).
- Andere aanpassingen aan een te laag vochtgehalte zijn een scleromorfe (skeletachtige) bouw of het vermijden van perioden met droogte.
- Capillaire stijging is sterk bodemafhankelijk en varieert van 30 cm in zware klei en veen tot 1.5 m in lemig fijn zand (Van Daele, Herr, Adriaens, Raman, & De Becker, 2016).

- Ook zuurtegraad en voedselrijkdom zijn afhankelijk van de grondwaterstand.
- De grondwaterstand varieert door het jaar heen, afhankelijk van de neerslag. Hogere grondwaterstanden vinden we in de winter, lagere grondwaterstanden in de zomer. Daarom wordt een standplaats beschreven door de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG). De GHG wordt bepaald door gedurende minstens 7 jaar per jaar het gemiddelde van drie hoogste grondwaterstanden te nemen en daarvan het gemiddelde te bepalen (analoog voor GLG) (ANB, n.d.).
- Zowel een te grote afwijking van de GLG als van de GHG kan vegetatie in de problemen brengen. Voor beide zijn er bepaalde grenswaarden waarbinnen een plantensoort kan gedijen (ANB, n.d.).



Figuur 12 Grenswaarden GHG en GLG (ANB, n.d.)

### 2.3 Wat is het belang van grondwaterafhankelijke vegetatie voor andere organismen?

LD1.4 De leerlingen kunnen voorbeelden geven van de impact van grondwaterafhankelijke vegetatie op andere organismen (bv. voedselrelaties).

Als de grondwaterstand te laag is voor de grondwaterafhankelijke vegetatie, heeft dat niet alleen een invloed op de grondwaterafhankelijke vegetatie. Alle organismen die op de een of andere manier afhankelijk zijn van deze vegetatie, zullen een negatieve invloed ondervinden als de grondwaterafhankelijke vegetatie verdwijnt.

Organismen kunnen afhankelijk zijn van grondwaterafhankelijke vegetatie voor hun voeding, hun voortplanting, hun woonplaats ... Die relaties tussen organismen en vegetatie zijn allemaal biotische interacties (interacties tussen organismen). Hieronder volgen enkele voorbeelden:

#### 1) Voortplanting

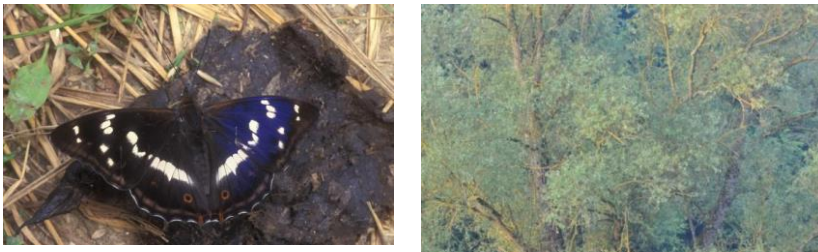
De Hoogveenglanslibel is voor zijn voortplanting afhankelijk van veenmossen, omdat zijn larven daarin leven. Het is voor de larven van de Hoogveenglanslibel veel moeilijker om op andere locaties te overleven, onder andere omdat ze daar meer concurrentie krijgen van andere libellensoorten (De Vlinderstichting, n.d.). Veenmossen groeien in bodems die steeds volledig verzadigd zijn met water en zijn dus erg gevoelig voor een daling in de grondwaterstand (Natura 2000, Agentschap Natuur & Bos, Instituut Natuur- en Bosonderzoek, n.d.).



Figuur 13 De hoogveenglanslibel en veenmossen (Inverde, INBO & ANB, n.d.) (Natura 2000, Agentschap Natuur & Bos, Instituut Natuur- en Bosonderzoek, n.d.).

## 2) Waardplant

De Grote weerschijnvlinder zet haar eitjes af op de bladeren van de Boswilg bij een hoge luchtvochtigheid. De rupsen van de vlinder eten van de bladeren van de Boswilg en overwinteren en verpoppen in de boom. De Grote weerschijnvlinder is dus voor een groot deel van haar leven afhankelijk van de Boswilg: we noemen deze plant daarom een **waardplant** voor de Grote weerschijnvlinder. De Boswilg groeit onder andere in vochtige bossen, die afhankelijk zijn van een hoge grondwaterstand (Inverde, INBO & ANB, n.d.).



Figuur 14 Grote weerschijnvlinder en Boswilg (Inverde, INBO & ANB, n.d.)

De insecten die afhankelijk zijn van grondwaterafhankelijke vegetatie, vormen dan weer voedsel voor andere organismen, zoals de vuursalamander (Figuur 15). Volwassen vuursalamanders voeden zich met landslakken, miljoenpoten, regenwormen, spinnen en rupsen. Vuursalamanders komen enkel voor in bossen waar grondwater aan de oppervlakte komt (bronbossen) en zijn erg gevoelig voor watervervuiling of daling van de grondwaterstand (Inverde, INBO & ANB, n.d.).



Figuur 15 Vuursalamander en bronbos (Inverde, INBO & ANB, n.d.)

### Didactische wenken

- Deze leerstof kan gemakkelijk gelinkt worden aan een herhaling van de leerstof over trofische relaties (voedselketen, voedselpiramide ...). Indien meer tijd voorhanden, kunnen de leerlingen een opzoekopdracht krijgen om een voedselweb te maken van organismen in grondwaterafhankelijke habitats.

### Achtergrondinformatie

- Het begrip veen kan twee betekenissen hebben. Het verwijst enerzijds naar een grondsoort, opgebouwd uit zeer langzaam afbrekend organisch materiaal. De trage afbraak wordt veroorzaakt doordat veengronden verzadigd zijn met water en daardoor een lage concentratie opgeloste zuurstof kennen. Hierdoor is er enkel anaerobe bacteriële afbraak mogelijk. Anderzijds verwijst veen naar een ontwikkelingsstadium bij verlanding: het proces waarbij open water overgaat in moeras en uiteindelijk een nat bos. In die betekenis verwijst veen dus naar de volledige biotoop die zich op de veengrond ontwikkelt (Inverde, INBO & ANB, n.d.).
- Veen is erg gevoelig voor verstoringen van de waterhuishouding. Bij oppervlakkige verdroging zal de mineralisatie (aerobe afbraak) toenemen en daardoor ook eutrofiëring. Grassen krijgen hierdoor de kans om te groeien en de successie naar struweel of bos wordt versneld, waardoor de veenvegetatie in de verdrinking komt (Natura 2000, Agentschap Natuur & Bos, Instituut Natuur- en Bosonderzoek, n.d.).
- Meer voorbeelden van organismen die afhankelijk zijn van een grondwatergevoede habitat zijn de freatofyten zoals Waterviolier, Dotterbloem, Holpijp, Goudveil en Bittere veldkers en devissen Beekprik en Rivierdonderpad. Meer informatie daarover is te vinden via <https://www.ecopedia.be/natuurstreefbeeld/natuurstreefbeeld-bronbos-91e0vc>.

## 2.4 Waar vind je grondwaterafhankelijke vegetatie?

De meest zeldzame en biodiverse natuur in Vlaanderen is te vinden in twee types beschermde natuurgebieden: habitatrictlijngebieden en VEN-gebieden (VEN: Vlaams Ecologisch Netwerk). De Habitatrictlijn is een wet van de Europese Unie die de bijzonderste habitats in Europa moet beschermen. Deze habitats hebben allemaal een naam en een code. Ze bevatten specifieke planten- en diersoorten die in stand gehouden moeten worden. Vaak overlappen habitatrictlijngebieden en VEN-gebieden.

Sommige van de habitats bevatten grondwaterafhankelijke vegetatie. Het Vlaamse Agentschap voor Natuur en Bos heeft een lijst gemaakt waarin je kan vinden of een habitat grondwaterafhankelijk is of niet. Hieronder zie je een voorbeeld van die lijst (ANB, n.d.).

Habitattype	Subtype	Verkorte naam	Grondwaterafhankelijk
1130		estuaria	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
1140		slik- en zandplaten	niet grondwatergevoed
1310	1310_pol	binnendijkse zeekraalvegetatie	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1310	1310_zk	buitendijks laag schor	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1310	1310_zv	buitendijks hoog schor	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1320		slijkgrasvelden	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding

Figuur 16 Grondwaterafhankelijkheid van habitats (ANB, n.d.).

### 3. Verdroging

#### **5.4 De leerlingen kunnen op een bepaald schaalniveau, van lokaal via regionaal en fluviaal naar continentaal en mondiaal, milieueffecten bespreken a.h.v. concrete voorbeelden.**

LD5.4B De leerlingen kunnen het concept verdroging omschrijven en dit situeren op regionale schaal.

#### **5.7 De leerlingen kunnen van de bestudeerde milieueffecten de oorzaken en gevolgen bespreken.**

LD5.7A De leerlingen kunnen mogelijke oorzaken van verdroging bespreken (bemaling, drinkwaterwinning ...).

LD5.7B De leerlingen kunnen mogelijke gevolgen van verdroging bespreken (impact op vegetatie, zettingen ...).

### 3.1 Wat is verdroging en hoe wat zijn de oorzaken van verdroging?

Verdroging betekent dat het grondwaterpeil daalt en de hoeveelheid water in de bodem vermindert door de invloed van de mens. Verdroging wordt grotendeels veroorzaakt door een te groot watergebruik, waarbij grondwater wordt opgepompt (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

- Het meeste grondwater (65% van het totale verbruik) wordt gewonnen voor drinkwater voor de mens (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).
- Landbouwers pompen grondwater op om hun akkers te irrigeren of hun vee te drinken te geven (20%) (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).
- Sommige industriële activiteiten pompen grondwater op als koelwater of proceswater (12%) (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).
- Op bouwerven worden bemalingen uitgevoerd: het grondwater wordt opgepompt, zodat men in een droge bouwput kan werken.

Een andere oorzaak van verdroging is de steeds grotere verharde oppervlakte (zoals gebouwen, wegen ...), die ervoor zorgt dat het regenwater niet vlot kan infiltreren. Bovendien zijn er in Vlaanderen vele grachten aangelegd en werden beken rechtgetrokken, zodat regenwater snel wordt afgevoerd richting de zee en niet kan infiltreren (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

Ten slotte leidt ook de klimaatverandering tot verdroging. In de toekomst zal regen in kortere, heviger buien vallen, waardoor er meer water oppervlakkig afstroomt en niet infiltreert naar het grondwater. De droogteperiodes worden langer. Dat alles leidt tot dalende grondwaterstanden.

#### **Achtergrondinformatie**

- In 20 jaar tijd is de grondwaterstand in freatische (oppervlakkige) grondwaterlagen significant gedaald op 70% van de meetplaatsen. Dat is het gevolg van de opeenvolgende droogteperiodes in de periode 2017-2020 (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).
- In Vlaanderen valt er het hele jaar door ongeveer even veel neerslag, maar verdampt er meer water in de zomer. Daardoor stijgt de grondwaterstand in de winter en daalt die in de zomer. In recente decennia steeg de winterneerslag, maar ook de algemene temperatuur, waardoor er meer verdamping optrad (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).
- Het ruimtebeslag is de ruimte die we innemen door onze nederzettingen (huisvesting, commerciële doeleinden ...). In Vlaanderen is het ruimtebeslag 33,3 % en neemt het dagelijks met 5,1 ha toe. 45% van het ruimtebeslag is verhard (voor de helft wonen en transport) (Pisman, et al., 2021).
- De waargenomen klimaatverandering in België kan geraadpleegd worden via <https://klimaat.be/in-belgie/klimaat-en-uitstoot/waarmeningen>. De huidige waargenomen

opwarming in België bedraagt 1,9 °C (FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, 2021).

- De hogere temperaturen in Vlaanderen zorgen ervoor dat de lucht meer vocht kan bevatten (bij een hogere temperatuur neemt de maximale dampdruk van water namelijk toe). Daardoor duurt het langer voordat het gaat regenen, maar valt er bij een regenbui meer water. Dat vertaalt zich in langere periodes van zomerse droogte en een kleiner aantal, maar wel intensere regenbuien. Die hevigere regenbuien leiden tot minder aanvulling van de grondwaterstand, aangezien er in de bodem minder water kan infiltreren wanneer deze verzadigd is.

### 3.2 Wat zijn de gevolgen van verdroging?

Verdroging heeft verschillende mogelijke gevolgen (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

- Wanneer in natuurgebied de grondwaterstand daalt, worden grondwaterafhankelijke vegetatie en organismen bedreigd.
- Als er minder grondwater aan de oppervlakte komt, verandert ook de hoeveelheid en de chemische samenstelling van het oppervlaktewater. De pH kan dalen en de concentratie van verontreinigende stoffen kan toenemen. Dat bedreigt opnieuw de natuur en andere sectoren zoals scheepvaart en landbouw.
- Als grondwater wordt weggetrokken uit kleilagen, krimpen deze, waardoor de grond inzakt. Dit verschijnsel wordt zetting genoemd. Zettingen kunnen o.a. problemen veroorzaken doordat ze scheuren en barsten in huizen veroorzaken.

Verdroging kan op een zeer lokale schaal optreden, bijvoorbeeld wanneer de grondwaterstand daalt in een bos doordat er nabij grondwater wordt gewonnen. Verdroging kan ook op grotere, regionale schaal optreden, bijvoorbeeld wanneer 's zomers in grote delen van Vlaanderen de grondwaterstanden te laag zijn.

## 4. Milieueffecten bepalen met ICT-tools

### 5.6 De leerlingen kunnen de impact van milieu-ingrepen op de biodiversiteit aantonen met voorbeelden.

LD5.6A De leerlingen kunnen m.b.v. Geopunt verdrogingsgevoelige habitats lokaliseren.

LD5.6B De leerlingen kunnen de invloedstraal en het debiet van een grondwaterwinning bepalen met de VMM rekentool.

In dit deel leren we hoe je kan berekenen of bemalingen zullen leiden tot verdroging in een natuurgebied. Eerst leren we werken met de website Geopunt. Op die site kunnen we allerlei kaarten raadplegen en combineren om informatie te verkrijgen over de omgeving van het project. Daarna leren we een excelbestand gebruiken om twee belangrijke eigenschappen van bemalingen te berekenen: de invloedstraal en het debiet.

### 4.1 Geopunt

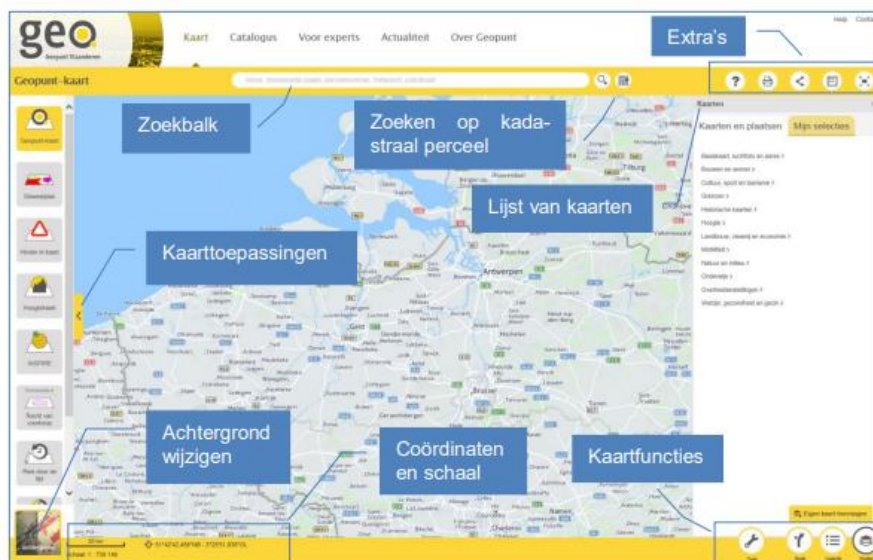
Hieronder vind je fragmenten die zijn overgenomen uit de handleiding van Geopunt (Informatie Vlaanderen, 2019).

### 4.1.1 Algemene indeling Geopunt

Wanneer je naar [www.geopunt.be](http://www.geopunt.be) gaat, krijg je onmiddellijk de kaart te zien.

Volgende onderdelen van de kaart kunnen we onderscheiden (zie *Figuur 1*)

- Lijst van kaarten: Voeg een of meerdere kaartlagen toe aan de huidige kaart (zie 2.1.1)
- Achtergrond wijzigen: Wijzig de achtergrond van je kaart naar een luchtfoto, de basiskaart of het stratenplan. (zie 2.1.1.3)
- Zoekbalk: Typ in de zoekbalk een adres, interessante plaats, perceelnummer, thema, ... in en vind wat je zoekt. (zie 2.1.3)
- Zoeken op kadastraal perceel (zie 2.1.4)
- Coördinaten en schaal (zie 2.1.5)
- Extra's: Helppagina's, printfunctionaliteit, kaartdelen-functionaliteit, overzichtskaart en volledig scherm functie. (zie 2.1.8)
- Kaartfuncties: Afstanden of oppervlaktes meten, routing, legende informatie,... (zie 2.1.6)
- Kaarttoepassingen: De kant-en-klare kaarttoepassingen over een thema zorgen er voor dat je niet meer zelf moet zoeken naar beschikbare kaarten over het onderwerp. (zie 2.1.9)



Figuur 1: GEOPUNT - de kaartonderdelen

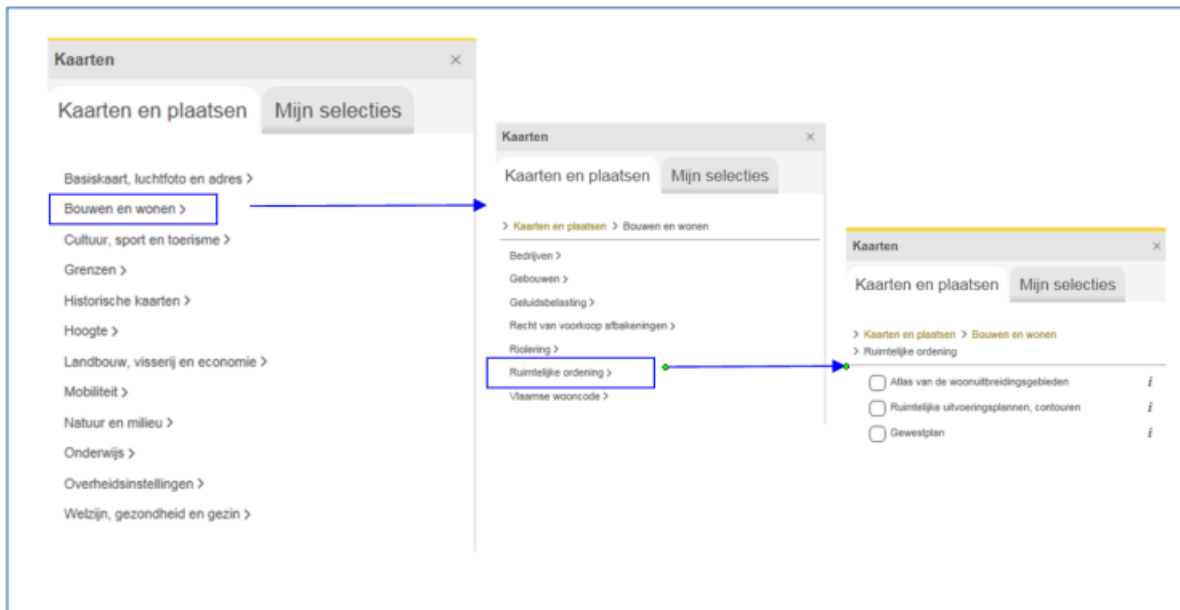
### 4.1.2 Kaarten

In de lijst van kaarten is het mogelijk om een keuze te maken uit een lijst van relevante thema's (geografische lagen en interessante plaatsen) en het gekozen thema als laag of als punten op de kaart te tonen.



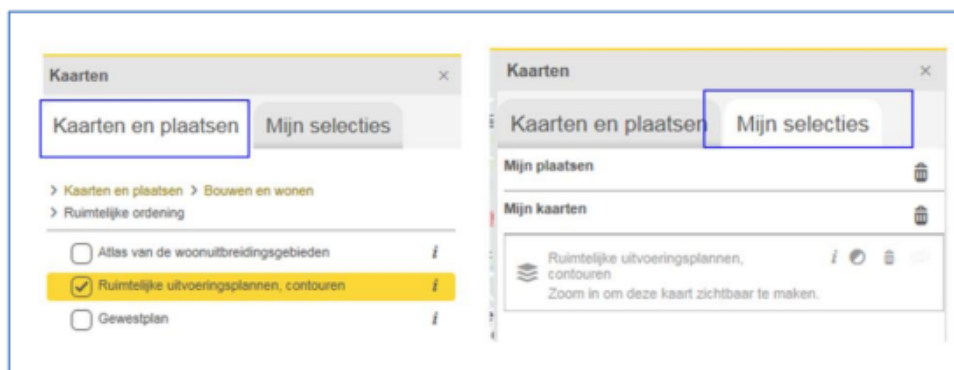
De beschikbare thema's staan onmiddellijk onder "Kaarten en plaatsen".

In een thema (open het thema door er op te klikken) zit vervolgens (eventueel) een onderverdeling per categorie, en per categorie (open de categorie door er op te klikken) vind je dan de bijhorende kaartlagen, voorbeeld in *Figuur 2* met thema "Bouwen en wonen":



Figuur 2: Lijst van kaarten

Een kaartlaag kan je openen door het vakje voor de kaartlaag aan te kruisen (zie *Figuur 4*). Zodra je een kaartlaag hebt geselecteerd zal deze verschijnen in het tabblad "Mijn selecties" (zie *Figuur 4*).



Figuur 4: Kaartlaag selecteren

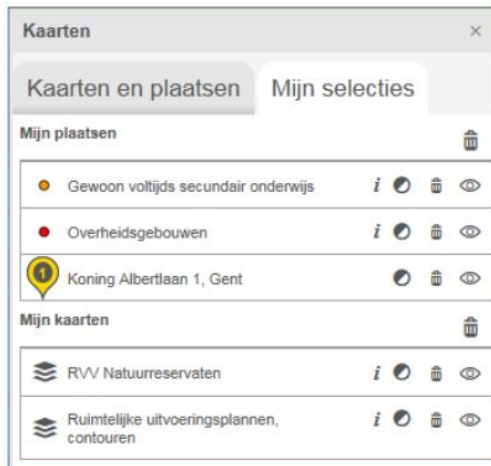
De gegevens van de kaartlaag worden niet altijd onmiddellijk getoond. Bij "Mijn kaarten" zal je de reden hiervoor zien. In het voorbeeld in *Figuur 4* komt dit omdat er nog niet voldoende werd ingezoomd om de data zichtbaar te maken.

### 4.1.3 Jouw geselecteerde kaarten





In het tabblad “Mijn selecties” zal er in eerste instantie niets onder “Mijn kaarten” of “Mijn plaatsen” staan. Dit veld wordt gevuld nadat je naar een locatie of interessante plaats hebt gezocht via de zoekbalk (zie verder) of nadat je een kaartlaag hebt aangevinkt bij “Kaarten en plaatsen”.


In *Figuur 6* staat een voorbeeld waarbij men 1 locatie, 1 school en 4 kaartlagen (2 kaarten en 2 lagen met interessante plaatsen) heeft toegevoegd aan de kaart.

De **volgorde van de lagen** kan je wijzigen door de laag met je muis vast te nemen en naar boven of onder de andere laag te verschuiven.



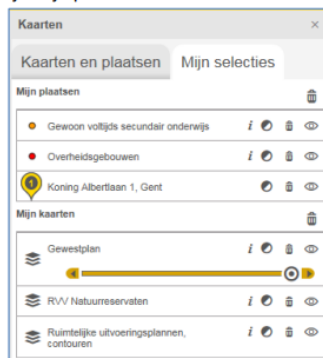
Figuur 6: Mijn plaatsen / Mijn kaarten

Per “kaartlaag” of per “plaats” staan telkens vier icoontjes:    


1. Informatie over de kaartlaag  (zie *Figuur 5*).
2. Transparant maken 

In *Figuur 7* werd het transparant icoon aangeklikt voor de kaartlaag ‘Gewestplan’ bij “Mijn kaarten”. Hierdoor verschijnt een gele balk. Door het bolletje over de gele balk te verschuiven kan je die laag transparant maken (0 → 100%).


Dit kan ook bij de lagen bij “Mijn plaatsen”



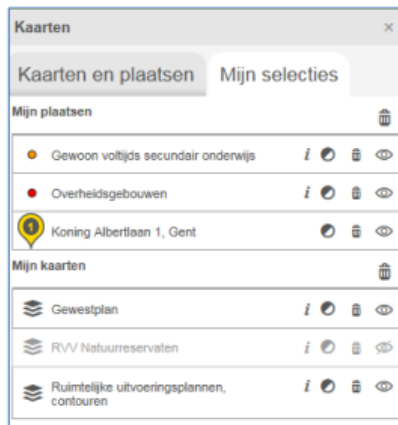
Figuur 7: Transparant maken van een selectie

3. Verwijderen    
 Door op het vuilbak-icoontje te klikken bij “Mijn plaatsen” of “Mijn kaarten” verwijder je alle lagen.

#### 4. Verbergen /

Door op het icoon  naast een kaartlaag of gekozen plaats te klikken wordt de betreffende laag verborgen. In *Figuur 8* zie je dat de laag "RVV Natuurreservaten" op onzichtbaar werd gezet.

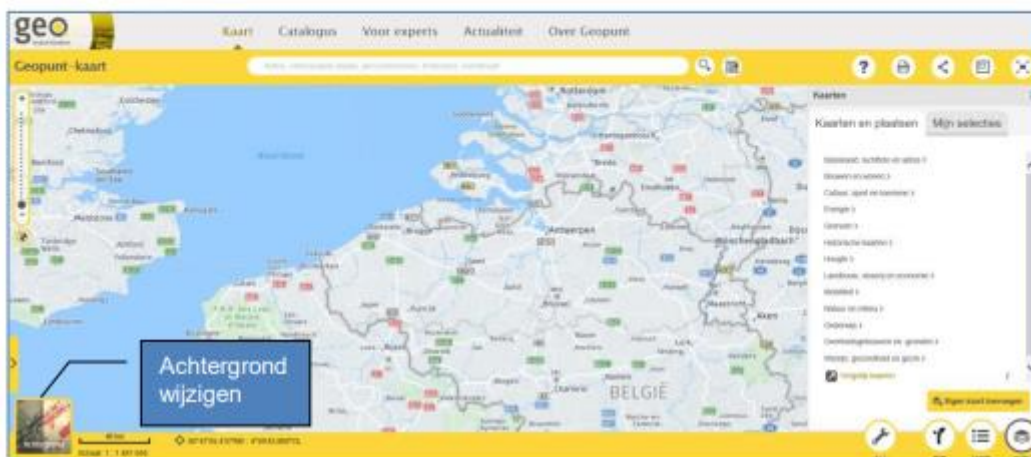
Je maakt de laag opnieuw zichtbaar door opnieuw op dit icoon te klikken.



Figuur 8: Verbergen van een kaartlaag

#### 4.1.4 Achtergrond wijzigen

Op elk moment kan je de achtergrond van de kaarttoepassing wijzigen. Dit doe je via de knop "Achtergrond" in de linkerbenedenhoek van de kaart (zie *Figuur 14*)



Figuur 14: Knop "Achtergrond wijzigen"

Afhankelijk van in welke kaarttoepassing je bent, zal je andere achtergronden kunnen kiezen.

In de kaarttoepassing "Geopunt-kaart" vind je het grootste aanbod:

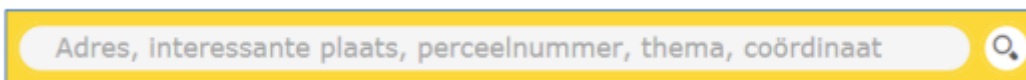
1. Basiskaart – GRB
2. Basiskaart – GRB grijswaarden
3. Luchtfoto
4. Hybride: Combinatie van het GRB met de luchtfoto
5. Stratenplan
6. Blanco

Je kan de achtergrond wijzigen door te klikken op de gewenste achtergrond in de lijst. Zie *Figuur 15*.



Figuur 15: Keuze van een achtergrond

#### 4.1.5 Zoekbalk



In de zoekbalk kan je een adres, een plaats of andere zaken intypen om te zoeken. Klik in de drop down lijst met zoekresultaten op het resultaat dat je zocht.

## 4.1.6 Tools: meten, tekenen en hoogteprofiel opvragen

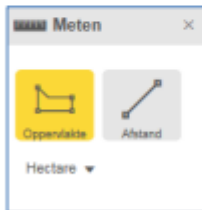
Drie hulpmiddelen laten toe:





- om de afstand tussen twee punten te **meten**, de locatie van een punt te bepalen of om de oppervlakte te berekenen van een gebied op de kaart;
- om punten, lijnen of willekeurige geometrieën te **tekenen** op de kaarten;
- om een **hoogteprofiel** weer te geven van een getekend traject op de kaart.

### 1. Meten:

Klik op Tools, vervolgens op Meten. Kies voor



- oppervlakte via  of voor

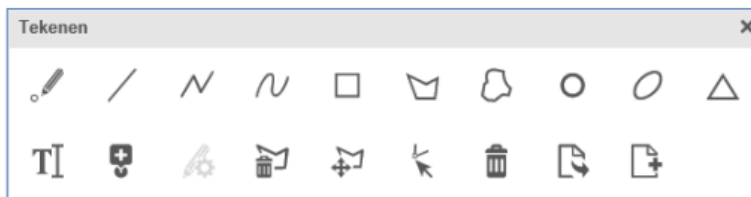
- afstand via 

en kies de juiste eenheid door het pijltje rechts aan te klikken van de meeteenheid, bijvoorbeeld **Kilometer**. Vervolgens klik je op een

punt op de kaart om het meten te starten. Klik op de stop-knop  om het meten te beëindigen. Het meetresultaat is dan zichtbaar in het meetvenster.

### 2. Teken:

Klik op Tools, vervolgens op Teken. Het tekenvenster wordt geopend. (zie Figuur 18)




Figuur 18: Tekenvenster

Kies eerst de vorm die je wil tekenen.

-  voor een punt
-  voor een rechte lijn
-  voor een gebroken lijn
-  voor een gebogen lijn
-  voor een vierhoek
-  voor een veelhoek
-  voor een willekeurige figuur
-  voor een cirkel
-  voor een ellips
-  voor een driehoek

Je kan de lijndikte, de kleur, de opvulling, de transparantie enz. van jouw figuur of lijn zelf kiezen. Opgelet: dit moet je doen **vooral** je begint te tekenen! Eens je figuur is getekend, kan je niets meer aan de stijl van de figuur veranderen. Je kan de tekenstijl


aanpassen in het 'Teken style properties-venster' dat je oproept via de knop . Dit 'Teken style properties-venster' opent ook automatisch als je begint te tekenen.


### 3. Hoogteprofiel opvragen:


Klik op Tools, vervolgens op Hoogte. Teken een traject op de kaart. Hiervan wordt dan het hoogteprofiel getoond in het hoogteprofielvenster.

Het is ook mogelijk om voor een berekende route het hoogteprofiel op te vragen. Dit kan via het icon 'Hoogteprofiel' op het route-venster .

Een hoogteprofiel tussen 2 plaatsen kan zeer gedetailleerd, standaard of minder gedetailleerd getoond worden, dit na aanklikken van één van de 3 knoppen rechts boven in het hoogteprofielvenster:

 voor standaard resolutie

 voor hoge resolutie

 voor maximale resolutie

Zeer gedetailleerd opvragen (= maximale resolutie) geeft meeste 'pieken' in het hoogteprofiel, weinig gedetailleerd opvragen (= standaard resolutie) geeft een meer glooiend hoogteprofiel.

## 4.2 Berekeningsinstrument bemalingen

### 4.2.1 Introductie

Bij een bemaling wordt er grondwater opgepompt onder een bouwput, zodat de bouwput droog blijft. Daarbij wordt het grondwater door een filter getrokken, zodat er geen aarde bij de pomp komt. Door het pompen wordt grondwater uit de omgeving naar de bouwput getrokken. De grondwaterstand zal dus niet alleen zakken onder de bouwput, maar ook in de omgeving errond.

*De verklaring daarvoor is dat het oppompen van grondwater ervoor zorgt dat de stijghoogte van het grondwater onder de bouwput lager is dan de stijghoogte in de omgeving. Doordat grondwater zich verplaatst van een hogere naar een lagere stijghoogte, stroomt het water naar de bouwput. Daardoor zal de grondwaterstand ook op die locaties zakken.*

Onder de bouwput zelf wordt de grondwaterstand met minstens 0.5 m verlaagd (maar vaak zelfs enkele meters). Hoe verder je van de put komt, hoe minder groot de verlaging van het grondwater is. De **invloedstraal** is de afstand vanaf de bouwput tot de plaatsen rond de bouwput waar de grondwaterstand maar met 5 cm wordt verlaagd. Binnen de invloedstraal is er de grootste invloed van de bemalingen. Hoe langer je grondwater oppompt, hoe groter de invloedstraal wordt. Het **debiet** is het volume grondwater dat per tijdseenheid wordt opgepompt (eenheid:  $\frac{m^3}{dag}$ ). Het debiet is niet constant tijdens de bemaling, maar wordt kleiner naarmate je langer grondwater oppompt.

De Vlaamse Milieumaatschappij stelt een Excel rekenblad ter beschikking om de invloedstraal en het debiet van een bemaling te berekenen. Hieronder volgt een handleiding hoe je het rekenblad moet invullen (Vlaamse Milieumaatschappij, 2020).

In het rekenblad moet je vaak een hoogteligging ingeven. Daarvoor kan je kiezen tussen de diepte, uitgedrukt in m-mv (meter onder het maaiveld) en het peil, uitgedrukt in mTAW (meter t.o.v. de Tweede Algemene Waterpassing). Het maaiveld is het grondoppervlak. De Tweede Algemene Waterpassing is een referentiehoogte, die gelijk is aan het gemiddelde zeeniveau (bij laagwater) in Oostende (gemeten tussen 1947 en 1968) (NGI, 2022).



Figuur 17 Peil in mTAW en diepte in m-mv

#### 4.2.2 Handleiding

**Algemeen.** Je werkt enkel in het werkblad INPUT –OUTPUT. Het werkblad bestaat uit de delen INPUT en OUTPUT. Bij INPUT zal je de gele cellen moeten invullen met gegevens over de bemaling en de omgeving. Bij OUTPUT zullen de uitkomsten van de berekening verschijnen.

**Stap 1: administratieve gegevens.** De gele cellen in het blok ‘Administratieve gegevens van de bemalingsite’ hoef je niet in te vullen. Deze vakjes zijn bedoeld voor wie een omgevingsvergunning wil aanvragen.

VLAAMSE  
MILIEUMAATSCHAPPIJ

Vlaanderen  
is milieu

#### INPUT

[check laatste versie hier](#)  
versie 1.0 2/07/2020

##### ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE BEMALINGSITE

OMV nummer  straat  nr  gemeente   
aanvrager   
ingevuld door  datum  **Vul alle administratieve gegevens in.**

##### LIGGING

Gelegen in beschermd duingebied?  [zie DOV themaviewer bemalingen](#)  
Gelegen in groengebied, natuurontwikkelingsgebied, parkgebied of bosgebied?   
Gelegen in Waterwingebied of beschermingszone Type I of II?   
Afstand tot speciale beschermingszones (habitat richtlijngebied, vogelrichtlijngebied)  in meter

**Stap 2: gegevens over de bouwput en de ondergrond.** Hier moet je de gele cellen invullen.

- ‘Grondwatervoeding uit neerslag’ is de hoeveelheid regen die kan infiltreren in de grond en het grondwater kan aanvullen. Voor Vlaanderen is dat gemiddeld 200 mm/j.
- Bij ‘Bemalingskader / bouwput’ vul je de breedte, lengte en diepte in van de bouwput. Deze gegevens zul je moeten zoeken in de informatie over de bouwwerken. Je kan kiezen of je de diepte ingeeft in m-mv of het peil in mTAW.

**GEGEVENS OVER DE BOUWPUT EN DE ONDERGROND**

grondwatervoeding uit neerslag  mm/j

Bemalingskader / bouwput:

breedte  m

lengte  m

diepte  m

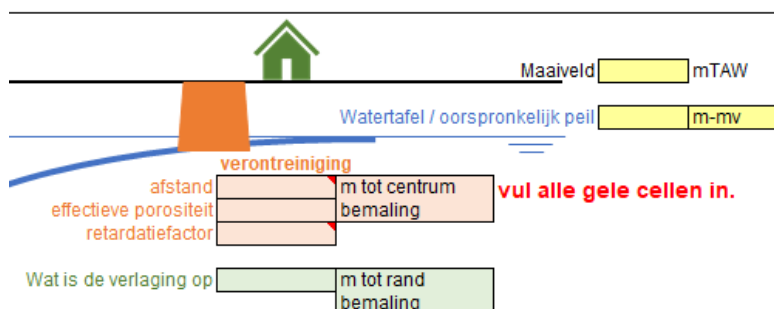
equivalente r  m

- De ‘gewenste verlaging’ is een halve meter onder de bodem van de bouwput. Je kan opnieuw kiezen tussen m-mv en mTAW.
- ‘Duur bemaling’ geeft aan hoe lang er grondwater wordt opgepompt. Dit kan je vinden in de informatie over de bouwwerken.
- Bij ‘Filterdiepte’ vul je in hoe diep de filter zich bevindt waardoor het grondwater wordt opgepompt. Dit kan je vinden in de informatie over de bouwwerken.

- 'Grondsoort' is het bodemtype dat aanwezig is in de omgeving van de bouwput. Je mag deze cel overslaan.
- Bij de 'Doorlatendheid' vul je de doorlatendheid van de bodem in. Je gaat eerst op zoek naar de bodemsoort in de gegevens over de omgeving van de bouwwerken. Vervolgens zoek je op in je cursus welke doorlatendheid deze bodemsoort heeft.
- Bij 'Peil ondoorlatende basis' geef je in hoe diep de eerste ondoorlatende laag zich bevindt die je tegenkomt. Je kan dit vinden in de gegevens over de omgeving van de bouwwerken. Je kan opnieuw kiezen tussen m-mv en mTAW.

gewenste verlaging tot	<input type="text" value="m-mv"/>	▾
duur bemaling	<input type="text" value="dagen"/>	▾
Filterdiepte	<input type="text" value="m-mv"/>	▾
Grondsoort	<input type="text"/>	▾
OF Doorlatendheid	<input type="text" value="m/d"/>	▾
Peil ondoorlatende basis:	<input type="text" value="m-mv"/>	▾

- Bij 'Maaiveld' vul je het peil van het maaiveld in, ter hoogte van de bouwput. Dit is verplicht in mTAW. Je bepaalt het maaiveldpeil met behulp van een hoogtekaart in Geopunt.
- Bij 'Watertafel / oorspronkelijk peil' vul je diepte van het grondwater in, voordat de bemalingen van start gaan. Je kan dit vinden in de gegevens over de omgeving van de bouwwerken. Je kan opnieuw kiezen tussen m-mv en mTAW.
- De oranje en groene cellen mag je overlaten. De oranje cellen zijn bedoeld voor wanneer er een grondwaterverontreiniging in de buurt is. De groene cel is bedoeld om de verlaging van het grondwater op een bepaalde afstand van de bouwput te weten.



### Stap 3: de uitkomsten.

In het kader DEBIET en INVLOEDSTRAAL kan je de resultaten van de berekeningen bekijken. Je vindt deze onder de titel 'Stationaire toestand volgens Dupuit'. Dit is de toestand die geldt voor het grootste deel van de bemaling. In de cellen bij 'Invloedstraal' en 'Stationair debiet' vind je de invloedstraal en het debiet waarnaar we op zoek zijn. De andere cellen mag je negeren.



## DEBIET en INVLOEDSTRAAL

### Begin van de bemaling - debiet en invloedstraal volgens Dupuit en Sichardt

Invloedstraal	<input type="text"/>	m vanaf de rand					
Initieel debiet	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> /u	→	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> /d	<input type="text"/>	volume in m <sup>3</sup> voor eerste 5 dagen
Onvolkomen debiet	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> /u	→	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> /d		

### Stationaire toestand volgens DUPUIT - debiet en invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding

Invloedstraal	<input type="text"/>	m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)					
Stationair debiet	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> /u	→	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> /d	<input type="text"/>	volume in m <sup>3</sup> resterende duur
Onvolkomen stationair debiet	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> /u	→	<input type="text"/>	m <sup>2</sup> /d		

### Stationaire toestand volgens VERRUIJT - invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding

Invloedstraal	<input type="text"/>	m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)
---------------	----------------------	--

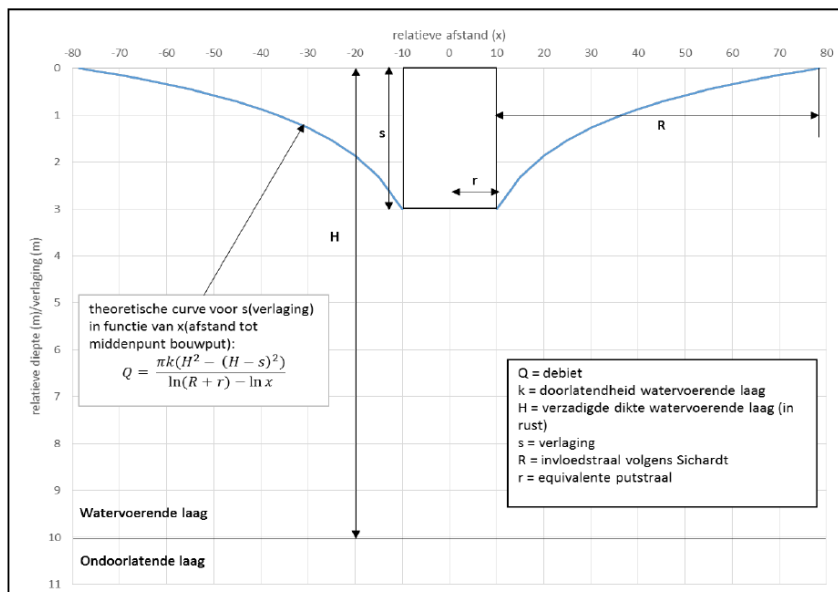
## Achtergrondinformatie voor de leerkracht

- Het rekeninstrument van VMM maakt voor het berekenen van het stationair debiet en de stationaire invloedstraal gebruik van de formule van Dupuit.

$$\text{Vergelijking 1: } Q_{\text{tot}} = \frac{\pi * k * (H^2 - (H-s)^2)}{\ln(R+r) - \ln r}$$

Waarbij (Figuur 44):

- $Q_{\text{tot}}$  : debiet (m<sup>3</sup>/d)
- $R$  : invloedsstraal bemaling (m), kan berekend worden met de formule van Sichardt (Vergelijking 2);
- $k$  : doorlatendheid watervoerend pakket (m/d);
- $H$  : stijghoogte in rust (m);
- $s$  : grondwaterverlaging op rand van bouwput (afstand  $r$ ) (m);
- $r$  : equivalente straal met  $r = \frac{\text{ lengte + breedte }}{\pi}$  voor een rechthoekige bouwput (m).



Figuur 44 schematische voorstelling van de formule van Dupuit voor de berekening van het debiet voor een verlaging  $s$  in een bouwput met equivalente bouwputstraal  $r$

### Figuur 18 Formule van Dupuit (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021)

'Stationair' betekent dat het water dat wordt opgepompt door de bemaling even groot is geworden aan de hoeveelheid water dat het grondwater aanvult (bv. neerslag of oppervlaktewater dat infiltreert). Dan worden de invloedstraal en het debiet constant. Bovenstaande formule wordt iteratief toegepast, aangezien het debiet afhankelijk is van de invloedstraal, die ook onbekend is (Vlaamse Milieumaatschappij, 2020).

- Het rekeninstrument van VMM kan gebruikt worden bij eenvoudige bemalingen voor bouwputten in de freatische watervoerende laag. Het instrument kan niet gebruikt worden in complexere situaties, zoals wanneer een retourbemaling of waterremmende wanden

worden toegevoegd, wanneer de bemaling uitgevoerd wordt in een gespannen laag (een aquifer die zich onder druk bevindt en gelegen is onder een aquitard) of bij een complexe geologische opbouw (Vlaamse Milieumaatschappij, 2020).

**Didactische wenken**

- Deze tekst bouwt ten dele verder op uitbreidingsgedeeltes 1.4 en 1.5. De tekst die hierop gebaseerd is, werd gecursiveerd.

## 5. Veldwerk

### 1.1 De leerlingen kunnen waarnemingen van individuele organismen en hun omgeving registreren en verwoorden.

LD1.1 De leerlingen kunnen hun waarnemingen van grondwaterafhankelijke vegetatie beschrijven.

### 1.2 De leerlingen kunnen abiotische en biotische factoren aan de hand van concrete situaties vaststellen.

LD1.2H De leerlingen kunnen a.d.h.v. een uitgevoerde grondboring een (ruwe) beschrijving geven van de bodemopbouw.

### 5.6 De leerlingen kunnen de impact van milieu-ingrepen op de biodiversiteit aantonen met voorbeelden.

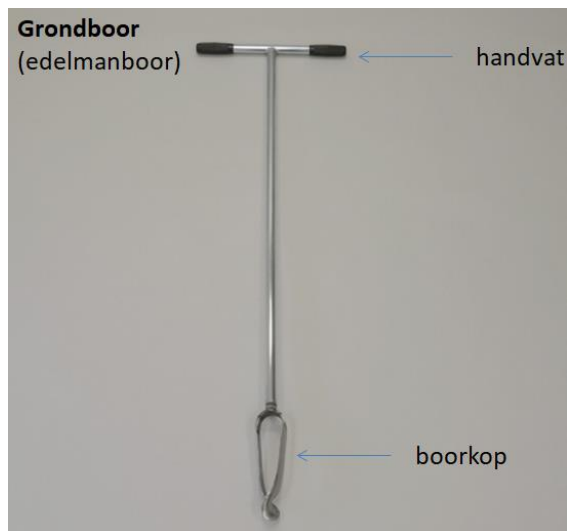
LD5.6C De leerlingen kunnen d.m.v. veldonderzoek de biodiversiteit tussen een verdroogd en een door grondwater gevoed perceel vergelijken.

### 5.8 De leerlingen kunnen proeven uitvoeren en in verband brengen met onderzoek op verschillende schaalniveaus.

LD5.8 De leerlingen kunnen een grondboring uitvoeren.

## 5.1 Hoe gebruik je een grondboor?

Met een grondboor kan je een bodemstaal nemen om de verschillende bodemsoorten te bepalen (Resource WUR, 2015).



Figuur 19 Grondboor (Eijkelkamp. Soil & Water, n.d.)

- Duw de grondboor met de punt in de grond en draai het handvat rond.
- Terwijl je de grondboor ronddraait, zal er grond verzameld worden in de kop van de boor. Die aarde haal je naar boven wanneer je de grondboor uit de grond trekt en zal deel uitmaken van je bodemstaal.
- Draai de grondboor 3 à 4 keer rond voordat je hem uit de grond haalt. Als je langer ronddraait, komt de boor te vol te zitten, waardoor je de boor moeilijker uit de grond kan trekken. Bovendien blijft er dan een ruimte vrij van grond bovenaan de boorkop, waardoor je gemakkelijker de grond uit de boorkop kan halen.

- Voor je de grondboor uit de grond trekt, draai je de boor een slag terug.
- Ga door je knieën en behoud een rechte rug wanneer je de grondboor uit de grond trekt.
- Duw de grond uit de boorkop zodat die valt op een effen oppervlak (bv. op een zeil dat je meebrengt). Gebruik daarbij je volledige duim (niet enkel je vingertoppen) om de grond eruit te duwen, zodat je het grondstaal in één keer eruit duwt en zo weinig mogelijk verbrokkelt.
- Herhaal deze handelingen en laat de nieuwe aarde steeds onder de oudere hoopjes aarde vallen, zodat je nadien kan zien welke grond van bovenaan en welke grond van dieper uit de bodem kwam.

## 5.2 Hoe bepaal je de bodemsoort?

Om te bepalen welke bodemsoort je hebt opgegraven, neem je een handvol grond en probeer je de vormen te maken die je ziet op Figuur 20. Begin met de vorm bovenaan en stop zodra het niet meer lukt om de volgende vorm te maken. Je vindt het bodemtype in de derde kolom bij de laatste vorm die je nog kon maken.

	<b>Bergje</b>	<b>bestaat uit: zand</b>
	<b>Dropje</b>	<b>bestaat uit: lemig zand</b>
	<b>Rolletje (10cm) met scheuren</b>	<b>bestaat uit: zandig leem</b>
	<b>Rolletje (10cm) zonder scheuren</b>	<b>bestaat uit: leem</b>
	<b>Hoefijzer met scheuren</b>	<b>bestaat uit: kleïg leem</b>
	<b>Hoefijzer zonder scheuren</b>	<b>bestaat uit: lemig klei</b>
	<b>Cirkel</b>	<b>bestaat uit: klei</b>

Figuur 20 Bodemsoort bepalen (Inverde/OC-ANB, 2022)

## 5.3 Hoe identificeer je wilde planten met Obsidentify?

Obsidentify is een gratis app waarmee je wilde planten, dieren en paddenstoelen kan identificeren in België en Nederland.

De app is gebruiksvriendelijk. Een handleiding, opgesteld door Natuurparken Limburg, is toegevoegd in Bijlage 1 (Natuurparken Limburg, 2020).

**Didactische wenken**

- Om de veldwerkvaardigheden van de leerlingen te oefenen kunnen andere abiotische factoren ook bepaald worden tijdens de excursie, zoals de stralingsintensiteit, de windsnelheid, de bodem-pH, het bodemvochtgehalte. Deze kunnen dan vergeleken worden voor de twee onderzochte locaties.
- Indien voldoende tijd en het nodige materiaal voorhanden is, kunnen de leerlingen ook een infiltratietest uitvoeren (aansluitend bij §1.3) met een dubbele ring infiltrometer. Meer informatie over deze proef kan gevonden worden op <https://www.vmm.be/water/bouwen/regenwater/infiltratieproeven#section-1>.

## Bibliografie

- ANB. (n.d.). *Wijziging grondwaterstand*. Opgeroepen op April 24, 2022, van Agentschap Natuur & Bos: <https://pww.natuurenbos.be/wijziging-grondwaterstand#referenties>
- Bot, B. (2011). *Grondwaterzakboekje*. Söderblomplaats 348, 3069 SL Rotterdam, Nederland: Bot Raadgevend Ingenieur.
- De Vlinderstichting. (n.d.). *Hoogveenglanslibel*. Opgeroepen op April 18, 2022, van Vlinderstichting: <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/overzicht-libellen/details-libel/hoogveenglanslibel>
- Departement Natuurkunde en Sterrenkunde. KU Leuven. (2020, Augustus 19). *Capillariteit*. Opgeroepen op April 24, 2022, van Departement Natuurkunde en Sterrenkunde: <https://fys.kuleuven.be/pradem/demoproeven/demoproeven-leuven/demoproeven-leuven-mechanica/capillariteit>
- Eijkelkamp. Soil & Water. (n.d.). *Grondboren en bodembemonsterings-apparatuur*. Opgeroepen op April 21, 2022, van eijkelcamp.com: [https://www.eijkelkamp.com/producten/grondboren-en-bodembemonstering-apparatuur/pagina\(3\)?sort=pn&direction=asc](https://www.eijkelkamp.com/producten/grondboren-en-bodembemonstering-apparatuur/pagina(3)?sort=pn&direction=asc)
- Fitts, C. (2012). *Groundwater Science, second edition*. Academic Press.
- FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. (2021). *Waargenomen veranderingen in België*. Opgeroepen op Mei 2, 2022, van Klimaat.be: <https://klimaat.be/in-belgie/klimaat-en-uitstoot/waarmeningen>
- Informatie Vlaanderen. (2019). *Syllabus Geopunt. Versie 3.2*.
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Boswilg*. Opgeroepen op April 20, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/node/40796>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Grote weerschijnvlinder*. . Opgeroepen op April 20, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/node/2800>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Hoogveenglanslibel*. Opgeroepen op April 18, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/node/2690>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Natuurstreefbeeld: Bronbos (91E0\_vc)*. Opgeroepen op April 20, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/natuurstreefbeeld/natuurstreefbeeld-bronbos-91e0vc>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d., n.d. n.d.). *Standplaats*. Opgeroepen op April 18, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/standplaats>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Veen*. Opgeroepen op Mei 2, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/veen>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Verdroging*. Opgeroepen op April 20, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/verdroging>

- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Vuursalamander*. Opgeroepen op 04 20, 2022, van Ecopedia:  
<https://www.ecopedia.be/node/1811>
- Inverde/OC-ANB. (2022). *Hoe herken ik het bodemtype?* Opgeroepen op April 21, 2022, van Bomenwijzer.be:  
[https://bomenwijzer.be/bodemtypes#:~:text=Het%20bodemtype%20wordt%20bepaald%20door,allerkleinst%20\(%3C%20%2C002%20mm\)](https://bomenwijzer.be/bodemtypes#:~:text=Het%20bodemtype%20wordt%20bepaald%20door,allerkleinst%20(%3C%20%2C002%20mm)).
- Maidment, D. R. (1993). *Handbook of Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Natura 2000, Agentschap Natuur & Bos, Instituut Natuur- en Bosonderzoek. (n.d.). *Voedselarme tot matig voedselarme verlandingsvegetaties (7140)*. Opgeroepen op April 18, 2022, van Natura 2000 Vlaanderen: <https://natura2000.vlaanderen.be/habitatype/voedselarme-tot-matig-voedselarme-verlandingsvegetaties-7140>
- Natuurparken Limburg. (2020, April 17). *Handleiding ObsIdentify*. Opgeroepen op April 21, 2022, van natuurparkenlimburg.nl: <https://www.natuurparkenlimburg.nl/nieuws>
- NGI. (2022). *Tweede Algemene Waterpassing*. Opgeroepen op April 20, 2022, van NGI:  
<https://www.ngi.be/website/tweede-algemene-waterpassing/>
- Pisman, A., Vanacker, S., Bieseman, H., Vanongeval, L., Van Steertegem, M., Poelmans, L., et al. (2021). *Ruimterapport Vlaanderen 2021*. Brussel: Departement Omgeving.
- Raven, P., Johnson, G., Mason, K., Losos, Jonathan, & Singer, S. (2014). *Biology*. New York, Verenigde Staten: McGraw-Hill.
- Resource WUR. (2015, September 24). *How To: Grondboor*. Opgeroepen op April 22, 2022, van Youtube.com: <https://www.youtube.com/watch?v=7PRHewJcRos>
- Runhaar, H., Jalink, M., & Bartholomeus, R. (2011). Invloed van grondwaterstanden op standplaatscondities en vegetatie. *De Levende Natuur*, 138-142.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1987). *Soil mechanics level 1, Module 3. USDA Textural Classification Study Guide*. Washington, DC: National Employee Development Staff, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture.
- Valcke, M. (2019). *Krachtige leeromgevingen. Omgaan met diversiteit in de klas*. Gent: Academia Press.
- Van Daele, T., Herr, C., Adriaens, D., Raman, M., & De Becker, P. (2016). *Advies over de nuleffectcontour bij impactanalyses over verdroging*. INBO.A.3478.
- Van der Bruggen, B. (2009). *Waterzuivering en - hergebruik: watervoorziening*. Leuven: Acco.
- Vansteenkiste, M., & Soenens, B. (2015). *Vitamines voor groei. Ontwikkeling voeden vanuit de Zelf-Determinatie Theorie*. Acco.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (2020). *Handleiding berekeningsinstrument bemalingen*. Aalst: Vlaamse Milieumaatschappij.

Vlaamse Milieumaatschappij. (2021, Juli). *Grondwaterstand (2000-2020)*. Opgeroepen op Mei 2, 2022, van Vlaamse Milieumaatschappij:  
<https://www.vmm.be/water/grondwater/grondwaterstand>

Vlaamse Milieumaatschappij. (2021, Juli). *Grondwaterverbruik (2000-2019)*. Opgeroepen op April 20, 2022, van vmm: <https://www.vmm.be/water/grondwater/grondwaterverbruik>

Vlaamse Milieumaatschappij. (2021). *Richtlijnen bemalingenter bescherming van het milieu*. Aalst: Vlaamse Milieumaatschappij.



## **Bijlagen**

### **Bijlage 1 Handleiding Obsidentify**

# Handleiding ObsIdentify



## Inleiding:

ObsIdentify is een fotoherkenningsapp die wilde planten, dieren en paddenstoelen uit Nederland en België waarneemt. De app is een initiatief van Stichting Observation International, Naturalis Biodiversity Center en COSMONiO Imaging bv.

De app is momenteel in staat om meer dan 13.000 soorten te herkennen en dit aantal wordt nog altijd uitgebreid. Het onderliggende herkenningmodel is gebaseerd op gevalideerde referentiebeelden uit de waarnemingsdatabases van Observation International. De herkenningen die via de app worden ingevoerd, worden vervolgens gebruikt om de software verder te verbeteren.

Of de app een soort kan herkennen, is afhankelijk van de kwaliteit en hoek van een foto, van de aanwezigheid van de soort in de database. Niet alle soorten zijn van een foto herkenbaar.

## Stap 1: installeren

Download ObsIdentify gratis via:

Android: <https://bit.ly/33yRRs4>

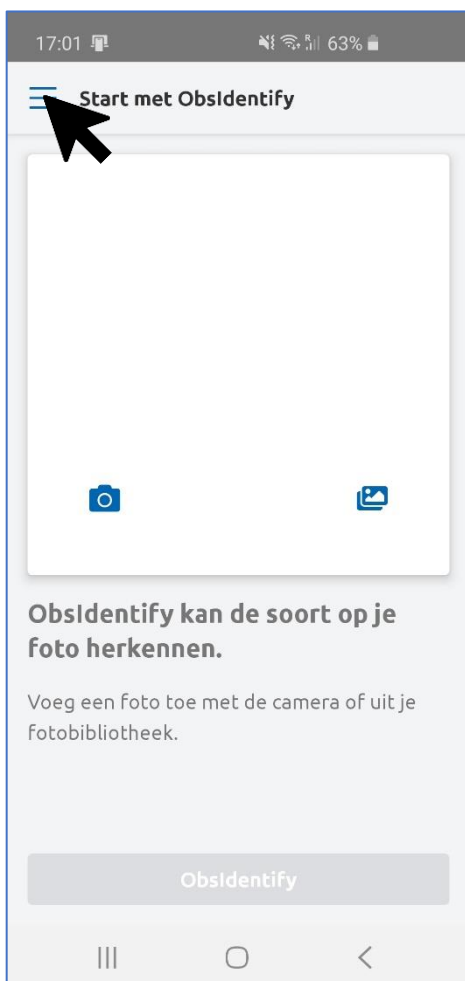
iOS: <https://apple.co/2rxrlkG> of via de QR code:



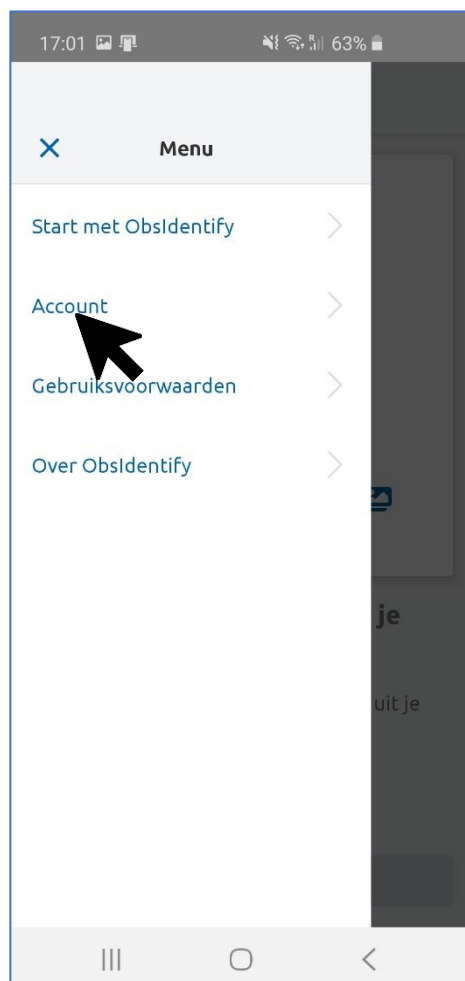
Open de app. U krijgt de vraag om toegang te geven tot bestanden op de telefoon, klik op toestaan. Vervolgens krijgt u de vraag om toegang te geven tot de locatie. Klik op toestaan. Beide handelingen zijn vereist voor het kunnen gebruiken van de app. Let er op dat de GPS van uw telefoon aan staat bij het gebruik van de app en bij het maken van foto's die u achteraf door de app wil laten herkennen. De app heeft internetverbinding nodig om te functioneren. Geen internet tot uw beschikking? U kunt ook achteraf de gemaakte foto's herkennen en invoeren.

## Stap 2: account aanmaken/inloggen

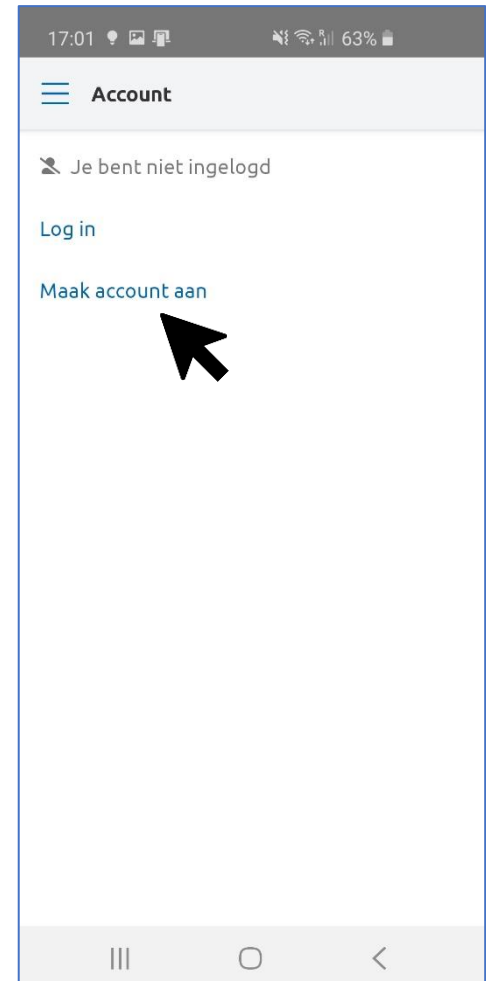
Maak een account aan of log in op een bestaande Waarneming.nl account. Dit is nodig om de waarnemingen ook daadwerkelijk naar Waarneming.nl te kunnen versturen. Waarnemingen van waarneming.nl komen terecht in de Nationale Database flora en fauna, die onderzoekers, beheerders en beleidsmakers toegang geeft tot de informatie.



Start de app. U krijgt dan het startscherm te zien. Klik om een account aan te maken op het menu icoon linksboven in beeld.



Klik op 'Account'



Klik op 'Maak een account aan' voor een nieuwe account.  
Klik op 'Log in' om met een bestaande Waarneming.nl account in te loggen.

17:56 58%

[←](#) **Maak account aan**

**Heb je al een account bij Waarneming.nl?**  
[Log in met dezelfde gegevens.](#)

**Geen account?**  
Maak er hier een aan.

**E-mailadres**

**Weergavenaam**

**Wachtwoord**

Een wachtwoord bestaat uit minimaal 8 karakters, die niet allemaal cijfers mogen zijn. Ook triviale wachtwoorden als 'secret' zijn niet toegestaan.

**Bevestig wachtwoord**

Ik accepteer de [gebruiksvoorwaarden van Waarneming.nl](#)

Ik wil e-mail ontvangen (zoals nieuwsbrief en reacties).

[Privacyverklaring](#)

**Maak account aan**

Vul hier uw gegevens in.

De weergavenaam is de naam die bij de waarneming en foto getoond wordt. Geef bij voorkeur uw echte naam op.

Vink het vakje 'Ik accepteer de gebruiksvoorwaarden van Waarneming.nl' aan

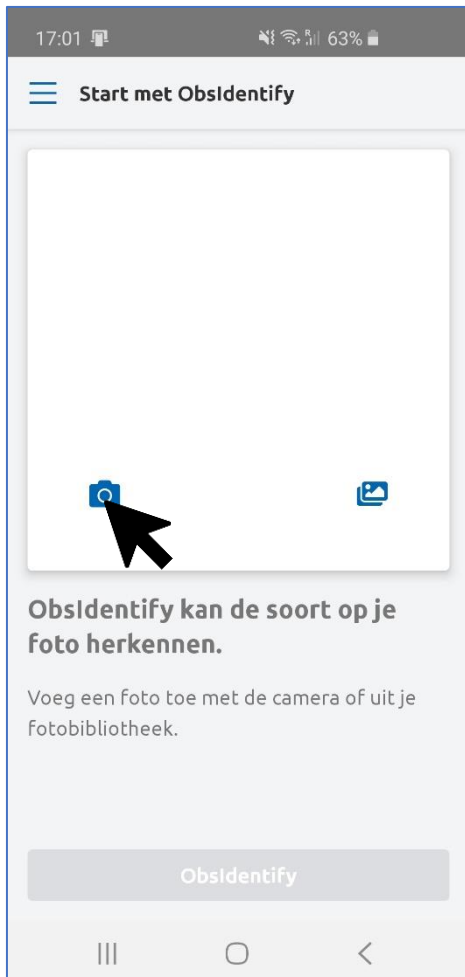
Email ontvangen is optioneel. U krijgt dan eens per maand een nieuwsbrief (waarvoor u zich ook eenvoudig kunt afmelden) en een soortspecialist kan een bericht sturen ter bevestiging van een onzekere waarneming.

Alles ingevuld? Klik op 'Maak een account aan'.

**Let op:** na het aanmaken van de account ontvangt u een email van Waarneming.nl. Klik op de link in de email om deze te bevestigen, pas daarna is het aanmaken van de account voltooid!

### Stap 3: herkenning starten en waarneming invoeren

Keer via het menu terug naar het scherm 'Start met ObsIdentify'. Wanneer u de app opnieuw start start u altijd op dit scherm.



Klik op het camera icoontje om ter plekke een foto te maken.

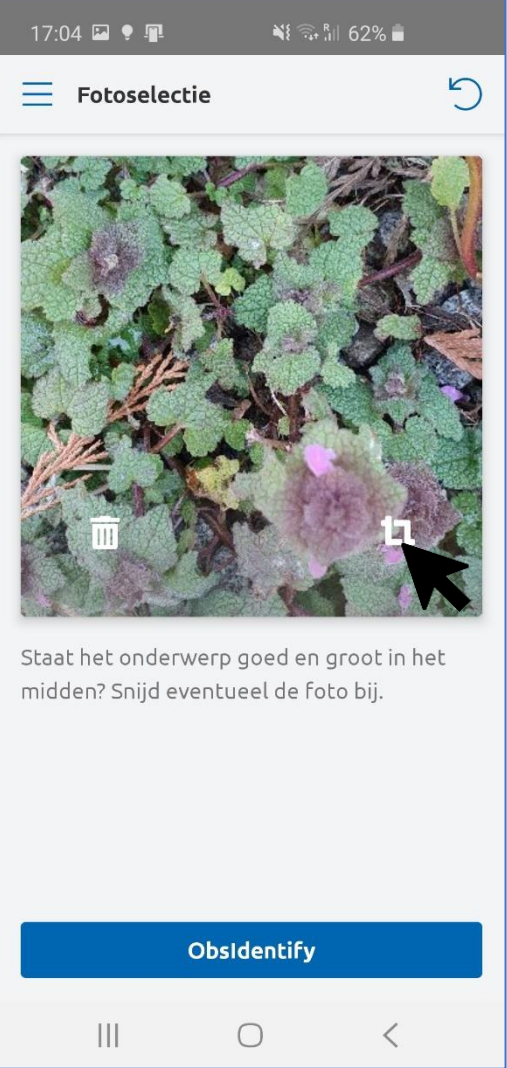
Om een bestaande foto te kiezen klikt u op het foto icoontje.



Uw fotocamera start op. Maak een foto zoals u gewend bent.



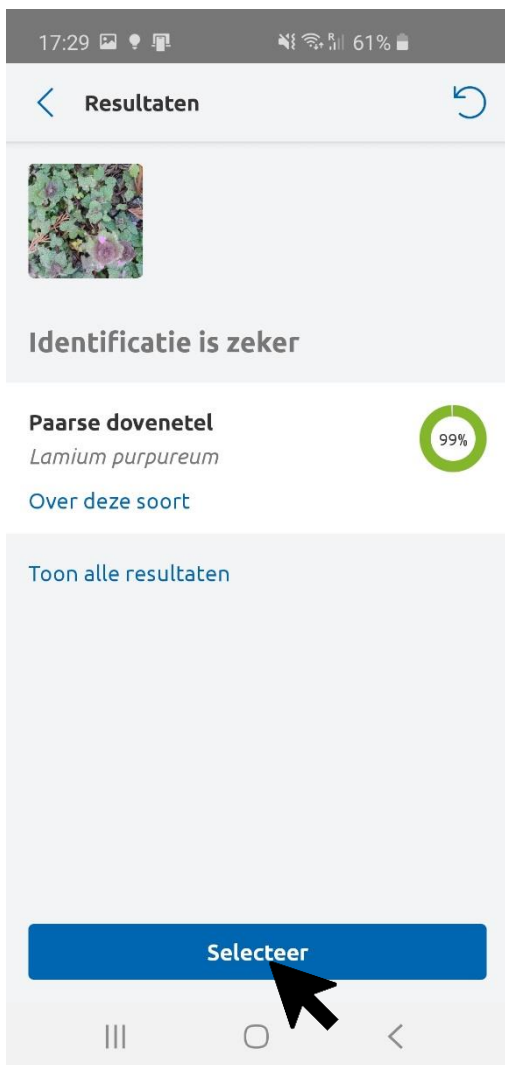
Tevreden met de foto? Klik op 'OK'. Liever een nieuwe foto maken? Klik op 'Opnieuw'.



U krijgt een voorbeeld van de foto te zien. U kunt deze nog draaien in inzoomen/bijsnijden door op het 'crop' icoontje te klikken. Voor een zo goed mogelijke herkenning moet het onderwerp er duidelijk zo beeldvullend mogelijk op staan.

Alles wat buiten het lichte vierkant valt wordt weggesneden. Zoom in om het onderwerp beter in beeld te brengen of klik op het pijltje rechtsonder om de foto te draaien. Wanneer u klaar bent klikt u op het vinkje rechtsboven.

Tevreden met de foto? Klik op 'ObsIdentify' om de herkenning te starten!

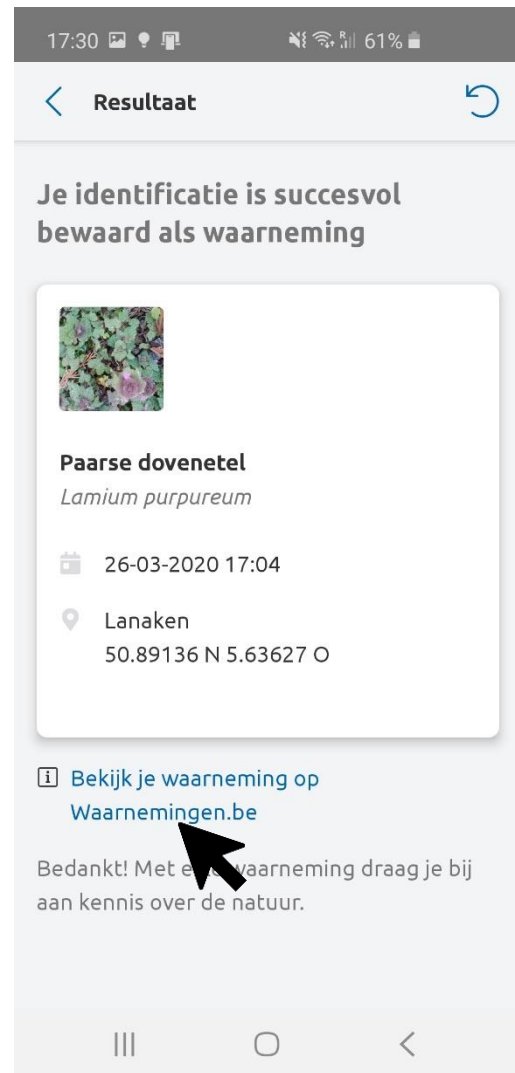


U krijgt het resultaat van de herkenning. Het percentage toont hoe zeker de herkenning is. Indien de herkenning onzeker is krijgt u soms meerdere soorten te zien. Klik achter de soortnaam van degene die u het meest waarschijnlijk lijkt op 'selecteer'. Klik op 'Pas fotoselectie aan' om de foto opnieuw bij te snijden, of een extra foto toe te voegen en de herkenning opnieuw te starten. Klik op 'over deze soort' om meer informatie en foto's te zien.

Tevreden met de herkenning? Klik op 'selecteer'.



U krijgt nu de details van de waarneming te zien. Klik nu op 'Bewaar identificatie' om de waarneming naar Waarneming.nl te sturen. Door deze laatste stap wordt uw waarneming ook voor anderen nuttig.



De waarneming is opgeslagen. Via de link kunt u uw waarneming op Waarneming.nl bekijken en desgewenst nog aanpassen (hiervoor moet u inloggen op Waarneming.nl)

**Bijlage 3 Ontwikkeld STEM-lesepakket “De impact van grondwaterwinning op vegetatie”:  
leerlingencursus**

Op de volgende pagina's is de leerlingencursus toegevoegd van het STEM-lesepakket “De impact van grondwaterwinning op vegetatie” dat in het kader van deze educatieve masterproef werd ontwikkeld.



# De impact van grondwaterwinning op vegetatie

*Leerlingencursus*

## Inhoud

1.	Grondwater .....	3
1.1	Waar komt grondwater vandaan? .....	3
1.2	Is al het water in de grond grondwater?.....	3
1.3	Welke bodems zijn goed doorlatend?.....	4
1.4	Uitbreiding: wat veroorzaakt grondwaterstroming? .....	4
1.5	Uitbreiding: Hoe kan je het debiet van grondwaterstroming berekenen?.....	6
2.	Grondwaterafhankelijke vegetatie.....	7
2.1	Wat bepaalt of een plant op een bepaalde plaats kan groeien? .....	7
2.2	Wat is de invloed van grondwater op de standplaatskarakteristieken?.....	9
2.3	Wat is het belang van grondwaterafhankelijke vegetatie voor andere organismen? .....	11
2.4	Waar vind je grondwaterafhankelijke vegetatie? .....	13
3.	Verdroging.....	13
3.1	Wat is verdroging en hoe wat zijn de oorzaken van verdroging? .....	13
3.2	Wat zijn de gevolgen van verdroging? .....	14
4.	Milieueffecten bepalen met ICT-tools.....	14
4.1	Geopunt.....	14
4.1.1	Algemene indeling Geopunt.....	15
4.1.2	Kaarten .....	15
4.1.3	Jouw geselecteerde kaarten.....	17
4.1.4	Achtergrond wijzigen.....	18
4.1.5	Zoekbalk .....	19
4.1.6	Tools: meten, tekenen en hoogteprofiel opvragen .....	20
4.2	Berekeningsinstrument bemalingen .....	21
4.2.1	Introductie .....	21
4.2.2	Handleiding.....	22
5.	Veldwerk.....	25
5.1	Hoe gebruik je een grondboor? .....	25
5.2	Hoe bepaal je de bodemsoort? .....	26

5.3 Hoe identificeer je wilde planten met Obsidentify? .....	26
Bibliografie .....	27
Bijlagen .....	30
Bijlage 1 Handleiding Obsidentify .....	30

# 1. Grondwater

Cursus gebaseerd op (Fitts, 2012).

## 1.2 Ik kan abiotische en biotische factoren aan de hand van concrete situaties vaststellen.

LD1.2A Ik kan de basisbegrippen hydrologische cyclus, oppervlaktewater, infiltratie, poriën, aquitard, grondwater, doorlatendheid, aquifer, verzadigde zone, onverzadigde zone en grondwatertafel verklaren.

LD1.2B Ik kan uitleggen hoe grondwater ontstaat.

LD1.2C Ik kan het verschil tussen grondwater en bodemwater toelichten.

LD1.2D\* Ik kan de oorzaak van grondwaterstroming uitleggen.

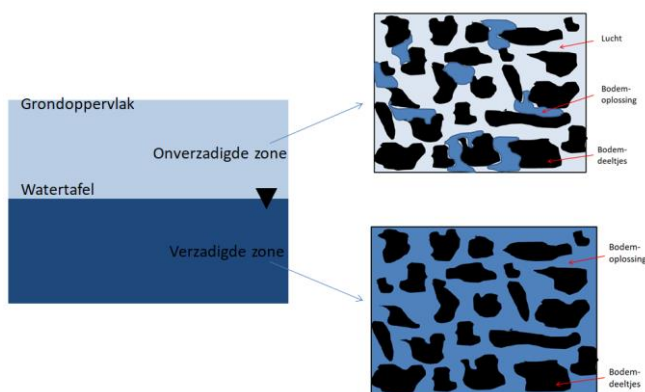
LD1.2E\* Ik kan het debiet van grondwaterstroming berekenen (a.d.h.v. de wet van Darcy)

### 1.1 Waar komt grondwater vandaan?

Het water op Aarde doorloopt een kringloop: de **hydrologische cyclus**. Het grootste deel van het water bevindt zich in de oceanen (96.5 %). Door de warmte van de Zon verdampt oceanwater. De waterdamp stijgt op en koelt af, waardoor condensatie optreedt. Het water valt als regen terug op het aardoppervlak en vloeit deels af naar beken, rivieren en meren (**oppervlaktewater**). Een ander deel van het water dringt binnen in de bodem. Dit proces wordt **infiltratie** genoemd. De bodem bestaat uit deeltjes waartussen zich **poriën** (kleine openingen) bevinden die gevuld zijn met lucht of water. Onder invloed van de zwaartekracht sijpelt het water neerwaarts door de poriën tot het op een bodemlaag komt die water niet goed doorlaat, doordat de poriën te klein zijn. Zo'n ondoorlatende laag noemen we een **aquitard**. Het water verzamelt zich boven de aquitard en vormt een laag waarin alle poriën met water gevuld zijn: een **aquifer**. Het water in de aquifer noemen we **grondwater**. De grens tussen de poriën die met water zijn gevuld en de met lucht gevulde poriën erboven, noemen we de **grondwatertafel**.

### 1.2 Is al het water in de grond grondwater?

De ondergrond wordt ingedeeld in twee zones: de **onverzadigde zone** en de **verzadigde zone**. De onverzadigde zone bevindt zich boven de grondwatertafel. De poriën tussen de bodemdeeltjes zijn hier gevuld met lucht en water. Het water wordt er vastgehouden door de aantrekkingskrachten tussen de bodemdeeltjes en de watermoleculen (capillaire krachten). Dit water noemen we geen grondwater, maar **bodemwater**. De verzadigde zone bevindt zich onder de grondwatertafel. Hier zijn alle poriën gevuld met water. Dit water noemen we grondwater.



Figuur 1 Schematische weergave van de onverzadigde en verzadigde zone in de bodem

### 1.3 Welke bodems zijn goed doorlatend?

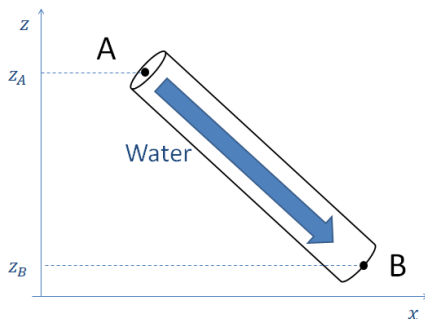
Aquitards zijn slecht doorlatende lagen doordat de poriën tussen de bodemdeeltjes zo klein zijn dat het water veel hinder ondervindt wanneer het erdoor sijpelt. De poriën zijn klein, omdat de bodemdeeltjes ook kleiner zijn dan de bodemdeeltjes van goed doorlatende lagen. In een doos gevuld met voetballen is er ook veel meer ruimte tussen de deeltjes dan in een doos met knikkers. Bodems verdelen we in klassen op basis van hun korrelgrootte. In Tabel 1 zie je dat kleibodems de kleinste korrels hebben en dus het slechtst doorlatend zijn. Zand en grind zijn daarentegen goed doorlatend.

Tabel 1 Bodemsoorten en hun korrelgrootte (United States Department of Agriculture (USDA), 1987)

Bodemsoort	Korrelgrootte (mm)
Klei	<0.002
Leem	0.002 – 0.05
Zand	0.05 – 2.0
Grind	>2.0

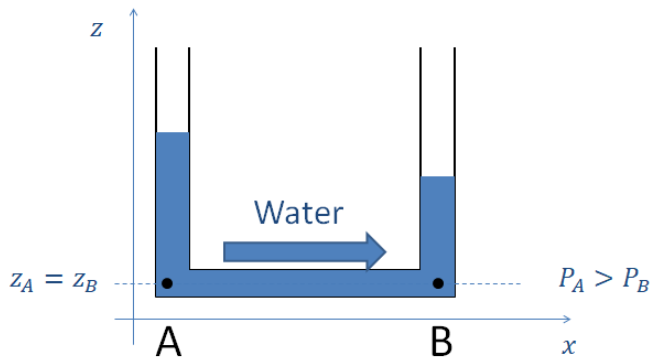
### 1.4 Uitbreiding: wat veroorzaakt grondwaterstroming?

Grondwater bevindt zich meestal niet in rust t.o.v. de bodem, maar stroomt. Om te begrijpen waarom grondwater van een punt A naar een punt B stroomt, bekijken we eerst een eenvoudige situatie (Figuur 2). Het water stroomt van punt A naar B onder invloed van de zwaartekracht, omdat de hoogte van punt A ( $z_A$ ) groter is dan de hoogte van punt B ( $z_B$ ).



Figuur 2 Stroming van water door een buis van een hogere naar lagere hoogte

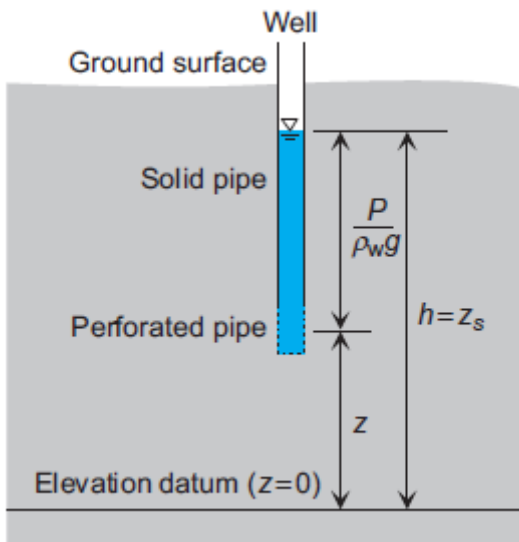
Op Figuur 3 stroomt het water ook van A naar B, terwijl A en B zich op dezelfde hoogte bevinden ( $z_A = z_B$ ). Punt A bevindt zich onder een hogere waterkolom dan punt B, waardoor de druk in A ( $P_A$ ) groter is dan de druk in B ( $P_B$ ). In dit voorbeeld stroomt het water dus niet door een verschil in hoogte, maar door een verschil in druk.



**Figuur 3** Stroming van water door een buis van een hogere naar lagere druk

Net zoals oppervlaktewater in beken of rivieren kan grondwater met een bepaalde snelheid stromen. Zoals we hierboven zagen, kan zowel een hoogteverschil als een drukverschil grondwaterstroming veroorzaken. We zullen vanaf nu de hoogte en de druk samen nemen in 1 grootheid: de stijghoogte  $h = z + \frac{P}{\rho_w g}$  met als eenheid meters ( $m$ ). Hierbij is  $z$  de hoogte (eenheid:  $m$ ) ten opzichte van een gekozen referentiehoogte (waar hoogte  $z = 0 m$ ),  $P$  de druk (eenheid:  $Pa$ ),  $\rho_w$  de massadichtheid van water (eenheid:  $\frac{kg}{m^3}$ ) en  $g$  de zwaarteveldsterkte ( $9.81 \frac{N}{kg}$ ). De druk wordt gedeeld door  $\rho_w g$  zodat we een term met als eenheid  $m$  bekomen die we kunnen optellen bij  $z$ . Hoe groter de druk en de hoogte, hoe groter de stijghoogte. Grondwater stroomt steeds van een grotere naar een kleinere stijghoogte.

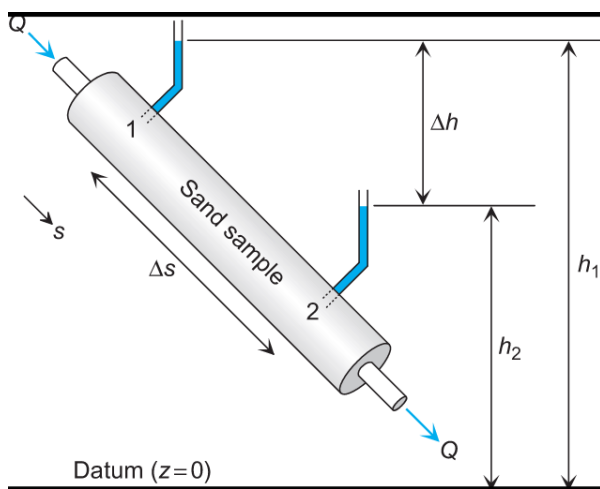
De stijghoogte van het grondwater op een bepaald punt wordt gemeten door een pijp met gaatjes aan de onderkant in de bodem te installeren: een piëzometer. De hoogte tot waar het grondwater stijgt in de piëzometer is de stijghoogte.



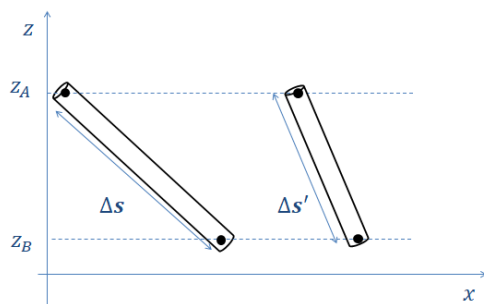
**Figuur 4** Piëzometer (Fitts, 2012)

## 1.5 Uitbreiding: Hoe kan je het debiet van grondwaterstroming berekenen?

We beschouwen een schuin opgestelde buis gevuld met zand waar we bovenaan water in gieten (Figuur 5). Het water stroomt van de bovenkant van de buis (punt 1) naar de onderkant (punt 2). Hoe sterk het grondwater stroomt, drukken we uit met het debiet  $Q$  (eenheid:  $\frac{m^3}{s}$ ).  $Q$  geeft aan hoeveel volume water (in  $m^3$ ) er per tijdseenheid (in  $s$ ) door een dwarsoppervlakte stroomt. Met twee kleinere buisjes meten we de stijghoogte op punt 1 ( $h_1$ ) en op punt 2 ( $h_2$ ). Hoe groter het verschil tussen  $h_1$  en  $h_2$ ,  $\Delta h$ , hoe groter  $Q$ . Hoe kleiner de afstand tussen punt 1 en 2,  $\Delta s$ , hoe groter  $Q$  (namelijk: hoe kleiner de afstand tussen 1 en 2, hoe steiler de helling van de buis, zoals je ziet op Figuur 6).



Figuur 5 Opstelling om de wet van Darcy af te leiden (Fitts, 2012)



Figuur 6 Verband tussen de afstand  $\Delta s$  tussen twee punten en de steilheid van de helling: in de tweede situatie is de afstand tussen A en B kleiner, wat overeenkomt met een steilere helling steiler.

Er is een recht evenredig verband tussen  $\Delta h$  en  $Q$  en een omgekeerd evenredig verband tussen  $\Delta s$  en  $Q$ .

$$Q \sim \Delta h \quad 1)$$

$$Q \sim \frac{1}{\Delta s} \quad 2)$$

Uit 1) en 2) volgt dat:

$$Q \sim \frac{\Delta h}{\Delta s} \quad 3)$$

We kunnen dan ook schrijven dat  $Q$  gelijk is aan  $\frac{\Delta h}{\Delta s}$ , vermenigvuldigd met een constante  $K$  en de dwarsoppervlakte van de stroming  $A$  (eenheid:  $m^2$ ).

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta s} \quad 4)$$

We noemen 4) de wet van Darcy. De constante  $K$  noemen we de **hydraulische conductiviteit** of **doorlatendheid**.  $K$  wordt uitgedrukt in  $\frac{m}{s}$  en in de praktijk meestal in  $\frac{m}{dag}$ .  $K$  geeft aan hoe doorlatend de bodem is voor grondwaterstroming. Figuur 7 geeft  $K$  voor verschillende bodemsoorten.

Tabel 2.1: Globale horizontale doorlatendheid  $k$  in  $m/dag$

zware klei	$10^{-4}$	fijn zand	1-10
potklei	$10^{-3}$	duinzand	7
matig zware klei	$10^{-2}$	grof zand	30
zandige klei	0,05	zeer grof zand	80
keileem	0,05	uiterst grof zand	200
veen	$10^{-3}$ - $10^{-1}$	fijn grind	$10^3$ - $10^4$
kleilig veen	0,005	grof grind	$10^4$ - $10^5$
sterk zandig veen	0,05		
leem/löss	0,05		
zandige leem	0,3		
lichte zavel	0,5		
teelaarde	5		
schelpen	30		

Figuur 7 Globale horizontale doorlatendheid  $K$  in  $\frac{m}{dag}$  (Bot, 2011)

## 2. Grondwaterafhankelijke vegetatie

LD1.2F Ik kan uitleggen wat abiotische factoren en standplaatskarakteristieken zijn en kunnen hiervan voorbeelden geven.

LD1.2G Ik kan de invloed van grondwater op de standplaatskarakteristieken van grondwaterafhankelijke vegetatie bespreken.

### 2.1 Wat bepaalt of een plant op een bepaalde plaats kan groeien?

De **vegetatie** (ofwel alle planten die op een bepaalde locatie groeien) wordt beïnvloed door verschillende abiotische en biotische factoren. **Abiotische factoren** zijn niet-levende factoren, zoals het vochtgehalte van de bodem, de concentraties van voedingsstoffen (**nutriënten**) in de bodem en de hoeveelheid zonlicht. **Biotische factoren** zijn levende factoren, zoals insecten die de bloemen van een plant bestuiven of planteneterende organismen (herbivoren). Alle factoren samen die een bepaalde plantensoort nodig heeft om te kunnen groeien, noemen we de **standplaats** (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

De verschillende factoren van de standplaats noemen we ook wel de **standplaatskarakteristieken**. Hieronder worden enkele belangrijke standplaatskarakteristieken opgesomd (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

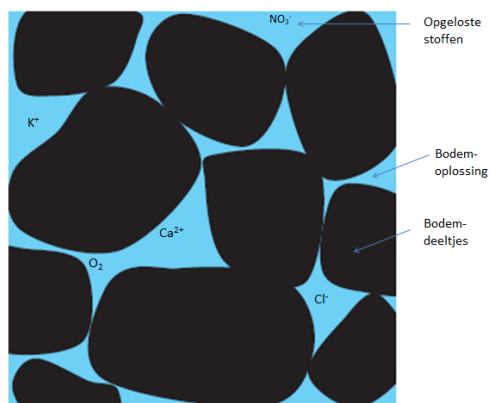
- De mate waarin het terrein direct zonlicht krijgt (ofwel de lichtintensiteit. Dit is meetbaar in de vorm van de stralingsflux: de hoeveelheid zonne-energie per tijdseenheid per

oppervlakte, uitgedrukt in  $\frac{W}{m^2}$ ). Planten hebben nood aan zonlicht om aan fotosynthese te kunnen doen.

- Het aantal uren zonlicht per dag. Dit kan sterk verschillen naargelang het seizoen.
- De windsnelheid
- De temperatuur
- De  $CO_2$ -concentratie in de lucht
- De luchtvochtigheid

De belangrijkste standplaatskarakteristieken zijn echter gelinkt aan de bodem:

- De concentratie nutriënten in de bodem. We maken een onderscheid tussen macronutriënten en micronutriënten. Planten hebben de **macronutriënten** stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) in relatief grote hoeveelheden nodig om te overleven. Van **micronutriënten** zoals zink (Zn), ijzer (Fe) en molybdeen (Mo) hebben planten veel kleinere hoeveelheden nodig. Planten nemen nutriënten op uit de **bodemoplossing** (Figuur 8): het water dat zich in de bodemporiën bevindt waarin allerlei stoffen zijn opgelost. De nutriënten komen voor in de bodemoplossing als ionen (geladen deeltjes).



Figuur 8 Schematische voorstelling van de bodemoplossing

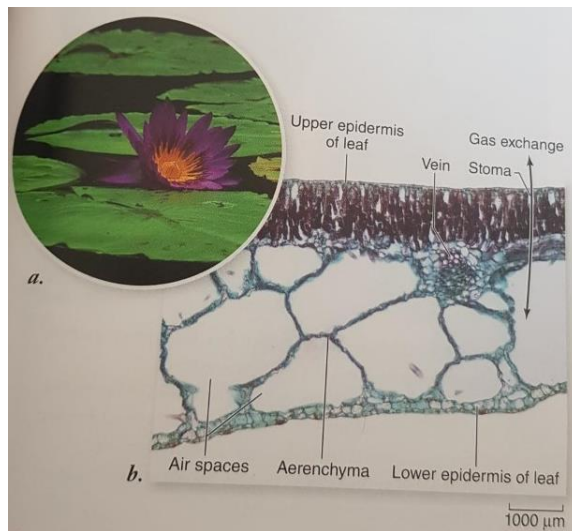
- Naast nutriënten zijn in de bodemoplossing ook hydroxoniumionen ( $H_3O^+$ ) en hydroxide-ionen ( $OH^-$ ) opgelost. De concentraties van deze ionen bepalen de **pH** of de zuurtegraad van de bodem.
- Het **bodemvochtgehalte** is de hoeveelheid water die een bepaald volume bodem bevat. Een grootte die dit uitdrukt, is de **volumetrische waterinhoud**  $\theta$ .  $\theta = \frac{V_w}{V_t}$ , waarbij  $V_w$  het volume water in een gegeven bodemvolume  $V_t$  is.  $V_t$  is het totale volume bodem en omvat dus het volume van de bodemdeeltjes, het volume bodemoplossing en het volume lucht in de poriën.
- De beschikbaarheid van **zuurstofgas** in de bodem. Planten doen niet enkel aan fotosynthese, maar ook aan **aerobe respiratie**. Daarbij worden suikers in de plantencellen verbrand met zuurstofgas om energiedragende moleculen zoals ATP te verkrijgen. Het zijn de plantenwortels die zuurstofgas opnemen uit de bodemporiën.



## 2.2 Wat is de invloed van grondwater op de standplaatskarakteristieken?

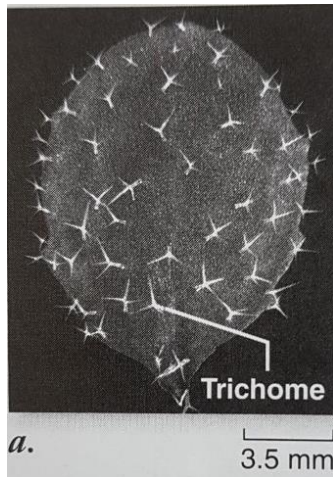
We leerden al over het verschil tussen bodemwater en grondwater. Planten halen water en nutriënten meestal uit bodemwater via hun wortels. De diepte van de grondwatertafel (de **grondwaterstand**) heeft meestal geen rechtstreekse invloed op de vegetatie, maar wel indirect via andere standplaatskarakteristieken (Runhaar, Jalink, & Bartholomeus, 2011).

- Beschikbaarheid van zuurstofgas  
Wanneer de grondwaterstand tot in de wortelzone komt, worden alle poriën gevuld met water, waardoor de wortels minder zuurstofgas ter beschikking hebben. Sommige planten (**hygrofyten**) zijn daaraan aangepast en komen voor op plaatsen die tijdens het groeiseizoen verzadigd zijn met water. Hygrofyten bezitten bv. luchtweefsels. Dat zijn groepen van cellen met grote holtes gevuld met lucht, die planten gebruiken om zuurstofgas o.a. naar de wortels te transporteren (Figuur 9).



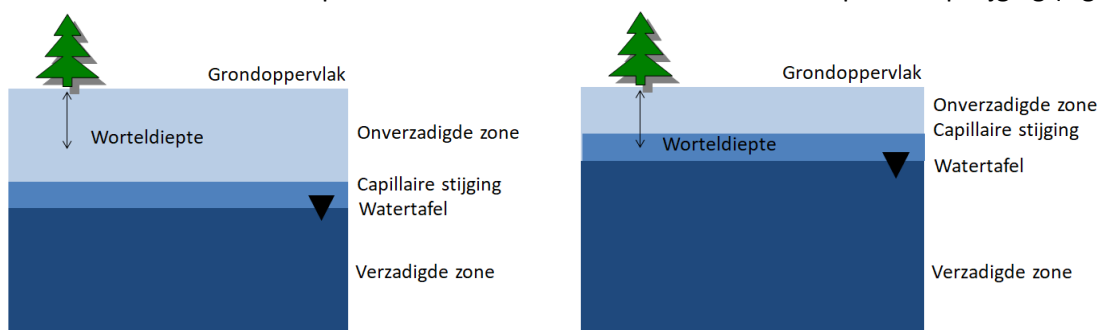
Figuur 9 Luchtweefsel in de bladeren van waterlelies (Raven, Johnson, Mason, Losos, Jonathan, & Singer, 2014)

- Zuurtegraad en concentraties van nutriënten  
Ook deze standplaatskarakteristieken kunnen worden beïnvloed door de grondwaterstand. Hierop gaan we niet dieper in.
- Bodemvochtgehalte  
**Xerofyten** zijn planten die voorkomen op droge standplaatsen met een laag bodemvochtgehalte. Xerofyten hebben zich aangepast aan droogte door bv. wateropslag of haren op de bladeren (trichomen) die de huidmondjes afschermen, waardoor er minder gemakkelijk water verdampt.



**Figuur 10 Trichomen (Raven, Johnson, Mason, Losos, Jonathan, & Singer, 2014)**

Planten die voorkomen op plaatsen met meer bodemvocht, hebben deze aanpassingen niet en worden **mesofyten** genoemd. Het bodemvochtgehalte wordt bepaald door de hoeveelheid regen die valt en het type bodem. Zandbodems zijn meestal droger, omdat het water snel infiltreert, terwijl leembodems meestal meer vocht vasthouden. In bodems die weinig vocht vasthouden, is de diepte van de grondwatertafel erg belangrijk. Vanuit de grondwatertafel stijgt er namelijk water op door de aantrekkingskrachten van de bodempartikels op het water: **capillaire opstijging**. Bij een te diepe grondwatertafel kunnen de wortels van de planten echter niet aan het water van de capillaire opstijging (Figuur 11).



**Figuur 11 Invloed van grondwaterstand op bodemvochtgehalte. In de tweede situatie kan de vegetatie water opnemen uit de zone van de capillaire stijging, doordat de grondwaterstand hoger is.**

De grondwaterstand heeft dus een invloed op verschillende standplaatskarakteristieken. Dat zorgt ervoor dat alle vegetaties in Vlaanderen wel op een bepaalde manier beïnvloed worden door de grondwaterstand. Bij sommige vegetatietypes is de invloed van het grondwater zo groot, dat je de vegetatietypes niet vindt op plaatsen waar het grondwater dieper dan 2 m onder het maaiveld wegzakt. Die vegetatietypes worden **grondwaterafhankelijke vegetaties** genoemd (Van Daele, Herr, Adriaens, Raman, & De Becker, 2016).

## 2.3 Wat is het belang van grondwaterafhankelijke vegetatie voor andere organismen?

LD1.4 Ik kan voorbeelden geven van de impact van grondwaterafhankelijke vegetatie op andere organismen (bv. voedselrelaties).

Als de grondwaterstand te laag is voor de grondwaterafhankelijke vegetatie, heeft dat niet alleen een invloed op de grondwaterafhankelijke vegetatie. Alle organismen die op de een of andere manier afhankelijk zijn van deze vegetatie, zullen een negatieve invloed ondervinden als de grondwaterafhankelijke vegetatie verdwijnt.

Organismen kunnen afhankelijk zijn van grondwaterafhankelijke vegetatie voor hun voeding, hun voortplanting, hun woonplaats ... Die relaties tussen organismen en vegetatie zijn allemaal biotische interacties (interacties tussen organismen). Hieronder volgen enkele voorbeelden:

### 1) Voortplanting

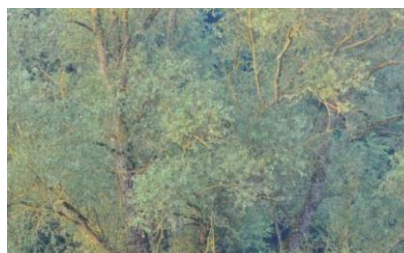
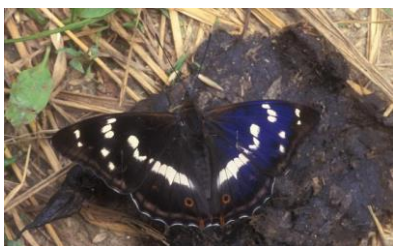
De Hoogveenglanslibel is voor zijn voortplanting afhankelijk van veenmossen, omdat zijn larven daarin leven. Het is voor de larven van de Hoogveenglanslibel veel moeilijker om op andere locaties te overleven, onder andere omdat ze daar meer concurrentie krijgen van andere libellensoorten (De Vlinderstichting, n.d.). Veenmossen groeien in bodems die steeds volledig verzadigd zijn met water en zijn dus erg gevoelig voor een daling in de grondwaterstand (Natura 2000, Agentschap Natuur & Bos, Instituut Natuur- en Bosonderzoek, n.d.).



Figuur 12 De hoogveenglanslibel en veenmossen (Inverde, INBO & ANB, n.d.) (Natura 2000, Agentschap Natuur & Bos, Instituut Natuur- en Bosonderzoek, n.d.).

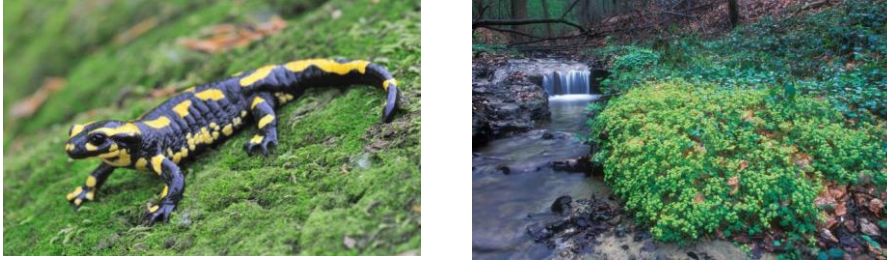
### 2) Waardplant

De Grote weerschijnvlinder zet haar eitjes af op de bladeren van de Boswilg bij een hoge luchtvochtigheid. De rupsen van de vlinder eten van de bladeren van de Boswilg en overwinteren en verpoppen in de boom. De Grote weerschijnvlinder is dus voor een groot deel van haar leven afhankelijk van de Boswilg: we noemen deze plant daarom een **waardplant** voor de Grote weerschijnvlinder. De Boswilg groeit onder andere in vochtige bossen, die afhankelijk zijn van een hoge grondwaterstand (Inverde, INBO & ANB, n.d.).



Figuur 13 Grote weerschijnvlinder en Boswilg (Inverde, INBO & ANB, n.d.)

De insecten die afhankelijk zijn van grondwaterafhankelijke vegetatie, vormen dan weer voedsel voor andere organismen, zoals de vuursalamander (Figuur 14). Volwassen vuursalamanders voeden zich met landslakken, miljoenpoten, regenwormen, spinnen en rupsen. Vuursalamanders komen enkel voor in bossen waar grondwater aan de oppervlakte komt (bronbossen) en zijn erg gevoelig voor watervervuiling of daling van de grondwaterstand (Inverde, INBO & ANB, n.d.).



Figuur 14 Vuursalamander en bronbos (Inverde, INBO & ANB, n.d.)

## 2.4 Waar vind je grondwaterafhankelijke vegetatie?

De meest zeldzame en biodiverse natuur in Vlaanderen is te vinden in twee types beschermde natuurgebieden: habitatrictlijngebieden en VEN-gebieden (VEN: Vlaams Ecologisch Netwerk). De Habitatrictlijn is een wet van de Europese Unie die de bijzonderste habitats in Europa moet beschermen. Deze habitats hebben allemaal een naam en een code. Ze bevatten specifieke planten- en diersoorten die in stand gehouden moeten worden. Vaak overlappen habitatrictlijngebieden en VEN-gebieden.

Sommige van de habitats bevatten grondwaterafhankelijke vegetatie. Het Vlaamse Agentschap voor Natuur en Bos heeft een lijst gemaakt waarin je kan vinden of een habitat grondwaterafhankelijk is of niet. Hieronder zie je een voorbeeld van die lijst (ANB, n.d.).

Habitattype	Subtype	Verkorte naam	Grondwaterafhankelijk
1130		estuaria	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
1140		slik- en zandplaten	niet grondwatergevoed
1310	1310_pol	binnendijkse zeekraalvegetatie	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1310	1310_zk	buitendijks laag schor	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1310	1310_zv	buitendijks hoog schor	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1320		slijkgrasvelden	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding

Figuur 15 Grondwaterafhankelijkheid van habitats (ANB, n.d.).

## 3. Verdroging

LD5.4 Ik kan het concept verdroging omschrijven en dit situeren op regionale schaal.  
LD5.7A Ik kan mogelijke oorzaken van verdroging bespreken (bemaling, drinkwaterwinning ...).  
LD5.7B Ik kan mogelijke gevolgen van verdroging bespreken (impact op vegetatie, zettingen ...).

### 3.1 Wat is verdroging en hoe wat zijn de oorzaken van verdroging?

Verdroging betekent dat het grondwaterpeil daalt en de hoeveelheid water in de bodem vermindert door de invloed van de mens. Verdroging wordt grotendeels veroorzaakt door een te groot watergebruik, waarbij grondwater wordt opgepompt (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

- Het meeste grondwater (65% van het totale verbruik) wordt gewonnen voor drinkwater voor de mens (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).
- Landbouwers pompen grondwater op om hun akkers te irrigeren of hun vee te drinken te geven (20%) (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).
- Sommige industriële activiteiten pompen grondwater op als koelwater of proceswater (12%) (Vlaamse Milieumaatschappij, 2021).
- Op bouwerven worden bemalingen uitgevoerd: het grondwater wordt opgepompt, zodat men in een droge bouwput kan werken.

Een andere oorzaak van verdroging is de steeds grotere verharde oppervlakte (zoals gebouwen, wegen ...), die ervoor zorgt dat het regenwater niet vlot kan infiltreren. Bovendien zijn er in Vlaanderen vele grachten aangelegd en werden beken rechtgetrokken, zodat regenwater snel wordt afgevoerd richting de zee en niet kan infiltreren (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

Ten slotte leidt ook de klimaatverandering tot verdroging. In de toekomst zal regen in kortere, hevigere buien vallen, waardoor er meer water oppervlakkig afstroomt en niet infiltreert naar het grondwater. De droogteperiodes worden langer. Dat alles leidt tot dalende grondwaterstanden.

### 3.2 Wat zijn de gevolgen van verdroging?

Verdroging heeft verschillende mogelijke gevolgen (Inverde, INBO & ANB, n.d.).

- Wanneer in natuurgebied de grondwaterstand daalt, worden grondwaterafhankelijke vegetatie en organismen bedreigd.
- Als er minder grondwater aan de oppervlakte komt, verandert ook de hoeveelheid en de chemische samenstelling van het oppervlaktewater. De pH kan dalen en de concentratie van verontreinigende stoffen kan toenemen. Dat bedreigt opnieuw de natuur en andere sectoren zoals scheepvaart en landbouw.
- Als grondwater wordt weggetrokken uit kleilagen, krimpen deze, waardoor de grond inzakt. Dit verschijnsel wordt zetting genoemd. Zettingen kunnen o.a. problemen veroorzaken doordat ze scheuren en barsten in huizen veroorzaken.

Verdroging kan op een zeer lokale schaal optreden, bijvoorbeeld wanneer de grondwaterstand daalt in een bos doordat er nabij grondwater wordt gewonnen. Verdroging kan ook op grotere, regionale schaal optreden, bijvoorbeeld wanneer 's zomers in grote delen van Vlaanderen de grondwaterstanden te laag zijn.

## 4. Milieueffecten bepalen met ICT-tools

LD5.6A Ik kan m.b.v. Geopunt verdrogingsgevoelige habitats lokaliseren.

LD5.6B Ik kan de invloedstraal en het debiet van een grondwaterwinning bepalen met de VMM rekentool.

In dit deel leren we hoe je kan berekenen of bemalingen zullen leiden tot verdroging in een natuurgebied. Eerst leren we werken met de website Geopunt. Op die site kunnen we allerlei kaarten raadplegen en combineren om informatie te verkrijgen over de omgeving van het project. Daarna leren we een excelbestand gebruiken om twee belangrijke eigenschappen van bemalingen te berekenen: de invloedstraal en het debiet.

### 4.1 Geopunt

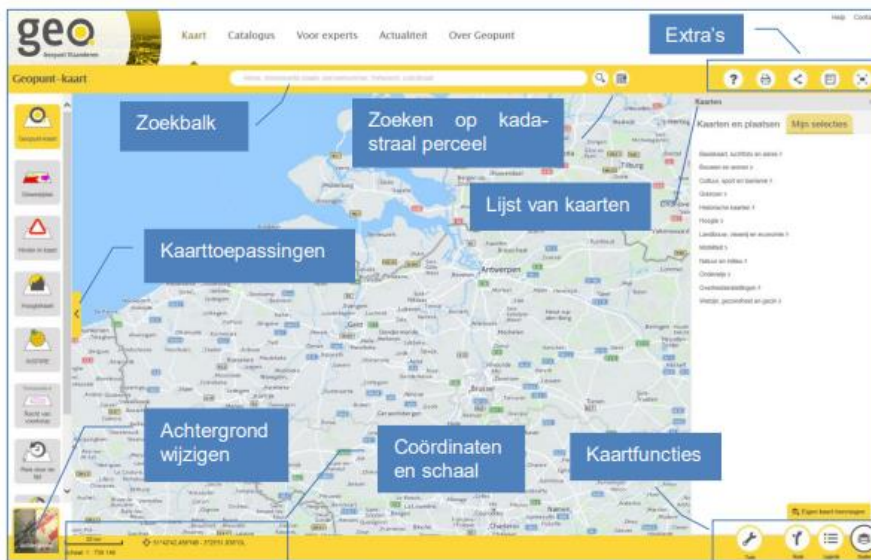
Hieronder vind je fragmenten die zijn overgenomen uit de handleiding van Geopunt (Informatie Vlaanderen, 2019).

### 4.1.1 Algemene indeling Geopunt

Wanneer je naar [www.geopunt.be](http://www.geopunt.be) gaat, krijg je onmiddellijk de kaart te zien.

Volgende onderdelen van de kaart kunnen we onderscheiden (zie *Figuur 1*)

- Lijst van kaarten: Voeg een of meerdere kaartlagen toe aan de huidige kaart (zie 2.1.1)
- Achtergrond wijzigen: Wijzig de achtergrond van je kaart naar een luchtfoto, de basiskaart of het stratenplan. (zie 2.1.1.3)
- Zoekbalk: Typ in de zoekbalk een adres, interessante plaats, perceelnummer, thema, ... in en vind wat je zoekt. (zie 2.1.3)
- Zoeken op kadastraal perceel (zie 2.1.4)
- Coördinaten en schaal (zie 2.1.5)
- Extra's: Helppagina's, printfunctionaliteit, kaartdelen-functionaliteit, overzichtskaart en volledig scherm functie. (zie 2.1.8)
- Kaartfuncties: Afstanden of oppervlaktes meten, routing, legende informatie,... (zie 2.1.6)
- Kaarttoepassingen: De kant-en-klare kaarttoepassingen over een thema zorgen er voor dat je niet meer zelf moet zoeken naar beschikbare kaarten over het onderwerp. (zie 2.1.9)



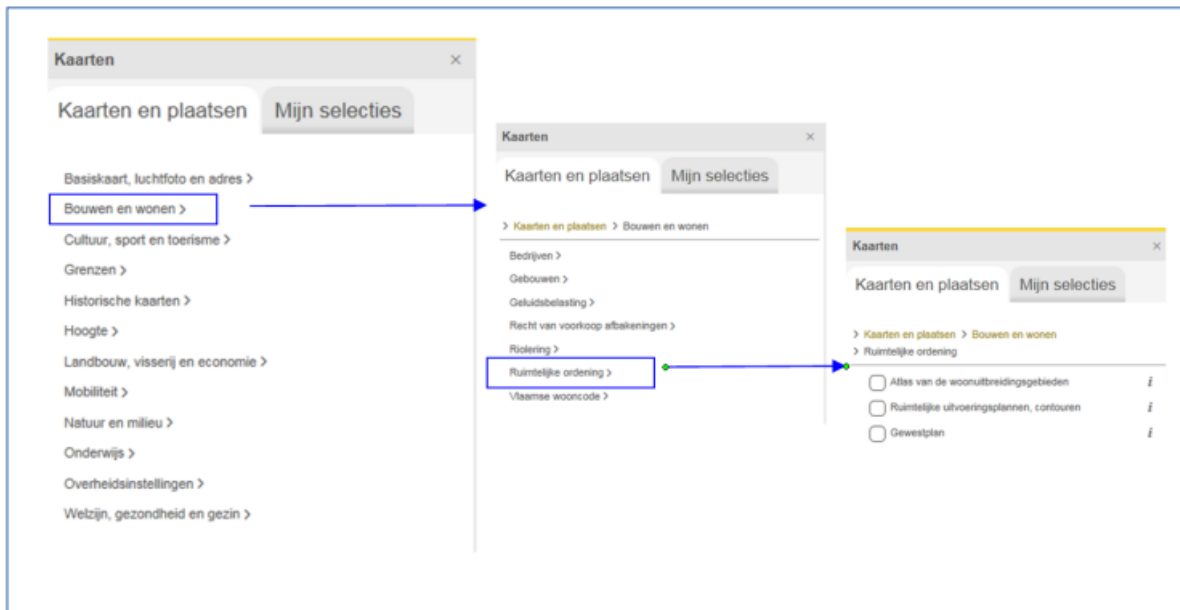
Figuur 1: GEOPUNT - de kaartonderdelen

### 4.1.2 Kaarten

In de lijst van kaarten is het mogelijk om een keuze te maken uit een lijst van relevante thema's (geografische lagen en interessante plaatsen) en het gekozen thema als laag of als punten op de kaart te tonen.

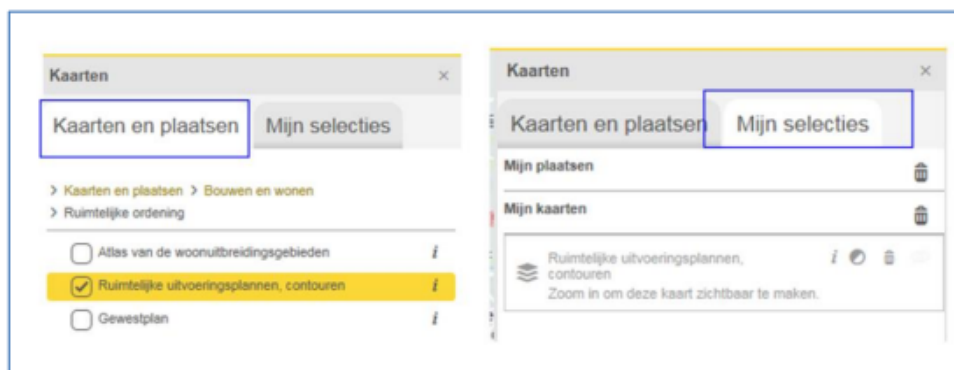
De beschikbare thema's staan onmiddellijk onder "Kaarten en plaatsen".

In een thema (open het thema door er op te klikken) zit vervolgens (eventueel) een onderverdeling per categorie, en per categorie (open de categorie door er op te klikken) vind je dan de bijhorende kaartlagen, voorbeeld in *Figuur 2* met thema "Bouwen en wonen":



Figuur 2: Lijst van kaarten

Een kaartlaag kan je openen door het vakje voor de kaartlaag aan te kruisen (zie *Figuur 4*). Zodra je een kaartlaag hebt geselecteerd zal deze verschijnen in het tabblad "Mijn selecties" (zie *Figuur 4*).



Figuur 4: Kaartlaag selecteren

De gegevens van de kaartlaag worden niet altijd onmiddellijk getoond. Bij "Mijn kaarten" zal je de reden hiervoor zien. In het voorbeeld in *Figuur 4* komt dit omdat er nog niet voldoende werd ingezoomd om de data zichtbaar te maken.

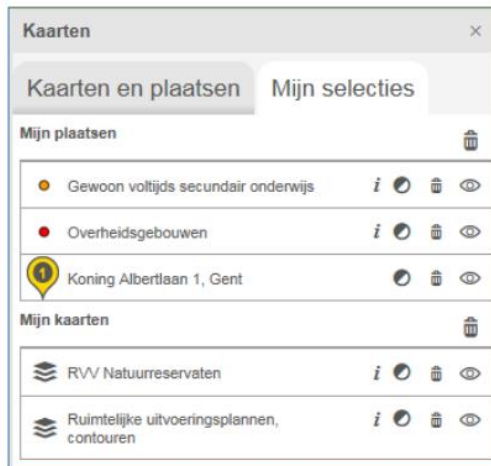


### 4.1.3 Jouw geselecteerde kaarten





In het tabblad “Mijn selecties” zal er in eerste instantie niets onder “Mijn kaarten” of “Mijn plaatsen” staan. Dit veld wordt gevuld nadat je naar een locatie of interessante plaats hebt gezocht via de zoekbalk (zie verder) of nadat je een kaartlaag hebt aangevinkt bij “Kaarten en plaatsen”.



In *Figuur 6* staat een voorbeeld waarbij men 1 locatie, 1 school en 4 kaartlagen (2 kaarten en 2 lagen met interessante plaatsen) heeft toegevoegd aan de kaart.

De **volgorde van de lagen** kan je wijzigen door de laag met je muis vast te nemen en naar boven of onder de andere laag te verschuiven.



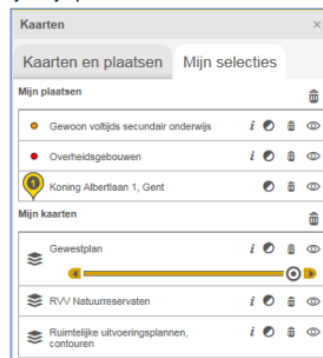
Figuur 6: Mijn plaatsen / Mijn kaarten

Per “kaartlaag” of per “plaats” staan telkens vier icoontjes:    


1. Informatie over de kaartlaag  (zie *Figuur 5*).
2. Transparant maken 

In *Figuur 7* werd het transparant icoon aangeklikt voor de kaartlaag ‘Gewestplan’ bij “Mijn kaarten”. Hierdoor verschijnt een gele balk. Door het bolletje over de gele balk te verschuiven kan je die laag transparant maken (0 → 100%).


Dit kan ook bij de lagen bij “Mijn plaatsen”



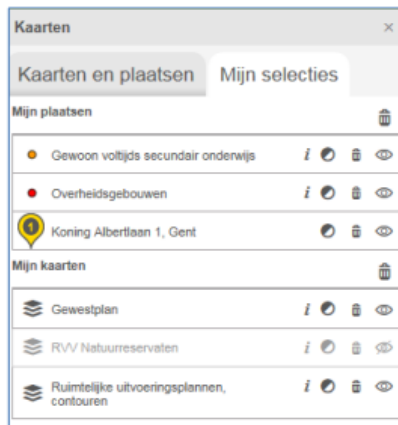
Figuur 7: Transparant maken van een selectie

3. Verwijderen   
Door op het vuilbak-icoontje te klikken bij “Mijn plaatsen” of “Mijn kaarten” verwijder je alle lagen.

#### 4. Verbergen /

Door op het icoon  naast een kaartlaag of gekozen plaats te klikken wordt de betreffende laag verborgen. In *Figuur 8* zie je dat de laag "RVV Natuurreservaten" op onzichtbaar werd gezet.

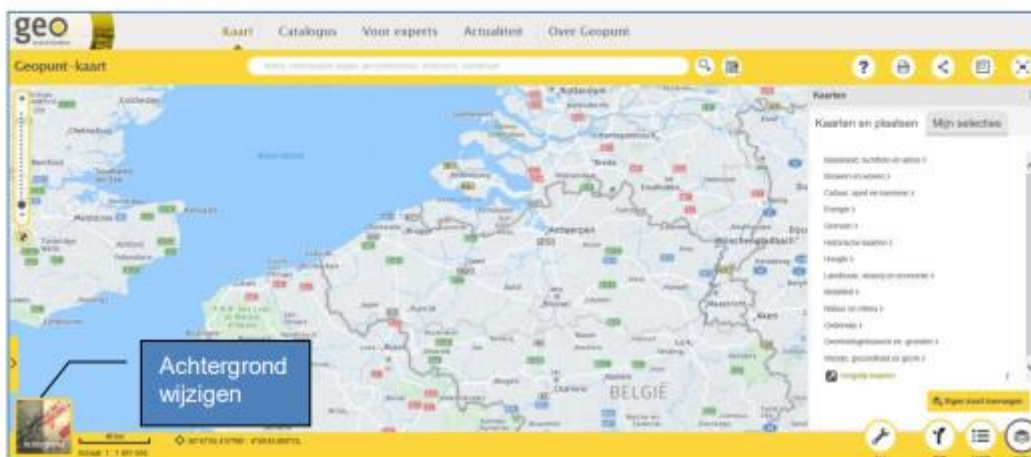
Je maakt de laag opnieuw zichtbaar door opnieuw op dit icoon te klikken.



Figuur 8: Verbergen van een kaartlaag

#### 4.1.4 Achtergrond wijzigen

Op elk moment kan je de achtergrond van de kaarttoepassing wijzigen. Dit doe je via de knop "Achtergrond" in de linkerbenedenhoek van de kaart (zie *Figuur 14*)



Figuur 14: Knop "Achtergrond wijzigen"

Afhankelijk van in welke kaarttoepassing je bent, zal je andere achtergronden kunnen kiezen.

In de kaarttoepassing "Geopunt-kaart" vind je het grootste aanbod:

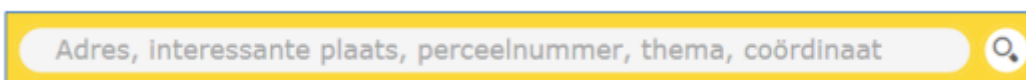
1. Basiskaart – GRB
2. Basiskaart – GRB grijswaarden
3. Luchtfoto
4. Hybride: Combinatie van het GRB met de luchtfoto
5. Stratenplan
6. Blanco

Je kan de achtergrond wijzigen door te klikken op de gewenste achtergrond in de lijst. Zie *Figuur 15*.



Figuur 15: Keuze van een achtergrond

#### 4.1.5 Zoekbalk



In de zoekbalk kan je een adres, een plaats of andere zaken intypen om te zoeken. Klik in de dropdown lijst met zoekresultaten op het resultaat dat je zocht.

## 4.1.6 Tools: meten, tekenen en hoogteprofiel opvragen

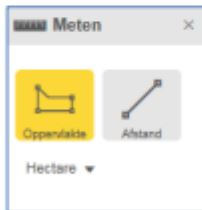
Drie hulpmiddelen laten toe:





- om de afstand tussen twee punten te **meten**, de locatie van een punt te bepalen of om de oppervlakte te berekenen van een gebied op de kaart;
- om punten, lijnen of willekeurige geometrieën te **tekenen** op de kaarten;
- om een **hoogteprofiel** weer te geven van een getekend traject op de kaart.

### 1. Meten:


Klik op Tools, vervolgens op Meten. Kies voor



- oppervlakte via  of voor

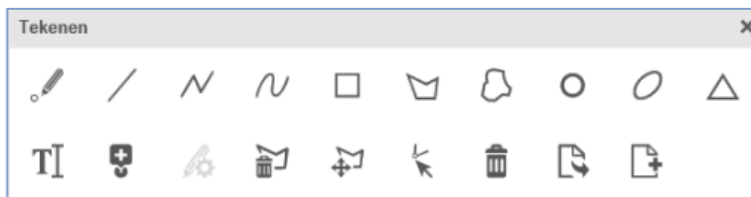
- afstand via 

en kies de juiste eenheid door het pijltje rechts aan te klikken van de meeteenheid, bijvoorbeeld **Kilometer**. Vervolgens klik je op een

punt op de kaart om het meten te starten. Klik op de stop-knop  om het meten te beëindigen. Het meetresultaat is dan zichtbaar in het meetvenster.

### 2. Teken:

Klik op Tools, vervolgens op Teken. Het tekenvenster wordt geopend. (zie Figuur 18)




Figuur 18: Tekenvenster

Kies eerst de vorm die je wil tekenen.

-  voor een punt
-  voor een rechte lijn
-  voor een gebroken lijn
-  voor een gebogen lijn
-  voor een vierhoek
-  voor een veelhoek
-  voor een willekeurige figuur
-  voor een cirkel
-  voor een ellips
-  voor een driehoek

Je kan de lijndikte, de kleur, de opvulling, de transparantie enz. van jouw figuur of lijn zelf kiezen. Opgelet: dit moet je doen **vooral** je begint te tekenen! Eens je figuur is getekend, kan je niets meer aan de stijl van de figuur veranderen. Je kan de tekenstijl

aanpassen in het 'Teken style properties-venster' dat je oproept via de knop . Dit 'Teken style properties-venster' opent ook automatisch als je begint te tekenen.

### 3. Hoogteprofiel opvragen:

Klik op Tools, vervolgens op Hoogte. Teken een traject op de kaart. Hiervan wordt dan het hoogteprofiel getoond in het hoogteprofielvenster.

Het is ook mogelijk om voor een berekende route het hoogteprofiel op te vragen. Dit kan via het icon 'Hoogteprofiel' op het route-venster .

Een hoogteprofiel tussen 2 plaatsen kan zeer gedetailleerd, standaard of minder gedetailleerd getoond worden, dit na aanklikken van één van de 3 knoppen rechts boven in het hoogteprofielvenster:



voor standaard resolutie



voor hoge resolutie



voor maximale resolutie

Zeer gedetailleerd opvragen (= maximale resolutie) geeft meeste 'pieken' in het hoogteprofiel, weinig gedetailleerd opvragen (= standaard resolutie) geeft een meer glooiend hoogteprofiel.

## 4.2 Berekeningsinstrument bemalingen

### 4.2.1 Introductie

Bij een bemaling wordt er grondwater opgepompt onder een bouwput, zodat de bouwput droog blijft. Daarbij wordt het grondwater door een filter getrokken, zodat er geen aarde bij de pomp komt. Door het pompen wordt grondwater uit de omgeving naar de bouwput getrokken. De grondwaterstand zal dus niet alleen zakken onder de bouwput, maar ook in de omgeving errond.

*De verklaring daarvoor is dat het oppompen van grondwater ervoor zorgt dat de stijghoogte van het grondwater onder de bouwput lager is dan de stijghoogte in de omgeving. Doordat grondwater zich verplaatst van een hogere naar een lagere stijghoogte, stroomt het water naar de bouwput. Daardoor zal de grondwaterstand ook op die locaties zakken.*

Onder de bouwput zelf wordt de grondwaterstand met minstens 0.5 m verlaagd (maar vaak zelfs enkele meters). Hoe verder je van de put komt, hoe minder groot de verlaging van het grondwater is. De **invloedstraal** is de afstand vanaf de bouwput tot de plaatsen rond de bouwput waar de grondwaterstand maar met 5 cm wordt verlaagd. Binnen de invloedstraal is er de grootste invloed van de bemalingen. Hoe langer je grondwater oppompt, hoe groter de invloedstraal wordt. Het **debiet** is het volume grondwater dat per tijdseenheid wordt opgepompt (eenheid:  $\frac{m^3}{dag}$ ). Het debiet is niet constant tijdens de bemaling, maar wordt kleiner naarmate je langer grondwater oppompt.

De Vlaamse Milieumaatschappij stelt een Excel rekenblad ter beschikking om de invloedstraal en het debiet van een bemaling te berekenen. Hieronder volgt een handleiding hoe je het rekenblad moet invullen (Vlaamse Milieumaatschappij, 2020).

In het rekenblad moet je vaak een hoogteligging ingeven. Daarvoor kan je kiezen tussen de diepte, uitgedrukt in m-mv (meter onder het maaiveld) en het peil, uitgedrukt in mTAW (meter t.o.v. de Tweede Algemene Waterpassing). Het maaiveld is het grondoppervlak. De Tweede Algemene Waterpassing is een referentiehoogte, die gelijk is aan het gemiddelde zeeniveau (bij laagwater) in Oostende (gemeten tussen 1947 en 1968) (NGI, 2022).



Figuur 16 Peil in mTAW en diepte in m-mv

#### 4.2.2 Handleiding

**Algemeen.** Je werkt enkel in het werkblad INPUT –OUTPUT. Het werkblad bestaat uit de delen INPUT en OUTPUT. Bij INPUT zal je de gele cellen moeten invullen met gegevens over de bemaling en de omgeving. Bij OUTPUT zullen de uitkomsten van de berekening verschijnen.

**Stap 1: administratieve gegevens.** De gele cellen in het blok ‘Administratieve gegevens van de bemalingsite’ hoef je niet in te vullen. Deze vakjes zijn bedoeld voor wie een omgevingsvergunning wil aanvragen.

VLAAMSE  
MILIEUMAATSCHAPPIJ

Vlaanderen  
is milieu

#### INPUT

[check laatste versie hier](#)  
versie 1.0 2/07/2020

ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE BEMALINGSSITE			
OMV nummer	straat	nr	gemeente
aanvrager			
ingevuld door	datum	Vul alle administratieve gegevens in.	
	20/04/2022		
LIGGING			
Gelegen in beschermd duingebied?	NEEN	<a href="#">zie DOV themaviewer bemalingen</a>	
Gelegen in groengebied, natuurontwikkelingsgebied, parkgebied of bosgebied?	NEEN		
Gelegen in Waterwingebied of beschermingszone Type I of II?	NEEN		
Afstand tot speciale beschermingszones (habitat richtlijngebied, vogelrichtlijngebied)	1	in meter	

**Stap 2: gegevens over de bouwput en de ondergrond.** Hier moet je de gele cellen invullen.

- ‘Grondwatervoeding uit neerslag’ is de hoeveelheid regen die kan infiltreren in de grond en het grondwater kan aanvullen. Voor Vlaanderen is dat gemiddeld 200 mm/j.
- Bij ‘Bemalingskader / bouwput’ vul je de breedte, lengte en diepte in van de bouwput. Deze gegevens zul je moeten zoeken in de informatie over de bouwwerken. Je kan kiezen of je de diepte ingeeft in m-mv of het peil in mTAW.

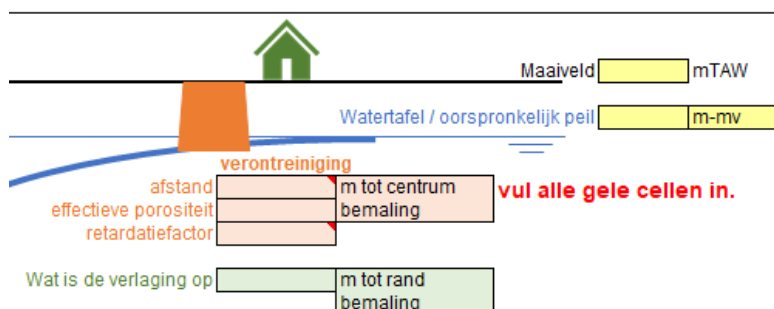
GEGEVENS OVER DE BOUWPUT EN DE ONDERGROND	
grondwatervoeding uit neerslag	200 mm/j
Bemalingskader / bouwput:	
breedte	m
lengte	m
diepte	m-mv
equivalente r	m

- De ‘gewenste verlaging’ is een halve meter onder de bodem van de bouwput. Je kan opnieuw kiezen tussen m-mv en mTAW.
- ‘Duur bemaling’ geeft aan hoe lang er grondwater wordt opgepompt. Dit kan je vinden in de informatie over de bouwwerken.
- Bij ‘Filterdiepte’ vul je in hoe diep de filter zich bevindt waardoor het grondwater wordt opgepompt. Dit kan je vinden in de informatie over de bouwwerken.

- 'Grondsoort' is het bodemtype dat aanwezig is in de omgeving van de bouwput. Je mag deze cel overslaan.
- Bij de 'Doorlatendheid' vul je de doorlatendheid van de bodem in. Je gaat eerst op zoek naar de bodemsoort in de gegevens over de omgeving van de bouwwerken. Vervolgens zoek je op in je cursus welke doorlatendheid deze bodemsoort heeft.
- Bij 'Peil ondoorlatende basis' geef je in hoe diep de eerste ondoorlatende laag zich bevindt die je tegenkomt. Je kan dit vinden in de gegevens over de omgeving van de bouwwerken. Je kan opnieuw kiezen tussen m-mv en mTAW.

gewenste verlaging tot	<input type="text" value="m-mv"/>	▾
duur bemaling	<input type="text" value="dagen"/>	▾
Filterdiepte	<input type="text" value="m-mv"/>	▾
Grondsoort	<input type="text"/>	▾
OF Doorlatendheid	<input type="text" value="m/d"/>	▾
Peil ondoorlatende basis:	<input type="text" value="m-mv"/>	▾

- Bij 'Maaiveld' vul je het peil van het maaiveld in, ter hoogte van de bouwput. Dit is verplicht in mTAW. Je bepaalt het maaiveldpeil met behulp van een hoogtekaart in Geopunt.
- Bij 'Watertafel / oorspronkelijk peil' vul je diepte van het grondwater in, voordat de bemalingen van start gaan. Je kan dit vinden in de gegevens over de omgeving van de bouwwerken. Je kan opnieuw kiezen tussen m-mv en mTAW.
- De oranje en groene cellen mag je overlaten. De oranje cellen zijn bedoeld voor wanneer er een grondwaterverontreiniging in de buurt is. De groene cel is bedoeld om de verlaging van het grondwater op een bepaalde afstand van de bouwput te weten.



### Stap 3: de uitkomsten.

In het kader DEBIET en INVLOEDSTRAAL kan je de resultaten van de berekeningen bekijken. Je vindt deze onder de titel 'Stationaire toestand volgens Dupuit'. Dit is de toestand die geldt voor het grootste deel van de bemaling. In de cellen bij 'Invloedstraal' en 'Stationair debiet' vind je de invloedstraal en het debiet waarnaar we op zoek zijn. De andere cellen mag je negeren.

## DEBIET en INVLOEDSTRAAL

**Begin van de bemaling** - debiet en invloedstraal volgens Dupuit en Sichardt

Invloedstraal	<input type="text"/>	m vanaf de rand			
Initieel debiet	<input type="text"/>	$m^2/u$	→	<input type="text"/>	$m^2/d$
Onvolkomen debiet	<input type="text"/>	$m^2/u$	→	<input type="text"/>	$m^2/d$

volume in  $m^3$  voor eerste 5 dagen

**Stationaire toestand volgens DUPUIT** - debiet en invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding

Invloedstraal	<input type="text"/>	m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)			
Stationair debiet	<input type="text"/>	$m^2/u$	→	<input type="text"/>	$m^2/d$
Onvolkomen stationair debiet	<input type="text"/>	$m^2/u$	→	<input type="text"/>	$m^2/d$

volume in  $m^3$  resterende duur

**Stationaire toestand volgens VERRUIJT** - invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding

Invloedstraal  m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)

---



## 5. Veldwerk

1.1 De leerlingen kunnen waarnemingen van individuele organismen en hun omgeving registreren en verwoorden.

LD1.1 De leerlingen kunnen hun waarnemingen van grondwaterafhankelijke vegetatie beschrijven.

1.2 De leerlingen kunnen abiotische en biotische factoren aan de hand van concrete situaties vaststellen.

LD1.2H De leerlingen kunnen a.d.h.v. een uitgevoerde grondboring een (ruwe) beschrijving geven van de bodemopbouw en grondwatertafel.

5.6 De leerlingen kunnen de impact van milieu-ingrepen op de biodiversiteit aantonen met voorbeelden.

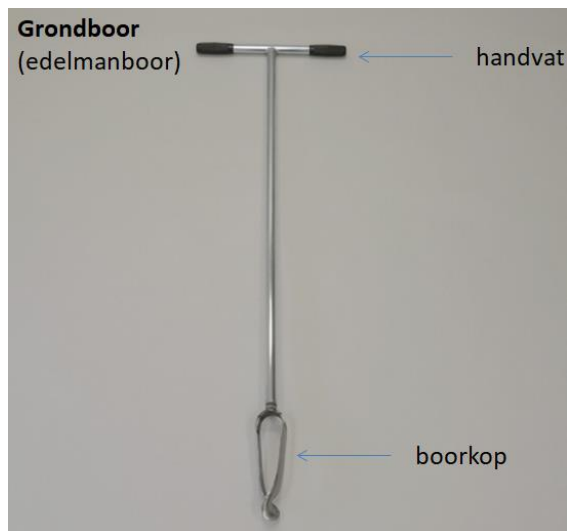
LD5.6 De leerlingen kunnen d.m.v. veldonderzoek de biodiversiteit tussen een verdroogd en een door grondwater gevoed perceel vergelijken.

5.8 De leerlingen kunnen proeven uitvoeren en in verband brengen met onderzoek op verschillende schaalniveaus.

LD5.8 De leerlingen kunnen een grondboring uitvoeren.

### 5.1 Hoe gebruik je een grondboor?

Met een grondboor kan je een bodemstaal nemen om de verschillende bodemsoorten te bepalen (Resource WUR, 2015).



Figuur 17 Grondboor (Eijkelpamp. Soil & Water, n.d.)

- Duw de grondboor met de punt in de grond en draai het handvat rond.
- Terwijl je de grondboor ronddraait, zal er grond verzameld worden in de kop van de boor. Die aarde haal je naar boven wanneer je de grondboor uit de grond trekt en zal deel uitmaken van je bodemstaal.
- Draai de grondboor 3 à 4 keer rond voordat je hem uit de grond haalt. Als je langer ronddraait, komt de boor te vol te zitten, waardoor je de boor moeilijker uit de grond kan trekken. Bovendien blijft er dan een ruimte vrij van grond bovenaan de boorkop, waardoor je gemakkelijker de grond uit de boorkop kan halen.

- Voor je de grondboor uit de grond trekt, draai je de boor een slag terug.
- Ga door je knieën en behoud een rechte rug wanneer je de grondboor uit de grond trekt.
- Duw de grond uit de boorkop zodat die valt op een effen oppervlak (bv. op een zeil dat je meebrengt). Gebruik daarbij je volledige duim (niet enkel je vingertoppen) om de grond eruit te duwen, zodat je het grondstaal in één keer eruit duwt en zo weinig mogelijk verbrokkelt.
- Herhaal deze handelingen en laat de nieuwe aarde steeds onder de oudere hoopjes aarde vallen, zodat je nadien kan zien welke grond van bovenaan en welke grond van dieper uit de bodem kwam.

## 5.2 Hoe bepaal je de bodemsoort?

Om te bepalen welke bodemsoort je hebt opgegraven, neem je een handvol grond en probeer je de vormen te maken die je ziet op Figuur 18. Begin met de vorm bovenaan en stop zodra het niet meer lukt om de volgende vorm te maken. Je vindt het bodemtype in de derde kolom bij de laatste vorm die je nog kon maken.

	<b>Bergje</b>	<b>bestaat uit: zand</b>
	<b>Dropje</b>	<b>bestaat uit: lemig zand</b>
	<b>Rolletje (10cm) met scheuren</b>	<b>bestaat uit: zandig leem</b>
	<b>Rolletje (10cm) zonder scheuren</b>	<b>bestaat uit: leem</b>
	<b>Hoefijzer met scheuren</b>	<b>bestaat uit: kleïg leem</b>
	<b>Hoefijzer zonder scheuren</b>	<b>bestaat uit: lemig klei</b>
	<b>Cirkel</b>	<b>bestaat uit: klei</b>

Figuur 18 Bodemsoort bepalen (Inverde/OC-ANB, 2022)

## 5.3 Hoe identificeer je wilde planten met Obsidentify?

Obsidentify is een gratis app waarmee je wilde planten, dieren en paddenstoelen kan identificeren in België en Nederland.

De app is gebruiksvriendelijk. Een handleiding, opgesteld door Natuurparken Limburg, is toegevoegd in Bijlage 1 (Natuurparken Limburg, 2020).

## Bibliografie

- ANB. (n.d.). *Wijziging grondwaterstand*. Opgeroepen op April 24, 2022, van Agentschap Natuur & Bos: <https://pww.natuurenbos.be/wijziging-grondwaterstand#referenties>
- Bot, B. (2011). *Grondwaterzakboekje*. Söderblomplaats 348, 3069 SL Rotterdam, Nederland: Bot Raadgevend Ingenieur.
- De Vlinderstichting. (n.d.). *Hoogveenglanslibel*. Opgeroepen op April 18, 2022, van Vlinderstichting: <https://www.vlinderstichting.nl/libellen/overzicht-libellen/details-libel/hoogveenglanslibel>
- Departement Natuurkunde en Sterrenkunde. KU Leuven. (2020, Augustus 19). *Capillariteit*. Opgeroepen op April 24, 2022, van Departement Natuurkunde en Sterrenkunde: <https://fys.kuleuven.be/pradem/demoproeven/demoproeven-leuven/demoproeven-leuven-mechanica/capillariteit>
- Eijkelkamp. Soil & Water. (n.d.). *Grondboren en bodembemonsterings-apparatuur*. Opgeroepen op April 21, 2022, van eijkelcamp.com: [https://www.eijkelkamp.com/producten/grondboren-en-bodembemonstering-apparatuur/pagina\(3\)?sort=pn&direction=asc](https://www.eijkelkamp.com/producten/grondboren-en-bodembemonstering-apparatuur/pagina(3)?sort=pn&direction=asc)
- Fitts, C. (2012). *Groundwater Science, second edition*. Academic Press.
- FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. (2021). *Waargenomen veranderingen in België*. Opgeroepen op Mei 2, 2022, van Klimaat.be: <https://klimaat.be/in-belgie/klimaat-en-uitstoot/waarmeningen>
- Informatie Vlaanderen. (2019). *Syllabus Geopunt. Versie 3.2*.
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Boswilg*. Opgeroepen op April 20, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/node/40796>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Grote weerschijnvlinder*. . Opgeroepen op April 20, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/node/2800>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Hoogveenglanslibel*. Opgeroepen op April 18, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/node/2690>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Natuurstreefbeeld: Bronbos (91E0\_vc)*. Opgeroepen op April 20, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/natuurstreefbeeld/natuurstreefbeeld-bronbos-91e0vc>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d., n.d. n.d.). *Standplaats*. Opgeroepen op April 18, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/standplaats>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Veen*. Opgeroepen op Mei 2, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/veen>
- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Verdroging*. Opgeroepen op April 20, 2022, van Ecopedia: <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/verdroging>

- Inverde, INBO & ANB. (n.d.). *Vuursalamander*. Opgeroepen op 04 20, 2022, van Ecopedia:  
<https://www.ecopedia.be/node/1811>
- Inverde/OC-ANB. (2022). *Hoe herken ik het bodemtype?* Opgeroepen op April 21, 2022, van Bomenwijzer.be:  
[https://bomenwijzer.be/bodemtypes#:~:text=Het%20bodemtype%20wordt%20bepaald%20door,allerkleinst%20\(%3C%20%2C002%20mm\)](https://bomenwijzer.be/bodemtypes#:~:text=Het%20bodemtype%20wordt%20bepaald%20door,allerkleinst%20(%3C%20%2C002%20mm)).
- Maidment, D. R. (1993). *Handbook of Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Natura 2000, Agentschap Natuur & Bos, Instituut Natuur- en Bosonderzoek. (n.d.). *Voedselarme tot matig voedselarme verlandingsvegetaties (7140)*. Opgeroepen op April 18, 2022, van Natura 2000 Vlaanderen: <https://natura2000.vlaanderen.be/habitatype/voedselarme-tot-matig-voedselarme-verlandingsvegetaties-7140>
- Natuurparken Limburg. (2020, April 17). *Handleiding ObsIdentify*. Opgeroepen op April 21, 2022, van natuurparkenlimburg.nl: <https://www.natuurparkenlimburg.nl/nieuws>
- NGI. (2022). *Tweede Algemene Waterpassing*. Opgeroepen op April 20, 2022, van NGI:  
<https://www.ngi.be/website/tweede-algemene-waterpassing/>
- Pisman, A., Vanacker, S., Bieseman, H., Vanongeval, L., Van Steertegem, M., Poelmans, L., et al. (2021). *Ruimterapport Vlaanderen 2021*. Brussel: Departement Omgeving.
- Raven, P., Johnson, G., Mason, K., Losos, Jonathan, & Singer, S. (2014). *Biology*. New York, Verenigde Staten: McGraw-Hill.
- Resource WUR. (2015, September 24). *How To: Grondboor*. Opgeroepen op April 22, 2022, van Youtube.com: <https://www.youtube.com/watch?v=7PRHewJcRos>
- Runhaar, H., Jalink, M., & Bartholomeus, R. (2011). Invloed van grondwaterstanden op standplaatscondities en vegetatie. *De Levende Natuur*, 138-142.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1987). *Soil mechanics level 1, Module 3. USDA Textural Classification Study Guide*. Washington, DC: National Employee Development Staff, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture.
- Valcke, M. (2019). *Krachtige leeromgevingen. Omgaan met diversiteit in de klas*. Gent: Academia Press.
- Van Daele, T., Herr, C., Adriaens, D., Raman, M., & De Becker, P. (2016). *Advies over de nuleffectcontour bij impactanalyses over verdroging*. INBO.A.3478.
- Van der Bruggen, B. (2009). *Waterzuivering en - hergebruik: watervoorziening*. Leuven: Acco.
- Vansteenkiste, M., & Soenens, B. (2015). *Vitamines voor groei. Ontwikkeling voeden vanuit de Zelf-Determinatie Theorie*. Acco.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (2020). *Handleiding berekeningsinstrument bemalingen*. Aalst: Vlaamse Milieumaatschappij.

Vlaamse Milieumaatschappij. (2021, Juli). *Grondwaterstand (2000-2020)*. Opgeroepen op Mei 2, 2022, van Vlaamse Milieumaatschappij:  
<https://www.vmm.be/water/grondwater/grondwaterstand>

Vlaamse Milieumaatschappij. (2021, Juli). *Grondwaterverbruik (2000-2019)*. Opgeroepen op April 20, 2022, van vmm: <https://www.vmm.be/water/grondwater/grondwaterverbruik>

Vlaamse Milieumaatschappij. (2021). *Richtlijnen bemalingenter bescherming van het milieu*. Aalst: Vlaamse Milieumaatschappij.

**Bijlage 4 Ontwikkeld STEM-lessenpakket “De impact van grondwaterwinning op vegetatie”:  
opdrachten (leerkrachtenversies)**

Op de volgende pagina's zijn de leerkrachtenversies toegevoegd van de opdrachten van het STEM-lessenpakket “De impact van grondwaterwinning op vegetatie” dat in het kader van deze educatieve masterproef werd ontwikkeld.

## 0. Introductie project

De leerlingen krijgen volgende tekst over het bouwproject dat de context vormt voor het leerlingproject. Ze krijgen volgende opdrachten:

- Lees de tekst aandachtig.
- Welke impact zou het nieuwe ziekenhuis kunnen hebben op de omgeving? Verdeel het werk zoals het staat aangegeven op het schema dat je gekregen hebt. Schrijf je ideeën op een apart blad.
- Stel vervolgens aan elkaar voor wat je hebt opgeschreven. Overleg met elkaar en als je het eens bent, vul dan het schema in.
- Werk per twee.

Na afloop van de brainstorm-opdracht kan de leerkracht verschillende groepen vragen naar welke impact ze voorspellen. Zij/hij vult dan aan met eventuele effecten die de leerlingen niet hebben gevonden. Ten slotte licht de leerkracht toe dat de leerlingen in het project dieper onderzoek gaan doen naar de impact van het bouwproject op de grondwaterstanden en de daarvan afhankelijke natuur.

Hierbij is het belangrijk om aan te geven dat studiebureaus dit soort werk doen in de realiteit. In studiebureaus worden de milieueffecten van allerlei bouwprojecten en andere projecten onderzocht. Daarbij maakt men eerst een overzicht van alle ingrepen die gebeuren en welke effecten die ingrepen hebben op het milieu hebben. Vervolgens gaat men elk mogelijk effect onderzoeken en inschatten hoe ernstig dit effect zal zijn. Het studiebureau zal ook maatregelen voorstellen die ervoor kunnen zorgen dat het bouwproject minder schadelijk is voor het milieu. Dat komt allemaal in een rapport dat wordt afgegeven aan de overheid. Die beslist uiteindelijk of het bouwproject een vergunning krijgt of niet.

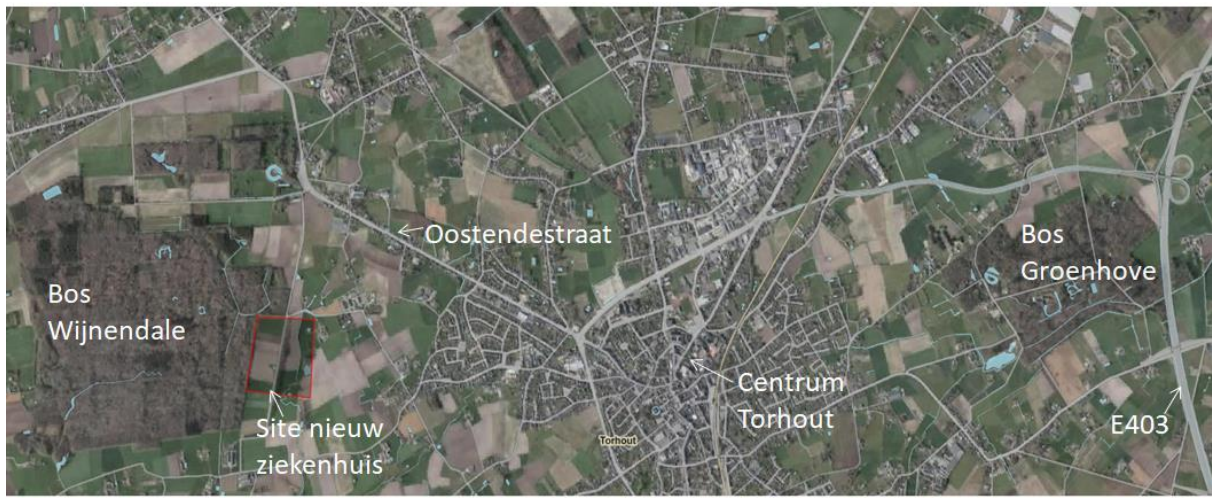
De leerkracht geeft ook nog mee aan de leerlingen dat er altijd een afweging wordt gemaakt tussen de milieueffecten en het maatschappelijke belang van het bouwproject. Alle bouwprojecten hebben een zekere impact op het milieu, maar als het project belangrijk is voor de maatschappij, kan dat opwegen tegen (lichte) negatieve milieueffecten.

Het ziekenhuis AZ Delta wil een nieuwe campus voor acute en hoogtechnologische zorg openen in Torhout. De campus zal 705 bedden tellen, waarvan 108 bedden in het dagziekenhuis. Hieronder zie je een impressie van hoe het ziekenhuis eruit zal zien:



Het ziekenhuis zal worden gebouwd aan de Planterijdreef en de Veldstraat in Torhout en zal ongeveer 160 m breed en 300 m lang zijn. De volledige ziekenhuissite zal groter zijn om ook ruimte te bieden voor ca. 1500 parkeerplaatsen, wegen, groenpartijen ... en een bijgebouw dat later wordt

geplaatst. Hieronder zie je een kaartje waar het ziekenhuis zal komen. Momenteel zijn er op de site akkers, weilanden, een beek en een weg (de Planterijdreef) aanwezig. De grond werd recentelijk aangekocht van de landbouwers. Het grondwater bevindt zich er op 1,20 m diep onder de grond.



Het ziekenhuis zal als toegangsweg de Planterijdreef hebben, vanaf de Oostendestraat. Er zullen dagelijks naar schatting 3300 auto's toekomen en weer vertrekken (patiënten, personeel, leveranciers ...).



In bovenaanzicht zal het ziekenhuis er als volgt uitzien:





De bouw van het ziekenhuis gebeurt in volgende stappen:

- Eerst worden de aanwezige gracht en 4 vijvers gedempt en worden de bomen langs de Planterijdreef geroid.
- In de volgende stap wordt het terrein genivelleerd: alles wordt op dezelfde hoogte gebracht.
- Het ziekenhuisgebouw heeft een kelder. Daarom moet de aannemer een bouwput graven van 3,10 m diep. Om goed en veilig te kunnen werken moet de grondwatertafel zich minstens 0.5 m dieper dan de bodem van de bouwput bevinden. Daarom moet het grondwater uit de put gepompt worden (bemaling).
- De werken in de bouwput zullen ongeveer 13 maanden duren. Er worden funderingen geplaatst en vervolgens wordt het gebouw stapsgewijs gebouwd.

Wanneer het ziekenhuis in gebruik zal zijn, zal er jaarlijks 100.000 m<sup>3</sup> huishoudelijk afvalwater (uit de toiletten, douches, keukens ...) worden geloosd op de openbare riolering. Het regenwater dat op de daken en parkings valt, zal worden afgeleid naar omliggende grachten.

Welke effecten zou de bouw en het gebruik van het ziekenhuis op de omgeving kunnen hebben?

	<b>Bouwfase van het nieuw ziekenhuis (Leerling A)</b>	<b>Gebruiksfase van het nieuw ziekenhuis (Leerling B)</b>
Mobiliteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omwille van de werken zal er extra transport zijn (vrachtwagens met materialen, werfmachines ...), wat voor bijkomende drukte op de weg kan zorgen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Door het nieuwe ziekenhuis zal er veel meer transport plaatsvinden op de wegen in de omgeving (vooral de Planterijdreef, de Veldstraat en de Oostendestraat). Dat kan leiden tot drukker verkeer en filevorming.</li> </ul>
Bodem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tijdens de werken kan de grond vervuild worden door ongelukken met de werfmachines (bv. morsen van olie of lekken).</li> <li>• Doordat de machines over de grond rijden, wordt deze verdicht: er is minder lucht aanwezig in de grond.</li> <li>• De bodem die tijdens de werken niet afgedekt wordt, is gevoelig voor erosie door de wind en de regen.</li> </ul>	/
Water	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het oppompen van grondwater zorgt voor een lagere grondwaterstand (verdroging). Dat kan voor problemen zorgen voor landbouwers, natuur en gebouwen (dit wordt in de cursus van het project uitgelegd).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het ziekenhuis verbruikt veel drinkwater.</li> <li>• Er worden ook grote hoeveelheden afvalwater geproduceerd en geloosd op de riolering. In normale omstandigheden wordt dat water gezuiverd in het rioolwaterzuiveringsstation, maar bij felle regen komt dit terecht in beken en rivieren.</li> <li>• Het ziekenhuis omvat veel verharde oppervlaktes en komt in de plaats van gracht en vijvers. Hierdoor kan er minder water infiltreren in de grond of in vijvers blijven staan. Er stroomt dus meer water af naar grachten in de omgeving, wat voor een mogelijk overstromingsrisico kan zorgen.</li> </ul>
Lucht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De vrachtwagens en werfmachines stoten vervuilende gassen uit zoals fijn stof, NOx en vluchtige koolwaterstoffen. Deze gassen hebben een negatieve impact op de gezondheid van de omwonenden. NOx en SOx zorgen ook voor verzuring en eutrofiëring in de omgeving.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De auto's die naar het ziekenhuis komen, stoten vervuilende gassen uit zoals fijn stof, NOx en vluchtige koolwaterstoffen. Deze gassen hebben een negatieve impact op de gezondheid van de omwonenden. NOx en SOx zorgen ook voor verzuring en eutrofiëring in de omgeving.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De vrachtwagens en werfmachines zorgen voor uitstoot van CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De auto's die naar het ziekenhuis komen, zorgen voor uitstoot van CO<sub>2</sub>.</li> </ul>
Geluid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De vrachtwagens en werfmachines produceren geluid dat storend kan zijn voor omwonenden of dieren in de omgeving en in het Wijnendalebos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De auto's produceren geluid dat storend kan zijn voor omwonenden of dieren in de omgeving en in het Wijnendalebos.</li> </ul>
Natuur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Er worden bomen gerooid en vijvers en gracht gedempt. Hierdoor verdwijnen de aanwezige plantensoorten en is er minder leefgebied voor dieren.</li> <li>• De daling van het grondwater, de verzuring, eutrofiëring en de geluidsproductie die met de bouw gepaard gaan, hebben ook een negatieve impact op planten en dieren in de omgeving en in het Wijnendalebos.</li> </ul>	/

## 1.1 Pictionary grondwaterbegrippen

- Druk de volgende pagina's af en knip de kaartjes en spelregels uit.
- Verdeel de klasgroep in duo's.
- Elk duo van leerlingen krijgt een stapeltje van kaarten en verdeelt deze onder elkaar, zonder de kaarten te bekijken. Per duo is er ook schrijfgerei en kladpapier.
- Overloop de spelregels klassikaal met de leerlingen. Benadruk dat de termen volledig correct benoemd moeten worden en dat de tekenaars geen woorden (verbaal of schriftelijk) of letters mogen gebruiken. Benadruk ook dat ze enkel de betekenis van de volledige begrippen mogen gebruiken en niet zoals bij een rebus het woord in delen mogen opsplitsen (bijvoorbeeld: onderstaande tekening is niet geldig als tekening voor het begrip 'grondwatertafel')



Bron: pixabay.com

- Projecteer een timer voor de klas. Gebruik de timer van Windows of een online timer zoals te vinden op [Online Timer \(timeanddate.com\)](http://timeanddate.com). Geef de leerlingen telkens 1 minuut om te tekenen en te raden en laat ze de volgende minuut wisselen van rol.
- Eventueel kan je na elke minuut vragen aan de groepjes hoeveel kaartjes ze geraden hebben om competitie tussen de groepen te bevorderen.

### *Didactische wenken*

- *Laat leerlingen eerst proberen zonder cursus of andere hulpmiddelen. Als ze kaartjes maar niet kunnen raden, kan je toestaan dat eerst de tekenaar en later ook de leerling die raadt, haar/zijn cursus kan gebruiken.*
- *Wandel rond tijdens de activiteit en observeer welke begrippen leerlingen niet of niet volledig correct kunnen tekenen. Na de activiteit kan je die begrippen nog eens kort uitleggen.*

hydrologische cyclus	hydrologische cyclus	hydrologische cyclus
oppervlaktewater	oppervlaktewater	oppervlaktewater
infiltratie	infiltratie	infiltratie
poriën	poriën	poriën
aquitard	aquitard	aquitard
Grondwatertafel	Grondwatertafel	Grondwatertafel
onverzadigde zone	onverzadigde zone	onverzadigde zone
verzadigde zone	verzadigde zone	verzadigde zone
Aquifer	Aquifer	Aquifer
Bodemwater	Bodemwater	Bodemwater
Doorlatendheid	Doorlatendheid	Doorlatendheid
hydrologische cyclus	hydrologische cyclus	hydrologische cyclus
oppervlaktewater	oppervlaktewater	oppervlaktewater
infiltratie	infiltratie	infiltratie
poriën	poriën	poriën
aquitard	aquitard	aquitard
Grondwatertafel	Grondwatertafel	Grondwatertafel
onverzadigde zone	onverzadigde zone	onverzadigde zone
verzadigde zone	verzadigde zone	verzadigde zone
Bodemwater	Bodemwater	Bodemwater
Aquifer	Aquifer	Aquifer
Doorlatendheid	Doorlatendheid	Doorlatendheid
hydrologische cyclus	hydrologische cyclus	hydrologische cyclus
oppervlaktewater	oppervlaktewater	oppervlaktewater
infiltratie	infiltratie	infiltratie
poriën	poriën	poriën
aquitard	aquitard	aquitard
Grondwatertafel	Grondwatertafel	Grondwatertafel
onverzadigde zone	onverzadigde zone	onverzadigde zone
Bodemwater	Bodemwater	Bodemwater
verzadigde zone	verzadigde zone	verzadigde zone
Aquifer	Aquifer	Aquifer
Doorlatendheid	Doorlatendheid	Doorlatendheid
hydrologische cyclus	hydrologische cyclus	hydrologische cyclus
oppervlaktewater	oppervlaktewater	oppervlaktewater
infiltratie	infiltratie	infiltratie
poriën	poriën	poriën
aquitard	aquitard	aquitard
Grondwatertafel	Grondwatertafel	Grondwatertafel
onverzadigde zone	onverzadigde zone	onverzadigde zone
verzadigde zone	verzadigde zone	verzadigde zone
Bodemwater	Bodemwater	Bodemwater
Aquifer	Aquifer	Aquifer
Doorlatendheid	Doorlatendheid	Doorlatendheid

<p>Spelregels pictionary</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Je speelt per twee en verdeelt de kaartjes over jullie beiden.</li> <li>• Bekijk de kaartjes nog niet!</li> <li>• Wacht tot je leerkracht het startschot geeft.</li> <li>• Speler 1 probeert tijdens 1 minuut zoveel mogelijk kaartjes te laten raden door speler 2.</li> <li>• Speler 1 mag daarvoor enkel een tekening maken van het begrip op het kaartje.</li> <li>• Speler 1 gebruikt geen letters of cijfers en mag niet spreken of gebaren gebruiken. Pijlen en andere symbolen mogen wel.</li> <li>• Speler 1 mag het woord niet opsplitsen en als rebus tekenen. Enkel de betekenis van het woord zoals gezien tijdens de les mag worden gebruikt.</li> <li>• Speler 2 mag raden en vragen stellen, maar geen ja/nee-vragen.</li> <li>• De volgende minuut wisselen speler 1 en 2 om van rol.</li> </ul>	<p>Spelregels pictionary</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Je speelt per twee en verdeelt de kaartjes over jullie beiden.</li> <li>• Bekijk de kaartjes nog niet!</li> <li>• Wacht tot je leerkracht het startschot geeft.</li> <li>• Speler 1 probeert tijdens 1 minuut zoveel mogelijk kaartjes te laten raden door speler 2.</li> <li>• Speler 1 mag daarvoor enkel een tekening maken van het begrip op het kaartje.</li> <li>• Speler 1 gebruikt geen letters of cijfers en mag niet spreken of gebaren gebruiken. Pijlen en andere symbolen mogen wel.</li> <li>• Speler 1 mag het woord niet opsplitsen en als rebus tekenen. Enkel de betekenis van het woord zoals gezien tijdens de les mag worden gebruikt.</li> <li>• Speler 2 mag raden en vragen stellen, maar geen ja/nee-vragen.</li> <li>• De volgende minuut wisselen speler 1 en 2 om van rol.</li> </ul>
<p>Spelregels pictionary</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Je speelt per twee en verdeelt de kaartjes over jullie beiden.</li> <li>• Bekijk de kaartjes nog niet!</li> <li>• Wacht tot je leerkracht het startschot geeft.</li> <li>• Speler 1 probeert tijdens 1 minuut zoveel mogelijk kaartjes te laten raden door speler 2.</li> <li>• Speler 1 mag daarvoor enkel een tekening maken van het begrip op het kaartje.</li> <li>• Speler 1 gebruikt geen letters of cijfers en mag niet spreken of gebaren gebruiken. Pijlen en andere symbolen mogen wel.</li> <li>• Speler 1 mag het woord niet opsplitsen en als rebus tekenen. Enkel de betekenis van het woord zoals gezien tijdens de les mag worden gebruikt.</li> <li>• Speler 2 mag raden en vragen stellen, maar geen ja/nee-vragen.</li> <li>• De volgende minuut wisselen speler 1 en 2 om van rol.</li> </ul>	<p>Spelregels pictionary</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Je speelt per twee en verdeelt de kaartjes over jullie beiden.</li> <li>• Bekijk de kaartjes nog niet!</li> <li>• Wacht tot je leerkracht het startschot geeft.</li> <li>• Speler 1 probeert tijdens 1 minuut zoveel mogelijk kaartjes te laten raden door speler 2.</li> <li>• Speler 1 mag daarvoor enkel een tekening maken van het begrip op het kaartje.</li> <li>• Speler 1 gebruikt geen letters of cijfers en mag niet spreken of gebaren gebruiken. Pijlen en andere symbolen mogen wel.</li> <li>• Speler 1 mag het woord niet opsplitsen en als rebus tekenen. Enkel de betekenis van het woord zoals gezien tijdens de les mag worden gebruikt.</li> <li>• Speler 2 mag raden en vragen stellen, maar geen ja/nee-vragen.</li> <li>• De volgende minuut wisselen speler 1 en 2 om van rol.</li> </ul>

## 1.2 Exit Ticket – leerkracht

Naam:

### Vragen over de leerstof

1. Maak met een tekening duidelijk wat het verschil is tussen grondwater en bodemwater.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Wat is het verschil tussen een aquifer en een aquitard?

### Reflectie

Omcirkel en vul aan:

1. Hoe goed beheers je de leerstof van deze les?  
1 (helemaal niet goed) – 2 – 3 – 4 – 5 (heel goed)
2. Op welke manier heb je de theorie verwerkt?  
Instructie door de leerkracht – Zelfstandig met instructiefilmpjes – Zelfstandig met de cursus
3. Noem 1 werkpunt en 1 sterk punt voor jezelf na het volgen van deze les:  
Werkpunt:  
  
Sterk punt:

#### *Didactische wenken*

- *Laat leerlingen het Exit Ticket volledig individueel en in stilte oplossen, zonder cursus. Het telt niet mee als toets, maar dient als een controle van hun beheersing van de leerstof.*
- *De leerkracht kan de resultaten van het Exit Ticket gebruiken om de effectiviteit van de les te evalueren.*
- *De reflectievragen kunnen aangepast of aangevuld worden door bijvoorbeeld feedback te vragen over de les of leerlingen laten reflecteren over hoe ze deze leerstof zullen studeren.*
- *Verbeter dit Exit Ticket met behulp van de cursus (antwoorden zijn te vinden op pg. 3 en 5). Geef het de volgende les terug, zodat de leerlingen snel feedback ontvangen.*
- *Geef ook feedback over het reflectiegedeelte. Vraag de leerlingen bv. om in het begin van*

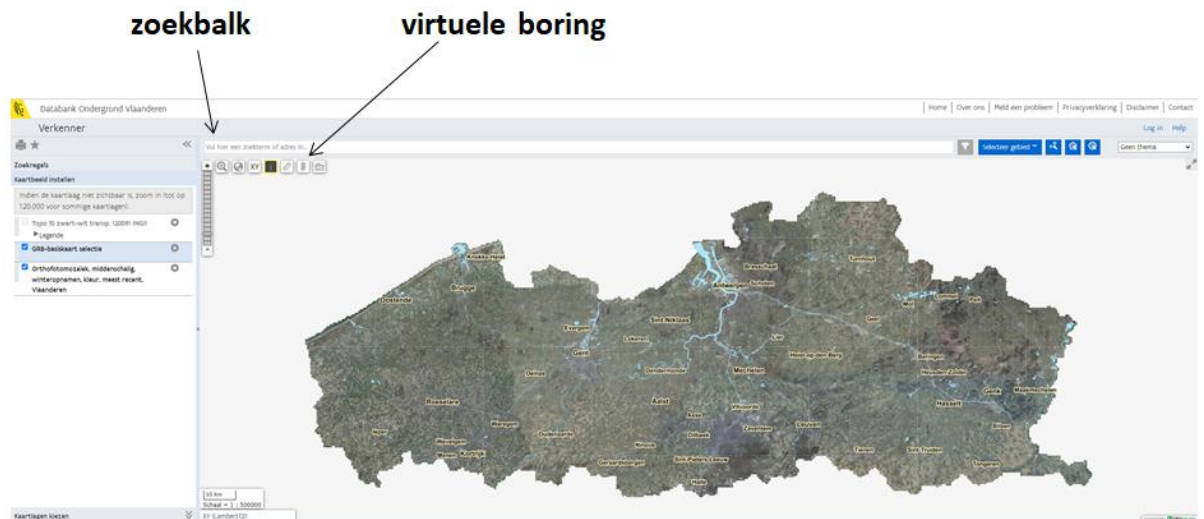
*de volgende les hun werkpunt verder toe te lichten en te bedenken hoe ze dat zullen aanpakken.*



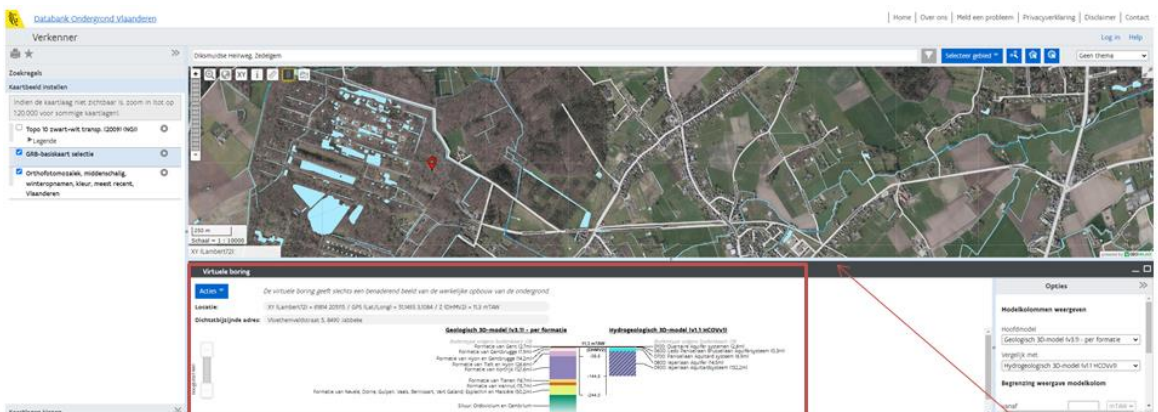
### 1.3 Opzoekopdracht Databank Ondergrond Vlaanderen

Via de website Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) Verkenner is het mogelijk om op elke locatie in Vlaanderen een virtuele boring uit te voeren. Bij een echte, niet-virtuele boring boort men in de grond om een cilindervormig bodemstaal te nemen dat toont uit welke bodemsoorten de ondergrond is opgebouwd. In de website DOV Verkenner is op basis van een groot aantal van dat soort bodemboringen een model gemaakt van hoe de ondergrond op elk punt is opgebouwd. Daardoor kan je op de site op elke mogelijke locatie in Vlaanderen een virtuele boring uitvoeren: je krijgt daarbij te zien wat er waarschijnlijk in je boorstaal aanwezig zou zijn als je op die locatie een echte boring zou uitvoeren.

- Surf naar de website Databank Ondergrond Vlaanderen <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner>
- Zoek je woonplaats op de kaart door de zoekbalk te gebruiken.
- Klik dan op het symbooltje van de virtuele boring.



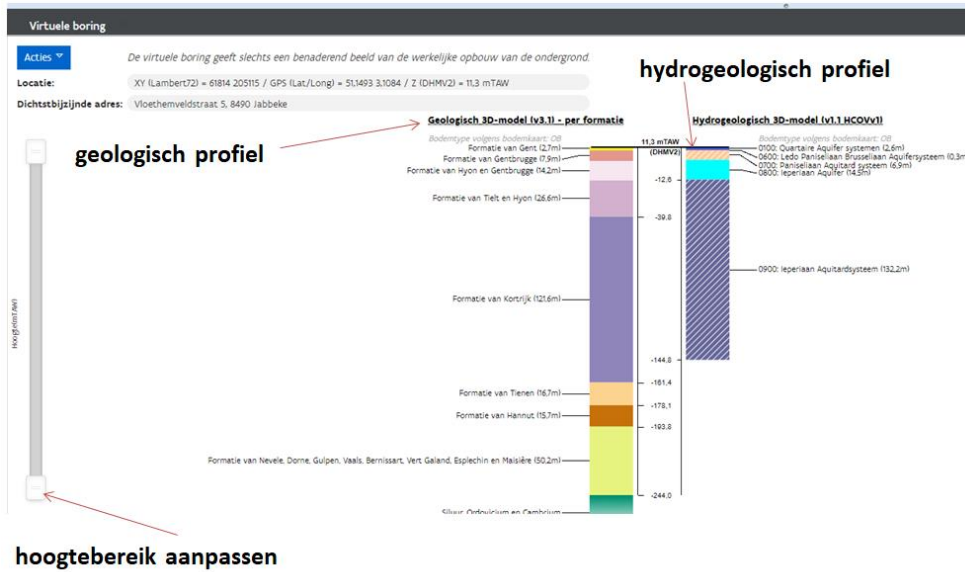
- Klik nu op een willekeurige locatie in de omgeving van het projectgebied. Er verschijnt een rode naald waar je klikte en onderaan je scherm opent zich het venster van de virtuele boring.
- Klik op de lichtblauwe streep boven het venster van de virtuele boring en sleep de streep omhoog om het venster van de virtuele boring te vergroten.



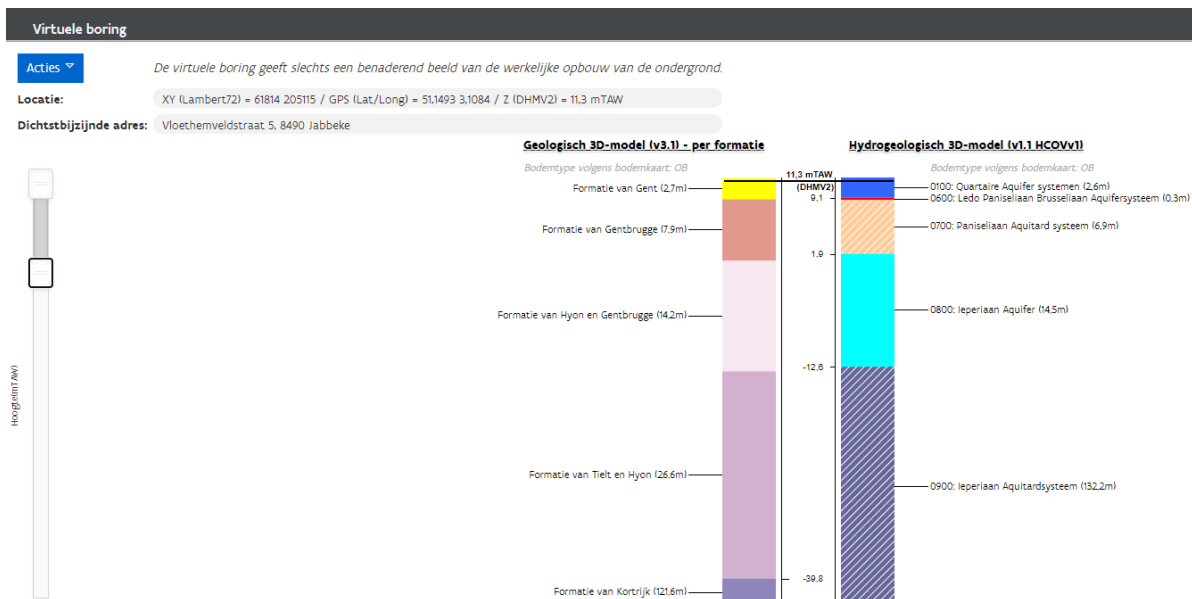
venster virtuele boring

klikken en slepen om venster te vergroten

- Pas het hoogtebereik van het venster aan, zodat je enkel de bovenste lagen ziet. Schuif hiervoor de regelknop naar boven, tot op ongeveer een kwart van de oorspronkelijke lengte.



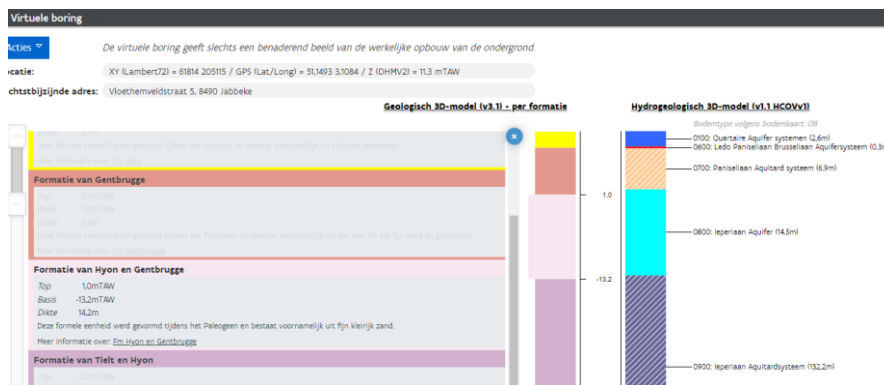
Voorbeeldvenster na aanpassing van het hoogtebereik:



- Maak op een blad papier of in Microsoft Word een tabel met volgende kolommen:

	Naam van de hydrogeologische laag	Aquifer of aquitard?	Doorlatend of ondoorlatend?	Verwachte bodemtypes?	Bodemtypes?	Dikte (m)
1						
2						
3						

- Vul de tabel in:
  - Kopieer de namen van de hydrogeologische lagen in de tweede kolom. Ga van boven naar beneden. 'Hydrogeologische lagen' zijn lagen in de grond die doorlatend of ondoorlatend zijn voor grondwater.
  - Vul per laag aan of het een aquifer of aquitard is.
  - Vul per laag aan of de laag doorlatend of ondoorlatend is.
  - Vul per laag aan welke bodemtypes volgens jou in die laag voorkomen. Gebruik de informatie uit de vorige kolommen om dit te voorspellen
  - Vul per laag de bodemtypes aan die daadwerkelijk in die laag voorkomen en de dikte van de laag. Je kan deze opzoeken door in het geologisch profiel te klikken op de balkjes van de laag die overeenkomt met de hydrogeologische laag. Dan verschijnt er een tekstvakje met uitleg over de samenstelling en dikte van de laag.



Voorbeeld: door op de roze balk te klikken kan je ontdekken wat de dikte en bodemsamenstelling is van de hydrogeologische laag Ieperiaan Aquifer.

#### Didactische wenken

- Leg uit aan de leerlingen dat de virtuele boring een inschatting is op basis van het bestaande bodemonderzoek in Vlaanderen en geen echte meting.
- Om tijd te besparen kan je de leerlingen deze opdracht ook meteen laten uitvoeren voor het project.
- Laat de leerlingen individueel werken om iedereen de kans te geven om te oefenen met DOV Verkenner (indien het aantal pc's voorhanden dat toelaat).
- Afhankelijk van de ICT-vaardigheden en ervaring van leerlingen met GIS-tools kan je de mate van begeleiding bij deze opdracht variëren. Je kan het gebruik van DOV Verkenner eerst voor de klas demonstreren of de leerlingen het zelf laten uitzoeken, eventueel zelfs eerst even zonder handleiding.
- Gebruik deze opdracht om formatief te evalueren of de leerlingen het verschil tussen aquifer en aquitard begrijpen en dit kunnen linken aan de bodemtypes. Doe dat terwijl ze aan het werk zijn en evt. nadien door hun oefeningen in te vragen en na te kijken.

### 1.3 Exit Ticket – leerkracht

Naam:

#### Vragen over de leerstof

1. Omcirkel en vul aan: kleibodems zijn goed/slecht doorlatend, omdat ...
2. Zoek op wat de eerste ondoorlatende laag is die je tegenkomt als je in de Dopheidelaan 30, Zedelgem boort in de grond.

#### Reflectie

Omcirkel en vul aan:

1. Hoe goed beheers je de leerstof van deze les?  
1 (helemaal niet goed) – 2 – 3 – 4 – 5 (heel goed)
2. Op welke manier heb je de theorie verwerkt?  
Instructie door de leerkracht – Zelfstandig met instructiefilmpjes – Zelfstandig met de cursus
3. Noem 1 werkpunt en 1 sterk punt voor jezelf na het volgen van deze les:  
Werkpunt:  
  
Sterk punt:

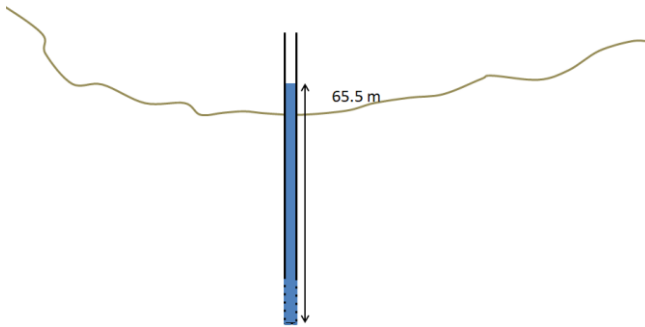
#### *Didactische wenken*

- *Laat leerlingen het Exit Ticket volledig individueel en in stilte oplossen, zonder cursus. Het telt niet mee als toets, maar dient als een controle van hun beheersing van de leerstof.*
- *De leerkracht kan de resultaten van het Exit Ticket gebruiken om de effectiviteit van de les te evalueren.*
- *De reflectievragen kunnen aangepast of aangevuld worden door bijvoorbeeld feedback te vragen over de les of leerlingen laten reflecteren over hoe ze deze leerstof zullen studeren.*
- *Verbeter dit Exit Ticket met behulp van de cursus (antwoorden zijn te vinden op pg. 6) en DOV. Geef het de volgende les terug, zodat de leerlingen snel feedback ontvangen.*
- *Geef ook feedback over het reflectiegedeelte. Vraag de leerlingen bv. om in het begin van de volgende les hun werkpunt verder toe te lichten en te bedenken hoe ze dat zullen aanpakken.*

## 1.4 Oefeningen stijghoogtes en grondwaterstroming - leerkracht

### Oefening 1

Je hebt een stuk grond gekocht in een vallei en wil daar groenten kweken. Om je groenten water te kunnen geven, moet je grondwater oppompen uit een dieper gelegen aquifer. Je plaatst een peilbuis (een soort piëzometer) om te bepalen wat de stijghoogte en de druk van het grondwater is.



- a) Wat is de stijghoogte van het grondwater?

$$h = 65,5 \text{ m}$$

- b) Om water naar hoger gelegen velden te kunnen brengen, zal je een pomp moeten gebruiken. Om te weten hoe krachtig je pomp moet zijn, moet je weten hoe groot de druk is aan de onderkant van de peilbuis. Bereken die druk.

Oplossing b)

$$h = z + \frac{P}{\rho_w g}$$

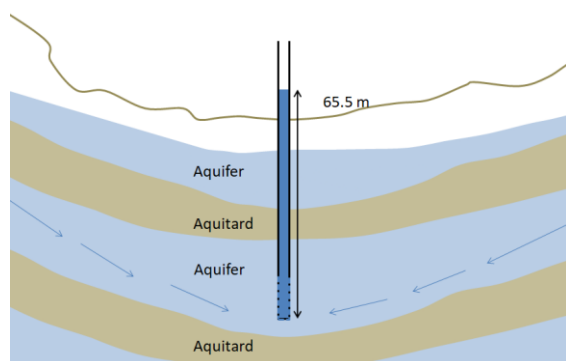
$$P = \rho_w g (h - z)$$

Er is geen referentiehoogte gegeven. Kies deze dus gelijk aan de onderkant van de peilbuis.

$$P = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} (65,5 \text{ m} - 0 \text{ m})$$

$$P = 64,3 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

- c) Hoe kan het dat het grondwater in de peilbuis tot aan de oppervlakte komt, terwijl er in de bovenste bodemlaag geen grondwater aanwezig is? Maak een schets van de ondergrond om dit te verklaren.



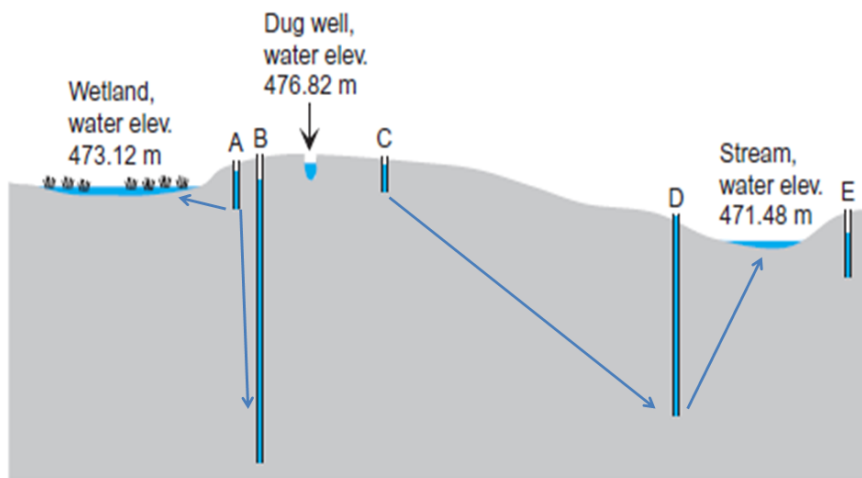
De aquifer waarin de peilbuis zich bevindt, ligt bovenop een ondoorlatende laag (een aquitard) die afhelt naar het punt van de peilbuis. Daardoor helt ook de aquifer naar dit punt af en treedt er grondwaterstroming op richting de onderkant van de peilbuis. De aquifer is ook aan de bovenzijde afgesloten door een ondoorlatende laag, waardoor er het grondwater niet kan 'ontsnappen' en het onder druk komt te staan.

## Oefening 2

Je werkt als natuurbeheerder en wil onderzoeken of er nog voldoende grondwater stroomt naar een moerasgebied met zeldzame planten en diersoorten. Daarom heb je peilbuizen geplaatst, zoals te zien op onderstaande figuur (links: westen; rechts: oosten).

- a) Teken op de figuur pijlen hoe het grondwater stroomt tussen het moeras (*wetland*) en peilbuis A, tussen A en B, tussen C en D en tussen D en het kanaal.

Je mag er vanuit gaan dat het moeras en het kanaal in contact staat met het grondwater, waardoor je de waterhoogtes daar kan gebruiken om de grondwaterstijghoogte in te schatten (net zoals bij piëzometers).



De waterpeilen in de piëzometers en van het oppervlaktewater geven de grondwaterstijghoogte weer. Grondwater stroomt steeds van een hogere naar een lagere stijghoogte. De pijlen geven (schetsmatig) de stroming weer.

Een aandachtspunt hierbij is dat een piëzometer enkel iets zegt over de stijghoogte aan de onderkant van de piëzometer, waar die in contact staat met het grondwater.

- b) Zal het moeras uitdrogen, waardoor de vegetatie in gevaar komt?

Er is een opwaartse grondwaterstroming ter hoogte van het moeras, zoals kan worden afgeleid a.d.h.v. peilbuis A. Voor zover we uit deze figuur kunnen afleiden, zal het moeras niet uitdrogen.

- c) Is het een goed idee om een moerasgebied aan te leggen ter hoogte van peilbuis C? Waarom (niet)?

Hier stroomt het grondwater neerwaarts. Het is een droge infiltratiezone. Voor een moerasgebied heb je natte grond nodig.

### Didactische wenken

- Laat de leerlingen alleen of per twee werken.
- Laat de leerlingen die klaar zijn met de oefeningen in duo's de oefeningen van hun medeleerling verbeteren met een oplossingsleutel. Zorg ervoor dat leerlingen die samen werkten bij de oefeningen nu uit elkaar worden gehaald. Tijdens het verbeteren mogen ze enkel uitleg vragen over wat ze niet kunnen lezen. Na het verbeteren geven ze elkaar

*feedback.*

- *Geef duidelijke instructies aan de leerlingen over het geven van goede feedback (zowel benoemen wat goed was, als wat minder goed was; niet op de persoon, maar op het werk; niet veralgemenen ...).*
- *Laat de leerlingen de feedback eventueel schriftelijk voorbereiden. Zo kunnen ze die gericht opstellen en kan de leerkracht die nadien ook nakijken.*
- *Laat de leerlingen hun verbeterde oefeningen (en schriftelijke feedback) indienen en kijk deze na.*

## 1.5 Oefeningen doorlatendheid en wet van Darcy - leerkracht

### Oefening 1

Welke bodemsoort heeft welke doorlatendheid?

	Globale horizontale doorlatendheid $k$ in m/dag
A. Fijn zand	1. $10^{-4}$
B. Uiterst grof zand	2. $10^{-2}$
C. Fijn grind	3. 0.05
D. Grof grind	4. 1 – 10
E. Zandige klei	5. 200
F. Zware klei	6. $10^3 - 10^4$
G. Matig zware klei	7. $10^4 - 10^5$

1-F; 2-G; 3-E; 4-A; 5-B; 6-C; 7-D

### Oefening 2

Als onderzoeker wil je de horizontale doorlatendheid van lemig zand meten. Je laat hier voor water stromen door een buis gevuld met lemig zand van 15 cm lang. Je meet het verschil in stijghoogte tussen het begin en einde van de buis: 25 cm. De buis heeft een diameter van 10 cm. Je meet een debiet van  $1.7 \text{ cm}^3/\text{min}$ . Hoe groot is de doorlatendheid van lemig zand in m/s?

Gegeven

$$\Delta s = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\Delta h = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

$$d = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$$

$$Q = 1,7 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = \frac{1,7}{60} \frac{10^{-6} \text{m}^3}{\text{s}} = 2,8 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Gevraagd

$K$

Oplossing

$$A = r^2 \cdot \pi = \left( \frac{0,10 \text{ m}}{2} \right)^2 \cdot \pi = 0,0079 \text{ m}^2$$

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta s}$$

$$K = \frac{Q}{A} \cdot \frac{\Delta s}{\Delta h} = \frac{2,8 \cdot 10^{-8} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0079 \text{ m}^2} \cdot \frac{0,15 \text{ m}}{0,25 \text{ m}} = 2,16 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



### Oefening 3

Door een storm komt een afvoerbuis volledig vol te zitten met fijn zand. De buis is cirkelvormig, 5,00 m lang en 0,800 m in diameter. De buis verbindt een pleintje met een gracht. Door de storm staat het pleintje onder water. Het water op het pleintje staat 1,60 m hoger dan in de gracht. Het pleintje heeft een oppervlakte van  $100 \text{ m}^2$  en het staat 0,500 m diep onder water. Als ingenieur van de gemeente wil je weten hoe lang het pleintje onder water zal staan om in te schatten of het de moeite waard is om het te laten leegpompen.

- Hoe lang zal het pleintje onder water staan? Ga uit van het *worst case* scenario. Je mag er vanuit gaan dat het debiet constant blijft, ook al zakt het waterpeil.
- In realiteit mag je niet uitgaan van een constant debiet. Blijft het pleintje langer of minder langer onder water staan dan je hebt berekend bij a) ?

Gegeven

$$\Delta s = 5,00 \text{ m}$$

$$d = 0,800 \text{ m}$$

$$\Delta h = 1,60 \text{ m}$$

$$A_{\text{plein}} = 100 \text{ m}^2$$

$$h_{\text{plein}} = 0,500 \text{ m}$$

Gevraagd

$$\Delta t$$

Oplossing

a)

$$Q = \frac{\Delta V_{\text{plein}}}{\Delta t} = \frac{A_{\text{plein}} \cdot h_{\text{plein}}}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{A_{\text{plein}} \cdot h_{\text{plein}}}{Q}$$

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{\Delta s} = K \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{\Delta h}{\Delta s} = 1 \frac{\text{m}}{\text{dag}} \cdot \frac{(0,800 \text{ m})^2}{4} \cdot \pi \cdot \frac{1,6 \text{ m}}{5,00 \text{ m}} = 0,16 \frac{\text{m}^3}{\text{dag}}$$

Voor K nemen we 1 m/dag, omdat het om fijn zand gaat. De K-waarde van fijn zand gaat van 1 m/dag tot 10 m/dag. We nemen 1 m/dag om een *worst case* inschatting te maken: hoe kleiner K, hoe langer het zal duren voor het water weggelopen is van het pleintje.

$$\Delta t = \frac{100 \text{ m}^2 \cdot 0,500 \text{ m}}{0,160 \frac{\text{m}^3}{\text{dag}}} = 311 \text{ dagen}$$

b) Het pleintje blijft in realiteit langer onder water staan: hoe lager het waterpeil op het pleintje, hoe kleiner het verschil in stijghoogte tussen het pleintje en de gracht. Het debiet wordt dus steeds kleiner en het water stroomt steeds trager weg van het pleintje.

*Didactische wenken*

- *Laat de leerlingen alleen of per twee werken.*
- *Laat de leerlingen die klaar zijn met de oefeningen in duo's de oefeningen van hun medeleerling verbeteren met een oplossingsleutel. Zorg ervoor dat leerlingen die samen werkten bij de oefeningen nu uit elkaar worden gehaald. Tijdens het verbeteren mogen ze enkel uitleg vragen over wat ze niet kunnen lezen. Na het verbeteren geven ze elkaar feedback.*
- *Geef duidelijke instructies aan de leerlingen over het geven van goede feedback (zowel benoemen wat goed was, als wat minder goed was; niet op de persoon, maar op het werk; niet veralgemenen ...).*
- *Laat de leerlingen de feedback eventueel schriftelijk voorbereiden. Zo kunnen ze die gerichter opstellen en kan de leerkracht die nadien ook nakijken.*
- *Laat de leerlingen hun verbeterde oefeningen (en schriftelijke feedback) indienen en kijk deze na.*

## 2.1 Placemat consensus standplaatskarakteristieken – leerkracht

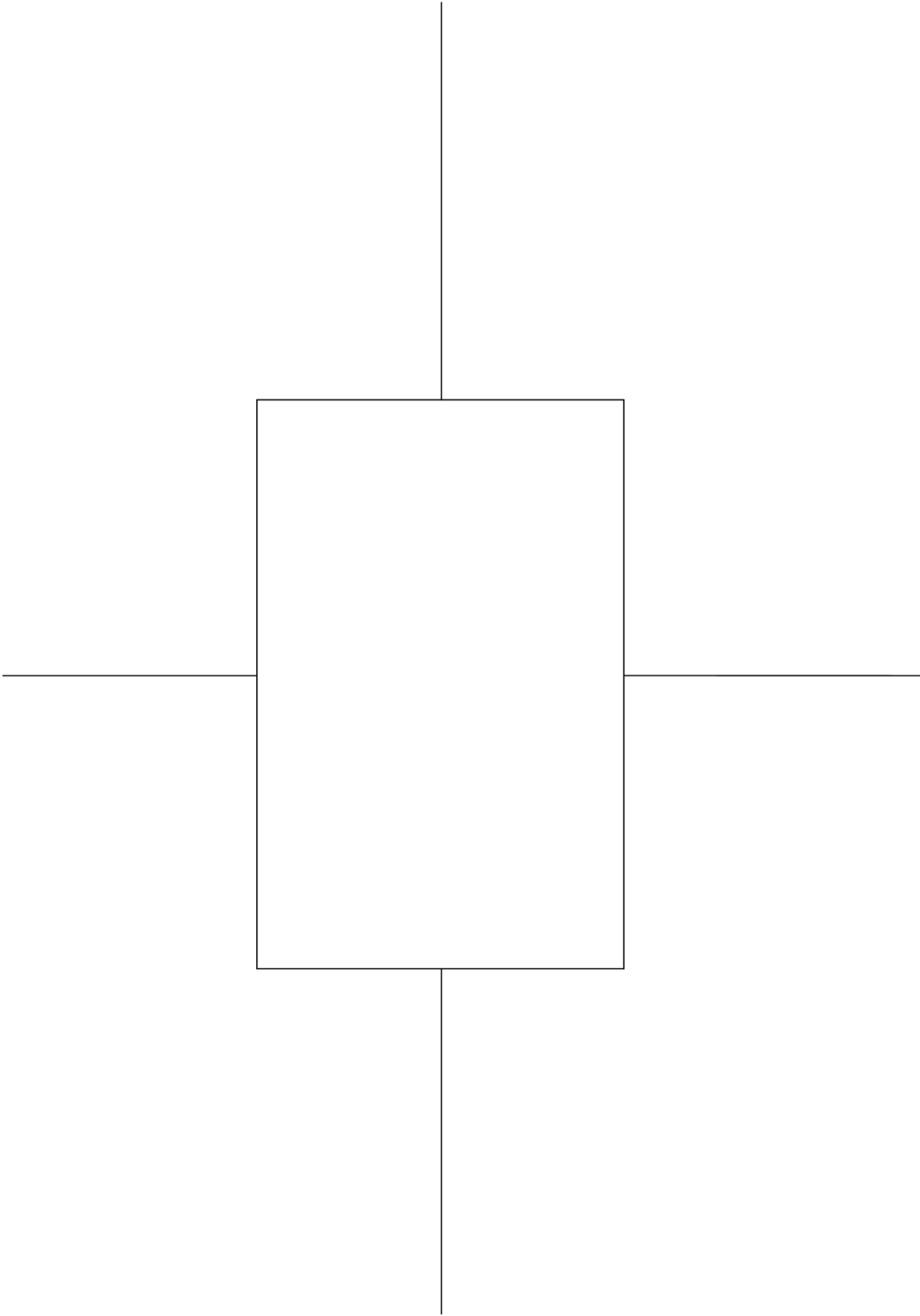
- De leerlingen werken in groepen van 4.
- Ze krijgen een placemat per groep (zie volgende pagina's).
- Eerst krijgen de leerlingen 3 minuten de tijd om in stilte zoveel mogelijk standplaatskarakteristieken op hun vakje op de placemat te schrijven. Ze mogen daarbij niet kijken bij de anderen.
- De leerlingen krijgen nu opnieuw 3 minuten, waarin ze om de beurt 1 standplaatskarakteristiek aan de andere leerlingen voorstellen. Ze moeten uitleggen waarom de factor die ze benoemen volgens hen van belang is voor planten. Als alle leerlingen akkoord gaan, mogen ze de standplaatskarakteristiek in het centrum van de placemat noteren.
- Wanneer iedereen aan bod is gekomen, begint de eerste opnieuw.
- Na afloop vraagt de leerkracht aan willekeurige leerlingen uit de groep om een standplaatskarakteristiek te geven en ook te verklaren waarom die van belang is.

Lijst met standplaatskarakteristieken:

- Stralingsflux /lichtintensiteit
- Aantal uren zonlicht per dag
- Windsnelheid
- Temperatuur
- Concentratie macronutriënten in de bodem
- Concentratie micronutriënten in de bodem
- Bodemvochtgehalte
- Bodem-pH
- Bodemzuurstofgehalte
- CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht
- Luchtvochtigheid

### *Didactische wenken*

- *Van sommige standplaatsfactoren zullen de leerlingen het belang nog niet op een fundamenteel niveau kunnen uitleggen (bv. bodemwatergehalte: o.a. in stand houden van celdruk, pH: o.a. toxiciteit van bv. aluminium). Afhankelijk van hoeveel tijd voor de lessen wordt uitgetrokken, kan hier dieper op ingegaan worden.*
- *Laat de leerlingen deze oefening doen voordat de theorie wordt aangebracht om hun voorkennis te activeren.*
- *Ook nadien kan deze oefening nuttig zijn om formatief te evalueren welke standplaatskarakteristieken de leerlingen zich vlot herinneren en welke minder.*
- *De groepen kunnen ook groter of kleiner dan 4 leerlingen (hoe kleiner, hoe meer elke individuele leerling aan bod kan komen, dus hoe meer oefenkansen). Patronen voor de placemats zijn te vinden op <https://www.klascement.net/downloadbaarlismateriaal/10723/placemat-groepswork-in-de-klas/>*



## 2.1 Schud en pak: standplaatskarakteristieken – leerkracht

- De leerlingen oefenen in teams van 4 met kaarten op de leerstof.
- De rollen rouleren bij elke nieuwe vraag.
- Voorbereiding: elk team krijgt een set kaarten met vragen erop (zie volgende pagina).
- Verloop van 1 vraagronde:
  - Leerling 1 houdt de vragen in de vorm van een waaier in zijn hand en zegt: 'kies een kaart'.
  - Leerling 2 kiest een kaart, leest de vraag hardop voor en geeft 1 minuut denktijd.
  - Leerling 3 beantwoordt de vraag.
  - Leerling 4 checkt of het antwoord juist of fout is en prijst leerling 3 of geeft tutoring a.d.h.v. de cursus (tips om leerling 3 naar het juiste antwoord te sturen).
- Geef de leerlingen min. 10 minuten voor deze opdracht, zodat elk groepje minstens 1 keer is kunnen rond gaan.

### *Didactische wenken*

- *Schud en pak is een coöperatieve leerstrategie, uitgewerkt door Spencer Kagan (Kagan, 2009). Een verantwoording voor de keuze van deze werkvorm wordt gegeven in de literatuurstudie en resultaten van de educatieve masterproef waarin dit project kadert.*
- *De werkvorm kan ook met twee leerlingen worden gespeeld. Leerling 1 schudt de kaarten, leerling 2 pakt en leest, leerling 1 geeft antwoord, leerling 2 geeft tutoring of prijst en vervolgens wisselen de leerlingen van rol.*
- *Afhankelijk van de vertrouwdheid van de leerlingen met coöperatieve leerstrategieën kan het nodig zijn om deze werkvorm eerst even te modelleren met enkele leerlingen voor de klas.*
- *Afhankelijk van de vertrouwdheid van de leerlingen met peer tutoring kan het nodig zijn om het geven van goede feedback eerst even te modelleren met een leerling voor de klas. Toon daarbij voor hoe je tips geeft en richtende vragen stelt, zonder meteen het antwoord te verklappen.*

Geef een ander woord voor alle planten die op een bepaalde plaats groeien.	Wat is het verschil tussen abiotische en biotische factoren?	Wat bedoelen we met 'de standplaats'?	Geef twee voorbeelden van standplaats-karakteristieken die niet gelinkt zijn aan de bodem.	Geef twee voorbeelden van standplaats-karakteristieken die niet gelinkt zijn aan de bodem.
Wat zijn macronutriënten + geef een voorbeeld?	Wat zijn micronutriënten + geef een voorbeeld?	Waaruit halen planten hun nutriënten?	Waardoor wordt de pH van de bodem bepaald?	Waarom is de beschikbaarheid van zuurstofgas in de bodem een standplaats-karakteristiek?

Geef een ander woord voor alle planten die op een bepaalde plaats groeien.	Wat is het verschil tussen abiotische en biotische factoren?	Wat bedoelen we met 'de standplaats'?	Geef twee voorbeelden van standplaats-karakteristieken die niet gelinkt zijn aan de bodem.	Geef twee voorbeelden van standplaats-karakteristieken die niet gelinkt zijn aan de bodem.
Wat zijn macronutriënten + geef een voorbeeld?	Wat zijn micronutriënten + geef een voorbeeld?	Waaruit halen planten hun nutriënten?	Waardoor wordt de pH van de bodem bepaald?	Waarom is de beschikbaarheid van zuurstofgas in de bodem een standplaats-karakteristiek?

Geef een ander woord voor alle planten die op een bepaalde plaats groeien.	Wat is het verschil tussen abiotische en biotische factoren?	Wat bedoelen we met 'de standplaats'?	Geef twee voorbeelden van standplaats-karakteristieken die niet gelinkt zijn aan de bodem.	Geef twee voorbeelden van standplaats-karakteristieken die niet gelinkt zijn aan de bodem.
Wat zijn macronutriënten + geef een voorbeeld?	Wat zijn micronutriënten + geef een voorbeeld?	Waaruit halen planten hun nutriënten?	Waardoor wordt de pH van de bodem bepaald?	Waarom is de beschikbaarheid van zuurstofgas in de bodem een standplaats-karakteristiek?

<p>Geef een ander woord voor alle planten die op een bepaalde plaats groeien.</p> <p>Vegetatie</p>	<p>Wat is het verschil tussen abiotische en biotische factoren?</p> <p>Abiotische factoren zijn niet-levende factoren, biotische factoren zijn levende factoren.</p>	<p>Wat bedoelen we met 'de standplaats'?</p> <p>Alle factoren samen die een bepaalde plantensoort nodig heeft om te kunnen groeien.</p>	<p>Geef twee voorbeelden van standplaats-karakteristieken die niet gelinkt zijn aan de bodem.</p> <p>Lichtintensiteit Aantal uren zonlicht per dag Windsnelheid Temperatuur CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht Luchtvochtigheid</p>	<p>Geef twee voorbeelden van standplaats-karakteristieken die niet gelinkt zijn aan de bodem.</p> <p>Lichtintensiteit Aantal uren zonlicht per dag Windsnelheid Temperatuur CO<sub>2</sub>-concentratie in de lucht Luchtvochtigheid</p>
<p>Wat zijn macronutriënten + geef een voorbeeld?</p> <p>Elementen die een plant in relatief grote hoeveelheden nodig heeft om te kunnen groeien: N, P en K.</p>	<p>Wat zijn micronutriënten + geef een voorbeeld?</p> <p>Elementen die een plant in kleine hoeveelheden nodig heeft om te kunnen groeien: Zn, Fe, Ca, Mo, Ni, Mg, S, Mn, Cu, B, Cl</p>	<p>Waaruit halen planten hun nutriënten?</p> <p>De bodemoplossing: water dat zich in de bodemporiën bevindt waarin allerlei stoffen zijn opgelost.</p>	<p>Waardoor wordt de pH van de bodem bepaald?</p> <p>De concentratie hydroxoniumionen <math>H_3O^+</math> in de bodemoplossing.</p>	<p>Waarom is de beschikbaarheid van zuurstofgas in de bodem een standplaats-karakteristiek?</p> <p>Planten moeten zuurstofgas kunnen opnemen met hun wortels om aerobe respiratie te doen (suikers verbranden voor energie-voorziening).</p>

## 2.1 Exit Ticket – leerkracht

Naam:

### Vragen over de leerstof

1. Leg in je eigen woorden uit wat een standplaatskarakteristiek is.
2. Geef een voorbeeld van een standplaatskarakteristiek.

### Reflectie

Omcirkel en vul aan:

1. Hoe goed beheers je de leerstof van deze les?  
1 (helemaal niet goed) – 2 – 3 – 4 – 5 (heel goed)
2. Op welke manier heb je de theorie verwerkt?  
Instructie door de leerkracht – Zelfstandig met instructiefilmpjes – Zelfstandig met de cursus
3. Noem 1 werkpunt en 1 sterk punt voor jezelf na het volgen van deze les:  
Werkpunt:  
  
Sterk punt:

#### *Didactische wenken*

- *Laat leerlingen het Exit Ticket volledig individueel en in stilte oplossen, zonder cursus. Het telt niet mee als toets, maar dient als een controle van hun beheersing van de leerstof.*
- *De leerkracht kan de resultaten van het Exit Ticket gebruiken om de effectiviteit van de les te evalueren.*
- *De reflectievragen kunnen aangepast of aangevuld worden door bijvoorbeeld feedback te vragen over de les of leerlingen laten reflecteren over hoe ze deze leerstof zullen studeren.*
- *Verbeter dit Exit Ticket met behulp van de cursus (antwoorden zijn te vinden op pg. 11 en 12). Geef het de volgende les terug, zodat de leerlingen snel feedback ontvangen.*
- *Geef ook feedback over het reflectiegedeelte. Vraag de leerlingen bv. om in het begin van de volgende les hun werkpunt verder toe te lichten en te bedenken hoe ze dat zullen aanpakken.*



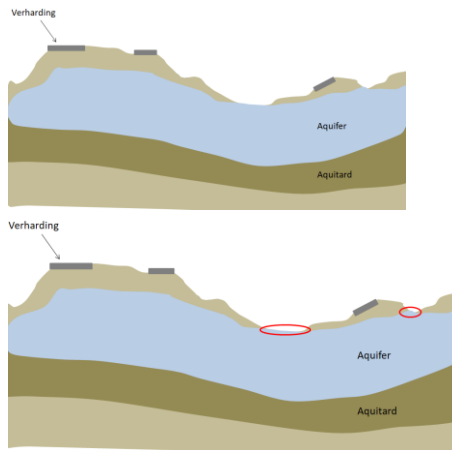
## 2.2 Casussen grondwater en standplaatskarakteristieken – leerkracht

Laat de leerlingen per twee werken. Elk werkt 1 casus uit. Vervolgens stellen ze die voor aan elkaar. Elke leerling moet de casus van de andere leerling volledig begrijpen, want de leerkracht zal na de opdracht vragen aan enkele leerlingen om de casus van hun partner uit te leggen.

### Casus 1

Je bent ecooloog in opdracht van het Agentschap voor Natuur & Bos (ANB). Een miljardair heeft een groot stuk grond geschonken aan het ANB om er een nieuw natuurgebied van te maken. Jouw opdracht is om te onderzoeken waar er zeldzame hygropyten in het gebied zouden kunnen voorkomen.

- a) Een geoloog die jouw collega is, bezorgt je een dwarsprofiel van het gebied. Duid de locaties aan waar je op excursie zal gaan om te zoeken naar hygropyten en schrijf op waarom je die locaties kiest.



Hygropyten groeien op plaatsen waar de grondwaterstand tot in de wortelzone komt.

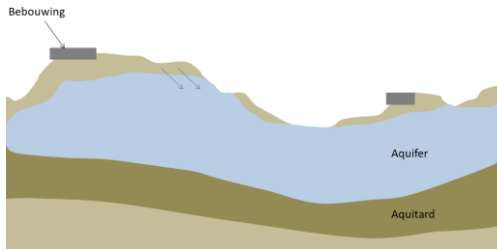
- b) Je hebt enkele planten verzameld waarvan je vermoedt dat het hygropyten zijn en neemt die mee naar je labo. Hoe kan je met de microscoop vaststellen of het echt hygropyten zijn? Leg ook uit waarom hetgeen je bekijkt typisch is voor hygropyten.

Je kan met de microscoop bekijken of er luchtweefsel aanwezig is. Doordat hygropyten in de verzadigde zone groeien, hebben ze weinig zuurstof ter beschikking. Een aanpassing hieraan is het hebben van cellen met grote holtes gevuld met lucht: luchtweefsel.

(Let wel op: niet alle hygropyten bezitten luchtweefsel. Je zal dus nog andere onderzoeken moeten uitvoeren.)

- c) Je wil nog een bijkomende locatie aanleggen waar hygropyten kunnen groeien. Hiervoor moet er wel iets veranderd worden in de omgeving. Welke locatie kies je en welke verandering stel je voor? Leg uit waarom dat nodig is om hygropyten te laten groeien.

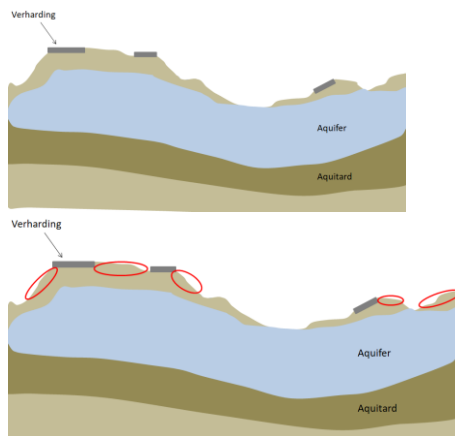
Je kan op hoger gelegen plaatsen de verharding laten verwijderen om infiltratie beter mogelijk te maken. Door de toegenomen infiltratie stijgt de grondwatertafel en zal deze aan de oppervlakte komen op een lager gelegen locatie.



## Casus 2

Je bent ecooloog in opdracht van het Agentschap voor Natuur & Bos (ANB). Een miljardair heeft een groot stuk grond geschonken aan het ANB om er een nieuw natuurgebied van te maken. Jouw opdracht is om te onderzoeken waar er zeldzame xerofyten in het gebied zouden kunnen voorkomen.

- a) Een geoloog die jouw collega is, bezorgt je een dwarsprofiel van het gebied. Duid de locaties aan waar je op excursie zal gaan om te zoeken naar hygroyten en schrijf op waarom je die locaties kiest.



Xerofyten groeien op plaatsen met een laag bodemvochtgehalte. Je gaat dus zeker niet kijken op de plaatsen met een ondiepe grondwatertafel.

- b) Je hebt enkele planten verzameld waarvan je vermoedt dat het xerofyten zijn en neemt die mee naar je labo. Hoe kan je met de microscoop vaststellen of het echt xerofyten zijn? Leg ook uit waarom hetgeen je bekijkt typisch is voor xerofyten.

Je kan met de microscoop bekijken of er trichomen aanwezig zijn. Doordat xerofyten in droge grond groeien, hebben ze weinig water ter beschikking. Een aanpassing hieraan is het afschermen van hun huidmondjes met trichomen (haartjes) waardoor er minder water verdampt via de bladeren.

(Let wel op: niet alle xerofyten bezitten trichomen en trichomen hebben soms ook andere functies. Je zal dus nog andere onderzoeken moeten uitvoeren.)

- c) Je moet een locatie kiezen waar mesofyten kunnen groeien. In het gebied zijn vooral droge zandbodems aanwezig. Is het belangrijk om op de diepte van de grondwatertafel te letten bij het kiezen van een locatie? Waarom (niet)?

Mesofyten groeien op plaatsen met meer bodemvocht dan xerofyten (maar ook niet zo vochtig als hygroyten). Bodemvocht is niet hetzelfde als grondwater. In droge bodems zoals zandbodems is de diepte van de grondwatertafel toch erg belangrijk, omdat de mesofyten bij

een ondiepe grondwatertafel gebruik kunnen maken van water dat capillair opstijgt uit de grondwatertafel.

## 2.2 Exit Ticket – leerkracht

Naam:

### Vragen over de leerstof

1. Aan welke omstandigheden zijn hygropyten aangepast?
2. Hoe zijn hygropyten daaraan aangepast?

### Reflectie

Omcirkel en vul aan:

1. Hoe goed beheers je de leerstof van deze les?  
1 (helemaal niet goed) – 2 – 3 – 4 – 5 (heel goed)
2. Op welke manier heb je de theorie verwerkt?  
Instructie door de leerkracht – Zelfstandig met instructiefilmpjes – Zelfstandig met de cursus
3. Noem 1 werkpunt en 1 sterk punt voor jezelf na het volgen van deze les:  
Werkpunt:  
  
Sterk punt:

#### *Didactische wenken*

- *Laat leerlingen het Exit Ticket volledig individueel en in stilte oplossen, zonder cursus. Het telt niet mee als toets, maar dient als een controle van hun beheersing van de leerstof.*
- *De leerkracht kan de resultaten van het Exit Ticket gebruiken om de effectiviteit van de les te evalueren.*
- *De reflectievragen kunnen aangepast of aangevuld worden door bijvoorbeeld feedback te vragen over de les of leerlingen laten reflecteren over hoe ze deze leerstof zullen studeren.*
- *Verbeter dit Exit Ticket met behulp van de cursus (antwoorden zijn te vinden op pg. 13). Geef het de volgende les terug, zodat de leerlingen snel feedback ontvangen.*
- *Geef ook feedback over het reflectiegedeelte. Vraag de leerlingen bv. om in het begin van de volgende les hun werkpunt verder toe te lichten en te bedenken hoe ze dat zullen aanpakken.*

### 2.3 Drie Stappen Interview belang van grondwaterafhankelijke vegetatie – leerkracht

De leerlingen zitten in groepen van 4. De leerlingen nemen hun een partner een interview af en wisselen vervolgens met hun teamgenoten uit wat ze hebben opgestoken.

- 1) De leraar geeft de leerlingen de opdracht om elkaar te interviewen over het thema 'wat is het belang van grondwaterafhankelijke vegetatie?' en geeft de leerlingen 2 minuten de tijd om vragen te bedenken.
- 2) Leerling A interviewt leerling B (in tweetallen). Leerling A stelt daarbij vragen over het belang van grondwaterafhankelijke vegetatie, die leerling B zo goed mogelijk probeert te beantwoorden. Leerling A mag zelf nog geen antwoorden geven.
- 3) De tweetallen wisselen van rol: leerling B interviewt leerling A. Daarbij is het niet erg als de vragen en antwoorden overlappen met die van de eerste ronde.
- 4) De tweetallen vormen groepjes van vier met een ander tweetal. Elke leerling komt om de beurt aan bod en vertelt 1 gegeven dat zij/hij geleerd heeft.

#### *Didactische wenken*

- *Drie Stappen Interview is een coöperatieve leerstrategie, uitgewerkt door Spencer Kagan (Kagan, 2009). Een verantwoording voor de keuze van deze werkvorm wordt gegeven in de literatuurstudie en resultaten van de educatieve masterproef waarin dit project kadert.*
- *Het zelf bedenken van vragen kan moeilijk zijn voor de leerlingen. Laat de leerlingen dit desondanks proberen en raad hen aan om dat ook thuis te doen bij het studeren.*
- *Laat de leerlingen hun vragen opschrijven, zodat ze zich die herinneren en zodat jij kan zien of het de leerlingen lukt om vragen te bedenken. Als dat niet lukt, kan je zelf vragen geven (zie hieronder).*
- *Geef de leerlingen als tip om tijdens het interview in te spelen op de antwoorden van de ander door bijvragen te stellen zoals: waarom? Hoe komt dat? Hoe weet je dat? Kan je een voorbeeld geven?*
- *Afhankelijk van de vertrouwdheid van de leerlingen met coöperatieve leerstrategieën kan het nodig zijn om deze werkvorm eerst even te modelleren met enkele leerlingen voor de klas.*
- *Projecteer een timer en geef duidelijk aan wanneer van rollen moet worden gewisseld.*
- *Laat de leerlingen liever meerdere keren elkaar interviewen in plaats van hen te veel tijd te geven per interview. Zo garandeer je dat elke leerling voldoende de kans krijgt om geïnterviewd te worden.*

#### Voorbeeldvragen

- Is grondwater enkel belangrijk voor grondwaterafhankelijke vegetatie? Waarom (niet)?
- Op welke manieren kunnen organismen afhankelijk zijn van grondwaterafhankelijke vegetatie?
- Waarom is de Hoogveenglanslibel afhankelijk van grondwater?
- Waarom is de Grote weerschijnvlinder afhankelijk van grondwater?
- Waarom is de Vuursalamander afhankelijk van grondwater?

### 3.2 Schemapresentatie verdroging – leerkracht

- **Stap 1.** Elke leerling krijgt de opdracht om een schema te tekenen waarbij volgende vragen beantwoord worden:
  - Wat is verdroging?
  - Wat zijn de oorzaken van verdroging?
  - Wat zijn de gevolgen van verdroging?
- Aanwijzingen voor het tekenen van het schema:
  - Schrijf geen volzinnen, gebruik enkel kernwoorden.
  - Maak zoveel mogelijk duidelijk met tekeningen in plaats van met woorden.
  - Teken pijlen om verbanden (oorzaak en gevolg, tegenstelling ...) duidelijk te maken.
  - Teken en schrijf voldoende groot en gebruik je volledige blad.
  - Houd er rekening mee dat een ander jouw schema moet kunnen begrijpen zonder jouw uitleg.
- **Stap 2.** De leerlingen vormen tweetallen. Ze krijgen 2 minuten om het schema van de ander te bekijken en zo goed mogelijk te begrijpen. Vervolgens presenteren ze om beurten aan elkaar het begrip verdroging waarbij ze het schema van de ander gebruiken.

### 4.3 Opdracht Geopunt – leerkracht

- De leerlingen krijgen enkele opdrachten in Geopunt, onderbroken met de opdracht van het berekeningsinstrument.
- Zie opgave hieronder.

#### *Didactische wenken*

- *Laat de leerlingen bij voorkeur individueel werken. Het voordeel van individueel te werken is dat elke leerling de kans krijgt Geopunt te gebruiken.*
- *Het is een optie om leerlingen met betere ICT-vaardigheden naast leerlingen met minder sterke ICT-vaardigheden te plaatsen. Moedig aan dat ze eerst hulp zoeken bij hun buurvrouw of –man alvorens ze beroep doen op de leerkracht.*
- *Laat de leerlingen Geopunt eerst even zelf exploreren. Ze moeten daarbij hun vragen noteren op post-it's of in een online applicatie zoals Mentimeter. Zo zullen ze het makkelijker kunnen volgen wanneer de tool klassikaal wordt voor getoond en ontdekken ze dat ze software die aanvankelijk ingewikkeld lijkt, ook kunnen leren gebruiken.*
- *Deel 1 van de opdracht is relatief kort. Toch is het mogelijk dat sommige leerlingen eerder klaar zijn. Er zijn allerlei mogelijkheden voor extra opdrachten in Geopunt. Enkele suggesties:*
  - *Zoek op welke waterlopen zich in de omgeving van de school bevinden. (natuur en milieu -> water -> Vlaamse Hydrografische Atlas: VHA-waterloop)*
  - *Zoek op hoe de omgeving van de school er uitzag in de 18<sup>e</sup> eeuw. (historische kaarten -> Ferrariskaart)*
  - *Zoek de ruimtelijke bestemming op van het schoolterrein. (Bouwen en wonen -> ruimtelijke ordening -> gewestplan -> gewestplan – bevragen (klik op volgende in het informatievenster om de bestemming te vinden)*
  - *Zoek het bodemtype op van het schoolterrein. (natuur en milieu -> Bodem -> Bodemkaart: bodemtypes)*

#### Voorbeeldcasus

Jullie klas krijgt de opdracht om mee te werken aan een nieuw voetbalstadion in de hoek van de straat Kanaaldijk in Ravels (ten oosten van Grote Baan). Het gebouw zal 130 m breed zijn en 205 m lang. Om het gebouw te kunnen plaatsen moet de aannemer een bouwput graven van 2,16 m diep. De werken in de bouwput zullen ongeveer 16 maanden duren. Om goed en veilig te kunnen werken moet de grondwatertafel zich minstens 0.5 m dieper dan de bodem van de bouwput bevinden.

De diepte van het grondwater is 0.2 m-mv. De grondwatervoeding uit neerslag is 2000 mm/j.

Jullie moeten berekenen wat de invloedstraal en het debiet van de bemaling zal zijn, zodat de voetbalploeg een omgevingsvergunning kan aanvragen om het nieuwe stadion te plaatsen. Daarvoor zullen jullie gebruik maken van een berekeningsinstrument in Excel. Jullie gebruiken eerst Geopunt om gegevens te verzamelen (Deel 1). Na de berekeningen is er opnieuw een opdracht in Geopunt (Deel 2).

#### Deel 1

- Surf naar Geopunt.be
- Stel de achtergrond in op 'Hybride'
- Zoek de locatie van het stadion op de kaart.

- Teken de bouwput op de kaart.



- Wat is ongeveer de hoogte van het maaiveld in de bouwput?  
De hoogte varieert van 28.4 mTAW tot 29.6 mTAW. Neem dus een hoogte van 29.2 mTAW.

### Opdracht berekeningsinstrument

Zie ander opgavenblad.

### Deel 2

- Teken op de kaart een cirkel met als middelpunt het centrum van de bouwput en als straal de invloedstraal van de bemaling.
- Schrijf op wat de dichtstbijzijnde habitatrictlijngebieden bij de bouwput zijn en of ze binnen de straal vallen.  
'Vennen, heiden en moerassen rond Turnhout' valt binnen de invloedstraal
- Schrijf op wat de dichtstbijzijnde VEN-gebieden bij de bouwput zijn en of ze binnen de straal vallen.  
'Het Turnhouts vennengebied' valt binnen de invloedstraal
- Schrijf op welke Natura 2000 habitats binnen de invloedstraal vallen (code + naam).
- Zoek op of de vegetaties van de habitats binnen de invloedstraal grondwaterafhankelijk zijn. Gebruik de tabel die je van de leerkracht krijgt.

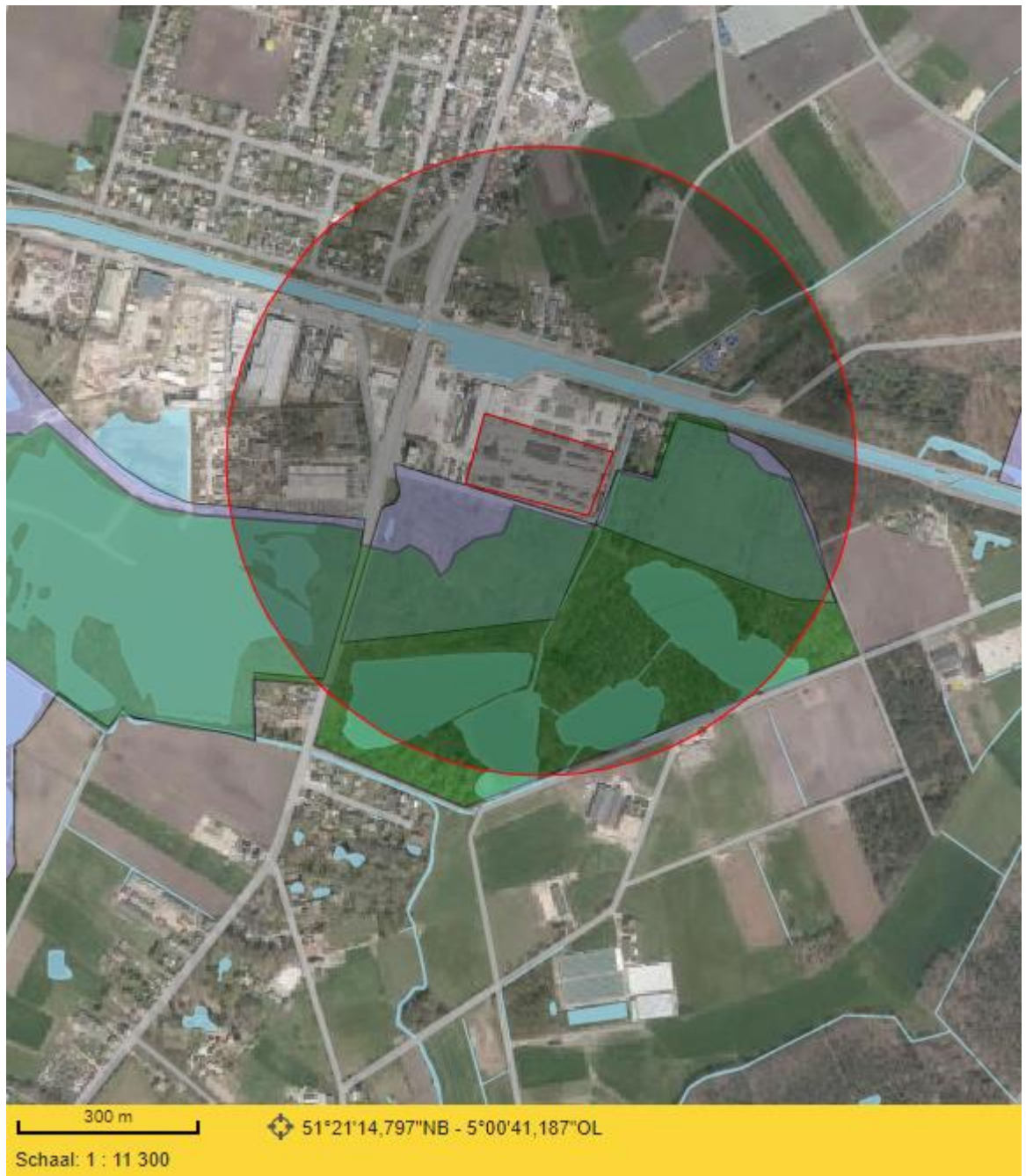
De tabel van grondwaterafhankelijke habitats is terug te vinden in Bijlage 2 van de leerkrachtencursus.

Habitat	Code	Grondwaterafhankelijk?
Van nature eutrofe meren met vegetatie van het type Magnopotamion of Hydrocharition	3150	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
Ruigte-elzenbos (Filipendulo-Alnetum)	91E0_vn	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
Atlantische zuurminnende beukenbossen met Ilex en soms ook Taxus in de ondergroei	9120	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
Meso- tot oligotroof elzen- en berkenbroek	91E0_vm	alle locaties afhankelijk



		van grondwatervoeding
Droog heischraal grasland	6230_hn	niet grondwatergevoed
Oeverkruidgemeenschappen (Littorelletea)	3130_aom	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding

- Maak een kaartje met daarop:
  - De schaal
  - De tekening van het project
  - De cirkel van de invloedstraal
  - De habitatrictlijngebieden
  - De VEN-gebieden



- Maak een kaartje met daarop:
  - De schaal
  - De tekening van het project
  - De cirkel van de invloedstraal
  - De Natura 2000 habitats
  - Labels met de codes van de Natura 2000 habitats



- Wat concludeer je over de impact van de bouwwerken voor het voetbalstadion op grondwaterafhankelijke vegetatie?  
 Door de bemalingen voor de bouwwerken zal de grondwatertafel dalen op plaatsen waar grondwaterafhankelijke vegetatie groeit. De bouw van het stadion heeft dus een negatieve impact op grondwaterafhankelijke vegetatie.

## 4.2 Oefening m-mv en mTAW – leerkracht

Het maaiveld bevindt zich op 24 mTAW. Bereken volgende peilen en dieptes.

Peil (mTAW)	Diepte (m-mv)
-2	26
13	11
24	0
27	-3
4	20

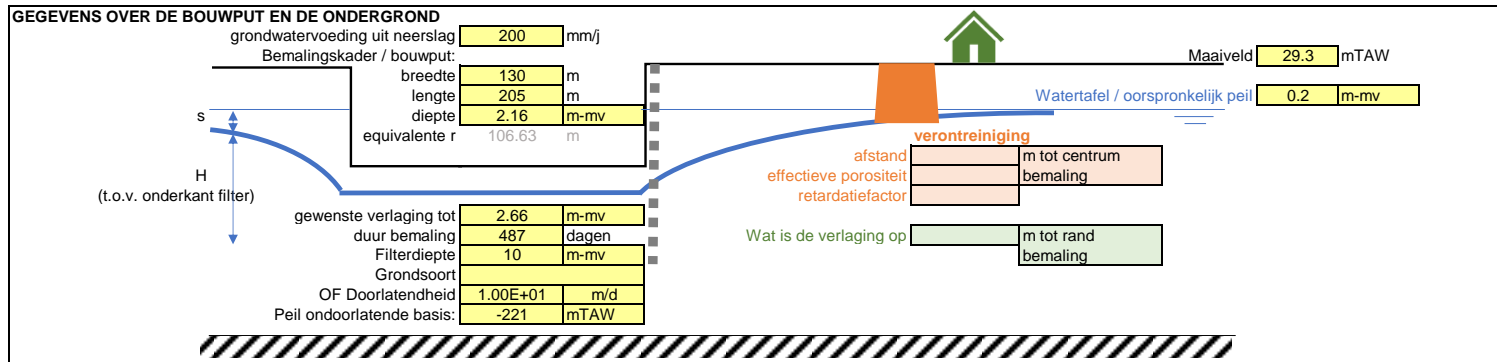
### Didactische wenken

- Als hulpmiddel kan je de leerlingen een grondprofiel en twee assen laten tekenen zoals ook in de cursus is opgenomen.
- Om van mTAW naar m-mv te gaan gebruik je de formule:  
 $\text{Maaiveldpeil (mTAW)} - \text{gegeven peil (mTAW)} = \text{diepte (m-mv)}$
- Om van m-mv naar mTAW te gaan gebruik je de formule:  
 $\text{Maaiveldpeil (mTAW)} - \text{diepte (m-mv)} = \text{gegeven peil (mTAW)}$
- Je kan de leerlingen deze formules zelf laten zoeken, deze aanreiken of beslissen om de werkwijze niet te formaliseren, afhankelijk van de vlotheid van de leerlingen met formules.

**INPUT**

**ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE BEMALINGSSITE**  
 OMV nummer  straat  nr  gemeente   
 aanvrager   
 ingevuld door  datum  **Vul alle administratieve gegevens in.**

**LIGGING**  
 Gelegen in beschermd duingebied?  [zie DOV themaviewer bemalingen](#)  
 Gelegen in groengebied, natuurontwikkelingsgebied, parkgebied of bosgebied?   
 Gelegen in Waterwingebied of beschermingszone Type I of II?   
 Afstand tot speciale beschermingszones (habitat richtlijngebied, vogelrichtlijngebied)  in meter



**OUTPUT**

**DEBIET en INVLOEDSTRAAL**

**Begin van de bemaling** - debiet en invloedstraal volgens Dupuit en Sichardt  
 Invloedstraal  m vanaf de rand  
 Initieel debiet  m<sup>3</sup>/u --->  m<sup>3</sup>/d  volume in m<sup>3</sup> voor eerste 5 dagen  
 Onvolkomen debiet  m<sup>3</sup>/u --->  m<sup>3</sup>/d

**Stationaire toestand volgens DUPUIT** - debiet en invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding  
 Invloedstraal  m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)  
 Stationair debiet  m<sup>3</sup>/u --->  m<sup>3</sup>/d  volume in m<sup>3</sup> resterende duur  
 Onvolkomen stationair debiet  m<sup>3</sup>/u --->  m<sup>3</sup>/d

**Stationaire toestand volgens VERRUIJT** - invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding  
 Invloedstraal  m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)

**RUBRIEK** volgens DUPUIT [link indelingslijst](#)

max dagdebiet  m<sup>3</sup>/d  
 max jaardebiet  m<sup>3</sup>/j  
 rubriek   
 klasse

WAARSCHUWING: Een hydrogeologische studie (bijlage RH) moet aan de aanvraag toegevoegd worden.  
 WAARSCHUWING: Project-MER of ontheffingsnota vereist indien impact op kustduinen of speciale beschermingszones.WAARSCHUWING: Invloedstraal tot in

**VERLAGING OP EEN AFSTAND**

afstand tot rand bemaling (m)	afstand tot centrum bemaling (m)	H (verzadigde dikte t.o.v. onderkant filter in m)	h (mTAW)	verlaging s t.o.v. oorspr. peil (m)	Peil (m-mv)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**VERPLAATSING VERONTREINIGING**

Berekend met afpompijgskegel volgens DUPUIT   
 Berekend met afpompijgskegel volgens VERRUIJT

## 4.2 Opdracht Excel rekentool VMM – leerkracht

- Laat de leerlingen de invloedstraal en het debiet berekenen voor een voorbeeldcasus. Zo kunnen ze oefenen om dit later volledig zelfstandig te doen voor het project dat in het begin van het lessenpakket werd geïntroduceerd.
- De leerlingen maken hierbij gebruik van de rekentool van VMM.
- Het gebruik van de rekentool staat beschreven in de leerlingen- en leerkrachtencursus.

### Voorbeeldcasus

Jullie klas krijgt de opdracht om mee te werken aan een nieuw voetbalstadion in de hoek van de straat Kanaaldijk in Ravels (ten oosten van Grote Baan). Het gebouw zal 130 m breed zijn en 205 m lang. Om het gebouw te kunnen plaatsen moet de aannemer een bouwput graven van 2,16 m diep. De werken in de bouwput zullen ongeveer 16 maanden duren. Om goed en veilig te kunnen werken moet de grondwatertafel zich minstens 0.5 m dieper dan de bodem van de bouwput bevinden.

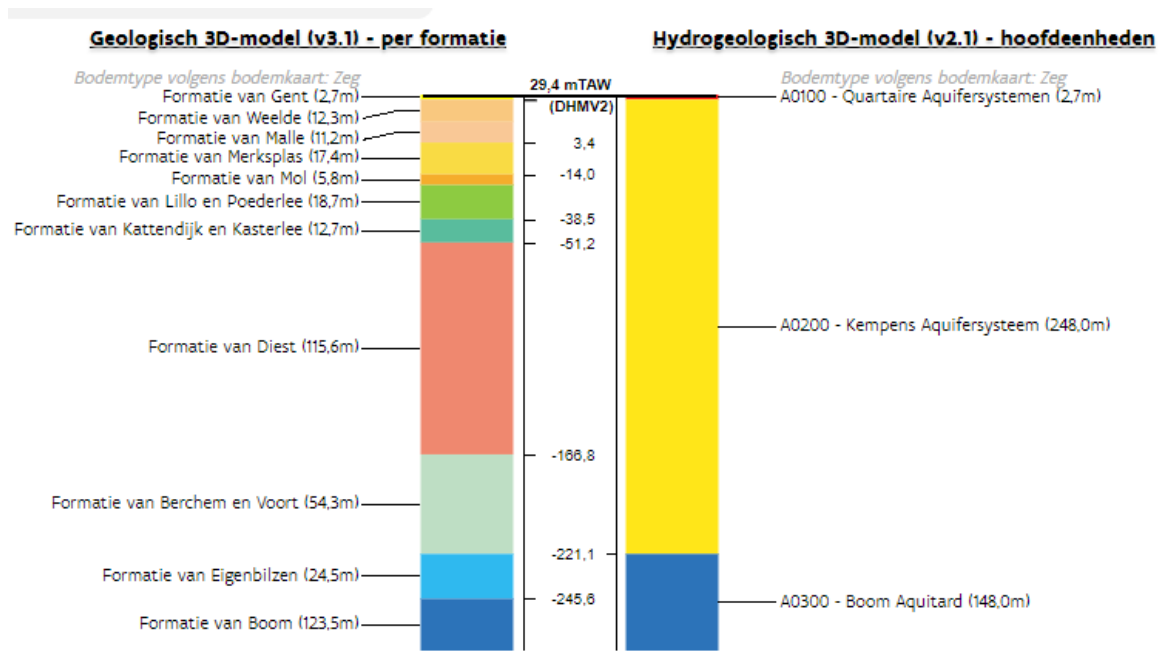
De diepte van het grondwater is 0.2 m-mv. De grondwatervoeding uit neerslag is 200 mm/j.

- a) Waarom is er een bemaling nodig?  
[Het grondwaterpeil komt hoger dan de bodem van de bouwput](#)
- b) Jullie moeten berekenen wat de invloedstraal en het debiet van de bemaling zal zijn, zodat de school een omgevingsvergunning kan aanvragen om het nieuwe gebouw te plaatsen.

### *Didactische wenken*

- *Laat de leerlingen de tool eerst even zelf exploreren. Ze moeten daarbij hun vragen noteren op post-it's of in een online applicatie zoals Mentimeter. Zo zullen ze het makkelijker kunnen volgen wanneer de tool klassikaal wordt voor getoond en ontdekken ze dat ze software die aanvankelijk ingewikkeld lijkt, ook kunnen leren gebruiken.*
- *Laat de leerlingen zelf via DOV Verkenner bepalen wat de grondsoort is in de omgeving van het gebouw of geef hen deze informatie al om tijd te besparen. Ze kunnen dan de doorlatendheid bepalen met de tabel in de cursus. Hetzelfde geldt voor de diepte van de ondoorlatende laag.*
- *Het maaiveldpeil kunnen ze vinden via Geopunt (deel 1 van de opdracht van Geopunt).*
- *De filterdiepte is niet gegeven, maar kan ingeschat worden als 10 m + ontgravingsdiepte. Dit is als opmerking aangegeven in de excel. De leerlingen kunnen dus berekenen: 10 m-mv + 2 m - mv = 12 m-mv als diepte voor de filter. Aangezien dat dit dieper is dan de ondoorlatende basis, mogen ze de diepte van de ondoorlatende basis nemen voor de filterdiepte (27.3 mTAW of 4.7 m-mv)*

Ondergrond opzoeken via DOV Verkenner:



Peil ondoorlatende laag: 27.3 mTAW

Bodemsoort: zand: k = 10 m/dag

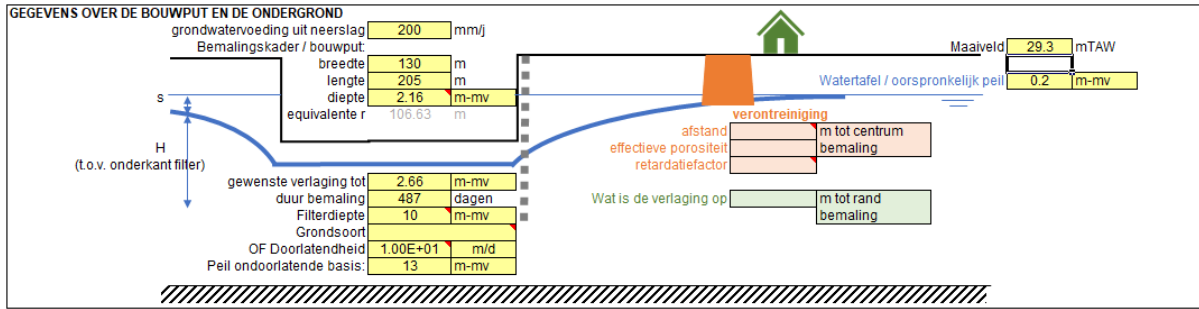
Uit DOV blijkt dat de lagen vooral bestaan uit fijn en middel zand. 10 m/dag is dan de k-waarde die hier het best mee overeenkomt.

De Boom-aquitard is de eerste ondoorlatende laag (Boomse Klei).

Tabel 2.1: Globale horizontale doorlatendheid k in m/dag

zwarte klei	10 <sup>-4</sup>	fijn zand	1-10
potklei	10 <sup>-3</sup>	duinzand	7
matig zwarte klei	10 <sup>-2</sup>	grof zand	30
zandige klei	0,05	zeer grof zand	80
keileem	0,05	uiterst grof zand	200
veen	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-1</sup>	fijn grind	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>
kleilig veen	0,005	grof grind	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>
sterk zandig veen	0,05		
leem/löss	0,05		
zandige leem	0,3		
lichte zavel	0,5		
teelaarde	5		
schelpen	30		

Ingevulde rekentool:



## Resultaten rekentool:

OUTPUT	
<b>DEBIET en INVLOEDSTRAAL</b>	
<b>Begin van de bemaling</b> - debiet en invloedstraal volgens Dupuit en Sichardt	
Invloedstraal	79.4 m vanaf de rand
Initieel debiet	99.2 m <sup>3</sup> /u → 2380 m <sup>3</sup> /d
Onvolkomen debiet	124.0 m <sup>3</sup> /u → 2975 m <sup>3</sup> /d
	14876 volume in m <sup>3</sup> voor eerste 5 dagen
<b>Stationaire toestand volgens DUPUIT</b> - debiet en invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding	
Invloedstraal	518 m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)
Stationair debiet	30.5 m <sup>3</sup> /u → 732 m <sup>3</sup> /d
Onvolkomen stationair debiet	38.1 m <sup>3</sup> /u → 915 m <sup>3</sup> /d
	440804 volume in m <sup>3</sup> resterende duur
<b>Stationaire toestand volgens VERRUIJT</b> - invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding	
Invloedstraal	496 m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)
<b>RUBRIEK</b> volgens DUPUIT <a href="#">link indelingslijst</a>	
max dagdebiet	2975 m <sup>3</sup> /d
max jaardebiet	344108 m <sup>3</sup> /j
rubriek	53.2.2*b)1* en 53.11.1* en 53.11.2*
klasse	1
WAARSCHUWING: Een hydrogeologische studie (bijlage RH) moet aan de aanvraag toegevoegd worden.	
WAARSCHUWING: Project-MER of ontheffingsnota vereist indien impact op kustduinen of speciale beschermingszones. WAARSCHUWING: Invloedstraal tot in	

Invloedstraal: 518 m

Dagdebiet: 732 m<sup>3</sup>/d

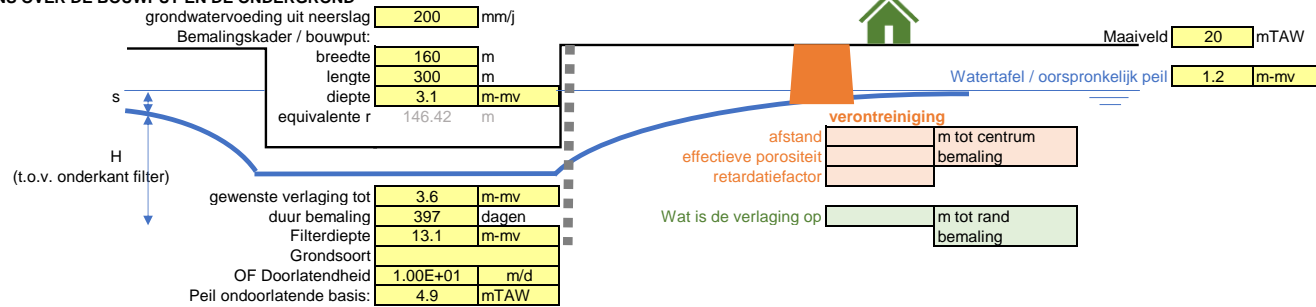
**INPUT**

**ADMINISTRATIEVE GEGEVENS VAN DE BEMALINGSSITE**

OMV nummer  straat  nr  gemeente   
 aanvrager   
 ingevuld door  datum  **Vul alle administratieve gegevens in.**

**LIGGING**  
 Gelegen in beschermd duingebied?  [zie DOV themaviewer bemalingen](#)  
 Gelegen in groengebied, natuurontwikkelingsgebied, parkgebied of bosgebied?   
 Gelegen in Waterwingebied of beschermingszone Type I of II?   
 Afstand tot speciale beschermingszones (habitat richtlijngebied, vogelrichtlijngebied)  in meter

**GEGEVENS OVER DE BOUWPUT EN DE ONDERGROND**



**OUTPUT**

**DEBIET en INVLOEDSTRAAL**

**Begin van de bemaling** - debiet en invloedstraal volgens Dupuit en Sichardt

Invloedstraal	<input type="text" value="77.5"/>	m vanaf de rand
Initieel debiet	<input type="text" value="158.3"/>	m <sup>3</sup> /u ---> <input type="text" value="3800"/> m <sup>3</sup> /d
Onvolkomen debiet	<input type="text" value="174.2"/>	m <sup>3</sup> /u ---> <input type="text" value="4180"/> m <sup>3</sup> /d
		<input type="text" value="20899"/> volume in m <sup>3</sup> voor eerste 5 dagen

**Stationaire toestand volgens DUPUIT** - debiet en invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding

Invloedstraal	<input type="text" value="581"/>	m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)
Stationair debiet	<input type="text" value="41.0"/>	m <sup>3</sup> /u ---> <input type="text" value="983"/> m <sup>3</sup> /d
Onvolkomen stationair debiet	<input type="text" value="45.1"/>	m <sup>3</sup> /u ---> <input type="text" value="1081"/> m <sup>3</sup> /d
		<input type="text" value="423932"/> volume in m <sup>3</sup> resterende duur

**Stationaire toestand volgens VERRUIJT** - invloedstraal in evenwicht gebracht met grondwatervoeding

Invloedstraal	<input type="text" value="567"/>	m vanaf de rand (met verlaging = 5 cm)
---------------	----------------------------------	--

**RUBRIEK** volgens DUPUIT [link indelingslijst](#)

max dagdebiet	<input type="text" value="4180"/>	m <sup>3</sup> /d
max jaardebiet	<input type="text" value="410225"/>	m <sup>3</sup> /j
rubriek	<input type="text" value="53.2.2*b)1° en 53.11.1° en 53.11.2°"/>	
klasse	<input type="text" value="1"/>	

WAARSCHUWING: Een hydrogeologische studie (bijlage RH) moet aan de aanvraag toegevoegd worden.  
 WAARSCHUWING: Project-MER of ontheffingsnota vereist indien impact op kustduinen of speciale beschermingszones.WAARSCHUWING: Invloedstraal tot in

**VERLAGING OP EEN AFSTAND**

afstand tot rand bemaling (m)	afstand tot centrum bemaling (m)	H (verzadigde dikte t.o.v. onderkant filter in m)	h (mTAW)	verlaging s t.o.v. oorspr. peil (m)	Peil (m-mv)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**VERPLAATSING VERONTREINIGING**

Berekend met afpompijgskegel volgens DUPUIT   
 Berekend met afpompijgskegel volgens VERRUIJT



## 5. Excursie – leerkracht

### Opmerking

In het kader van dit lessenpakket werd een excursie uitgewerkt naar het Wijnendalebos in Torhout en werd ook de optie verkend van een excursie naar de Doornpanne in Koksijde en de Westhoek in De Panne. Na overleg met de boswachter van het Wijnendalebos bleek dat de zones met grondwaterafhankelijke vegetatie niet toegankelijk zijn voor publiek om de gevoelige vegetatie niet te verstoren. Hetzelfde geldt voor de grondwaterafhankelijke habitats in het natuurgebied De Westhoek in De Panne, zoals bleek uit communicatie met het drinkwaterbedrijf Aquaduin.

Onderstaande uitwerking van de excursie moet dus nog aangepast worden om de excursie praktisch uitvoerbaar te maken. De tekst dient op dit moment enkel als een voorbeeld voor hoe de excursie vormgegeven zou kunnen worden.

### Optie 1. Wijnendalebos

- Locatie

De excursie vindt plaats in het Wijnendalebos in Torhout. Dit bos ligt vlakbij de site van het bouwproject voor het nieuwe ziekenhuis



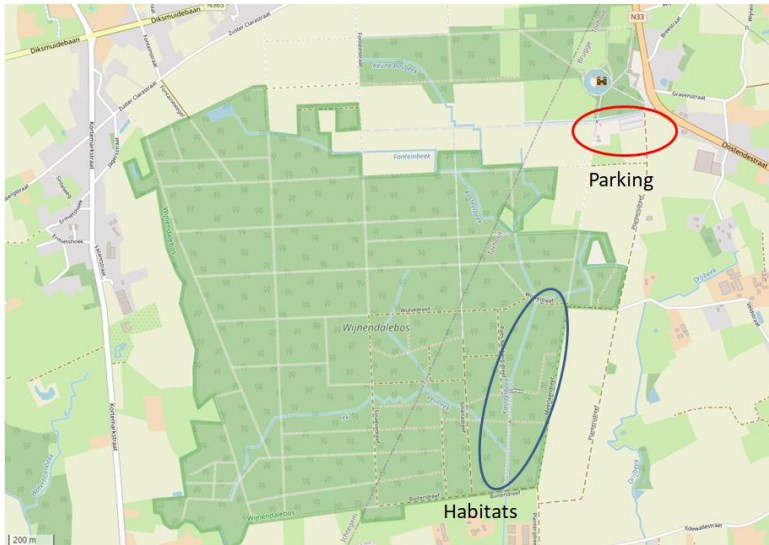
Figuur 1 Ligging Wijnendalebos en site nieuw ziekenhuis. Bron: Geopunt.

- Tijdstip

Het is aan te raden om het bos in het voorjaar te bezoeken, bij voorkeur in maart of april. Grondwaterafhankelijke planten zijn vaak voorjaarsbloeiers en daardoor gemakkelijker te herkennen in de lente.

- Bereikbaarheid

Het Wijnendalebos is eenvoudig bereikbaar via de Oostendestraat (N33). De parking bevindt zich op geringe afstand van het te onderzoeken gebied. Er is ook de bushalte 'Wijnendalekasteel' die wordt aangedaan door lijnen 64 en 51.



**Figuur 2** Kaart bereikbaarheid Wijnendalebos. Bron: Open Streetmap.

- Materiaallijst
  - 1 of meerdere handboren
  - Touw
  - Smartphones met Obsidentify
  - Eventuele meetinstrumenten voor andere abiotische factoren (thermometer, bodemthermometer, bodemvochtigheidsmeter, pH-strookjes en potjes ...)
  - Notitiebladen (opgesteld door leerlingen of door leerkracht)
  
- Locaties voor biotoopstudie

Het Wijnendalebos valt gedeeltelijk binnen de invloedssfeer van de bemaling.



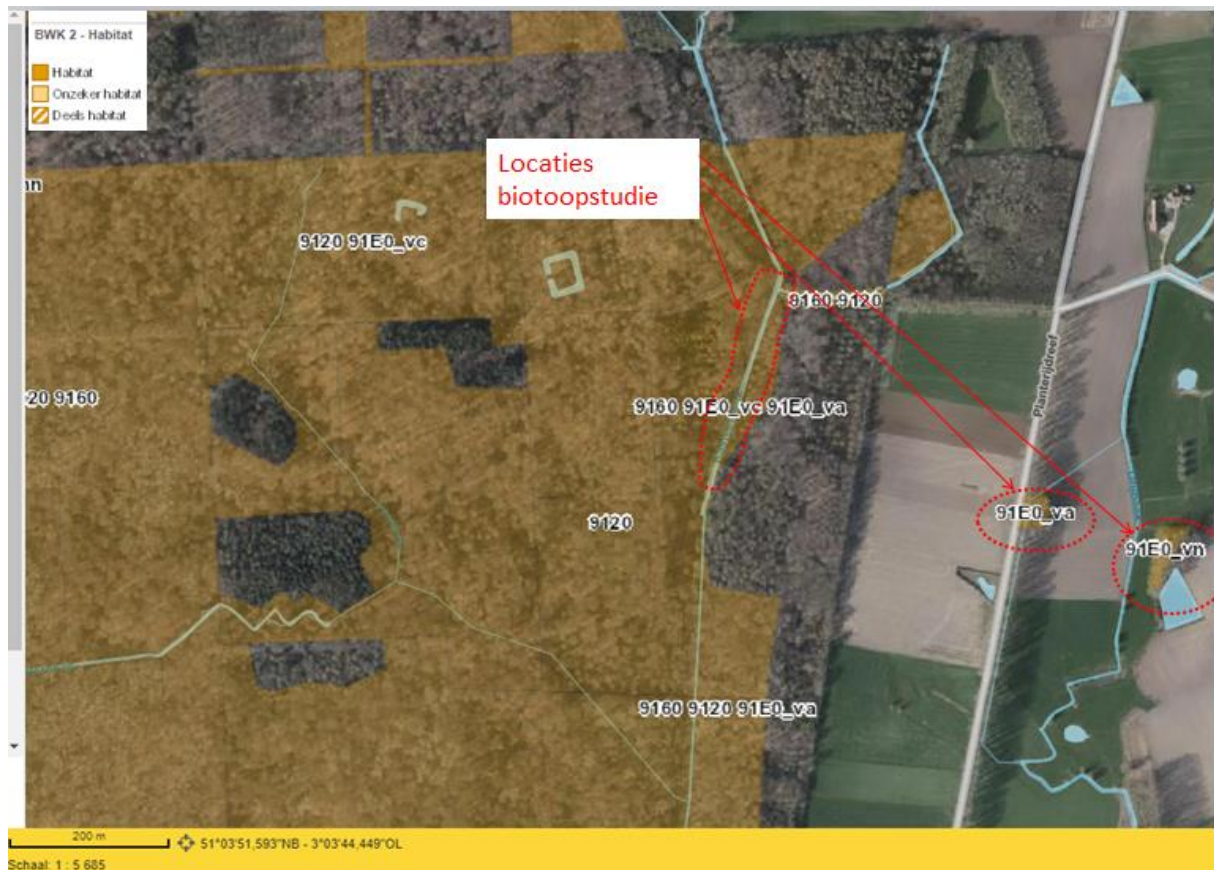
**Figuur 3 Invloedstraal bemaling nieuw ziekenhuis en beschermde Natura 2000 habitats. Bron: Geopunt.**

Enkele beschermde habitats (Tabel 1) vallen binnen de invloedstraal.

**Tabel 1 Beschermde Natura 2000 habitats binnen de invloedstraal**

Code habitat	Naam	Grondwaterafhankelijk?
9120	Atlantische zuurminnende beukenbossen met Ilex en soms ook Taxus in de ondergroei	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding
9160	Sub-Atlantische en midden-Europese wintereikenbossen of eikenhaagbeukbossen	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding
91E0_vc	Goudveil-essenbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0_va	Beekbegeleidend vogelkers-essenbos en essen-iepenbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding

De biotoopstudie vindt plaats langs de oevers van de Kasteelbeek waar de twee grondwaterafhankelijke habitats, zijnde (1) Goudveil-essenbos (91E0\_vc) en (2) Beekbegeleidend vogelkers-essenbos en essen-iepenbos (91E0\_va), voorkomen. Daarnaast zijn er in de nabijheid nog twee grondwaterafhankelijke habitats gelegen, meer specifiek binnen de contour van het bouwproject zelf. Het gaat om (1) Beekbegeleidend vogelkers-essenbos en essen-iepenbos (91E0\_va) en (2) Ruygte-elzenbos (91E0\_vn). Ook hier kan onderzoek uitgevoerd worden.



Figuur 4 Locaties biotoopstudie. Bron: Geopunt.

- Opgave biotoopstudie

Het is aangewezen om de leerlingen zelf een stappenplan te laten voorstellen voor hun onderzoek naar de impact van verdroging op grondwaterafhankelijke vegetatie. Daarbij is het belangrijk de voorstellen na te kijken en feedback te geven vooraleer de excursie plaatsvindt. De leerlingen kunnen via hints en vragen naar een goed plan van aanpak gestuurd worden, zoals volgende voorbeelden:

- Tip: als je een bepaald effect wil onderzoeken, moet je altijd proberen om een situatie met het effect en een situatie zonder het effect (een referentiesituatie) te vergelijken.
- Welke impact verwacht je dat verdroging zal hebben?
- Welk verschil zou je kunnen zien in het bos als er verdroging optreedt?
- Hoe kan je weten welke soort planten je ziet groeien?
- Tip: je kan hiervoor een app gebruiken.
- Welke abiotische factoren zijn belangrijk voor grondwater? Hoe kan je die onderzoeken?

Uiteindelijk zal het nodig zijn de plannen van de leerlingen bij te sturen, zodanig dat deze realistisch zijn om uit te voeren. Hieronder volgt een voorbeeldaanpak voor de excursie.

- De leerlingen werken in de groepjes van hun project (2 tot 4 leerlingen per groep).
- Het is moeilijk daadwerkelijk een voormalig door grondwater gevoed perceel te vinden waar verdroging is opgetreden. Er kan echter wel een vergelijking gemaakt worden tussen de vegetatie die groeit in een vochtig perceel en in een nabij gelegen perceel dat droger is.

- De leerlingen onderzoeken (1) de vegetatie vlakbij de Kasteelbeek (of de twee poelen buiten het bos) en (2) de vegetatie op ca. 10 m afstand van de beek (of de poelen). Ze bakenen hierbij een perceel af van 2 m op 2 m met touw en stokjes en determineren de planten in dit perceel met de app Obsidentify. Door de steile oevers van de Kasteelbeek is het moeilijk een rechthoek af te zetten bij de beek, maar de leerlingen kunnen wel met een recht touw aangeven bij welk deel van de oever zij hun onderzoek uitvoeren. Ze maken ook een overzichtsfoto van het perceel zodat ze daarop de plantensoorten kunnen aanduiden.
  - De leerlingen onderzoeken ook het bodemprofiel door een grondboring uit te voeren. Door de steile oevers van de Kasteelbeek is het moeilijk dat vlakbij de beek te doen. De leerkracht schat in waar het mogelijk is om een grondboring uit te voeren. Dit zal wellicht enkel in het 'droge perceel' (op afstand van de beek en poelen) mogelijk zijn.
  - Er moet vermeden worden dat een bepaalde taak of rol steeds door dezelfde leerling wordt uitgevoerd. Dat kan door de leerlingen voordien al te laten vastleggen wie notities neemt, Obsidentify gebruikt, de grondboring uitvoert ... en deze rollen te laten roteren. Bij de grondboring kunnen de leerlingen elkaar aflossen. Laat hen ook eerst elk afzonderlijk, in stilte de bodemsoorten determineren, alvorens ze met elkaar overleggen.
  - Achteraf kunnen de leerlingen de standplaatskarakteristieken opzoeken van de waargenomen vegetatie (bv. op Ecopedia) en deze linken aan de locatie waar ze de vegetatie aantreffen. Ze kunnen op basis hiervan een uitspraak doen of de vegetatie die langs de beek groeide, nog steeds zou voorkomen indien er verdroging optreedt. De leerlingen kunnen a.d.h.v. de Ecopedia-pagina van de plantensoorten ook opzoeken welke andere organismen van deze plantensoort afhankelijk zijn en door het verdwijnen van deze soort in gevaar kunnen worden gebracht.
- Aanwezige vegetatie

Bij een bezoek aan de betreffende habitat in het Wijnendalebos op 9 mei 2022 werd een verschil vastgesteld tussen de vegetatie in de vochtige zone langs de Kasteelbeek en zijbeken enerzijds en de vegetatie in de drogere zone op enkele meters van de oevers anderzijds.



Figuur 5 Kasteelbeek, gefotografeerd vanop het brugje op 9 mei 2022 (links). Omgeving van de Kasteelbeek

In de vochtige zone werd veel Gewoon Speenkruid aangetroffen. Op de Ecopedia-pagina van deze soort kan worden teruggevonden:

*De soort groeit zowel in rivier- en beekbegeleidend bos als in plateau- en hellingbossen, voor zover deze laatste niet te voedselarm of te droog zijn. Overspoeling verdraagt speenkruid goed. Stagnerend water daarentegen wordt in het algemeen gemeden. In bronbossen, waar het water van nature zuurstofrijk is, kan speenkruid ook op erg natte plekken voorkomen. (Inverde, INBO & ANB, (n.d.))*



**Figuur 6 Speenkruid (links) en iep (rechts), gefotografeerd op de linkeroever van de Kasteelbeek, nabij het brugje op 9 mei 2022.**

Hoewel Speenkruid geen indicatorsoort is van grondwaterafhankelijke habitats, is het wel een soort die gelinkt is aan een vochtige omgeving. Bovendien is het Speenkruid niet meer terug te vinden in de drogere delen enkele meters verderop. Het is dus mogelijk dat Speenkruid bij verdroging zou verdwijnen uit de habitat. Dat zou dan weer gevolgen kunnen hebben voor andere soorten zoals de Bosparelmoervlinder, die Speenkruid als waardplant heeft (Inverde, INBO & ANB, (n.d.)).

Daarnaast zijn er langs de oevers van de Kasteelbeek in de boomlaag vooral iepen aanwezig. Deze boom is typisch voor het habitatype valleibossen (91E0\_va). De Gladde iep is een waardplant voor de Iepenpage (Inverde, INBO & ANB, (n.d.)).

Enkele meters verwijderd van de Kasteelbeek ziet de vegetatie er anders uit. Er is vooral Glanshaver en Braam terug te vinden. Deze soorten zijn niet specifiek voor grondwaterafhankelijke habitats.

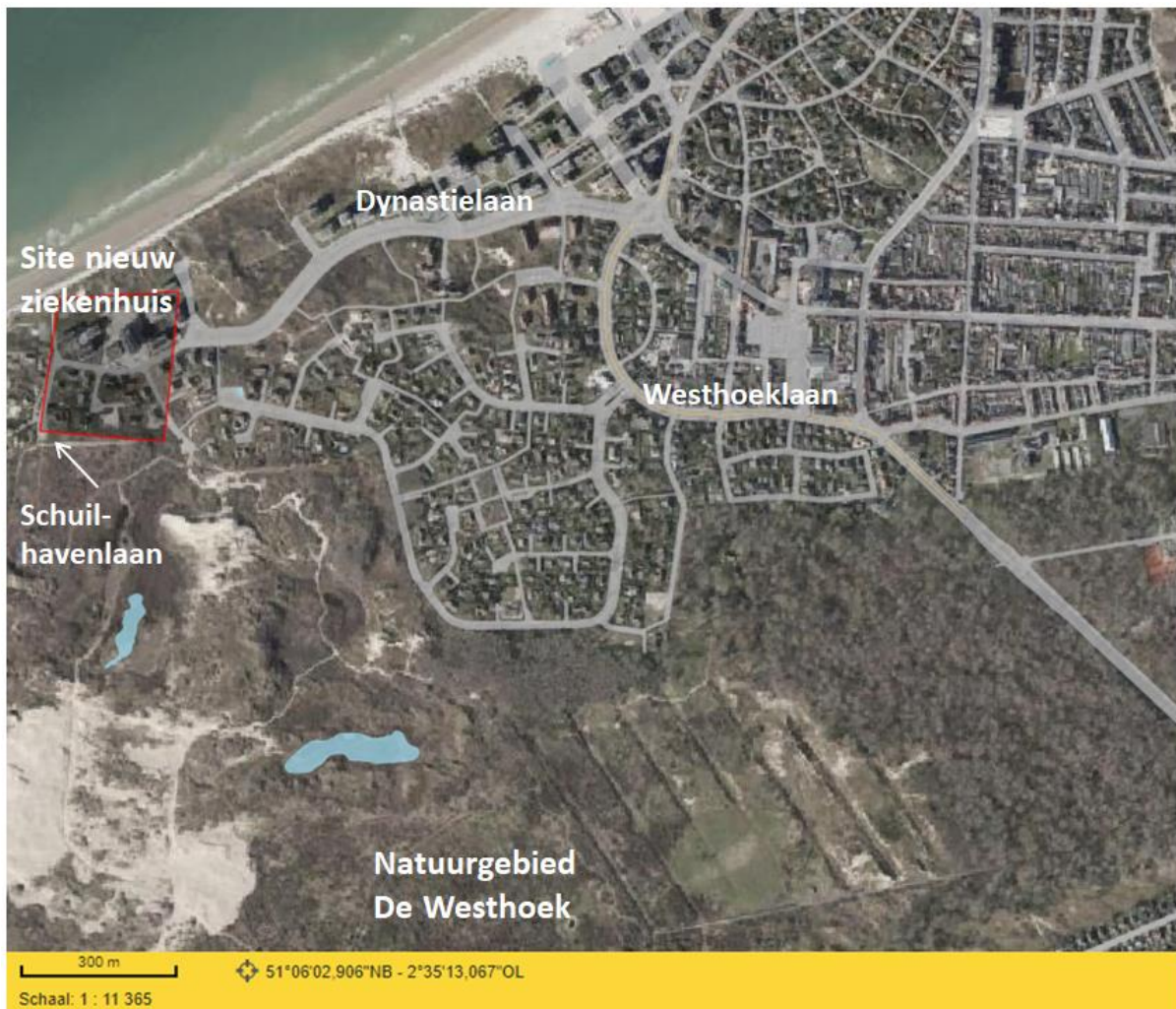


**Figuur 7 Glanshaver (links) en Gewone braam (rechts), gefotografeerd op de rechteroever van de Kasteelbeek, op enkele meters afstand van de beek op 9 mei 2022.**

## Optie 2. De Westhoek en De Doornpanne

- Locatie

De excursie kan ook plaatsvinden in de natuurgebieden De Westhoek in De Panne en De Doornpanne in Koksijde. Hiervoor is het aan te raden om de locatie van het nieuwe ziekenhuis uit de centrale casus te wijzigen, zodat de invloedstraal tot in het natuurgebied reikt. De natuurgebieden en een mogelijke locatie worden voorgesteld op Figuur 8.



Figuur 8 Ligging natuurgebied De Westhoek en nieuw ziekenhuis. Bron: Geopunt.



Figuur 9 Ligging De Doornpanne. Bron: Geopunt.

- Tijdstip

Het is aan te raden om de duinen in september te bezoeken. In deze maand bloeien de meeste bijzondere grondwaterafhankelijke planten die in De Westhoek voorkomen.

- Bereikbaarheid

Het natuurgebied De Westhoek is eenvoudig bereikbaar via de Dynastielaan en de Westhoeklaan (N33). De parking aan de Schuilhavenlaan bevindt zich op geringe afstand van het te onderzoeken gebied. Het natuurgebied ligt op 16 minuten wandelen van de bushalte 'De Panne Esplanade', die wordt aangedaan door de kusttram.

- Materiaallijst

- Smartphones met Obsidentify
- Eventuele meetinstrumenten voor andere abiotische factoren (thermometer, bodemthermometer, bodemvochtigheidsmeter, pH-strookjes en potjes ...)
- Notitiebladen (opgesteld door leerlingen of door leerkracht)



- Locaties voor biotoopstudie

Het natuurgebied De Westhoek valt gedeeltelijk binnen de invloedssfeer van de bemaling.



**Figuur 10** Invloedstraal bemaling nieuw ziekenhuis en beschermde Natura 2000 habitats. **Opmerking:** op de figuur wordt het voorgesteld alsof de invloedstraal van de bemaling tot in de zee reikt. In realiteit treedt er geen verlaging van de grondwaterafval op ter hoogte van de zee, aangezien het oppervlaktewater voor een constante stijghoogte zorgt. Bron: Geopunt.

Enkele beschermde habitats (Tabel 1) vallen binnen de invloedstraal.

**Tabel 2** Grondwaterafhankelijke Natura 2000 habitats binnen de invloedstraal (enkel habitats waarvan alle locaties afhankelijk zijn van grondwatervoeding worden gegeven).

Code habitat	Naam
2170	Duinen met <i>Salix repens</i> ssp. <i>Argentea</i> ( <i>Salicion arenaria</i> ) (Kruipwilgstruwelen)
2190	Vochtige duinvalleien

De leerlingen kunnen tijdens de biotoopstudie het wandelpad niet verlaten. Vertrekkende vanaf de parking aan de Schuilhavenlaan en zuidwaarts wandelend zou het mogelijk moeten zijn om vanaf het wandelpad grondwaterafhankelijke vegetaties te observeren.

Nabij natuurgebied De Doornpanne wordt grondwaterwinning uitgevoerd door het drinkwaterbedrijf Aquaduin. Figuur 11 geeft een locatie aan waar zonder waterwinning een hogere grondwaterstand zou heersen. Mogelijk zou hier van nature het habitattype 2190 Vochtige duinvalleien kunnen voorkomen.



Figuur 11 Locatie verdroogde habitat De Doornpanne. Bron: Geopunt.

- Opgave biotoopstudie

Het is aangewezen om de leerlingen zelf een stappenplan te laten voorstellen voor hun onderzoek naar de impact van verdroging op grondwaterafhankelijke vegetatie. Daarbij is het belangrijk de voorstellen na te kijken en feedback te geven vooraleer de excursie plaatsvindt. De leerlingen kunnen via hints en vragen naar een goed plan van aanpak gestuurd worden, zoals volgende voorbeelden:

- Tip: als je een bepaald effect wil onderzoeken, moet je altijd proberen om een situatie met het effect en een situatie zonder het effect (een referentiesituatie) te vergelijken.
- Welke impact verwacht je dat verdroging zal hebben?
- Welk verschil zou je kunnen zien in de duinen als er verdroging optreedt?
- Hoe kan je weten welke soort planten je ziet groeien?
- Tip: je kan hiervoor een app gebruiken.
- Welke abiotische factoren zijn belangrijk voor grondwater? Hoe kan je die onderzoeken?

Uiteindelijk zal het nodig zijn de plannen van de leerlingen bij te sturen, zodanig dat deze realistisch zijn om uit te voeren. Hieronder volgt een voorbeeldaanpak voor de excursie.

- De leerlingen werken in de groepjes van hun project (2 tot 4 leerlingen per groep).

- De leerlingen onderzoeken (1) de vegetatie langs het wandelpad in natuurgebied De Westhoek en (2) de vegetatie in het verdroogde perceel in de Doornpanne. Ze baken hierbij een zijde van de weg van 4 m af met touw en stokjes en determineren de planten langs deze kant van de weg met de app Obsidentify. Ze maken ook een overzichtsfoto van de vegetatie zodat ze daarop de plantensoorten kunnen aanduiden.
  - De leerlingen kunnen geen grondboring uitvoeren in de Westhoek of de Doornpanne. De leerkracht kan andere locaties uitzoeken waar dit wel kan.
  - Er moet vermeden worden dat een bepaalde taak of rol steeds door dezelfde leerling wordt uitgevoerd. Dat kan door de leerlingen voordien al te laten vastleggen wie notities neemt, Obsidentify gebruikt, de grondboring uitvoert ... en deze rollen te laten roteren. Bij de grondboring kunnen de leerlingen elkaar aflossen. Laat hen ook eerst elk afzonderlijk, in stilte de bodemsoorten determineren, alvorens ze met elkaar overleggen.
  - Achteraf kunnen de leerlingen de standplaatskarakteristieken opzoeken van de waargenomen vegetatie (bv. op Ecopedia) en deze linken aan de locatie waar ze de vegetatie aantreffen. Ze kunnen op basis hiervan een uitspraak doen of de vegetatie die langs de beek groeide, nog steeds zou voorkomen indien er verdroging optreedt. De leerlingen kunnen a.d.h.v. de Ecopedia-pagina van de plantensoorten ook opzoeken welke andere organismen van deze plantensoort afhankelijk zijn en door het verdwijnen van deze soort in gevaar kunnen worden gebracht.
- Aanwezige vegetatie

Bij een bezoek aan de betreffende habitat in het natuurgebied De Westhoek op 26 mei 2022 werd geen specifieke grondwaterafhankelijke vegetatie waargenomen. Zoals verder in de tekst wordt verduidelijkt bloeien enkele typische grondwaterafhankelijke soorten vooral in de zomer en het najaar. Er werden wel diverse andere soorten geobserveerd, zoals weergegeven in Figuur 12.



**Duinroos**



**Kokardebloem**



**Echte valeriaan**



**Overblijvende ossentong**



**Wilde akelei**



**Dauwbraam**



**Grote ratelaar**



**Veldhondstong**



**Duindoorn**



**Stinkende  
gouwe**

**Figuur 12** Waargenomen plantensoorten tijdens bezoek aan natuurgebied De Westhoek op 26 mei 2022 (foto's genomen vanaf het wandelpad vanaf parking Schuilhavenlaan naar het zuiden)

Typische grondwaterafhankelijke soorten die in vochtige duinvalleien voorkomen, worden met hun bloeiperiodes gegeven in Figuur 13.



**Parnassia (juli – september)**



**Slanke gentiaan (augustus – oktober)**



**Moeraswespenorchis (juni – augustus)**



**Rond wintergroen (mei – oktober)**

**Figuur 13** Typische grondwaterafhankelijke soorten die in vochtige duinvalleien voorkomen met hun bloeiperiodes (bron: Ecopedia en Waarnemingen.be)

Op 26 mei 2022 werd ook de verdroogde habitat in De Doornpanne bezocht. De habitat is gelegen in een lokale depressie en voornamelijk door kruipwilg begroeid. De ondergroei van het struweel waren voornamelijk grassen en geen grondwaterafhankelijke soorten aanwezig.



**Figuur 14** Verdroogde habitat in De Doornpanne (foto genomen op 26 mei 2022)



**Figuur 15** Kruiwilg in de verdroogde habitat in De Doornpanne (foto genomen op 26 mei 2022)

## Opgave onderzoeksproject – leerkracht

- De leerlingen hebben nu geleerd over de basisbegrippen van grondwater, grondwaterafhankelijke vegetatie en verdroging.
- De leerlingen hebben ook geleerd hoe ze informatie over de ondergrond kunnen opzoeken in Geopunt en Databank Ondergrond Vlaanderen. Ze hebben geleerd om de invloedstraal en het debiet van een bemaling te berekenen. Ze kunnen ook opzoeken waar welke natuurgebieden aanwezig zijn.
- Deze kennis en vaardigheden moeten ze nu gebruiken om de impact te bepalen van het bouwproject uit de introductie van de lessenreeks.
- De leerlingen werken per 2.

### Opgave

Onderzoek de impact van de bemaling voor de bouw van het nieuwe ziekenhuis op grondwaterafhankelijke vegetatie in de omgeving.

Schrijf een rapport waarin je je bevindingen formuleert en beargumenteert.

Maak eerst een voorlopige inhoudstabel voor het rapport. Wat zal volgens jullie belangrijk zijn om in het rapport te schrijven, zodat de conclusies van jullie onderzoek duidelijk en overtuigend zijn voor iedereen?

Maak nu een stappenplan van wat jullie allemaal moeten doen om dit rapport op te stellen. Plaats er een timing bij en verdeel de taken.

	Wat moet er gebeuren?	Wie zal dit doen?	Tegen wanneer?
1			
2			
3			

Hou ermee rekening dat je zowel met de pc onderzoek zal doen als op de excursie. Schrijf dus de stappen op die je op de computer zal uitvoeren en de stappen die je op excursie zal uitvoeren.

### *Didactische wenken*

- *Hieronder staat een lijst met mogelijke onderdelen van het rapport. Bepaal eerst zelf welke onderdelen daarin zeker aanwezig moeten zijn (afhankelijk van de voorziene tijd en doelstellingen kan dit variëren).*
- *Laat de leerlingen zoveel mogelijk zelf nadenken over wat er in het rapport zal moeten staan en laat hen de stappen plannen die ze zullen nemen.*
- *Coach de leerlingen in de richting van een volledig rapport. Zorg dat alle leerlingen de essentiële onderdelen in hun lijst hebben staan.*
- *Controleer dat de leerlingen voldoende concrete en kleine stappen opstellen. Geef enkele voorbeelden voor de klas.*
- *Onderbreek de brainstormactiviteit na bv. 15 minuten (of eerder als de leerlingen niets meer kunnen bedenken). Vraag de klas welke onderzoeken ze zouden doen tijdens de excursie en gids hen opnieuw in de richting van de geplande invulling van de excursie (onderzoek van*

*een grondwaterafhankelijke biotoop en een verdroogde locatie, bodemstaal nemen, grondwaterstand bepalen, planten determineren en vergelijken tussen de twee locaties). Indien de leerlingen andere voorstellen hebben die haalbaar zijn, probeer die dan zeker mee te nemen.*

- *De leerlingen kunnen ook in grotere groepen werken. Met kleinere groepen krijgt elke leerling echter meer oefenkansen.*
- *Laat de groepjes aan het einde van elk lesuur (en eventueel ook in de helft van elk lesuur) even aan elkaar uitleggen wat ze hebben gedaan.*

## Rapport

- Een inleidend tekstje dat uitlegt wat er gebouwd zal worden en waarom. Daarbij komt ook uitleg over de bemaling en waarom die nodig is.
- Een plannetje van het project ten opzichte van de omgeving (gemaakt in Geopunt).
- Een tabel met de gegevens van de bemaling.
- Onderzoeksvragen
  - Veroorzaakt de bemaling verdroging ter hoogte van grondwatergevoelige vegetatie?
  - Wat is de impact van verdroging op de aanwezige organismen?
- Methode (zowel een korte beschrijving van de methode o.b.v. ICT als het biotooponderzoek)
- Een tabel met de resultaten van de bemalingsberekening.
- Een of meer plannetjes van het project met de invloedstraal van de bemaling, natuurgebieden en habitats.
- Een tekst met uitleg over de grondwatergevoelige vegetatie die in de omgeving voorkomen en waarom deze ook voor andere soorten belangrijk zijn (veel informatie hierover kan gevonden worden op Ecopedia of de website van Natura2000). Laat de leerlingen minstens 1 plant – dier relatie beschrijven.
- Resultaten van het biotooponderzoek (foto's planten en bodemprofiel met korte uitleg)
- Bespreking:
  - De onderzoeksvragen beantwoorden
  - Beperkingen van het onderzoek benoemen
  - Suggesties voor verder onderzoek
- Conclusie
- Referentielijst

## 6. Uitwerking project

Hieronder nogmaals de informatie over het ziekenhuis.

Het ziekenhuis AZ Delta wil een nieuwe campus voor acute en hoogtechnologische zorg openen in Torhout. De campus zal 705 bedden tellen, waarvan 108 bedden in het dagziekenhuis. Hieronder zie je een impressie van hoe het ziekenhuis eruit zal zien:



Het ziekenhuis zal worden gebouwd aan de Planterijdreef en de Veldstraat in Torhout en zal ongeveer 160 m breed en 300 m lang zijn. De volledige ziekenhuissite zal groter zijn om ook ruimte te bieden voor ca. 1500 parkeerplaatsen, wegen, groenpartijen ... en een bijgebouw dat later wordt geplaatst. Hieronder zie je een kaartje waar het ziekenhuis zal komen. Momenteel zijn er op de site akkers, weilanden, een beek en een weg (de Planterijdreef) aanwezig. De grond werd recentelijk aangekocht van de landbouwers. Het grondwater bevindt zich er op 1,20 m diep onder de grond.

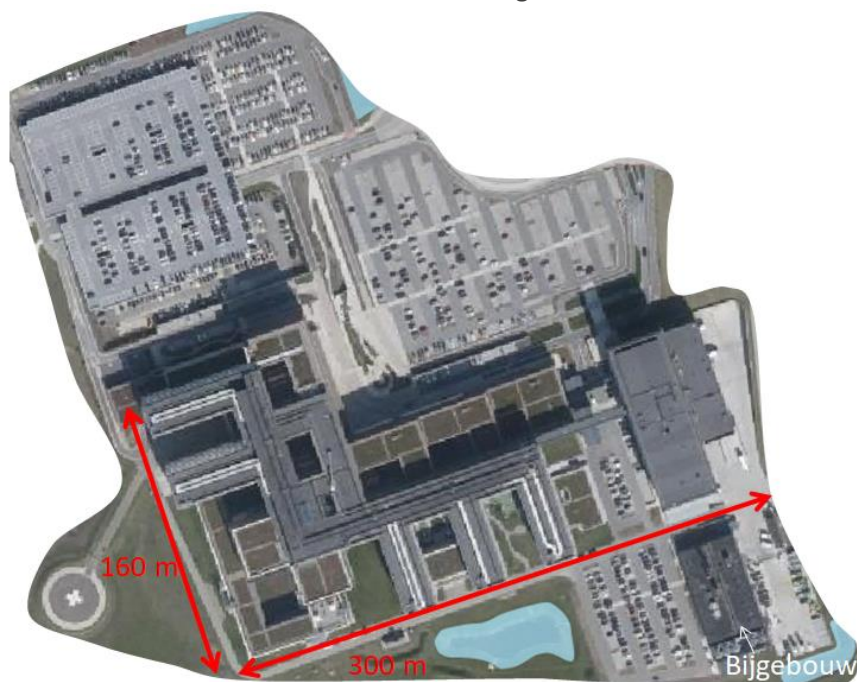


Het ziekenhuis zal als toegangsweg de Planterijdreef hebben, vanaf de Oostendestraat. Er zullen dagelijks naar schatting 3300 auto's toekomen en weer vertrekken (patiënten, personeel, leveranciers ...).





In bovenaanzicht zal het ziekenhuis er als volgt uitzien:



De bouw van het ziekenhuis gebeurt in volgende stappen:

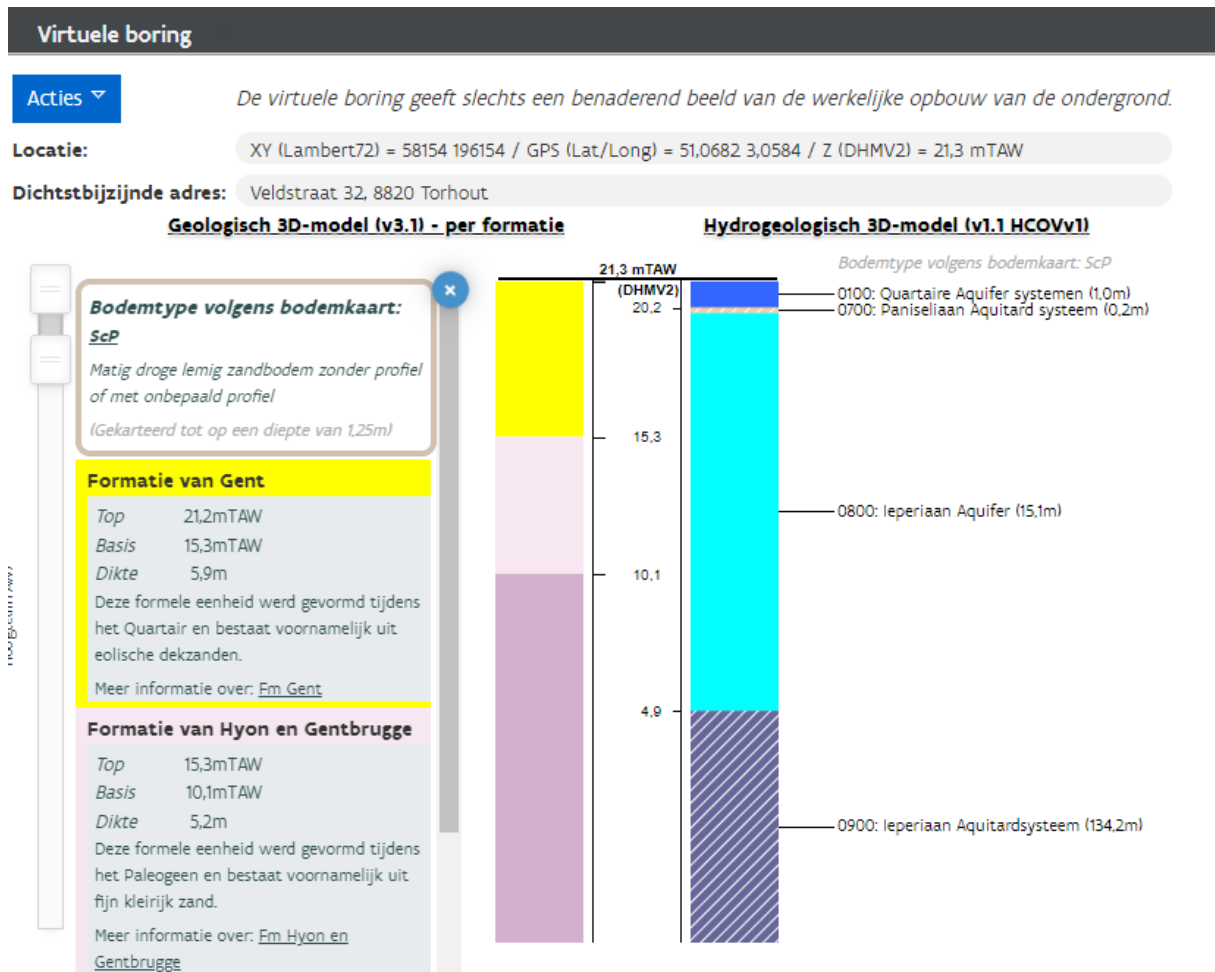
- Eerst worden de aanwezige gracht en 4 vijvers gedempt en worden de bomen langs de Planterijdreef gerooid.
- In de volgende stap wordt het terrein genivelleerd: alles wordt op dezelfde hoogte gebracht.
- Het ziekenhuisgebouw heeft een kelder. Daarom moet de aannemer een bouwput graven van 3,10 m diep. Om goed en veilig te kunnen werken moet de grondwatertafel zich minstens 0.5 m dieper dan de bodem van de bouwput bevinden. Daarom moet het

grondwater uit de put gepompt worden (bemaling).

- De werken in de bouwput zullen ongeveer 13 maanden duren. Er worden funderingen geplaatst en vervolgens wordt het gebouw stapsgewijs gebouwd.

Wanneer het ziekenhuis in gebruik zal zijn, zal er jaarlijks 100.000 m<sup>3</sup> huishoudelijk afvalwater (uit de toiletten, douches, keukens ...) worden geloosd op de openbare riolering. Het regenwater dat op de daken en parkings valt, zal worden afgeleid naar omliggende grachten.

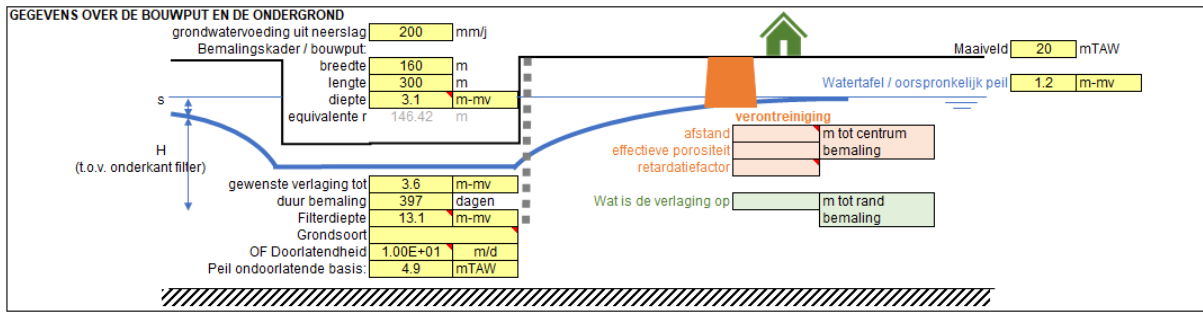
De leerlingen vinden op DOV:



De Formatie van Gent en de Formatie van Hyon en Gentbrugge bestaan voornamelijk uit fijn zand. De Kh-waarde kan dus best als 10 m/dag gekozen worden om een pessimistische inschatting van het effect te doen.

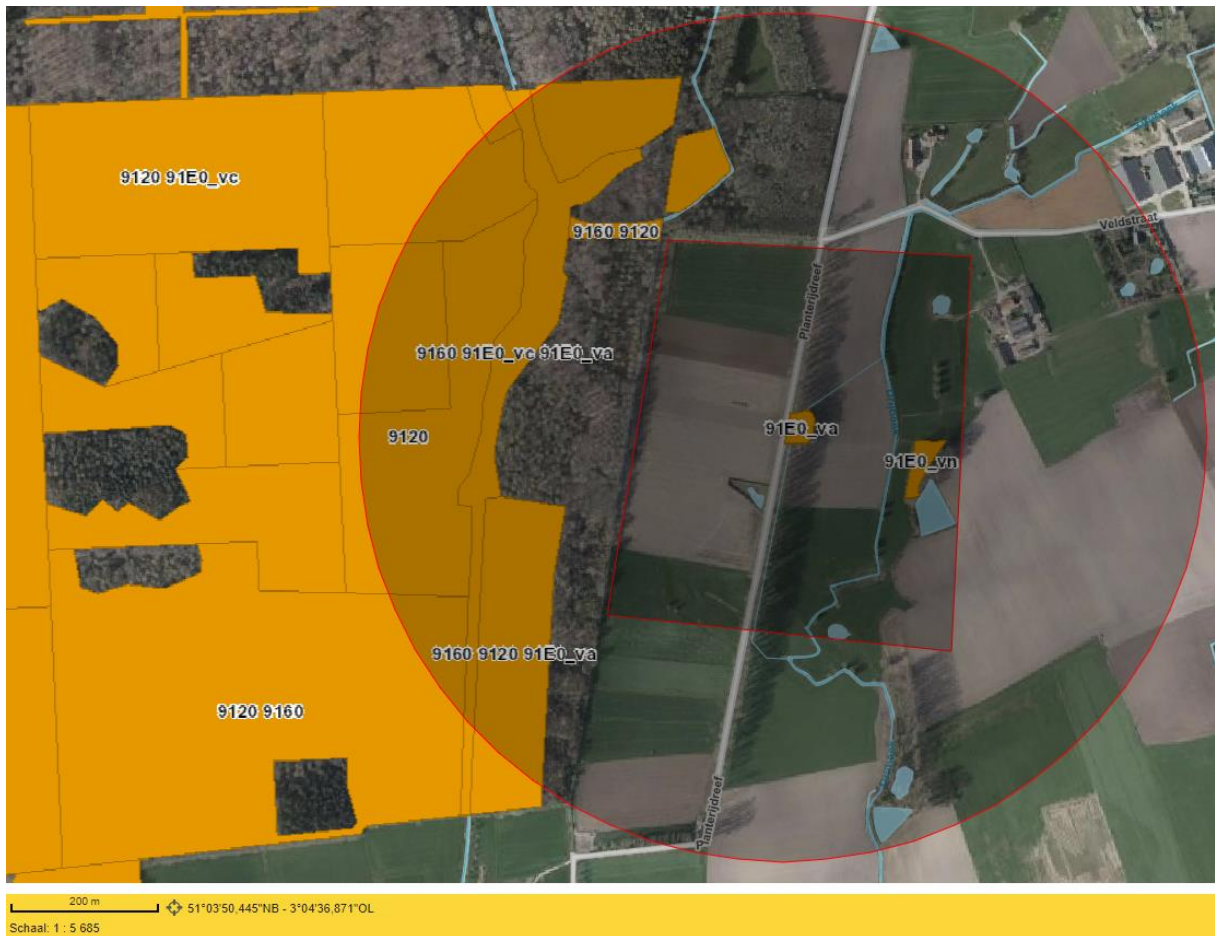
Het gemiddelde maaiveldpeil kan m.b.v. Geopunt worden ingeschat op ongeveer 20 mTAW (ter hoogte van de Drijbeek is het maaiveld dieper, maar dit hoeft niet meegenomen te worden). De precieze waarde van het maaiveld (tussen 18 mTAW en 22 mTAW) heeft echter geen invloed op de invloedstraal.

De rekentool van VMM wordt als volgt ingevuld:



De invloedstraal is dan 581 m en het stationaire debiet is 983 m<sup>3</sup>/d.

In Geopunt kan bekeken worden welke habitats binnen deze invloedstraal vallen.



Het gaat om volgende habitats:

Code habitat	Naam	Grondwaterafhankelijk?
9120	Atlantische zuurminnende beukenbossen met Ilex en soms ook Taxus in de ondergroei	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding
9160	Sub-Atlantische en midden-Europese wintereikenbossen of eikenhaagbeukbossen	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding
91E0_vc	Goudveil-essenbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0_va	Beekbegeleidend vogelkers-essenbos en essen-iepenbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding

Voor 9120 en 9160 zijn sommige locaties afhankelijk van grondwatervoeding. Om de grondwaterafhankelijkheid na te gaan is er een lijst van planten- en mossoorten. Als er op een bepaalde locatie geen soorten uit deze lijst voorkomen (zonder rekening te houden met aanplantingen en lokale afwijkingen), kan ervan worden uitgegaan dat het om een niet grondwaterafhankelijke variant gaat dat niet gevoelig is voor verdroging. Als er wel soorten uit de lijst voorkomen of als er geen informatie beschikbaar is, wordt de locatie beschouwd als grondwaterafhankelijk.

De leerlingen zullen uiteraard niet alle planten uit de habitats kunnen determineren, maar het is mogelijk dat ze op basis van hun observaties van de vegetatie grondwaterafhankelijkheid kunnen vaststellen.

De lijst kan worden gevonden in bijlage 4.1-4.3 Tabel grondwaterafhankelijkheid habitats.

Habitatype	Subtype	Verkorte naam	Grondwaterafhankelijk
1130		estuaria	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
1140		slik- en zandplaten	niet grondwatergevoed
1310	1310_pol	binnendijkse zeekraalvegetatie	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1310	1310_zk	buitendijks laag schor	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1310	1310_zv	buitendijks hoog schor	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1320		slijkgrasvelden	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1330	1330_bin	zilte graslanden	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1330	1330_da	buitendijkse schor	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
1330	1330_hpr	zilte graslanden	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
2110		embryonale duinen	niet grondwatergevoed
2110	2110_duin	embryonaal duin	niet grondwatergevoed
2110	2110_vloedm	vloedmerkvegetaties	niet grondwatergevoed
2120		witte duinen	niet grondwatergevoed
2130	2130_had	kalkarme duingraslanden	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
2130	2130_hd	kalkrijke duingraslanden	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
2150		duinheiden met struikhei	niet grondwatergevoed
2160		duindoornstruwelen	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
2170		kruiwilgstruwelen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
2180		duinbossen	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
2190		vochtige duinvalleien	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
2190	2190_a	duinplassen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
2190	2190_mp	duinpannen (kalkrijk)	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
2190	2190_overig	overige waterrijke duinbiotopen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
2310		psammofiele heide	niet grondwatergevoed
2330		zandverstuivingen	niet grondwatergevoed

2330	2330_bu	buntgrasvegetatie	niet grondwatergevoed
2330	2330_dw	dwerghavervegetatie	niet grondwatergevoed
3110		zeer zwakgebufferde vennen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
3130		zwakgebufferde vennen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
3130	3130_aom	oligotrofe tot mesotrofe vijvers en vennen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
3130	3130_na	dwergbiezenvegetaties	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
3140		kranswierwateren	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
3150		meren met krabbenscheer en fonteinkruiden	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
3160		zure vennen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
3260		beken en rivieren met waterplanten	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
3270		slikkige rivieroeveren	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
4010		vochtige heide	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
4030		droge heide	niet grondwatergevoed
5130		jeneverbesstruwelen	niet grondwatergevoed
5130	5130_hei	jeneverbesstruweel in heide	niet grondwatergevoed
5130	5130_kalk	jeneverbesstruweel in kalkgrasland	niet grondwatergevoed
6110		pionierbegroeiingen op rotsbodem	niet grondwatergevoed
6120		stroomdalgraslanden	niet grondwatergevoed
6210		kalkgraslanden	niet grondwatergevoed
6210	6210_hk	kalkgraslanden	niet grondwatergevoed
6210	6210_sk	kalkrijke zomen en struwelen	niet grondwatergevoed
6230		heischrale graslanden	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
6230	6230_ha	struisgrasland	niet grondwatergevoed
6230	6230_hmo	vochtige heischrale graslanden	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
6230	6230_hn	droge heischrale graslanden	niet grondwatergevoed
6230	6230_hnk	kalkrijkere heischrale graslanden	niet grondwatergevoed

6410		blauwgraslanden	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
6410	6410_mo	blauwgrasland	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
6410	6410_ve	veldrusgrasland	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
6430		voedselrijke zoomvormende ruigten	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
6430	6430_bz	nitrofiële boszoom	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
6430	6430_hf	moerasspirearuijge	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
6430	6430_hw	ruigte en zoom met harig wilgenroosje	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
6430	6430_mr	ruiger rietland	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
6510	6510_hu	glanshavergrasland	niet grondwatergevoed
6510	6510_hua	vossenstaartgrasland	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
6510	6510_huk	kalkrijk kamgrasgrasland	niet grondwatergevoed
6510	6510_hus	pimpernelgrasland	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7110		actief hoogveen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7120		aangetast hoogveen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7140		overgangs- en trilveen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7140	7140_base	basenrijk trilveen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7140	7140_cl	circum-neutraal overgangsveen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7140	7140_meso	circum-neutraal overgangsveen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7140	7140_mrd	rietland op drijftillen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7140	7140_oli	zuur overgangsveen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7150		pioniervegetaties met snavelbiezen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7210		galigaanmoerassen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7220		kalktufbronnen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
7230		kalkmoerassen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
8310		grotten	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
9110		veldbies-beukenbossen	niet grondwatergevoed

9120		beuken-eikenbossen met hulst	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9120	9120_fa	gierstgras-beukenbos	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9120	9120_fs	wintereiken-beukenbos	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9120	9120_qb	zomereiken-beukenbos	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9130		neutrofiële beukenbossen	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9130	9130_end	atlantisch neutrofiel beukenbos	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9130	9130_fm	midden-Europese neutrofiel beukenbos	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9150		kalkminnende beukenbossen	niet grondwatergevoed
9160		eiken-haagbeukenbossen	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9160	9160_neutr	neutroclien subatlantisch eiken-haagbeukbos	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9160	9160_oli	voedselarm subatlantisch eiken-haagbeukbos	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
9190		oude eikenbossen	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
91D0		veenbossen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0		vochtige alluviale bossen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0	91E0_vc	goudveil-essenbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0	91E0_vn	ruigt-elzenbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0	91E0_vm	mesotroof broekbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0	91E0_vo	oligotroof broekbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0	91E0_va	beekbegeleidend bos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91E0	91E0_sf	wilgenvloedbos	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
91F0		droge hardhoutooibossen	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
rbbah		brak of zilt water	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbhc		dotterbloemgrasland	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbhf		moerasspirearuijgte met graslandkenmerken	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbkam		kamgrasgrasland	sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding*
rbbmc		grote zeggenvegetatie	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding



rbbmr		rietland en andere Phragmition-vegetaties niet vervat in 6430	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbms		kleine zeggenvegetaties niet vervat in 7140	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbppm		structuurrijke, oude bestanden van grove den	niet grondwatergevoed
rbbbf		vochtig wilgenstruweel op voedselrijke bodem niet vervat in 91E0	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbbsg		brem- en gaspeldoornstruweel niet vervat in een habitatype	niet grondwatergevoed
rbbism		gagelstruweel niet vervat in een habitatype	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbso		vochtig wilgenstruweel op venige of zure grond	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbisp		doornstruweel	niet grondwatergevoed
rbbvos		grote vossenstaartgrasland niet vervat in 6510	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding
rbbzil		zilverschoongrasland zonder zilte elementen	alle locaties afhankelijk van grondwatervoeding

\* voor de Natura 2000 habitat(sub)typen met grondwaterafhankelijke en niet grondwaterafhankelijke varianten (categorie "sommige locaties zijn afhankelijk van grondwatervoeding" van bijlage 2) kan volgende lijst van planten- en mossoorten worden gebruikt om te bepalen of een specifieke locatie wel of niet grondwaterafhankelijk is. Als er op een bepaalde locatie geen soorten uit deze lijst voorkomen (zonder rekening te houden met aanplantingen en lokale afwijkingen), kan ervan worden uitgegaan dat het om een niet grondwaterafhankelijke variant gaat dat niet gevoelig is voor verdroging. Als er wel soorten uit de lijst voorkomen of als er geen informatie beschikbaar is, wordt de locatie beschouwd als grondwaterafhankelijk.

Deze lijst bevat de volgens Londo (1988) obligate freatofyten en een deel van de niet obligate freatofyten, namelijk de kalk-afreatofyten en de andere niet obligate freatofyten met een Ellenberg vochtgetal van 8 en hoger (Ellenberg et al. 1992).

Londo G. (1988). *Nederlandse freatofyten. Pudos Wageningen. 108 p.*

Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. (1992). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica(18):1-258.*

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Achillea ptarmica</i>	Wilde bertram	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Aconitum vulparia</i>	Gele monnikskap	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Acorus calamus</i>	Kalmoes	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Agrostis canina</i>	Moerasstruisgras	Niet-Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Agrostis gigantea</i>	Hoog struisgras	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Alisma gramineum</i>	Smalle waterweegbree	Obligat natte freatofyt	11	x	x
<i>Alisma lanceolatum</i>	Slanke waterweegbree	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Grote waterweegbree	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Allium ursinum</i>	Daslook	Niet-obligat kalk-afreatofyt	6	x	
<i>Alnus glutinosa</i>	Zwarte els	Niet-obligat kalk-afreatofyt	9=	x	

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Alopecurus aequalis</i>	Rosse vossestaart	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Alopecurus geniculatus</i>	Geknikte vossestaart	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Althaea officinalis</i>	Echte heemst	Obligate vochtige freatofyt	7=	x	x
<i>Amblyodon dealbatus</i>	Stomptandmos	Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Amblystegium fluviatile</i>	Rivier-pluisdraadmos	Obligate natte freatofyt	9	x	x
<i>Amblystegium riparium</i>	Beek-pluisdraadmos	Obligate natte freatofyt	9	x	x
<i>Amblystegium tenax</i>	Ondergedoken pluisdraadmos	Obligate natte freatofyt	9	x	x
<i>Anagallis tenella</i>	Teer guichelheil	Obligate natte freatofyt	9	x	x
<i>Andromeda polifolia</i>	Lavendelhei	Obligate vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Aneura pinguis</i>	Echt vetmos	Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Angelica archangelica</i>	Grote engelwortel	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Angelica sylvestris</i>	Gewone engelwortel	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Apium inundatum</i>	Ondergedoken moerasscherm	Obligate natte freatofyt	10	x	x
<i>Apium nodiflorum</i>	Groot moerasscherm	Obligate natte freatofyt	10	x	x
<i>Apium repens</i>	Kruipend moerasscherm	Obligate natte freatofyt	7=	x	x
<i>Aronia x prunifolia</i>	Zwarte appelbes	Obligate vochtige freatofyt		x	x
<i>Aster tripolium</i>	Zulte	Obligate natte freatofyt	X=	x	x
<i>Barbarea stricta</i>	Stijf barbarakruid	Obligate vochtige freatofyt	7=	x	x
<i>Berula erecta</i>	Kleine watereppe	Obligate natte freatofyt	10	x	x
<i>Betula pubescens</i>	Zachte berk	Niet-Obligate plaatselijke freatofyt	8	x	x
<i>Bidens cernua</i>	Knikkend tandzaad	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Bidens connata</i>	Smal tandzaad	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Bidens frondosa</i>	Zwart tandzaad	Obligate natte freatofyt	8	x	x
<i>Bidens tripartita</i>	Veerdelig tandzaad	Obligate vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Blackstonia perfoliata subsp. serotina</i>	Herfstbitterling	Obligate vochtige freatofyt	7*	x	x
<i>Blasia pusilla</i>	Flesjesmos	Niet-Obligate plaatselijke freatofyt	8	x	x
<i>Brachythecium mildeanum</i>	Moeras-dikkopmos	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Brachythecium plumosum</i>	Oever-dikkopmos	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Brachythecium rivulare</i>	Beek-dikkopmos	Obligate natte freatofyt	9	x	x
<i>Bromus racemosus subsp. racemosus</i>	Velddravik	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Bryum alpinum</i>	Pracht-knikmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Bryum neodamense</i>	Zodde-knikmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Bryum pallens</i>	Rood knikmos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Bryum turbinatum</i>	Urn-knikmos	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Butomus umbellatus</i>	Zwanebloem	Obligat natte freatofyt	10=	x	x
<i>Calamagrostis canescens</i>	Hennegras	Niet-Obligat vochtige freatofyt	9*	x	x
<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	Rivierstruisriet	Obligat natte freatofyt	7=	x	x
<i>Calamagrostis stricta</i>	Stijf struisriet	Obligat natte freatofyt	9*	x	x
<i>Calla palustris</i>	Slangewortel	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Calliergon cordifolium</i>	Hartbladig nerfpuntmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Calliergon giganteum</i>	Groot nerfpuntmos	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Calliergon stramineum</i>	Sliertmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Caltha palustris</i>	Dotterbloem	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Caltha palustris subsp. araneosa</i>	Spindotterbloem	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Caltha palustris subsp. palustris</i>	Gewone dotterbloem	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Calypogeia sphagnicola</i>	Veen-buidelmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Campylium elodes</i>	Tenger goudmos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Campylium polygamum</i>	Gewoon goudmos	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Campylium stellatum</i>	Sterre-goudmos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Cardamine amara</i>	Bittere veldkers	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Cardamine flexuosa</i>	Bosveldkers	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Cardamine impatiens</i>	Springzaadveldkers	Niet-obligat kalk-afreatofyt	6	x	
<i>Cardamine pratensis subsp. dentata</i>	Subsp. palustris v. Pinksterbloem	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Carex acuta</i>	Scherpe zegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex acutiformis</i>	Moeraszegge	Obligat natte freatofyt	9*	x	x
<i>Carex appropinquata</i>	Paardehaarzegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex aquatilis</i>	Noordse zegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex buxbaumii</i>	Knots zegge	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Carex cespitosa</i>	Polzegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex cuprina</i>	Valse voszegge	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Carex curta</i>	Zompzegge	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Carex diandra</i>	Ronde zegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex dioica</i>	Tweehuizige zegge	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Carex disticha</i>	Tweerijige zegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex divisa</i>	Waardzegge	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Carex echinata</i>	Sterzegge	Obligat natte freatofyt	8*	x	x
<i>Carex elata</i>	Stijve zegge	Obligat natte freatofyt	10*	x	x
<i>Carex elongata</i>	Elzenzegge	Obligat natte freatofyt	9*	x	x
<i>Carex flacca</i>	Zegroene zegge	Niet-obligat kalk-afreatofyt	6*	x	
<i>Carex flava</i>	Gele zegge	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Carex hartmanii</i>	Kleine knotszegge	Obligat vochtige freatofyt	7*	x	x
<i>Carex hostiana</i>	Blonde zegge	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Carex laevigata</i>	Gladde zegge	Obligat vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Carex lasiocarpa</i>	Draadzegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex lepidocarpa</i>	Schubzegge	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Carex limosa</i>	Slijkzegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex nigra</i>	Zwarte zegge	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Carex oederi subsp. oederi</i>	Dwergzegge	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Carex oederi subsp. oedocarpa</i>	Geelgroene zegge	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Carex panicea</i>	Blauwe zegge	Niet-obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Carex paniculata</i>	Pluimzegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex pendula</i>	Hangende zegge	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Carex pseudocyperus</i>	Hoge cyperzegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex pulicaris</i>	Vlozegge	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Carex punctata</i>	Stippelzegge	Obligat vochtige freatofyt	7=	x	x
<i>Carex remota</i>	IJle zegge	Niet-obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Carex riparia</i>	Oeverzegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex rostrata</i>	Snavelzegge	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Carex strigosa</i>	Slanke zegge	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Carex trinervis</i>	Drienerve zegge	Niet-obligat vochtige freatofyt	9	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Carex vesicaria</i>	Blaaszegge	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Carex vulpina</i>	Voszegge	Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Carum verticillatum</i>	Kranskarwij	Obligat natte freatofyt	8*	x	x
<i>Catabrosa aquatica</i>	Watergras	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Catocopium nigratum</i>	Pijpekopmos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Centaurium littorale</i>	Strandduizendguldenkruid	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Centaurium pulchellum</i>	Fraai duizendguldenkruid	Obligat vochtige freatofyt	X*	x	x
<i>Chiloscyphus pallescens</i>	Lippenmos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	Lippenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	Verspreidbladig goudveil	Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	Paarbladig goudveil	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Cicendia filiformis</i>	Draadgentiaan	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Cicuta virosa</i>	Waterscheerling	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Cinclidium stygium</i>	Koepelmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Cinclidotus danubicus</i>	Diknerf-kribbenmos	Obligat natte freatofyt	10=	x	x
<i>Cinclidotus fontinaloides</i>	Gewoon kribbenmos	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Cinclidotus riparius</i>	Langsteel-kribbenmos	Obligat natte freatofyt	10=	x	x
<i>Circaea alpina</i>	Alpenheksenkruid	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Circaea x intermedia</i>	Klein heksenkruid	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Cirriphyllum crassinervium</i>	Bossig haarspitsmos	Obligat vochtige freatofyt	5	x	x
<i>Cirsium dissectum</i>	Spaanse ruiter	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Cirsium oleraceum</i>	Moesdistel	Obligat natte freatofyt	7	x	x
<i>Cirsium palustre</i>	Kale jonker	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Cladium mariscus</i>	Galigaan	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Cladopodiella fluitans</i>	Ijl stompmos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Cochlearia officinalis subsp. officinalis</i>	Echt lepelblad	Obligat natte freatofyt	7=	x	x
<i>Cotula coronopifolia</i>	Goudknopje	Obligat natte freatofyt	7	x	x
<i>Cratoneuron commutatum</i>	Geveerd diknerfmos	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Cratoneuron filicinum</i>	Gewoon diknerfmos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Crepis paludosa</i>	Moerasstrepzaad	Obligat natte freatofyt	8*	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Ctenidium molluscum</i>	Kammos	Niet-obligate kalk-afreatofyt	X	x	
<i>Cucubalus baccifer</i>	Besanjelier	Niet-Obligate vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Cuscuta gronovii</i>	Oeverwarkruid	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Cuscuta lupuliformis</i>	Hopwarkruid	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Cyperus flavescens</i>	Geel cypergras	Obligat natte freatofyt	7=	x	x
<i>Cyperus fuscus</i>	Bruin cypergras	Obligat natte freatofyt	7=	x	x
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	Vleeskleurige orchis	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Dactylorhiza maculata</i>	Gevlekte orchis	Niet-obligate kalk-afreatofyt	8*	x	
<i>Dactylorhiza majalis</i>	Brede orchis	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Dactylorhiza majalis subsp. majalis</i>	Subsp. majalis v. Brede orchis	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Dactylorhiza majalis subsp. praetermissa</i>	Rietorchis	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Deschampsia setacea</i>	Moerassmele	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Dianthus superbus</i>	Prachtanjer	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Dichodontium pellucidum</i>	Beeksterretje	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Dicranum affine</i>	Veen-gaffeltandmos	Obligat natte freatofyt	7	x	x
<i>Dicranum bonjeanii</i>	Moeras-gaffeltandmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Drepanocladus aduncus</i>	Gewoon sikkemos	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Drepanocladus exannulatus</i>	Geveerd sikkemos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Drepanocladus fluitans</i>	Ven-sikkemos	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Drepanocladus sendtneri</i>	Gekruld sikkemos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Drosera intermedia</i>	Kleine zonnedauw	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Drosera longifolia</i>	Lange zonnedauw	Obligat vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Drosera rotundifolia</i>	Ronde zonnedauw	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Drosera x obovata</i>	Lange x Ronde zonnedauw	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Dryopteris cristata</i>	Kamvaren	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Echinodorus ranunculoides</i>	Stijve moerasweegbree	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Echinodorus repens</i>	Kruipende moerasweegbree	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Elatine hexandra</i>	Gesteeld glaskroos	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Elatine hydropiper</i>	Klein glaskroos	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Elatine triandra</i>	Drietallig glaskroos	Obligat natte freatofyt	9=	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Eleocharis acicularis</i>	Naaldwaterbies	Obligat natte freatofyt	10*	x	x
<i>Eleocharis multicaulis</i>	Veelstengelige waterbies	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Eleocharis ovata</i>	Eivormige waterbies	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Eleocharis palustris</i>	Waterbies	Obligat natte freatofyt	10*	x	x
<i>Eleocharis palustris subsp. palustris</i>	Gewone waterbies	Obligat natte freatofyt	10*	x	x
<i>Eleocharis palustris subsp. uniglumis</i>	Slanke waterbies	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Eleocharis quinqueflora</i>	Armbloemige waterbies	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Elymus caninus</i>	Hondstarwegras	Niet-obligat kalk-afreatofyt	6	x	
<i>Epilobium ciliatum</i>	Beklierde basterdwederik	Obligat vochtige freatofyt	5	x	x
<i>Epilobium hirsutum</i>	Harig wilgeroosje	Niet-obligat kalk-afreatofyt	8=	x	
<i>Epilobium obscurum</i>	Donkergroene basterdwederik	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Epilobium palustre</i>	Moerasbasterdwederik	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Epilobium parviflorum</i>	Viltige basterdwederik	Niet-obligat kalk-afreatofyt	9=	x	
<i>Epilobium roseum</i>	Bleke basterdwederik	Niet-Obligat vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Epilobium tetragonum</i>	Kantige basterdwederik s.l.	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Epipactis palustris</i>	Moeraswespenorchis	Obligat vochtige freatofyt	9*	x	x
<i>Equisetum fluviatile</i>	Holpijp	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Equisetum palustre</i>	Lidrus	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Equisetum telmateia</i>	Reuzenpaardestaart	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Equisetum variegatum</i>	Bonte paardestaart	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Equisetum x litorale</i>	Bastaardpaardestaart	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Equisetum x trachyodon</i>	Ruwe paardestaart	Obligat vochtige freatofyt	7*	x	x
<i>Erica scoparia</i>	Bezemdophei	Obligat vochtige freatofyt		x	x
<i>Erica tetralix</i>	Gewone dophei	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8	x	x
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Veenpluis	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Eriophorum gracile</i>	Slank wollegras	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Eriophorum latifolium</i>	Breed wollegras	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Eenarig wollegras	Obligat vochtige freatofyt	9*	x	x
<i>Eupatorium cannabinum</i>	Koninginnekruid	Niet-obligat kalk-afreatofyt	7	x	
<i>Euphorbia palustris</i>	Moeraswolfsmelk	Obligat natte freatofyt	8*	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Filipendula ulmaria</i>	Moerasspirea	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Fissidens adianthoides</i>	Groot veen-vedermos	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	9	x	x
<i>Fissidens arnoldii</i>	Arnold's rivier-vedermos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Fissidens crassipes</i>	Gewoon rivier-vedermos	Obligat natte freatofyt	10=	x	x
<i>Fissidens osmundoides</i>	Klein veenvedermos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Fissidens rufulus</i>	Verdwenen riviervedermos	Obligat natte freatofyt	10=	x	x
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewone es	Niet-obligat kalk-afreatofyt	X	x	
<i>Fritillaria meleagris</i>	Wilde kievitsbloem	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Galium palustre</i>	Moeraswalstro	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Galium palustre subsp. elongatum</i>	Rietwalstro	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Galium palustre subsp. palustre</i>	Tenger walstro	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Galium uliginosum</i>	Ruw walstro	Obligat natte freatofyt	8*	x	x
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	Klokjesgentiaan	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Gentianella amarella</i>	Slanke gentiaan	Obligat vochtige freatofyt	6*	x	x
<i>Geum rivale</i>	Knikkend nagelkruid	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Glaux maritima</i>	Melkkruid	Obligat natte freatofyt	7=	x	x
<i>Glyceria fluitans</i>	Mannagras	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Glyceria maxima</i>	Liesgras	Obligat natte freatofyt	10*	x	x
<i>Glyceria notata</i>	Stomp en Getand vlotgras	Obligat natte freatofyt	10*	x	x
<i>Glyceria notata subsp. declinata</i>	Getand vlotgras	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Glyceria notata subsp. notata</i>	Stomp vlotgras	Obligat natte freatofyt	10*	x	x
<i>Glyceria x pedicellata</i>	Bastaardvlotgras	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Gratiola officinalis</i>	Genadekruid	Obligat natte freatofyt	8*	x	x
<i>Gymnadenia conopsea</i>	Grote muggenorchis	Niet-obligat kalk-afreatofyt	7*	x	
<i>Gymnocolea inflata</i>	Broedkelkje	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Gypsophila muralis</i>	Gipskruid	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Hammarbya paludosa</i>	Veenmosorchis	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Helodium blandowii</i>	Schansmos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Herminium monorchis</i>	Honingorchis	Niet-obligat kalk-afreatofyt	5*	x	
<i>Hierochloa odorata</i>	Veenreukgras	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x



Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Homalothecium nitens</i>	Viltnermos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Hookeria lucens</i>	Glansmos	Obligat natte freatofyt	7	x	x
<i>Humulus lupulus</i>	Hop	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8=	x	x
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	Waternavel	Obligat vochtige freatofyt	9*	x	x
<i>Hygrohypnum luridum</i>	Schijn-klauwtjesmos	Obligat natte freatofyt	7	x	x
<i>Hypericum canadense</i>	Canadees hertshooi	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Hypericum dubium</i>	Kantig hertshooi	Niet-obligat kalk-afreatofyt	6*	x	
<i>Hypericum elodes</i>	Moerashertshooi	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Hypericum maculatum</i>	Gevlekt hertshooi	Niet-obligat kalk-afreatofyt	6*	x	
<i>Hypericum quadrangulum</i>	Gevleugeld hertshooi	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Hypericum x desetangii</i>	Frans hertshooi	Obligat vochtige freatofyt	6*	x	x
<i>Hypnum imponens</i>	Goud-klauwtjesmos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Hypnum pratense</i>	Leem-klauwtjesmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Impatiens glandulifera</i>	Reuzenbalsemien	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8=	x	x
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Groot springzaad	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Iris pseudacorus</i>	Gele lis	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Juncus acutiflorus</i>	Veldrus	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Juncus alpinoarticulatus</i>	Duinrus s.l.	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Juncus alpinoarticulatus subsp.</i>	Alpenrus	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Juncus alpinoarticulatus subsp. atricapillus</i>	Duinrus s.s.	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Juncus ambiguus</i>	Zilte greppelrus	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Juncus arcticus (subsp. balticus)</i>	Noordse rus	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Juncus articulatus</i>	Zomprus	Niet-Obligat vochtige freatofyt	9*	x	x
<i>Juncus bulbosus</i>	Knolrus s.l.	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Juncus bulbosus subsp. bulbosus</i>	Knolrus s.s.	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Juncus bulbosus subsp. kochii</i>	Kleine knolrus	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Juncus canadensis</i>	Canadese rus	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Juncus capitatus</i>	Koprus	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Juncus compressus</i>	Platte rus	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Juncus filiformis</i>	Draadrus	Obligat natte freatofyt	9	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Juncus pygmaeus</i>	Dwergrus	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Juncus subnodulosus</i>	Padderus	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Juncus tenageia</i>	Wijdbloeiende rus	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Kurzia pauciflora</i>	Gewoon spinragmos	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8	x	x
<i>Lathyrus palustris</i>	Moeraslathyrus	Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Leersia oryzoides</i>	Rijstgras	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Leucjum aestivum</i>	Zomerklokje	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Limosella aquatica</i>	Slijkgroen	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Liparis loeselii</i>	Groenknolorchis	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Littorella uniflora</i>	Oeverkruid	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Lophocolea heterophylla</i>	Gedrongen kantmos	Obligat vochtige freatofyt	5	x	x
<i>Lophozia badensis</i>	Bol gladkelkje	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8	x	x
<i>Lotus uliginosus</i>	Moerasrolklaver	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Ludwigia palustris</i>	Waterlepelteje	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Luzula multiflora subsp. congesta</i>	Dichtbloemige veldbies	Obligat vochtige freatofyt	5*	x	x
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Echte koekoeksbloem	Obligat vochtige freatofyt	7*	x	x
<i>Lycopodium inundatum</i>	Moeraswolfsklauw	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Lycopus europaeus</i>	Wolfspoot	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Lysimachia nemorum</i>	Boswederik	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	Moeraswederik	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Lysimachia vulgaris</i>	Grote wederik	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Lythrum portula</i>	Waterpostelein	Obligat natte freatofyt	7=	x	x
<i>Lythrum salicaria</i>	Grote kattenstaart	Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Meesia triquetra</i>	Veen-langsteelmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Mentha aquatica</i>	Watermunt	Obligat vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Mentha arvensis</i>	Akkermunt	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8*	x	x
<i>Mentha longifolia</i>	Hertsmunt	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Mentha pulegium</i>	Polei	Obligat vochtige freatofyt	7=	x	x
<i>Mentha suaveolens</i>	Witte munt	Niet-obligat kalk-afreatofyt	8=	x	
<i>Mentha x verticillata</i>	Kransmunt	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Menyanthes trifoliata</i>	Waterdriblad	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Mercurialis perennis</i>	Bosbingelkruid	Niet-obligate kalk-afreatofyt	X	x	
<i>Mimulus guttatus</i>	Gele maskerbloem	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Montia fontana</i>	Bronkruid	Niet-Obligate plaatselijke freatofyt	8=	x	x
<i>Mylia anomala</i>	Hoogveenlevermos	Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Myosotis laxa (subsp. cespitosa)</i>	Zompvergeet-mij-nietje	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Myosotis palustris</i>	Moerasvergeet-mij-nietje	Obligate natte freatofyt	8*	x	x
<i>Myrica caroliniensis</i>	Wasgagel	Obligate vochtige freatofyt		x	x
<i>Myrica gale</i>	Wilde gagel	Obligate vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Narthecium ossifragum</i>	Beenbreek	Obligate natte freatofyt	9	x	x
<i>Odontoschisma sphagni</i>	Veen-dubbeltjesmos	Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Oenanthe aquatica</i>	Watertorkruid	Obligate natte freatofyt	10	x	x
<i>Oenanthe crocata</i>	Dodemansvingers	Obligate vochtige freatofyt		x	x
<i>Oenanthe fistulosa</i>	Pijptorkruid	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Oenanthe pimpinelloides</i>	Beverneltorkruid	Obligate vochtige freatofyt		x	x
<i>Oenanthe silaifolia</i>	Weidekervel-torkruid	Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Ophioglossum vulgatum</i>	Addertong	Obligate vochtige freatofyt	7*	x	x
<i>Orchis morio</i>	Harlekijn	Niet-obligate kalk-afreatofyt	4*	x	
<i>Oreopteris limbosperma</i>	Stippelvaren	Niet-obligate kalk-afreatofyt	6*	x	
<i>Osmunda regalis</i>	Koningsvaren	Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Oxycoccus macrocarpos</i>	Grote veenbes	Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Oxycoccus palustris</i>	Kleine veenbes	Obligate vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Pallavicinia lyellii</i>	Elzenmos	Obligate vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Paludella squarrosa</i>	Harlekijnmos	Obligate natte freatofyt	7	x	x
<i>Parentucellia viscosa</i>	Kleverige ogentroost	Obligate vochtige freatofyt		x	x
<i>Paris quadrifolia</i>	Eenbes	Niet-obligate kalk-afreatofyt	6	x	
<i>Parnassia palustris</i>	Parnassia	Niet-obligate kalk-afreatofyt	8*	x	
<i>Pedicularis palustris</i>	Moeraskartelblad	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Pedicularis sylvatica</i>	Heidekartelblad	Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Pellia neesiana</i>	Veen-pellia	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Petasites hybridus</i>	Groot hoefblad	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Peucedanum palustre</i>	Melkeppe	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Phalaris arundinacea</i>	Rietgras	Niet-Obligat vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Phegopteris connectilis</i>	Smalle beukvaren	Obligat vochtige freatofyt	6	x	x
<i>Philonotis calcarea</i>	Groot staartjesmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Philonotis capillaris</i>	Slank staartjesmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Philonotis fontana</i>	Beek-staartjesmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Philonotis marchica</i>	Kragge-staartjesmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Philonotis seriata</i>	Kantig staartjesmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Phragmites australis</i>	Riet	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Physcomitrella patens</i>	Slibmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Physcomitrium eurystomum</i>	Eivormig knikkertjesmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Physcomitrium pyriforme</i>	Gewoon knikkertjesmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Physcomitrium sphaericum</i>	Bolvormig knikkertjesmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Pilularia globulifera</i>	Pilvaren	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Vetblad	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Plagiomnium elatum</i>	Geel boogsterremos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	Stomptandig boogsterremos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Platanthera bifolia</i>	Welriekende nachtorchis	Niet-obligat kalk-afreatofyt	5*	x	
<i>Platanthera bifolia + Platanthera chlorantha</i>	Welriekende + Bergnatchorchis	Niet-obligat kalk-afreatofyt	5	x	
<i>Poa palustris</i>	Moerasbeemdgras	Obligat vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Polygonatum verticillatum</i>	Kranssalomonszegel	Niet-obligat kalk-afreatofyt	5	x	
<i>Polygonum amphibium</i>	Veenwortel	Niet-Obligat vochtige freatofyt	11	x	x
<i>Polygonum bistorta</i>	Adderwortel	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Polygonum cuspidatum</i>	Japanse duizendknoop	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8=	x	x
<i>Polygonum hydropiper</i>	Waterpeper	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Polygonum lapathifolium subsp. brittingeri</i>	Oeverduizendknoop	Obligat natte freatofyt	7=	x	x
<i>Polygonum lapathifolium subsp. lapathifolium</i>	Knopige duizendknoop	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8	x	x
<i>Polygonum minus</i>	Kleine duizendknoop	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Polygonum mite</i>	Zachte duizendknoop	Obligat natte freatofyt	8	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Polystichum lonchitis</i>	Lansvaren	Obligat vochtige freatofyt	5	x	x
<i>Pontederia cordata</i>	Moerashyacint	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Populus nigra</i>	Zwarte populier	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Potentilla palustris</i>	Wateraardbei	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Potentilla supina</i>	Liggende ganzerik	Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Primula elatior</i>	Slanke sleutelbloem	Niet-obligat kalk-afreatofyt	6	x	
<i>Prunus padus</i>	Vogelkers	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8=	x	x
<i>Pseudobryum cinclidioides</i>	Zwartsteel sterremos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Pulicaria vulgaris</i>	Vlooienkruid	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Ranunculus flammula</i>	Egelboterbloem	Obligat natte freatofyt	9*	x	x
<i>Ranunculus lingua</i>	Grote boterbloem	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Ranunculus sardous</i>	Behaarde boterbloem	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Ranunculus sceleratus</i>	Blaartrekkende boterbloem	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Rhamnus frangula</i>	Sporkehout	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8*	x	x
<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i>	Trilveen-viltsterremos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Rhynchospora alba</i>	Witte snavelbies	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Rhynchospora fusca</i>	Bruine snavelbies	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Rhynchosstiella jacquinii</i>	Spat-snavelmos	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Rhynchosstegium riparioides</i>	Watervalmos	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Ribes nigrum</i>	Zwarte bes	Obligat vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Ribes rubrum</i>	Aalbes	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Riccardia chamedryfolia</i>	Gewoon moerasvorkje	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Riccardia multifida</i>	Gevind moerasvorkje	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Riccia canaliculata</i>	Smal watervorkje	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Riccia cavernosa</i>	Kristal-watervorkje	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Riccia fluitans</i>	Gewoon watervorkje	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Riccia huebeneriana</i>	Gedeeld watervorkje	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Rorippa amphibia</i>	Gele waterkers	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Rorippa microphylla</i>	Slanke waterkers	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	Witte waterkers	Obligat natte freatofyt	10	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Rorippa palustris</i>	Moeraskers	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Rorippa sylvestris</i>	Akkerkers	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Rorippa x anceps</i>	Middelste waterkers	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Rudbeckia laciniata</i>	Slipbladige rudbeckia	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Rumex aquaticus</i>	Paardezuring	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Rumex hydrolapathum</i>	Waterzuring	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Rumex maritimus</i>	Goudzuring	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Rumex palustris</i>	Moeraszuring	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Rumex sanguineus</i>	Bloedzuring	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Sagina nodosa</i>	Sierlijke vetmuur	Niet-Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Sagina subulata</i>	Priemvetmuur	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	Pijlkruid	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Salix alba</i>	Schietwilg	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Salix aurita</i>	Geoorde wilg	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Salix cinerea</i>	Grauwe wilg	Obligat vochtige freatofyt	9*	x	x
<i>Salix dasyclados</i>	Duitse dot	Obligat vochtige freatofyt		x	x
<i>Salix fragilis</i>	Kraakwilg	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Salix pentandra</i>	Laurierwilg	Obligat natte freatofyt	8*	x	x
<i>Salix purpurea</i>	Bittere wilg	Obligat natte freatofyt	X=	x	x
<i>Salix repens</i>	Kruipwilg	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Salix triandra</i>	Amandelwilg	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Salix viminalis</i>	Katwilg	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Samolus valerandi</i>	Waterpunge	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Sanicula europaea</i>	Heelkruid	Niet-obligat kalk-afreatofyt	5	x	
<i>Saxifraga hirculus</i>	Bokjessteenbreek	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Scapania undulata</i>	Beek-schoffelmos	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Scheuchzeria palustris</i>	Veenbloembies	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Schoenus nigricans</i>	Knobbies	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Scirpus americanus</i>	Stekende bies	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Scirpus cariciformis</i>	Platte bies	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Scirpus cespitosus</i>	Veenbies s.l.	Niet-Obligat vochtige freatofyt		x	x
<i>Scirpus cespitosus subsp. cespitosus</i>	Noordse veenbies	Niet-Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Scirpus cespitosus subsp. germanicus</i>	Veenbies s.s.	Niet-Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Scirpus lacustris</i>	Mattenbies s.l.	Obligat natte freatofyt	11	x	x
<i>Scirpus lacustris subsp. flevensis</i>	Fransje	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Scirpus lacustris subsp. lacustris</i>	Mattenbies s.s.	Obligat natte freatofyt	11	x	x
<i>Scirpus lacustris subsp. tabernaemontani</i>	Ruwe bie	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Scirpus maritimus</i>	Heen	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Scirpus setaceus</i>	Borstelbies	Niet-Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Scirpus sylvaticus</i>	Bosbies	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Scirpus triquetus</i>	Driekantige bie	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Scirpus x carinatus</i>	Bastaardbies	Obligat natte freatofyt		x	x
<i>Scorpidium lycopodioides</i>	Wolfsklauwmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Scorpidium revolvens</i>	Klein schorpioenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Scorpidium scorpioides</i>	Rood schorpioenmos	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Scorpidium vernicosum</i>	Geel schorpioenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Scrophularia auriculata</i>	Geoord helmkruid	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Scrophularia umbrosa</i>	Gevleugeld helmkruid	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Scrophularia umbrosa subsp. neesii</i>	Middelst helmkruid	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Scrophularia umbrosa subsp. umbrosa</i>	Rivierhelmkruid	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Scutellaria galericulata</i>	Blauw glidkruid	Obligat vochtige freatofyt	9=	x	x
<i>Scutellaria minor</i>	Klein glidkruid	Obligat vochtige freatofyt	9	x	x
<i>Selinum carvifolia</i>	Karwijselie	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Senecio aquaticus</i>	Waterkruiskruid	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Senecio congestus</i>	Moerasandjvie	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Senecio fluviatilis</i>	Rivierkruiskruid	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Senecio paludosus</i>	Moeraskruiskruid	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Silaum silaus</i>	Weidekervel	Obligat vochtige freatofyt	X*	x	x
<i>Sium latifolium</i>	Grote watereppe	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Smyrnum olusatrum</i>	Zwartmoeskervel	Obligat vochtige freatofyt		x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Solanum dulcamara</i>	Bitterzoet	Niet-Obligat plaatselijke freatofyt	8*	x	x
<i>Sonchus palustris</i>	Moerasmelkdistel	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Sparganium emersum</i>	Kleine egelskop	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Sparganium erectum</i>	Grote egelskop s.l.	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Sparganium erectum subsp. erectum</i>	Grote egelskop s.s.	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Sparganium erectum subsp. neglectum</i>	Blonde egelskop	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Sphagnum balticum</i>	Baltisch veenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Sphagnum capillifolium</i>	Stijf veenmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum compactum</i>	Kussentjes-veenmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Sphagnum contortum</i>	Slap veenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	Water-veenmos	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Sphagnum denticulatum</i>	Geoord veenmos	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	Gewimperd veenmos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum fuscum</i>	Bruin veenmos	Obligat natte freatofyt	6	x	x
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	Gerafeld veenmos	Obligat natte freatofyt	7	x	x
<i>Sphagnum imbricatum</i>	Kam-veenmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum magellanicum</i>	Hoogveen-veenmos	Obligat natte freatofyt	7	x	x
<i>Sphagnum molle</i>	Week veenmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Sphagnum palustre</i>	Gewoon veenmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum papillosum</i>	Wrattig veenmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Sphagnum platyphyllum</i>	Bolbladig veenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Sphagnum pulchrum</i>	Vijfrijig veenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	Bos-veenmos	Obligat vochtige freatofyt	6	x	x
<i>Sphagnum recurvum</i>	Slank veenmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum recurvum var. brevifolium</i>		Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum recurvum var. recurvum</i>		Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum riparium</i>	Uitgebeten veenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Sphagnum rubellum</i>	Rood veenmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Sphagnum russowii</i>	Violet veenmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Sphagnum squarrosum</i>	Haak-veenmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x



Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Sphagnum subnitens</i>	Glanzend veenmos	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum subsecundum</i>	Moeras-veenmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Sphagnum tenellum</i>	Zacht veenmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Sphagnum teres</i>	Sparrig veenmos	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Spiraea douglasii</i>	Douglasspirea	Obligat vochtige freatofyt		x	x
<i>Spiraea salicifolia</i>	Theeboompje	Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Spiranthes aestivalis</i>	Zomerschroeforchis	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Splachnum ampullaceum</i>	Kruikmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Stellaria aquatica</i>	Watermuur	Obligat vochtige freatofyt	8=	x	x
<i>Stellaria nemorum</i>	Bosmuur	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Stellaria nemorum subsp. glochidisperma</i>	Subsp. glochidisperma van Bosmuur	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Stellaria palustris</i>	Zeegroene muur	Obligat natte freatofyt	9*	x	x
<i>Stellaria uliginosa</i>	Moerasmuur	Obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Subularia aquatica</i>	Priemkruid	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Succisa pratensis</i>	Blauwe knoop	Niet-obligat kalk-afreatofyt	7	x	
<i>Symphytum officinale</i>	Gewone smeewortel	Niet-obligat vochtige freatofyt	8	x	x
<i>Taraxacum celticum</i>	Schraallandpaardebloem	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Taraxacum palustre</i>	Moeraspaardebloem	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Tetragonolobus maritimus</i>	Hauwklaver	Niet-obligat kalk-afreatofyt	X	x	
<i>Teucrium scordium</i>	Moerasgamander	Obligat natte freatofyt	8=	x	x
<i>Thalictrum flavum</i>	Poelruit	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Thelypteris palustris</i>	Moerasvaren	Obligat natte freatofyt	8	x	x
<i>Tortella fragilis</i>	Bros kronkelbladmos	Obligat vochtige freatofyt	7	x	x
<i>Trichocolea tomentella</i>	Wolmos	Obligat natte freatofyt	9	x	x
<i>Triglochin palustris</i>	Moeraszoutgras	Obligat natte freatofyt	9=	x	x
<i>Typha angustifolia</i>	Kleine lisdodde	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Typha latifolia</i>	Grote lisdodde	Obligat natte freatofyt	10	x	x
<i>Ulmus laevis</i>	Fladderiep	Niet-obligat plaatselijke freatofyt	8=	x	x
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Rijsbes	Obligat vochtige freatofyt	X	x	x
<i>Valeriana dioica</i>	Kleine valeriaan	Obligat vochtige freatofyt	8*	x	x

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Londo	Ellenberg F-getal	Voor niet kalkrijke habitats	Voor kalkrijke habitats*
<i>Valeriana officinalis</i>	Echte valeriaan	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	Blauwe waterereprijs	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Veronica beccabunga</i>	Beekpunge	Obligate natte freatofyt	10	x	x
<i>Veronica catenata</i>	Rode waterereprijs	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Veronica longifolia</i>	Lange ereprijs	Niet-Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Veronica peregrina</i>	Vreemde ereprijs	Niet-Obligate plaatselijke freatofyt	8*	x	x
<i>Veronica scutellata</i>	Schildereprijs	Obligate natte freatofyt	9=	x	x
<i>Viburnum opulus</i>	Gelderse roos	Niet-Obligate vochtige freatofyt	X	x	x
<i>Viola palustris</i>	Moerasviooltje	Obligate natte freatofyt	9	x	x
<i>Viola persicifolia</i>	Melkviooltje	Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Viola persicifolia var. lactaeoides</i>	Heidemelkviooltje	Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Viola persicifolia var. persicifolia</i>	Veenmelkviooltje	Obligate vochtige freatofyt	8*	x	x
<i>Wahlenbergia hederacea</i>	Klimopklokje	Obligate natte freatofyt	9	x	x
<i>Xanthium orientale</i>	Oeverstekelnoot	Niet-Obligate plaatselijke freatofyt	8=	x	x
<i>Xanthium orientale var. albinum</i>	Var. albinum v. Oeverstekelnoot	Niet-Obligate plaatselijke freatofyt	8=	x	x
<i>Xanthium orientale var. riparium</i>	Var. riparium v. Oeverstekelnoot	Niet-Obligate plaatselijke freatofyt	8=	x	x

\* kalkrijke habitat(sub)typen = 2130\_hd, 2190, 6210, 6230\_hk, 7210, 7230, 9150

**Bijlage 5 Ontwikkeld STEM-lessenpakket “De impact van grondwaterwinning op vegetatie”:  
opdrachten (opgaves)**

Op de volgende pagina's zijn de opgaves toegevoegd van de opdrachten van het STEM-lessenpakket “De impact van grondwaterwinning op vegetatie” dat in het kader van deze educatieve masterproef werd ontwikkeld.

## 0. Introductie project

- Lees de tekst aandachtig.
- Welke impact zou het nieuwe ziekenhuis kunnen hebben op het milieu? Verdeel het werk zoals het staat aangegeven op het schema dat je gekregen hebt. Schrijf je ideeën op een apart blad. Je krijgt als tip al de milieucategorieën waarop er een effect kan zijn in de tabel. Probeer zo precies mogelijk uit te leggen waarom er een effect is.
- Stel vervolgens aan elkaar voor wat je hebt opgeschreven. Overleg met elkaar en als je het eens bent, vul dan het schema in.
- Werk per twee.

Het ziekenhuis AZ Delta wil een nieuwe campus voor acute en hoogtechnologische zorg openen in Torhout. De campus zal 705 bedden tellen, waarvan 108 bedden in het dagziekenhuis. Hieronder zie je een impressie van hoe het ziekenhuis eruit zal zien:



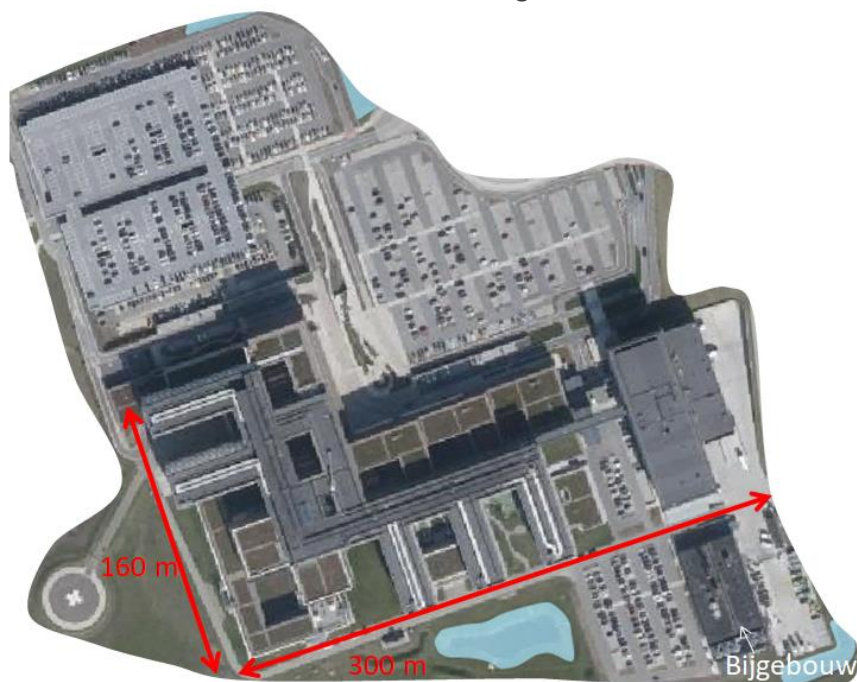
Het ziekenhuis zal worden gebouwd aan de Planterijdreef en de Veldstraat in Torhout en zal ongeveer 160 m breed en 300 m lang zijn. De volledige ziekenhuissite zal groter zijn om ook ruimte te bieden voor ca. 1500 parkeerplaatsen, wegen, groenpartijen ... en een bijgebouw dat later wordt geplaatst. Hieronder zie je een kaartje waar het ziekenhuis zal komen. Momenteel zijn er op de site akkers, weilanden, een beek en een weg (de Planterijdreef) aanwezig. De grond werd recentelijk aangekocht van de landbouwers. Het grondwater bevindt zich er op 1,20 m diep onder de grond.



Het ziekenhuis zal als toegangsweg de Planterijdreef hebben, vanaf de Oostendestraat. Er zullen dagelijks naar schatting 3300 auto's toekomen en weer vertrekken (patiënten, personeel, leveranciers ...).



In bovenaanzicht zal het ziekenhuis er als volgt uitzien:



De bouw van het ziekenhuis gebeurt in volgende stappen:

- Eerst worden de aanwezige gracht en 4 vijvers gedempt en worden de bomen langs de Planterijdreef geroid.
- In de volgende stap wordt het terrein genivelleerd: alles wordt op dezelfde hoogte gebracht.
- Het ziekenhuisgebouw heeft een kelder. Daarom moet de aannemer een bouwput graven van 3,10 m diep. Om goed en veilig te kunnen werken moet de grondwatertafel zich minstens 0.5 m dieper dan de bodem van de bouwput bevinden. Daarom moet het

grondwater uit de put gepompt worden (bemaling).

- De werken in de bouwput zullen ongeveer 13 maanden duren. Er worden funderingen geplaatst en vervolgens wordt het gebouw stapsgewijs gebouwd.

Wanneer het ziekenhuis in gebruik zal zijn, zal er jaarlijks 100.000 m<sup>3</sup> huishoudelijk afvalwater (uit de toiletten, douches, keukens ...) worden geloosd op de openbare riolering. Het regenwater dat op de daken en parkings valt, zal worden afgeleid naar omliggende grachten.

Welke effecten zou de bouw en het gebruik van het ziekenhuis op de omgeving kunnen hebben?

	<b>Bouwfase van het nieuw ziekenhuis (Leerling A)</b>	<b>Gebruiksfase van het nieuw ziekenhuis (Leerling B)</b>
Mobiliteit		
Bodem		
Water		

Lucht		
Geluid		
Natuur		



## 1.2 Exit Ticket

Naam:

### Vragen over de leerstof

1. Maak met een tekening duidelijk wat het verschil is tussen grondwater en bodemwater.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Wat is het verschil tussen een aquifer en een aquitard?

### Reflectie

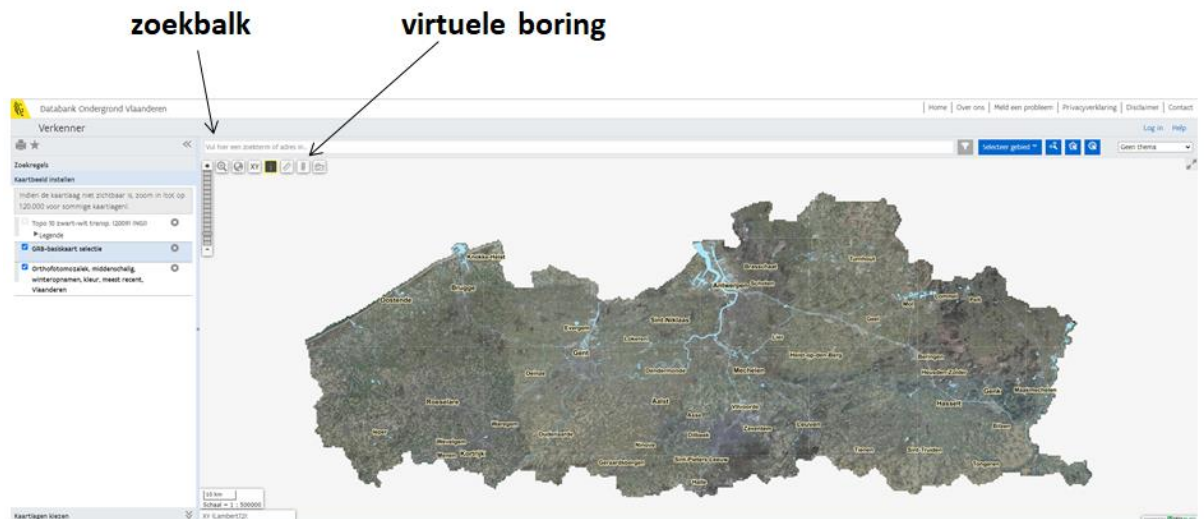
Omcirkel en vul aan:

1. Hoe goed beheers je de leerstof van deze les?  
1 (helemaal niet goed) – 2 – 3 – 4 – 5 (heel goed)
2. Op welke manier heb je de theorie verwerkt?  
Instructie door de leerkracht – Zelfstandig met instructiefilmpjes – Zelfstandig met de cursus
3. Noem 1 werkpunt en 1 sterk punt voor jezelf na het volgen van deze les:  
Werkpunt:  
  
  
Sterk punt:

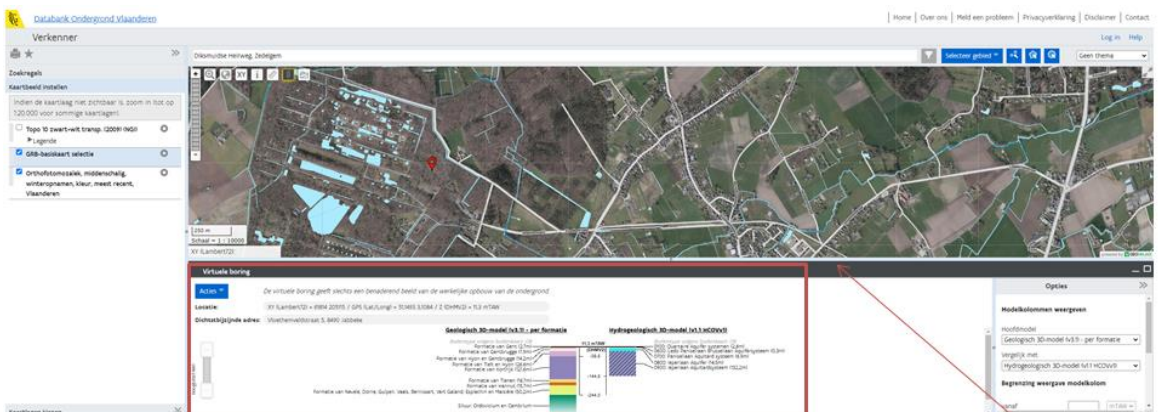
### 1.3 Opzoekopdracht Databank Ondergrond Vlaanderen

Via de website Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) Verkenner is het mogelijk om op elke locatie in Vlaanderen een virtuele boring uit te voeren. Bij een echte, niet-virtuele boring boort men in de grond om een cilindervormig bodemstaal te nemen dat toont uit welke bodemsoorten de ondergrond is opgebouwd. In de website DOV Verkenner is op basis van een groot aantal van dat soort bodemboringen een model gemaakt van hoe de ondergrond op elk punt is opgebouwd. Daardoor kan je op de site op elke mogelijke locatie in Vlaanderen een virtuele boring uitvoeren: je krijgt daarbij te zien wat er waarschijnlijk in je boorstaal aanwezig zou zijn als je op die locatie een echte boring zou uitvoeren.

- Surf naar de website Databank Ondergrond Vlaanderen <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner>
- Zoek je woonplaats op de kaart door de zoekbalk te gebruiken.
- Klik dan op het symbooltje van de virtuele boring.



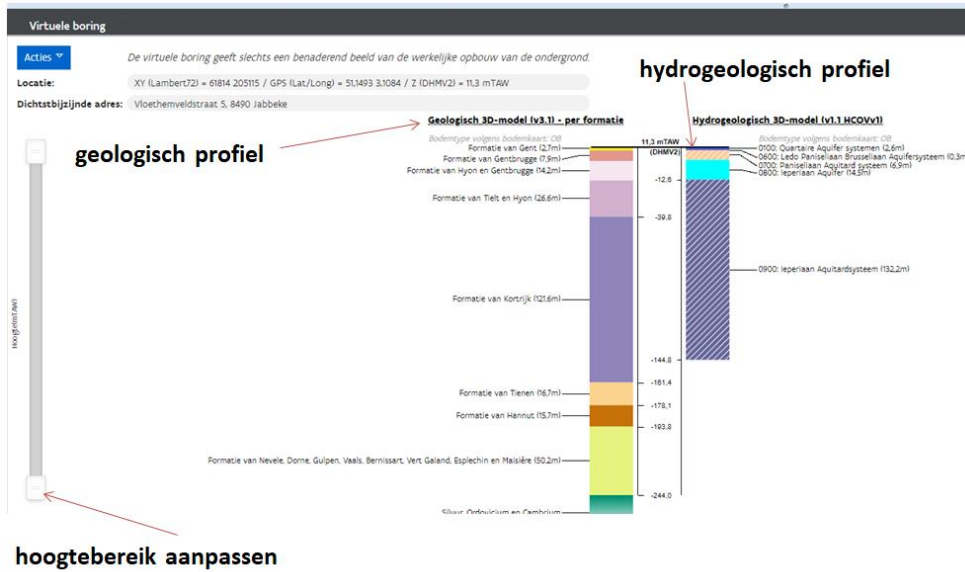
- Klik nu op een willekeurige locatie in de omgeving van het projectgebied. Er verschijnt een rode naald waar je klikte en onderaan je scherm opent zich het venster van de virtuele boring.
- Klik op de lichtblauwe streep boven het venster van de virtuele boring en sleep de streep omhoog om het venster van de virtuele boring te vergroten.



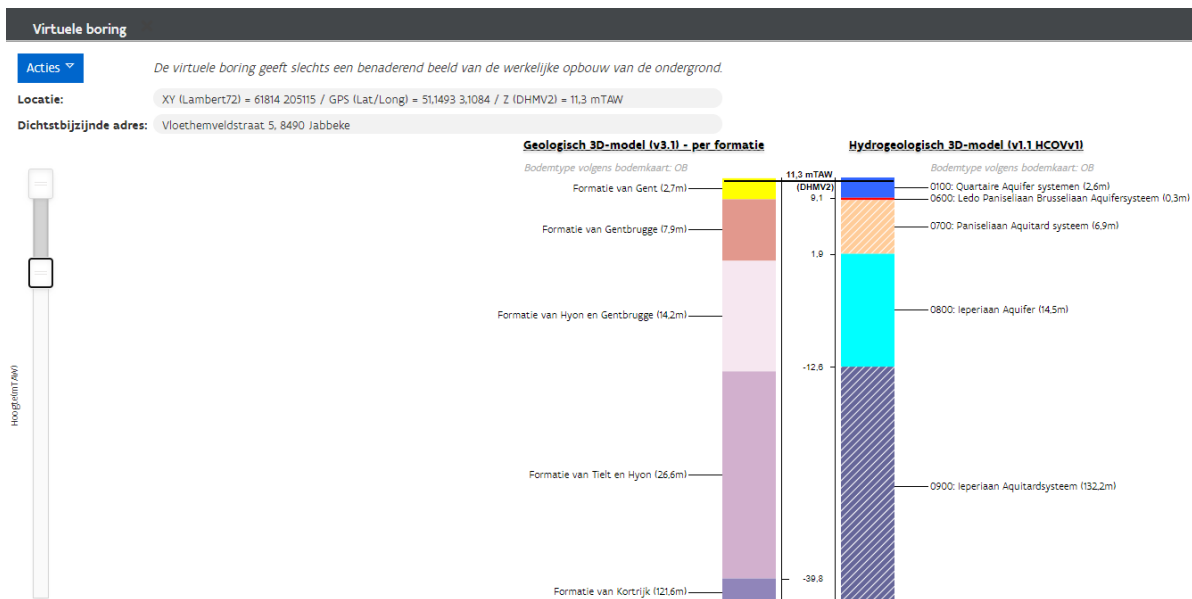
venster virtuele boring

klikken en slepen om venster te vergroten

- Pas het hoogtebereik van het venster aan, zodat je enkel de bovenste lagen ziet. Schuif hiervoor de regelknop naar boven, tot op ongeveer een kwart van de oorspronkelijke lengte.



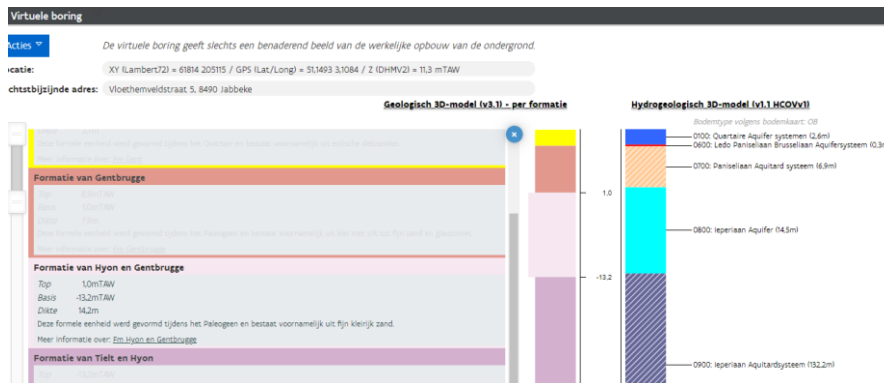
Voorbeeldvenster na aanpassing van het hoogtebereik:



- Maak op een blad papier of in Microsoft Word een tabel met volgende kolommen:

	Naam van de hydrogeologische laag	Aquifer of aquitard?	Doorlatend of ondoorlatend?	Verwachte bodemtypes?	Bodemtypes?	Dikte (m)
1						
2						
3						

- Vul de tabel in:
  - Kopieer de namen van de hydrogeologische lagen in de tweede kolom. Ga van boven naar beneden. 'Hydrogeologische lagen' zijn lagen in de grond die doorlatend of ondoorlatend zijn voor grondwater.
  - Vul per laag aan of het een aquifer of aquitard is.
  - Vul per laag aan of de laag doorlatend of ondoorlatend is.
  - Vul per laag aan welke bodemtypes volgens jou in die laag voorkomen. Gebruik de informatie uit de vorige kolommen om dit te voorspellen
  - Vul per laag de bodemtypes aan die daadwerkelijk in die laag voorkomen en de dikte van de laag. Je kan deze opzoeken door in het geologisch profiel te klikken op de balkjes van de laag die overeenkomt met de hydrogeologische laag. Dan verschijnt er een tekstvakje met uitleg over de samenstelling en dikte van de laag.



Voorbeeld: door op de roze balk te klikken kan je ontdekken wat de dikte en bodemsamenstelling is van de hydrogeologische laag Ieperiaan Aquifer.

### 1.3 Exit Ticket

Naam:

#### Vragen over de leerstof

1. Omcirkel en vul aan: kleibodems zijn goed/slecht doorlatend, omdat ...
2. Zoek op wat de eerste ondoorlatende laag is die je tegenkomt als je in de Dopheidelaan 30, Zedelgem boort in de grond.

#### Reflectie

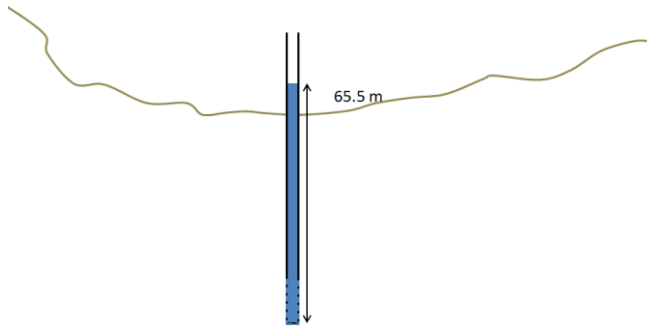
Omcirkel en vul aan:

1. Hoe goed beheers je de leerstof van deze les?  
1 (helemaal niet goed) – 2 – 3 – 4 – 5 (heel goed)
2. Op welke manier heb je de theorie verwerkt?  
Instructie door de leerkracht – Zelfstandig met instructiefilmpjes – Zelfstandig met de cursus
3. Noem 1 werkpunt en 1 sterk punt voor jezelf na het volgen van deze les:  
Werkpunt:  
  
Sterk punt:

## 1.4 Oefeningen stijghoogtes en grondwaterstroming

### Oefening 1

Je hebt een stuk grond gekocht in een vallei en wil daar groenten kweken. Om je groenten water te kunnen geven, moet je grondwater oppompen uit een dieper gelegen aquifer. Je plaatst een peilbuis (een soort piëzometer) om te bepalen wat de stijghoogte en de druk van het grondwater is.



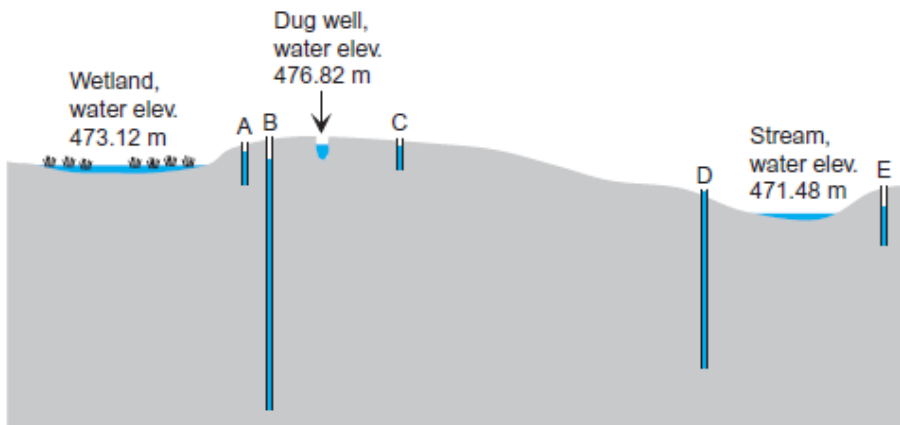
- Wat is de stijghoogte van het grondwater?
  - Om water naar hoger gelegen velden te kunnen brengen, zal je een pomp moeten gebruiken. Om te weten hoe krachtig je pomp moet zijn, moet je weten hoe groot de druk is aan de onderkant van de peilbuis. Bereken die druk.
- c) Hoe kan het dat het grondwater in de peilbuis tot aan de oppervlakte komt, terwijl er in de bovenste bodemlaag geen grondwater aanwezig is? Maak een schets van de ondergrond om dit te verklaren.

## Oefening 2

Je werkt als natuurbeheerder en wil onderzoeken of er nog voldoende grondwater stroomt naar een moerasgebied met zeldzame planten en diersoorten. Daarom heb je peilbuizen geplaatst, zoals te zien op onderstaande figuur (links: westen; rechts: oosten).

- a) Teken op de figuur pijlen hoe het grondwater stroomt tussen het moeras (*wetland*) en peilbuis A, tussen A en B, tussen C en D en tussen D en het kanaal.

Je mag er vanuit gaan dat het moeras en het kanaal in contact staat met het grondwater, waardoor je de waterhoogtes daar kan gebruiken om de grondwaterstijghoogte in te schatten (net zoals bij piëzometers).



- b) Zal het moeras uitdrogen, waardoor de vegetatie in gevaar komt?

- c) Is het een goed idee om een moerasgebied aan te leggen ter hoogte van peilbuis C? Waarom (niet)?

## 1.5 Oefeningen doorlatendheid en wet van Darcy

### Oefening 1

Welke bodemsoort heeft welke doorlatendheid?

	Globale horizontale doorlatendheid k in m/dag
A. Fijn zand	1. $10^{-4}$
B. Uiterst grof zand	2. $10^{-2}$
C. Fijn grind	3. 0.05
D. Grof grind	4. 1 – 10
E. Zandige klei	5. 200
F. Zware klei	6. $10^3 - 10^4$
G. Matig zware klei	7. $10^4 - 10^5$

### Oefening 2

Als onderzoeker wil je de horizontale doorlatendheid van lemig zand meten. Je laat hier voor water stromen door een buis gevuld met lemig zand van 15 cm lang. Je meet het verschil in stijghoogte tussen het begin en einde van de buis: 25 cm. De buis heeft een diameter van 10 cm. Je meet een debiet van  $1.7 \text{ cm}^3/\text{min}$ . Hoe groot is de doorlatendheid van lemig zand?

### Oefening 3

Door een storm komt een afvoerbuis volledig vol te zitten met fijn zand. De buis is cirkelvormig, 5,00 m lang en 0.800 m in diameter. De buis verbindt een pleintje met een gracht. Door de storm staat het pleintje onder water. Het water op het pleintje staat 1,60 m hoger dan in de gracht. Het pleintje heeft een oppervlakte van  $100 \text{ m}^2$  en het staat 0,500 m diep onder water. Als ingenieur van de gemeente wil je weten hoe lang het pleintje onder water zal staan om in te schatten of het de moeite waard is om het te laten leegpompen.

- Hoe lang zal het pleintje onder water staan? Ga uit van het *worst case* scenario. Je mag er vanuit gaan dat het debiet constant blijft, ook al zakt het waterpeil.
- In realiteit mag je niet uitgaan van een constant debiet. Blijft het pleintje langer of minder langer onder water staan dan je hebt berekend bij a) ?



## 2.1 Exit Ticket

Naam:

### Vragen over de leerstof

1. Leg in je eigen woorden uit wat een standplaatskarakteristiek is.
2. Geef een voorbeeld van een standplaatskarakteristiek.

### Reflectie

Omcirkel en vul aan:

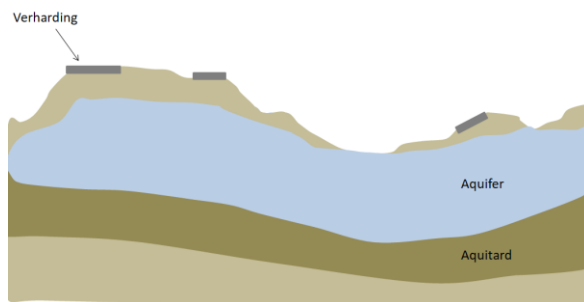
1. Hoe goed beheers je de leerstof van deze les?  
1 (helemaal niet goed) – 2 – 3 – 4 – 5 (heel goed)
2. Op welke manier heb je de theorie verwerkt?  
Instructie door de leerkracht – Zelfstandig met instructiefilmpjes – Zelfstandig met de cursus
3. Noem 1 werkpunt en 1 sterk punt voor jezelf na het volgen van deze les:  
Werkpunt:  
  
Sterk punt:

## 2.2 Casussen grondwater en standplaatskarakteristieken

### Casus 1

Je bent ecooloog in opdracht van het Agentschap voor Natuur & Bos (ANB). Een miljardair heeft een groot stuk grond geschonken aan het ANB om er een nieuw natuurgebied van te maken. Jouw opdracht is om te onderzoeken waar er zeldzame hygroyten in het gebied zouden kunnen voorkomen.

- a) Een geoloog die jouw collega is, bezorgt je een dwarsprofiel van het gebied. Duid de locaties aan waar je op excursie zal gaan om te zoeken naar hygroyten en schrijf op waarom je die locaties kiest.

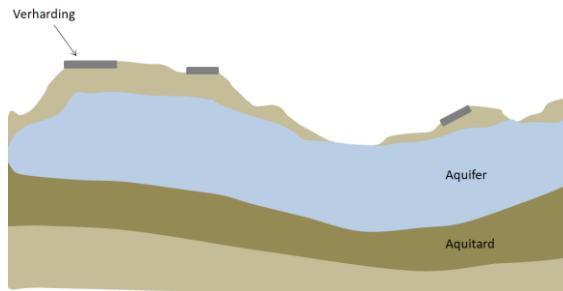


- b) Je hebt enkele planten verzameld waarvan je vermoedt dat het hygroyten zijn en neemt die mee naar je labo. Hoe kan je met de microscoop vaststellen of het echt hygroyten zijn? Leg ook uit waarom hetgeen je bekijkt typisch is voor hygroyten.
- c) Je wil nog een bijkomende locatie aanleggen waar hygroyten kunnen groeien. Hiervoor moet er wel iets veranderd worden in de omgeving. Welke locatie kies je en welke verandering stel je voor? Leg uit waarom dat nodig is om hygroyten te laten groeien.

## Casus 2

Je bent ecooloog in opdracht van het Agentschap voor Natuur & Bos (ANB). Een miljardair heeft een groot stuk grond geschonken aan het ANB om er een nieuw natuurgebied van te maken. Jouw opdracht is om te onderzoeken waar er zeldzame xerofyten in het gebied zouden kunnen voorkomen.

- a) Een geoloog die jouw collega is, bezorgt je een dwarsprofiel van het gebied. Duid de locaties aan waar je op excursie zal gaan om te zoeken naar hygropyten en schrijf op waarom je die locaties kiest.



- b) Je hebt enkele planten verzameld waarvan je vermoedt dat het xerofyten zijn en neemt die mee naar je labo. Hoe kan je met de microscoop vaststellen of het echt xerofyten zijn? Leg ook uit waarom hetgeen je bekijkt typisch is voor xerofyten.
- c) Je moet een locatie kiezen waar mesofyten kunnen groeien. In het gebied zijn vooral droge zandbodems aanwezig. Is het belangrijk om op de diepte van de grondwatertafel te letten bij het kiezen van een locatie? Waarom (niet)?

## 2.2 Exit Ticket

Naam:

### Vragen over de leerstof

1. Aan welke omstandigheden zijn hygroyten aangepast?
2. Hoe zijn hygroyten daaraan aangepast?

### Reflectie

Omcirkel en vul aan:

1. Hoe goed beheers je de leerstof van deze les?  
1 (helemaal niet goed) – 2 – 3 – 4 – 5 (heel goed)
2. Op welke manier heb je de theorie verwerkt?  
Instructie door de leerkracht – Zelfstandig met instructiefilmpjes – Zelfstandig met de cursus
3. Noem 1 werkpunt en 1 sterk punt voor jezelf na het volgen van deze les:  
Werkpunt:  
  
Sterk punt:

### 4.3 Opdracht Geopunt

#### Voorbeeldcasus

Jullie klas krijgt de opdracht om mee te werken aan een nieuw voetbalstadion in de hoek van de straat Kanaaldijk in Ravels (ten oosten van Grote Baan). Het gebouw zal 130 m breed zijn en 205 m lang. Om het gebouw te kunnen plaatsen moet de aannemer een bouwput graven van 2,16 m diep. De werken in de bouwput zullen ongeveer 16 maanden duren. Om goed en veilig te kunnen werken moet de grondwatertafel zich minstens 0.5 m dieper dan de bodem van de bouwput bevinden.

De diepte van het grondwater is 0.2 m-mv. De grondwatervoeding uit neerslag is 2000 mm/j.

Jullie moeten berekenen wat de invloedstraal en het debiet van de bemaling zal zijn, zodat de voetbalploeg een omgevingsvergunning kan aanvragen om het nieuwe stadion te plaatsen. Daarvoor zullen jullie gebruik maken van een berekeningsinstrument in Excel. Jullie gebruiken eerst Geopunt om gegevens te verzamelen (Deel 1). Na de berekeningen is er opnieuw een opdracht in Geopunt (Deel 2).

#### Deel 1

- Surf naar Geopunt.be
- Stel de achtergrond in op 'Hybride'
- Zoek de locatie van het stadion op de kaart.
- Teken de bouwput op de kaart.
  
- Wat is ongeveer de hoogte van het maaiveld in de bouwput?

#### Opdracht berekeningsinstrument

Zie ander opgavenblad.

#### Deel 2

- Teken op de kaart een cirkel met als middelpunt het centrum van de bouwput en als straal de invloedstraal van de bemaling.
- Schrijf op wat de dichtstbijzijnde habitatrictlijngebieden bij de bouwput zijn en of ze binnen de straal vallen.
- Schrijf op wat de dichtstbijzijnde VEN-gebieden bij de bouwput zijn en of ze binnen de straal vallen.
- Schrijf op welke Natura 2000 habitats binnen de invloedstraal vallen (code + naam).
- Zoek op of de vegetaties van de habitats binnen de invloedstraal grondwaterafhankelijk zijn. Gebruik de tabel die je van de leerkracht krijgt en vul onderstaande tabel aan.

Habitat	Code	Grondwaterafhankelijk?

- Maak een kaartje met daarop:
  - De schaal
  - De tekening van het project
  - De cirkel van de invloedstraal
  - De habitatrichtlijngebieden
  - De VEN-gebieden
- Maak een kaartje met daarop:
  - De schaal
  - De tekening van het project
  - De cirkel van de invloedstraal
  - De Natura 2000 habitats
  - Labels met de codes van de Natura 2000 habitats
  
- Wat concludeer je over de impact van de bouwwerken voor het voetbalstadion op grondwaterafhankelijke vegetatie?

#### 4.2 Oefening m-mv en mTAW

Het maaiveld bevindt zich op 24 mTAW. Bereken volgende peilen en dieptes.

Peil (mTAW)	Diepte (m-mv)
-2	
	11
	0
	-3
4	

## 4.2 Opdracht Excel rekentool VMM

### Voorbeeldcasus

Jullie klas krijgt de opdracht om mee te werken aan een nieuw voetbalstadion in de hoek van de straat Kanaaldijk in Ravels (ten oosten van Grote Baan). Het gebouw zal 130 m breed zijn en 205 m lang. Om het gebouw te kunnen plaatsen moet de aannemer een bouwput graven van 2,16 m diep. De werken in de bouwput zullen ongeveer 16 maanden duren. Om goed en veilig te kunnen werken moet de grondwatertafel zich minstens 0.5 m dieper dan de bodem van de bouwput bevinden.

De diepte van het grondwater is 0.2 m-mv. De grondwatervoeding uit neerslag is 200 mm/j.

- a) Waarom is er een bemaling nodig?
- b) Jullie moeten berekenen wat de invloedstraal en het debiet van de bemaling zal zijn, zodat de school een omgevingsvergunning kan aanvragen om het nieuwe gebouw te plaatsen.



### Opgave onderzoeksproject

Onderzoek de impact van de bemaling voor de bouw van het nieuwe ziekenhuis op grondwaterafhankelijke vegetatie in de omgeving.

Schrijf een rapport waarin je je bevindingen formuleert en beargumenteert.

Maak eerst een voorlopige inhoudstabel voor het rapport. Wat zal volgens jullie belangrijk zijn om in het rapport te schrijven, zodat de conclusies van jullie onderzoek duidelijk en overtuigend zijn voor iedereen?

Maak nu een stappenplan van wat jullie allemaal moeten doen om dit rapport op te stellen. Plaats er een timing bij en verdeel de taken.

	Wat moet er gebeuren?	Wie zal dit doen?	Tegen wanneer?
1			
2			
3			

Hou ermee rekening dat je zowel met de pc onderzoek zal doen als op de excursie. Schrijf dus de stappen op die je op de computer zal uitvoeren en de stappen die je op excursie zal uitvoeren.