



Vlaanderen
is wetenschap

Analyse van de mogelijkheden voor bos- en natuurontwikkeling in het klei-ontginningsgebied van Rumst en Boom na sanering en grondberging

Project RUMBOOLAR

Bruno De Vos, Luc De Keersmaecker, Luc Denys en Jo Packet

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

Bruno De Vos, Luc De Keersmaecker, Luc Denys en Jo Packet
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Reviewers:

Gert Van de Genachte, Bram Verschoren, Jan Blancke

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

INBO Geraardsbergen
Gaverstraat 4, 9500 Geraardsbergen

www.inbo.be

e-mail:

bruno.devos@inbo.be

Wijze van citeren:

De Vos, B., De Keersmaecker, L., Denys, L. & Packet, J. (2020). Analyse van de mogelijkheden voor bos- en natuurontwikkeling in het klei-ontginningsgebied van Rumst en Boom na sanering en grondberging. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (24). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
DOI: doi.org/10.21436/inbor.18416046

D/2020/3241/164

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (24)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Foto cover:

Pioniersbos met berk en wilg op proefvlak BB01
(c) INBO

Dit onderzoek met projectacroniem "RUMBOOLAR" (Rumst en Boom LandschapsReconstructie) werd uitgevoerd in opdracht van :

De Vlaamse Waterweg nv, Havenstraat 44, 3500 Hasselt.

Pagina 1 van 211

Dankwoord/Voorwoord

Dit rapport is tot stand gekomen na een -uit de hand gelopen- desk-studie die mogelijk werd gemaakt onder stimulans van de Heer Gert Van de Genachte, Intendant Sanerings- en grondbergingsproject Rumst, in samenspraak met de Heer Jan Blancke, Directeur Bedrijventerreinen (POM Antwerpen) en met middelen van de Vlaamse Waterweg nv, vertegenwoordigd door Mevrouw Frieda Brepoels, Voorzitter van de Raad van Bestuur en de Heer ir. Chris Danckaerts, gedelegeerd bestuurder.

Dank aan deze mensen om dit EVINBO-project te financieren zodat er voldoende tijd en middelen beschikbaar waren voor de onderzoekers om hun werk 'grondig' te doen. Al vlug bleek dat met bestaande gegevens we niet zo ver zouden geraken om de wetenschappelijke nieuwsgierigheid te bevredigen en tot adequate antwoorden te komen voor de gestelde vragen. Vandaar dat er aan deze studie een luik veldwaarnemingen, staalnames en analyses werd gekoppeld zodat met voortschrijdend inzicht enkele pertinente kennisvragen konden beantwoord worden.

Voor dit bijkomend luik zijn we bijzondere dank verschuldigd aan Bram Verschoren, Projectverantwoordelijke milieuzaken Investerings van de Vlaamse Waterweg nv om ons te assisteren op het terrein en via zijn netwerk in contact te brengen met relevante personen en informatie, alsook voor de administratieve opvolging van deze studie. Bram, uw hulp werd in hoge mate geapprecieerd.

Uiteraard konden we ook altijd terecht bij Gert Van de Genachte om uit te maken welke piste zinvol en nodig was en welke niet. Bedankt Gert !

Voorafgaand aan deze studie kregen we een rondleiding op het terrein door Fried Happaerts (Milieuambtenaar Rumst) en Natascha Segers (milieuambtenaar Boom) die ons de nodige achtergrondinformatie bezorgden en enkele Boomse kleistalen die we via Fried van Wienerbergen konden bemachtigen.

Volgende personen leverden advies, stalen en/of data voor deze studie: Kjeld Vandeputte (LANTIS), Chandra Algae (MOW, Geotechniek), Katrien De Nil (VPO), Stijn Mulders (Tractebel) en Pepijn van Eynde (Wienerberger).

Dank ook voor ondersteuning inzake communicatie aan Kathleen Art (Pers- en communicatie-verantwoordelijke POM) en Koen Van Muylem (Woordvoerder INBO), alsook aan Nicole De Groof voor de finale layout en productie van dit rapport.

Uiteraard willen we ook onze eigen INBO-medewerkers bedanken voor hulp bij het terreinwerk (Koen Willems, Arthur De Haeck) en staalvoorbehandeling (Mathieu Pieters) en de medewerkers van het INBO-labo die de bodemanalyses tegen de klok en met Corona-restricties hebben uitgevoerd: in het bijzonder Els Mencke (labo-verantwoordelijke) en de laboranten: Nele Roosens, Liesbeth Papeleu, An Capieau en Alexander Houtave. Gerrit Genouw (INBO) overzag de analyses van oppervlaktewater en bodem.

Dank om de schakel die iedereen heeft aangeleverd om de ketting van dit rapport te kunnen smeden.

Samenvatting

In deze studie verschaft het INBO inzicht in voor de landschapsreconstructie en natuurinrichting van het voormalige klei-ontginningsgebied Terhagen dat van 1970 tot 1995 in gebruik was als stortplaats. Zo omvat het gebied een voormalig huisvuilstort, een gipsstort, een baggerstort, een vliegassstort en een asbeststort en is er een inherente milieuproblematiek van asbest, zware metalen in de bodem, sulfaten en chloriden in grond- en oppervlaktewater en zelfs verhoogde radioactiviteit aanwezig.

De Vlaamse Waterweg nv (DVW) en het Provinciebestuur Antwerpen willen overgaan tot de sanering en gedeeltelijke ophoging van het gebied door gebruik te maken van ca. 3,6 miljoen m³ ontgraven grond die vrijkomt bij de aanleg van de Oosterweelverbinding rond Antwerpen. Het doel is om op deze wijze de historische milieuproblematiek aan te pakken door een selectie van bodemvormende geolagen uit Oosterweel nuttig te gebruiken om duurzaam te saneren en tegelijk een meer gevarieerd en klimaatrobuust bos- en natuurgebied te creëren in het belang van de omwonenden (zachte recreatie) en de natuur (biodiversiteit).

Binnen een afgelijnd projectgebied van 53 ha werd met een ecologische bril naar de mogelijkheden en beperkingen van ecotechnische landschapsreconstructie gekeken. Er werd een kennisbasis opgebouwd met een synthese van de beschikbare gegevens over de bodem- en waterkwaliteit van het gebied, aangetroffen soorten, biotopen en landschapselementen. Dit werd aangevuld met een verkennende terreinstudie voor een beknopte vegetatiebeschrijving en gerichte staalnames van bodem en strooisel in de actuele bosbestanden, alsook een beoordeling van de ecologische kwaliteit van de plassen en vijvers.

Er werd vastgesteld dat de actuele milieukwaliteit van het gebied nog steeds ondermaats is en een duurzame sanering absoluut noodzakelijk lijkt. Tot voor kort kwam asbest aan de oppervlakte en is die nog steeds op geringe diepte (20-30 cm) plaatselijk aanwezig met blijvend risico op blootstelling door erosie of afschuiving op de taluds. Tevens werd in meer dan de helft van de boringen over het terrein puin, dakpannen, grind, afval of andere artefacten aangetroffen die de bewortelbare ruimte beperken en negatieve effecten hebben op de bodemfuncties. In tegenstelling tot voorgaande studies, werden er strengere saneringsnormen gehanteerd voor Bos- en Natuurgebied (BSNI). Uit de toetsing bleek de bodemverontreiniging aan zware metalen in de bovenste meter nog aanvaardbaar, maar dat vooral de diepere bodemlagen gecontamineerd zijn met Cd, Cr, Cu, Pb en Zn vooral in de stortzones 1 en 2 (asbeststort en 'huisvuilstort'). Op 14 onderzochte proefvlakken werden verhoogde biobeschikbare concentraties vastgesteld aan Cu, Zn en Cd in strooisellagen, maar kritische ecotoxicologische drempels werden niet overschreden, tenzij voor Cd op 1 locatie.

De waterkwaliteit, zowel van grondwater als oppervlaktewater, werd slechter beoordeeld dan de bodemkwaliteit. Zeer hoge elektrische geleidbaarheden wezen op hoge concentraties aan opgeloste zouten (voornamelijk sulfaten en chloriden), een onnatuurlijk hoge alkaliniteit (extreem hoge pH's) en lage zuurstofconcentraties van specifieke plassen werd vastgesteld, doorgaans te verklaren door uitloging uit het asbest- en gipsstort. Bij een aantal plassen werd Zn-verontreiniging vastgesteld, maar over het algemeen waren de zware metaal-gehalten in oppervlakte en grondwater acceptabel. Vermoedelijk zijn deze metalen vooral vastgelegd in de onderwaterbodem, waar ook precipitaties in het sediment werden vastgesteld. De actuele kwaliteit van de oppervlaktewateren kan dus sterk verbeterd worden. Ook het grondwater is zwaar belast, waarbij hoge geleidbaarheden ($EC > 2000 \mu S/cm$) wijzen op het overmatig voorkomen van anionen (vooral sulfaten).

Het actuele bos is een jong, spontaan ontstaan pionierbos met een maximale leeftijd van 20-25 jaar en boomhoogtes zelden meer dan 18 m, een hoog stamtal maar een beperkt grondvlak en bovengrondse houtvoorraad. Vooral pionierssoorten zoals wilg en berk zijn dominant. Dit pioniersbos is niet echt duurzaam en lokaal werden reeds sterke perturbaties vastgesteld door verdroging, insectenaantasting en stormschade. De kruidlaag herbergt slechts een beperkt aantal soorten die tevens vlot kunnen

English abstract

This report deals with landscape reconstruction, reforestation and nature restoration of a former clay quarry near Terhagen (Rumst) village that was exploited as a landfill between 1970 and 1995. The landfill partially consisted of a garbage dump, a gypsum waste disposal site, a dredged sediment landfill and disposal areas of fly ash and asbestos. There are concerns and environmental risks regarding dispersion of asbestos particles, heavy metals in soils and biota, sulphates and chlorides in ground- and surface waters and even radioactive pollution has been observed.

The Flemish Waterway authority (De Vlaamse Waterweg nv) and the Province of Antwerp, responsible for the area, plan to clean up the site by isolation of the disposal areas combined with mineral capping using ~3.6 million m³ of geological materials originating from new large infrastructural works near Antwerp (Oosterweel-ringway). The aim is to tackle the historical environmental problem by using a selection of suitable soil forming geological materials from Oosterweel as mineral capping, reconstructing the landscape and creating a climate-robust green forested area beneficial for local residents (soft recreation) and nature (biodiversity).

For a project area of 53 ha we made an ecological evaluation of the opportunities and limitations of ecotechnical landscape reconstruction. A knowledge base was compiled based on available datasets and reports on the soil and water quality of the area, species, biotopes and landscape elements. Knowledge gaps were filled with a reconnaissance field survey consisting of a vegetation description, sampling of soils and forest floors in the forested area and an evaluation of the ecological quality of the surface waters.

The environmental quality of the area remains poor and needs an adequate sanitation and revalorization. Until recently, asbestos could be found at the surface and is still present at shallow depth (20-30 cm), posing a threat of surfacing through erosion or landslides on the slopes. At the same time we observed in more than half of the cores coarse fragments of debris, roof tiles and bricks, gravel, garbage and other artifacts limiting rootable soil-space and causing a negative impact on soil functioning.

In this study we applied stricter Flemish soil contamination limits for Forest and Nature areas (BSNI) than those used in the past for recreational areas (BSNIV). Based on these limits, we found still acceptable heavy metal concentrations in the upper 1 m soil, but higher contamination levels of Cd, Cr, Cu, Pb and Zn exceeding the limits are present in deeper soil layers, especially in the disposal areas 1 and 2 near the asbestos site. We checked 14 plots and discovered bioavailable and enhanced concentrations of Cu, Zn and Cd in the forest floor, but critical ecotoxicological limits were not exceeded, except for Cd on 1 location.

The water quality, both of ground and surface waters, was judged to be worse than soil quality. Very high levels of electrical conductivity indicated high concentrations of dissolved ions, especially sulfates and chlorides. High unnatural alkalinity (extremely high pH levels) and low oxygen concentrations were observed in several surface waters, readily explained by leaching substances from the asbestos and gypsum dumpsites. Zinc contamination was found in some surface waters, but in general heavy metal concentrations were in the tolerable range for surface and ground waters. We assume these metals are present in the underwater sediments where also precipitations were observed. The actual quality of the surface waters needs to be improved substantially. Also ground waters are contaminated as indicated by high electrical conductivity levels ($EC > 2000 \mu S/cm$) due to excess sulphates.

The current forest vegetation consists of a young, spontaneously grown pioneering forest with a maximum age of 20 to 25 years and tree heights of maximum 18 m, a high stem density but limited basal area and stocking density. Especially pioneering species like willows and birches are dominating.

Pagina 7 van 211

Inhoudstafel

1	Inleiding	14
2	Aanpak en methoden	16
	2.1. Algemene aanpak	16
	2.2. Veldmethoden	17
	2.2.1. Dendrometrie en inventarisatie van de vegetatie	17
	2.2.2. Strooisel-staalname en -analyse	17
	2.2.3. Bodemstaalname en -analyse	19
	2.3. Labo-analyses	23
	2.3.1. Textuuranalyse met laserdiffractie	23
	2.3.2. Bulkdensiteit bodem	23
	2.3.3. Zuurtegraad (pH) en Elektrische geleidbaarheid (EC) bodem en water	23
	2.3.4. Organisch materiaal (LOI) en totale koolstof (TC) en Stikstof (TN)	24
	2.3.6. Aqua regia extraheerbare elementen	24
	2.3.7. Analyses oppervlaktewater	24
	2.4. GIS-analyses	25
3	Kennisbasis	27
	3.1. Samenvatting beschikbare kennis	27
	3.1.1. Ruimtelijke indeling projectgebied	27
	3.1.2. Bodemkwaliteit	31
	3.1.2.1. PIH studie 2008	31
	3.1.2.2. Oriënterend en Beschrijvend Bodemonderzoek Technum	32
	3.1.3. Waterkwaliteit	35
	3.1.3.1. PIH studie	35
	3.1.3.2. Grondwaterkwaliteit OBBO – Technum rapport	36
	3.1.3.3. Ontwerp bodemsaneringsproject Tractebel	37
	3.1.4. Landschapseenheden	37
	3.1.5. Soortgegevens	38
	3.1.6. Landschapsvisie	39
	3.2. Verkennende terreinstudie	41
	3.2.1. Projectgebied	41
	3.2.2. Bodemkwaliteit	42
	3.2.2.1 Bodemsurvey in projectgebied	42
	3.2.2.2 Geologische substraten Oosterweel	56
	Volumemassa van geolagen	61
	Glaucanietgehalte	62
	Bodemkundige eigenschappen van de geostalen	62

Lijst van figuren en foto's

Figuur 24. Boxplot met distributie van pH (H ₂ O) waarden per Formatie volgens toenemende diepte: Fm van Vlaanderen, Gent, Rozebeke in Qu (n=15), Fm Lillo (n=18), Fm Kattendijk (n=23), Fm Diest (n=4), Fm Berchem (n=25) en Fm Boom (n=4).	65
Figuur 25. Boxplot met distributie van EC waarden per Formatie volgens toenemende diepte: Fm van Vlaanderen, Gent, Rozebeke in Qu (n=15), Fm Lillo (n=18), Fm Kattendijk (n=23), Fm Diest (n=4), Fm Berchem (n=25) en Fm Boom (n=4).	65
Figuur 26. Boxplot met distributie van EC waarden per geoboring. Boornummers volgens Figuur 20. Geoboring 0 is referentie in Wienenberger-kleigroeve.	66
Figuur 27. Boxplot met Cr-gehalten van de geolagen geschikt per formatie.	70
Figuur 28. Berkenbestand met <i>Cladonia</i> sp.	75
Figuur 29. Aandelen van de belangrijkste boom- en struiksoorten in het stamtal, grondvlak en levend volume in het studiegebied, op basis van 13 proefvlakken (ligging: zie Figuur 17).	75
Figuur 30. Opslag van invasieve duizendknoop langs de tijdelijke afdichting van het asbeststort (foto Bram Verschoren, DVW).	79
Figuur 31. Opslag van invasieve duizendknoop langs de omheining rond het asbeststort (foto Bram Verschoren, DVW)	79
Figuur 32. Overzicht van de plassen in het studiegebied (rood) volgens Watervlakken 1.0 (links) en situering van de staalnamepunten voor oppervlaktewater op 18/02/2020 (rechts).	80
Figuur 33. Aspect van ANTBOO0065.	81
Figuur 34. (a) Hoogte boven TAW (in meter) van het projectgebied na landschapsbouw; witte lijn: projectgebied; rode lijn: perimeter van de afdichtlaag; (b) Hellingenkaart (%) van het projectgebied na landschapsbouw; (c) Dikte boven de afdichtlaag (m) na landschapsbouw; (d) coupe van het 500 m lange transect doorheen het projectgebied, weergegeven door de zwarte lijn in de andere deelfiguren	85
Figuur 35. Invloed van bodem-pH op de biobeschikbaarheid van nutriënten voor planten. Bron: www.emporiumhydroponics.com . Groene kleur wijst op optimale beschikbaarheid; rode op gebrekkige biobeschikbaarheid.	89
Figuur 36. Conceptueel model van een koolstofbalans (uitgedrukt in ton koolstof per ha) doorheen de tijd van koolstof die netto wordt opgeslagen in een multifunctioneel bos op basis van eik vertrekkend van landbouwgrond (naar Muys et al. 2002).	93
Figuur 37. Oosterweelknoop-Kanaaltunnels traject MA1 (links) en R1 traject ME1 (rechts) waarvoor geologische coupes werden gemaakt door Lantis.	95
Figuur 38. Geologische coupes (profielen) voor de trajecten MA1 (boven) en ME1 (onder).	96
Figuur 39. Tractebel 3D landschapsbouw ontwerp 2019 waarop de bergingsvolumes werden berekend. Isolijnen zijn hoogtelijnen (m ophoging tov huidig reliëf).	99
Figuur 40. Pedon-concept voor de nieuw te ontwikkelen bodems op basis van geolagen in het projectgebied. Substraatdiepte start gemiddeld op 100 cm diepte maar kan variëren tussen 50 en 200 cm.	101
Figuur 41. Oordeelkundige aanbrengen van natte, plastische bodems voor 'soil stock-piling'. (p29 uit Defra, 2009).	104
Figuur 42. Mogelijke aanlegvolgorde van landschapsheuvel (1 => 10). Geolagen worden aangevoerd vanaf Rupel (ZW) via centrale werfweg. Opbouw gebeurt van noord (1) naar zuid (3) en oost (3) naar west (10). De oostelijke heuvel (2-3-4-5) nabij rietmoeras (blauw) kan reeds afgewerkt worden tijdens aanlegfase van westelijke deel (6-7-8-9-10).	105
Figuur 43. Bram Verschoren (DVW): geulvorming door afstromend water, in de afdeklaag waarmee het asbeststort tijdelijk werd afgedekt.	112
Figuur 44. De sulfaatdijk langs de Scheldelaan, A'pen RO: vegetatie maakt geen kans op deze dijk van pyriethoudende Boomse klei. Zonder vegetatie tast geul-erosie het dijklichaam aan.	113
Figuur 45. Ontwikkeling van pionierbos na landschapsbouw, met aanduiding van de soorten die geschikt zijn langsheen de gradiënt in vochtvoorziening. De coupe is ook weergegeven in Figuur 34. De rode lijn geeft het maaiveld weer, de zwarte lijn is de afdichtlaag. De stippellijn is het substraat die de infiltratie van neerslagwater gedeeltelijk belemmert; 1 ruwe berk en zachte berk kunnen zich spontaan vestigen, of	

1 INLEIDING

De Vlaamse Waterweg nv (DVW) en het Provinciebestuur Antwerpen willen overgaan tot de sanering en gedeeltelijke ophoging van het voormalige klei-ontginningsgebied Terhagen, op het grondgebied van de gemeenten Rumst en Boom (totale oppervlakte ca 53 ha). Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van ca. 3,6 miljoen m³ bodemmateriaal (hoofdzakelijk zand) dat vrijkomt bij de grootschalige werken aan de Oosterweelverbinding rond Antwerpen.

Het projectgebied bevat onder meer een voormalig huisvuilstort, een gipsstort, een baggerstort, een vliegaststort en een asbeststort die nog niet (volledig) werden afgedekt. Als gevolg hiervan komt asbesthoudend materiaal aan de oppervlakte en kunnen verontreinigende stoffen (zware metalen, organische polluenten, zouten) zich verspreiden in het milieu met gezondheidsrisico's voor omwonenden, fauna en flora. Hierdoor is er een verplichting om het projectgebied te saneren. OVAM begeleidt deze sanering. Ter hoogte van het asbeststort werden voorzorgsmaatregelen getroffen in afwachting van een definitieve afscherming.

Na het storten, voornamelijk in de jaren '70 en '80, heeft het gebied zich spontaan ontwikkeld, waardoor het een belangrijke groene ruimte is geworden voor de regio, met een zekere recreatieve en ecologische waarde. Actueel is een aanzienlijke oppervlakte van het projectgebied spontaan verbost, waardoor juridisch een boscompensatieplicht vereist is (voor de bosbestanden met leeftijd van minstens 22 jaar). Vooropgesteld wordt om de boscompensatie op dezelfde locatie uit te voeren na de sanering en de gedeeltelijke opvulling/ophoging van het voormalige klei-ontginningsgebied. Dit is ook de wens van de omwonenden, zoals is gebleken uit het doorlopen participatieproces. Het is hierbij essentieel om de ecologische en zacht-recreatieve functie van het gebied na de definitieve sanering en opvulling zo snel mogelijk te herstellen en zo goed mogelijk te versterken.

Een complex en ambitieus project dat bodemsanering, landschapsherstel en een duurzame bos- en natuurontwikkeling wil combineren heeft nood aan wetenschappelijke ondersteuning, waarbij de huidige toestand objectief in kaart wordt gebracht en grondig wordt geëvalueerd, dat kennishiaten detecteert en invult en *evidence-based* advies levert. Op basis van praktijkervaring en ecologische kennis dienen onderbouwde antwoorden te worden gegeven op de talrijke praktische en theoretische vragen van zowel de eigenaars (*in casu* DVW en Provincie Antwerpen), diensten van de Vlaamse Overheid (ANB, OVAM), lokale overheden (Gemeenten Rumst en Boom) en belanghebbenden (omwonenden en gebruikers, zoals vissers en wandelaars, NGO's,...).

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) wil op een onafhankelijke en transparante manier deze rol vervullen met de betrachting om daarbij duurzame, klimaatrobuuste, biodiverse, multifunctionele en gezonde ecosytemen te realiseren.

Zodoende heeft het INBO aanvaard om het saneringsproces in goede banen te leiden voorafgaand aan de uitvoering van de werken (werffase). Deze taak omvat niet alleen de ecologische advisering bij de landschapsbouw, herbebossing en natuurontwikkeling, maar ook de uitvoering van gerichte *surveys* van bodem en oppervlaktewater (voor en na de werken), de inschatting van de (gevolgen voor de)

2.1. ALGEMENE AANPAK

- 1) een overzicht geven en synthese maken van de reeds aanwezige, beschikbare kennis en hoe die tot stand is gekomen (Hoofdstuk 3.1);
- 2) bepalen welke kennis er ontbreekt en die via gerichte veldsurveys en laboanalyses vergaren (Hoofdstuk 3.2);
- 3) beoordelen en bespreken van mogelijkheden en beperkingen (Hoofdstuk 4).
- 4) systematisch beantwoorden van de desk-studie vragen zoals geformuleerd door de opdrachtgever en formuleren van voorlopige conclusies (Hoofdstuk 5).

We hopen dat de verzamelde gegevens en antwoorden als basis kunnen dienen voor meer onderbouwde en gerichte studies, vergunningsaanvragen en aanbestedingen zodat dit landschapsreconstructie- en natuurontwikkelingsproject kan gerealiseerd worden op een efficiënte, betaalbare, ecologisch verantwoorde en duurzame manier.

2.2. VELDMETHODEN

2.2.1. Dendrometrie en inventarisatie van de vegetatie

In de beboste delen van het projectgebied werden op 30/1/2020 en 12/2/2020 bomen en struiken geïnventariseerd en opgemeten in 13 cirkelvormige proefvlakken, met een straal van 9 m. Van elke soort werd het aantal individuen per proefvlak, de gemiddelde DBH (diameter op 1,5 m) en de gemiddelde hoogte bepaald. Er werd voor de DBH geen ondergrens vastgelegd, omdat verjonging slechts spaarzaam aanwezig was in het projectgebied. Om het volume te bepalen van de houtige biomassa, werd gebruik gemaakt van de tarieven die door het INBO worden toegepast bij de monitoring van de onbeheerde bosreservaten (De Keersmaecker et al. 2005) en die ook door het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) gehanteerd worden bij de Vlaamse Bosinventarisatie.

De bedekking van kruiden en mossen werd geschat met behulp van de decimale schaal van Londo (1984), op hetzelfde tijdstip als de opmetingen van bomen en struiken. Voor de inventarisatie van houtige soorten is het winterhalfjaar een gunstig tijdstip, maar de beoordeling van de vegetatie is dan heel wat moeilijker en de inventarisatiegegevens uit de proefvlakken zijn hierdoor eerder indicatief. In de winter is de bedekking van de aanwezige kruidsoorten immers laag en worden wellicht soorten gemist, die nog geen bovengrondse delen ontwikkeld hebben.

Deze inventarisaties werden aangevuld met soortgegevens uit waarnemingen.be (INBODATAVR-237, 2020). Voor een bespreking van deze gegevens wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

2.2.2. Strooisel-staalname en -analyse

Binnen het gehele projectgebied werd op 17 locaties de strooisellaag bemonsterd in februari 2020 door middel van een 25x25 cm RVS frame (Figuur 1). Het aanwezige strooiselmateriaal (wintertoestand) werd integraal geoogst (L, F en H laag) binnen het frame en meegenomen voor analyse in het INBO-labo. De stalname en analyse is conform de ICP Forests Soil Manual (Cools en De Vos, 2016).



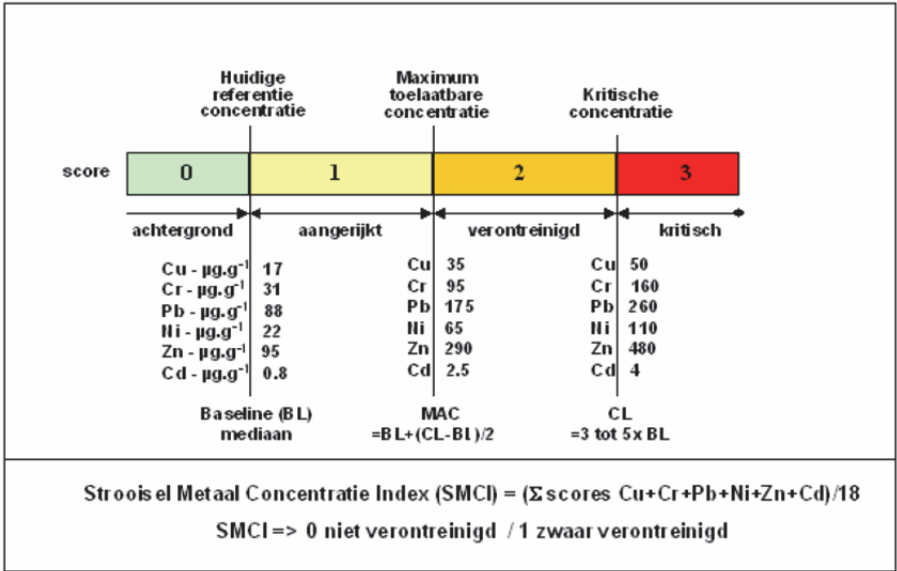
Figuur 1. Frame voor stalname van de strooisellaag en vrijmaken van de minerale bodem voor een boring: (a) met strooisel (plot BB07) en (b) na verwijderen van de moslaag (plot BB15) voor strooiselstalname.

Van het strooiselmonster wordt het drooggewicht (necromassa) en de C- en N-gehalten bepaald (C:N ratio) en is een semi-totaalanalyse uitgevoerd van macro-elementen (P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Al en Mn) en zware metalen (Cu, Cr, Pb, Ni, Zn, Cd, As, Co en Se).

Op basis van het drooggewicht en C-gehalte is de actuele koolstofvoorraad in de strooisellaag geschat, wat nodig is voor de bepaling van de koolstofbalans. De C:N ratio is een maat voor de mineralisatiesnelheid van de strooisellaag en turn-over van nutriënten.

De concentraties macronutriënten (P, K, Ca, Mg, S) aanwezig in de strooisellaag worden vergeleken met mediaanwaarden en normale ranges uit Vlaamse bossen (ForSite databank van INBO).

De chemische strooiselkwaliteit is getoetst op basis van een normenstelsel uitgewerkt door De Vos (1997) dat veelvuldig wordt toegepast voor de evaluatie van strooisellagen in het Vlaamse gewest (De Vos, 2006). In dit toetsingskader zijn achtergrondwaarden, maximaal toelaatbare concentraties en kritische niveaus gedefinieerd op basis van regiospecifieke achtergrondwaarden ('natuurlijke' gehalten + ubiquitaire verontreiniging) en kritische concentraties voor chemische bodemprocessen en bodemorganismen. De grenswaarde voor de concentraties van de zes betrokken metalen worden schematisch toegelicht in figuur 2.



Figuur 2. Schematische voorstelling van de Vlaamse strooiselkwaliteits-normen op basis van concentraties op droge stof-basis

Indien de concentratie onder de referentiewaarde ('baseline') valt voor een bepaald metaal, wordt een score 0 toegekend (concentratie $\leq$ normale achtergrondwaarde).

Boven de kritische waarde wordt een score 3 toegekend. Voor sommige bodemprocessen en voor de leefbaarheid van bepaalde organismen ($>$ LOEC) betekent dit een bedreiging.

Een maximaal toegelaten concentratie (MAC) situeert zich exact tussen de referentiewaarde en de kritische concentratie. Onder de MAC maar boven de referentiewaarde (score 1) spreken we van "aangerijkt". Effecten van die aanrijking zijn weinig waarschijnlijk, zelfs voor gevoelige organismen. Boven de MAC (score 2), maar onder de kritische waarde, kunnen processen en levensgemeenschappen

////////////////////////////////////

wel nadelige effecten ondervinden. Hier zitten we al in de gevarenzone voor metaalverspreiding via accumulerende organismen en kunnen we spreken van de klasse “verontreinigd”.

Een additieve totaalscore, herschaald tussen 0 en 1, leidt tot een index voor metaalaanrijking (SMCI). Hierbij worden geen aparte gewichten meer toegekend aan specifieke metalen voor de mate van (eco)toxiciteit, omdat dit reeds vervat zit in de kritische concentratie.

2.2.3. Bodemstaalname en -analyse

Op 30/01/2020 en 12/02/2020 werd de minerale bodem bemonsterd op de 17 locaties waar ook de dendrometrische- en vegetatiekundige opnames werden uitgevoerd.

Op elke locatie werd slechts één boring uitgevoerd van de minerale bodem, op dezelfde plaats waar de strooisellaag werd bemonsterd en verwijderd, dit om dubbeltelling van C- of nutriëntenstocks van de compartimenten bodem en strooisel te vermijden.

De boring gebeurde met een edelmanboor tot een diepte waar er obstructie was, veelal door steenbrokken of andere compacte lagen met antropogene oorsprong. Wanneer er geen obstructie was werd geboord tot maximaal 1.2 m diep. Indien er obstructie was door boomwortels, werd de profielboring enkele decimeter verplaatst.

De boordiepte is hiermee een indicatie van de bewortelbare ruimte en nuttig bodemvolume.

De core (boorspaan) werd uitgelegd en opgedeeld in pedogenetische horizonten (Figuur 3). Er werd speciale aandacht besteed aan antropogene artefacten (baksteenresten, asbestfragmenten, houtskool, grind, plastics, exogeen materiaal) die verwijzen naar stortactiviteiten. Ook werd gelet op geur (minerale oliën) en kleur (redox toestand, mineralogie) van de aangeboorde bodemlagen.



Figuur 3. Minerale bodemstaalname door profielboring: (links) boring binnen RVS kader na verwijderen strooisel - merk op rode kleur van baksteenresten tussen 20-30 cm (locatie BB16), (rechts) topsoil bemonstering op BB09: geroerde en ongeroerde staalname in gesloten Kopecky-ring.

Alle minerale bodemstalen (n=38) werden koel vervoerd naar het INBO labo voor analyse op droge stof, textuur (Laserdiffractie), zuurtegraad (pH), elektrische geleidbaarheid (EC), organisch materiaal (LOI), koolstof (TOC), stikstof (TN), aqua regia extraheerbare elementen (P, K, Ca, Mg, Na, S, Al, Fe, Mn, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn). Organische polluenten werden niet bepaald.

De zware metaalgehalten in de bodem worden getoetst aan de VLAREBO normen (VLAREBO 2008) voor bestemmingstype I (Natuur) en bestemmingstype IV (Parkgebied).

Om een idee te krijgen van de ecologische bodemkwaliteit van de geologische substraten die zullen vrijkomen uit de Oosterweel ontgravingen werden 25 bodemstalen (1 L potten) ter beschikking gesteld door Afdeling Geotechniek van MOW. Een overzicht van de geostalen is gegeven in Bijlage B.

De geostalen zijn bekomen door een combinatie van avegaar-, lepel- en puls boring. Zie desbetreffende fiches voor de dieptes.

Boornummer	Boordatum	LB72X	LB72Y	Aanvangspeil	Boordiepte	Lithologische beschrijving
		(m)	(m)	(mTAW)	(m)	
1445-GEO-18/132-B5b	21.06.2019	153964	215708	5.65	0-36	https://www.dov.vlaanderen.be/data/interpretatie/2019-320197
1445-GEO-18/132-B9b	28.08.2019	153954	215029	3.35	1.5-32	https://www.dov.vlaanderen.be/data/interpretatie/2019-320196
1445-GEO-18/132-B11	25.09.2019	153881	214618	4.83	1.5-31	https://www.dov.vlaanderen.be/data/interpretatie/2019-320030
1445-GEO-18/132-B2b	15.10.2019	154047	216278	4.13	0-36	https://www.dov.vlaanderen.be/data/interpretatie/2019-320032
GEO-19/089-B5	06.01.2020	150690	214651	6.08	5-5.5	https://www.dov.vlaanderen.be/data/booring/2020-169402
GEO-19/089-B8	13.01.2020	150451	214583	10.46	10-10.5	https://www.dov.vlaanderen.be/data/booring/2020-169401

Op speciale vraag van INBO naar veenstalen werd uit boringen ter hoogte van de ingang Scheldetunnel (Rechter Schelde-oever), GEO-19/089-B5 en GEO-19/089-B8 twee veenstalen gehaald om karakteristieken van veenlagen uit af te leiden. Het betreft voornamelijk roodbruin donkerbruin, cohesief rietveen van op respectievelijk 5-5.5 m en 10-10.5 m diepte (Figuur 4., rechts).



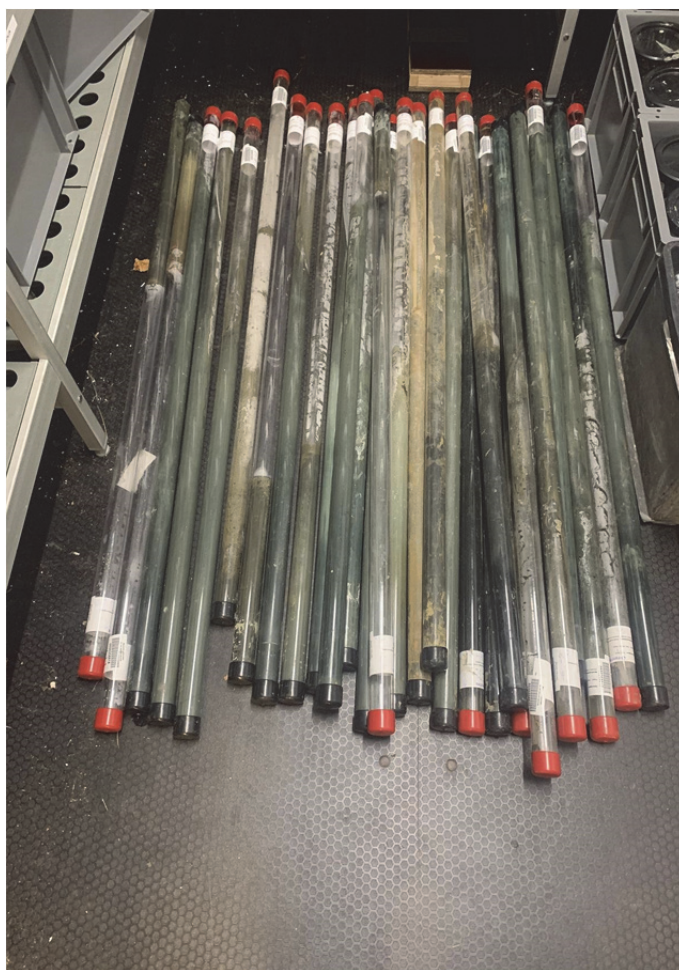
De stalen werden vers aangeleverd in potten van 1L, waarvan de helft van het volume werd gestockeerd in de koelruimte van INBO (voor eventuele latere uitlogingsproeven) en de andere helft overgebracht in bakjes voor droging en labo-analyse (Figuur 4).

Deze stalen werden in het INBO labo geanalyseerd op vochtgehalte, DS, LOI, EC, pH, Textuur, C, N, P, K, Ca, Mg, Na, S, Al, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Se, As, Co, Cr, Ni en Cu.

Van de bezorgde Geotechniek stalen waren geen gegevens bekend van volumemassa (wet bulk density), dry bulk density, vochtgehalte of glauconietgehalte. Preliminair data waren wel beschikbaar voor stalen van boring Geo-18/132-B5. Deze gegevens worden gerapporteerd in Hoofdstuk 3.1.3 voor de Formaties Lillo, Kattendijk en Berchem.

Het glauconietgehalte wordt in Geolab geschat door een empirische techniek gebaseerd op het gewichtspercent aan magnetische partikels groter dan 63 μm .

Bijkomend werden 2 boringen uitgevoerd door Talboom in opdracht van DVW en dat leverde 28 liners op van 1.2 m lengte: 15 liners tot 17.7 m diepte uit boring 1 en 13 liners tot 16.3 m diepte uit boring 2 (Figuur 5). Het was bedoeling om dezelfde labo-analyses uit te voeren op deze stalen als op de Geotechniekstalen maar door sluiting van het INBO labo wegens de Covid-19 epidemie is dit niet kunnen gebeuren.



Voor deze liners is de volumemassa geschat in de liner, door de netto bodemmassa (totaalgewicht liner in lege liner) te delen door het zichtbare bodemvolume in de liner (binnendiameter 32 mm). Deze volumemassa gegevens werden gerelateerd aan de geologische formatie van Gent (zandige deklagen), Fm van Rozebeke (Pleistocene afzettingen), Fm van Lillo, Fm van Kattendijk, Fm van Diest en Fm van Berchem.

2.3. LABO-ANALYSES

Figure 1. The relationship between the number of children and the number of children who are in the same household as the mother.

2.3.4. Organisch materiaal (LOI) en totale koolstof (TC) en Stikstof (TN)

Bodemstalen werden gegloeid bij 550°C ter bepaling van Loss-on-ignition (LOI), die een maat is voor de organische stof (OS) in bodem of geolaag. Wanneer het testmateriaal > 10% klei bevat wordt tevens interstitieel water bij het massaverlies bepaald en wordt dus het gehalte aan OS overschat.

Totale C en stikstof werden bepaald met een Total CN analyser type Primacs SNC100 van Skalar volgens SAP-253B (INBO) conform ISO 10694 voor C bepaling en ISO 13878 voor N bepaling. Dit is compatibel met CMA/2/II/A.7.

2.3.6. Aqua regia extraheerbare elementen

Teneinde de semi-totale concentraties aan macro- en oligo-elementen, waaronder de zware metalen, te kennen worden de bodem- en strooiselstalen ontsloten in een microgolfoven systeem (MARS 6, CEM) in teflon bommen met aqua-regia mengsel (65% HNO₃ en 37% HCl) volgens ISO 12914:2012. Dit is een semi-totale extractie, omdat de silicaten niet gedestruëerd worden (met HF bvb), maar wel de maximale concentraties bepaald kunnen worden toegankelijk voor/door biota. Het kan beschouwd worden als een totaalanalyse vanuit een ecologisch perspectief.

In het extract werd met ICP-AES (Optima 8300, Perkin Elmer) de concentraties aan P, K, Ca, Mg, Na, S, Al, Fe, Mn, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Se en Zn bepaald en uitgedrukt op droge stof basis. Dit is conform ISO 11466.

De uitwisselbare kationen van het bodemcomplex of biobeschikbare fracties van voedingselementen (bvb P-Olsen) werden in deze studie niet bepaald. Afhankelijk van het element en organisme is slechts een fractie van de aqua-regia extraheerbare elementen effectief biobeschikbaar.

Alle analyseresultaten in dit rapport zijn uitgedrukt op oven-droge stof (ds) basis (i.e. gedroogd bij 105°C), tenzij uitdrukkelijk vermeld dat dit niet zo is.

2.3.7. Analyses oppervlaktewater

Schepstalen van het oppervlaktewater werden genomen op 18/2/2020 (Figuur 6.). Temperatuur, pH, EC₂₅, saliniteit, zuurstofgehalte en zuurstofverzadiging werden ter plaatse gemeten met een MultiLine 340i-350i-P3-toestel en specifieke, geijkte, elektroden (pH volgens SAP-101A - ISO 10523: 2008, O₂ volgens SAP-100A - ISO 5814: 2012, EC volgens SAP-102A - ISO 7888: 1985). Volumes ongefilterd water en aangezuurd water werden in vooraf gelabelde recipiënten meegenomen naar het labo ter analyse en binnen 24 u. geanalyseerd. Chlorofyl *a* en faeofytine werden spectrofotometrisch bepaald bij 665 nm met achtergrondcorrectie bij 750 nm (SAP-158B - ISO 10260:1992), evenals de absorptie bij 440 nm als indicatie voor 'Gelbstoff'. Anionen en kationen werden bepaald door CFA van gefilterd water (Chromafil A20/25 van 20 µm) volgens SAP-153A - ISO 7890-3:1988, ISO 15682:2000, ISO 22743:2006; ISO 11732:2005). Zwevende stof werd bepaald na filteren over een glasvezelfilter en drogen bij 105°C en als asrest na verbranding bij 550°C (SAP-105A - ISO 11923:1997). Totaalfosfor is bepaald door ICP na destructie in zwavelzuur volgens SAP-154B (ISO 15681-1:2003, ISO 15681-2:2003). Metalen, fosfor en zwavel werden geanalyseerd door ICP-AES na destructie (SAP-261A - ISO 11885:2007). Niet-purgeerbare organische koolstof is bepaald na aanzuren en purgeren met een Formacs^{HT} analyzer (SAP-152A - ISO 8245:1999).

Perimeter BSP variant 2	Polygoon	Aflijning saneringsplan
Afdichtlaag	Polygoon	Perimeter afdichtlaag
Technum OBBO boorlocaties	Punten	72 boorlocaties van oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek
PIH 2008 studie	Punten	18 boorlocaties PIH studie + concentraties zware metalen
INBO bos- en bodemsurvey	Punten	14 staalnamelocaties INBO survey
Watervlakken	Polygoon	Alle plassen binnen projectgebied (Watervlakken 1.0 – INBO)
DHM modellen Tractebel	Raster	Huidig reliëf, afdichtlaag, ophoging, hellingen
VHM Vegetatie hoogte model 2015	Raster	3D vegetatiemodel met 1x1m resolutie, hoogte in cm
VHM Vegetatie hoogte model 2020	Raster	3D vegetatiemodel met geprojecteerde bijgroei sinds 2015

Tabel 2.3. Overzicht van project-specifieke RUMBOOLAR_GEO GIS lagen

GIS laag	Type	Omschrijving
Oosterweel tracé Noord	Lijn	Oosterweeltracé
Geologische boringen	Polygoon	12 geoboringen langsheen Oosterweeltrace (locaties labomonsters)

Vegetatie-hoogte model (VHM)

De boomhoogtes (toestand 2015) binnen het projectgebied worden afgeleid uit het verschil van het Lidar-gebaseerd DHMV-II oppervlaktemodel Vlaanderen met het DHMV-II terreinmodel met een resolutie van 1x1 m. Het volledige projectgebied is gelegen binnen kaartblad 23. De hoogte van gebouwen en kunstwerken (zeer beperkt binnen het studiegebied) zijn uitgefilterd op basis van de bodembedekkingskaart 1x1 m resolutie.

Uiteraard is de vegetatie gegroeid sinds 2015. De bijgroei voor vegetatie > 2 m hoog hebben we geraamd op gemiddeld 30 cm per jaar, wat voor 4 groeijaren (2016-2019) een extra hoogtegroeï oplevert van 120 cm. We hebben dus VHM modellen: VHM2015 (toestand tijdens LIDAR meting) en VHM2020 (toestand met geschatte bijgroei begin 2020). Statistieken inzake vegetatiehoogte zijn berekend binnen het studiegebied.

3D-modellen landschapsbouw

De berekeningen van de benodigde grondvolumes gebeurden op basis van het 3D ontwerp uitgewerkt door Tractebel (versie februari 2020) en ter beschikking gesteld door Dhr. Stijn Mulders. Het betreft een kaart met ophoging boven het bestaande reliëf en boven de voorziene afdichtlaag bestaande uit een kleimat, folie en drainagemat en in het tussengelegen gebied en aan te leggen rietmoeras uit een kleilaag. Ook een hellingskaart werd berekend. Alle rasterdata hadden 1 m XY resolutie en hoogte in cm.

De gegevens werden verwerkt met het R package Raster v3.0.2 en gevisualiseerd in ArcMap 10.4.1 en Surfer 10.

////////////////////////////////////

3 KENNISBASIS

3.1. SAMENVATTING BESCHIKBARE KENNIS

3.1.1. Ruimtelijke indeling projectgebied

Gezien de voorgeschiedenis als klei-ontginningsput, met nadien de inrichting van diverse stortplaatsen van 1970 tot 1995, is het relevant het projectgebied in te delen volgens de stortzones gehanteerd in het Technum-rapport (Borremans, 2014). Deze stortzones zijn aangegeven in Figuur 7, en hun omschrijving en gedigitaliseerde oppervlakte in Tabel 3.1.



Figuur 7. Overzicht van stortplaatsen volgens Technum OBBO rapport

De ruimtelijke afbakening van deze zones werd gebruikt om de initiële survey- en staalnamelocaties te selecteren.

Tabel 3.1. Diverse stortzones binnen de kleiontginningsput met hun benaderde netto-oppervlakte

Code	Omschrijving	Opp (m²)	Aandeel (%)
Zone 1	Eternit stort (1970-1983)	41447	7,9
Zone 2	Verkleind huishoudelijk afval (1973-1983)	66653	12,7
Zone 3	Gipsstort NV Zeekanaal (1991)	31544	6,0

Zone 4	Deponie sedimenten doorsteek Zeekanaal (1994-1995)	122378	23,3
Zone 4b	Deponie sedimenten doorsteek Zeekanaal (1994-1995)	28925	5,5
Zone 5	Deponie sedimenten Hazewinkel-E19 (1972-1973)	200515	38,1
Zone 6	Stortmateriaal ca 70 cm puin/zand	18350	3,5
Zone 7	Aanvulling ca 1 m in Zuidwestelijke hoek	16408	3,1
	Totaal	526220	100,0

Gezamenlijk beslaan de afgebakende zones 52,6 ha, waarvan Zone 5 de grootste is, en de aanvullingen in zone 7 de kleinste.

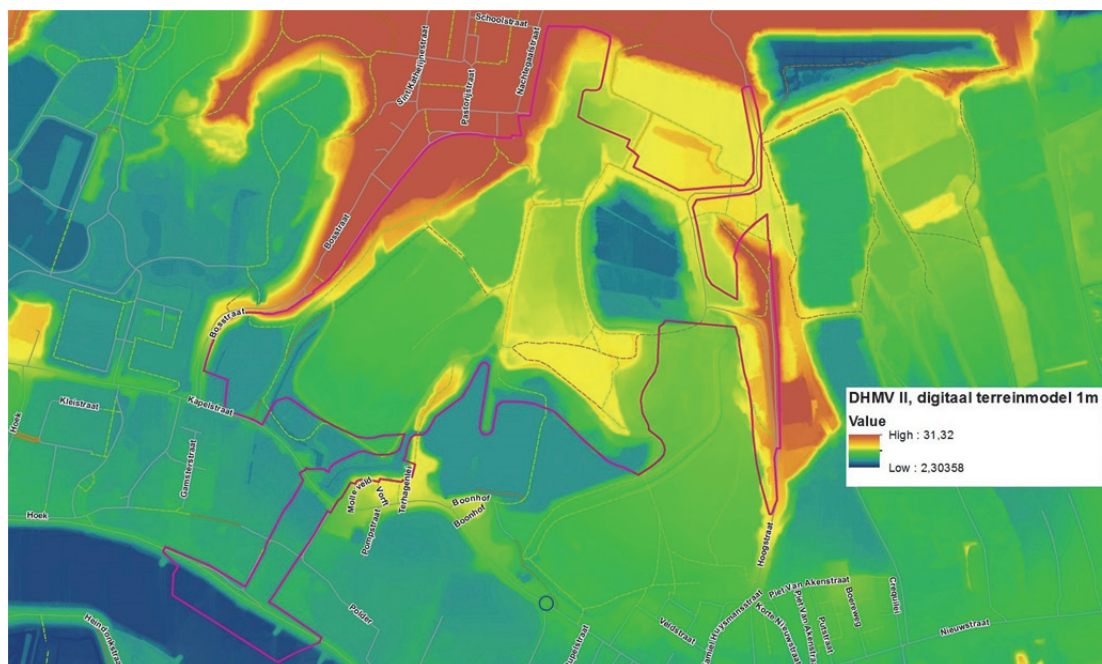
Een tweede ruimtelijke indeling van het gebied kan gemaakt worden op basis van het wegenregister. Wandelwegen en aardewegen dooraderen het gebied en lopen vaak op de perimeter van voormalige stortactiviteiten of inrichtingswerken (taluds, bermen). Zij bepalen in grote mate de toegankelijkheid en ontsluiting van het gebied (Figuur 8).



Figuur 8. Wegenregister (Wegen2019, Ruimte Vlaanderen) rond en binnen het projectgebied. Groen wandelwegen, bruin aardewegen.

Een ruimtelijke indeling volgens het reliëf is mogelijk via het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (DHMV II_terreinmodel, 1 m resolutie, Figuur 9). Het projectgebied situeert zich langs de rechteroever van de Rupel, tegen het cuestafront waar de Boomse klei dagzoomt. Deze Boomse klei werd al in de

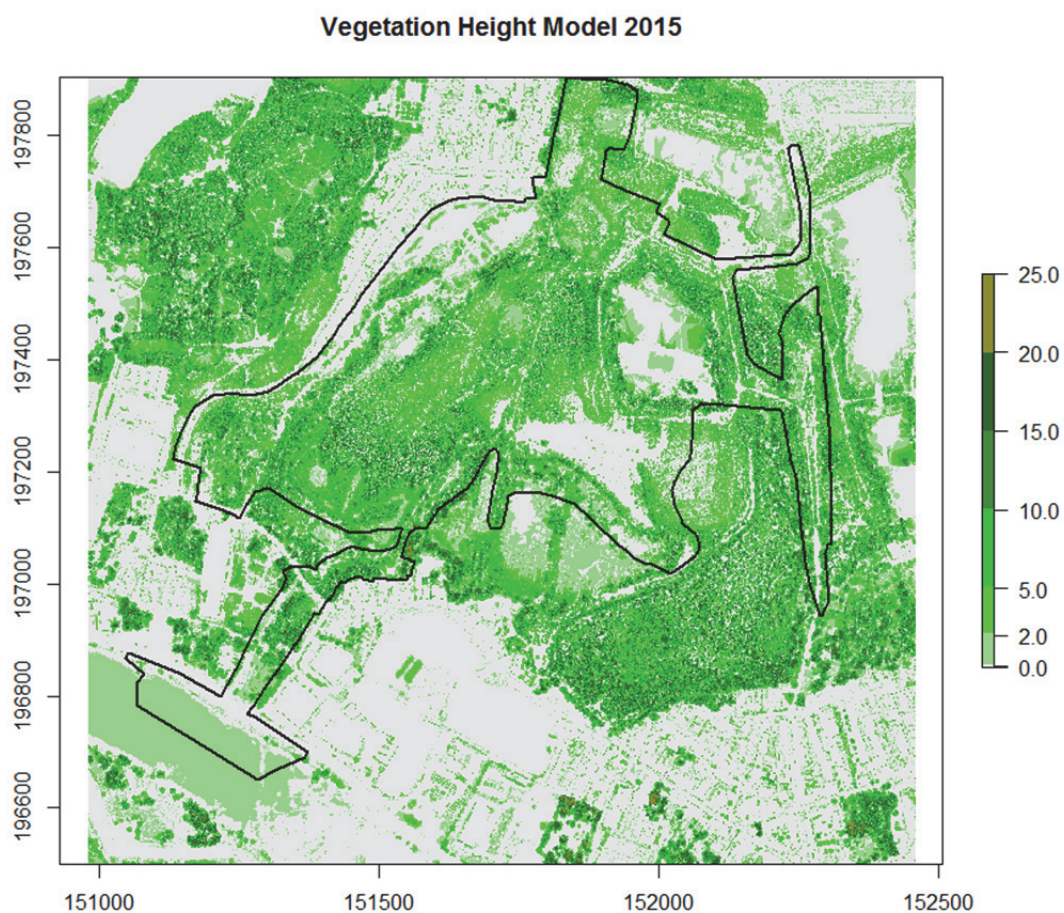
middeleeuwen ontgonnen, en de ontginning schoof doorheen de eeuwen op van de kant van de rivier, naar het noorden. De natuurlijke helling van de cuesta werd hierdoor uitgegraven en zo ontstond een steile talud aan het ontginningsfront. Gebieden die gespaard bleven van de ontginning zoals de Bosstraat in Boom en een deel van de Hoogstraat in Rumst, allebei aan de rand van het projectgebied, geven het natuurlijke reliëf weer en zijn duidelijk afgetekend op het DHM. De zone die is ontgraven, werd later gedeeltelijk weer opgevuld en het DHM illustreert dat de wegen in het projectgebied de ophogingen en bermen van de deponiën volgen. Het terrein kent momenteel een groot hoogteverschil variërend van 2 m TAW op diepste punt actuele kleigroef (NO op kaart) en Rupel (ZW) tot 31 m op oorspronkelijk maaiveld.



Figuur 9. Digitaal hoogtemodel Vlaanderen (1 m resolutie) van de kleiontginningsput. Terrein ophoging en dijkconstructies zijn goed zichtbaar.

Een meer ekologischer indeling van het terrein kan gebeuren op basis van het vegetatiehoogte model (VHM), waarbij de hoogte van de vegetatie (toestand 2015) wordt weergegeven (Figuur 10.). De donkere kleuren geven aan waar bomen het langst konden groeien, omheen het vijvercomplex en bezuiden Zone 4, in het Bos van Terhagen en ten noorden van de Hoogstraat. Ook aan de kant van De Schorre (Oosten Bosstraat) zijn de bomen duidelijk hoger. Deze hogere bomen liggen grotendeels buiten het projectgebied en blijven dus gespaard. Aandachtspunt zijn de hogere bomen langs de aanvoertroute vanaf het kanaal die best zoveel mogelijk gevrijwaard worden.

Binnen het volledige projectgebied van 52.9 ha was in 2015 ongeveer 17.1 ha onbegroeid, dat is dus 1/3 van het projectgebied, inclusief de wateroppervlakten: plassen (~4 ha) plus een deel van de Rupel. (Figuur 10).



Figuur 10. Vegetatie hoogte-model van het jaar 2015. Hoe donker de kleuren, hoe hoger de vegetatie. Perimeter van het projectgebied in het zwart.

Het begroeide deel was in 2015 dus ca. 36 ha. Ongeveer 8.8 ha (17%) bestond uit vegetatie < 2 hoog, 21.2 ha (40%) tussen 2 en 10 m, 4.9 ha (9%) tussen 10-15 m hoog, 1.4 ha was tussen 15 en 20 m en slechts een kleine 4 are is hoger dan 20 m zoals weergegeven in figuur 10.

3.1.2. Bodemkwaliteit

De bodemkwaliteit van het studiegebied werd reeds herhaaldelijk gescreend en bodemdata werden voornamelijk verzameld en besproken in het kader van twee opdrachten: de PIH studie van 2008 en het oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek van Technum uit 2014.

3.1.2.1. PIH studie 2008

In figuur 11 zijn de staalnamelocaties weergegeven waar het Provinciaal Instituut voor Hygiëne (PIH) in opdracht van de Provincie Antwerpen in februari 2008 boringen heeft uitgevoerd van de minerale bodem (17 locaties) en twee staalnames van oppervlaktewater nam (Provinciaal Instituut voor Hygiëne 2008).

Het onderzoek kaderde in een initiatief om een mogelijk golfterrein te realiseren aansluitend op De Schorre. Het betrof vooral een eerste screening van de bodemkwaliteit.

In het totaal werden 26 geroerde bodemstalen geanalyseerd tot een bodemdiepte variërend van 55 cm tot 2 m. Volgende bodemvariabelen werden bepaald: LOI, OM, pH-H₂O, kleigehalte en de metalen As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn. Daarnaast werden tevens minerale olie, EOX, 16 PAKs, cyaniden en asbest gerapporteerd.

Uit de pedologische beschrijving bleek er geen Boomse klei meer voor te komen in het zuidwestelijke deel van het terrein, maar enkel in het noordoostelijke deel werd er nog een kleilaag aangetroffen.



Figuur 11. De 17 boorlocaties in de bodem (B01-B017) en 2 staalnames van het oppervlaktewater (V01& V02) uitgevoerd door PIH in 2008. De rode locaties wijzen op de hoogste verontreinigingsgraad, de groene op de laagste.

Belangrijk is dat in deze studie de toetsing aan de bodemsaneringsnormen gebeurde volgens de normen van bestemmingstype IV vermits de doelstelling het realiseren van een golfterrein was. In deze studie echter is de doelstelling het realiseren van natuur en bos (Bestemmingstype I) waardoor wij de PIH analyses hebben getoetst aan de strengere BSNi normen. De Evaluatietabel is opgenomen in Bijlage A1.

Wat opvalt uit de analyseresultaten is de grote variatie aan bodemzuurtegraad (pH-H₂O): van lage pH waarden (3.1 - 3.5) op locaties B06, 12, 13 en 14 in N en O (Figuur 10) en uiterst hoge pH's (9.1 - 12.1) op locaties B03 en B05 in de westelijk gelegen asbestzone. Op de andere locaties werd doorgaans een relatief hoge basische pH range (7 – 8) aangetroffen hoger dan de verwachte natuurlijke verzuringsgraad. Op locatie B06 werd tevens een zeer hoog kleigehalte (~54%) aangetroffen wat wijst op het voorkomen van Boomse klei wat de lage pH van 3.3 verklaart. Dit is echter niet het geval op de locaties B12-B14 die ook lage pH's vertonen bij een laag kleigehalte.

Door her-evaluatie van de zware metaalgehalten (Bijlage A1) komen we tot volgende conclusies (metalen met overschrijdingen in vet):

- Er is nergens overschrijding van Arseen (As), waarden doorgaans lager dan de richtwaarde (RW)
- De bodemsaneringsnorm BSNi voor **Cadmium** (Cd) wordt overschreden op locatie B05 (gehele bodemprofiel tot 2m) en op locatie B08 (enkel *topsoil*). Op B05 wordt zelfs de BSNIV overschreden in de *topsoil* (10.1 µg/g Cd). B05 is gelegen op het asbeststort (Zone 1, Figuur 7), B08 in het zogenaamde huisvuilstort (Zone 2).
- **Chroom** (Cr) concentraties overschrijden de BSNi op locaties B03, B06 en B08 en komen op B05 en B015 voor boven de richtwaarde. B03 ligt op het asbeststort (Zone I), B06 buiten de stortzones, maar heeft duidelijke invloed van Boomse klei (vaak gerelateerd met hoge Cr gehalten) en B08 is opnieuw het huisvuilstort, waar vermoedelijk ook ander afval werd gestort.
- **Koper** (Cu) overschrijdt op 1 locatie (B08 opnieuw) de BSNi norm op een diepte van 150-200 cm en is boven de richtwaarde in de *topsoil* (0-50 cm). Op alle andere locaties is Cu gehalte laag.
- Het kwikgehalte (Hg) is over het algemeen laag (onder bepaalbaarheidsgrens) en vertoont enkel aanrijkingen op B05 en B08 (tot 2.56 µg/g) maar overschrijdt nergens de BSNi
- **Lood** (Pb) overschrijdt de BSNi op B03, B05 en B08. Op B08 wordt zelfs de BSNIV overschreden voor bodemlaag 0-50 cm.
- **Nikkel** (Ni) overschrijdt enkel op B05 de BSNi en komt licht aangerijkt voor in B03.
- De BSNi wordt overschreden voor **Zink** (Zn) op de locaties B05 (alle lagen tot 2 m), B08 (enkel *topsoil*) en B09 (enkel van 100-150 cm). Op B05 en B09 wordt zelfs de BSNIV overschreden (Bijlage A1)

Organische polluenten werden waargenomen op locatie B03 (~1110 µg/g) en in mindere mate op B05 en B08 (500-600 µg/g). Op B05 en B08 werden extraheerbare oliën aangetroffen (EOX van 10-52 µg/g) en op B08 (huisvuilstort) ook cyaniden (19.7-15.5 µg/g) die ook humane en ecotoxicologische risico's met zich meebrengen. Door gerichte analyse werd het voorkomen van asbest (chrysotiel en crocidoliet) bevestigd op B03, gelinkt met de uitermate hoge pH= 12.1 en ook op locatie B05.

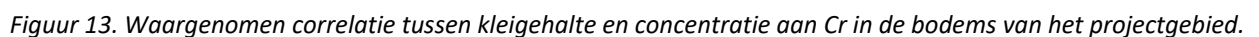
Samenvattend kan gesteld worden dat de BSN voor Natuur (BSNi) overschreden wordt voor de zware metalen Cd, Cr, Cu, Pb en Ni, doorgaans op dezelfde locaties B03, B05 en B08 die deel zijn van de stortzones 1 en 2. De verontreinigingen worden soms enkel vastgesteld op grotere diepte (1-2 m) waardoor ze bij boringen tot 1 m niet waargenomen worden.

3.1.2.2. Oriënterend en Beschrijvend Bodemonderzoek Technum

In de periode 18/04/2011-27/04/2011 werden 30 boringen verricht in het kader van het oriënterend bodemonderzoek en in de periode 06/08/2013-28/11/2013 nogmaals 43 boringen voor beschrijvend bodemonderzoek (Figuur 12). De analysedata werden gerapporteerd in Bijlage 11 (pag 515 e.v.) van het TECHNUM rapport (Borremans, 2014).

////////////////////////////////////

- Op het meest verontreinigde punt P14 (diepte 9.60-10.4 m) werd ook de BSNI én BSNIV voor minerale olie overschreden. Er werd een concentratie vastgesteld van 3500 µg/g waar de BSNIV norm 1500 µg/g bedraagt. Uit de OBBO data kon worden vastgesteld dat het kleigehalte gecorreleerd is met Cr en in mindere mate met de Ni concentratie. Bij een zware klei (kleigehalte > 30%) stijgt het Cr gehalte makkelijk boven de 100 µg/g zoals aangegeven in Figuur 13. Slechts een drietal observaties ontsnappen aan dit verband.



3.1.2.3. Samenvatting bestaande bodemkennis

In zowel het PIH als Technum rapport werden de geobserveerde concentraties aan zware metalen getoetst aan de BSIV, uitgaand van een toekomstig bestemmingstype parkgebied/golfterrein. Door onze her-evaluatie aan de strengere bodemsaneringsnorm voor Natuur en Bosgebieden (BSNI) werden niet noemenswaardig meer overschrijdingen van de saneringsnormen vastgesteld.

Bovendien worden meer dan de helft van de overschrijdingen vastgesteld in de ondergrond (>2 m) en betreft het *sensu stricto* niet meer de bodem. Het ecotoxicologisch risico van oppervlakkige bodemverontreiniging op het niveau van het ecosysteem is dan ook beperkt. Overschrijdingen betreffen vooral de metalen Cd, Cr, Cu, Pb, Zn en Ni. Hiervan zijn Cr en in mindere mate Ni gelinkt met het voorkomen van Boomse klei en andere geologische substraten. Vooral Cd, Cu en Pb verdienen aandacht om het risico van ecosysteemcontaminatie te beperken, vooral in de stortzones 1 (asbest) en zone 2 (huisvuilstort) waar reeds een saneringsplicht op rust.

Daar waar asbest en asbesthoudende restproducten aan de oppervlakte komen is een adequate isolering en afdekking absoluut noodzakelijk, zodat asbestvezels niet verder in de omgeving kunnen verspreid worden. Verontreiniging met organische polluenten werd in beperkte mate vastgesteld. Het probleem is dus niet zozeer gelinkt aan oppervlakkige bodemcontaminatie, dan wel aan uitloging van zware metalen uit de ondergrond naar het grondwater, waarbij ook de verhoogde sulfaat en chloridegehalten een belangrijke mobiliserende rol spelen.

Een belangrijke vaststelling is het voorkomen van puin, baksteenresten, grind of asbesthoudend materialen op geringe dieptes over minstens de helft van het terrein. Dit beperkt de wortelgroeiruimte voor struiken en bomen, leefruimte voor bodemorganismen en beperkt het waterbergend vermogen.

3.1.3. Waterkwaliteit

3.1.3.1. PIH studie

De kwaliteit van het oppervlaktewater van twee kleine vijvers werd onderzocht : (1) de groene vijver (Figuur 11, locatie V01) en (2) de witte vijver (V02) werden bemonsterd op 5/03/2008 door PIH. Deze watervlakken komen respectievelijk overeen met ANTRUM0027 en ANTRUM0004 (zie Hoofdstuk 3.2.5).

Van de oppervlaktewatermonsters werden bepaald: temperatuur, zuurtegraad, geleidbaarheid en zuurstofgehalte (ter plaatse), de gehaltes aan ammonium-, nitriet- en nitraatstikstof, het gehalte aan orthofosfaatfosfor, de alkaliniteit, het gehalte aan minerale olie, het gehalte aan opgeloste organische koolstof, de concentraties aan metalen: Na, K, Ca, Mg, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn, Ag en de gehaltes aan vluchtige organische solventen.

De resultaten werden beoordeeld door toetsing aan de basismilieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater (Vlarem II), de milieukwaliteitsnormen voor grondwater (Vlarem II, bijlage 2.4.1.) en de bodemsaneringsnormen voor grondwater (VLAREBO, bijlage IV).

Met een pH = 11,7 overschreed het watermonster uit de groene vijver (V01) ruim de basismilieukwaliteitsnorm voor oppervlaktewater en de milieukwaliteitsnorm voor grondwater. Deze hoge pH werd gelinkt aan het voorkomen van vliegias en/of cement, gezien ook het hoge Na (152 mg/l) en K gehalte (92,3 mg/l) in het oppervlaktewater.

Vooral de elektrische geleidbaarheid (EC) in beide vijvers is hoog (1066-1095 $\mu\text{S}/\text{cm}$) wat wijst op veel opgeloste zouten. Het zuurstofgehalte van de watermonsters voldoet aan de basismilieukwaliteitsnorm.

De alkaliniteit van de watermonsters was relatief hoog. De watermonsters bevatten geen aantoonbare hoeveelheden minerale olie en ook de gehalten aan zware metalen overschreden de saneringsnormen voor grondwater niet. Alleen in de groene vijver (V01) konden enkele vluchtige organische stoffen aangetoond worden (tolueen, xyleen en 2-chloortolueen). De gehalten aan deze solventen waren echter laag.

In het PIH rapport werd geconcludeerd dat de waterkwaliteit van de groene en de witte vijver niet voldeed aan de basismilieukwaliteitsnormen. Het water bevatte relatief veel zouten, vermoedelijk afkomstig van de op het terrein aanwezige storten (asbest, vliegashoudend cement). Hierbij moet opgemerkt worden dat de beoordeling op basis van een eenmalige bepaling hooguit indicatief kan zijn.

3.1.3.2. Grondwaterkwaliteit OBBO – Technum rapport

In het kader van het OBBO werden 19 peilbuizen geplaatst in de periode april-mei 2011, met dieptes variërend van 3,5 tot 12 m (Figuur 14). De parameters die bepaald werden op het grondwater waren: zware metalen, minerale olie, BTEX, VOCL, Al, Ba, Ca, P, Fe, K, Mg, Mn, Na, fenol-index, sulfide, ammonium, bromide, BZV, chloride, CZV, fluoride, fosfaat, nitraat, nitriet, sulfaat en Kjeldahl-stikstof. De pH en EC werden op het terrein bepaald tijdens de staalname.



Figuur 14. Elektrische geleidbaarheid, Chloriden en sulfaten in grondwater (bijlage 12 uit Technum OBBO rapport)

Opvallend is dat nagenoeg ter hoogte van alle peilbuizen sterk verhoogde geleidbaarheden ($EC > 2000 \mu S/cm$) werden aangetroffen. De sterk verhoogde geleidbaarheden wijzen opnieuw op sterk verhoogde concentraties aan kationen en anionen zoals chloride en sulfaat. Niettegenstaande de gemeten gehalten aan beide parameters sterk fluctueren, stelt het Technum rapport dat het grondwater boven de afsluitende kleilaag over het volledig studiegebied (sterk) aangerijkt is met beide anionen.

Mulders (2018) bespreekt drie schepstalen van het oppervlaktewater (staalname VEC, analyse Eurofins) genomen op 21/09/2016. Twee monsters werden genomen in de afwateringsgracht aan de zuidwestrand van, maar net buiten, het studiegebied (S2-S3), een vierde (S4) in de visvijver ANTRUM0048 (zie hoofdstuk 3.2.5). Tabel 3.2 geeft het resultaat. Vooral de hoge sulfaatwaarden, inz. ter hoogte van de drainagebuis die het hoger gelegen studiegebied ontwatert (S2) en in de visvijver, springen in het oog. Sulfaten werden in de groene en witte vijver niet onderzocht, wel de chloriden. Die lagen in deze vijvers in dezelfde grootte orde: i.e. 76 en 47 mg/l. De chloriden in het oppervlaktewater zijn dus beduidend lager dan wat aangetroffen wordt in het grondwater. Dit is evenzeer het geval voor de sulfaat concentraties die tot 6 maal hoger kunnen zijn in het grondwater.

variabele	S2	S3	S4
sulfaat (mg/l)	410	150	550
chloride (mg/l)	57	51	55

Het projectgebied heeft een oppervlakte van ongeveer 53 ha. Volgens de boswijzer 2.0 (2015) ligt daarvan ongeveer 38 ha onder bos. Van het bos valt ongeveer 22 ha onder de compensatieplicht, omdat het een leeftijd heeft van meer dan 22 jaar. De oppervlakte aan watervlakken (11 in totaal) werd begroot op 4 ha. De overige oppervlakte, ongeveer 12 -14 ha, wordt ingenomen door vegetatie die overwegend lager is dan 3m, of door onbegroeid terrein (vooral open zand).

De landschapsvisie voor het kleiontginningsgebied ging uit van een nabestemming als ecogolf na sanering van het projectgebied. Inmiddels is dit bijgesteld en zal het projectgebied na sanering en landschapsbouw een bos- en natuurgebied worden. Van het bos dat door de sanering gerooid moet worden, zal 22 ha bos ter plaatse worden gecompenseerd omdat het een minimum leeftijd heeft van tenminste 22 jaar.

Ondiepe plassen met riet- en moerasontwikkeling <u>Vogels:</u> Woudaapje, Blauwborst, Porseleinhoen, Waterral, Sprinkhaanzanger, Rietzanger, Rietgors, Roerdomp, Kleine karekiet, overwinterende watervogels <u>Amfibieën:</u> Kamsalamander, Kleine watersalamander, Alpenwatersalamander, groene kikker, Bruine kikker <u>Libellen:</u> Bruine korenbout, Vroege glazenmaker, Glassnijder, Variabele waterjuffer, ... <u>Zoogdieren:</u> Bever, vleermuizen
Alluviale bossen <u>Vogels:</u> Matkop, Wielewaal, Kwak <u>Zoogdieren:</u> vleermuizen
Overgangsbiotopen: ruigten en struwelen <u>Vogels:</u> Bosrietzanger, Nachtegaal, Bramensprinkhaan
Pionierbiotopen <u>Vogels:</u> Oeverzwaluw, Kleine plevier <u>Amfibieën:</u> Rugstreeppad <u>Libellen:</u> Tengere grasjuffer <u>Dagvlinders:</u> Bruin blauwtje <u>Andere insecten:</u> zandbijen, graafwespen <u>Pioniersflora:</u> Zomerbitterling, Fraai duizendguldenkruid, Echt duizendguldenkruid, Dwergviltkruid, Zilverhaver, Vroege haver, Gewoon langbaardgras, Zandzegge, ... <u>Mossen & korstmossen:</u> Cladonia-soorten, haarmossen

3.2. VERKENNENDE TERREINSTUDIE

3.2.1. Projektgebiet

De perimeter van het projectgebied (Tabel 3.4 en Figuur 16) werd afgelijnd door de intendant en komt overeen met de perimeter voor de Omgevingsvergunningsaanvraag (52,9 ha). Het is de bedoeling dat binnen deze perimeter alle grondverzet plaats vindt. De bossen buiten deze perimeter blijven behouden, waaronder het bos van Terhagen. Het projectgebied sluit aan op de Rupel voor aanvoer van bodemmateriële, alsook met de Hoogstraat in het oosten en aanvoerwegen in het noorden. Door de grillige vorm heeft het projectgebied een grote perimeter (7,4 km) en dus veel randeffect. De uitbreiding in het NO betreft de ophoging met 2-3 m om een fietspad (ic het Keibrekerspad) meer comfortabel te maken qua helling.

Binnen het projectgebied is het bodemsaneringsgebied gelegen, voor deze studie gelijkgesteld aan BSP variante 2 (versie najaar 2019), rood gearceerd in Figuur 16. Dit is een meer homogeen deel dat de verontreinigde zone omhelst die gesaneerd dient te worden. Hierbinnen wordt het gros van de Oosterweelsubstraten geborgen (huidige raming ca 3 mio m³). De overige 600 000 m³ zitten buiten de BSP perimeter maar wel nog binnen de Omgevingsaanvraagperimeter. Het grootste volume daarbij is voor de demping van de diepe visvijvers en de ombouw tot rietmoeras. Het verschil tussen de 3,6 mio m³ (binnen de omgevingsaanvraagperimeter) en het contractueel vastgelegde streefcijfer 4,5 mio m³ (i.e. 0,9 mio m³) zit buiten het projectgebied (en valt niet binnen deze studie) en omvat onder andere de verondieping van de plassen van Natuurpunt.

De afdechtlaag zoals ontworpen door Tractebel is geel gerasterd in Figuur 16 en valt grotendeels binnen het BSP variant 2, met uitzondering van een oostelijk deel dat ook in de visvijvers een afdekking voorziet ter voorkoming van doorslag naar het grondwater.

Tabel 3.4. Overzicht van oppervlaktes en perimeters binnen het projectgebied (gebaseerd op BSP najaar 2019)

Gebied	Oppervlakte (ha)	Perimeter (km)	Opmerking
Projectgebied	53	7.37	Conform omgevingsvergunning
Bodemsaneringsgebied	32.4	2.78	BSP variant 2
Afdichtlaag	29.4	2.67	Zoals berekend door Tractebel



Figuur 16. Aflijningen binnen het projectgebied: studiegebied, bodemsaneringsgebied (BSP) en voorziene afdichtlaag

3.2.2. Bodemkwaliteit

3.2.2.1 Bodemsurvey in projectgebied

Op 30/01/2020 en 12/02/2020 werden twee bos- en bodemsurveys uitgevoerd binnen het projectgebied. Initieel werden 18 interessante locaties geselecteerd (BB01-BB18), waarvan er 14 werden weerhouden en effectief bemonsterd (Tabel 3.5). De niet weerhouden locaties lagen buiten de projectperimeter of waren niet langer nodig om een globaal beeld te krijgen van het projectgebied.

Foto's van de bemonsterde proefvlakken en hun aangeboorde bodemprofielen zijn opgenomen in **Bijlage H**.

Op de initiële verkenning met de milieuambtenaren (10/05/2019) werden reeds op 4 locaties strooiselstalen genomen die ook werden geanalyseerd en in dit rapport verwerkt. Deze zijn in geel aangeduid op Figuur 17.

9	BB10	Zone 2_Huisvuilstort	51.087751	4.395187	151852	197515	12.02.2020
10	BB11	Zone 5_Sedimenten Hazewinkel	51.085528	4.397149	151989	197268	12.02.2020
11	BB15	Zone 5_Sedimenten Hazewinkel	51.082242	4.39515	151849	196903	12.02.2020
12	BB16	Niet in stortzone	51.082025	4.401739	152311	196879	12.02.2020
13	BB17	Zone 5_Sedimenten Hazewinkel	51.084083	4.397322	152001	197107	12.02.2020
14	BB18	Zone 7_Aanvullingen	51.083463	4.388595	151390	197038	30.01.2020
15	FF_P1	Zone 4_Zeekanaal sedimenten	51.085994	4.392841	151687	197320	10.05.2019
16	FF_P2	Zone 2_Huisvuilstort	51.088352	4.39444	151799	197582	10.05.2019
17	FF_P3	Zone 4_Zeekanaal sedimenten	51.087483	4.39901	152120	197486	10.05.2019
18	FF_P4	Zone 4_Zeekanaal sedimenten	51.084023	4.389636	151463	197101	10.05.2019

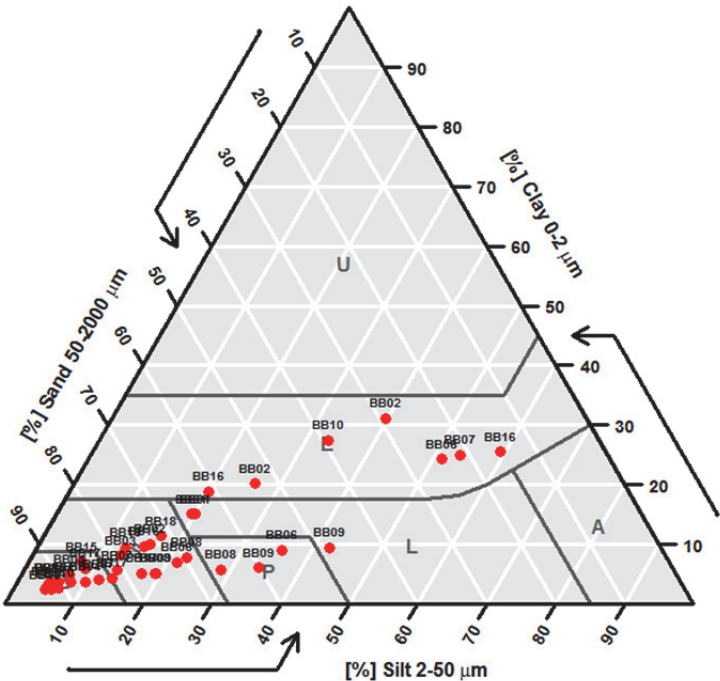
In totaal werden 38 minerale bodemstalen onderzocht, waarvan 9 mogelijks asbest-partikels konden bevatten (boringen BB01-BB04) en dus een bijzondere behandeling kregen bij het drogen, *crushen*, ontsluiten en analyseren in het INBO labo. Een overzicht van de stalen is opgenomen in **Bijlage B**.

De aangeboorde profielen waren soms begrensd in de diepte, doorgaans door baksteen- of puinresten, asbest of grind (Tabel 3.6). Exact 5 van de 14 profielen (36%, > 1/3) waren dus minder dan 1 m diep. Dit heeft een impact op de wortelgroeiruimte en waterhuishouding. Het voorkomen van puinlagen is een fysische barrière voor (boom)wortels en heeft vaak een drainerend effect (vocht-redistributie in profiel).

Foto's van de proefvlakken en de bodemprofielen zijn opgenomen in **Bijlage H**. In bijna alle bodemprofielen zijn in mindere of meerder mate baksteenfragmenten aan te treffen, wat wijst op grote menselijke beïnvloeding (bodemtypes: Anthrosols, Technosols). De natuurlijke bodemhorizonten zijn dus doorgaans ook verstoord door vergravingen en ophogingen.

////////////////////////////////////

21% zandfractie. Er is echter grote textuurvariatie zowel lateraal als verticaal, wanneer de textuurfracties geplot worden volgens de Belgische textuurdriehoek (Figuur 18).



Figuur 18. Profielstalen van het studiegebied volgens de Belgische textuurdriehoek. De stalen komen voor in de klassen Z (zand, n=13), S (lemig zand, n=12), P (licht zandleem, n=3), L (zandleem, n=3), en E (lichte klei, n=7). Er werden geen stalen aangeboord met A (Leem) of zware klei (U).

Bij 10 van de 38 stalen (26%) werden grove partikels (> 2mm) vastgesteld, doorgaans baksteenfragmenten. Die werden mee geanalyseerd omdat ze effectief voorkomen op het terrein en deel uitmaken van de bodem. De dominante textuurklassen van de bodem (0-1 m) in het actuele gebied zijn Z (zand) en Lemig zand (S). Een aantal profielen bevatten lagen met lichte klei (E) (Figuur 18).

Tabel 3.7. Basiskenmerken van de bodemstalen uit de profielboringen: bulk dichtheid, textuurfracties, zuurtegraad en elektrische conductiviteit.

SID	TOP	BOT	FMC	DS	BD	KLEI	LEEM	ZAND	CF	pH-H ₂ O	EC
	(cm)	(cm)	(vol%)	g/kg	(t/m ³)	(%)	(%)	(%)	-	-	µS/cm
BB01_0-17	0	17	32,2	990	1,63	15,1	19,6	65,3	ja	5,15	45,02
BB01_17-55	17	55	32,2	993	1,63	15,1	20,1	64,9	ja	6,51	171,52
BB02_0-12	0	12	28,11	993	1,70	10,1	16	73,9	ja	8,32	69,54
BB02_12-40	12	40	29,31	990	1,69	20,2	26,2	53,6	ja	8,39	104,99

////////////////////////////////////

BB11_0-16	0	16	15,63	994	1,40	3	4,7	92,2		7,83	120,41
BB11_16-50	16	50	11,64	996	1,25	2,5	5,6	92		8,72	76,95
BB11_50-100	50	100	14,15	995	1,30	3,7	7,7	88,6		8,76	67,98
BB15_0-14	0	14	15,89	996	1,66	3,6	4,8	91,6		4,41	118,6
BB15_14-60	14	60	12,36	996	1,68	7,1	7,7	85,3		4,16	88,26
BB15_60-100	60	100	32,84	998	1,63	3,6	5	91,3		4,59	61,37
BB16_0-17	0	17	32,1	979	1,31	18,9	20,2	60,9		5,88	196,83
BB16_17-30	17	30	28	993	1,62	9,6	15,4	75	ja	5,68	99,54
BB16_30-100	30	100	31	960	1,16	25,5	59,3	15,2		7,63	381,06
BB17_0-15	0	15	54,3	990	1,18	6	8,7	85,3		7,85	302,77
BB17_15-50	15	50	38,0	995	1,33	4,3	13,5	82,2		7,26	209,08
BB17_50-100	50	100	56	996	1,35	5,1	17,3	77,5		7,83	162,72
BB18_0-30	0	30	32,5	992	1,50	9,4	12,9	77,7	ja	NA	NA
BB18_30-45	30	45	36,1	992	1,65	11,4	17,1	71,5	ja	7,18	99,97

TOP en BOT geven de boven en ondergrens (cm) van de bodemlaag aan waaruit staal genomen is; FMC (vol%) is het bodemvochtgehalte bij staalname, DS de droge stof factor (luchtdroog/ovendroge massa), BD is bulk densiteit, KLEI, LEEM en ZAND zijn de textuurfracties bepaald met Laserdiffractie, CF (Coarse fragments) geeft aan of er partikels > 2 mm voorkomen in staal, pH-H2O is de zuurtegraad in 1:5 m/V water extract en en EC de elektrische geleidbaarheid in zelfde extract.

Ook de bodemzuurtegraad (pH-H₂O) is vrij variabel over het terrein en varieert tussen 4,16 en 8,89, met een gemiddelde van 7,38 ± 1,37. Sommige profielen zijn duidelijk zuur (zoals BB15), terwijl andere duidelijk basisch (BB02 en BB03) zijn, nl op het asbeststort. Dit bevestigt voorgaande waarnemingen. De meeste profielen zijn neutraal tot basisch.

Opmerkelijk is de grote variatie in elektrische geleidbaarheid (EC), die varieert van 45 µS/cm tot 1817 µS/cm, gemiddeld 265 ± 397 µS/cm. Merk op dat de hoge EC waarden (> 1000 µS/cm) steeds gerelateerd zijn met hoge kleigehalten (> 25%) wat aangeeft dat voorkomen van Boomse klei hier wellicht een rol speelt. Er komen echter ook stalen voor met een hoog kleigehalte waar de EC wel normale waarden aangeeft (< 200 µS/cm).

////////////////////////////////////

Tabel 3.8. Gehalte aan organisch materiaal, totale koolstof (TOC), microbiële koolstof (HWC), totale stikstof (TN) en C:N verhouding van de bodemstalen uit de profielboringen

SID	TOP	BOT	LOI550	TOC	HWC	TN	C:N
	(cm)	(cm)	(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(g/kg)	
BB01_0-17	0	17	38,04	19,7	657,4	1,02	19,3
BB01_17-55	17	55	27,42	16,8	167,5	0,73	23,0
BB02_0-12	0	12	24	14,2	232,2	0,68	20,9
BB02_12-40	12	40	29,31	14,1	217,1	0,78	18,1
BB02_40-70	40	70	32,15	9,6	124,9	0,61	15,7
BB03_0-20	0	20	41,21	22,7	610,7	1,51	15,0
BB04_0-16	0	16	48,72	24,8	695,3	1,79	13,9
BB04_16-39	16	39	5,61	2,5	62,9	0,26	9,6
BB04_39-100	39	100	9,68	4,4	149,8	0,42	10,5
BB06_0-10	0	10	80,09	39,2	566,2	2,65	14,8
BB06_10-50	10	50	38,76	21,2	238,4	1,34	15,8
BB06_50-100	50	100	43,06	12,4	99,4	0,98	12,7
BB07_0-10	0	10	9,55	3,6	164,6	0,41	8,8
BB07_10-27	10	27	78,65	38,7	314,7	2,61	14,8
BB07_27-120	27	120	7,59	3	103,5	0,31	9,7
BB08_0-37	0	37	31,2	16,1	341,4	1,15	14,0
BB08_37-70	37	70	21,2	15,3	188,0	0,88	17,4

BB06_0-10	306	2466	4358	1595	709	69,0	6511	15545	347,3
BB06_10-50	349	2164	2638	1222	422	66,4	5240	16041	185,3
BB06_50-100	339	8425	4905	5379	5737	372,4	28857	28936	172,2
BB07_0-10	153	1767	727	916	96	<50	4403	10823	42,7
BB07_10-27	1343	5649	19035	4664	2463	264,5	20529	36145	520,3
BB07_27-120	144	1926	2231	892	1030	<50	3009	8494	90,4
BB08_0-37	461	2794	7847	1847	301	68,6	5580	13989	223,8
BB08_37-70	415	3158	13626	2098	295	108,1	5826	14994	234,8
BB08_70-100	408	3204	14130	2056	319	134,2	5869	15554	217,4
BB09_0-16	565	3303	16582	2387	1173	452,9	7659	16215	372,6
BB09_16-50	535	3125	14128	1931	468	376,2	5772	14969	255,0
BB09_50-90	419	3325	12442	2035	489	260,0	5506	14612	199,9
BB10_0-10	353	3442	3109	1428	385	<50	3980	12597	114,1
BB10_10-60	260	3311	2678	1376	130	<50	3408	13975	121,7
BB10_60-100	563	8879	7984	5312	2895	215,2	21296	38335	172,1
BB11_0-16	294	2960	4305	1367	199	<50	3607	12212	139,2
BB11_16-50	263	3003	6211	1267	79	51,6	3469	13350	196,5
BB11_50-100	329	2845	7096	1324	82	56,8	3528	13370	178,9
BB15_0-14	154	1592	216	699	188	<50	2438	8607	34,8
BB15_14-60	171	2370	188	1041	276	<50	4827	11197	60,8

Tabel 3.10. Zware-metaalconcentraties in de bodemstalen uit de profielboringen

SID	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Se	Zn
	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)
BB01_0-17	0,36	3,83	25,1	13,03	8,25	23,38	<1,5	62,1
BB01_17-55	0,14	3,06	13,8	15,78	6,9	26,76	<1,5	46,0
BB02_0-12	0,43	4,11	14,7	21,21	8,03	126,24	<1,5	143,7
BB02_12-40	0,34	5,92	31,3	17,97	14,64	67,85	<1,5	117,8
BB02_40-70	0,31	7,34	53,3	27,46	23,45	133,89	<1,5	169,0
BB03_0-20	1,79	2,43	13,8	14,24	4,86	66,42	<1,5	107,9
BB04_0-16	0,15	2,27	19,6	3,42	3,09	17,63	<1,5	74,4
BB04_16-39	0,16	2,25	12,7	4,56	2,86	18,11	<1,5	115,4
BB04_39-100	<0,1	2,26	16,9	1,66	2,67	9,27	<1,5	43,0
BB06_0-10	0,26	5,96	21,1	6,61	24,16	7,68	<1,5	37,7
BB06_10-50	0,17	3,86	14,4	8,18	11,86	16,02	<1,5	32,7
BB06_50-100	0,28	8,46	62,8	16,45	23,7	1,41	<1,5	52,2
BB07_0-10	<0,1	1,96	11,6	3,45	3,66	7,12	<1,5	13,1
BB07_10-27	0,89	10,87	51,1	20,74	27,86	30,3	<1,5	185,8
BB07_27-120	<0,1	2,23	11,6	1,49	3,4	3,53	<1,5	22,2
BB08_0-37	0,12	4,05	20,6	3,58	6,1	7,77	<1,5	46,7
BB08_37-70	0,17	3,8	22,8	4,87	6,09	15,17	<1,5	74,0
BB08_70-100	0,23	3,95	23,3	5,37	5,84	15,04	<1,5	87,8

//

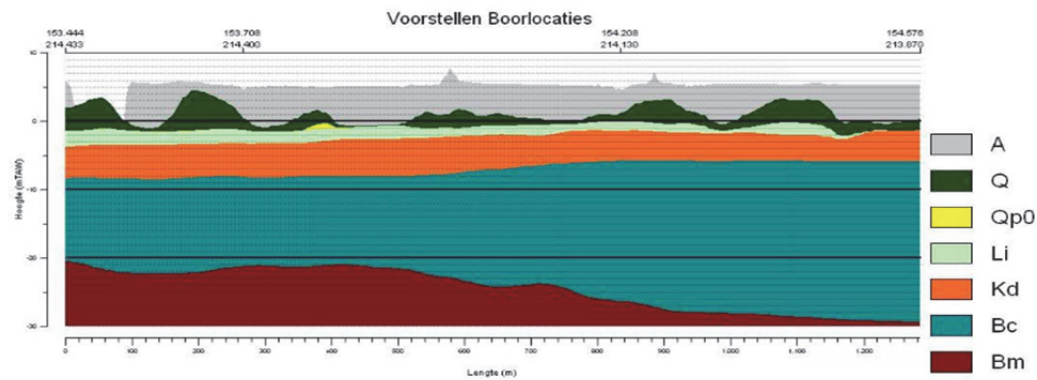
3.2.2.2 Geologische substraten Oosterweel

Het was niet evident om op korte termijn aan representatieve stalen en relevante bodemkundige gegevens te geraken van Oosterweel substraten. Het betreft substraten die zullen vrijkomen bij uitgravingen van het Oosterweel-knooppunt en de Oosterweeltunnels (zone Kanaaltunnel en Den Dam zijn het meest representatief) (Figuur 19).



Figuur 19. Overzichtskaartjes (a) Oosterweeltracé en (b) Oosterweelknooppunt en aansluiting op E19 Noord/R1

Via Lantis konden geen grondstalen verkregen worden wegens niet meer beschikbaar (Comm Kjeld Vandeputte, Lantis, 26/11/2019). Alle stalen worden slechts 5 weken bijgehouden en er stond geen verdere bemonstering van de diepere lagen op het programma. Wel werden twee boringen uitgevoerd

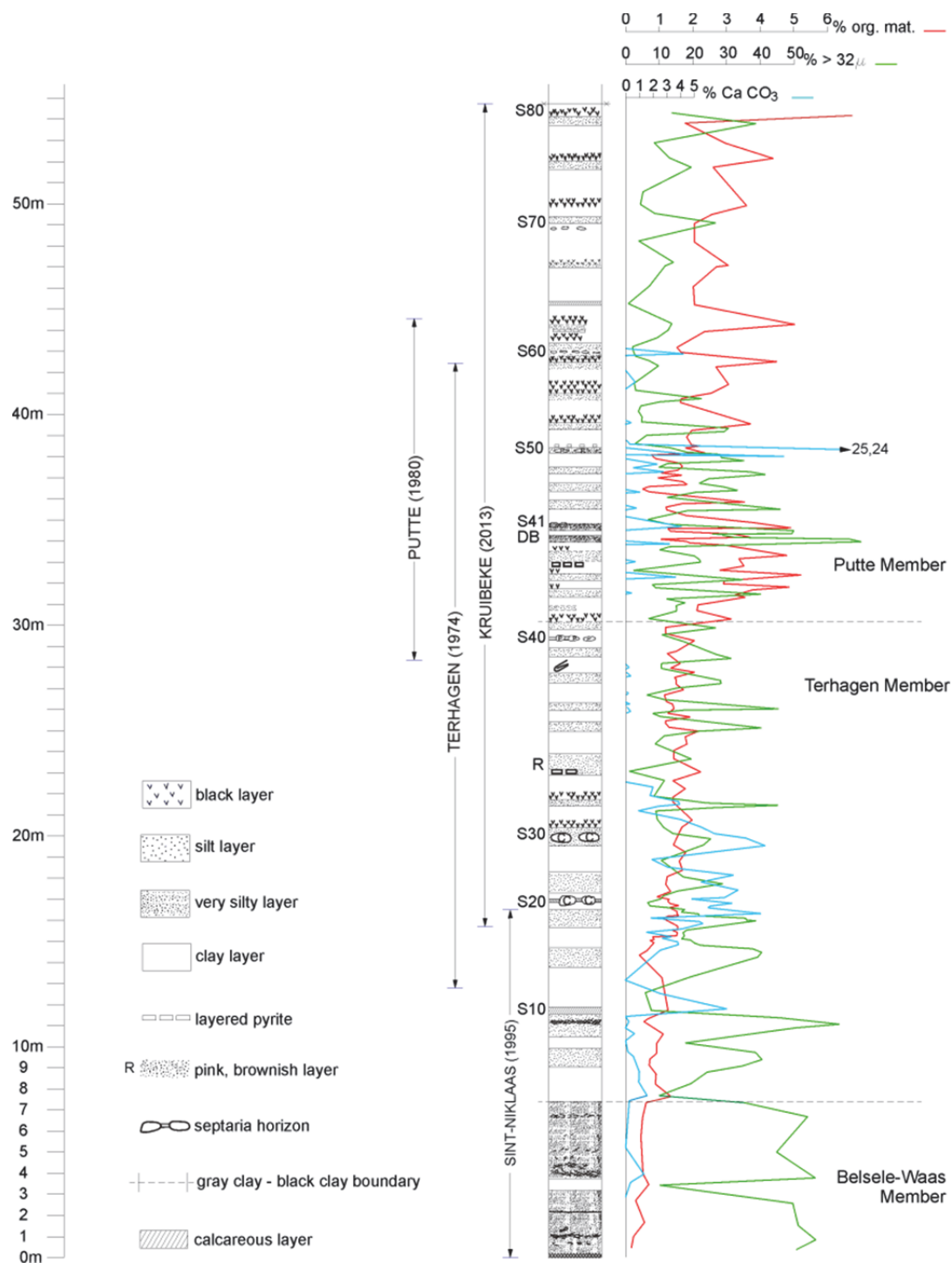


Figuur 21. Schematische voorstelling van de geologische opbouw van een beperkte zone in het Oosterweeltraject. De volledige trajecten zijn weergegeven in Hoofdstuk 4.5.1.

De formatie van Boom (Boomse klei) wordt niet over het gehele Oosterweeltraject aangetroffen binnen de ontgravingsdiepte. De Boomse klei is wel een belangrijk substraat en is opgebouwd uit verschillende strata (Figuur 22). Door het bedrijf Wienerberger wordt de Boomse Klei ontgraven in 4 lagen, waarvan we typische stalen hebben verkregen voor analyse. Laag 1 komt overeen met de top van het Lid van Putte, laag 2 met de onderkant van dit Lid. Laag 3 is het bovenste deel van het Lid van Terhagen en laag 4 de onderkant van dit Lid. Het Lid van Belsele-Waas zit onder de vergunde exploitatie-diepte en wordt derhalve niet ontgraven.

Merk op dat er wel wat variatie is aan organisch materiaal en kalkgehalte in de Boomse klei lagen, alsook van de textuurfractie $> 32\mu\text{m}$ (licht leem- en zandfractie).

Het organisch materiaal varieert tussen 1 en 5% DS, het carbonaatgehalte van minder dan 1 % tot pieken van 25.2 % in kalkhoudende lagen (S50 in figuur 20) in het Lid van Putte. De zwaarste kleilagen (hoge klei en fijne siltfractie $< 32\mu\text{m}$, lage $> 32\mu\text{m}$ fractie) vertonen minder dan 20% aan fractie $> 32\mu\text{m}$. Er komen ook gelaagde pyrietconcreties voor en septaria horizonten. Vooral het voorkomen van pyriet heeft belangrijke ecotechnische consequenties wanneer dit oxideert.



Figuur 22. Log van de Boomse Klei. De lijn van "Terhagen (1974)" komt overeen met het pakket dat in de Wienerberger groeve wordt aangetroffen (afbeelding uit Vandenberghe & Van Echelpoel, 1987).

Volumemassa van geolagen

Om richtwaarden te krijgen van de volumemassa zijn er gegevens van Geolab (Tabel 3.12) en de eigen waarnemingen van de Talboom *liners* (Tabel 3.13). Opvallend is dat de volumemassa (*in situ*) niet veel verschilt tussen de geolagen onderling en varieert rond de 2 ton versgewicht per m³. Er is geen substantieel verschil tussen de metingen die we uitvoerden op de geolineren en deze van Geolab, die bekomen werden door het *subsampelen* van staal nadat het uit de steekhuls werd gehaald. De (droge) bulk densiteit op basis van Geolab data varieert van 1.56 t/m³ (Fm van Lillo) tot 1.7 t/m³ (Fm van Berchem).

Tabel 3.12. Gemiddelde volumemassa, Bulk density en vochtgehalte op basis van Geolab data

Geolaag	Diepte (m)	Volumemassa (t/m³)	Bulk density (t/m³)	Vochtgehalte (%)
Fm van Lillo	6,5 - 11,4	1,95	1,56	25,0
Fm van Kattendijk	16,5 - 17	2,00	1,59	25,7
Fm van Berchem Lid van Antwerpen	19 - 25	2,06	1,70	20,9
Fm van Berchem Lid van Edegem	29,5 - 30	2,06	1,69	21,7

Tabel 3.13. Geschatte volumemassa op basis van Talboom liners (eigen bepalingen)

Geolaag	Diepte (m)	n	Gemiddelde (t/m³)	Bereik (t/m³)
Fm Gent	0 - 2	3	2,02	1,96 - 2,0
Fm Rozebeke, Kruishoutem	2 - 4	2	1,93	1,91 - 1,94
Fm Lillo en Poederlee	4 - 6	2	1,98	1,97 - 1,99
Fm Kattendijk en Kasterlee	6 - 7	2	2,08	1,97 - 2,18
Fm Diest	7 - 9,6	4	2,14	2,08 - 2,19
Fm Berchem en Voort	9,6 -16	13	2,12	1,96 - 2,24

Deze gemiddelde cijfers en waargenomen bereiken zijn belangrijk voor de inschatting van het te bergen volume met deze geologische substraten.

Glaucopietgehalte

Het glauconietgehalte werd recent bepaald door Geolab op 8 stalen uit boring Geo-18/132-B5. De gemiddelde waarden en bereik zijn weergegeven in Tabel 3.14.

Tabel 3.14. Massa-aandeel aan glauconiet (in massa%) van enkele formaties

Geolaag	Diepte (m)	n	Gemiddeld glauconiet gehalte (%)	Bereik (%)
Fm van Lillo	6,5 - 11,4	3	6,4	5,2-8,7
Fm van Kattendijk	16,5 - 17	1	18,5	-
Fm van Berchem Lid van Antwerpen	19 - 25	3	43,3	39-46
Fm van Berchem Lid van Edegem	29,5 - 30	1	17,3	-

De formatie van Lillo bevatte duidelijk het laagste glauconietgehalte. Bij zanden van Kattendijk was er slechts één waarneming van 18,5% wat vergelijkbaar was met het glauconietgehalte van Fm van Berchem-Lid van Edegem. Het hoogste gehalte wordt aangetroffen in de Fm van Berchem-Lid van Antwerpen met tot 7x meer glauconiet dan in de Fm van Lillo. De variatie tussen de Formaties is dus substantieel.

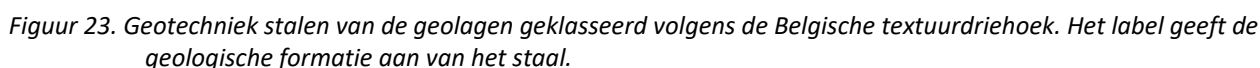
Bodemkundige eigenschappen van de geostalen

Op basis van de analyses van de Geotechniek stalen en de Boomse klei uit de groeve kunnen de bodemkundige eigenschappen van de geolagen ingeschat worden. Figuur 23 en Tabel 3.15 geven informatie over de textuurfracties. Zoals verwacht zijn de formaties van Kattendijk en Berchem het meest zandig. De Fm van Lillo zit in de textuurklasse lichte klei (E) en de Boomse klei is uiteraard zware klei (U).

Opgemerkt dient wel dat glauconiet zich als pseudo-partikels kan gedragen bij een textuuranalyse, waarbij eigenlijk kleideeltjes meegerekend worden als zandfractie. Dit is afhankelijk van de mate van dispersie bij de chemische voorbehandeling of ultrasoonbehandeling bij laserdiffractie. Dit kan voor Bc stalen met het hoge glauconietgehalte zeker het geval zijn, waardoor die ook kan geklasseerd worden als zandleem (L) of lichte klei (E) (Tabel 3.15).

Bodemecologisch gezien gedraagt glauconiet zich als zandkorrels (fysicochemisch) dus sluit deze indeling aan bij de realiteit. De Boomse klei heeft gemiddeld de hoogste klei- én leemfractie vandaar dat in steenbakkerijen ook de 32 µm fractiegrens (klei+zwaar leem) gebruikt wordt.

Over het algemeen zijn de texturen van de onderzochte geostalen iets zwaarder (fijnere granulometrie) dan de texturen van de actuele bodems in het projectgebied (vergelijk Figuur 23 met Figuur 18).



Textuur	Z	S	P	L	A	E	U
Omschrijving	Zand	Lemig zand	Licht zandleem	Zandleem	Leem	Lichte klei	Zware klei
Li	-	-	-	-	-	4	-
Kd	1	8	-	3	-	1	-
Bc	2	1	-	2	-	1	-
Bm	-	-	-	-	-	-	4

Heel belangrijk is de gemiddeld hoge basische pH van de Formaties Li, Kd en Bc en de eerder neutrale pH van de Boomse klei. Kattendijk heeft van die stalen de meest homogene pH.

De elektrische geleidbaarheid van de onderzochte geolagen (Stalen Geotechniek) varieert van gemiddeld 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Kd) tot 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Bm). Merk op dat de hoogste EC waarden voorkomen in Bc en Bm geolagen tot maximaal 1254 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hogere waarden worden verwacht dichterbij de Schelde.

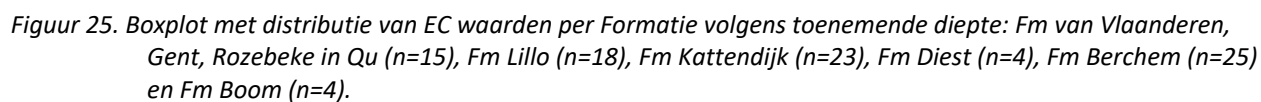
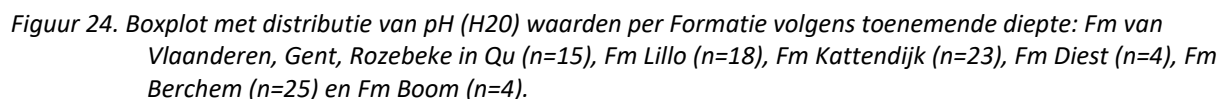
Tabel 3.16. Basissenmerken textuur, pH en EC van de tertiaire geolagen van de Geotechniek stalen, gerangschikt volgens Formaties

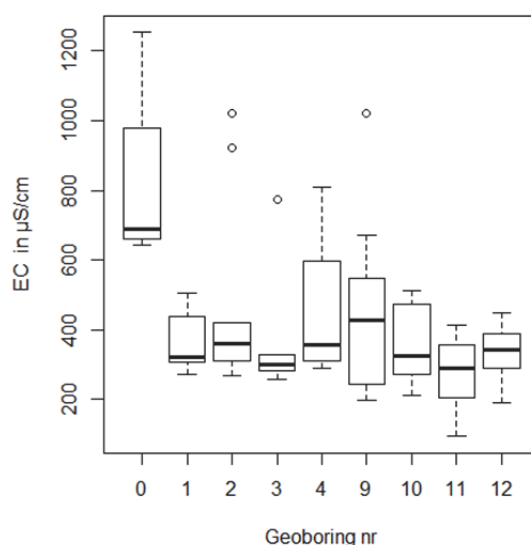
Variabele	Statistiek	Li	Kd	Bc	Bm
Aantal Obs	N	4	13	6	4
Klei (%)	Gemiddelde	23.8	11.7	14	45.6
	Stdev	5.5	4.0	5.5	6.2
	Min-Max	18.9-30.1	6.1-20.4	7.5-21.3	39.5-52.3
Leem (%)	Gemiddelde	27.5	15.9	12.8	45.3
	Stdev	6.1	5.9	5.8	5.6
	Min-Max	18.5-31.7	9.8-29.7	6.2-21.1	40-51.8
Zand (%)	Gemiddelde	48.7	72.4	73.2	9.0
	Stdev	9.9	8.5	10.6	2.0
	Min-Max	40.1-62.6	58.4-84.1	61.6-86.3	6.3-10.6
pH-H ₂ O	Gemiddelde	8.2	8.4	8.3	7.5
	Stdev	0.2	0.1	0.3	0.2
	Min-Max	7.9-8.4	8.2-8.7	7.9-8.7	7.2-7.7
EC (μS/cm)	Gemiddelde	618	320	543	820
	Stdev	288	49.2	298	291
	Min-Max	273-922	259-439	299-1022	644-1254

Gezien het zeer belangrijk is te weten in welke mate de geolagen die in aanmerking komen voor de landschapsreconstructie niet te veel opgeloste zouten bevatten werd van alle beschikbare geoboringen (n= 89 stalen) de pH-H₂O en EC gemeten. Wanneer opgesplitst naar geologische Formaties, waarbij de Formaties van Vlaanderen, Gent en Rozebeke worden ingedeeld bij het Quartair (Qu), is de opdeling van de pH en EC weergegeven in de boxplot figuren 24 en 25.

De hoge basische pH van alle formaties wordt nogmaals aangetoond, met uitzondering van de Boomse klei hebben alle andere formaties een pH-H₂O tussen 8 en 9, met een paar uitschieters tot pH 11 en meer. De elektrische geleidbaarheid is voor alle onderzochte stalen van de Quartaire formaties en de formaties Li, Kd, Di en Bc onder de 1000 μS/cm, behoudens een paar uitschieters. Het is vooral de Boomse klei die hogere EC waarden optekent (Figuur 25). Wanneer we de distributie van de EC waarden per boring bekijken (Figuur 26), met de boor-nummers aangeven op kaart in figuur 20, dan zien we weinig significante verschillen tussen de boorlocaties over het gehele Oosterweeltraject en springt enkel boring 0 in de Wienerberger kleigroeve er uit.

////////////////////////////////////





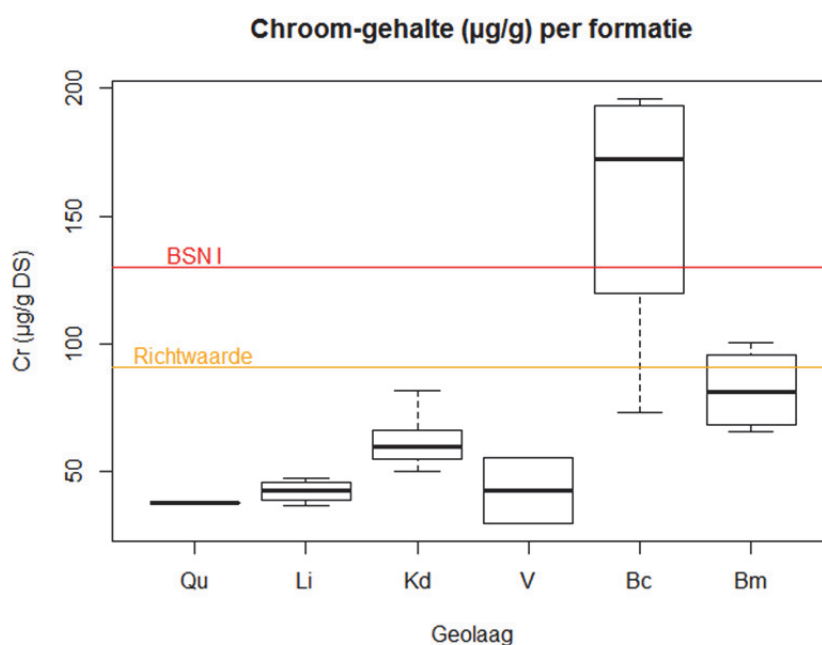
De veenstalen (Tabel 3.17) hebben uiteraard het hoogste organisch gehalte (44%). Ook de Boomse klei heeft een hoge LOI, maar dat is deels te verklaren door verlies aan interstitieel water, dus deze LOI wijst niet alleen op organisch materiaal maar ook klei-aandeel. Kattendijkse zanden hebben slechts gemiddeld 1.7% aan organisch gehalte. De koolstofwaarden wijzen op totale C, dus organische (TOC) én inorganische C (TIC). Het aandeel TOC kan geschat worden als de helft van LOI550. Het C-gehalte is duidelijk het laagst in Kd en Bc.

Variabele	Statistiek	Li	Kd	Bc	Bm	Veen
Aantal Obs	N	4	13	6	4	2
LOI550 (g/kg)	Gemiddelde	29,0	17,1	24,9	51,1	440
	Stdev	5,0	2,3	4,1	8,7	9,1
	Min-Max	22,3-34,1	14,4-23,2	20,0-30,2	44,3-63,1	434-446
TC (g/kg)	Gemiddelde	35,7	12,4	4,5	16,0	274
	Stdev	7,8	4,1	2,3	4,6	41,9

- Ook het metaal Lood situeert zich voor alle geostalen ver onder de streefwaarde en vormt dus geen enkel probleem
- Ook het metaal Nikkel situeert zich voor alle geostalen ver onder de streefwaarde en vormt dus geen enkel probleem
- Ook het metaal Zink situeert zich voor alle geostalen ver onder de streefwaarde en vormt dus geen enkel probleem

Het zwaar metaal Se komt overal onder de bepaalbaarheidsgrens voor ($<1 \mu\text{g/g}$). Kobalt (Co) komt iets verhoogd voor in Boomse klei ($10\text{--}12,8 \mu\text{g/g}$) tegenover de andere geolagen die allemaal minder dan $8 \mu\text{g/g}$ Co vertonen.

Dus enig aandachtspunt wat betreft zware metalen in de geolagen die onderzocht werden (stalen Geotechniek) is er voor de zware metalen As en Cr: Arseen in de veensubstraten en Cr vooral in de lagen uit de Fm van Berchem. Zoals in figuur 27 aangegeven overstijgt de concentratie de bodemsaneringsnorm (BSNI) voor trivalent Cr. Met uitzondering van Boomse klei blijven de stalen uit alle andere formaties onder de richtwaarde.



Figuur 27. Boxplot met Cr-gehalten van de geolagen geschikt per formatie.

3.2.3. Strooiselkwaliteit

In een boscossysteem is het strooisel een goede toestandsindicator. Het strooiseltype (mull, moder, mor) geeft de snelheid van mineralisatie weer en dus de *turnover* van nutriënten. De chemische samenstelling van het strooisel vertelt iets over de hoeveelheid nutriënten die erin opgeslagen liggen én is een graadmeter voor verontreiniging, in het bijzonder voor zware metalen (De Vos et al. 1997, 2006).

Tabel 3.19 geeft de chemische samenstelling aan macro-elementen in de strooisellaag, alsook de C:N en C:P ratio's.

De meeste strooiselmonsters zijn hoofdzakelijk organisch, terwijl deze met LOI550 < 500 g/kg een behoorlijk aandeel minerale deeltjes bevatten. De C-gehalten worden verder gebruikt voor de schatting van de C-stock aanwezig in het strooiselcompartiment. De koolstof-stikstof verhoudingen liggen in een normale range (20-30), hoe lager, hoe sneller het strooisel zal mineraliseren ('verteren').

De meeste macro-elementen liggen binnen de normale, te verwachten range zoals aangegeven door de mediaan en P99-referentiewaarden voor Vlaamse bossen. Opmerkelijk echter is het S-gehalte van strooisel op site FF-P4, gecombineerd met een zeer hoog Fe gehalte. De combinatie wijst op de aanwezigheid van oxidatieproducten van pyriet, die in Boomse klei voorkomt.

Tabel 3.19. Macro-elementen in de onderzochte strooisellagen en hun C:N en C:P verhoudingen.
Mediaanwaarden en 99^e percentiel (P99) waarden voor strooisellagen in Vlaanderen worden meegegeven ter referentie.

Tabela 1. Rezultati analize koncentracije elemenata u zemljištu															Tabela 2. Rezultati analize koncentracije elemenata u zraku		
Nr		SID	DS	LOI550	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Al	Mn	C:N	C:P
				g/kg	g/kg	g/kg	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g		
1	BB01	921,4	820	477	14,8	1136	2180	20495	2163	165	1628	2720	1415	628		32,3	419,5
2	BB02	950,7	450	357	12,8	1138	2064	15586	1904	169	1255	12036	3638	182		27,8	313,5
3	BB03A	949	479	417	15,9	1076	3317	19086	1667	177	1361	3622	2391	87		26,2	388,5
4	BB03B	946,2	484	400	16,4	1162	3749	18848	1722	200	1476	4604	3217	81		24,3	344,5
5	BB04	944,2	610	420	14,4	816	1955	14512	1348	82	1382	4400	1629	126		29,1	514,5
6	BB06	924,7	701	478	15,4	1299	1717	25406	1785	138	2088	3894	2002	613		31,1	368,5
7	BB07	925,9	742	454	15,3	1524	2752	25403	2225	144	2032	7476	4038	523		29,7	297,5
8	BB08	972,6	210	165	8,8	856	2503	12634	1948	76	1089	10905	5376	214		18,8	192,5
9	BB09	936,8	578	418	13,7	1066	2620	24470	2231	242	1673	5311	3253	177		30,5	391,5
10	BB10	948,1	415	386	19,1	1225	2830	22812	1983	100	2255	7256	2441	397		20,2	314,5

Tabel 3.20. Resultaten en evaluatie van verontreinigingsgraad van de strooiselstalen (n=21 stalen).

Nr	SITE	SID	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Cd	As	Co	Se
			µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
1	BB01	BB01	20,9	4,7	17,0	7,3	436	4,34	<1,5	2,43	<1,5
2	BB02	BB02	20,3	8,9	59,2	6,4	262	1,20	5,39	2,43	<1,5
3	BB03	BB03A	19,0	7,3	34,6	3,7	119	0,86	3	1,08	<1,5
4	BB03	BB03B	16,7	8,9	37,6	4,5	88	0,82	3,47	1,53	<1,5
5	BB04	BB04	12,8	7,7	10,9	2,4	177	0,60	<1,5	1,09	<1,5
6	BB06	BB06	16,8	6,3	10,3	17,2	308	0,94	<1,5	3,10	<1,5
7	BB07	BB07	18,8	10,1	11,7	16,3	406	1,46	3,67	4,37	<1,5
8	BB08	BB08	9,9	15,1	8,3	6,7	146	0,66	5,31	3,35	<1,5
9	BB09	BB09	13,0	9,2	5,5	5,1	226	0,74	2,82	2,24	<1,5
10	BB10	BB10	18,0	9,3	15,8	3,5	382	1,44	2,06	2,62	<1,5
11	BB11	BB11	14,3	10,5	13,0	3,2	336	1,31	2,03	1,59	<1,5
12	BB15	BB15A*	14,6	5,7	12,7	4,8	233	0,78	<1,5	1,36	<1,5
13	BB15	BB15B	12,7	7,5	13,9	4,7	197	0,77	2,46	1,55	<1,5
14	BB16	BB16A	40,2	11,0	30,4	12,7	215	1,40	5,08	4,40	<1,5
15	BB16	BB16B	47,1	12,0	42,3	12,7	209	1,74	5,61	4,79	<1,5
16	BB17	BB17	15,6	6,1	13,6	23,2	346	1,30	3,14	10,60	<1,5
17	BB18	BB18	16,1	10,3	24,4	5,4	214	1,10	2,71	2,09	<1,5

18	FF_P1	FF_P1	19,5	12,8	10,5	7,6	419	3,87	<1,5	1,55	<1,5
19	FF_P2	FF_P2	12,6	18,8	8,1	8,8	227	1,80	<1,5	1,89	<1,5
20	FF_P3	FF_P3	14,7	15,5	10,1	9,7	299	1,57	<1,5	1,42	<1,5
21	FF_P4	FF_P4	30,1	17,7	18,3	18,5	458	2,38	2,39	4,95	<1,5

Stalen A en B zijn replicates van zelfde veldstaal, met uitzondering van BB15A dat hoofdzakelijk bestaat uit mos terwijl BB15B uit de onderliggende strooisellaag (LFH) bestaat.

De hoogste strooisel-contaminatieindex (SMCI) van 0.33 is voor site BB01, terwijl over alle sites de SMCI gemiddeld 0.16 is. Dit betekent dat op basis van de strooisellaag de bosecosystemen slechts in beperkte mate verontreinigd zijn. Zn is ecotoxologisch gezien niet zo een problematisch metaal, Cd en Cu daarentegen kunnen meer ecosysteemschade aanbrengen.

3.2.4. Dendrometrie en vegetatie

Het bos in het projectgebied heeft vele kenmerken van een jong, spontaan ontstaan pionierbos met een leeftijd van hooguit enkele decennia. De dendrometrische variabelen wijzen in die richting: het stamtal is hoog (1261 bomen per ha), maar het grondvlak (11,7 m²/ha) en de bovengrondse voorraad (77,4 m³/ha) zijn laag (Tabel 3.21). De aanwezige bomen hebben overwegend kleine dimensies: in de proefvlakken werd zelden een gemiddelde diameter van meer dan 20 cm gemeten. De smalbladige wilgen (wellicht vooral *Salix alba*), die relatief snel groeien, hebben de grootste dimensies. De hoogte van de dominante bomen bedraagt zelden meer dan 18 m.

De gemiddelde voorraad van het bos (77,4 m³/ha) is aanzienlijk lager dan het Vlaamse gemiddelde (274 m³/ha), dat op basis van de tweede bosinventarisatie werd gemeten (Govaere 2020). De 13 proefvlakken in het projectgebied vertonen echter een aanzienlijke variabiliteit, met een bovengrondse voorraad die varieert tussen 28,1 m³/ha en 168,7 m³/ha. Dit resulteert in een hoge standaarddeviatie van 44,8 m³/ha op de gemiddelde houtvoorraad.

Pionierboomsoorten, met name wilgen en berken, zijn dominant in wisselende verhoudingen. Globaal nemen berken en smalbladige wilgen samen ruim 60% van het stamtal, en ruim 80% van het grondvlak en het volume voor hun rekening (figuur 29, tabel 3.21). Opgaande smalbladige wilgen, vooral schietwilgen (*Salix alba*), domineren in de lager gelegen delen van het projectgebied (bvb BB09, BB10). De breedbladige wilgen zijn vooral boswilgen (*Salix caprea*), die deel uitmaken van de onderetage. Berken hebben de overhand op de drogere standplaatsen (bvb BB11) en daar gaat het vooral om ruwe berk (*Betula pendula*).

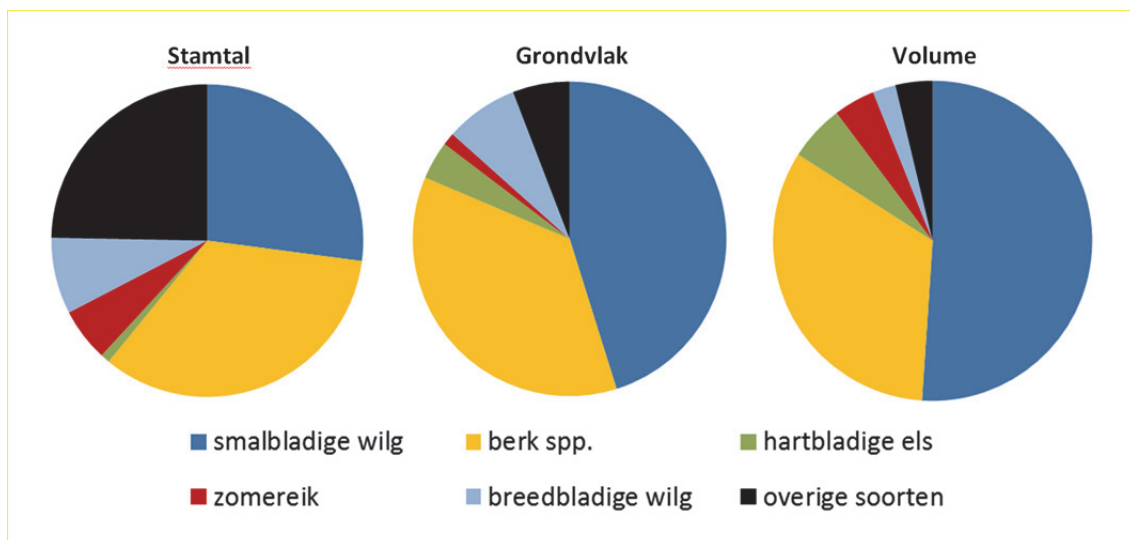
Op vochtige tot natte standplaatsen, vaak in menging met smalbladige wilgen, vinden we eveneens berken met kenmerken van zachte berk (*Betula pubescens*) (zie bvb BB01). Lokaal komen onder de berken *Cladonia* korstmossen voor (Foto 3.22).

Naast berken en wilgen vinden we in het projectgebied frequent zomereik, gewone esdoorn, hazelaar, rode kornoelje, gewone vlier, es, Spaanse aak en hartbladige els, een mediterrane soort. Spaanse aak en wellicht ook hartbladige els zijn op en naast het asbeststort aan de westkant van het studiegebied aangeplant, tegen de steilrand die wordt begrensd door de Bosstraat - Nachtegaalstraat.

////////////////////////////////////



De overige soorten vestigden zich spontaan in het gebied, vermoedelijk ook vanuit de omgevende tuinen, beplantingen en bossen. Hierbij occasioneel ook exoten, zoals Amerikaanse vogelkers, vlinderstruik, en haagliguster.



pitrus	<i>Juncus effusus</i>	4	1
fijn laddermos	<i>Eurhynchium praelongum</i>	3	12
hop	<i>Humulus lupulus</i>	3	2
ijle zegge	<i>Carex remota</i>	3	3
mannetjesvaren	<i>Dryopteris filix-mas</i>	3	1
riet	<i>Phragmites australis</i>	3	14
brede stekelvaren	<i>Dryopteris dilatata</i>	2	7
Canadese fijnstraal	<i>Conyza canadensis</i>	2	2
gewoon struisriet	<i>Calamagrostis epigejos</i>	2	2
geoord helmkruid	<i>Scrophularia auriculata</i>	2	1
gewone smeewortel	<i>Symphytum officinale</i>	2	1
hondsdrif	<i>Glechoma hederacea</i>	2	7
akkerdistel	<i>Cirsium arvense</i>	1	1
bijvoet	<i>Artemisia vulgaris</i>	1	1
dagkoekoeksbloem	<i>Silene dioica</i>	1	2
wilgenroosje	<i>Epilobium angustifolium</i>	1	1
harig wilgenroosje	<i>Epilobium hirsutum</i>	1	2
hoge cyperzegge	<i>Carex pseudocyperus</i>	1	1
Japanse duizendknoop	<i>Fallopia japonica</i>	1	40
kale jonker	<i>Cirsium palustre</i>	1	1
klimop	<i>Hedera helix</i>	1	1
kruipende boterbloem	<i>Ranunculus repens</i>	1	1
pinksterbloem	<i>Cardamine pratensis</i>	1	1
robertskruid	<i>Geranium robertianum</i>	1	1
smalle weegbree	<i>Plantago lanceolata</i>	1	1
vergeet-me-nietje	<i>Myosotis</i> spp.	1	13

////////////////////////////////////

3.2.5. Waterkwaliteit

3.2.5.1 Algemene situering

In het studiegebied zijn 11 watervlakken aanwezig (Watervlakken 1.0; Packet et al. 2018) met een totale oppervlakte van 4,04 ha (Figuur 32). Op basis van de waterstand en de aanwezige vegetatie is na een eenmalig veldbezoek (18/02/2020) uitgemaakt dat 3 plassen (RUMBOO0004, -0006, -0010) eerder een periodiek karakter vertonen en doorgaans enkel in het winterhalfjaar water zullen bevatten. Ze hebben een eerder moerasig karakter en de oppervlakte open water is zeer beperkt. In de moerasvegetatie zijn eveneens niet-freatofyten aanwezig. De gezamenlijke oppervlakte van deze periodieke plassen bedraagt 1,33 ha. De oppervlakte aan permanent stilstaand water in het studiegebied bedraagt aldus 2,71 ha. Negen plassen werden bij het veldbezoek bemonsterd voor fysisch-chemische analyse van de waterkwaliteit (Figuur 32, rechts). Tevens is het algemene aspect van de vegetatie nagegaan. Gezien het tijdstip en het feit dat van de diepere plassen enkel de oevers nabij de zone (tot ca. 3-4 m diep) door harken kon worden onderzocht, moet er van uitgegaan worden dat de vegetatie-beschrijving onvolledig is. **Bijlage G** geeft foto's van de bemonsterde vijvers. Er werden geen afwateringsgrachten bemonsterd.



Figuur 32. Overzicht van de plassen in het studiegebied (rood) volgens Watervlakken 1.0 (links) en situering van de staalnamepunten voor oppervlaktewater op 18/02/2020 (rechts).

3.2.5.2 Beschrijving van de plassen en staalnamepunten

ANTBO00065

Deze plas is 3.800 m² groot, geïsoleerd en voornamelijk begroeid met riet (*Phragmites australis*); plaatselijk zijn grote lisdodde (*Typha latifolia*) of moeraszegge (*Carex acutiformis*) dominant. Verder is er tussen de helofytenvegetatie wat dwergkroos (*Lemna minuta*) aanwezig. Er werden geen ondergedoken groeiende waterplanten aangetroffen. Deze vegetaties bedekken ongeveer 85%. Ongeveer 25% is open water, verdeeld in gescheiden zones. De plas bevindt zich aan de voet van een asbeststort. Bodem en planten (riet) in de kleinere delen open water aan de noordwestzijde zijn bedekt een witgrijs sediment (zie Foto 3.27), wellicht geprecipiteerde sulfaten.



Figuur 33. Aspect van ANTBOO0065.

Daaronder vindt men een gereduceerd, slap *sapropel*. Het water is er zeer helder en maximaal 0,75 m diep (ANTBOO0065A). Een tweede monster, ANTBOO0065B, is genomen in het grootste openwatergedeelte aan de zuidwestzijde van de plas. Het troebele water vertoont hier een lichte bruinkleuring en is maximaal 0,45 meter diep. Van een bleekgekleurde neerslag hier geen spoor.

ANTRUM0007

Deze kleine, driehoekige plas (ca. 240 m²) is gelegen aan de kruising van twee bermen. Het poeltje wordt sterk beschaduwd door overhangende bomen (75%). Het is hooguit 0,47 m diep. De bodem bestaat voornamelijk uit deels vergane bladeren. Het water is troebel (geen bodemzicht, Secchi-diepte 0,27 m) wellicht als resultaat van een algenbloei. Er was nauwelijks enige vegetatie aanwezig, op enkele plantjes dwergkroos na. ANTRUM0007 werd in het midden van het plasje genomen.

ANTRUM0010

Deze plas heeft een eerder periodiek karakter. In het diepste deel van de moerassige depressie stond ca. 0,25 m zeer helder (bodemzicht) water. 90% van de depressie is begroeid door riet en verschillende

ANTRUM0047

ANTRUM0026

ANTRUM0048

ANTRUM0041

ANTRUM0171

ANTRUM0159

Deze kleine plas van 360 m² ligt aan de voet van een hoog talud naar een open, zanderig terrein. Ze is sterk beschaduwed (75%) door bomen op de oever. In de poel is dan ook veel organisch materiaal aanwezig (incl. veel dood hout). Het water is ondiep (0,35 m) en helder (bodemzicht). Plaatselijk zijn er matten van gewoon puntmos (*Calliergonella cuspidatum*), daarnaast ook verschillende exemplaren blaartrekkende boterbloem (*Ranunculus sceleratus*).

3.2.5.3. Analyseresultaten

De eenmalige bepalingen van 18/2/2000 geven hooguit de grootste verschillen tussen de verschillende plassen weer. In onderstaande zal de nadruk dan ook hier op liggen. De resultaten zijn bovendien enkel relevant voor dit tijdstip van het jaar, waarin sprake is van sterkere verdunning, lagere temperatuur en minder biologische activiteit.

De monsters van ANTBOO0065 onderscheiden zich door een extreem hoge pH en hogere concentraties carbonaat, hydroxide, kalium, natrium, aluminium, maar merkelijk minder sulfaat en magnesium, dan alle overige (Tabel 3.23). Monster A heeft een hoger ionengehalte (hoger dan alle overige monsters) en bevat aanzienlijk meer calcium, nitriet en ammonium en minder sulfaat dan monster B; vermoedelijk slaat hier calciumsulfaat neer (cf. beschrijving). De zuurstofconcentraties zijn in beide gevallen zeer laag (uittredend grondwater, verbruik door afbraak > productie door fytoplankton). Het nikkelgehalte stijgt enkel hier boven de bepalingsdrempel uit. Uitloging van het aanpalende stort is evident.

De overige monsters hebben alle een alkalische, circumneutrale (ANTRUM0007, ANTRUM0010), of zelfs zwak-zure (ANTRUM0171) pH, hoge tot zeer hoge bicarbonaatgehalten en hoge sulfaat-, calcium- en magnesium-concentraties, waarvan de oorsprong bij de aanwezigheid van gips, cement en asbest gezocht kan worden. Tussen deze monsters kunnen nog volgende verschillen genoteerd worden: een sterk verhoogde fosforconcentratie bij ANTRUM0007 en ANTRUM0010, een hoog gehalte natrium en minerale stikstof (hoofdzakelijk nitraat en ammonium) bij ANTRUM0159 (huisvuil), een zeer hoog ijzergehalte bij ANTRUM0171, zuurstofdeficiëntie bij ANTRUM0010 en ANTRUM0171 (oxidatie ijzer) en betrekkelijk veel fotosynthetisch pigment (chlorofyl en faeofytine als afbraakproduct hiervan) bij ANTRUM0007 en ANTRUM0171.

Van arseen, cadmium, cobalt, chroom, koper, lood en selenium zijn nergens bepaalbare concentraties gemeten; bij ANTRUM0007, ANTRUM0010 en vooral ANTRUM0159 wordt zink-verontreiniging vastgesteld.

Tabel 3.23. Resultaten fysisch-chemische oppervlaktewaterkwaliteit van plassen in het studiegebied; 18-2-2020 (zie Figuur 32; laboratorium INBO). Ter indicatie zijn waarden die afwijken van de BVR-norm voor een ondiep ionenrijk, alkalisch stilstaand oppervlaktewater onderstreept; let wel, deze normen gelden niet voor eenmalige bepalingen. Voor stilstaand oppervlaktewater sterk aberrante waarden, die in belangrijke mate of louter aan de aanwezigheid van gestort materiaal te wijten zijn, staan in vet (ook overige waarden kunnen hierdoor beïnvloed zijn, maar in dit geval is dit oorzakelijk minder eenduidig).

variabele en eenheid	ANTBOO 0065A	ANTBOO 0065B	ANTRUM 0007	ANTRUM 0010	ANTRUM 0047	ANTRUM 0026	ANTRUM 0048	ANTRUM 0041	ANTRUM 0171	ANTRUM 0159
temperatuur (°C)	8,5	6,6	7,1	7,6	8	8,1	7,6	7,4	9,5	7,8
pH	<u>12,7</u>	<u>11,9</u>	7,1	7,3	7,8	8,2	7,9	7,8	<u>6,4</u>	7,8
EC ₂₅ (µS/cm)	3370	1064	1589	1692	2180	1368	1329	1483	2070	2220
zuurstof (mg/L)	<u>1,7</u>	<u>4,84</u>	11,28	<u>2,15</u>	9,82	11,4	10,37	10,75	<u>2,77</u>	8,35
zuurstofverzadiging (%)	14,5	39,0	92,3	17,8	82,4	95,2	85,9	88,9	24,1	69,9

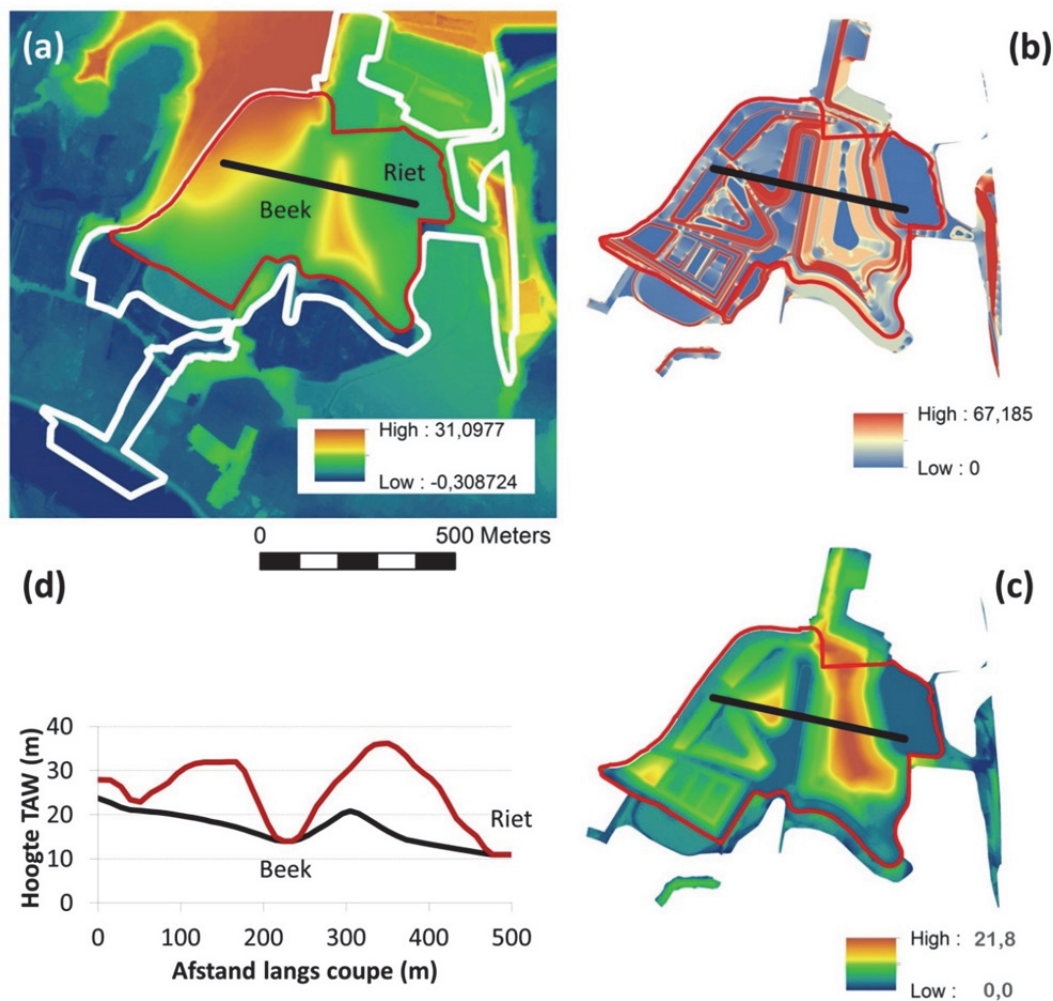
saliniteit (g/kg)	1,7	0,5	0,7	0,8	1,0	0,6	0,6	0,7	1,0	1,1
carbonaat (mg/L)	43,44	68,88	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20	<1,20
bicarbonaat (mg/L)	<1,22	<1,22	222,22	224,18	208,97	163,58	223,28	486,23	326,25	921,77
hydroxide (mg/L)	221,98	25,78	<0,36	<0,36	<0,36	<0,36	<0,36	<0,36	<0,36	<0,36
chlorofyl a (µg/l)	<5	<5	52	<5	<5	<5	39	24	49	<5
faeofytine (µg/l)	<5	<5	133	<5	5	6	60	46	138	7
zwevende stof (150°C; g/L)	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,071	<0,025
zwevende stof (550°C; g/L)	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,048	<0,025
niet-purgeerbare organische koolstof (mg/L)	19,4	23,4	24,1	14,68	8,21	9,29	12,64	15,73	12,81	26,94
absorptie 440 nm (m ⁻¹)	0,011	0,0161	0,0207	0,0181	0,0082	0,0087	0,012	0,0182	0,0881	0,0243
totaalstikstof (mg/L)	<u>7,32</u>	<u>4</u>	<u>1,66</u>	<u>7,02</u>	0,59	0,9	<u>2,58</u>	<u>1,39</u>	<u>1,84</u>	<u>22,17</u>
ammonium (mg/L)	8,01	3,77	<0,05	0,23	<0,05	<0,05	0,28	<0,05	0,88	17,41
nitriet (mg/L)	4,39	1,08	<0,05	<u>0,39</u>	<0,05	<0,05	<u>0,08</u>	<0,05	<0,05	0,92
nitraat (mg/L)	0,4	0,23	0,35	21,89	0,14	0,6	4,42	0,11	<0,1	26,15
fosfaat (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	1,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
totaalfosfor (mg/L)	0,026	0,066	<u>0,336</u>	<u>0,401</u>	0,030	0,031	0,048	<u>0,149</u>	0,037	0,031
fosfor_ICP (mg/L)	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	<0,24	0,3061	<0,24
chloride (mg/L)	59,36	67,59	62,33	41,44	30,52	57,89	58,77	60,62	55,03	83,55
sulfaat (mg/L)	45,3	112,16	638,29	747,23	1140,45	554,42	475,73	377,5	910,72	442,15
zwavel_ICP (mg/L)	17,149	36,3	192,35	225,69	297,87	173,62	143,98	121,34	280,51	138,08
calcium (mg/L)	204,11	19,35	254,99	334,02	317,32	169,2	185,86	228,14	359,62	356,87
calcium_ICP (mg/L)	180	12,4	211,3	282,2	29,8	146,8	159,9	205,4	322,7	310,2
kalium (mg/L)	94,2	84,16	44,43	20,24	22,86	21,53	18,75	26,8	12,91	49,66
kalium_ICP (mg/L)	933,262	770,749	42,738	215,556	244,929	230,261	195,212	270,811	126,265	452,515
natrium (mg/L)	115,92	116,9	36,11	34,42	36,33	53,46	51,62	59,22	48,8	78,75
natrium_ICP (mg/L)	116,99	99,16	32,87	33,89	37,94	47,43	45,35	72,57	45,53	100,06
magnesium (mg/L)	<0,1	<0,1	47,8	36,91	125,62	58,78	44,19	42,78	51,04	58,28
magnesium_ICP (mg/L)	<0,12	0,51	4,178	34,33	116,13	52,82	39,24	40,13	48,85	53,46
aluminium_ICP (mg/L)	15,32	0,65	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48
arsen_ICP (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
cadmium_ICP (mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
kobalt_ICP (mg/L)	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
chromium_ICP (mg/L)	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
koper_ICP (mg/L)	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
ijzer_ICP (mg/L)	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	<0,48	784,64	<0,48
mangaan_ICP (mg/L)	<0,024	<0,024	10,225	0,212	0,084	<0,024	0,371	0,256	36,475	0,434
nikkel_ICP (mg/L)	<u>0,03</u>	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
lood_ICP (mg/L)	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
selenium_ICP (mg/L)	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
zink_ICP (mg/L)	<0,024	<0,024	<u>0,038</u>	<u>0,076</u>	<0,024	<0,024	<0,024	<0,024	<0,024	0,143

////////////////////////////////////

3.2.6. Landschap en reliëf

Na de sanering wordt in het projectgebied een landschap opgebouwd met behulp van de tertiaire gronden, vooral van de formaties van Lillo en Kattendijk, die beschikbaar komen door de realisatie van de Oosterweelverbinding. De hoogte van dit op te bouwen landschap, varieert van ongeveer 7 m (zuidkant projectgebied) tot meer dan 30 m (hoogste punt oostelijke heuvel) (Figuur 34a).

De dikte van de ophoging boven de ondoorlatende afdichtlagen, waarmee de storten worden afgeschermd van het infiltrerende neerslagwater, varieert eveneens sterk (Figuur 34d). De zones die het minst worden opgehoogd na de sanering, zijn de centrale vallei waar zich voorheen de loop van de Potgatbeek situeerde (gemeentegrens Boom - Rumst), het rietmoeras dat ontwikkeld wordt aan de oostkant (de huidige locatie van de visvijver) en de westzijde waar zich het asbeststort situeert (Figuur 34d). Een minimale dikte van de tertiaire zanden bovenop de Boomse klei is hier wel aangewezen, om de ontwikkeling van valleibos en rietmoeras te faciliteren (zie verder onderdeel 4.6.8).



Figuur 34. (a) Hoogte boven TAW (in meter) van het projectgebied na landschapsbouw; witte lijn: projectgebied; rode lijn: perimeter van de afdichtlaag; (b) Hellingenkaart (%) van het projectgebied na landschapsbouw; (c) Dikte boven de afdichtlaag (m) na landschapsbouw; (d) coupe van het 500 m lange transect doorheen het projectgebied, weergegeven door de zwarte lijn in de andere deelfiguren

De afdichtlaag helt vanaf het asbeststort aan de westelijke grens van het projectgebied af in de richting van de centrale vallei: aan de Bosstraat situeert de afdichtlaag zich op een hoogte van ongeveer 30 m en aan de zuidkant van de centrale vallei is dat nog slechts op 13 m hoogte (Figuur 34d). De oostelijke heuvel wordt tot 22 m boven de afdichtlaag opgehoogd en de topografie van het maaiveld volgt er min of meer die van de afdichtlaag, met waterscheiding die centraal van noord naar zuid loopt (Figuur 34d).

De hellingsgraad van het landschap loopt sterk op aan de noordelijke kop van de vallei en ter hoogte van de zijvalleitjes in westelijke richting. Een ruwe analyse op basis van de GIS data van het ontwerp landschap, wijst op een helling van ongeveer 40% op beide plaatsen (Figuur 34 b).

In natuurlijke omstandigheden is de hellingshoek voor bodemstapeling maximaal rond de 40° (83%), afhankelijk van textuur en vochtigheidsgraad van de bodem. Wanneer echter gras of kruiden worden ingezaaid en de helling beheerd dient te worden is een maximum helling van 1:2 (27° of 50%) aanbevolen (DEFRA, 2009). De voorziene hellingen van 40% zijn dus acceptabel.

4.1. MILIEUKWALITEIT

In deze studie hebben we vooral de bodem- en de waterkwaliteit beschouwd binnen het projectgebied. Luchtkwaliteit is buiten beschouwing gelaten, evenals lichtvervuiling of geluidsdruk, maar met die factoren kan binnen het MER wel rekening worden gehouden.

Binnen de projectperimeter is de huidige bodemkwaliteit in de bovenste meter niet dramatisch. Fysisch is de bodem sterk beïnvloed door vergravingen en vooral door het lokaal storten van baksteenpuin, asbest en andere inerte materialen. Op vele plaatsen is de bodem daardoor ondiep waardoor de bewortelbare ruimte beperkt is en vooral in tijden van droogte de vegetatie zal lijden onder een beperkte vochtvoorraad. Dit is zeker het geval in Zone I waar boven het asbest-stort er een zeer ondiepe bodem voorkomt (bvb 20 cm op meetlocatie BB03, Figuur 17).

Ook stelt zich op het huisvuilstort (Zone 2, Figuur 7) een probleem door slechte bodemhydrologische condities, waarbij deze groeiplaats te nat is in de winter en te droog in de zomer. Het is duidelijk dat de vitaliteit van het wilgenbestand daar sterk onder lijdt en gevoelig is voor windworp en massale sterfte.

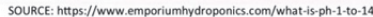
De chemische bodemkwaliteit in de bovenste meter, relevant voor een natuurlijke (bos)vegetatie, valt na grondige evaluatie van de beschikbare analysegegevens redelijk mee. Bodemnutriënten zijn er in voldoende mate aanwezig voor een goede bosontwikkeling en bij een doorgaans neutrale bodem-pH zijn de nutriënten vlot opneembaar. Er zijn geen nadelige effecten vastgesteld op de paar plaatsen waar er een hoge elektrische geleidbaarheid ($> 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$) in de bodem werd vastgesteld door contact of menging met Boomse klei substraten. Op die plaatsen bleek de bodem-pH niet sterk verlaagd te zijn wat wijst op een efficiënte buffering door de kalkhoudende bodem (schelpbiijsmenging).

De zware-metaalverontreiniging en de verhoogde zoutgehaltes aan chloriden en sulfaten zijn vooral een probleem van de ondergrond. Uit het oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek bleek voor de zware metalen de grootste verontreiniging dieper dan 2 m voor te komen. Vooral de zware metalen Pb en Zn overschreden de bodemsaneringsnorm voor bestemmingstype natuur en bos (BSNI). Wanneer de bodemanalyses vastgesteld door het PIH (2008) worden getoetst aan de BSNI norm, worden overschrijdingen vastgesteld voor Cd, Cr, Cu, Pb en Zn; heel vaak in dezelfde zones: ter hoogte van het asbeststort (Zone 1) en het huisvuilstort (Zone 2) (Figuur 7). Uit onze eigen, recente analyse van de zware metaalgehalten in de bovenste meter bleek echter nergens de BSNI overschreden te worden. Er werden enkel aanrijkingen met Zn vastgesteld waarbij de VLAREBO richtwaarde werd overschreden, maar het bleef onder de BSNI.

Om de biobeschikbaarheid van zware metalen na te gaan in het boscossysteem werd het strooiselcompartiment onderzocht. Er werden vooral aanrijkingen vastgesteld met Zn en Cd, maar slechts op één locatie werd voor Cd de risicogrens overschreden. En die locatie viel dan nog buiten de saneringszone (BB01 op Figuur 17). Vermits wilgen (en populieren) preferentieel Zn en Cd opnemen (Vandecasteele et al. 2002) is dit een bijzonder gevoelige toets voor dit gebied. Op basis van de strooiselkwaliteit kan gesteld worden dat het (bovengrondse) ecotoxicologisch risico wat betreft zware metalen aanvaardbaar is binnen het project gebied.

Wat de kwaliteit van het grondwater betreft, beoordelen we de toestand anders. Uit de grondwateranalyses van het OBBO (Borremans, 2014) blijken zeer hoge zoutgehalten voor te komen, in

How soil pH affects availability of plant nutrients.



Met de meeste formaties zitten we volgens Figuur 35 in het ‘medium’ tot ‘strongly alkaline’ bereik, waardoor gebreksverschijnselen kunnen optreden voor N, P, Fe, Mn, B, Cu en Zn. Er is genoeg N-depositie in Vlaanderen (> 25 kg N/ha/j) zodat N zeker niet limiterend zal worden, maar voor de andere elementen kan dit wel het geval zijn, tenzij er via aangebracht organisch materiaal (groencompost, mulch) in deze elementen wordt voorzien, daar waar het nodig is.

Zo is het belangrijk dat:

- In hoofdstuk 4.5 worden een aantal kritische succesfactoren besproken die de verwachte milieukwaliteit concretiseren.

4.2 ECOLOGISCHE KWALITEIT HUIDIGE BOS

Het huidige bos heeft in hoge mate het karakter van een recent ontstaan, spontaan gevestigd pionierbos. Slechts zeer lokaal is een geometrisch verband aanwezig, dat wijst op aanplant: zo staat de Spaanse aak tegen de steile talud van de Bosstraat op rijen. De hartbladige els, die talrijk aanwezig is in lage delen van het noordwesten van het projectgebied, heeft zich waarschijnlijk grotendeels spontaan gevestigd (Happaerts, pers. med.; Laurijssens & De Blust, 2012). Lokaal is de bodem ondiep en weinig doorlatend wat aanleiding geeft tot afwisselend zeer natte en droge omstandigheden. Op die plaatsen is er veel sterfte en kan de stabiliteit van het pionierbos in het gedrang komen door de toenemende droogte als gevolg van klimaatverandering.

Vooral berken en wilgen zijn dominant, in wisselende verhoudingen afhankelijk van de groeiplaats-kenmerken. Beide pionierboomsoorten kunnen zich zeer goed via de wind verbreiden en zijn in staat snel open terreinen te koloniseren. Houtige soorten die later in de successie de overhand nemen (zwarte elsen, es, eiken, linde, haagbeuk, gewone esdoorn e.a.), zijn veel minder talrijk of zelfs afwezig in het projectgebied. De levende en dode bomen in het pionierbos hebben overwegend nog geringe dimensies en bieden daarom slechts in beperkte mate broed- en nestgelegenheid aan holenbewonende soorten. De vleermuisensoorten die werden waargenomen in het projectgebied, foerageren wellicht in de gevarieerde groene omgeving en boven de waterplassen, maar het is weinig waarschijnlijk dat kolonies van boombewonende soorten (rosse vleermuis, bosvleermuis) in het projectgebied aanwezig zijn. Dat was ook reeds de conclusie van het natuurontwikkelingsplan, al wordt er op gewezen dat de potentie voor deze soortengroep zal toenemen naarmate het bos ouder wordt (Laurijsens & De Blust, 2012: 31).

Het recente ontstaan van de bossen en de afwezigheid van verbindingen met bos met een langdurige ecologische continuïteit, resulteert in een gering aantal oudbosplanten. Van de 44 soorten die door Cornelis et al. (2009) werden opgelijst, zijn in het projectgebied slechts 5 waargenomen: ijle zegge, klimop, wilde kamperfoelie, wijfjesvaren en adelaarsvaren. Dit zijn relatief algemene soorten, die zich via de wind of met vogels kunnen verbreiden (uitgezonderd ijle zegge).

De meest waardevolle elementen van de bosvegetatie, zijn gebonden aan groeiplaatsen met een hoge vochtigheid: plaatselijk ontwikkelen zich broekbossen met elzen en zachte berk, waarin een aantal kenmerkende soorten reeds aanwezig zijn (diverse soorten zeggen, hop, geoord helmkruid, ...). Op de meest zure groeiplaatsen (tussen de visvijver en de Hoogstraat, wellicht direct op zure Boomse klei) zijn in het broekbos ook koningsvaren en veenmossen aangetroffen. De kleiige hellingen met een hoge luchtvochtigheid zijn een geschikte groeiplaats voor een aantal weinig algemene tot zeldzame varensorten (stijve naaldvaren, tongvaren, geschubde mannetjesvaren). Het pionierbos met wilgen, in combinatie met een hoge luchtvochtigheid, staat garant voor een gevarieerd aanbod van epifytische mossen.

Ook de avifauna weerspiegelt het pionierkarakter van het bos: een aantal soorten zijn karakteristiek voor struwelen en halfopen parklandschappen: nachtegaal, zomertortel en gekraagde roodstaart hebben een voorkeur hebben voor dergelijke omgeving. Matkop, die verspreid in het projectgebied en daarbuiten is waargenomen, vereist zacht dood hout met kleine dimensies om in te broeden. Het grote aanbod aan kleine dode berken, die het resultaat zijn van een natuurlijke stamtalvermindering, zijn voor deze soort bijzonder gunstig.

De opslag van invasieve duizendknoop in het projectgebied, langsheen de omheining en de tijdelijke afdekking, kan een bedreiging zijn voor een gevarieerd en ecologisch waardevol landschap. Bij de landschapsbouw moet de nodige aandacht gaan naar de zorgvuldige bestrijding van invasieve duizendknoop (zie onderdeel 4.4).

4.3 ECOLOGISCHE KWALITEIT AQUATISCHE ECOSYSTEMEN

De waterkwaliteit van vijvers in het projectgebied was hooguit richtinggevend vast te stellen door een eenmalige bemonstering, zeker op een tijdstip (winter) wanneer de biologische activiteit gering is, de temperatuur laag en er sterke verdunning kan zijn van polluenten in het oppervlaktewater. Dit geldt eveneens voor de vegetatiekenmerken. Omtrent de ecologische kwaliteit kunnen dan ook slechts enkele algemene vaststellingen worden gemaakt.

Er kon wel worden vastgesteld dat sommige plassen een zeer hoge pH (> 10) vertoonden en alle 10 onderzochte plassen een onnatuurlijk hoge elektrische geleidbaarheid hadden. Er was tevens een hoge sulfaat- en stikstofbelasting en in sommige gevallen zijn ook erg hoge fosforconcentraties gevonden. In de plas nabij het asbeststort is de waterbodem plaatselijk bedekt met witgrijs sediment, wellicht door precipitatie van sulfaten. Het is niet bekend of dit materiaal ook asbesthoudend is.

De meeste plassen zijn relatief ondiep, soms sterk verland. Kleinere poelen zijn sterk beschaduwd en belast met organisch materiaal (bladresten); ze zijn slechts schaars begroeid. De afbraak van organisch materiaal kan leiden tot zeer lage zuurstofconcentraties, wat in combinatie met de verontreinigingen in zeer ongunstige omstandigheden resulteert. De belasting met zware metalen valt ogenschijnlijk mee: enkel Zn-verontreiniging werd vastgesteld, terwijl arseen, cadmium, kobalt, chroom, koper, lood en selenium onder de bepaalbaarheidsgrens bleven. Let wel, concentraties in het water zijn doorgaans aanzienlijk lager dan in de waterbodem en minder bepalend voor de mogelijke effecten op biota en de opname in de voedselketen.

Bij de grotere (vis)vijvers zijn de hellingen vaak (te) steil en zouden zacht hellende oevers meer ecologische mogelijkheden bieden. Vaak bevatten de oevers stortmateriaal (puin), of zelfs piepschuim.

4.4 KOOLSTOFBALANS

4.4.1. Actuele koolstofvoorraden

Op basis van de 14 proefvlakken werd de koolstofvoorraad van het huidige bosgebied geschat in 4 compartimenten: (1) de minerale bodem, (2) de strooisellaag, (3) de houtige levende biomassa en (4) het dood hout.

De minerale bodem bevat doorgaans 2/3 van de totale C in een bosesysteem. We observeerden tussen de 40,9 en 247 ton C/ha in de minerale bodem, met een gemiddelde van **131,4 t C/ha** (SD = 62 t C/ha). De variatie in C voorraden is zeer groot voornamelijk te wijten aan de variatie in bodemdiepte. Op BB03 en BB15 werd slechts 40-45 t C/ha bepaald, in de natste boszones werd meer dan 200 t C/ha in de bodem gemeten. Door beperkte afbraak in anoxische omstandigheden kan koolstof er immers accumuleren.

Ook was er heel wat variatie in koolstofvoorraad tussen de strooisellagen van de bezochte plots: dit varieerde van 4 t C/ha tot 13,1 t C/ha, met gemiddeld **7,5 t C/ha** (SD=3,0 t C/ha). Een gemiddelde strooisellaag in Vlaanderen bevat 21,4 t C/ha (De Vos, 2009). De strooisellagen in het projectgebied waren alle mull en moder types die relatief snel afbreken en waardoor C via bioturbatie (werking van bodemorganismen) in de bodem wordt ingewerkt.

Uit de dendrometrische opnames (zie onderdeel 3.2.4) werd een gemiddelde staande houtvoorraad van **77,4 m³/ha** geschat en 10% dood houtvolume (dus ca 7,7 m³/ha).

Wilgenhout heeft een massadichtheid van ongeveer 450 kg/m^3 en bij berk is dat hoger (ca 550 kg/m^3), gemiddeld dus 500 kg/m^3 . De houtvoorraad (levend) is dus $77,4 \cdot 500 = \mathbf{38,7 \text{ t}}$ houtige biomassa per ha. Nu

bevat 1 ton hout 500 kg C (LUCUCF conversie factor 0.5) dus $38,7/2$ is **19,4 t C/ha** in de houtige biomassa.

De staande houtvoorraad vertegenwoordigt gemiddeld 75% van de totale bovengrondse biomassa, ongeveer 24% is aanwezig in takken en 1 % in bladeren (Vande Walle et al., 2001). Dus takken en bladeren wegen ongeveer $25 \times 38,7/75 = 12,9$ ton aan biomassa met een koolstofinhoud van **6,5 t C/ha**.

Dood hout heeft, afhankelijk van de degradatietoestand, een lagere dichtheid (nemen we aan 400 kg/m³) en vertegenwoordigt hier dus $7,7 \times 400 = 3$ t houtmassa of $3 \times 0,5 =$ **1,5 t C/ha**.

De koolstof aanwezig in levende en dode wortels zitten vervat in de koolstofbegroting van de bosbodem.

Ruw geschat bevat een virtuele ha bos binnen het projectgebied de C voorraad in Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Geschatte C-voorraad en gestockeerde CO₂-equivalenten in 1 ha bos binnen het projectgebied

Compartiment	t C/ha	t CO ₂ eq/ha
Takken en bladeren	6,5	23,8
Staande houtvoorraad	19,4	71,0
Dood hout	1,5	5,5
Strooisellaag	7,5	27,5
Minerale bodem	131,4	481,5
Totaal	166,3	609,3

Volgens de boswijzer ligt 38 ha van het projectgebied onder bos. De huidige totale CO₂ opslag wordt voor dat bosaandeel geschat op **23153 ton CO₂-equivalenten (6,3 kt C)**.

Uiteraard stockeren ook de niet-bosbodems koolstof (hiervan ontbreken gegevens) en zal de C stock van het volledige projectgebied daardoor hoger liggen dan deze primaire schatting. Ook werd abstractie gemaakt van de lokaal aanwezige kruid- en struiklaag die ook een zekere C-voorraad herbergen.

Een conceptuele C balans is weergegeven in Figuur 36. Hierbij wordt met toenemende bestandsleeftijd C opgeslagen in de (langlevende) bomen, strooisel en bodem en pas na enkele decennia eerst in korte-termijn producten (met beperkte levensduur) en nadien in duurzame houtproducten (met lange levensduur). Vooral die duurzame producten (bvb. bouw hout) zijn een substitutie voor beton en staal, die een enorm (fossiel) energieverbruik (en dus CO₂ uitstoot) kennen bij fabricatie, waardoor bovenop de gesequestreerde CO₂ in het hout een substitutie-effect gerealiseerd wordt (Figuur 36).

Het pionierbos binnen het projectgebied is na 20 jaar niet in staat om voldoende duurzame houtproducten te leveren. Maar het bos heeft wel in 2 decennia **23153 ton CO₂-equivalenten** vastgelegd, wat kan gezien worden als het resultaat van een 'biologisch' Carbon Capture and Storage (BCCS) proces.

Vanuit koolstofperspectief bevelen we aan om het hout uit het bestaande bos niet af te voeren naar de houtverwerkende nijverheid. De koolstofwinst om dit (houttechnologisch minderwaardige) hout als grondstof te gebruiken (substitutie-effect) en te sequesteren in een houtproduct (bvb. vezelplaat) zal wellicht teniet gedaan worden door de gecombineerde CO₂ uitstoot veroorzaakt door kapping, ruiming en transport enerzijds en CO₂-productiekost van het doelproduct anderzijds. Dit kan desgewenst nauwkeurig uitgerekend worden met concrete parameters (afstand tot houtwerkend bedrijf, levensduur en type houtproduct) maar onze inschatting is dat het bestaande bos (=alle compartimenten uit Tabel 4.1) best ter plaatse begraven (gestockeerd) worden onder de landschapshoevel. De geraamde C-stock wordt dan voor langere tijd gesequestreerd. Simpelweg hetzelfde proces van hoe fossiele koolstofbronnen zijn ontstaan, maar dan gerealiseerd door menselijke tussenkomst.

////////////////////////////////////

Idealiter wordt dan bij de aanleg van de landschapsheuvel minder CO₂ uitgestoten dan 23153 ton CO₂-equivalenten zodat er geen off-set is van de duurzaam vastgelegde CO₂.

In het kader van het BSP werd door Tractebel, met behulp van de CO₂-calculator van OVAM, berekend wat de CO₂-impact potentieel is van de eigenlijke sanering (aanvoer en aanbrengen folies en afdichtlagen, de grondberging en de landschapsontwikkeling (last mile aanvoer dumper, profileren van gronden). Voor wat de sanering betreft volgens het BATNEEC-scenario (3 mio m³ gronden) leverde dit een geraamde hoeveelheid CO₂-uitstoot op van 14525 ton CO₂-eq. Dit is 63% van wat gesequestreerd kan worden door BCCS.

Er dient hierbij vermeld dat een aantal activiteiten voor ontbossing en heraanplant niet zijn ingecalculeerd, alsook het grondverzet en aanbrengen van de 600 000 m³ grond buiten het BSP. Echter in een worst-case zal dit niet de 20 kton CO₂-eq overstijgen, waardoor in het voorgestelde scenario meer kan worden vastgelegd dan door de werken wordt uitgestoten, en dit alvorens het proces start van natuurlijke CO₂ sequestratie door het nieuwe bos en natuurgebied.

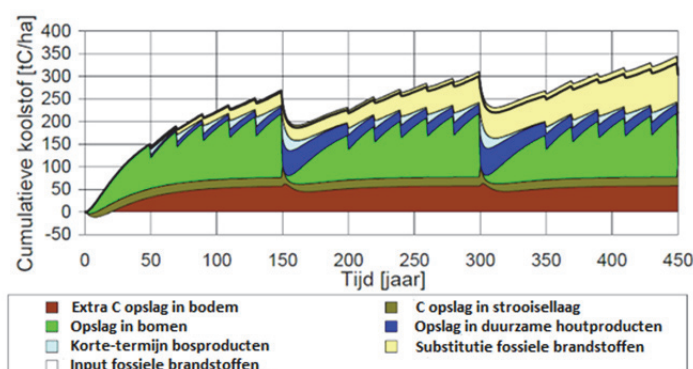
Een praktische aanpak voor de duurzame opslag (storage) van houtbiomassa is als volgt:

- alle stammen en takken > 7 cm diameter worden verzaagd op werkbare lengtes (meter hout) en geborgen in de plassen en (vis)vijvers, voorafgaand aan de ophoging;
- alle takhout & bladeren blijven ter plaatse en worden afgedekt met bodemmateriaal, waarbij natuurlijk vermeden wordt dat takken de eventuele liners kunnen perforeren of beschadigen.
- Er wordt naar gestreefd het hout zo anaeroob en zo diep mogelijk te begraven zodat deze C-stock niet kan aangetast worden door bacteriën of schimmels.

4.4.2. Toekomstige koolstofvoorraden

Het accuraat inschatten van de toekomstige CO₂ opslag door bos- en natuurontwikkeling over de tijd dient rekening te houden met diverse parameters zoals bodemtype en -fertiliteit, initiële bodemkoolstofstock, boomsoort(en), ondergroei, beheer (plantdichtheid, dunningsregimes), nutriëntenstatus en vochtvoorziening, functionele bodembiodiversiteit, etc.

Het is dus bijzonder moeilijk om de ontwikkeling van de toekomstige koolstofvoorraden voor het gebied correct in te schatten. Anderzijds, zal wanneer de landschapsbouw gerealiseerd wordt, heel wat kunnen geleerd worden over koolstofopslag op de neogene bodems met initieel een zeer lage C-voorraad, op voorwaarde dat we de uitgangstoestand (T₀) degelijk documenteren.



Figuur 36. Conceptueel model van een koolstofbalans (uitgedrukt in ton koolstof per ha) doorheen de tijd van koolstof die netto wordt opgeslagen in een multifunctioneel bos op basis van eik vertrekkend van landbouwgrond (naar Muys et al. 2002).

In de studie van Muys et al. 2002 is een simulatie gemaakt van de potentiële CO₂ opslag van nieuw aangelegd multifunctioneel bos (op basis van eik) op verschillende bodemtexturen, vertrekkend van landbouwgrond (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Simulatie CO₂ sequestratie nieuw aangelegd bos op diverse bodemtexturen (naar studie Muys et al. 2002)

Koolstofbalans in een nieuw multifunctioneel bos

Bodem	Jaar	Biomassa t CO ₂ ha ⁻¹	Opbrengst t CO ₂ ha ⁻¹ jaar ⁻¹	C bodem t CO ₂ ha ⁻¹
A	na 10	159.7	4.9	437.1
	na 20	266.1	11.6	493.5
	na 150	441.8	8.1	657.2
L	na 10	159.9	4.9	434.7
	na 20	257.6	11.6	490.4
	na 150	441.3	7.8	652.2
P	na 10	160.1	4.9	434.4
	na 20	241.6	10	540.6
	na 150	397.7	7.1	646.9
S	na 10	160.0	4.9	443.3
	na 20	243.5	10	494.2
	na 150	405.9	7.2	641.5
Z	na 10	153.1	5.8	452.1
	na 20	197.5	1.3	502.8
	na 150	413.5	7.1	649.5

Legende: Totale biomassa, jaarlijkse opbrengst, en C in de bodem bij een nieuwe aanplanting van multifunctioneel eiken-beuken bos op landbouwgrond. Resultaten van simulaties op verschillende bodems (van klei, bodem A tot zand, bodem Z)

De geolagen vertonen vooral de textuurklassen Z (Zand), S (Lemig zand) en L (zandleem). De voedingstoestand van landbouwgronden zal vele malen hoger liggen dan de geolagen, zelfs als die door middel van groencompost aangerijkt worden met nutriënten. Aangenomen dat de nutriëntenvoorziening toerijkend is voor de nieuw aan te leggen bossen zal na 10 jaar een totale biomassa kunnen opgebouwd worden tussen de 153 en 160 t CO₂ per ha, en na 20 jaar tussen de 200 en 260 ton CO₂ per ha.

Het actuele bos heeft een staande voorraad van omgerekend ~100 ton CO₂ per ha (Tabel 4.1) na meer dan 22 jaar dus dat is ruim de helft lager dan wat kan verwacht worden met stabiele, langlevende boomsoorten zoals eiken.

De jaarlijkse opbrengst (houtproducten) varieert tussen de 1,3 en 12 t CO₂ ha⁻¹ jr⁻¹. Wanneer de vuistregel wordt gehanteerd dat 1 m³ hout ca. 1 ton CO₂ vertegenwoordigt is dat 1,3 - 12 m³ hout per ha en per jaar, wat tevens realistisch is. Een gemengd jong bos behaalt de eerste 150 jaar een gemiddelde opbrengst van 3.9 - 8.1 t CO₂ ha⁻¹ jaar⁻¹, of snel omgerekend 4 – 8 m³ ha⁻¹ jaar⁻¹ aanwas. In de jeugdfase kan deze aanwas echter het dubbele zijn.

De netto opslag in de bodem + strooisellaag is volgens het gemodelleerde voorbeeld op zandgronden ongeveer 5 ton CO₂ ha⁻¹ jr⁻¹, wat overeenkomt met 1,36 t C ha⁻¹ jr⁻¹. Dit is relatief hoog, wetende dat de gemiddelde sequestratie capaciteit 0,24 - 0,35 t C ha⁻¹ jr⁻¹ is in een minerale bosbodem en 0,88 - 1 t C ha⁻¹ jr⁻¹ in de strooisellaag (De Vos, 2009).

Dus, gebaseerd op dit cijfermateriaal en aangenomen dat opnieuw 38 ha effectief zal bebost worden op de landschapshoevel, dan kan na 10 jaar: 1,9 kt CO₂ vastgelegd worden in bodem+strooisel en 5,9 kt CO₂ in de bosbiomassa, samen 7,8 kt CO₂ (= 205 t CO₂ per ha). Na 20 jaar is dat ongeveer: 3,8+8,74 ~ 12,5 kt CO₂ (= 329 t CO₂ per ha), abstractie makend van houtopbrengst. Dus gemiddeld kan er de eerste 20 jaar 0.63 kt CO₂ per jaar worden gesequestreerd door het nieuwe bosgebied of 16.5 ton CO₂ ha⁻¹ jr⁻¹.

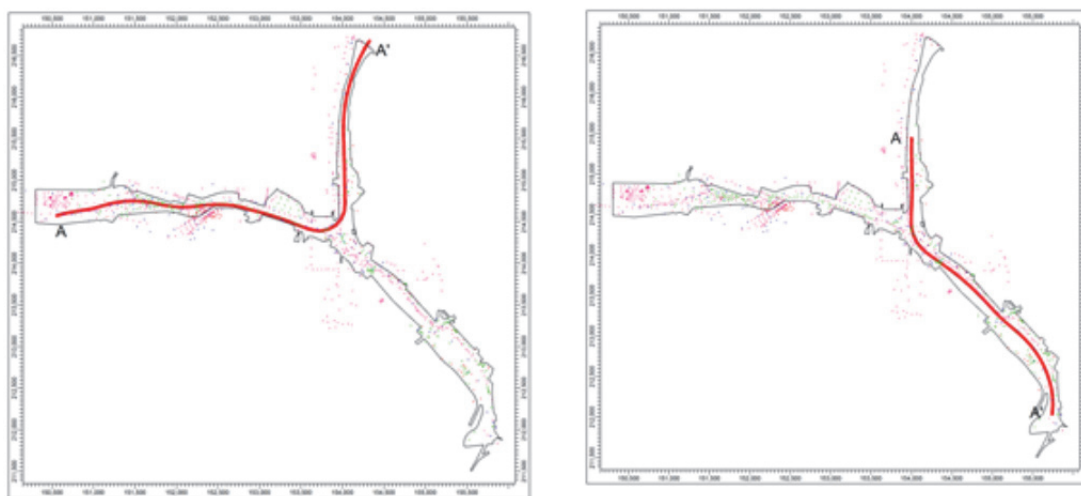
Stel dat volgens het voorgestelde scenario de bestaande C voorraad niet begraven zou worden om CO₂-neutraliteit te waarborgen, dan zou er 23 jaar bosontwikkeling nodig zijn om de geraamde 14.5 kt CO₂

uitstoot door de landschapsreconstructie te compenseren. De huidige bovengrondse C-voorraad zal op minder dan 10 jaar door eenzelfde oppervlakte aan nieuwe bos geëvenaard kunnen worden bij optimale groeicondities. De opbouw van de bodemkoolstofvoorraad in de nieuwe bodems verloopt echter veel langzamer en zal ettelijke decennia vergen vooraleer hetzelfde niveau van de begraven bodems wordt bereikt, maar dat is nu eenmaal het natuurlijke proces van duurzame koolstofopslag in de bodem.

4.5. GRONDVERZET EN GEBRUIK GEOLAGEN

4.5.1. Ontgravingsvolumes

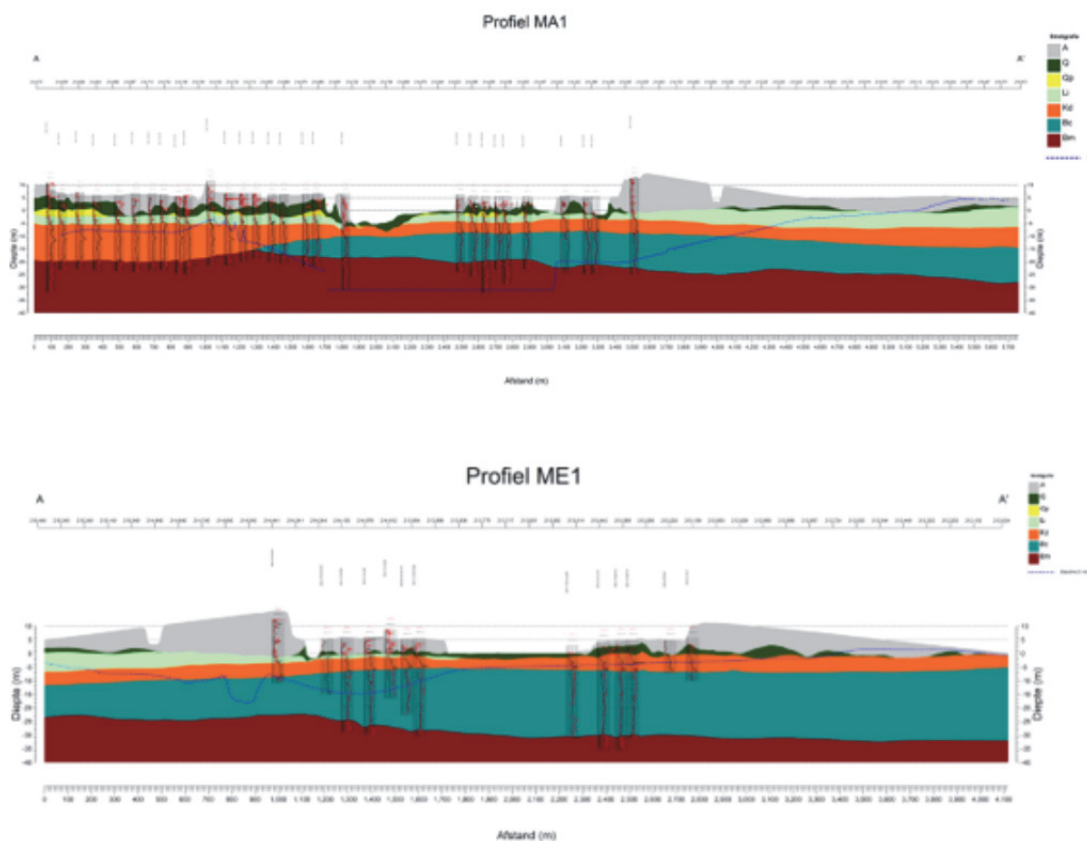
De geschatte hoeveelheden aan te ontgraven bodemmaterialen werden geraamd door Lantis. De hoeveelheden per geologische laag zijn afhankelijk van het Oosterweel traject/deelfase van de ontgravingen (Figuur 37 en 38). Slechts een deel van het uitgegraven materiaal zal bestemd zijn voor de landschapsbouw in Rumst indien het voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen (zie 4.5.3).



Figuur 37. Oosterweelknoop-Kanaaltunnels traject MA1 (links) en R1 traject ME1 (rechts) waarvoor geologische coupes werden gemaakt door Lantis.

In de coupes in Figuur 38 is met blauwe stippellijn de ligging van de 'vloer' van de tunnel en snelweg aangegeven (Info september 2019) zodat duidelijk is welke geolagen aangesneden worden in functie van het trajectbereik (afstand in X-as). Zo is duidelijk dat Boomse klei (Bm) alleen aangesneden wordt in traject MA1, binnen het bereik 1,5 - 3 km, en helemaal niet vrijkomt langsheen het R1 traject (ME1). Formatie van Berchem komt dan weer niet voor de eerste 1,2 km in MA1 traject, en ook niet de eerste 500 m of na 1,8 km in traject ME1.

Het is dus belangrijk de beschikbaarheid van de geolagen als functie van het ontgravingstraject af te stemmen op de benodigde geolagen en hun volumes in het landschapsbouwproject.



Figuur 38. Geologische coupes (profielen) voor de trajecten MA1 (boven) en ME1 (onder).

Op 26/11/2019 werd door Lantis een eerste raming overgemaakt van de volumes aan geologische substraten die zullen vrijkomen bij de ontgravingen voor het Oosterweelproject (Tabel 4.3)

We onderscheiden het totale aandeel van elke laag en het aandeel aan Tertiaire formaties: Lillo (Li), Kattendijk (Kd), Berchem (Bc) en Boom (Bm).

Tabel 4.3. Raming van volumes per Laag of Formatie

Code	Laag of Formatie	Totaal m ³	Aandeel Totaal	Subaandeel Tertiair
A	Aanvullaag/Anthropogeen	2381433	39%	-
Q	Quartair	722502	12%	-
Qp	Quartair Pleistoceen zand	44965	1%	-
Li	Fm Lillo	813763	13%	27%

Li	Fm Lillo	280740	78205	454818	813763
Kd	Fm Kattendijk	328155	238390	692742	1259287
Bc	Fm Berchem	49264	464592	285087	798943
Bm	Fm Boom	18591	110901		129492
	Totaal volume	1531940	1121100	3497345	6150385

Een voorzichtige fasering in de tijd is dat de ontgravingen van Oosterweelknooppunt starten vanaf 2021, in de kanaaltunnels vanaf 2022 en R1-noord vanaf 2023.

Dit betekent dat vanaf begin zomer 2022 zowel uit Oosterweelknoop als kanaaltunnels ontgraven geolagen zullen vrijkomen. De deelzones (trajecten) die naar Rumst kunnen afgevoerd worden zijn op dit moment ook nog onduidelijk. Zo is het mogelijk dat het lot dat vrijkomt uit de Oosterweelknoop niet (meer) in aanmerking komt en dat alle materiaal afkomstig zal zijn van de Kanaaltunnels en Traject R1 (Tabel 4.4).

4.5.2. Bergingsvolumes

Volgens DVW dient het deel dat kan aangevoerd en geborgen worden te voldoen aan de grondverzetcodes 211, 311NA en 411NA, zoals contractueel bepaald tussen de partijen en betreft het hoofdzakelijk Tertiaire bodemmateriële (Tabel 4.5) die geborgen kunnen worden. Er dient evenwel nog nagegaan of afdek- en Quartaire bodemmateriële mogelijks nuttig gebruikt kunnen worden. Uiteraard dienen ze ook aan alle gestelde kwaliteitseisen en normen te voldoen.

**Tabel 4.5 Effectief te benutten Tertiaire grondvolumes van Antwerpen
Rechter-oever die voldoen aan toegelaten grondverzetcodes 211 en
411NA volgens inschatting van DVW.**

Code	Omschrijving	Totaal m ³	Aandeel
A	Aanvullaag/Anthropogeen	*	
Q	Quartair	*	
Qp	Quartair Pleistoceen zand	*	
Li	Fm Lillo	1031925	30%

////////////////////////////////////

Kd	Fm Kattendijk	1365838	40%
Bc	Fm Berchem	862513	25%
Bm	Fm Boom	153370	4%
	Totaal volume	3413646	100%

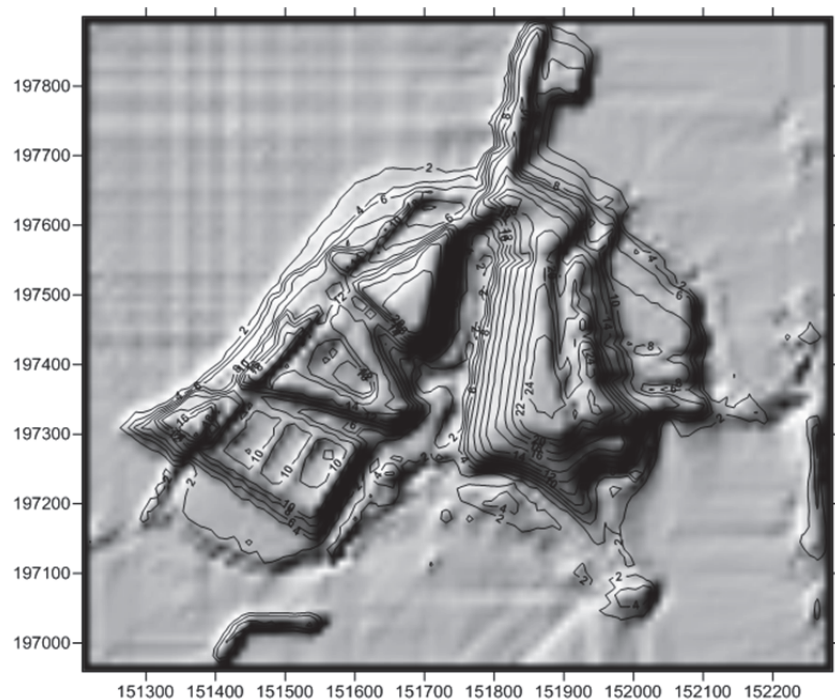
* gebruik van codes A, Q en Qp is mogelijk indien ze voldoen aan de bodemkwaliteitseisen 211,311,411

Deze laatste volumes liggen iets hoger dan de Lantis raming van wat beschikbaar komt, maar het aandeel van deze grondstromen zit in dezelfde grootte orde. We gaan uit van deze bergingsvolumes per formatie om de mogelijkheden en beperkingen van de specifieke substraten voor de landschapsbouw in te schatten.

We adviseren om de te bergen geolagen op te splitsen in drie bestemmingscategorieën, die elk dienen te voldoen aan specifieke fysicochemische kwaliteitseisen:

- 1) geolagen voor gebruik als **bodem** (bovenste 1.5 m inclusief substraat)
- 2) geolagen voor gebruik als **onderwaterbodem** (1-1.5 m bodem van plassen/rietvijver)
- 3) geolagen voor gebruik als **ondergrond** (> 1.5 m diep)

Uitgaand van het 3D ontwerpmodel (Ophoging tov huidig reliëf, Figuur 39.) binnen het studiegebied zijn de benodigde volumes (eigen kuberingen) voor bodem en ondergrond opgenomen in Tabel 4.6



De oppervlakte van de rietvijver, die het grootste wateroppervlak is binnen het studiegebied met een onderwaterbodem wordt geschat op 2.8 ha op basis van het ontwerp (ingetekend op figuur 42).

Van de 52,9 ha van het projectgebied wordt 44,4 ha vergraven, waarvan 1,7 ha uitgegraven, ongeveer 3,2 ha blijft op huidige reliëf en 39,4 ha wordt opgehoogd (landschapsbouw). Het uitgegraven volume bedraagt 24471 m³, het opgehoogde volume volgens het ontwerpmodel in Figuur 39 is 3,49 mio m³.

Van dit opgehoogde volume kan 2,94 mio m³ geborgen worden als 'ondergrond' en is ~550000 m³ nodig om 'bodems' in de bovenste 1,5 m te ontwikkelen, over een oppervlakte van 41,3 ha (Tabel 4.6).

Voor het bodemcompartiment 'substraat' van gemiddeld 0,5 m dikte is ~183400 m³ nodig. Onder het rietveld zal voor de onderwaterbodem (1 m dikte boven substraat) een volume van ca 28250 m³ volstaan. Tabel 4.6 geeft een overzicht van de benodigde volumes om bodem, onderwaterbodem en ondergrond van het ontwerpmodel te realiseren, en dit verder uitgesplitst naar de gewenste geolagen.

Tabel 4.6. Theoretische berekening van bergingsvolumes voor bodem en ondergrond volgens het 3D ontwerpmodel en uitsplitsing per type bodemlaag en geolagen.

Landschapsmodel	Bodem (0-1.5 m)	Onderwaterbodem (0-1.5 m)	Ondergrond (1.5-24 m)	Totaal
Oppervlakte (ha)	38.5	2.8	39.2	52.9
Aangeboden volume (m³)	518224	28250	2944385	3490859
<i>Fm Lillo</i>	150000	0	881925	1031925
<i>Fm Kattendijk</i>	197258	28250	1140330	1365838
<i>Fm Berchem (substraat)</i>	170966	12434	679113	862513
<i>Fm Boom</i>	0	0	153370	153370
Totaal gebruikt (m³)	518224	40684	2854738	3413646
Totaal aandeel (%)	15%	1%	84%	100%

Formatie van Boom wordt niet gebruikt in het bodemcompartiment, maar wel als afdichtlagen in de ondergrond. Met dit materiaal wordt vooral de onderafdek van het vijvercomplex gerealiseerd en afdekking/isolatie van de valleizone tussen asbeststort en huisvuilstort.

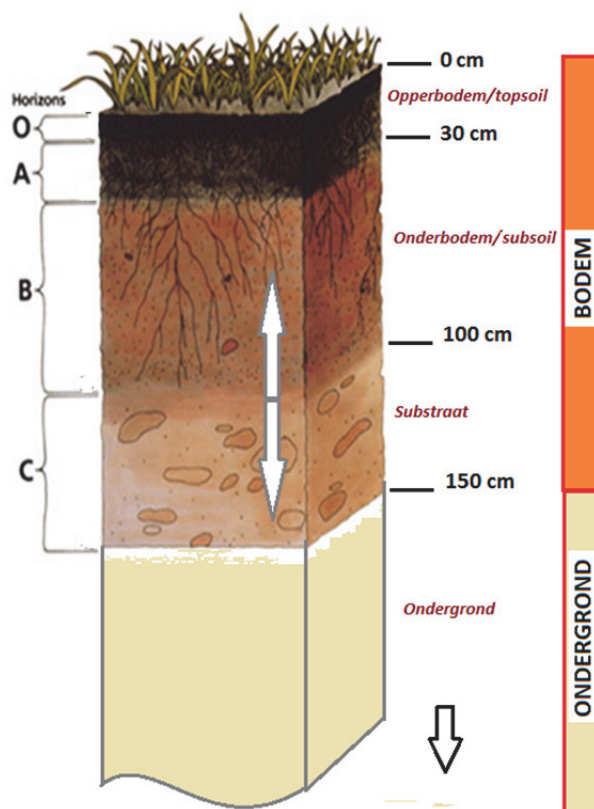
Het moedermateriaal voor de toekomstige bodem bestaat overwegend uit Fm van Lillo en Fm van Kattendijk, waardoor enige variatie in bodemtextuur wordt bekomen. De top van de Fm van Lillo is kleiiger (Figuur 29) en zal lokaal de bodemtextuur wat verzwaren tegenover de meer zandige Fm van Kd die het hoogste volume-aanbod heeft. Vooral de glauconiethoudende fracties van de Formatie van Berchem worden best ook lokaal gebruikt als kalium-rijke substraten en om het waterbergend vermogen van de bodems te verhogen. Als onderwaterbodem worden vooral Kattendijkse zanden als meest geschikt bevonden (zie 4.5.3.2).

4.5.3. Fysico-chemische kwaliteits-eisen

De fysico-chemische kwaliteitseisen voor de bodemlaag (terrestrische bodem en onderwaterbodem) worden voornamelijk bepaald vanuit een (bodem)ecologisch perspectief, deze van de ondergrond vooral vanuit civieltechnisch perspectief en eventuele milieurisico's voor de grondwaterkwaliteit. Dit laatste is echter voorwerp van de Tractebel studie 'ontvangende groeve'.

////////////////////////////////////

We baseren ons hier op het ingeburgerde ‘pedon’ concept om de verschillende bodemkompartimenten te benoemen en een onderscheid te maken met de ‘ondergrond’, die biologisch niet of weinig actief is (Figuur 40). Bodemkundigen beschouwen het pedon als 3-dimensioneel bodemlichaam groot genoeg om de individuele bodemhorizonten te bestuderen, typisch 1x1x2m diep.



Figuur 40. Pedon-concept voor de nieuw te ontwikkelen bodems op basis van geolagen in het projectgebied. Substraatdiepte start gemiddeld op 100 cm diepte maar kan variëren tussen 50 en 200 cm.

Voor deze studie harmoniseren we de diepte van het ‘bodem’kompartiment met de milieukundige definitie van de ‘leeflaag’. Volgens de EMIS/VITO best beschikbare technieken (BBT) bij saneringsprojecten is deze leeflaag typisch 1 m dik (Goovaerts et al., 2006) maar in het kader van dit project wordt 1.5 m tot 2 m voorgesteld, waarbij substraat met een gemiddelde dikte van 50 – 100 cm inbegrepen is.

Bij de landschapsbouw onderscheiden we dus een nieuw te ontwikkelen bodemcompartiment (0-200 cm) en de geologische sokkel of ondergrond dieper dan 150 cm die reikt tot aan de afdichtlagen of huidige maaiveld van het studiegebied, tot wel 24 m diep (Figuur 39). Merk op dat boomwortels van sommige boomsoorten, plaatselijk doorheen het substraat tot diep in de ondergrond kunnen doordringen op zoek naar nutriënten en water.

4.5.3.1. Bodem

We delen het bodemcompartiment verder op in een opperbodem (topsoil, 0-30 cm), een onderbodem (subsoil, 30-100 cm) en een substraat (100-150/200 cm), analoog als bij conventioneel bodemonderzoek in natuurlijk ontwikkelde bodems (Figuur 40). De master-horizonten die we klassiek onderscheiden (O, A, B, C) zijn hier niet het resultaat van langdurige bodemontwikkeling (pedogenese), maar zullen door ecotechnische ingrepen versneld tot stand gebracht worden. De ontwikkeling van een organische A horizon zal geactiveerd worden door inbreng van geschikte organische materialen zoals groencompost

////////////////////////////////////

of mulchings (humusbouw) en bebossing met aangepaste boom- en struiksoorten zodat snel een actieve strooisellaag en humusrijke toplaag wordt verkregen.

Door bomen en struiken aan te planten (in tegenstelling tot kruidachtigen) zal ook de onderbodem doorworteld geraken en biologisch geactiveerd, waardoor bodemchemische en –fysische processen opstarten. Slechts weinig boomsoorten wortelen in minerale afdekkingen dieper dan 1,3 m (Hutchings et al. 2001), met uitzondering van Zwarte els die in anaerobe omstandigheden kan wortelen. Op chemisch arme groeiplaatsen worden echter frequent worteldieptes van twee meter of meer vastgesteld, als de doorwortelbaarheid van de bodem dit toelaat (Pigott 1991; Meier et al. 2018).

Door een weldoordachte keuze van het type substraat en de dikte ervan, variërend tussen 0-100 cm, kunnen we de waterhuishouding (hydrologische condities) van het bodemprofiel in zekere mate bepalen, het nutriëntenaanbod regelen alsook de eventuele biobeschikbaarheid van polluenten binnen aanvaardbare grenzen houden (redox condities).

De chemische kwaliteitseisen voor de geolagen die in het bodemcompartiment (bodem+substraat) worden aangebracht zijn:

- de elektrische geleidbaarheid op een 1:5 m/v (massa/volume) extract is lager dan 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- het sulfaatgehalte in een 1:10 m/v extract dient lager te zijn dan 1000 mg/kg sulfaat;
- het chloridegehalte van het bodemvocht dient lager te zijn dan 300 mg/l;
- de gehalten aan zware metalen mogen nergens de BSN I (saneringsnorm Natuur- en Bosgebied) overschrijden en liggen bij voorkeur in de buurt van de VLAREBO richtwaarden (kritisch is Cr in Formatie van Berchem en As in veenbijnemenging).

We bevelen aan de Fm van Berchem enkel te gebruiken als substraat. Wanneer deze geolaag hoge Cr-gehalten vertoont dienen maatregelen getroffen te worden om oxidatie van CrIII naar CrVI te vermijden, gezien de hogere ecotoxiciteit van hexavalent chroom. Uit voorzorg deze geolaag gereduceerd houden als substraat is vermoedelijk de meest efficiënte aanpak.

Uiteraard zal het organische stofgehalte van deze geolagen bij aanvoer laag zijn. Indien het gehalte aan organisch materiaal < 2.5 % op droge stof basis is dient de opperbodem aangerijkt te worden met humusvormende materialen, bij voorkeur goed verteerde groencompost (type VLACO compost) of mulchings. Screening van de aangebrachte organische materialen wordt aanbevolen. In Bijlage K wordt een voorbeeld gegeven van een samenstelling van Groencompost afkomstig van IGEAN Brecht. Er dient nagegaan of ook de groencompost inzake zoutgehalten (EC) en gehalten aan zware metalen (in het bijzonder Cr) geen extra belasting vormt van het nieuw aangelegde ecosysteem. Het voorbeeld in bijlage voldoet helemaal.

Humusbouw van de bodem is essentieel voor een efficiënte en duurzame bosaanleg (zie aanbevelingen koolstofbalans 4.4.) en natuurontwikkeling (4.6.2).

De fysische kwaliteitseisen worden vooral gesteld aan de compactie en porositeit van de bodem, wat sterk samenhangt met de textuur en mineralogische samenstelling (in casu glauconiethoudend of niet, schelphoudend, ...).

Topsoil, subsoil en substraat vereisen een verschillende compactiegraad en door daar van bij de aanleg rekening met te houden of zelfs gericht naar te streven kunnen gewenste standplaatscondities bekomen worden inzake een goede lucht- en waterhuishouding van de bodem.

Volgens ons pedon concept begint het substraat gemiddeld op 1 m diepte. Bestaat dit substraat uit glauconiethoudende geolagen of klei wat goed gecompacteerd is met machines, dan zal zich hierop een

////////////////////////////////////

(stuw)watertafel ontwikkelen afhankelijk van de geomorfologie van het terrein. Tabel 4.7 geeft volgens het Belgische drainageklassen-systeem de gemiddelde dieptes aan van de hoogste grondwaterstanden en dieptes waar permanent gereduceerde (waterverzadigde) condities aangetroffen worden.

De bodemlaag kan opgebouwd worden op basis van geolagen met texturen van 'lichte bodems' (textuur klassen Z, S, P) maar ook uit de groep zware bodems (L, A, E, U; zie Textuurklassen geolagen in Tabel 3.15).

Nemen we als voorbeeld een S textuur bestaande uit Kd geolagen, dan zal een verdicht (waterstuwend) substraat op 100 cm diepte nooit drainageklasse .a. (zeer droge bodems) of zelfs .b. (droge bodems) kunnen opleveren omdat de hoogste grondwaterstand respectievelijk reeds 150 en 105 cm is. Matig droge (.c.) en matig natte bodems (.d) zullen zich wel kunnen ontwikkelen, waarbij de watertafel maximaal respectievelijk 25 en 50 cm boven het substraat (van 1 m diep) komt te staan. Omheen de kleigroeve hebben de meeste bodems de bodemseries Sdh, Scm, Sdh, Pdc en Pdh volgens de Belgische bodemkaart. Vochttrappen .c. en .d. zijn er dus de regel en rekening houdend met toenemende droogteperiodes door klimaatverandering ook de na te streven vochttrappen. Mogelijks kan onder de bodem een kuipvormig substraat worden aangelegd dat een zekere reserve aan hemelwater kan bergen.

De diepte van het substraat zal in de landschapsbouw variëren tussen de 100 cm-MV en 200 cm-MV op de hoogste plaatsen. In dit geval wordt een diepe bodem gecreëerd die zeer droog kan worden. In de vallei die zich situeert op de voormalige loop van de Potgatbeek zit het substraat op 50 cm-MV en kan zich, ook door zijdelingse voeding, een permanente watertafel vormen met reductiehorizont <25 cm-MV (Tabel 4.7). Op de hellingen tussen de hierboven genoemde vallei en de toppen van de heuvels heeft de waterhuishouding intermediaire kenmerken, waardoor een geschikte groeiplaats ontstaat voor mesofiele soorten (zie 4.6.3)

Tabel 4.7. Gemiddelde diepte (cm onder maaiveld) van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (DHGWS) en gemiddelde diepte reductiehorizont (DREDH) voor zware en lichte texturen overeenkomstig de Belgische bodemkaart. (Uyttenbroeck et al. 2014)

Drainage- klasse	Omschrijving		DHGWS		DREDH	
	Zware bodems (L,A,E,U)	Lichte bodems (Z,S,P)	Zware bodems (L,A,E,U)	Lichte bodems (Z,S,P)	Zware bodems (L,A,E,U)	Lichte bodems (Z,S,P)
.a.	-	zeer droog	NA	150	NA	NA
.B.	niet gleyig	zeer droog en droog	NA	127	NA	NA
.A.	-	zeer droog tot matig nat	125	100	NA	NA
.b.	niet gleyig	droog	150	105	NA	NA
.c.	zwak gleyig zwak en matig	matig droog	100	75	NA	NA
.D.	gleyig	matig droog en matig nat	83	63	NA	NA
.d.	matig gleyig	matig nat	65	50	NA	NA
.h. of .e.*	sterk gleyig	nat	35	30	100	125
.i. of .f.*	sterk en zeer sterk gleyig	nat en zeer nat	23	20	80	100
.G.	sterk gleyig zeer sterk	nat tot uiterst nat	17	15	40	75
.i. of .f.*	gleyig	zeer nat	10	10	60	75
.g.	gereduceerd	uiterst nat	0	0	20	25

*DREDH enkel voor drainageklassen .e., .f., .G. en .g.

Binnen het gebied wordt ernaar gestreefd verschillende standplaatsen te realiseren teneinde een variatie aan bostypes toe te laten. Geschikte boom- en struiksoorten voor elke bodemserie kunnen

gesimuleerd worden door gebruik van de [online-tool BOBO](#) waarbij textuurklasse, vochttrap en profielontwikkeling (voor de nieuwe bodems steeds 'p' = zonder profielontwikkeling) kan ingegeven worden en de geschikte boom – en struiksoorten worden opgelijst (Uyttenbroeck et al. 2014).

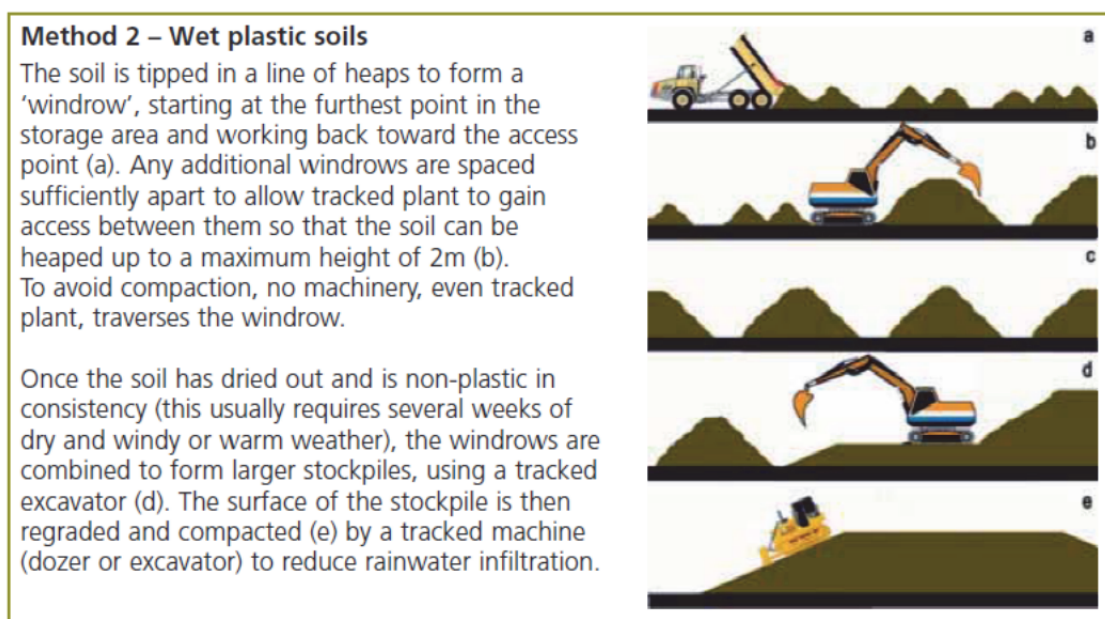
De fysische kwaliteitseisen na aanleg zijn verschillend per bodemcompartiment (Tabel 4.8).

Tabel 4.8. Fysische kwaliteitseisen inzake penetratieweerstand en bodemdichtheid

Compartiment	Cone index (MPa)	Bulk dichtheid (ton/m ³)	Ecotechnische info
Opperbodem	< 1	< 1.2	Door verhogen van OM gehalte
Onderbod	< 3	< 1.6	Geen wortelbegrenzende lagen
Substraat	> 3	> 1.6	Afhankelijk van type geolaag (klei- en glauconiet-aandeel)

Op hellingen dient erover gewaakt te worden dat de bodemlaag niet kan afschuiven op onderliggende verdichte substraten of dat substraten afschuiven op de ondergrondlagen. Vooral sterke textuur discontinuïteit in samenspel met de lokale hydrologie (sub-surface flow) kan verschuivingen (land slides) veroorzaken. Tevens dient op hellingen de opperbodem (30 cm topsoil) niet te los gefreesd om erosie te beperken. Inwerken van organisch materiaal ten behoeve van een goede bodemstructuur (en bodemleven) en om snelle vestiging van vegetatie te bewerkstelligen die de helling zal vasthouden is tevens op hellingen essentieel.

Voor de aanleg van ondergrond, substraat en bodem rekening houdend met compactie raden we de best practices aan beschreven in Construction Code of Practice for the Sustainable Use of Soils on Construction Sites (Defra, 2009) (Figuur 41)

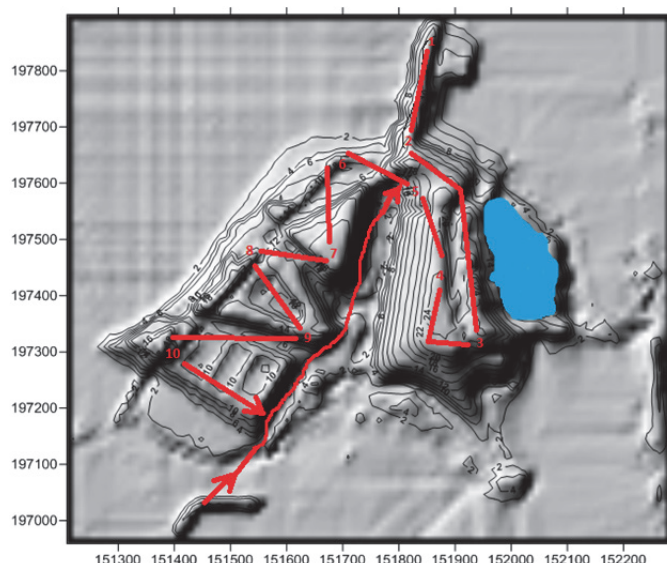


Figuur 41. Oordeelkundige aanbrengen van natte, plastische bodems voor 'soil stock-piling'. (p29 uit Defra, 2009)

Op ondergrond en substraat kunnen bulldozers en graafmachines ongestoord rijden om die te compacteren. De 1 m bodemlaag wordt zijdelings aangebracht en graafmachines vermijden zoveel mogelijk over de net aangebrachte bodem te rijden. Om de opperbodem te creëren kunnen organische

////////////////////////////////////

De volgorde van aanbreng wordt in samenspraak met de aannemer bepaald, maar een mogelijke werkwijze is weergegeven in figuur 42.



Door OVAM of MER aanbevolen codes van goede praktijk worden maximaal opgevolgd en gecontroleerd.

4.5.3.2. Onderwaterbodem

Bij de inrichting van plassen dienen, wat de geschiktheid van opvullingsmateriaal als toekomstige waterbodem betreft, naast de VLAREBO-normen (<https://codex.vlaanderen.be/Portals/Codex/documenten/1015384.html>), zowel textuur, gehalte aan organisch materiaal, zwavelhoudende verbindingen en nutriënten, als de fosforbindingscapaciteit de nodige aandacht te krijgen. We lichten de voornaamste voorwaarden in dit kader toe, vertrekkend vanuit het uitgangspunt dat een voldoende aanwezigheid van waterplanten sterk bepalend is voor de ecologische kwaliteit van stilstaande wateren en een duurzame ontwikkeling van een meer complexe levensgemeenschap. Waterplanten concurreren met fytoplankton voor licht en nutriënten. Deze factoren bepalen in essentie de omslag van waterplanten naar fytoplankton als dominante primaire producenten (cf. helder water met een hogere biodiversiteitswaarde versus troebel water met lagere biodiversiteit en ongewenste fenomenen zoals zuurstofgebrek, algenbloei,...). Hieruit volgen aanknopingspunten voor het beoordelen van substraten als opvullings- en bodemmateriaal.

De textuur heeft consequenties voor de doorstroming van grondwater, de fysische stabiliteit van het substraat, de begroeibaarheid door waterplanten (vasthechting), de zuurstofhuishouding van de waterbodem, de retentie van stoffen en hun uitwisseling naar de waterkolom. In ondiepe plassen staan grote delen van de waterbodem bloot aan verstoring door windwerking en bioturbatie. Zwevende minerale deeltjes zullen, door extinctie en reflectie, het doordringen van licht in de waterkolom verlagen en sedimenteren op ondergedoken planten, waardoor ze bijdragen aan lichtbeperking van ondergedoken vegetatie. Bij een substraat met grovere textuur blijft de zwevende fractie beperkt. Dit is

een eerste reden waarom zandig materiaal met een beperkt aandeel lutum te verkiezen zal zijn, boven een meer kleiig materiaal.

Als voornaamste limiterend element voor de primaire productie is de beschikbaarheid van fosfor een cruciaal aandachtspunt. Wortelende waterplanten nemen fosfor voornamelijk op uit de waterbodem, fytoplankton enkel uit de waterkolom, dit steeds onder de vorm van fosfaat. Is er voldoende fosfor in de waterkolom beschikbaar om de concentratie fytoplankton dermate te laten oplopen dat er in het vegetatieseizoen langdurige lichtbeperking van ondergedoken (wortelende) planten optreedt, dan verdwijnen deze laatste. Fosfor kan van externe bronnen afkomstig zijn (als fosfaat in grondwater, of al dan niet organisch gebonden in oppervlaktewater en afspoelend water), maar fosfaat kan ook vanuit de waterbodem naar de waterkolom diffunderen. Het ligt voor de hand dat een van meet af aan fosforrijk substraat een groter risico impliceert dat dit zal gebeuren: een laag fosforgehalte is, bijgevolg, een eerste vereiste.

Minerale bodemdeeltjes met een fijne textuur bieden veel bindingsplaatsen voor uitwisselbaar fosfaat. Zwevende stof met individuele en in organische complexen geaggregeerde kleipartikels zal door evenwichten, microbiële activiteit en eventuele ingestie door zoöplankton, fosfaat uitwisselen naar de waterkolom. Grotere minerale deeltjes dragen minder uitwisselbaar fosfaat en verblijven minder lang in de waterkolom. Ze 'transporteren' minder voedingsstoffen van bodem naar water. Ook dit is een reden om een meer zandig bodemsubstraat te verkiezen.

Door het grotere interstitiële volume en de betere gasuitwisseling zal een zandige waterbodem langer en tot op een iets grotere diepte onder het bodemoppervlak een hogere redox behouden dan een kleiige. Fosfaat wordt hierin geïmmobiliseerd door binding met driewaardig ijzer (Fe^{3+}), zodat het niet naar de waterkolom kan diffunderen. Daalt de redox van de toplaag, dan verdwijnt deze barrière en neemt de flux van fosfaat naar de waterkolom toe. De zuurstoftoestand van de waterbodem zal afhangen van de zuurstofvraag vanwege de afbraak van organisch materiaal. Als de omzetting van organisch materiaal meer zuurstof verbruikt dan de toplaag kan opnemen daalt de Eh en levert de waterbodem fosfaat aan de waterkolom. In een waterbodem met veel organisch materiaal zullen reducerende omstandigheden vlugger optreden. Een laag gehalte organisch materiaal is daardoor eveneens bepalend voor de geschiktheid.

Hoewel klei, als dusdanig, meer fosfaat kan binden dan zuiver zand, is dit laatste dus efficiënter om 'interne eutrofiëring' (eutrofiëring veroorzaakt door verhoogde beschikbaarheid van reeds in het systeem aanwezige nutriënten) te verhinderen, tenminste zolang hierin voldoende driewaardig ijzer aanwezig is. De beschikbaarheid van ijzer wordt bepaald door wat er door verwerking van ijzerhoudende mineralen (bijv. glauconiet) geleidelijk wordt vrijgegeven en er met (grond)water in gereduceerde vorm (Fe^{2+}) wordt aangevoerd. Hoe meer ijzer, hoe meer fosfor 'verwerkt' kan worden zonder dat de trofie toeneemt. Een hoog ijzergehalte is daarom een gunstig gegeven bij een eventuele keuze. Ook andere metalen (i.c. aluminium, magnesium) kunnen door binding fosfor vastleggen in de waterbodem. In relatie tot de hier relevante geolagen is een relatief hoog glauconietgehalte dus veeleer als positief te beschouwen, omdat het positief correleert met het uitwisselbare gehalte aan fosforbindende metaalionen. Fosfor kan eveneens met calcium vrij stabiele verbindingen aangaan, zolang de pH voldoende hoog blijft. Een hoger calciumgehalte is daarom aan het lijstje van positieve criteria toe te voegen.

Een ander belangrijk aspect is de zwavelhuishouding. De aanwezigheid van zwavel in gereduceerde vorm heeft twee negatieve kanten. Ten eerste, zal het zich sterk binden met Fe^{2+} , waardoor depletie van Fe^{3+} op treedt zodat hiervan minder over blijft om fosfor te binden. Ten tweede, zal vrij sulfide gevormd worden eenmaal het tweewaardig ijzer is opgebruikt. Dit is reeds bij lage concentraties in de waterbodem toxisch voor planten en als het naar de waterkolom diffundeert ook niet-wortelende vegetatie en dieren beïnvloeden (Vermaat et al. 2012; Lamers et al. 2013). Daarnaast heeft sulfaat nog andere effecten op de P-huishouding. Het stimuleert de afbraak van organisch materiaal en kan (net als

Ecologisch gerichte normen omtrent de geschiktheid van opvullingsmateriaal als potentiële waterbodembodem zijn nog maar in beperkte mate verkend. In Nederland zijn enkele richtwaarden afgeleid die bij het gebruik van bodemmateriaal voor verondieping van plassen gehanteerd worden (IBB 2010; Tabel 4.9). Hierbij wordt er van uitgegaan dat grond sowieso meer fosfaat zal vrijstellen dan baggermateriaal, maar er worden ook hogere eisen gesteld aan de biologisch actieve laag. Deze laag waarin de interacties met de waterkolom door biologische, fysische en chemische processen het sterkst zijn dient minimaal **0,5 m dik** te zijn en in dit rapport raden wij 1 m aan. Tevens wordt vermeld dat, in het geval van aangevoerd materiaal, de richtwaarden voor P en P/Fe gemiddelde waarden zijn voor een partij (*ex situ*) en dat het maximum per onderzochte partij in geen geval meer mag bedragen dan 2 maal de gestelde norm voor het gemiddelde. De norm voor de P/Fe-ratio vervalt evenwel als het P-gehalte lager is dan 0,5 g P/kg.

Type materiaal	onderliggend vulmateriaal		afdeklaag	
	P (g/kg)	P/Fe	P (g/kg)	P/Fe
baggerspecie	1,36	0,055 *	0,68	0,055 *
grond	0,5	0,055	0,3	

Wat betreft de samenstelling van de geolagen die hier in aanmerking genomen worden voor de opvulling, kan op basis van deze richtwaarden en het voorgaande gesteld worden dat:

- Bm niet in aanmerking komt vanwege het pyrietgehalte en de kleiige textuur;
- veen sowieso uitgesloten dient te worden vanwege het organische karakter (tevens veel N en P);
- Kd en Bc de laagste gehalten organische stof en zwavel vertonen;
- Kd iets minder klei bevat dan Bc;
- Kd iets minder fosfor bevat dan Bc – enkel bij Kd voldoen alle monsters aan de Nederlandse richtwaarde voor gebruik als afdeklaag. Het gemiddeld fosforgehalte is voor Bc hoger dan 0,5 g/kg, terwijl de P/Fe-gewichtsverhouding voor Kd en Bc vrij vergelijkbaar is (0,012 vs 0,01);
- Kd meer calcium bevat dan Bc, maar minder aluminium.

Tabel 4.10 geeft een overzicht van enkele ratio's, ditmaal als mol/mol, ter vergelijking van de geolagen. De verhoudingen werden berekend met de gemiddelde waarde voor de totaalinhoud van alle analyses op de desbetreffende laag. Ze staan dus niet voor de uitwisselbare fractie en verhoudingen voor individuele analyses kunnen sterk afwijken. De negatieve (Fe-S)/P-ratio toont dat het veen eerder een potentiële bron van fosfor is dan dat het dit zal sequesteren. Li scoort erg hoog voor Ca/P, maar lager voor Fe/P en (Fe-S)/P dan de overige geolagen. Voor dit laatste scoren Kd en vooral Bc, hoger dan Bm, ondanks het lagere fosforgehalte van de Boomse klei. Ca/P is meer dan vier maal zo hoog voor Kd als voor Bc. Al/P ca. 20% hoger voor Bc dan voor Kd.

Tabel 4.10 Molaire verhouding van gemiddelde totaalgehalten voor de geolagen.

Geolaag	Fe/P	Fe/S	(Fe-S)/P	Ca/P	Al/P	(Fe+Ca+Al-S)/P
Li	34,9	4,1	26,3	134,0	26,8	187,1
Kd	44,7	7,9	39,0	62,0	30,0	131,1
Bc	57,3	15,7	53,6	14,8	38,6	107,1
Bm	75,8	1,8	34,6	19,4	201,1	255,1
veen	30,3	0,8	-8,4	25,9	33,1	50,6

Al bij al lijken de zanden van de **Formatie van Kattendijk** dus als waterbodemsubstraat het meest geschikt. Ze kunnen wellicht zelfs als biologisch actieve laag worden toegepast. Materiaal van de geolaag Bc wordt vanwege het hogere P- en Cr-gehalte bij voorkeur enkel dieper geborgen, bijvoorbeeld als substraat.

4.5.3.3. Ondergrond

De fysico-chemische kwaliteitseisen voor de berging in het ondergrondse compartiment worden vooral bepaald door civiel-technische overwegingen (stabiliteit van de heuvel) en milieu-kwaliteitseisen voor grondwater waaraan een monitoringsprogramma wordt gekoppeld.

Dit wordt niet tot de opdracht van deze desk-studie gezien, maar zal bepaald worden in ondermeer de Tractebel studie 'Ontvangende groeve' en in het MER.

4.6. KSF BOS- EN NATUURONTWIKKELING

4.6.1. Saliniteit

De bodem die wordt uitgegraven bij de aanleg van de Oosterweelverbinding, ligt mogelijk in een zone met matig brak tot brak grondwater. Onder de Schelde is het bovenste gedeelte van de freatische aquifer gevuld met brak water. Elders op het traject van de Oosterweelverbinding is het bovenste gedeelte van de freatische aquifer (tussen 0 en -5m TAW) wellicht zoet, maar het grondwater zou op de diepte van de Kattendijk en Lillo formaties wel een verhoogde saliniteit van 400-1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vertonen (Pary et al. 2013). Een deel van het Oosterweeltraject loopt onder het Albertkanaal door (traject van de kanaaltunnels). Uit eigen metingen van het INBO blijkt dat de saliniteit ter hoogte van dit traject overwegend lager is dan 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, slecht één analyse resulteerde in een waarde van iets meer dan 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figuren 25 en 26).

De kritische grenswaarde voor boomgroei werd door Huvenne et al. (1996) proefondervindelijk gelegd bij 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Verhoogde saliniteit veroorzaakt bij bomen droogtestress en belemmert de stikstofopname, maar de effecten zijn in hoge mate soortspecifiek (zie hieronder).

Als de aangevoerde bodem zoals voorzien ter hoogte van de kanaaltunnels wordt opgegraven, zal de saliniteit volgens onze meetresultaten op de proefboringen (Figuur 26) ruim onder de kritische grens liggen. In dat geval stellen er zich geen problemen voor een snelle herbebossing. Indien alsnog gebruik gemaakt wordt van bodem die nabij of onder de Schelde wordt ontgraven, moet rekening gehouden worden met een saliniteit die zich rond de kritische bovengrens voor boomgroei situeert.

////////////////////////////////////

Om een snelle herbebossing mogelijk te maken, kan ook gekozen worden om boom- en struiksoorten aan te planten die relatief tolerant zijn voor een verhoogde saliniteit. Tot deze soorten rekenen Huvenne et al. (1996) en Šerá (2017): witte abeel en andere populieren (groeuwe abeel, ratelpopulier, cultuurpopulieren), zwarte els, wilgen, sleedoorn, wilde liguster, gewone vlier, boksdoorn (af te raden: exoot), robinia (af te raden: invasieve exoot), olijfwilg (af te raden: exoot) en duindoorn. Zwarte els en duindoorn kunnen het geringe stikstof aanbod van het tertiair materiaal, waarin nog geen organische bodem aanwezig is, opvangen door eigen stikstoffixatie en zijn hierdoor geschikte 'nurse plant species' voor bomen en struiken met een hogere nutriëntenbehoefte. Niet of matig geschikt door hun geringe zouttolerantie, zijn volgens Huvenne et al. (1996) en Šerá (2017): zomereik, linde, esdoornsoorten en naaldhoutsoorten, met uitzondering van zwarte den (*Pinus nigra*) die in het verleden ook veel gebruikt werd bij de bebossing van kustduinen.

4.6.2. Ontwikkeling van een organisch rijke bodem

De aanwezigheid van glauconietklei in de tertiaire formaties afkomstig van Oosterweel kan beschouwd worden als een voordeel voor de bosontwikkeling na de landschapsbouw: hierdoor is de bodem beter in staat om nutriënten en bodemvocht vast te houden, wat het initiële gebrek aan organisch materiaal deels kan compenseren. Glauconiet is bovendien een belangrijke leverancier van kalium, die een aanvulling is van de Ca en Mg aangedragen door de schelpfragmenten.

van N-fixerende kruidensoorten, vooral van de vlinderbloemenfamilie (Fabaceae), met daartussen houtige pioniers die niet over dit vermogen beschikken (bij voorbeeld abelen of wilgen).

Bijlage F geeft een overzicht van ecologische kenmerken van houtige soorten die na de landschapsbouw kunnen worden aangeplant, met kenmerken die voor de landschapsinrichting van belang zijn, zoals: de vorming van wortelopslag, stikstoffixatie, schaduwtolerantie en lichtbehoefte, ecologische amplitude voor zuurtegraad en vochtgehalte van de bodem, de aanwezigheid van stekels of doornen en een indicatie of ze als pionier kunnen worden ingezet.

Om een snelle vestiging van vegetatie en bosplantsoen mogelijk te maken dient de opperbodem los en humeus te zijn. Zaden kiemen immers beter in een luchtige bodem en profiteren van nutriënten die vrijkomen bij de mineralisatie van organisch materiaal.

Groencompost, als eindproduct van een correcte compostering van houtachtige gewassen (houthaksel, takken, schors) is een ideaal product om de neogene bodems die uit de geolagen zullen ontstaan te voorzien van een startkapitaal aan nutriënten voor de bodembiota en vegetatie. Tevens wordt een natuurlijk microbioom met de groencompost ingebracht op de site. Het is vooral belangrijk dat de compost overwegend bestaat uit ligninehoudende componenten, zodat een stabiele humus wordt bekomen.

Andere composten, zoals Groente-, Fruit- en Tuinafval (GFT) wordt afgeraden voor natuurontwikkeling, omdat die ongewenste (rest)stoffen (pesticiden, herbiciden, fungi ...) kunnen bevatten die nadelige effecten kunnen hebben op het bodemleven.

Uit ervaring hebben we geleerd dat infrezen/inwerken van een ~10 cm laag GFT compost in de 20-30 cm toplaag een significant bodemverbeterend effect heeft. Dit komt overeen met 35 g GFT compost per 100 g bodem (1/3 gewichtsaandeel) en ongeveer 850 ton groencompost (versgewicht) per ha aan ~1000 m³/ha.

Op hellingen (>30%) kan met hydroseeding geëxperimenteerd worden waarbij mulches met zaadmengsels worden aangebracht. Gerichte experimentele proeven dienen ideale combinaties van organische matrices enerzijds en zaadmengsels anderzijds op punt te zetten. Eenmaal een vegetatie zich duurzaam gevestigd heeft op een helling zal de normale koolstofcyclus (strooiselininput, afsterven fijnwortels) het organisch gehalte in de bodem in stand houden.

Een correcte humusbouw in de opperbodem is de sleutel tot succes voor de natuurinrichting en bebossing op geolagen.

4.6.3. Vochtleverend vermogen en waterhuishouding

Door het reliëf en de variabele diepte van de ondoorlatende substraten, zal door de landschapsbouw een grote variabiliteit ontstaan in vochtbeschikbaarheid. De tolerantie van boomsoorten voor droogte is in hoge mate soortspecifiek en op basis van de fichier écologique (www.fichierologique.be) en de F-indicatorwaarde (Hill et al. 1999) onderscheiden we drie groepen (Tabel 4.11). Deze driedeling kan helpen om voor elke groeiplaats een geschikt soortenpalet aan te planten, als de landschapsbouw voltooid is. Het is belangrijk na de landschapsbouw naast een textuurkartering ook de hydrologische condities in kaart te brengen (in feite komt dit neer op het aanvullen van de Belgische bodemkaart).

Het vochtleverend vermogen van een bodemlaag die zich niet in het bereik van grondwater bevindt, wordt sterk bepaald door de textuur (capillaire opstijging) en het organisch materiaal (waterhoudend vermogen). De landschapsbouw voorziet plaatselijk ophogingen van meer dan 20 m boven de afdichtlaag, dus tot ver boven het bereik van een freatische grondwatertafel die zich boven de ondoorlatende afdichtlagen kan vormen. Het meeste bodemvocht zal dus door middel van (tijdelijk)

stuwwater op de substraten aan de vegetatie geleverd worden. In droogteperiodes kan dit snel uitgeput geraken en dan worden best soorten gebruikt die tolerant zijn voor droogte (zie Tabel 4.11).

Tabel 4.11. Droogtetolerantie van boomsoorten die in aanmerking komen voor aanplant in het projectgebied. Pioniersoorten, die beter in staat zijn om op minerale bodem te groeien en de bosontwikkeling op gang te trekken, zijn vet weergegeven. Een uitgebreide lijst is weergegeven in Bijlage F.

Droogtetolerantie	Soort
Hoge droogtetolerantie	wintereik, Spaanse aak, Noorse esdoorn, elsbes, winterlinde, zomerlinde, ruwe berk
Matige droogtetolerantie (mesofiel)	grauwe en witte abeel , haagbeuk, zomereik, tamme kastanje, gewone esdoorn, beuk, wilde appel, wilde lijsterbes, gladde iep, ruwe iep, zoete kers
Vochtbehoevend, geringe droogtetolerantie	zwarte els , ratelpopulier , schietwilg , fladderiep, zachte berk

In de centrale vallei (voorheen de vallei van de Potgatbeek) en aan de oostzijde waar een rietmoeras wordt ontwikkeld, zijn de ondoorlatende lagen/substraten op geringe diepte ($< 1\text{m}$) aanwezig. Door de afhelling van de afdichtlaag stroomt het grondwater in de richting van de centrale vallei en kan zich daar mogelijk een beekje vormen. In mindere mate gaat dit ook op voor het rietmoeras dat aan de oostkant wordt ontwikkeld: deze zone vangt het grondwater van een deel van de oostelijke heuvel, meer bepaald het deel dat ten oosten van de waterscheiding infiltreert (zie Figuur 42). Locaties die voldoende gevoed worden door grondwater, zijn geschikt voor boomsoorten met een hoge vochtbehoefte (zie Tabel 4.11). Op de hellingen kan gekozen worden voor mesofiele soorten, die een intermediaire vochtbehoefte hebben.

4.6.4. Stabiliteit en erosiegevoeligheid

Een beperkte erosie na de landschaps(re)constructie kan bijdragen tot een natuurlijker en gevarieerd landschap, zoals we dat kennen in reliëfrijke streken in het zuid-oost Vlaanderen. Door erosie zijn daar holle wegen, droogdalen of dellen, colluvium, en graften ontstaan (zie bijvoorbeeld Langohr, 2009). Beperkte erosie moet daarom niet als een probleem gezien worden - en is wellicht onvermijdelijk - maar omvangrijke (geul)erosie kan wel een probleem worden in volgende gevallen:

1. Het gewenste reliëf wordt sterk aangetast, waardoor bijvoorbeeld het rietmoeras snel verzandt
2. De worteldiepte tot het substraat wordt te klein, of het substraat komt zelfs bloot te liggen, waardoor bosontwikkeling moeilijker wordt. Voor winterlinde, één van de meest geschikte soorten om aan te planten op de hellingen en plateau's in het projectgebied, moet gerekend worden op een doorwortelbare bodem van minimum 2m dik (Pigott 1991)
3. Door aanhoudende erosie kan de bosontwikkeling sterk vertraagd worden, omdat het plantgoed niet aanslaat.

Het DHM dat het geplande landschap weergeeft, voorziet hellingen tot maximaal 40% wat correspondeert met een hellingshoek van 22°. De hoek van inwendige wrijving (storthoek) van droog zand bedraagt 34°, die van nat zand 45° (Beakawi Al-Hashemi & Baghabra Al-Amoudi, 2018). In theorie

- zorgen voor een geleidelijke 'uitloop' van de helling in de vallei en aan het rietmoeras, waar het substraat rust op de watervoerende laag. Deze zone is immers zeer gevoelig voor afschuiving, door de druk van het uittredend grondwater.

4.6.5. Zuurtegraad/kalkgehalte van de aangebrachte substraten

Aangezien de aangevoerde tertiaire materialen (formaties van Lillo, Kattendijk en Berchem) kalkrijk zijn en een hoge pH hebben, is het aantal potentieel geschikte boomsoorten voor bosontwikkeling bij gebruik van deze bodem groot. De Boomse klei daarentegen bevat pyriet, dat door oxidatie aanleiding geeft tot verzuring en vrijstelling van sulfaten. Dit verklaart gedeeltelijk de geringe biodiversiteit van waterplassen die in de Boomse klei zijn uitgegraven en kan mogelijk ook verklaren waarom plaatselijk veenmossen werden waargenomen in de broekbossen (zie 3.1.5). De Boomse klei is niet alleen zuur maar ook bijzonder compact; voor de ontwikkeling van bos en rietland is dit een ongunstige combinatie.

Op de Schelde rechteroever, ter hoogte van de plaat van Boomke, is een dijk van 2.8 km lang opgebouwd uit Boomse klei waar al 5 jaar quasi niets op kan groeien, tenzij Japanse duizendknoop en wat riet (bodempH < 3.5, EC > 2700 µS/cm, meer dan 10000 mg/kg sulfaat). Door het ontbreken van een (gras)vegetatie erodeert de Scheldedijk (Figuur 44, rechts) met erosiegeulen tot 30 cm diepte.

DVW i.s.m. INBO gaat de dijk begroenen door toepassing van een mengsel van GFT compost en een graszaadmengsel. Praktijkproeven waren succesvol en worden opgeschaald. Belangrijke conclusie uit dit praktijkgericht onderzoek: zoveel mogelijk dagzomen (risico voor permanente oxidatie) van Boomse klei vermijden.



Figuur 44. De sulfaatlus langs de Scheldelaan, A'pen RO: vegetatie maakt geen kans op deze dijk van pyriethoudende Boomse klei. Zonder vegetatie tast geul-erosie het dijklichaam aan.

De verzurende werking van de Boomse klei, die als afdichtlaag toegepast kan worden bij de landschapsbouw, kan gedeeltelijk gebufferd worden door afdekking met de kalkhoudende tertiaire zanden. De afdekking voorkomt vrijstelling aan de lucht en kan bijgevolg oxidatie van het pyriet afremmen, waardoor weinig sulfaat wordt gevormd. Het beperkt vrijkomen van verzuringsproducten kan mogelijks voldoende gebufferd worden door de oplossing van schelpkalk uit de tertiaire zanden bovenop de Boomse klei. De zanden kunnen als substraat ook veel vlotter doorworteld worden door bomen en riet, dan rechtstreeks in de Boomse klei. Wij raden daarom aan om ook op de laagste plaatsen (de centrale vallei, het rietmoeras), de Boomse klei af te dekken met tenminste 50 cm kalkhoudende tertiaire zanden.

////////////////////////////////////

De hoge zuurtegraad ($\text{pH} > 8$) van de Fm van Li en Kd kan wel de plantbeschikbaarheid van bepaalde macro- en micronutriënten beperken (Figuur 35). Dit zal vastgesteld kunnen worden door gebreksverschijnselen op bladeren van bomen en struiken, zoals vergeling en bladnecrosen. Gerichte bladanalyses kunnen de voedingstoestand evalueren en de tekorten aan specifieke nutriënten aangeven.

4.6.6. Bestrijding van invasieve (Japanse) duizendknoop

De opslag van invasieve duizendknoop, die her en der is vastgesteld in en rond het asbeststort, is een bedreiging voor de vegetatieontwikkeling na de landschapsbouw. Invasieve duizendknoop verbreidt zich enkel via wortelstokken en kan een breed spectrum van groeiplaatsen koloniseren, van lichtrijk tot (half)schaduw. Invasieve duizendknoop is zeer moeilijk te bestrijden als de soort eenmaal aanwezig is. Mogelijke bestrijdingswijzen worden besproken op <https://www.ecopedia.be/planten/japanse-duizendknoop-sachalinse-duizendknoop-en-boheemse-duizendknoop>. De twee methodes die voor het projectgebied het meest in aanmerking komen, zijn afgraven en aanplant van competitieve inheemse (houtige) soorten.

Het grondverzet in het kader van de geplande landschapsbouw houdt het risico in dat de soort over het gehele projectgebied verspreid wordt. Het onbegroeide landschap zou dan snel door invasieve duizendknoop ingepalmd kunnen worden, alvorens inheemse soorten zich kunnen vestigen. Anderzijds bieden de geplande grondwerken de gelegenheid om invasieve duizendknoop grondig aan te pakken, door de groeiplaatsen uit te graven (min. 0,5 - 0,75m diep) en de grond die met wortelstokken “biologisch vervuild” is, diep te begraven.

Groeiplaatsen die niet vergraven zullen worden, kunnen eventueel beplant worden met competitieve inheemse bomen en struiken. De aanplant van een bomen- of een struikengordel rondom of langsheen invasieve duizendknoop helpt om de haard in te dijken. Ook het vlakdekkend beplanten van een terrein met bomen en/of struiken maakt een ecosysteem weerbaarder tegen invasieve duizendknopen (<https://www.ecopedia.be/beheermaatregel/inbrengen-bevorderen-van-met-invasieve-duizendknoop-concurrerende-vegetatie>). In het bijzonder wintergroene soorten en soorten met een zeer hoge schaduwdruk zouden hiervoor in aanmerking kunnen komen: hazelaar, inlandse vogelkers (loopt zeer vroeg uit én vormt wortelopslag), haagbeuk, hult en taxus. De wintergroene soorten hult en taxus zijn echter trage groeiers. Houtige soorten die relatief veel licht doorlaten en voor halfschaduw zorgen, zoals bij voorbeeld zwarte els, Gelderse roos, rode kornoelje, meidoorn, kunnen wellicht invasieve duizendknoop niet volledig onderdrukken.

4.6.7. Landschappelijke isolatie

Heel wat soorten uit bossen zijn afhankelijk van een continue aanwezigheid van bos, in de tijd en in de ruimte. De volledigheid van bosecosystemen wordt bijgevolg in hoge mate verklaard door continuïteit van de habitat (De Keersmaecker 2013). Soorten met een sterke binding aan langdurig beboste locaties - de zogenaamde oude bossen - zijn te vinden in vele groepen, maar wellicht het best gekend zijn de oudbosplanten (zie de lijst van Cornelis et al 2009). Ook bij de kevers, pissebedden, fungi, mossen en vleermuizen zijn soorten gekend die meer of exclusief in oude bossen te vinden zijn. De sterke binding van soorten met oude bossen heeft uiteenlopende redenen: vele soorten verbreiden zich slechts langzaam en hebben een geringe overlevingskans buiten bos, of ze zijn gebonden aan specifieke microhabitats of milieumomstandigheden, die vooral in langdurig beboste locaties te vinden zijn. Dit impliceert dat recent ontstane bossen die geïsoleerd liggen van oude bossen, zich veel minder gunstig ontwikkelen dan gelijkaardige bossen die aansluiten bij oude bossen. Dit is veelvuldig aangetoond voor de vegetatie van bossen (zie bij voorbeeld Jacquemyn et al, 2003), maar recent werd ook aangetoond

De bossen in het projectgebied zijn recent ontstaan en liggen bovendien geïsoleerd van oude bossen. Zonder introductie zal zich na de landschapsbouw slechts een beperkte pool van mobiele soorten vestigen in het nieuw ontwikkelende bos. Er kan daarom overwogen worden om soorten te introduceren, of om bosbodem te transplanteren om zo het projectgebied te 'inoculeren'. De kalkrijke grond die gebruikt wordt voor de landschapsbouw in het projectgebied, biedt de mogelijkheid om een rijke voorjaarsflora te ontwikkelen en dit kan bijdragen tot de ecologische en recreatieve waarde van het gebied. In een volgend onderdeel beschrijven we een aantal referentiebeelden voor bos- en natuurontwikkeling op een gelijkaardige bodem. Introductie door zaaien of planten mikt vaak op aantrekkelijk bloeiende soorten en gaat voorbij aan de bodembiodiversiteit, waarvoor eveneens aanzienlijke verschillen tussen oude en recente bossen werden vastgesteld (zie bijvoorbeeld mycorrhiza hierboven in Boeraeve et al, 2018). Transplantatie is een techniek die nog maar weinig werd onderzocht, maar die wel perspectieven biedt om een volledig boscossysteem te ontwikkelen, met inbegrip van bodembiodiversiteit. De evaluatie van een transplantatie van bos op kalk in het zuiden van Engeland (kanaaltunnel), leert dat de abiotiek van de donor- en receptorsite goed op elkaar moeten afgestemd zijn, om overleving van de kenmerkende plantensoorten te garanderen (Buckley et al. 2017). Ook de lichtcondities bleken in het onderzoek van Buckley et al. (2017) erg belangrijk te zijn voor de overlevingskansen van de geïntroduceerde soorten. Het is daarom aan te bevelen om introductie pas te overwegen, nadat zich een gesloten kronendak heeft ontwikkeld.

De vegetatie van graslanden, struwelen en bossen op kalkrijke, kleiige bodem kan bijzonder soortenrijk zijn. Hieronder beschrijven we enkele natuurgebieden die een referentie kunnen zijn voor de graslanden, struwelen en bossen die zich in het projectgebied kunnen ontwikkelen

Tussen de dorpskern van Ranst en het Albertkanaal liggen een aantal oude, goed ontwikkelde bossen op een zandlemige bodem, met als belangrijkste het Muizenbos (eigendom ANB) en het Zevenbergenbos (in beheer van Natuurpunt). De formatie van Lillo dagzoomt hier als een kleizand substraat met een wisselend gehalte aan fossiele schelpresten (De Keersmaecker et al. 1995). De kalkrijke glauconiethoudende bodem in het bos van Ranst lijkt in textuur wellicht sterk op het materiaal dat op het Oosterweeltraject wordt uitgegraven, maar het vochtgehalte in het projectgebied zal door de geplande topografie en stratigrafie meer variatie vertonen dan in Ranst, waar de kleiige bodem vochtig tot nat is.

De bossen in Ranst hebben een uitbundig voorjaarsaspect en zijn hierdoor erg soortenrijk. Deze bossen kunnen in de indeling van Cornelis et al. (2009) getypeerd worden als een Iepen-Essenbos met aalbes en groot heksenkruid (type E1), een Essen-Elzenbos met gevlekte aronskelk (D6) en lokaal op wat minder kalkrijke delen als een Essen-Eikenbos met gewone salomonszegel en wilde kamperfoelie (type G3). In de kruidlaag van deze bossen vinden we: slanke sleutelbloem, bosanemoon, heekruid, bosviooltjes, eenbes, gewone vogelmelk, gele dovenetel, grote keverorchis, grote muur, herfsttijloos, bosgierstgras, witte klaverzuring, gulden boterbloem, etc. De meeste van deze soorten zijn oudbosplanten, die gebonden zijn aan langdurige bebossing en moeilijk nieuwe, geschikte terreinen koloniseren. De kalkrijke tijdelijk vochtige bodem van het bos van Ranst is ook geschikt voor een groot aantal soorten bomen en struiken: es, grauwe abeel, veldiep, haagbeuk, vogelkers, Spaanse aak, gewone esdoorn, Noorse esdoorn, winterlinde, taxus, zomereik, beuk, zoete kers, cultuurpopulieren, rode kornoelje, kardinaalsmuts, zwarte els, trosvlir, hazelaar, bosroos. Verder naar het noordoosten, in de regio

Zoersel-Zandhoven, zijn op gelijkaardige standplaatsen ook autochtone individuen van fladderiep en wegendoorn aanwezig.

Duinbossen en -struwelen.

Goed ontwikkelde bossen op droge tot matig vochtige, kalkrijke bodem zijn bijzonder schaars in Vlaanderen. De bodem van de kalkrijke kustduinen is wellicht zandiger en minder kleirijk dan die van het toekomstige projectgebied, maar de vegetatieontwikkeling in de duinen kan een referentie zijn voor de droogste locaties in het projectgebied. De bossen aan de kust zijn allemaal relatief recent ontstaan en de soortensamenstelling, in het bijzonder die van de kruidlaag, is daardoor onvolledig. Het oudste en best ontwikkelde duinbos is het Calmeynbos, een bebossing uit het begin van de 20ste eeuw in De Panne (Zwaenepoel et al., 2004). Dergelijke duinbossen worden door Cornelis et al. (2009) getypeerd als een esdoornen-abelenbos met veldhondstong en witte winterpostelein (type A1).

Van de oorspronkelijke aanplant uit het begin van de 20ste eeuw blijven sporadisch nog zomereik, beuk, gewone es, haagbeuk, winterlinde, paardekastanje, fladderiep, en kraakwilg over, maar deze soorten verjongen zich weinig. Ook ruwe iep en veldiep zijn in vitale populaties aanwezig. Gewone esdoorn werd in het Calmeynbos eveneens aangeplant en verjongt zich wel zeer talrijk (Zwaenepoel et al., 2004). De struwelen die zich spontaan in open kalkrijke duinen van de westkust ontwikkelen, zijn erg soortenrijk, met als opmerkelijke soorten: rode kamperfoelie, kardinaalsmuts, wollige sneeuwbal, bosrank, zuurbes, wegendoorn, donzige eik, palmboompje, elsbos, wilde liguster, boskdoorn. Lokaal hebben zich volgende soorten in de kruidlaag van de bossen en struwelen gevestigd: wilde narcis, welriekende salomonszegel, mannetjesorchis, wilde akelei, glad parelzaad, donderkruid, gulden sleutelbloem, slanke sleutelbloem, diverse parelgrassoorten, en tongvaren (Zwaenepoel et al., 2004).

Mergelbossen

In het zuiden van Limburg (Haspengouw) en op de St. Pietersberg liggen enkele kleine oude bossen, met een goed ontwikkelde kruidlaag op mergel. Mergel is een poreus krijtgesteente dat verweert tot een kalkrijke klei. In het Hasselbos (Tongeren) is de bodem vrij vochtig, omdat de mergel afgedekt wordt door leem en klei. In dit bos vinden we een flora die sterk lijkt op die van het Muizenbos (Ranst), maar met als extra soorten: ruig klokje, wrangwortel, mannetjesorchis en welriekende nachtorchis. Bij de struiken, bomen en lianen zijn Spaanse aak, wilde liguster en bosrank te vermelden.

Het Overbos en Noorderbos op het plateau van Caestert (Riemst) zijn 2 bosjes op mergel die getypeerd worden als een Esdoornen-Essenbos met kruisbes en bosrank (F1) volgens Cornelis et al. (2009). Kenmerkende bomen en struiken van dit type zijn: bosrank, klimop, Noorse esdoorn, ruwe iep, Spaanse aak, es, gewone esdoorn, rode kamperfoelie, gele kornoelje, rode kornoelje. De mergelbossen in het zuiden van Limburg kunnen door een aangepast beheer rijk zijn aan orchideeënsoorten, zoals bruine orchis en bosvogeltjes.

Kanaalbermen van Moen

Het kanaal Kortrijk-Bossuit is ter hoogte van Moen (Zwevegem) uitgegraven in kalkrijke leperiaanse klei en met dit materiaal is een heuvel van 26 ha opgebouwd, waarop het Orveytbos werd aangeplant. Meer naar het westen, dicht bij Kortrijk, ligt het Kennedybos op gelijkaardige kalkrijke bodem. De graslanden op de kanaalbermen liggen op een vochthoudende kleibodem, waar lokaal ook grondwater uittreedt. De graslanden die zich door deze abiotiek hebben ontwikkeld, zouden een referentie kunnen zijn voor de open vegetatie in het projectgebied, op de kalkhoudende en kleirijke zanden van de Formaties van Lillo en Kattendijk. Enkele van de bijzondere soorten die in Moen voorkomen, zijn: vleeskleurige orchis, rietorchis, moeraswespenorchis, bijenorchis, soldaatje, parnassia, grote keverorchis, zomerbitterling,

Kennedybos (Kortrijk) en Keizersberg (Marke)

4.6.9. Specifieke vereisten voor rietmoeras en andere aquatische habitats

Om deze doelstellingen te kunnen realiseren is een vrij gevarieerd moerasgebied nodig, waarin verschillende types rietland aanwezig zijn, gecombineerd met plassen en eventueel andere moerastypes, zoals grote zeggenvegetaties. Een deel van het rietland zal doorsneden moeten worden door een netwerk van diepere greppels. De verhouding tussen het aandeel moeras en open water kan bepaald worden op respectievelijk ca. 2/3 en 1/3.

De verschillende types rietland komen enkel voor wanneer een vrij geleidelijke overgang van land naar open water kan bekomen worden. Hierbij groeit op de oeverzones landriet, eventueel in combinatie met wilgenkoepels en grote zeggenvegetatie. In ondiep water kan zich overgangsriet ontwikkelen en verder naar het open water toe kan zich waterriet ontwikkelen. Deze drie riettypes zijn van belang voor het bereiken van de doelstellingen met betrekking tot het bekomen van een diverse moerasfauna. Er zal ten opzichte van het waterpeil, van noord naar zuid, een geleidelijk aflopend bodemprofiel moeten worden gerealiseerd. Het verloop kan van noord naar zuid in 3 zones worden ingedeeld. In het noorden wordt circa een kwart van de oppervlakte voorzien voor landriet, grote zeggevegetaties en wilgenstruweel. In deze zone staat het waterpeil in de winter net boven of gelijk aan het maaiveld, maar staat het in de rest van het jaar er net onder. In een tweede, aansluitende, grotere zone wordt overgangsriet beoogd. In dit deel dient het water in het grootste deel van het jaar boven het maaiveld te staan, maar valt in de zomermaanden valt deze zone droog. In een derde van het gebied wordt naar voldoende waterriet gestreefd in combinatie met open water (resp. ca. 1/3 en 2/3). De open waterzones worden best tot enkele meters diep ingericht, zodat ze niet volledig dicht groeien, met een geleidelijk aflopend profiel

richting overgangsriet. Vanuit het overgangsriet tot op een diepte van ca. 1 meter kan zich waterriet ontwikkelen. Dit riet staat het jaar rond onder water en is het best vrij ijl van structuur.

Het is van belang om in de zones met moeras- en waterriet een netwerk van diepere greppels te voorzien van ± 3 meter breed en ± 2 meter diep. Op deze manier wordt de foerageeropervlakte voor moerasvogels sterk uitgebreid en worden delen van het rietland vrijwel onbereikbaar voor predatoren.

Het gebied zal vanuit het noorden gevoed worden door een klein beekje met een, naar inschatting beperkt debiet. Uit een éénmalige meting in het voorjaar van 2018 (Van Damme & Vergauwe 2019; 'voeding baggertuigplas') blijkt dit stroompje vrij ijzerrijke kwelwater af te voeren; het water heeft een vrij hoge geleidbaarheid en alkaliniteit, met hogere concentraties calcium, chloride en sulfaat. De nutriëntenconcentraties lijken mee te vallen (cf. ook de bepalingen voor de Baggertuigplas in maart en juli). Een vrij constante voeding zou kunnen zorgen voor voldoende water en zou bovendien voor doorstroming kunnen zorgen van het systeem van noord naar zuid. Door een stuwsysteem aan de zuidkant van het moeras/plas-zone te voorzien kan het waterpeil worden ingesteld in functie van de doelen en het beheer (bv. maaien of ruimen). Een beperkt beeld van de kwaliteit van het aangevoerde water doorheen het jaar en onduidelijkheid over het potentiële debiet van het beekje zijn nog belangrijke kennishiaten in verband met een dergelijke inrichting.

Zowel voor de ontwikkeling van de moerasvegetaties, als voor de kwaliteit van het water in het moeras, is de keuze van het substraat belangrijk. Hiervoor kunnen de bevindingen onder 4.5.3.2 worden gevolgd, waarbij gekozen wordt voor gronden uit de Formatie van Kattendijk. Doordat de vegetatie in het moeras/plas-gebied relatief veel strooisel zal produceren, wordt er na verloop van tijd in grote delen een organisch pakket gevormd. Gezien de aanvoer van vrij sulfaatrijk water (500-600 mg/l) is dit op termijn een ideale situatie voor de ontwikkeling van een sulfiderijke moeras- en waterbodem.

Echt vergelijkbare systemen die als referentie in aanmerking komen lijken er in Vlaanderen momenteel niet te zijn.

5.1. TOESTAND EN ECOLOGISCHE KWALITEIT HUIDIGE BOS

- de avifauna die typisch is voor halfopen parklandschappen, zoals nachtegaal en zomertortel
- de aanwezigheid van een diverse epifytengemeenschap op pionierboomsoorten (wilgen en berken)
- de specifieke groeiplaatsen voor bijzondere soorten: nat en zuur bos met veenmossen en kleihoudende steilranden met een groot aantal vrij zeldzame varensorten

Globaal genomen bestaat de biodiversiteit van het projectgebied dus vooral uit mobiele soorten, die in sommige gevallen wel hoge eisen stellen aan de habitat of groeiplaats en om die reden vrij zeldzaam zijn, maar die relatief goed in staat zijn om nieuwe geschikte groeiplaatsen te koloniseren. Door de geplande landschapsbouw wordt het bos in het projectgebied ‘gereset’ en zullen een aantal groeiplaatsen verdwijnen. Na de ingreep ontstaat echter een gevarieerd landschap, met steile hellingen in verschillende windrichtingen wat leidt tot een hoge variabiliteit in luchtvochtigheid, en dit op kalkrijke, zandige tot kleihoudende, droge tot natte bodem. Wellicht zal het projectgebied opnieuw vanzelf gekoloniseerd worden door veeleisende mobiele soorten. Daarenboven zal door aanplant en introductie een vollediger boscossysteem ontstaan, met traag verbreidende houtige soorten en kruiden die kenmerkend zijn voor oude bossen met een geringe vervangbaarheid. De methodiek die hierboven werd beschreven, streeft naar een balans tussen gericht ingrijpen (door aanplant of inzaaien van pioniers, aanplant van kloempen met climaxsoorten, introductie van oudbossoorten) en spontane ontwikkeling, waarbij de geïntroduceerde soorten de geschikte groeiplaatsen in het projectgebied verder koloniseren.

Het huidige bos heeft momenteel vooral een sociale/recreatieve functie, wat duidelijk de nood aangeeft aan toegankelijk groen in de directe nabijheid van de woongebieden (Terhagen, Rumst, Boom). In deze tijd van Corona-pandemie is eens te meer aangetoond hoe belangrijk dit is voor de bevolking.

Het omvormen van het huidige pioniersbos naar een meer gevarieerd boscomplex met plaats voor open terrestrische en aquatische natuur (rietvijver) zal niet alleen de belevingswaarde van deze natuur

substantieel kunnen verhogen voor de wandelaars (zachte recreatie), maar ook betere garanties geven dat deze habitats duurzaam in stand gehouden en beheerd kunnen worden.

5.2. GESCHIKTHEID VAN BODEMMATERIALEN VOOR BOSONTWIKKELING

De tertiaire geolagen van de Formaties van Lillo (Li), Kattendijk (Kd), Berchem (Bc) en Boom (Bm) werden door ons primair gescreend op hun geschiktheid voor de landschapsreconstructie en gebruik als bodemvormende materialen voor bos- en natuurinrichting. Globaal kan gesteld worden dat voor bodemontwikkeling in de bovenste meter best een combinatie van Li en Kd kan gebruikt worden. Dit zal zorgen voor voldoende bodemvariatie naar textuur (van zand tot lichte klei) en waterbergend vermogen. Deze geolagen bevatten milieu-veilige concentraties aan zware metalen en zijn voor het bekeken Oosterweel transect wellicht niet belast met problematische concentraties aan chloriden en sulfaten ($EC < 500 \mu S/cm$). Wel is hun pH hoog ($pH > 8$) zodat mogelijks gebreksverschijnselen aan nutriënten kunnen optreden, maar anderzijds is hun kalkbuffer remediërend voor de sulfaatproblematiek veroorzaakt door de pyriethoudende Boomse klei in het gebied.

De kalkrijkdom is positief voor het ontwikkelen van kalkrijke boscotypes, die zeer zeldzaam zijn in Vlaanderen (uitzondering Voerstreek), waar we vooral bossen op verzuurde en sterk verweerde bodems kennen. Dit biedt mogelijkheden voor kalkminnende plant- en diersoorten.

De geolagen zullen pas ‘bodems’ kunnen worden indien voldoende organisch materiaal wordt ingebracht (humusbouw), enerzijds op natuurlijke wijze (door de vegetatie), anderzijds door menselijk ingrijpen (inwerken van geschikte mulchings en/of groencompost) als startkapitaal aan nutriënten en incubator voor het bodemleven.

Wij raden gebruik van de geolagen Formatie van Berchem (Bc) en Boomse klei (Bm) af als bodemmateriaal (0 - 1m). De eerste omwille van een vrij hoog (natuurlijk) gehalte aan chroom, de tweede omwille van vorming van sulfaten wanneer die pyriethoudend is. Bc materiaal wordt wel geschikt geacht als substraat (1-1,5 m). Wanneer die rijk is aan glauconiet kan die waterstuwende eigenschappen hebben en tevens een bron van kalium en andere voedingselementen zijn. Als substraat worden eventuele verhoogde concentraties aan Cr gereduceerd gehouden zodat geen toxisch hexavalent Cr kan ontstaan. De beperkte hoeveelheid Boomse klei die beschikbaar komt is vooral nuttig als afdekking van de stortplaatsen in de diepe ondergrond en bedding van de Potgatbeek vallei, of dieper onder het rietmoeras, maar het wordt afgeraden deze te laten dagzomen zodat oxidatie van pyriet kan optreden.

5.3. KSF BOS- EN NATUURONTWIKKELING

5.3.1. Bosontwikkeling

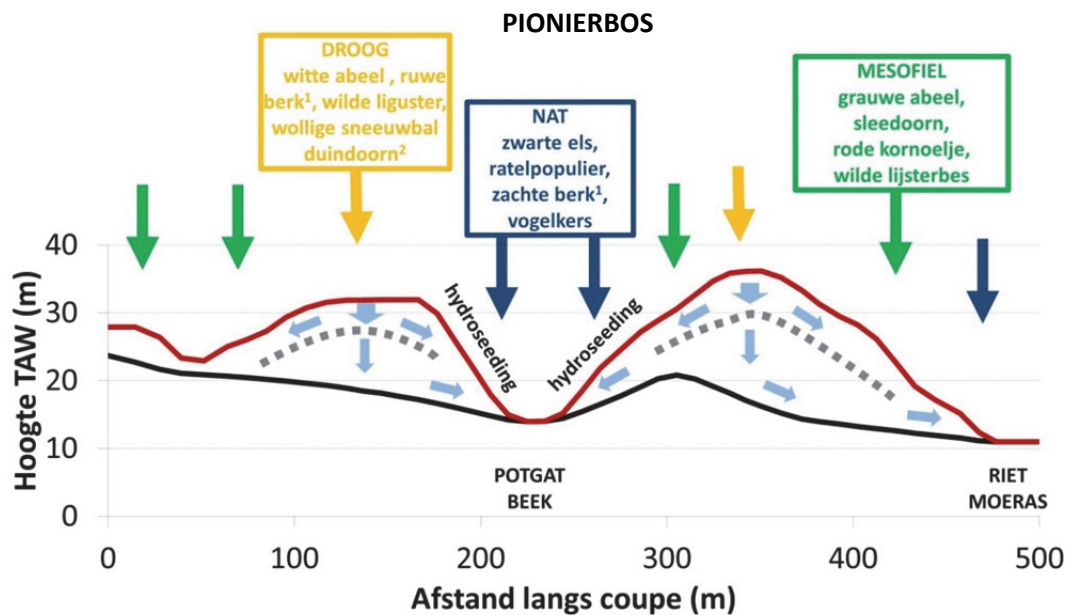
Na de landschapsbouw ontstaat een reliëfrijk landschap, met kalkrijke zanden van tertiaire oorsprong, die arm zijn aan beschikbare fosfor en aan stikstof. Dit is een gevolg van de afwezigheid van organisch materiaal en van bemesting en door het van nature hoge gehalte aan kalk en ijzer, die beide fosfor binden in aërobe omstandigheden. Op basis van eigen metingen mag worden verondersteld dat de aangevoerde geolagen uit de kanaaltunnels en ring geen sterk verhoogde saliniteit vertonen, waardoor bosontwikkeling vertraagd zou worden. De vochtvoorziening van de zandige bodem kan echter een knelpunt zijn en wordt bepaald door de hoogte van de landschapsbouw en de diepte van het substraat dat zal moeten fungeren als waterstuwende laag. De kalkrijkdom en de geringe beschikbaarheid van nutriënten zijn gunstige eigenschappen voor de ontwikkeling van een ecologisch waardevol, soortenrijk bos op middellange tot lange termijn. In eerste instantie kan deze geringe beschikbaarheid van stikstof en fosfor een snelle bosontwikkeling afremmen, vooral omdat het samengaat met andere factoren,

2. Aanbrengen van een verdichte bodemlaag als substraat in de heuvels, op een diepte van 1 - 1,5 m. Deze compacte laag bestaande uit glauconietrijke Bc materialen kan de infiltratie van neerslagwater vertragen en droogtestress op de hoogste plaatsen voorkomen. We raden een diepte van minstens 1 m aan, om voldoende wortelruimte te bieden aan diep wortelende soorten zoals winterlinde (kan meer dan 2m diep wortelen, cfr Pigott 1991) en om de waterberging boven de weinig doorlatende compacte laag te maximaliseren. De diepte van het substraat mag lokaal beginnen op 50 cm diepte wil men natte standplaatsen creëren met reductielagen, bij voeding door zijdelings afstromend grondwater bvb naar de vallei van de nieuwe Potgatbeek (schematisch weergegeven in Figuren 45 & 46).

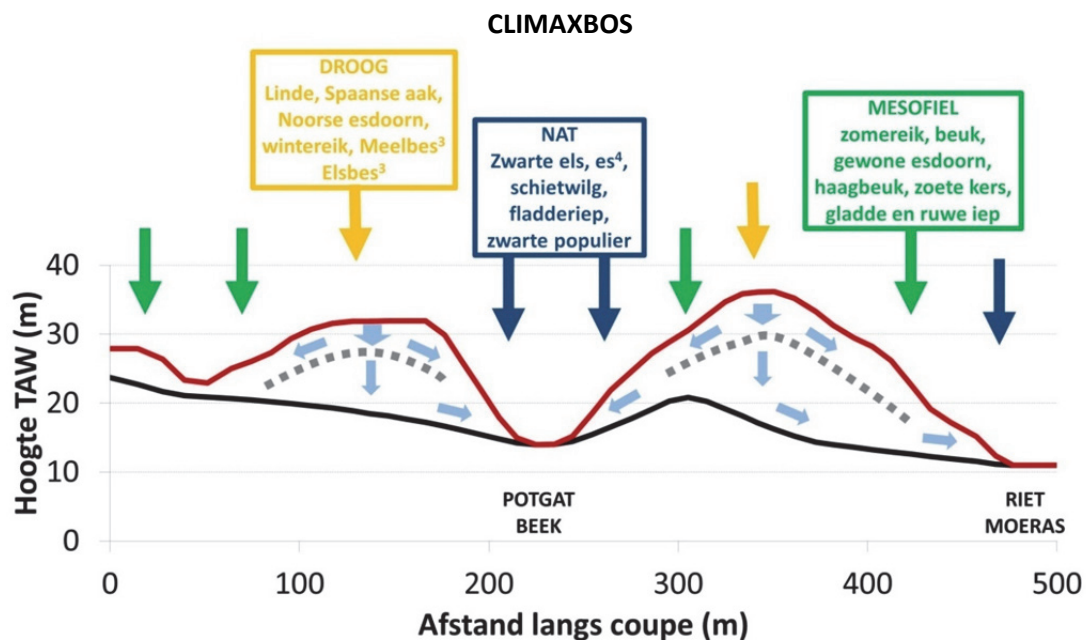
3. Aanplant van snelgroeïende pionier boomsoorten in een ruim plantverband (8m x 8 m tot 10m x 10m). Deze actie richt zich in de eerste plaats op de hooggelegen, droogste groeiplaatsen en op de hellingen. De houtige pioniers worden aangeplant in het ideale plantseizoen, namelijk het najaar nadat de landschapsbouw is afgerond. De meest geschikte soorten hiervoor zijn witte en grauwe abeel (*Populus alba* en *Populus x canescens*). Eerstgenoemde soort is aangepast aan droge, kalkhoudende, zandige bodem en werd om die reden ook in de kustduinen ingezet. Grauwe abeel stelt wat hogere eisen aan de vochtvoorziening en is frequent te vinden in oude bossen op leemhoudende bodem. Beide soorten vormen wortelopslag, een gunstige eigenschap om de hellingen te fixeren. Op de laaggelegen vochtige groeiplaatsen zijn schietwilg (*Salix alba*) en ratelpopulier (*Populus tremula*) geschikte soorten (Figuur 45). Deze snelgroeïende pionierboomsoorten fungeren als 'nurse trees' en kunnen de ontwikkeling van een boscossysteem versnellen. De voordelen van deze strategie voor de ontwikkeling van ecologisch hoogwaardig bos worden toegelicht in het advies INBO.A.3803 (De Keersmaecker 2019).

4. Aanplant van struweelsoorten en soorten uit de onderetage die de erosie kunnen beperken en de recreatiestromen kunnen sturen. Deze actie kan tegelijk met vorige actie gerealiseerd worden en de soorten uit de onderetage en struweelsoorten worden op gerichte plaatsen tussen de snelgroeïende pioniers geplant, die in ruim verband staan en daardoor veel licht doorlaten. Soorten die zeer tolerant zijn voor uitdroging (bij voorbeeld wilde liguster, wollige sneeuwbal, bepaalde soorten wilde rozen, zie **Bijlage E**) zijn geschikt voor de hoogst gelegen plaatsen. Soorten met wortelopslag (sleedoorn, rode kornoelje) zijn bijzonder geschikt om aan te planten op de hellingen na de hydroseeding. Soorten met stekels of doornen kunnen lokaal de meest kwetsbare hellingen beschermen tegen erosie door betreding.

5. Aanplant van groepen (kloempen) van climaxboomsoorten. Uit **Bijlage F** kunnen geschikte boom- en struiksoorten voor het climaxbos geselecteerd worden, rekening houdende met de vocht- en kalkbehoefte van de soorten (zie Figuur 46). Deze soorten worden in groepjes aangeplant tussen de pionierboomsoorten die in een ruim verband staan en die sneller groeien. Door de verschillen in groeisnelheid ontstaat snel een vertikaal gestructureerd bos en de open ruimte tussen de groepjes biedt ruimte aan natuurlijke verjonging of wortelopslag en zorgt voor horizontale structuurvariatie. De climaxsoorten worden twee jaar na de pioniers en struiken of struweelsoorten aangeplant, omdat het microklimaat en de bodem dan gunstiger zijn voor deze soorten.



Figuur 45. Ontwikkeling van pionierbos na landschapsbouw, met aanduiding van de soorten die geschikt zijn langsheen de gradiënt in vochtvoorziening. De coupe is ook weergegeven in Figuur 34. De rode lijn geeft het maaiveld weer, de zwarte lijn is de afdichtlaag. De stippellijn is het substraat die de infiltratie van neerslagwater gedeeltelijk belemmert; 1 ruwe berk en zachte berk kunnen zich spontaan vestigen, of eventueel via hydroseeding ingebracht worden; 2 duindoorn enkel te gebruiken bij aanzienlijk verhoogde saliniteit



Figuur 46. Ontwikkeling van een climaxbos na landschapsbouw, met aanduiding van de soorten die geschikt zijn langsheen de gradiënt in vochtvoorziening. De coupe is ook weergegeven in figuur 34. De rode lijn geeft het maaiveld weer, de zwarte lijn is de afdichtlaag. De stippellijn is het substraat die de infiltratie van neerslagwater gedeeltelijk belemmert; 3 meelbes en elsbes enkel te gebruiken bij droogtestress van de andere soorten; 4 es enkel gebruiken van zodra plantgoed verkrijgbaar is dat tolerant is voor de essentaksterfte

6. Introductie van oud bossoorten uit de kruidlaag. Kalkrijke gronden zijn potentieel geschikt voor een groot aantal soorten uit de kruidlaag (waaronder heel wat voorjaarsbloeiers), die zich evenwel maar moeizaam verspreiden en daarom gebonden zijn aan oud bos. De introductie van deze soorten, bij voorkeur via translocatie van bosbodem, is pas te overwegen nadat het bosesysteem al een zekere rijping heeft doorgemaakt. Wij vermoeden dat deze actie pas ongeveer 10 jaar na de landschapsbouw succesvol kan zijn, als lokaal al kroonsluiting is opgetreden (bij voorbeeld onder schaduw werpende soorten zoals hazelaar of linde).

5.3.2. Natuurontwikkeling en specifieke maatregelen voor doelsoorten

Voor de ontwikkeling van natuur in de open sfeer en voor het behoud van doelsoorten van het kleiputtengebied, stellen we volgende acties voor:

1. Behoud van open plekken met kalkrijk zand. Onbemeste kalkrijke zanden zijn potentieel erg geschikt voor waardevolle open vegetatie en belangrijk voor ongewervelden. Uit de directe omgeving zijn meerdere soorten orchideeën, zomerbitterling, e.a. gekend van dergelijke groeiplaatsen, dus kolonisatie van geschikte groeiplaatsen na landschapsbouw is niet onwaarschijnlijk. De meest kansrijke locaties zijn zuidwaarts gerichte hellingen hoog op de heuvels die centraal in het projectgebied gerealiseerd zullen worden, of de voet van de oostelijk gerichte helling die grenst aan het voorziene rietmoeras. De meest steile hellingen zijn minder geschikt, omdat het risico op erosie te groot is. Deze open plekken kunnen aanvankelijk spontaan ontwikkelen en op termijn via een maaibeheer open gehouden worden, van zodra de vegetatie voldoende ontwikkeld is. De overgangen naar het bos kunnen deels worden aangeplant (soortenpalet: zie Bijlage F), maar voldoende ruimte voor spontane ontwikkeling van zachte randen en struwelen is aan te bevelen. Deze zijn tevens waardevol voor insecten (bijen, vlinders, ...) en avifauna.

2. Behoud van geschikt habitat voor rugstreeppad. De rugstreeppad is in Vlaanderen een zeldzame soort die slechts in enkele regio's voorkomt en het is een prioritaire soort voor de provincie Antwerpen (Dienst Duurzaam Milieu- en natuurbelied 2010). Het is een uitgesproken pionier, die behoefte heeft aan een zandige bodem en ondiep, snel opwarmend water zonder sterke begroeiing. Wellicht zal het projectgebied tijdens of net na de landschapsbouw bijzonder geschikt zijn voor deze soort, maar neemt de geschiktheid daarna terug af naarmate de vegetatie zich verder ontwikkelt en het gesloten karakter toeneemt. Voor deze soort kan overwogen worden om de ontwikkeling van het rietmoeras aan de oostzijde te starten (bij voorbeeld via aanplant van riet) en de westkant onbegroeid te laten, samen met de aangrenzende zandige helling. Hierdoor breidt het riet zich (wellicht) uit van oost naar west en kan lange tijd een natte, zandige laagte blijven bestaan die potentieel geschikt is voor rugstreeppad. De beperkte erosie van de helling, eventueel in stand gehouden door recreatie, kan het zandige substraat op en onderaan de helling na afronding van de landschapsbouw een tijdlang in stand houden. Deze inrichting in functie van rugstreeppad, is ook gunstig voor kalkminnende pioniersoorten van vochtige bodem, zoals zomerbitterling (cfr. hierboven)

3. Behoud van kamsalamander. De kamsalamander is een zeldzame, Europees beschermde soort die vrij hoge ecologische eisen stelt aan zijn biotoop, en die niet overeenstemmen met die van rugstreeppad. Het voortplantingsbiotoop bestaat immers voornamelijk uit matig voedselrijke tot voedselrijke, stilstaande wateren met een goed ontwikkelde onderwatervegetatie. Veel vindplaatsen zijn beek- of rivierbegeleitend. De poel mag niet geheel beschaduwd zijn en moet permanent water bevatten (Laurijssens & De Blust, 2012). Om aan deze soort tegemoet te komen kunnen in het rietmoeras diepere delen voorzien worden die permanent water dragen, bij voorkeur aan de noordoost zijde die aansluit bij de huidige gekende vindplaats. De doorstroming van het rietmoeras met relatief voedselrijk water dat in het kleiputtengebied insijpelt vanuit het ontginningsfront, is voor deze soort waarschijnlijk gunstig omdat het de vegetatieontwikkeling stimuleert. Een afzonderlijk advies over deze soort is echter in de maak (Speybroeck, in voorbereiding)

5.4. PROJECTE D'OSIONT VIVRELLING

Als de strategie voor bosontwikkeling uit onderdeel 5.3 wordt gevolgd, ontstaat 10 jaar na de aanplant een halfopen boslandschap. De kruiden die als pionier werden ingezaaid met hydro seeding of zich spontaan hebben gevestigd op de humusaangerijkte opperbodem, zijn grotendeels verdwenen door lichtgebrek. Lokaal is reeds gesloten bos aanwezig, dat bestaat uit snelgroeïende pioniers met een hoogte tussen 5m en 10m, en daartussen trager groeiende climaxboomsoorten (linde, boskers, haagbeuk, esdoornsoorten) die maximum 5m hoog zijn. Dit gesloten bos is vooral te vinden rond het voormalige traject van de Potgatbeek, waar ook de steilste hellingen te vinden zijn. Door het gesloten kronendak is dit bos geschikt voor de introductie van soorten uit de kruidlager die kenmerkend zijn voor kalkrijke, mesofiele tot vochtige bodem. Naast dit jonge bos dat reeds een gevarieerde verticale opbouw heeft, is er ook een afwisseling in de horizontale landschapsstructuur. De soortenrijke kalkrijke struwelen (sleedoorn, rode kornoelje, wilde kardinaalsmuts, wollige sneeuwbal, wilde liguster, rozensoorten) zijn na 10 jaar goed ontwikkeld en zomen delen van het landschap af die niet beplant zijn en die spontaan verbossen, of als open plek beheerd zullen worden. Na 10 jaar kan deze keuze gemaakt worden, omdat de vegetatiemat wellicht volledig ontwikkeld zal zijn en de aanwezigheid van bijzondere plantensoorten (orchideeën, zomerbitterling, e.a.) vastgesteld kan worden. De open plekken situeren zich vooral op de hooggelegen, minder steile delen van de landschapsheuvels en op de helling aan de westkant van de laagste die zich ontwikkelt tot rietmoeras.

We mogen veronderstellen dat na 30 jaar, de biomassa van het bos dat in het projectgebied na de landschapsbouw tot ontwikkeling is gekomen, die van het actueel aanwezige bos heeft overtroffen. Bovendien is de soortendiversiteit van het nieuwe bos veel groter dan dat van het actueel aanwezige bos, waar vrijwel uitsluitend pioniers te vinden zijn. In het bos dat zich na de landschapsbouw heeft ontwikkeld, hebben de snelgroeiende pioniers (abelen, wilgen, ratelpopulier) reeds aanzienlijke dimensies bereikt, met een hoogte tot ongeveer 20 m. De trager groeiende soorten die er zijn tussen geplant, hebben een hoogte bereikt tot 10-15m. Een aantal soorten bloeien reeds (esdoornsoorten, boskers, lindesoorten, zomereik...) en zaaien zich verder uit vanuit de groepjes, zodat ook niet-beplante delen tussen de pioniers en open plekken die spontaan mogen verbossen, gekoloniseerd worden. De kruidlaag die 10 jaar na de landschapsbouw werd geïntroduceerd, vormt kleine eilandjes en relatief goed verspreidende soorten (speenkruid, robertskruid, gevlekte aronskelk, heerkruid, bosviooltjes, slanke sleutelbloem) zijn talrijk aanwezig in en op de flanken van de vallei centraal in het projectgebied. Het rietmoeras heeft zich verder uitgebreid en de voet van de heuvel aan de westelijke grens bereikt.

3.3. RST LANDSCAPE RECONSTRUCTIE

In dit rapport worden aanbevelingen gegeven aangaande de fysico-chemische kwaliteitseisen van de te gebruiken geolagen die ontgraven worden uit het Oosterweel-traject (onderdeel 4.5.3) en de kritische succesfactoren voor bos- en natuurontwikkeling gedetailleerd beschreven (onderdeel 4.6). We hebben ons hierbij gebaseerd op het 3D landschapsmodel ontwikkeld door Tractebel. Indien dit model nog verder wordt aangepast in functie van de vergunningsprocedure of aan nieuwe randvoorwaarden, dan wordt INBO hiervan graag op de hoogte gesteld. Idem als het aangeboden type en volume van geolagen zoals ingeschat werd in hoofdstuk 4.5.2 Bergingsvolumes op basis van LANTIS gegevens nog significant zou wijzigen.

INBO houdt zich aanbevolen kortlopend bijkomend advies te verlenen op basis van beschikbare gegevens en kennis. Indien bijkomende terreinmetingen en (labo)analyses noodzakelijk zijn kan dit enkel

5.7. KENNISHIATEN EN ONDERZOEKSNODEN

Bij het uitwerken van deze studie werden volgende kennishiaten vastgesteld waarvoor bijkomend onderzoek nodig en gewenst is:

1. Er is weinig gekend over de fysische en vooral hydrologische eigenschappen van de glauconiethoudende zanden en de andere geolagen. Er zijn betrouwbare gegevens nodig betreffende de waterretentie (pF curve), verzadigde en onverzadigde hydraulische conductiviteit (Ksat) en erodibiliteit.
2. Om de waarde van de Tertiaire substraten (Fm van Lillo, Kattendijk en Berchem) voor het aanleveren van nutriënten aan planten goed te kunnen inschatten dient verder bodemonderzoek te gebeuren, ondermeer bepaling van CEC en uitwisselbare kationen en plantbeschikbaar P. We raden ook aan potproeven met deze substraten op te starten om groei en ontwikkeling van enkele te voorziene soorten te testen, inclusief hun nutriëntopname. Dit kan gebeuren in de kwekerij van het INBO.
3. Chroom is een probleemelement in het gebied. Verder onderzoek is nodig naar de concentraties aan CrIII en CrVI die bij gebruik van de geolagen voor landschapsbouw zullen voorkomen en de biobeschikbaarheid en ecotoxiciteit van tri- en hexavalent Cr voor de toekomstige terrestrische, semi-terrestrische en aquatische habitats. Tevens dient onderzocht of er een relatie is tussen glauconietgehalte en Cr-gehalte in de Fm van Berchem.
4. Er dient nagegaan te worden wat de capaciteit is van de schelp- en glauconiethoudende geolagen om sulfaat af te bufferen. Dit kan belangrijk zijn om het juiste type geolagen en de gewenste hoeveelheid ervan te bepalen om de sulfaatproblematiek te bekampen in de ondergrond.
5. Technische uitvoerbaarheid en mogelijkheden dienen onderzocht van hydro-seeding met natuurlijke zaadmengsels (kruiden, struik- en boomzaden) op de taluds en hellingen voorzien binnen het landschapsbouwproject. Alternatief is het maken van GFT compost-zaadmengsels en die mechanisch verspreiden over kritische taluds (systeem sulfaatdijk). Deze technieken kunnen met elkaar vergeleken worden in een gecontroleerde proefopzet, op locaties waar het succes van de proef geen effect heeft op de landschapontwikkeling (dus niet op erosiegevoelige hellingen).
6. Experimentele introductie van bosplanten, via translocatie van bosbodem, door uitplanten of door bezaaiing is nog weinig getest. Door translocatie van bosbodem kan ook bodemleven geïntroduceerd worden, wat van belang kan zijn voor de ontwikkeling van het bosesysteem, maar deze techniek is nauwelijks onderzocht. In Vlaanderen zijn heel wat bossen 'begrensd' in hun ontwikkeling en in het kader van de geplande bosuitbreiding op locaties met een geringe connectiviteit is het aangewezen om de mogelijkheden en beperkingen van translocatie beter te leren kennen.
7. De geolagen die aangebracht worden zijn neogene substraten, die nog gekoloniseerd moeten worden door bodemorganismen. Enten van de geolagen om de bodemlevensgemeenschappen versneld te activeren kan interessant zijn. Idem voor het inbrengen van zaden. Er dient nagegaan of de gewenste bodemorganismen niet even makkelijk via mulchings of groencompost geïntroduceerd worden en of het effect in vergelijking met een lokale controle meetbaar en duurzaam is.

8. Monitoring van de oppervlaktewaterkwaliteit voor de kritische parameters (pH, EC, Sulfaten, ...) is nodig na aanleg van het rietmoeras.
9. Een te gering zicht op de waterkwaliteit van het beekje dat het rietmoeras zal voeden doorheen het jaar enerzijds en het gebrek aan gegevens over debieten van het beekje anderzijds vormen nog kennishiaten die dienen aangepakt te worden.
10. Na de landschapsbouw is het aangewezen een T₀ kaart te maken met de fysico-chemische en hydrologische kenmerken (bodemkaart) van het nieuwe landschap en de variatie aan standplaatsen, zodat de ontwikkeling van het bos en de open natuur beter gestuurd en verklaard kan worden.
11. Het nauwkeurig begroten en bijhouden van de C-balans voor de gehele projectuitvoering kan onze inzichten inzake 'Biological Carbon Capture and Storage' verhogen en verifiëren of het CO₂-mitigatie scenario (voorgesteld onder 4.4 en 5.6) realistisch en duurzaam is. Dan wordt dit luik een soort demonstratieproject (proof of concept).

	Fase A Voor berging	Fase B Tijdens berging	Fase C Na berging – start natuurinrichting	Fase D Na natuurinrichting
Studies	1, 4, 9,11	2, 3, 5,11	5, 7, 8, 10, 11	6, 11

Referenties

- Beakawi Al-Hashemi, H.M., Baghabra Al-Amoudi, O.S. (2018). A review on the angle of repose of granular materials. *Powder Technol.* 330: 397–417.
- Boeraeve M, Honnay O, Mullens N, Vandekerckhove K, De Keersmaecker L, Thomaes A, Jacquemyn H (2018) The impact of spatial isolation and local habitat conditions on colonization of recent forest stands by ectomycorrhizal fungi. *Forest Ecology and Management* 429: 84-92
- Borremans, M. (2014) TECHNUM rapport Oriënterend en Beschrijvend Bodemonderzoek - Voormalige kleiontginning gelegen tussen de Bosstraat, de Kapelstraat en de Hoogstraat te Boom en Rumst: TRACTEBEL ENGINEERING N.V.
- Buckley P, Helliwell D.R., Milne S., Howell R. (2017). Twenty-five years on – vegetation succession on a translocated ancient woodland soil at Biggins Wood, Kent, UK. *Forestry* 90: 561–572.
- Cools, N. & De Vos, B.(2016). Part X: Sampling and Analysis of Soil. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 115 p. [<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>].
- DEFRA (2009). Construction Code of Practice for the Sustainable Use of Soils on Construction Sites. Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK . www.defra.gov.uk. 64p.
- De Keersmaecker L, Van de Kerckhove P, Baeté H, Walleyen R, Christiaens B, Esprit M, Vandekerckhove K (2005) Monitoringprogramma integrale bosreservaten: inhoudelijk programma en basishandleiding. IBW Bb R 2005.003, Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Geraardsbergen, Belgium
- De Keersmaecker L. (2013) Spatio-temporal patterns of vegetation recovery in post-agricultural forests in Flanders. PhD in Bioscience engineering, Land & Forest Management, Ghent University, Faculty of Applied Biological Sciences.
- De Keersmaecker L. (2019) Advies over de ontwikkeling van ecologisch waardevolle bossen op landbouwgronden. INBO.A.3803.
- De Vos, B. (1997). Chemical element analysis of the forest floor in the macro-invertebrate soil fauna plots: IBW, IBW BbR:98:005.
- De Vos, B. (2006). Evaluatie van de concentratie aan zware metalen in bosbodems nabij de UMICORE vestigingen te Hoboken, Olen, Balen en Overpelt. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- De Vos, B. (2009). Uncertainties of forest soil carbon stock assessment in Flanders. Doctoral dissertation no. 865 of the Faculty of Bioscience Engineering of the K.U.Leuven. 318 p.
- Dienst Duurzaam Milieu- en Natuurbeleid (2010). Provinciale Prioritaire Soorten Provincie Antwerpen. Provincie Antwerpen.
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner V. & Paulissen D. (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18, 1-248
- Govaere L. (2020) Een blik op de kenmerken van bos in Vlaanderen – eerste resultaten van twee opeenvolgende Vlaamse bosinventarisaties. *Bosrevue* 83a, 1-14. ISSN 2565-6953 – *Bosrevue* 83a.

BIJLAGEN

A. EVALUATIETABELLEN VOOR ZWARE METALEN OVEREENKOMSTIG VLAREBO BSNI (NATUUR) EN BSNIV (PARKGEBIED). DE GECORRIGEERDE NORMEN ZIJN AANGEDUID IN GRIJS: SW=STREEFWAARDE, RW= RICHTWAARDE, BSNI=BODEMSANERINGSNORM NATUUR, BSNIV=BODEMSANERINGSNORM PARKGEBIED. DE EVALUATIEKLEUR GEEFT AAN WAAR ER PROBLEMEN ZIJN: GROEN VOLDOET AAN NORM; ORANJE BETEKENT AANGERIJKT MAAR NORM NIET OVERSCHREDEN, ROOD WIJST OP OVERSCHRIJDING.

A1. VLAREBO evaluatie-tabel voor zware metalen voor de PIH bodemstaalnames

Arseen		TOP	BOT	Klei	LOI550	pH-KCl	As	As_SW	As_RW	As_BSNI	As_BSNIV	< RW	> RW	> BSNI	> BSN IV
PROF	SID	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(-)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)				
B01	BM1A	0	50	2.1	4	6.8	<14	8	19.4	32.1	267	1	0	0	0
B02	BM2A	0	50	3.8	8.9	6.7	22	10.4	25.3	42	267	1	0	0	0
B03	BM3A	0	40	4.3	4	8.5	<14	11	26.6	44	267	1	0	0	0
B03	BM3A	40	50	4.3	4	8.5	<14	11	26.6	44	267	1	0	0	0
B03	BM3B	50	100	2.7	6.5	11.5	21	9	21.9	36.3	267	1	0	0	0
B04	BM4A	0	50	2.1	1.3	7.1	<14	8	19.4	32.1	267	1	0	0	0
B05	BM5A	0	50	4.2	4.9	8.9	16	10.9	26.3	43.6	267	1	0	0	0
B05	BM5B	50	90	6.2	2.3	11	16	13	30.2	50.1	267	1	0	0	0
B05	BM5B	90	100	6.2	2.3	11	16	13	30.2	50.1	267	1	0	0	0
B05	BM5D	150	200	6.3	6.1	10.6	<14	13.1	30.4	50.3	267	1	0	0	0
B06	BM6A	0	30	54	7.9	2.7	17	32.5	51.1	84.7	267	1	0	0	0
B06	BM6A	30	50	54	7.9	2.7	17	32.5	51.1	84.7	267	1	0	0	0
B07	BM7A	0	50	<1	0.9	6.2	<14	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
B08	BM8A	0	50	5.1	32.1	6	28	11.9	28.3	46.8	267	1	0	0	0
B08	BM8D	150	200	21	17.6	6.6	17	22.2	42.4	70.3	267	1	0	0	0
B09	BM9A	0	50	1.3	3.4	7.3	<14	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
B09	BM9C	100	150	1.2	0.8	7.2	<14	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
B010	BM10A	0	10	5.6	1.8	7	<14	12.4	29.2	48.4	267	1	0	0	0
B010	BM10A	10	50	5.6	1.8	7	<14	12.4	29.2	48.4	267	1	0	0	0
B011	BM11A	0	50	5.3	0.6	7.1	<14	12.1	28.6	47.5	267	1	0	0	0
B012	BM12A	0	50	2.1	0.5	2.9	<14	8	19.4	32.1	267	1	0	0	0
B013	BM13A	0	50	16	3	2.6	21	19.7	39.7	65.8	267	1	0	0	0
B014	BM14A	0	50	4.3	0.5	2.5	<14	11	26.6	44	267	1	0	0	0
B015	BM15A	0	50	23	6.9	3.4	19	23.1	43.3	71.8	267	1	0	0	0
B016	BM16A	0	50	3.5	0.7	5.9	<14	10.1	24.5	40.6	267	1	0	0	0
B017	BM17A	0	50	<1	0.4	5.2	<14	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0

////////////////////////////////////

B010	BM10A	10	50	5.6	1.8	7	<35	27.6	120	200	735	1	0	0	0
B011	BM11A	0	50	5.3	0.6	7.1	<35	20.4	120	200	735	1	0	0	0
B012	BM12A	0	50	2.1	0.5	2.9	<35	18.5	120	200	735	1	0	0	0
B013	BM13A	0	50	16	3	2.6	<35	40	120	200	735	1	0	0	0
B014	BM14A	0	50	4.3	0.5	2.5	<35	20	120	200	735	1	0	0	0
B015	BM15A	0	50	23	6.9	3.4	62	63.1	120	200	735	1	0	0	0
B016	BM16A	0	50	3.5	0.7	5.9	<35	19.5	120	200	735	1	0	0	0
B017	BM17A	0	50	<1	0.4	5.2	<35	18.4	120	200	735	1	0	0	0
Nikkel															
PROF	SID	TOP	BOT	Klei	LOI550	pH-KCl	Ni	Ni_SW	Ni_RW	Ni_BSNI	Ni_BSNIV	< RW	> RW	> BSNI	> BSN IV
B01	BM1A	0	50	2.1	4	6.8	20	5.4	56	93	530	1	0	0	0
B02	BM2A	0	50	3.8	8.9	6.7	25	8.1	56	93	530	1	0	0	0
B03	BM3A	0	40	4.3	4	8.5	28	8.9	56	93	530	1	0	0	0
B03	BM3A	40	50	4.3	4	8.5	28	8.9	56	93	530	1	0	0	0
B03	BM3B	50	100	2.7	6.5	11.5	81	6.4	56	93	530	0	1	0	0
B04	BM4A	0	50	2.1	1.3	7.1	<6	5.4	56	93	530	1	0	0	0
B05	BM5A	0	50	4.2	4.9	8.9	93	8.7	56	93	530	0	1	1	0
B05	BM5B	50	90	6.2	2.3	11	64	11.4	56	93	530	0	1	0	0
B05	BM5B	90	100	6.2	2.3	11	64	11.4	56	93	530	0	1	0	0
B05	BM5D	150	200	6.3	6.1	10.6	54	11.6	56	93	530	1	0	0	0
B06	BM6A	0	30	54	7.9	2.7	30	49.3	56	93	530	1	0	0	0
B06	BM6A	30	50	54	7.9	2.7	30	49.3	56	93	530	1	0	0	0
B07	BM7A	0	50	<1	0.9	6.2	<6	5.2	56	93	530	1	0	0	0
B08	BM8A	0	50	5.1	32.1	6	40	10	56	93	530	1	0	0	0
B08	BM8D	150	200	21	17.6	6.6	27	26.9	56	93	530	1	0	0	0
B09	BM9A	0	50	1.3	3.4	7.3	<6	5.2	56	93	530	1	0	0	0
B09	BM9C	100	150	1.2	0.8	7.2	<6	5.2	56	93	530	1	0	0	0
B010	BM10A	0	10	5.6	1.8	7	7	10.7	56	93	530	1	0	0	0
B010	BM10A	10	50	5.6	1.8	7	7	10.7	56	93	530	1	0	0	0
B011	BM11A	0	50	5.3	0.6	7.1	<6	10.3	56	93	530	1	0	0	0
B012	BM12A	0	50	2.1	0.5	2.9	<6	5.4	56	93	530	1	0	0	0
B013	BM13A	0	50	16	3	2.6	10	22.2	56	93	530	1	0	0	0
B014	BM14A	0	50	4.3	0.5	2.5	<6	8.9	56	93	530	1	0	0	0
B015	BM15A	0	50	23	6.9	3.4	38	28.7	56	93	530	1	0	0	0
B016	BM16A	0	50	3.5	0.7	5.9	<6	7.7	56	93	530	1	0	0	0
B017	BM17A	0	50	<1	0.4	5.2	<6	5.2	56	93	530	1	0	0	0
Zink															
PROF	SID	TOP	BOT	Klei	LOI550	pH-KCl	Zn	Zn_SW	Zn_RW	Zn_BSNI	Zn_BSNIV	< RW	> RW	> BSNI	> BSN IV
B01	BM1A	0	50	2.1	4	6.8	110	39.7	204.5	340.5	1000	1	0	0	0
B02	BM2A	0	50	3.8	8.9	6.7	264	63.5	482	802.6	1000	1	0	0	0
B03	BM3A	0	40	4.3	4	8.5	157	59.7	247.9	412.8	1000	1	0	0	0
B03	BM3A	40	50	4.3	4	8.5	157	59.7	247.9	412.8	1000	1	0	0	0
B03	BM3B	50	100	2.7	6.5	11.5	457	51.1	350.5	583.6	1000	0	1	0	0
B04	BM4A	0	50	2.1	1.3	7.1	<49	29.5	80.3	133.7	1000	1	0	0	0

////////////////////////////////////

P5_660-720	18.7	1.77	7.8	10	21.1	41.3	68.4	267	1	0	0	0
P6_240-330	14.7	2	7.6	14.4	19	38.9	64.4	267	1	0	0	0
P6_600-700	18.5	2	7.6	11.5	21	41.2	68.2	267	1	0	0	0
B7_50-120	45.1	1.79	3.3	10	31	50.1	83	267	1	0	0	0
B7_0-50	4.6	1.87	7.6	10	11.4	27.2	45.1	267	1	0	0	0
P8_10-50	23.5	0.41	8	10	23.3	43.5	72.2	267	1	0	0	0
P8_400-480	10.8	7.45	7.5	10.7	16.5	35.8	59.3	267	1	0	0	0
P9_10-70	2	1.26	7.9	10	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
P9_200-300	5.1	3.63	7.7	11.5	11.9	28.3	46.8	267	1	0	0	0
P10_80-180	5.5	8.36	7.6	16.6	12.3	29	48.1	267	1	0	0	0
P10_280-380	5.6	2.1	7.5	11	12.4	29.2	48.4	267	1	0	0	0
P11_0-50	10.3	5.56	7.5	11	16.2	35.3	58.5	267	1	0	0	0
P11_150-240	3.8	1.03	7.9	10	10.4	25.3	42	267	1	0	0	0
P12B_10-60	43.1	2.41	3.3	10	30.4	49.6	82.2	267	1	0	0	0
P12D_30-80	46.6	1.94	3.3	13.5	31.5	50.4	83.5	267	1	0	0	0
P13_600-680	40.9	5.54	5	17.5	29.7	49.1	81.4	267	1	0	0	0
P13_760-840	47.1	3.65	3.7	14.7	31.6	50.5	83.7	267	1	0	0	0
P14_960-1040	4.8	18.6	7.7	10	11.6	27.7	45.8	267	1	0	0	0
P14_1080-1180	2	8.1	8.1	10	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
P15_50-150	2	0.2	7.2	10	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
P15_400-500	2	0.36	7.8	10	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
P16_160-200	2	0.33	8.1	10	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
P16_720-840	2	2.53	7.6	10	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0
P17_250-360	28.3	7.17	7.1	18.7	25.3	45.4	75.2	267	1	0	0	0
P17_800-900	26.2	1.17	7.2	10	24.4	44.6	74	267	1	0	0	0
P18_430-530	17.3	2.05	7.4	11.7	20.4	40.5	67.1	267	1	0	0	0
B200_0-15	3.3	3.4	7.4	22	9.8	23.9	39.6	267	1	0	0	0
B202_0-40	5.3	1	6.9	10	12.1	28.6	47.5	267	1	0	0	0
B203_0-35	13	1.5	7.4	10	18	37.6	62.4	267	1	0	0	0
B204_0-10	10	8.2	7.5	10	16	35	58	267	1	0	0	0
B205_0-10	13	4.4	7.4	10	18	37.6	62.4	267	1	0	0	0
B206_0-40	14	1.4	7.4	10	18.5	38.4	63.6	267	1	0	0	0
B207_0-25	17	2.8	7.5	12	20.2	40.3	66.8	267	1	0	0	0
B209_0-50	20	2.6	7.5	11	21.7	41.9	69.5	267	1	0	0	0
B212_0-50	16	3.2	7.4	14	19.7	39.7	65.8	267	1	0	0	0
B213_0-50	11	2.2	7.7	12	16.7	36	59.6	267	1	0	0	0
B224_0-50	12	3	7.6	10	17.3	36.8	61	267	1	0	0	0
B225_0-50	5.8	0.8	7.7	10	12.6	29.5	49	267	1	0	0	0
B226_0-50	72	2.5	3.1	16	32.5	51.1	84.7	267	1	0	0	0
B227_0-50	48	1	7.5	10	31.9	50.7	84	267	1	0	0	0
B228_0-50	52	1.4	3.1	14	32.5	51.1	84.7	267	1	0	0	0
B216_0-50	49	1.6	3.9	15	32.2	50.9	84.4	267	1	0	0	0
B218_0-50	3.4	0.4	7.7	10	10	24.2	40.1	267	1	0	0	0
B220_0-50	1.9	0.2	8	10	7.9	18.9	31.3	267	1	0	0	0

////////////////////////////////////

B19_170-270	18.6	3.01	7.2	110	75.1	91	130	240	0	1	0	0
P1_400-480	2	1.91	7.8	26	20	91	130	240	1	0	0	0
P1_760-840	2.2	0.53	5.7	37.8	27.7	91	130	240	1	0	0	0
P2_30-70	13.1	6.98	3.9	73.2	59.1	91	130	240	1	0	0	0
P2_360-480	27.4	4.27	7.3	118	82.5	91	130	240	0	1	0	0
P3_100-120	2	0.22	6.2	21.5	25.2	91	130	240	1	0	0	0
P3_510-600	9.8	1.44	7.6	40.9	64.1	91	130	240	1	0	0	0
P4_150-240	34.6	2.92	3.7	104	91.7	91	130	240	0	1	0	0
P4_880-920	4	1.12	5.2	24.5	42.5	91	130	240	1	0	0	0
P5_120-240	2	0.62	7.8	32.8	25.2	91	130	240	1	0	0	0
P5_660-720	18.7	1.77	7.8	50.6	79.5	91	130	240	1	0	0	0
P6_240-330	14.7	2	7.6	53.4	72.2	91	130	240	1	0	0	0
P6_600-700	18.5	2	7.6	53.2	78.2	91	130	240	1	0	0	0
B7_50-120	45.1	1.79	3.3	116	102.6	91	130	240	0	1	0	0
B7_0-50	4.6	1.87	7.6	32.2	42.1	91	130	240	1	0	0	0
P8_10-50	23.5	0.41	8	23.3	90.1	91	130	240	1	0	0	0
P8_400-480	10.8	7.45	7.5	39.6	53.4	91	130	240	1	0	0	0
P9_10-70	2	1.26	7.9	34.9	23.3	91	130	240	1	0	0	0
P9_200-300	5.1	3.63	7.7	39.4	39.5	91	130	240	1	0	0	0
P10_80-180	5.5	8.36	7.6	38.9	34.7	91	130	240	1	0	0	0
P10_280-380	5.6	2.1	7.5	39.7	46.3	91	130	240	1	0	0	0
P11_0-50	10.3	5.56	7.5	46.6	54.5	91	130	240	1	0	0	0
P11_150-240	3.8	1.03	7.9	30.8	41.8	91	130	240	1	0	0	0
P12B_10-60	43.1	2.41	3.3	110	99	91	130	240	0	1	0	0
P12D_30-80	46.6	1.94	3.3	104	102.8	91	130	240	0	1	0	0
P13_600-680	40.9	5.54	5	114	90.9	91	130	240	0	1	0	0
P13_760-840	47.1	3.65	3.7	131	98	91	130	240	0	1	1	0
P14_960-1040	4.8	18.6	7.7	51.8	29.7	91	130	240	1	0	0	0
P14_1080-1180	2	8.1	8.1	35.6	8.3	91	130	240	1	0	0	0
P15_50-150	2	0.2	7.2	13.4	25.2	91	130	240	1	0	0	0
P15_400-500	2	0.36	7.8	18	25.2	91	130	240	1	0	0	0
P16_160-200	2	0.33	8.1	21	25.2	91	130	240	1	0	0	0
P16_720-840	2	2.53	7.6	25	17.7	91	130	240	1	0	0	0
P17_250-360	28.3	7.17	7.1	71.6	79.1	91	130	240	1	0	0	0
P17_800-900	26.2	1.17	7.2	30.3	91.7	91	130	240	1	0	0	0
P18_430-530	17.3	2.05	7.4	71.1	76.2	91	130	240	1	0	0	0
B200_0-15	3.3	3.4	7.4	43	28.5	91	130	240	1	0	0	0
B202_0-40	5.3	1	6.9	24	50.9	91	130	240	1	0	0	0
B203_0-35	13	1.5	7.4	50	71.2	91	130	240	1	0	0	0
B204_0-10	10	8.2	7.5	52	50.6	91	130	240	1	0	0	0
B205_0-10	13	4.4	7.4	58	62.6	91	130	240	1	0	0	0
B206_0-40	14	1.4	7.4	56	73.7	91	130	240	1	0	0	0
B207_0-25	17	2.8	7.5	68	73.3	91	130	240	1	0	0	0
B209_0-50	20	2.6	7.5	57	78.2	91	130	240	1	0	0	0

P9_10-70	2	1.26	7.9	5	12	38.8	62.6	500	1	0	0	0
P9_200-300	5.1	3.63	7.7	8.3	18.4	81.6	137	500	1	0	0	0
P10_80-180	5.5	8.36	7.6	5	21.7	130.8	225.3	500	1	0	0	0
P10_280-380	5.6	2.1	7.5	5	17.2	65.9	109.3	500	1	0	0	0
P11_0-50	10.3	5.56	7.5	5.6	24	119.7	205.1	500	1	0	0	0
P11_150-240	3.8	1.03	7.9	5	13.8	44.3	71.9	500	1	0	0	0
P12B_10-60	43.1	2.41	3.3	19.5	30.6	161.9	282.1	500	1	0	0	0
P12D_30-80	46.6	1.94	3.3	20.5	30.1	167.9	293.1	500	1	0	0	0
P13_600-680	40.9	5.54	5	34.8	34.7	185.4	325.4	500	1	0	0	0
P13_760-840	47.1	3.65	3.7	22.3	33.6	178	311.8	500	1	0	0	0
P14_960-1040	4.8	18.6	7.7	1460	21.5	143.7	248.7	500	0	1	1	1
P14_1080-1180	2	8.1	8.1	49.5	16.4	117	200.3	500	1	0	0	0
P15_50-150	2	0.2	7.2	5	11.5	35	56	500	1	0	0	0
P15_400-500	2	0.36	7.8	5	11.5	35	56	500	1	0	0	0
P16_160-200	2	0.33	8.1	5	11.5	35	56	500	1	0	0	0
P16_720-840	2	2.53	7.6	5	13.5	56.1	92.3	500	1	0	0	0
P17_250-360	28.3	7.17	7.1	23.8	32.9	187.7	329.7	500	1	0	0	0
P17_800-900	26.2	1.17	7.2	5.9	23.7	129.2	222.4	500	1	0	0	0
P18_430-530	17.3	2.05	7.4	11.7	23.3	108.5	185	500	1	0	0	0
B200_0-15	3.3	3.4	7.4	45	16.2	72.1	120.1	500	1	0	0	0
B202_0-40	5.3	1	6.9	10	15	50.5	82.5	500	1	0	0	0
B203_0-35	13	1.5	7.4	10	20.4	87.7	147.7	500	1	0	0	0
B204_0-10	10	8.2	7.5	23	25.4	143.3	248.1	500	1	0	0	0
B205_0-10	13	4.4	7.4	14	24.5	117.3	200.8	500	1	0	0	0
B206_0-40	14	1.4	7.4	16	20.6	90.2	152.3	500	1	0	0	0
B207_0-25	17	2.8	7.5	13	24.4	114.9	196.6	500	1	0	0	0
B209_0-50	20	2.6	7.5	17	25.2	122.9	210.8	500	1	0	0	0
B212_0-50	16	3.2	7.4	24	24.6	115.5	197.6	500	1	0	0	0
B213_0-50	11	2.2	7.7	20	20.8	87.9	148.1	500	1	0	0	0
B224_0-50	12	3	7.6	26	22.5	99.9	169.5	500	1	0	0	0
B225_0-50	5.8	0.8	7.7	10	15.4	53	86.9	500	1	0	0	0
B226_0-50	72	2.5	3.1	18	32.1	178.9	313.4	500	1	0	0	0
B227_0-50	48	1	7.5	10	27.2	191.9	337.4	500	1	0	0	0
B228_0-50	52	1.4	3.1	19	29.1	173.2	302.8	500	1	0	0	0
B216_0-50	49	1.6	3.9	19	29.6	171.8	300.4	500	1	0	0	0
B218_0-50	3.4	0.4	7.7	10	13.3	41.9	67.9	500	1	0	0	0
B220_0-50	1.9	0.2	8	10	11.5	35	56	500	1	0	0	0
B221_0-100	3	0.2	7.9	10	12.8	40	64.6	500	1	0	0	0
B222_0-70	3.4	0.2	7.8	10	13.3	41.9	67.9	500	1	0	0	0
B223_0-60	1.1	0.2	8	10	11.5	35	56	500	1	0	0	0
B229_50-100	5.8	2.9	6.7	10	18.4	74.5	124.3	500	1	0	0	0
B230_0-100	3.4	0.2	5.6	10	13.3	38.1	61.3	500	1	0	0	0
B232_0-100	2.7	0.2	5.2	10	12.5	33.7	53.9	500	1	0	0	0
B233_0-50	4.9	0.4	4.4	10	14.7	41.1	66.5	500	1	0	0	0

P4_150-240	34.6	2.92	3.7	26.4	43	120	200	735	1	0	0	0
P4_880-920	4	1.12	5.2	31.4	21	120	200	735	1	0	0	0
P5_120-240	2	0.62	7.8	17.5	18.4	120	200	735	1	0	0	0
P5_660-720	18.7	1.77	7.8	38.9	31.3	120	200	735	1	0	0	0
P6_240-330	14.7	2	7.6	40.4	32.4	120	200	735	1	0	0	0
P6_600-700	18.5	2	7.6	19.1	33.2	120	200	735	1	0	0	0
B7_50-120	45.1	1.79	3.3	19.8	34.6	120	200	735	1	0	0	0
B7_0-50	4.6	1.87	7.6	57.2	27.5	120	200	735	1	0	0	0
P8_10-50	23.5	0.41	8	27.5	24.1	120	200	735	1	0	0	0
P8_400-480	10.8	7.45	7.5	54.4	60.4	120	200	735	1	0	0	0
P9_10-70	2	1.26	7.9	21.8	20.6	120	200	735	1	0	0	0
P9_200-300	5.1	3.63	7.7	44.2	38.8	120	200	735	1	0	0	0
P10_80-180	5.5	8.36	7.6	32.1	59.4	120	200	735	1	0	0	0
P10_280-380	5.6	2.1	7.5	36.5	29.8	120	200	735	1	0	0	0
P11_0-50	10.3	5.56	7.5	23.8	51.9	120	200	735	1	0	0	0
P11_150-240	3.8	1.03	7.9	42	20	120	200	735	1	0	0	0
P12B_10-60	43.1	2.41	3.3	36.6	40	120	200	735	1	0	0	0
P12D_30-80	46.6	1.94	3.3	24.2	36.2	120	200	735	1	0	0	0
P13_600-680	40.9	5.54	5	20.4	60.3	120	200	735	1	0	0	0
P13_760-840	47.1	3.65	3.7	24.8	49.7	120	200	735	1	0	0	0
P14_960-1040	4.8	18.6	7.7	609	64	120	200	735	0	1	1	0
P14_1080-1180	2	8.1	8.1	281	52.3	120	200	735	0	1	1	0
P15_50-150	2	0.2	7.2	25.2	18.4	120	200	735	1	0	0	0
P15_400-500	2	0.36	7.8	23.1	18.4	120	200	735	1	0	0	0
P16_160-200	2	0.33	8.1	21.9	18.4	120	200	735	1	0	0	0
P16_720-840	2	2.53	7.6	19.7	29.2	120	200	735	1	0	0	0
P17_250-360	28.3	7.17	7.1	47.3	65.8	120	200	735	1	0	0	0
P17_800-900	26.2	1.17	7.2	24.6	26.4	120	200	735	1	0	0	0
P18_430-530	17.3	2.05	7.4	22.4	33.3	120	200	735	1	0	0	0
B200_0-15	3.3	3.4	7.4	4040	35.8	120	200	735	0	1	1	1
B202_0-40	5.3	1	6.9	23	20.4	120	200	735	1	0	0	0
B203_0-35	13	1.5	7.4	25	27.6	120	200	735	1	0	0	0
B204_0-10	10	8.2	7.5	56	62.8	120	200	735	1	0	0	0
B205_0-10	13	4.4	7.4	38	47.3	120	200	735	1	0	0	0
B206_0-40	14	1.4	7.4	55	26.9	120	200	735	1	0	0	0
B207_0-25	17	2.8	7.5	28	38.9	120	200	735	1	0	0	0
B209_0-50	20	2.6	7.5	35	38.2	120	200	735	1	0	0	0
B212_0-50	16	3.2	7.4	49	41.3	120	200	735	1	0	0	0
B213_0-50	11	2.2	7.7	67	32.9	120	200	735	1	0	0	0
B224_0-50	12	3	7.6	26	38.7	120	200	735	1	0	0	0
B225_0-50	5.8	0.8	7.7	20	20.7	120	200	735	1	0	0	0
B226_0-50	72	2.5	3.1	20	41.4	120	200	735	1	0	0	0
B227_0-50	48	1	7.5	33	26.1	120	200	735	1	0	0	0
B228_0-50	52	1.4	3.1	21	31	120	200	735	1	0	0	0

////////////////////////////////////

P12D_30-80	46.6	1.94	3.3	35.5	47	56	93	530	1	0	0	0
P13_600-680	40.9	5.54	5	56	42.9	56	93	530	0	1	0	0
P13_760-840	47.1	3.65	3.7	50.6	47.3	56	93	530	1	0	0	0
P14_960-1040	4.8	18.6	7.7	28.5	9.6	56	93	530	1	0	0	0
P14_1080-1180	2	8.1	8.1	40.8	5.2	56	93	530	1	0	0	0
P15_50-150	2	0.2	7.2	3.6	5.2	56	93	530	1	0	0	0
P15_400-500	2	0.36	7.8	4.5	5.2	56	93	530	1	0	0	0
P16_160-200	2	0.33	8.1	6.3	5.2	56	93	530	1	0	0	0
P16_720-840	2	2.53	7.6	7.1	5.2	56	93	530	1	0	0	0
P17_250-360	28.3	7.17	7.1	25	33.1	56	93	530	1	0	0	0
P17_800-900	26.2	1.17	7.2	7.6	31.4	56	93	530	1	0	0	0
P18_430-530	17.3	2.05	7.4	26.3	23.5	56	93	530	1	0	0	0
B200_0-15	3.3	3.4	7.4	16	7.4	56	93	530	1	0	0	0
B202_0-40	5.3	1	6.9	6	10.3	56	93	530	1	0	0	0
B203_0-35	13	1.5	7.4	12	19.2	56	93	530	1	0	0	0
B204_0-10	10	8.2	7.5	27	16	56	93	530	1	0	0	0
B205_0-10	13	4.4	7.4	20	19.2	56	93	530	1	0	0	0
B206_0-40	14	1.4	7.4	16	20.2	56	93	530	1	0	0	0
B207_0-25	17	2.8	7.5	19	23.2	56	93	530	1	0	0	0
B209_0-50	20	2.6	7.5	21	26	56	93	530	1	0	0	0
B212_0-50	16	3.2	7.4	29	22.2	56	93	530	1	0	0	0
B213_0-50	11	2.2	7.7	18	17.1	56	93	530	1	0	0	0
B224_0-50	12	3	7.6	18	18.2	56	93	530	1	0	0	0
B225_0-50	5.8	0.8	7.7	6	10.9	56	93	530	1	0	0	0
B226_0-50	72	2.5	3.1	25	49.3	56	93	530	1	0	0	0
B227_0-50	48	1	7.5	15	48	56	93	530	1	0	0	0
B228_0-50	52	1.4	3.1	27	49.3	56	93	530	1	0	0	0
B216_0-50	49	1.6	3.9	28	48.7	56	93	530	1	0	0	0
B218_0-50	3.4	0.4	7.7	6	7.5	56	93	530	1	0	0	0
B220_0-50	1.9	0.2	8	6	5.2	56	93	530	1	0	0	0
B221_0-100	3	0.2	7.9	6	6.9	56	93	530	1	0	0	0
B222_0-70	3.4	0.2	7.8	6	7.5	56	93	530	1	0	0	0
B223_0-60	1.1	0.2	8	6	5.2	56	93	530	1	0	0	0
B229_50-100	5.8	2.9	6.7	11	10.9	56	93	530	1	0	0	0
B230_0-100	3.4	0.2	5.6	6	7.5	56	93	530	1	0	0	0
B232_0-100	2.7	0.2	5.2	6	6.4	56	93	530	1	0	0	0
B233_0-50	4.9	0.4	4.4	7	9.7	56	93	530	1	0	0	0
B234_0-50	49	1.4	2.8	27	48.7	56	93	530	1	0	0	0
Zink												
SID	Klei	LOI550	pH-KCl	Zn	Zn_SW	Zn_RW	Zn_BSNI	Zn_BSNIV	< RW	> RW	> BSNI	> BSN IV
B51_0-50	2	10	7.5	64	46.7	529.2	881.2	1000	1	0	0	0
B52_0-40	2	10	7.4	110	46.7	529.2	881.2	1000	1	0	0	0
B53_20-50	2	10	6.9	150	46.7	522	869.1	1000	1	0	0	0
B54_0-35	2	10	6.9	83	46.7	522	869.1	1000	1	0	0	0

////////////////////////////////////

B230_0-100	3.4	0.2	5.6	28			1000	1500	1	0	0	0
B232_0-100	2.7	0.2	5.2	13			1000	1500	1	0	0	0
B233_0-50	4.9	0.4	4.4	14			1000	1500	1	0	0	0
B234_0-50	49	1.4	2.8	19			1000	1500	1	0	0	0

A3. VLAREBO evaluatie-tabel voor zware metalen voor de INBO staalnames

Arseen	Klei	LOI550	pHKCl	As	As_SW	As_RW	As_BSNi	As_BSNIV	< RW	> RW	> BSNi	> BSN IV
SID	(%)	(%)	(-)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)				
BB01_0-17	15.1	3.804	4.55	7.27	19.2	39.1	64.8	267	1	0	0	0
BB01_17-55	15.1	2.742	5.91	5.55	19.2	39.1	64.8	267	1	0	0	0
BB02_0-12	10.1	2.4	7.72	7.55	16.1	35.1	58.2	267	1	0	0	0
BB02_12-40	20.2	2.931	7.79	10.28	21.8	42	69.7	267	1	0	0	0
BB02_40-70	31.2	3.215	8.29	11.67	26.4	46.4	76.9	267	1	0	0	0
BB03_0-20	8.1	4.121	7.71	9.34	14.6	32.9	54.5	267	1	0	0	0
BB04_0-16	4.9	4.872	6.89	4.86	11.7	27.9	46.2	267	1	0	0	0
BB04_16-39	3.7	0.561	8	5.41	10.3	25.1	41.5	267	1	0	0	0
BB04_39-100	3.6	0.968	8.08	4.95	10.2	24.8	41.1	267	1	0	0	0
BB06_0-10	9	8.009	6.96	7.1	15.3	33.9	56.3	267	1	0	0	0
BB06_10-50	7	3.876	6.66	7.21	13.7	31.4	52.1	267	1	0	0	0
BB06_50-100	24.3	4.306	4.87	12.07	23.6	43.9	72.7	267	1	0	0	0
BB07_0-10	5.7	0.955	4.72	4.15	12.5	29.4	48.7	267	1	0	0	0
BB07_10-27	25	7.865	7.02	20.17	23.9	44.2	73.2	267	1	0	0	0
BB07_27-120	4.1	0.759	6.96	3.65	10.8	26.1	43.2	267	1	0	0	0
BB08_0-37	5.8	3.12	7.63	6.4	12.6	29.5	49	267	1	0	0	0
BB08_37-70	7.8	2.12	7.88	6.58	14.3	32.5	53.9	267	1	0	0	0
BB08_70-100	5.1	2.192	7.81	8.18	11.9	28.3	46.8	267	1	0	0	0
BB09_0-16	9.4	12.803	7.83	10.58	15.6	34.4	57	267	1	0	0	0
BB09_16-50	6.1	3.295	7.93	7.29	12.9	30.1	49.8	267	1	0	0	0
BB09_50-90	5.1	1.773	8	5.54	11.9	28.3	46.8	267	1	0	0	0
BB10_0-10	2.7	3.115	7.14	5.51	9	21.9	36.3	267	1	0	0	0
BB10_10-60	2.4	0.773	7.99	5.3	8.5	20.7	34.3	267	1	0	0	0
BB10_60-100	27.5	5.989	6.4	15.84	25	45.1	74.8	267	1	0	0	0
BB11_0-16	3	2.114	7.23	6.09	9.4	23	38	267	1	0	0	0
BB11_16-50	2.5	0.843	8.12	5.25	8.7	21.1	35	267	1	0	0	0
BB11_50-100	3.7	1.211	8.16	5.71	10.3	25.1	41.5	267	1	0	0	0
BB15_0-14	3.6	1.411	3.81	4.76	10.2	24.8	41.1	267	1	0	0	0
BB15_14-60	7.1	0.73	3.56	5.56	13.8	31.6	52.3	267	1	0	0	0
BB15_60-100	3.6	0.392	3.99	4.34	10.2	24.8	41.1	267	1	0	0	0
BB16_0-17	18.9	11.653	5.28	11.67	21.2	41.4	68.6	267	1	0	0	0
BB16_17-30	9.6	2.408	5.08	5.91	15.7	34.6	57.3	267	1	0	0	0
BB16_30-100	25.5	18.323	7.03	19.67	24.1	44.4	73.5	267	1	0	0	0
BB17_0-15	6	3.489	7.25	6.73	12.8	29.9	49.5	267	1	0	0	0

////////////////////////////////////

BB17_15-50	4.3	1.149	6.66	4.84	11	26.6	44	267	1	0	0	0
BB17_50-100	5.1	0.722	7.23	5.13	11.9	28.3	46.8	267	1	0	0	0
BB18_0-30	9.4	3.494	6.5	5.54	15.6	34.4	57	267	1	0	0	0
BB18_30-45	11.4	2.846	6.58	11.02	16.9	36.3	60.2	267	1	0	0	0

Cadmium

SID	Kier	LO950	PHKCI	Cu	Cu_SW	Cu_RW	Cu_BSNI	Cu_BSNIIV	<RW	>RW	>BSNI	>BSNIIV
BB01_0-17	15.1	3.804	4.55	0.36	0.7	1	1.7	9.5	1	0	0	0
BB01_17-55	15.1	2.742	5.91	0.14	0.7	1.7	2.9	9.5	1	0	0	0
BB02_0-12	10.1	2.4	7.72	0.43	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB02_12-40	20.2	2.931	7.79	0.34	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB02_40-70	31.2	3.215	8.29	0.31	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB03_0-20	8.1	4.121	7.71	1.79	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB04_0-16	4.9	4.872	6.89	0.15	0.7	2.5	4.2	9.5	1	0	0	0
BB04_16-39	3.7	0.561	8	0.16	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB04_39-100	3.6	0.968	8.08	<0.1	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB06_0-10	9	8.009	6.96	0.26	0.7	2.6	4.3	9.5	1	0	0	0
BB06_10-50	7	3.876	6.66	0.17	0.7	2.3	3.8	9.5	1	0	0	0
BB06_50-100	24.3	4.306	4.87	0.28	0.7	1.1	1.9	9.5	1	0	0	0
BB07_0-10	5.7	0.955	4.72	<0.1	0.7	1.1	1.8	9.5	1	0	0	0
BB07_10-27	25	7.865	7.02	0.89	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB07_27-120	4.1	0.759	6.96	<0.1	0.7	2.6	4.3	9.5	1	0	0	0
BB08_0-37	5.8	3.12	7.63	0.12	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB08_37-70	7.8	2.12	7.88	0.17	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB08_70-100	5.1	2.192	7.81	0.23	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB09_0-16	9.4	12.803	7.83	0.24	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB09_16-50	6.1	3.295	7.93	0.11	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB09_50-90	5.1	1.773	8	0.15	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB10_0-10	2.7	3.115	7.14	0.26	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB10_10-60	2.4	0.773	7.99	0.19	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB10_60-100	27.5	5.989	6.4	0.44	0.7	2.1	3.5	9.5	1	0	0	0
BB11_0-16	3	2.114	7.23	0.29	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB11_16-50	2.5	0.843	8.12	0.24	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB11_50-100	3.7	1.211	8.16	0.26	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB15_0-14	3.6	1.411	3.81	<0.1	0.7	0.8	1.4	9.5	1	0	0	0
BB15_14-60	7.1	0.73	3.56	<0.1	0.7	0.8	1.4	9.5	1	0	0	0
BB15_60-100	3.6	0.392	3.99	<0.1	0.7	0.8	1.4	9.5	1	0	0	0
BB16_0-17	18.9	11.653	5.28	1.07	0.7	1.3	2.2	9.5	1	0	0	0
BB16_17-30	9.6	2.408	5.08	0.24	0.7	1.2	2.1	9.5	1	0	0	0
BB16_30-100	25.5	18.323	7.03	1.16	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB17_0-15	6	3.489	7.25	0.21	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB17_15-50	4.3	1.149	6.66	<0.1	0.7	2.3	3.8	9.5	1	0	0	0
BB17_50-100	5.1	0.722	7.23	<0.1	0.7	2.6	4.4	9.5	1	0	0	0
BB18_0-30	9.4	3.494	6.5	0.25	0.7	2.2	3.6	9.5	1	0	0	0
BB18_30-45	11.4	2.846	6.58	0.26	0.7	2.2	3.7	9.5	1	0	0	0

Chroom

SID	Klei	LOI550	pHKCl	Cr	CrIII_SW	CrIII_RW	CrIII_BSNi	CrIII_BSNIV	< RW	> RW	> BSNi	> BSN IV
BB01_0-17	15.1	3.804	4.55	25.1	67.7	91	130	560	1	0	0	0
BB01_17-55	15.1	2.742	5.91	13.81	70.3	91	130	560	1	0	0	0
BB02_0-12	10.1	2.4	7.72	14.67	60.8	91	130	560	1	0	0	0
BB02_12-40	20.2	2.931	7.79	31.26	77.4	91	130	560	1	0	0	0
BB02_40-70	31.2	3.215	8.29	53.32	88.2	91	130	560	1	0	0	0
BB03_0-20	8.1	4.121	7.71	13.76	50.6	91	130	560	1	0	0	0
BB04_0-16	4.9	4.872	6.89	19.59	36	91	130	560	1	0	0	0
BB04_16-39	3.7	0.561	8	12.68	41.4	91	130	560	1	0	0	0
BB04_39-100	3.6	0.968	8.08	16.88	40.7	91	130	560	1	0	0	0
BB06_0-10	9	8.009	6.96	21.11	48.1	91	130	560	1	0	0	0
BB06_10-50	7	3.876	6.66	14.38	47.3	91	130	560	1	0	0	0
BB06_50-100	24.3	4.306	4.87	62.8	79.2	91	130	560	1	0	0	0
BB07_0-10	5.7	0.955	4.72	11.57	52.8	91	130	560	1	0	0	0
BB07_10-27	25	7.865	7.02	51.09	75.1	91	130	560	1	0	0	0
BB07_27-120	4.1	0.759	6.96	11.61	44.1	91	130	560	1	0	0	0
BB08_0-37	5.8	3.12	7.63	20.64	44.1	91	130	560	1	0	0	0
BB08_37-70	7.8	2.12	7.88	22.76	55	91	130	560	1	0	0	0
BB08_70-100	5.1	2.192	7.81	23.28	43.5	91	130	560	1	0	0	0
BB09_0-16	9.4	12.803	7.83	23.94	47.4	91	130	560	1	0	0	0
BB09_16-50	6.1	3.295	7.93	22.76	45	91	130	560	1	0	0	0
BB09_50-90	5.1	1.773	8	22.55	45.2	91	130	560	1	0	0	0
BB10_0-10	2.7	3.115	7.14	19.34	23.9	91	130	560	1	0	0	0
BB10_10-60	2.4	0.773	7.99	15.39	30	91	130	560	1	0	0	0
BB10_60-100	27.5	5.989	6.4	70.66	79.8	91	130	560	1	0	0	0
BB11_0-16	3	2.114	7.23	19.55	29.8	91	130	560	1	0	0	0
BB11_16-50	2.5	0.843	8.12	18.29	31.1	91	130	560	1	0	0	0
BB11_50-100	3.7	1.211	8.16	15.89	39.8	91	130	560	1	0	0	0
BB15_0-14	3.6	1.411	3.81	9.25	37.9	91	130	560	1	0	0	0
BB15_14-60	7.1	0.73	3.56	13.55	58.6	91	130	560	1	0	0	0
BB15_60-100	3.6	0.392	3.99	10.83	40.7	91	130	560	1	0	0	0
BB16_0-17	18.9	11.653	5.28	28.7	65.8	91	130	560	1	0	0	0
BB16_17-30	9.6	2.408	5.08	19.19	59.4	91	130	560	1	0	0	0
BB16_30-100	25.5	18.323	7.03	50.6	73.7	91	130	560	1	0	0	0
BB17_0-15	6	3.489	7.25	19.08	44.1	91	130	560	1	0	0	0
BB17_15-50	4.3	1.149	6.66	13.07	44.2	91	130	560	1	0	0	0
BB17_50-100	5.1	0.722	7.23	13.95	49.8	91	130	560	1	0	0	0
BB18_0-30	9.4	3.494	6.5	14.54	55.9	91	130	560	1	0	0	0
BB18_30-45	11.4	2.846	6.58	21.04	62.6	91	130	560	1	0	0	0

Koper

SID	Klei	LOI550	pHKCl	Cu	Cu_SW	Cu_RW	Cu_BSNi	Cu_BSNIV	< RW	> RW	> BSNi	> BSN IV
BB01_0-17	15.1	3.804	4.55	13.03	24.9	99.8	169.3	500	1	0	0	0
BB01_17-55	15.1	2.742	5.91	15.78	23.6	101	171.5	500	1	0	0	0

////////////////////////////////////

Lood

Nikkel

Zink

BB07_27-120	4.1	0.759	6.96	22.22	45.8	97.2	161.8	1000	1	0	0	0
BB08_0-37	5.8	3.12	7.63	46.72	65.8	229	381.3	1000	1	0	0	0
BB08_37-70	7.8	2.12	7.88	73.99	70.6	212.7	354.1	1000	1	0	0	0
BB08_70-100	5.1	2.192	7.81	87.78	59	170.6	284.1	1000	1	0	0	0
BB09_0-16	9.4	12.803	7.83	62.04	89.8	671.8	1118.6	1000	1	0	0	0
BB09_16-50	6.1	3.295	7.93	41.6	67.7	243.1	404.8	1000	1	0	0	0
BB09_50-90	5.1	1.773	8	64.8	57.1	150.2	250.1	1000	1	0	0	0
BB10_0-10	2.7	3.115	7.14	95.68	44.5	176	293.1	1000	1	0	0	0
BB10_10-60	2.4	0.773	7.99	104.05	30.9	71.4	118.9	1000	0	1	0	0
BB10_60-100	27.5	5.989	6.4	127.74	115.2	751	1250.5	1000	1	0	0	0
BB11_0-16	3	2.114	7.23	115.66	43.9	132.3	220.3	1000	1	0	0	0
BB11_16-50	2.5	0.843	8.12	116.06	32	72.9	121.4	1000	0	1	0	0
BB11_50-100	3.7	1.211	8.16	114.71	44.7	101	168.2	1000	0	1	0	0
BB15_0-14	3.6	1.411	3.81	9.57	45.3	75.1	125	1000	1	0	0	0
BB15_14-60	7.1	0.73	3.56	15.56	61.2	108.7	181	1000	1	0	0	0
BB15_60-100	3.6	0.392	3.99	10.96	42.2	63.7	106.1	1000	1	0	0	0
BB16_0-17	18.9	11.653	5.28	119.54	109.3	697.6	1161.6	1000	1	0	0	0
BB16_17-30	9.6	2.408	5.08	36.25	77.5	211.2	351.7	1000	1	0	0	0
BB16_30-100	25.5	18.323	7.03	242.04	117.7	993.8	1654.8	1000	1	0	0	0
BB17_0-15	6	3.489	7.25	62.99	67.8	251.3	418.4	1000	1	0	0	0
BB17_15-50	4.3	1.149	6.66	22.46	48.4	104	173.2	1000	1	0	0	0
BB17_50-100	5.1	0.722	7.23	21.77	51.9	113.3	188.7	1000	1	0	0	0
BB18_0-30	9.4	3.494	6.5	47.33	80.3	295.4	491.9	1000	1	0	0	0
BB18_30-45	11.4	2.846	6.58	61	83.9	300.6	500.5	1000	1	0	0	0

////////////////////////////////////

A4. VLAREBO evaluatie-tabel voor zware metalen in de geosubstraten van Geotechniek en de Boomse kleistalen

Arseen	Klei	LOI550	pHKC I	As	As_SW	As_RW	As_BSNI	As_BSNIV	< R W	> R W	> BSN I	> BSN IV
SID	(%)	(%)	(-)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)	(µg/g)				
Geo1_Li_6-6.5	18.9	2.9	7.85	14.41	21.2	41.4	68.6	267	1	0	0	0
Geo2_Li_11-11.5	19.6	2.2	7.67	20.93	21.5	41.7	69.2	267	1	0	0	0
Geo4_Kd_16-16.5	20.4	1.6	7.77	17.68	21.9	42.1	69.8	267	1	0	0	0
Geo5_Kd_16.5-17	11.9	1.4	7.87	17.65	17.3	36.7	60.9	267	1	0	0	0
Geo6_Kd_11.5-12	7.1	1.6	7.86	14.53	13.8	31.6	52.3	267	1	0	0	0
Geo8_Qu_3.5-4	18.4	2.2	7.45	18.4	20.9	41.1	68.1	267	1	0	0	0
Geo9_Li_7-7.5	26.6	3.1	7.34	23.18	24.6	44.8	74.2	267	1	0	0	0
Geo10_Kd_10.5-11	10.7	1.7	7.83	16.16	16.5	35.7	59.1	267	1	0	0	0
Geo11_Kd_13-13.5	15	1.7	7.83	15.56	19.1	39.1	64.7	267	1	0	0	0
Geo12_Kd_14.5-15	16.1	1.8	7.72	16.7	19.7	39.8	65.9	267	1	0	0	0
Geo13_Bc_17.5-18	7.5	2.8	7.71	21.31	14.1	32.1	53.2	267	1	0	0	0
Geo14_Bc_25.5-26	17.2	2.1	7.48	12.61	20.3	40.4	67	267	1	0	0	0
Geo15_Li_6.5-7	30.1	3.4	7.41	18.66	26	46	76.3	267	1	0	0	0
Geo16_Kd_10-10.5	6.1	1.4	7.86	14.12	12.9	30.1	49.8	267	1	0	0	0
Geo17_Kd_12.5-13	10.1	1.7	7.83	17.4	16.1	35.1	58.2	267	1	0	0	0
Geo18_Kd_13.5-14	9.4	1.6	7.84	17.68	15.6	34.4	57	267	1	0	0	0
Geo19_Bc_17.5-18	12.3	2.7	7.7	18.67	17.5	37.1	61.4	267	1	0	0	0
Geo20_Kd_14-14.5	15.2	2.3	7.8	20.24	19.2	39.2	64.9	267	1	0	0	0
Geo21_Kd_15-15.5	11.5	1.9	7.64	15.83	17	36.4	60.3	267	1	0	0	0
Geo22_Kd_17-17.5	8	1.8	7.85	17.54	14.5	32.8	54.3	267	1	0	0	0
Geo23_Bc_20-20.5	17.1	3	7.34	23.85	20.3	40.4	66.9	267	1	0	0	0
Geo24_V_5-5.5	29.9	44.6	6.9	211.5	25.9	46	76.2	267	0	1	1	0
Geo25_V_10-10.5	49.3	43.3	6.9	17.68	32.3	51	84.5	267	1	0	0	0
Geo26_Bc_28.5-29.0	8.3	2	7.99	15.99	14.7	33.1	54.9	267	1	0	0	0
Geo27_Kd_13.5-13.50	11	1.6	8.07	15.88	16.7	36	59.6	267	1	0	0	0
Geo28_Bc_26.0-26.5	21.3	2.3	8.08	18.19	22.3	42.6	70.5	267	1	0	0	0
Wien_Laag1_LidvPutte	49.3	5.2	6.98	14.81	32.3	51	84.5	267	1	0	0	0
Wien_Laag2_LidvPutte	52.3	6.3	7.14	11.93	32.5	51.1	84.7	267	1	0	0	0
Wien_Laag3_LidvTerhagen	39.5	4.5	6.71	10.85	29.3	48.7	80.8	267	1	0	0	0
Wien_Laag4_LidvTerhagen	41.3	4.4	7.28	11.5	29.9	49.2	81.5	267	1	0	0	0
Cadmium												
SID	Klei	LOI550	pHKC I	Cd	Cd_SW	Cd_RW	Cd_BSNI	Cd_BSNIV	< R	> R	> BSN	> BS

Geo11_Kd_13-13.5	15	16.67	7.83	11.82	29.6	120	200	735	1	0	0	0
Geo12_Kd_14.5-15	16.1	18.27	7.72	14.58	31.2	120	200	735	1	0	0	0
Geo13_Bc_17.5-18	7.5	27.9	7.71	22.8	35.5	120	200	735	1	0	0	0
Geo14_Bc_25.5-26	17.2	21.14	7.48	12.21	33.8	120	200	735	1	0	0	0
Geo15_Li_6.5-7	30.1	34.14	7.41	15.53	45.7	120	200	735	1	0	0	0
Geo16_Kd_10-10.5	6.1	14.47	7.86	10.71	25	120	200	735	1	0	0	0
Geo17_Kd_12.5-13	10.1	17.18	7.83	11.79	28.8	120	200	735	1	0	0	0
Geo18_Kd_13.5-14	9.4	16.41	7.84	12.05	27.9	120	200	735	1	0	0	0
Geo19_Bc_17.5-18	12.3	27.11	7.7	21.61	36.9	120	200	735	1	0	0	0
Geo20_Kd_14-14.5	15.2	23.21	7.8	12.27	35	120	200	735	1	0	0	0
Geo21_Kd_15-15.5	11.5	19.41	7.64	11.71	31	120	200	735	1	0	0	0
Geo22_Kd_17-17.5	8	17.83	7.85	10.85	28.6	120	200	735	1	0	0	0
Geo23_Bc_20-20.5	17.1	30.24	7.34	26.87	40.5	120	200	735	1	0	0	0
Geo24_V_5-5.5	29.9	446.32	7	18.36	78.2	120	200	735	1	0	0	0
Geo25_V_10-10.5	49.3	433.48	7	30.9	82.6	120	200	735	1	0	0	0
Geo26_Bc_28.5-29.0	8.3	20.04	7.99	17.66	30.4	120	200	735	1	0	0	0
Geo27_Kd_13.5-13.50	11	15.93	8.07	9.72	28	120	200	735	1	0	0	0
Geo28_Bc_26.0-26.5	21.3	22.96	8.08	19.76	36.1	120	200	735	1	0	0	0
Wien_Laag1_LidvPutte	49.3	5.2	6.98	37.45	59.7	120	200	735	1	0	0	0
Wien_Laag2_LidvPutte	52.3	6.3	7.14	34.17	65.7	120	200	735	1	0	0	0
Wien_Laag3_LidvTerhagen	39.5	4.5	6.71	33.65	54	120	200	735	1	0	0	0
Wien_Laag4_LidvTerhagen	41.3	4.4	7.28	33.73	53.9	120	200	735	1	0	0	0
Nikkel												
SID	Klei	LOI550	pHKC I	Ni	Ni_SW	Ni_RW	Ni_BSNI	Ni_BSNIV	< R W	> R W	> BSN I	> BSN IV
Geo1_Li_6-6.5	18.9	28.86	7.85	6.24	25	56	93	530	1	0	0	0
Geo2_Li_11-11.5	19.6	22.28	7.67	5.53	25.6	56	93	530	1	0	0	0
Geo4_Kd_16-16.5	20.4	15.69	7.77	4.52	26.3	56	93	530	1	0	0	0
Geo5_Kd_16.5-17	11.9	14.36	7.87	4.82	18.1	56	93	530	1	0	0	0
Geo6_Kd_11.5-12	7.1	15.74	7.86	4.95	12.6	56	93	530	1	0	0	0
Geo8_Qu_3.5-4	18.4	21.84	7.45	7.29	24.5	56	93	530	1	0	0	0
Geo9_Li_7-7.5	26.6	30.59	7.34	6.64	31.7	56	93	530	1	0	0	0
Geo10_Kd_10.5-11	10.7	16.87	7.83	4.91	16.8	56	93	530	1	0	0	0
Geo11_Kd_13-13.5	15	16.67	7.83	5.23	21.2	56	93	530	1	0	0	0
Geo12_Kd_14.5-15	16.1	18.27	7.72	5.91	22.3	56	93	530	1	0	0	0
Geo13_Bc_17.5-18	7.5	27.9	7.71	13.06	13.1	56	93	530	1	0	0	0
Geo14_Bc_25.5-26	17.2	21.14	7.48	10.87	23.4	56	93	530	1	0	0	0

Geo15_Li_6.5-7	30.1	34.14	7.41	11.46	34.6	56	93	530	1	0	0	0
Geo16_Kd_10-10.5	6.1	14.47	7.86	4.6	11.3	56	93	530	1	0	0	0
Geo17_Kd_12.5-13	10.1	17.18	7.83	5.01	16.1	56	93	530	1	0	0	0
Geo18_Kd_13.5-14	9.4	16.41	7.84	4.77	15.3	56	93	530	1	0	0	0
Geo19_Bc_17.5-18	12.3	27.11	7.7	11.42	18.5	56	93	530	1	0	0	0
Geo20_Kd_14-14.5	15.2	23.21	7.8	5.72	21.4	56	93	530	1	0	0	0
Geo21_Kd_15-15.5	11.5	19.41	7.64	5.07	17.6	56	93	530	1	0	0	0
Geo22_Kd_17-17.5	8	17.83	7.85	4.79	13.7	56	93	530	1	0	0	0
Geo23_Bc_20-20.5	17.1	30.24	7.34	14.54	23.3	56	93	530	1	0	0	0
Geo24_V_5-5.5	29.9	446.32	7	8.68	34.4	56	93	530	1	0	0	0
Geo25_V_10-10.5	49.3	433.48	7	30.38	48.9	56	93	530	1	0	0	0
Geo26_Bc_28.5-29.0	8.3	20.04	7.99	7.87	14	56	93	530	1	0	0	0
Geo27_Kd_13.5-13.50	11	15.93	8.07	4.36	17.1	56	93	530	1	0	0	0
Geo28_Bc_26.0-26.5	21.3	22.96	8.08	11.56	27.2	56	93	530	1	0	0	0
Wien_Laag1_LidvPutte	49.3	5.2	6.98	45.4	48.9	56	93	530	1	0	0	0
Wien_Laag2_LidvPutte	52.3	6.3	7.14	43.54	49.3	56	93	530	1	0	0	0
Wien_Laag3_LidvTerhagen	39.5	4.5	6.71	36.33	41.8	56	93	530	1	0	0	0
Wien_Laag4_LidvTerhagen	41.3	4.4	7.28	34.28	43.2	56	93	530	1	0	0	0
Zink												
SID	Klei	LOI550	pHKC I	Zn	Zn_SW	Zn_RW	Zn_BSNi	Zn_BSNiV	< R W	> R W	> BSN I	> BSN IV
Geo1_Li_6-6.5	18.9	28.86	7.85	56.31	98.1	452.6	753.5	1000	1	0	0	0
Geo2_Li_11-11.5	19.6	22.28	7.67	28.35	96.8	429.5	715.1	1000	1	0	0	0
Geo4_Kd_16-16.5	20.4	15.69	7.77	26.16	94.7	408.4	680	1000	1	0	0	0
Geo5_Kd_16.5-17	11.9	14.36	7.87	27.56	78.9	248.7	414	1000	1	0	0	0
Geo6_Kd_11.5-12	7.1	15.74	7.86	28.19	65.3	173.6	289.1	1000	1	0	0	0
Geo8_Qu_3.5-4	18.4	21.84	7.45	35.34	94.8	404.9	674.2	1000	1	0	0	0
Geo9_Li_7-7.5	26.6	30.59	7.34	31.85	108.2	608.5	1013.2	1000	1	0	0	0
Geo10_Kd_10.5-11	10.7	16.87	7.83	30.21	77.3	240.7	400.7	1000	1	0	0	0
Geo11_Kd_13-13.5	15	16.67	7.83	36.61	86.7	315.5	525.3	1000	1	0	0	0
Geo12_Kd_14.5-15	16.1	18.27	7.72	38.48	89.5	343.7	572.3	1000	1	0	0	0
Geo13_Bc_17.5-18	7.5	27.9	7.71	42.52	72	241.6	402.2	1000	1	0	0	0
Geo14_Bc_25.5-26	17.2	21.14	7.48	24.17	92.6	379.1	631.2	1000	1	0	0	0
Geo15_Li_6.5-7	30.1	34.14	7.41	39.58	112.6	697	1160.5	1000	1	0	0	0
Geo16_Kd_10-10.5	6.1	14.47	7.86	28.84	60.3	150.8	251.2	1000	1	0	0	0
Geo17_Kd_12.5-13	10.1	17.18	7.83	34.12	75.9	231.9	386.1	1000	1	0	0	0
Geo18_Kd_13.5-14	9.4	16.41	7.84	34.04	73.5	215.9	359.5	1000	1	0	0	0

Geo19_Bc_17.5-18	12. 3	27.11	7.7	40.23	85.5	322.2	536.5	1000	1	0	0	0
Geo20_Kd_14-14.5	15. 2	23.21	7.8	32.89	90	353.8	589.1	1000	1	0	0	0
Geo21_Kd_15-15.5	11. 5	19.41	7.64	31.43	80.6	267.7	445.7	1000	1	0	0	0
Geo22_Kd_17-17.5	8	17.83	7.85	35.77	69.7	199.2	331.6	1000	1	0	0	0
Geo23_Bc_20-20.5	17. 1	30.24	7.34	44.42	95.7	426.7	710.4	1000	1	0	0	0
Geo24_V_5-5.5	29. 9	446.32	7	30.27	122.1	1073.1	1786.8	1000	1	0	0	0
Geo25_V_10-10.5	49. 3	433.48	7	49.58	136.1	1478.4	2461.7	1000	1	0	0	0
Geo26_Bc_28.5-29.0	8.3	20.04	7.99	40	71.8	215.4	358.6	1000	1	0	0	0
Geo27_Kd_13.5-13.50	11	15.93	8.07	28.14	77.6	241.1	401.4	1000	1	0	0	0
Geo28_Bc_26.0-26.5	21. 3	22.96	8.08	43.16	99.4	464.9	774.1	1000	1	0	0	0
Wien_Laag1_LidvPutte	49. 3	5.2	6.98	77.54	130.2	1192.2	1985	1000	1	0	0	0
Wien_Laag2_LidvPutte	52. 3	6.3	7.14	76.09	132.3	1276	2124.6	1000	1	0	0	0
Wien_Laag3_LidvTerhage n	39. 5	4.5	6.71	69.62	122.7	925.3	1540.7	1000	1	0	0	0
Wien_Laag4_LidvTerhage n	41. 3	4.4	7.28	67.81	123.8	981.1	1633.5	1000	1	0	0	0

Nr	SID	TOP	BOT	LaboCode	Staalnummer	Monstern.Datum	VoorbehandelingExtern	Staalinfo
1	BB01_0-17	0	17	20-002053	235084	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Mogelijke asbestverontreining !
2	BB01_17-55	17	55	20-002054	235085	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Mogelijke asbestverontreining !
3	BB02_0-12	0	12	20-002055	235086	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Bevat asbest in kleine partikels !!
4	BB02_12-40	12	40	20-002056	235087	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Bevat asbest in kleine partikels !!
5	BB02_40-70	40	70	20-002057	235088	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Bevat asbest in kleine partikels !!
6	BB03_0-20	0	20	20-002058	235089	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Mogelijke asbestverontreining !
7	BB04_0-16	0	16	20-002059	235090	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Mogelijke asbestverontreining !
8	BB04_16-39	16	39	20-002060	235091	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Mogelijke asbestverontreining !
9	BB04_39-100	39	100	20-002061	235092	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	Mogelijke asbestverontreining !
10	BB06_0-10	0	10	20-002062	235093	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
11	BB06_10-50	10	50	20-002063	235094	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
12	BB06_50-100	50	100	20-002064	235095	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
13	BB07_0-10	0	10	20-002065	235096	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
14	BB07_10-27	10	27	20-002066	235097	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
15	BB07_27-120	27	120	20-002067	235098	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
16	BB08_0-37	0	37	20-002068	235099	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
17	BB08_37-70	37	70	20-002069	235100	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
18	BB08_70-100	70	100	20-002070	235101	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
19	BB09_0-16	0	16	20-002071	235102	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
20	BB09_16-50	16	50	20-002072	235103	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	

21	BB09_50-90	50	90	20-002073	235104	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
22	BB10_0-10	0	10	20-002074	235105	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
23	BB10_10-60	10	60	20-002075	235106	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
24	BB10_60-100	60	100	20-002076	235107	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
25	BB11_0-16	0	16	20-002077	235108	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
26	BB11_16-50	16	50	20-002078	235109	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
27	BB11_50-100	50	100	20-002079	235110	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
28	BB15_0-14	0	14	20-002080	235111	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
29	BB15_14-60	14	60	20-002081	235112	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
30	BB15_60-100	60	100	20-002082	235113	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
31	BB16_0-17	0	17	20-002083	235114	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
32	BB16_17-30	17	30	20-002084	235115	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
33	BB16_30-100	30	100	20-002085	235116	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
34	BB17_0-15	0	15	20-002086	235117	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
35	BB17_15-50	15	50	20-002087	235118	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
36	BB17_50-100	50	100	20-002088	235119	13.02.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
37	BB18_0-30	0	30	20-002089	235120	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	
38	BB18_30-45	30	45	20-002090	235121	30.01.2020	D40_KAAK_MEC_KOG	

C. OVERZICHT GEOLOGISCHE STALEN VOOR KARAKTERISERING OOSTERWHEEL SUBSTRATEN

C1. Stalen ter beschikking gesteld door Geotechniek (MOW)

Nr	SID	Boornummer	Datum	Geostaal	Geolaag	Van (cm)	Tot (cm)
1	Geo1_Li_6-6.5	1445-GEO-18/132-B5b	21.06.2019	19/2201-G013: 6-6.50 (Lillo)	LI	6	6.5
2	Geo2_Li_11-11.5	1445-GEO-18/132-B5b	21.06.2019	19/2211-G023: 11-11.50 (Lillo)	LI	11	11.5
3	Geo3_Li-Kd_13-13.5	1445-GEO-18/132-B5b	21.06.2019	19/2215-G027: 13-13.50 (Grens Lillo-Kattendijk)	Li-Kd	13	13.5
4	Geo4_Kd_16-16.5	1445-GEO-18/132-B5b	21.06.2019	19/2221-G033: 16-16.50 (Kd)	Kd	16	16.5
5	Geo5_Kd_16.5-17	1445-GEO-18/132-B5b	21.06.2019	19/2222-G34: 16.50-17 (Kd)	Kd	16.5	17
6	Geo6_Bc_26-26.5	1445-GEO-18/132-B5b	21.06.2019	19/2241-G053: 26-	Bc	26	26.5

////////////////////////////////////

C2. Stalen ter beschikking gesteld door De Vlaamse Waterweg (DVW): Talboom en Délo boringen

TALBOOM	Diepte		
Boring	Van (m)	Tot (m)	Code
B1	0	1.2	TB_B1_0-1.2
B2	0	1.2	TB_B2_0-1.2
B1	1.2	2.4	TB_B1_1.2-2.4
B2	1.2	2.4	TB_B2_1.2-2.4
B1	2.4	3.6	TB_B1_2.4-3.6
B2	2.4	3.6	TB_B2_2.4-3.6
B1	3.6	4.8	TB_B1_3.6-4.8
B2	3.6	4.8	TB_B2_3.6-4.8
B1	4.8	6	TB_B1_4.8-6
B1	6	7.2	TB_B1_6-7.2
B2	6	7.2	TB_B2_6-7.2
B1	7.2	8.4	TB_B1_7.2-8.4
B2	7.2	8	TB_B2_7.2-8
B1	8.4	9.6	TB_B1_8.4-9.6
B2	8.4	9.6	TB_B2_8.4-9.6
B1	9.4	10.8	TB_B1_9.4-10.8
B2	9.6	10.8	TB_B2_9.6-10.8
B2	9.8	10	TB_B2_9.8-10
B1	10.8	12	TB_B1_10.8-12
B2	10.8	12	TB_B2_10.8-12
B1	11.4	15.6	TB_B1_11.4-15.6
B1	12	13.2	TB_B1_12-13.2
B2	12	13.2	TB_B2_12-13.2
B1	13.2	14.4	TB_B1_13.2-14.4
B2	14.8	15.6	TB_B2_14.8-15.6
B1	15.6	16.8	TB_B1_15.6-16.8
B2	15.6	16.3	TB_B2_15.6-16.3
B1	16.8	17.7	TB_B1_16.8-17.7
B2	17.2	14.8	TB_B2_17.2-14.8

Délo-boringen

Boring	Van (cm)	Tot (cm)	Sys	BzB	Kleur	Opmerking	Code
B1	0	100	ED	BA2PU2	BRRO		Délo_B1_0-100
B1	100	200	ED	PU3BA3ST2	ZWRO		Délo_B1_100-200
B1	200	300	PM	PU2ST1BA1VE1	BRRO		Délo_B1_200-300

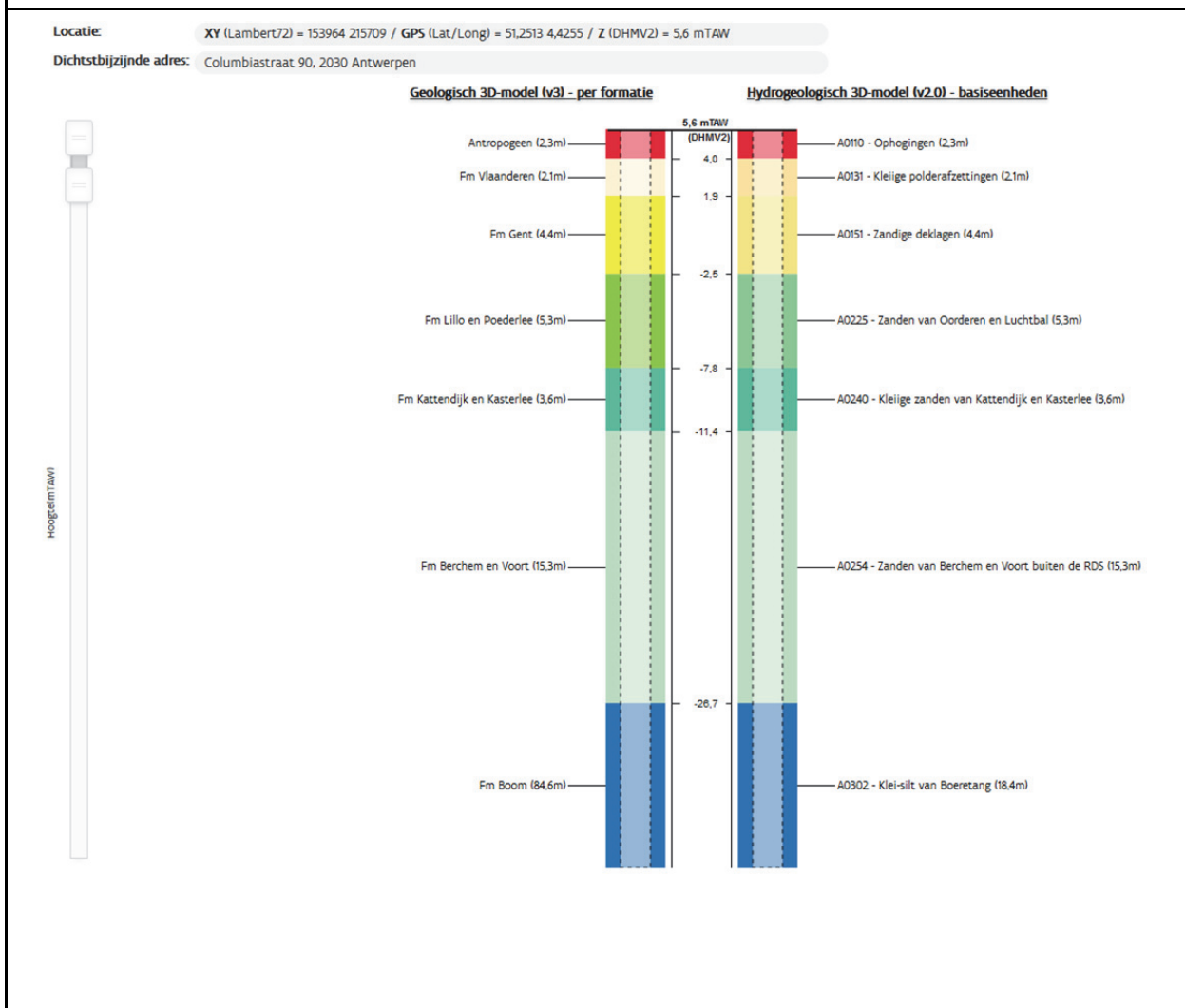
B1	300	400	PM	PU3ST3BA3HK2	DRBR	stenig/grind/ zwart -oliegeur	Délo_B1_300-400
B1	400	500	PM	BA1HO2ST2PA1	DRBR		Délo_B1_400-500
B1	600	700	PM	VE2	GRBR		Délo_B1_600-700
B1	700	800	PM	VE1SC1	BRGR	groene kleur	Délo_B1_700-800
B1	800	900	PM				Délo_B1_800-900
B1	900	1000	PM	SC2GC2	GRBR		Délo_B1_900-1000
B1	1100	1200	PM	SC2GC2	GR		Délo_B1_1100-1200
B1	1200	1300	PM	SC2GC2	GRBR		Délo_B1_1200-1300
B1	1300	1400	PM	SC1GC2	GRBR		Délo_B1_1300-1400
B1	1400	1500	PM	SC1GC2	GRZW		Délo_B1_1400-1500
B1	1500	1600	PM	GC2SC3	GRZW		Délo_B1_1500-1600
B1	1600	1700	PM	GC2SC3	GRZW		Délo_B1_1600-1700
B1	1700	1800	PM			zwart zand/ minerale olie	Délo_B1_1700-1800
B1	1800	1900	PM		GR	Zandsteen	Délo_B1_1800-1900
B1	1900	2000	PM	GC4	GRZW		Délo_B1_1900-2000
B2	700	800	PM			geurt naar olie/diesel ...	Délo_B2_700-800
B2	800	900	PM	VE1SC1	BRGR		Délo_B2_800-900
B2	900	1000	PM	SC2GC2	GRBR		Délo_B2_900-1000
B2	1000	1100	PM	ST1SC1GC2	GRBR		Délo_B2_1000-1100
B2	1100	1200	PM	SC2GC2	GRBR		Délo_B2_1100-1200
B2	1200	1300	PM	SC2GC2	GRBR		Délo_B2_1200-1300
B2	1300	1400	PM		GRBR		Délo_B2_1300-1400
B2	1400	1500	PM	SC2GC2HO1	GRBR		Délo_B2_1400-1500
B2	1500	1600	PM				Délo_B2_1500-1600
B2	1600	1700	PM	SC2GC3	GRBR		Délo_B2_1600-1700
B2	1700	1800	PM	SC1GC3	GRBR		Délo_B2_1700-1800
B2	1800	1900	PM	GC3SC1HO1	BRGR	zwart zand, oliegeur	Délo_B2_1800-1900
B2	1900	2000	PM	GC4SC1	GRBR		Délo_B2_1900-2000

////////////////////////////////////

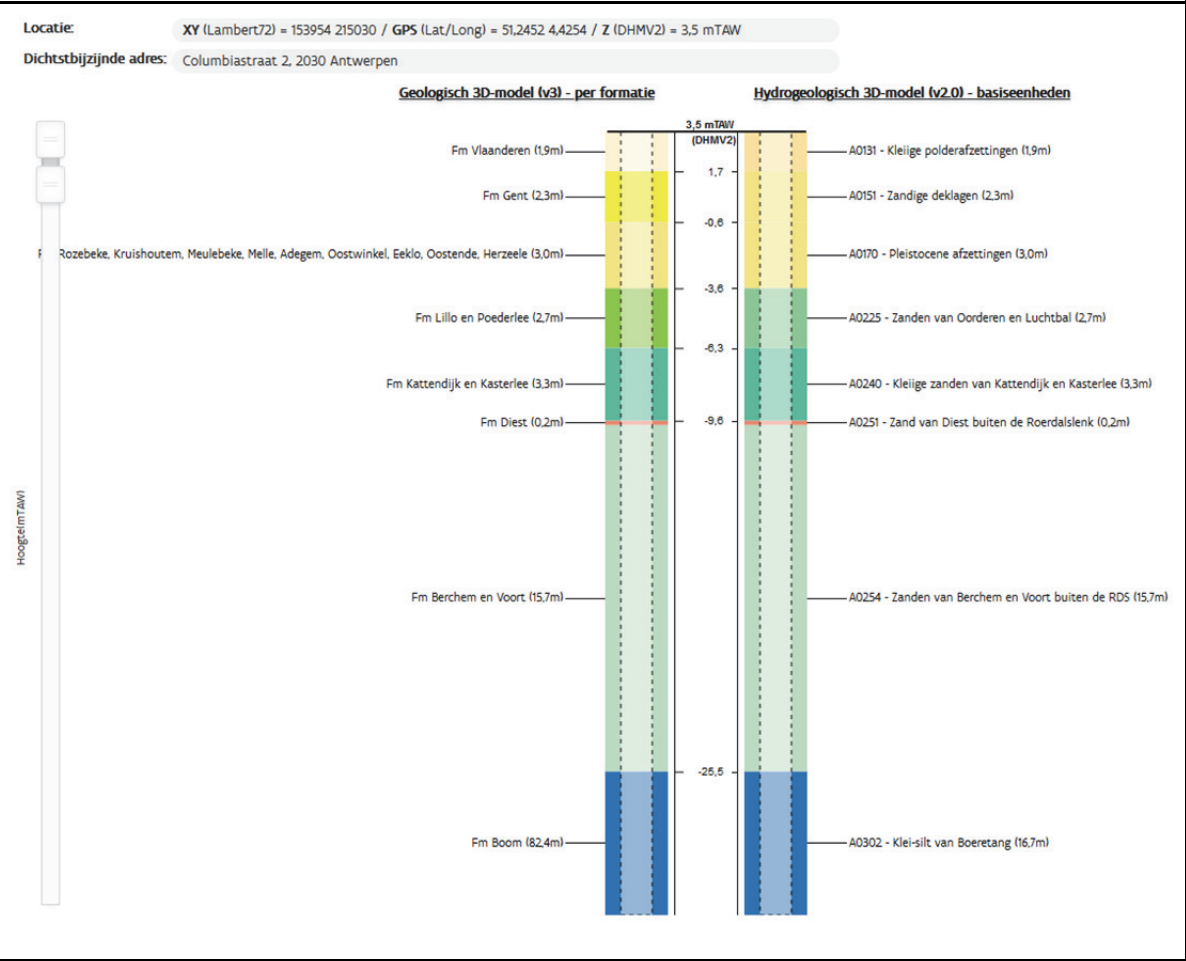
D. VIRTUELE BORINGEN VOLGENS DOV GEOLOGISCH 3D MODEL EN HYDROLOGISCH 3D MODEL OP DE BOORLOCATIES WAARVAN STALEN WERDEN BEKOMEN.

Geotechniek 1445-GEO-18/132-B5b

Boring 1 op Kaart Figuur 3.12

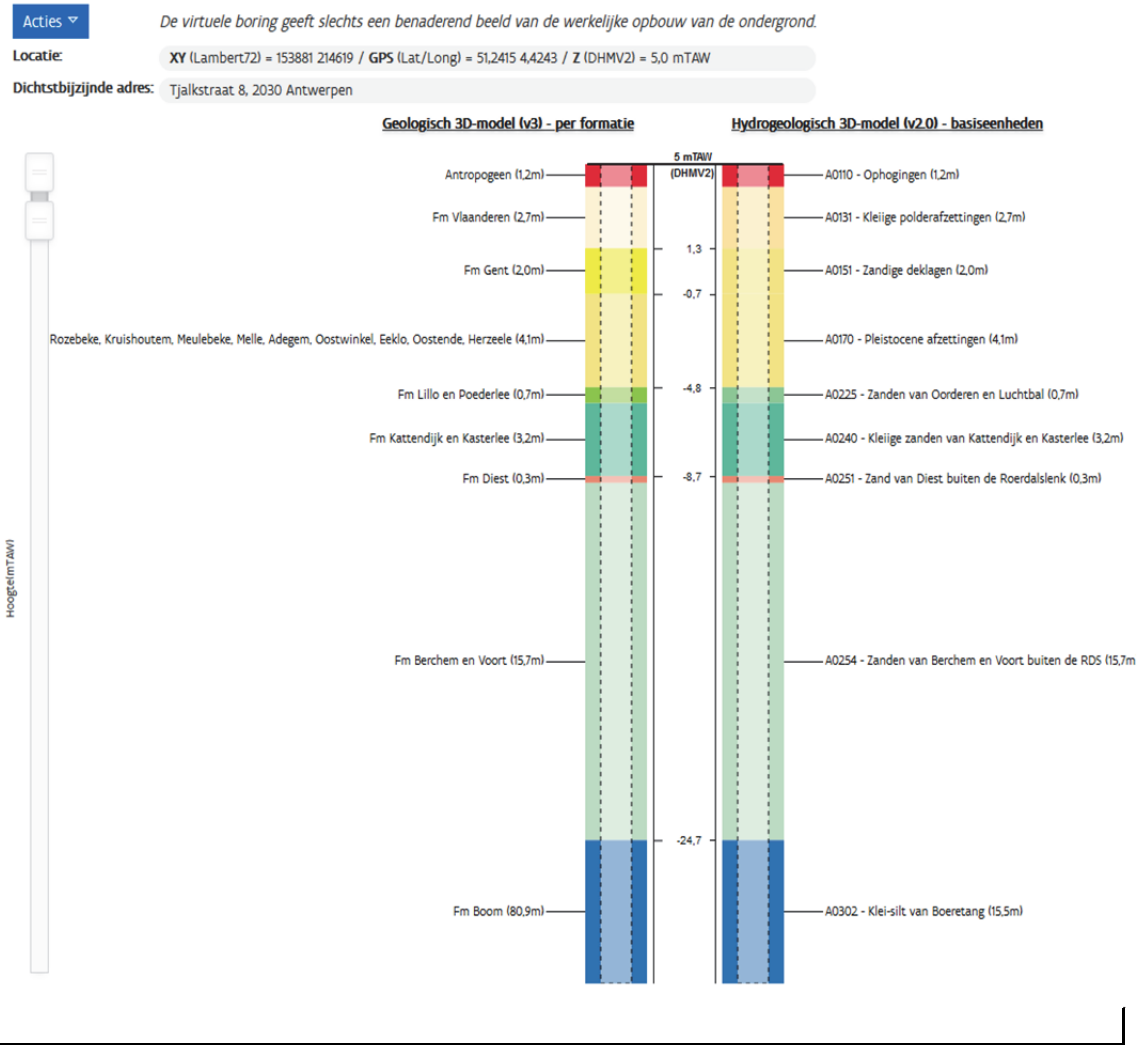


Boring 2 op Kaart Figuur 3.12

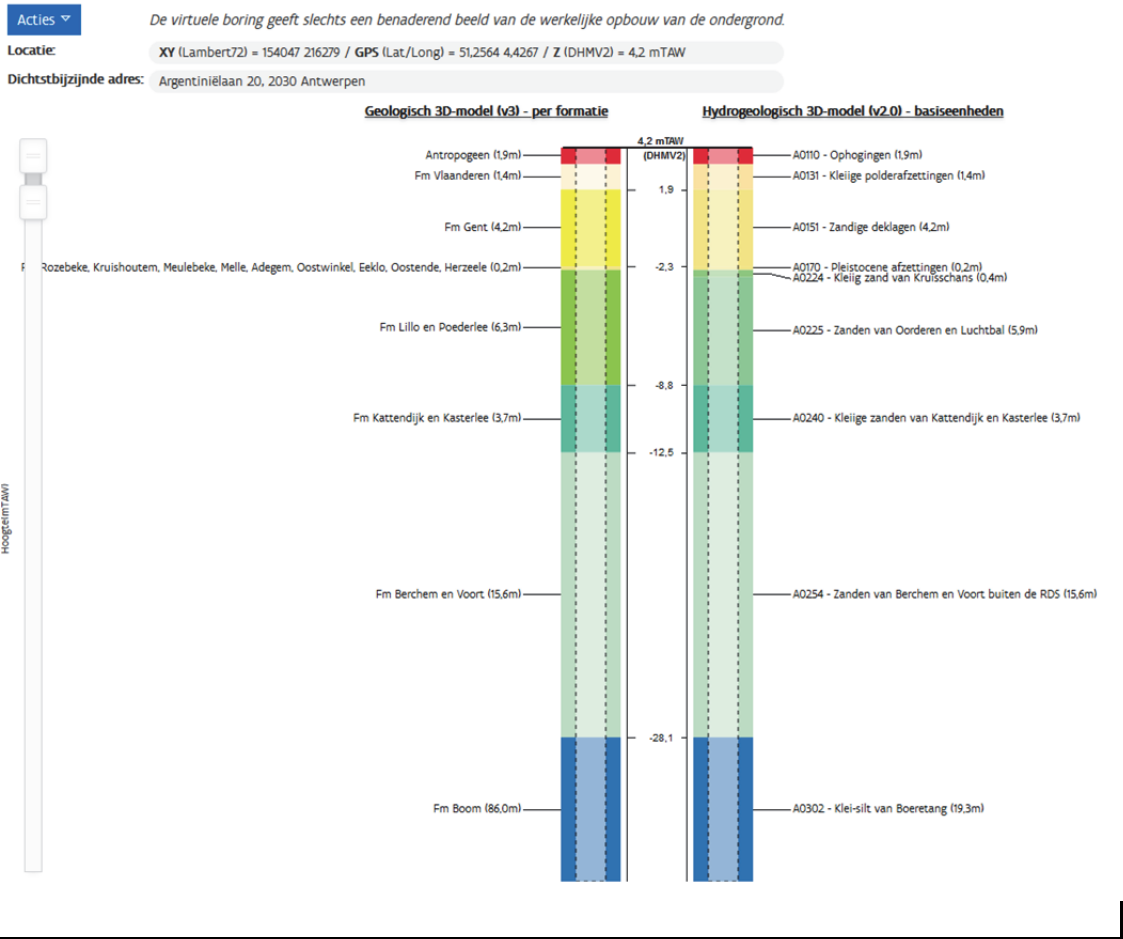


////////////////////////////////////

Boring 3 op Kaart Figuur 3.12

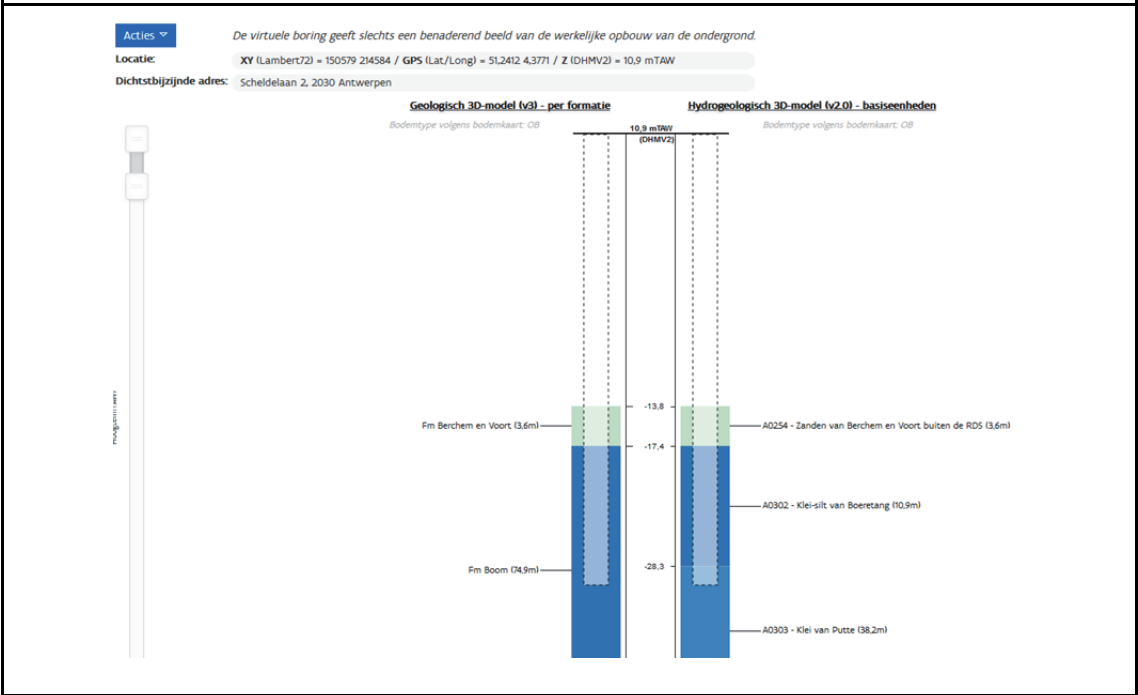


Boring 4 op Kaart Figuur 3.12



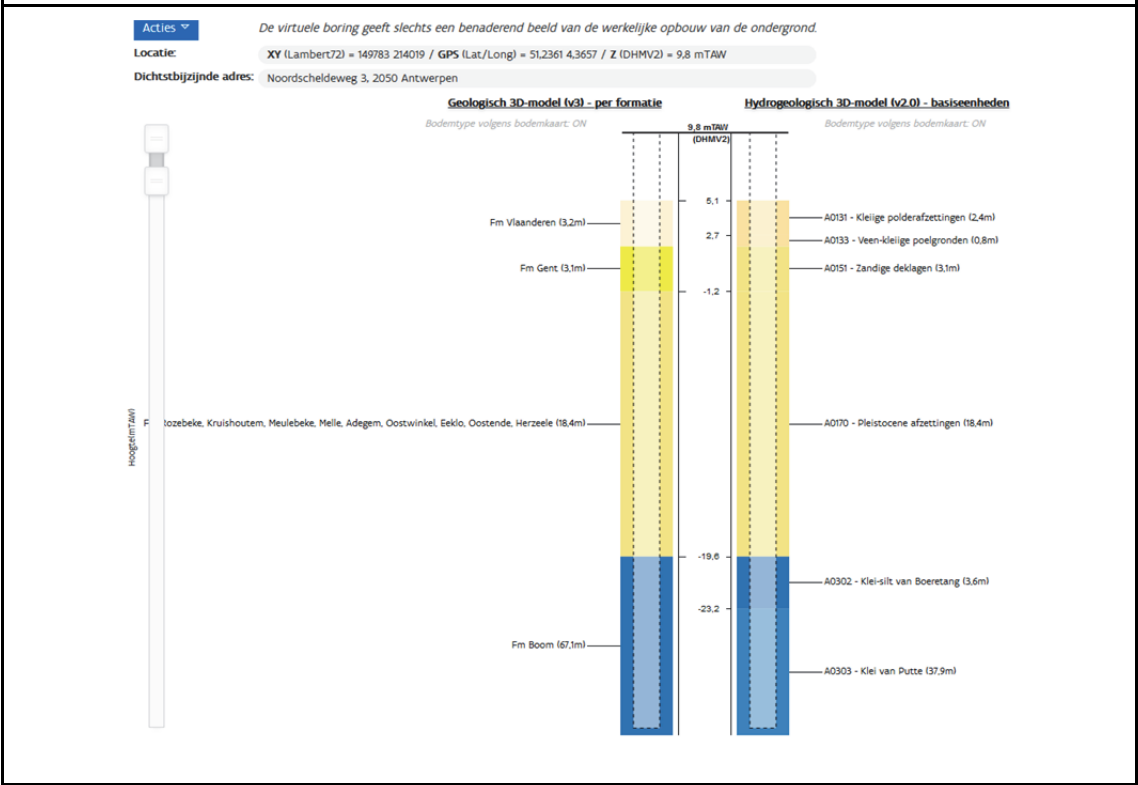
LANTIS/SWECO B60006

Boring 7 op Kaart Figuur 3.12



LANTIS/SWECO B60007

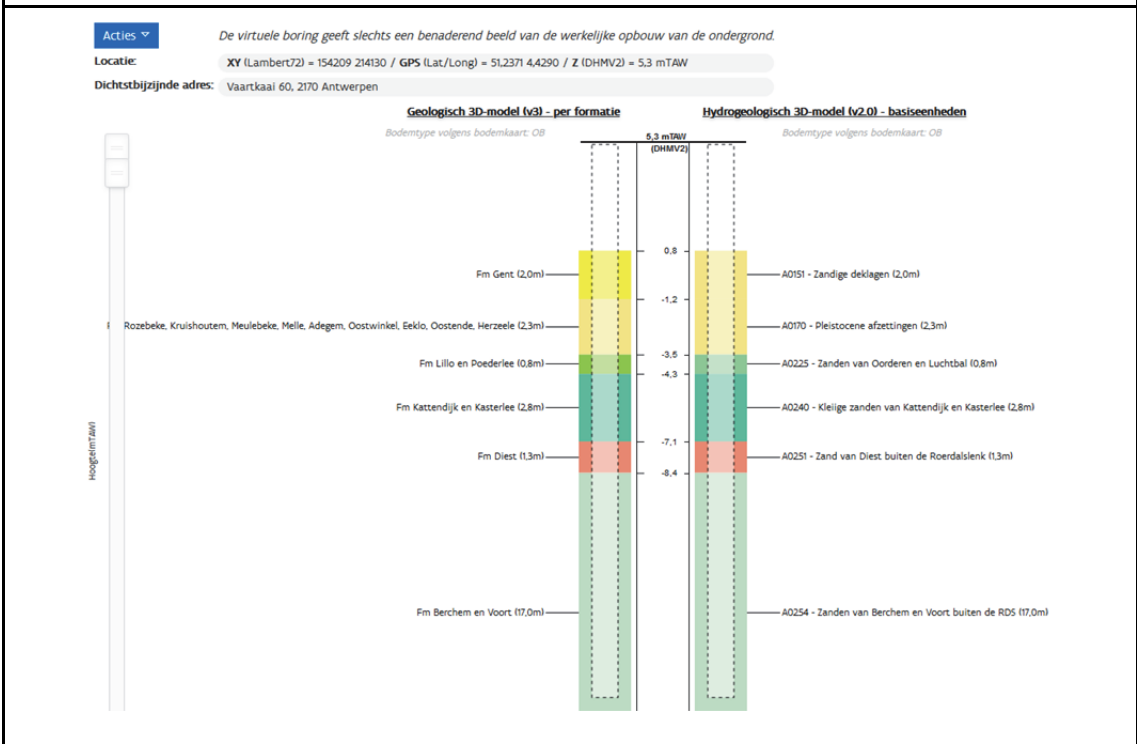
Boring 8 op Kaart Figuur 3.12



////////////////////////////////////

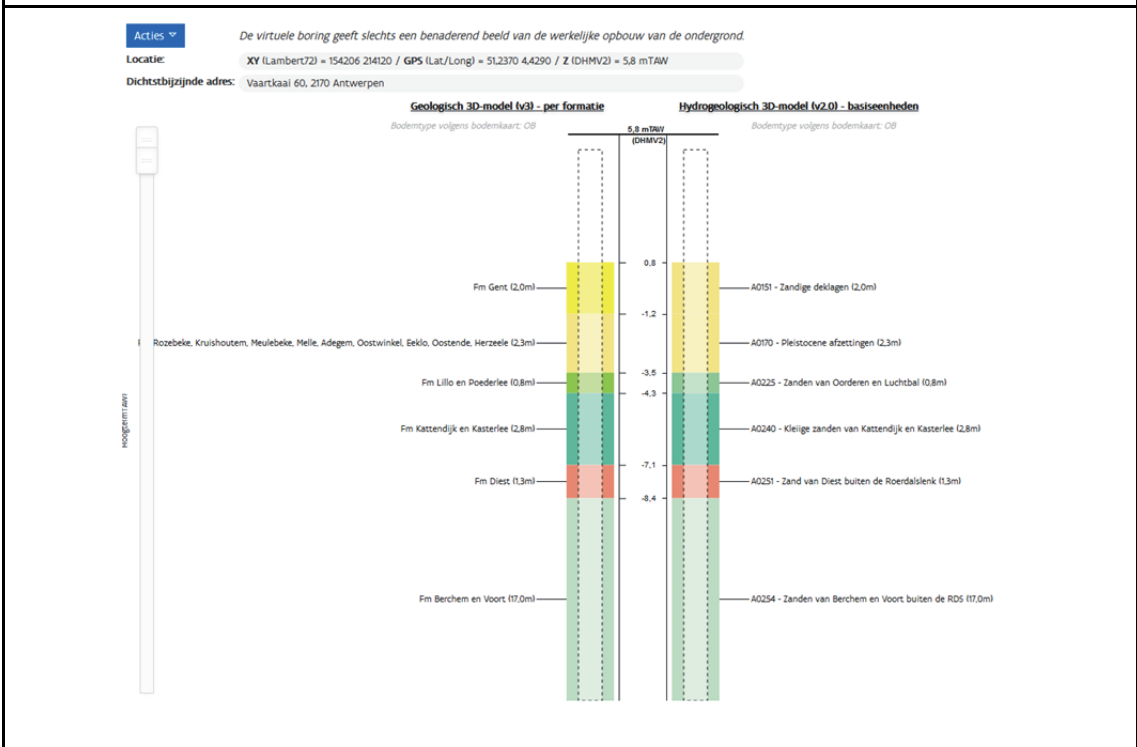
Talboom TB01

Boring 9 op Kaart Figuur 3.12



Talboom TB02

Boring 10 op Kaart Figuur 3.12



Talboom Délo_B1

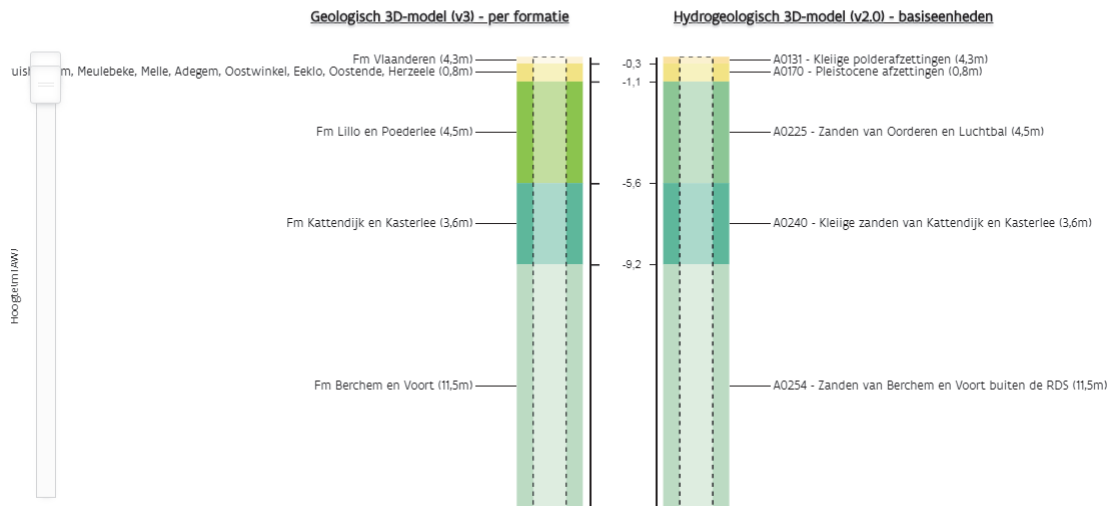
Boring 11 op Kaart Figuur 3.12

Acties ▾

De virtuele boring geeft slechts een benaderend beeld van de werkelijke opbouw van de ondergrond.

Locatie: XY (Lambert72) = 152878 214571 / GPS (Lat/Long) = 51.2411 4.4100 / Z (DHMV2) = 6,7 mTAW

Dichtstbijzijnde adres: Straatsburgbrug 100, 2030 Antwerpen



Talboom Délo_B2

Boring 12 op Kaart Figuur 3.12

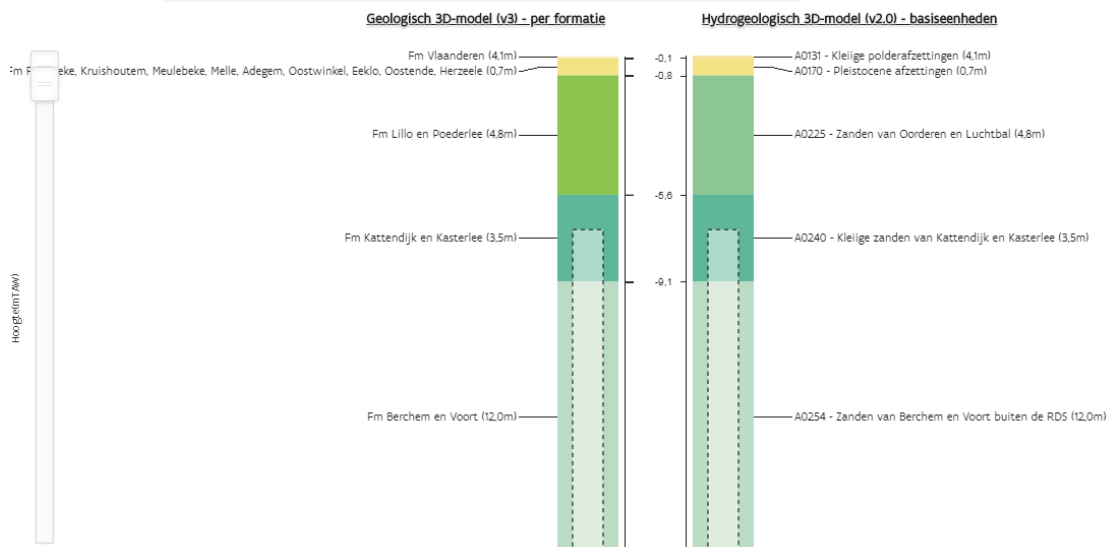
Boorstaal was van 7-20 m onder maaiveld.

Acties ▾

De virtuele boring geeft slechts een benaderend beeld van de werkelijke opbouw van de ondergrond.

Locatie: XY (Lambert72) = 152906 214567 / GPS (Lat/Long) = 51.2410 4.4104 / Z (DHMV2) = 6,9 mTAW

Dichtstbijzijnde adres: Straatsburgbrug 100, 2030 Antwerpen



E. LIJST VAN VAATPLANTEN DIE TOLERANT ZIJN VOOR LICHT
VERHOOGDE SALINITEIT OP BASIS VAN INDICATORWAARDEN: E
VOLGENS ELLENBERG ET AL. (1992) EN H VOLGENS HILL ET AL.
(1999). SOORTEN VAN ZOUTE MOERASSEN ZIJN NIET
OPGENOMEN. N: N-FIXERENDE SOORTEN ZIJN MET X
GEMARKEERD.

Species	Soort	N	E	H	Opmerking
<i>Achillea millefolium</i>	Duizendblad		1	1	
<i>Agrostis stolonifera</i>	Fioringras		0	1	
<i>Althaea officinalis</i>	Heemst		2	2	op vochtige bodem
<i>Ammophila arenaria</i>	Helm		1	3	
<i>Asparagus officinalis</i>	Asperge		0	2	
<i>Carex arenaria</i>	Zandzegge		1	1	
<i>Cynoglossum officinale</i>	Veldhondstong		0	1	
<i>Daucus carota</i>	Peen		0	2	
<i>Elymus repens</i>	Kweek		0	2	
<i>Festuca arundinacea</i>	Rietzwenkgras		2	1	op vochtige bodem
<i>Festuca rubra</i>	Rood zwenkgras		0	2	
<i>Foeniculum vulgare</i>	Venkel		-	3	
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Duindoorn	x	0	3	

<i>Sonchus palustris</i>	Moerasmelkdistel		1	1	op vochtige bodem
<i>Taraxacum officinale</i>	Paardenbloem		1	1	
<i>Trifolium arvense</i>	Hazenpootje	x	0	1	
<i>Trifolium fragiferum</i>	Aardbeiklaver	x	4	2	op vochtige bodem
<i>Trifolium incarnatum</i>	Incarnaatklaver	x	x	1	Zuid-Europees
<i>Trifolium repens</i>	Witte klaver	x	1	0	op vochtige bodem
<i>Vicia cracca</i>	Vogelwikke	x	1	0	op vochtige bodem

////////////////////////////////////

KENMERKEN VAN HOUTIGE SOORTEN DIE NA DE LANDSCHAPSBOWW KUNNEN WORDEN INGEZET

[illegible]

Myrica gale	wilde gageel	8	9	3	2.5				x	x
Pinus sylvestris	grove den	7	6	2	2				x	
Populus alba	witte abeel	5.5	6.5	7.5	6	x			x	
Populus alba (+ P. x canescens)	witte en grauwe abeel	6	6	6	5	x			x	
Populus nigra	zwarte populier	5.5	8	7	7	x				x
Populus tremula	ratelpopulier	6	5	5	6	x			x	
Prunus avium	zoete kers	4	5	6.5	5.5					x
Prunus padus	vogelkers	5	7	6.5	6.5	x				x
Prunus spinosa	sleedoorn	6.5	4.5	7	6	x		x		x
Quercus petraea	wintereik	6	5.5	3	4					x
Quercus robur	zomereik	7	5	5	4					x
Rhamnus catharticus	wegedoorn	7	4.5	7.5	5			x		x
Ribes nigrum	zwarte bes	4.5	9	6	5.5					x
Ribes rubrum	aalbes	4.5	7.5	6.5	6					x
Ribes uva-crispa	kruisbes	4.5	5	7	6			x		x
Rosa 'canina' groep	hondsroos	6	5	7	6			x		x
Rosa caesia	behaarde struweelroos	8	3	7.5	3			x		
Rosa obtusifolia	beklierde heggenroos	7	4	8	4			x		x
Rosa agrestis	kraagroos	8	3	8	3			x		x
Rosa arvensis	bosroos	5.5	4.5	7	5	x		x		x
Rosa micrantha	kleinbloemige roos	7	3	7.5	3	x		x		x
Rosa pimpinellifolia	duinroos	8	3.5	7	3	x		x		x
Rosa rubiginosa	egellantier	7	3	8	3			x		x
Rosa stylosa	stijlroos	7.5	4	8	4			x		x
Rosa tomentosa	viltroos	7.5	4	7	4			x		x
Rosa villosa	bottelroos	5.5	4	7.5	3			x		
Salix alba	schietwilg	5.5	7.5	8	7.5	x			x	x
Salix aurita	geoorde wilg	7	8	4	3					x
Salix caprea	boswilg	7	6.5	7	7				x	x
Salix cinerea	grauwe wilg	7	8.5	5.5	4.5					x

////////////////////////////////////

Salix fragilis	kraakwilg	5.5	8	6.5	6.5					x
Salix pentandra	laurierwilg	7	8	6	4					
Salix purpurea	bittere wilg	8	9	7.5	5					x
Salix repens	kruipwilg	8	7	6	3	x			x	x
Salix triandra	amandelwilg	7	8	7	5					
Salix viminalis	katwilg	7	8	6.5	6	x				
Sambucus nigra	gewone vlier	6.5	5	7	8					x
Sambucus racemosa	trosvlier	6	5	5.5	7.5					
Sorbus aria	meelbes	6	4	7	3.5				x	
Sorbus aucuparia	wilde lijsterbes	6	6	3.5	4				x	x
Sorbus torminalis	elsbes	4	4.5	6.5	4.5				x	
Tilia cordata	winterlinde	5	5	6	5					x
Tilia platyphyllos	zomerlinde	4	5.5	7	6.5	x				x
Ulex europaeus	gaspeldoorn	7	5	4	2.5		x	x	x	x
Ulmus glabra	ruwe iep	4	5.5	7	6.5					
Ulmus laevis	fladderiep									x
Ulmus minor	gladde iep	5	5	7.5	7	x				
Viburnum lantana	wollige sneeuwbal	7	4.5	7.5	4.5				x	
Viburnum opulus	Gelderse roos	6	7	6.5	6					x

Pioniersoorten

criteria: combinatie van lichtbehoefte, geringe N behoefte, vlotte verspreiding en snelle jeugdgroei

Lichtgetal: 4-5 = schaduwtolerant; >5 - <7 matig lichtbehoevend; 7 of groter: lichtbehoevend

Vochtgetal: kleiner dan 5: droogtetolerant; 5-6: mesofiel; >6: vochtminnend

pH: <5 op zure bodem; 5-6: licht zure bodem; >6 neutrale tot basische bodem

Voedselrijkdom: <5: voedselarme bodem; 5-6: matig voedselrijke bodem; > 6: voedselrijke bodem

////////////////////////////////////

**G. OVERZICHTSFOTO'S VAN DE BEMONSTERDE PLASSEN BINNEN HET
STUDIEGEBIED.**



ANTBOO0065. Vooraan staalnamepunt A en achteraan staalnamepunt B



ANTBOO0065. Staalnamepunt B

////////////////////////////////////



ANTRUM0047



ANTRUM0026



ANTRUM0048



ANTRUM0041

////////////////////////////////////



ANTRUM0171



ANTRUM0159

H. OVERZICHTSFOTO'S VAN DE BEMONSTERDE PROEFVLAKKEN VOOR VERKENNENDE STROOISEL EN BODEMSTAALNAME BINNEN HET STUDIEGEBIED.

BB01

30.01.2020







Dunne afdeklaag boven asbeststort.



Profielstaalname met steekguts en edelmanboor. Grondwatertafel op ca 50 cm.



BB07

12.02.2020







////////////////////////////////////

BB10

12.02.2020









BB017

12.02.2020

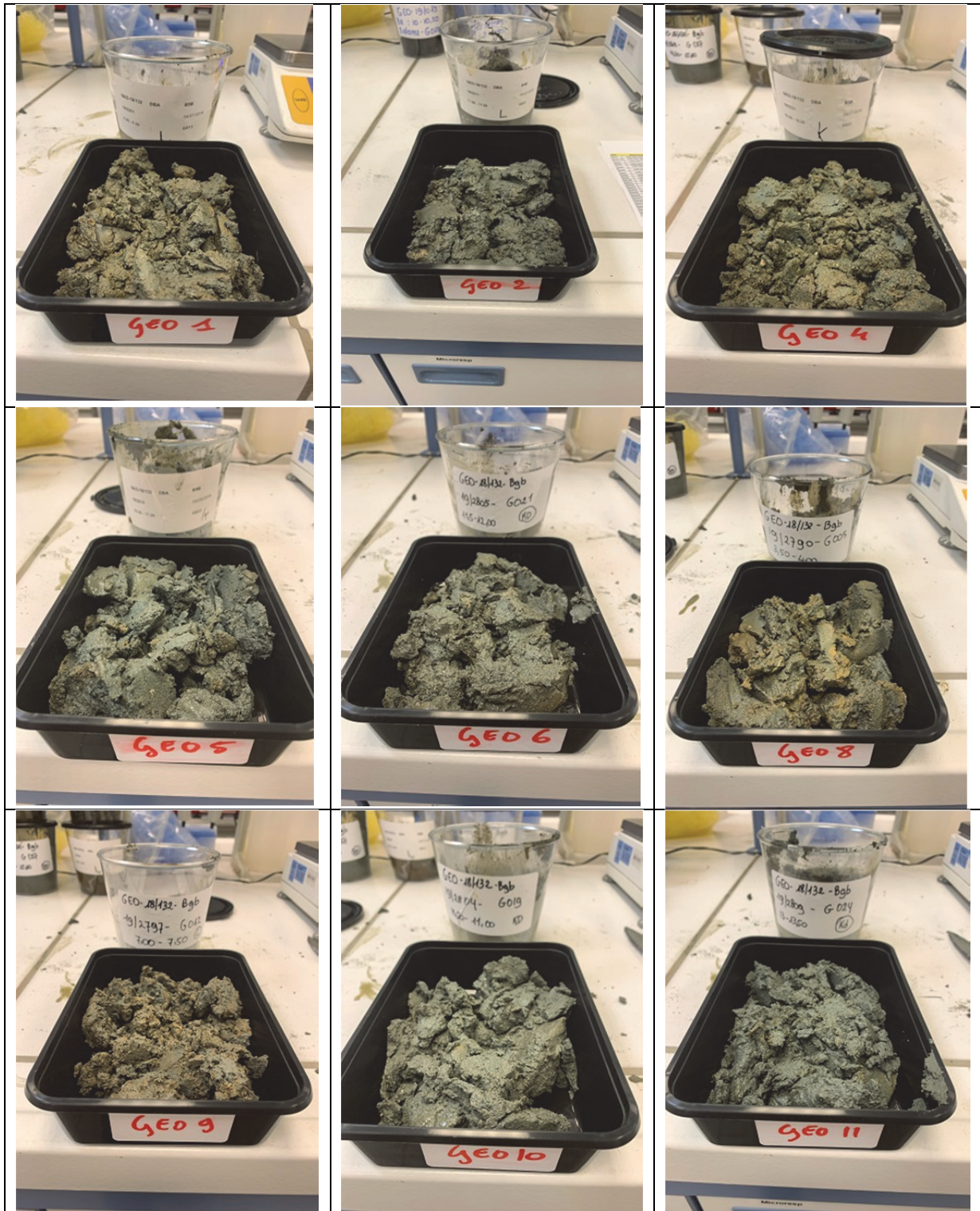


BB018

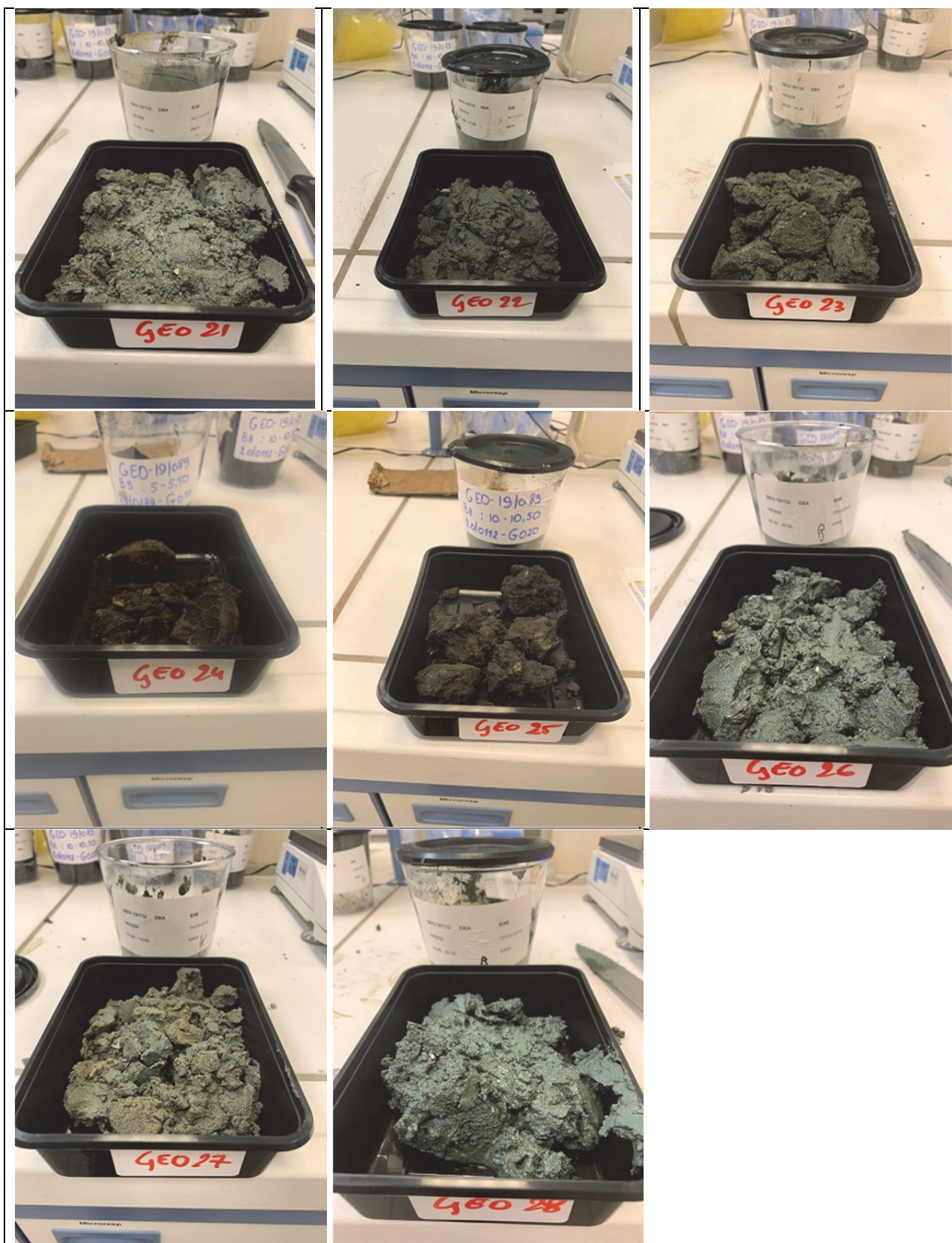
30.01.2020



I. OVERZICHTSFOTO'S VAN ENKELE GEOSTALEN (VERS MATERIAAL) BEKOMEN VAN GEOTECHNIEK

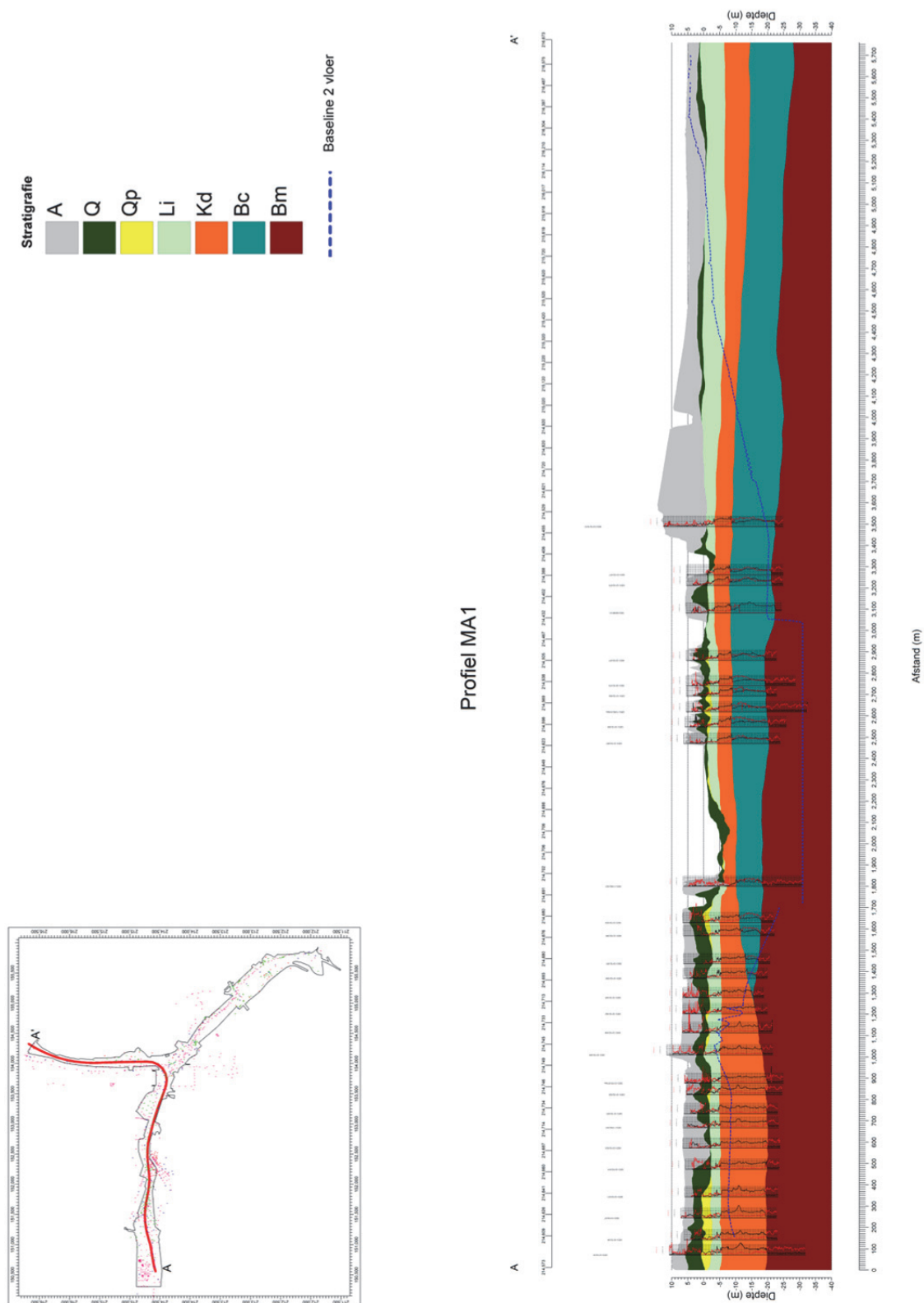


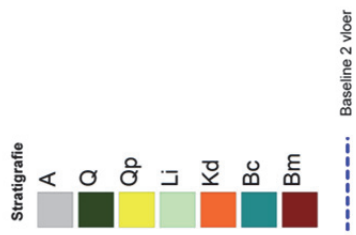
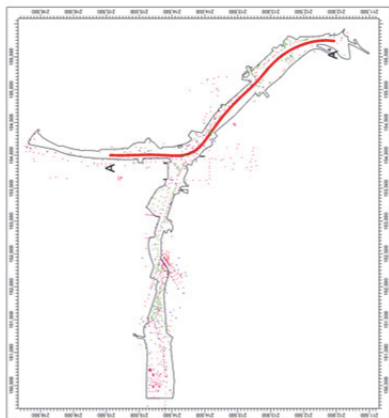
////////////////////////////////////



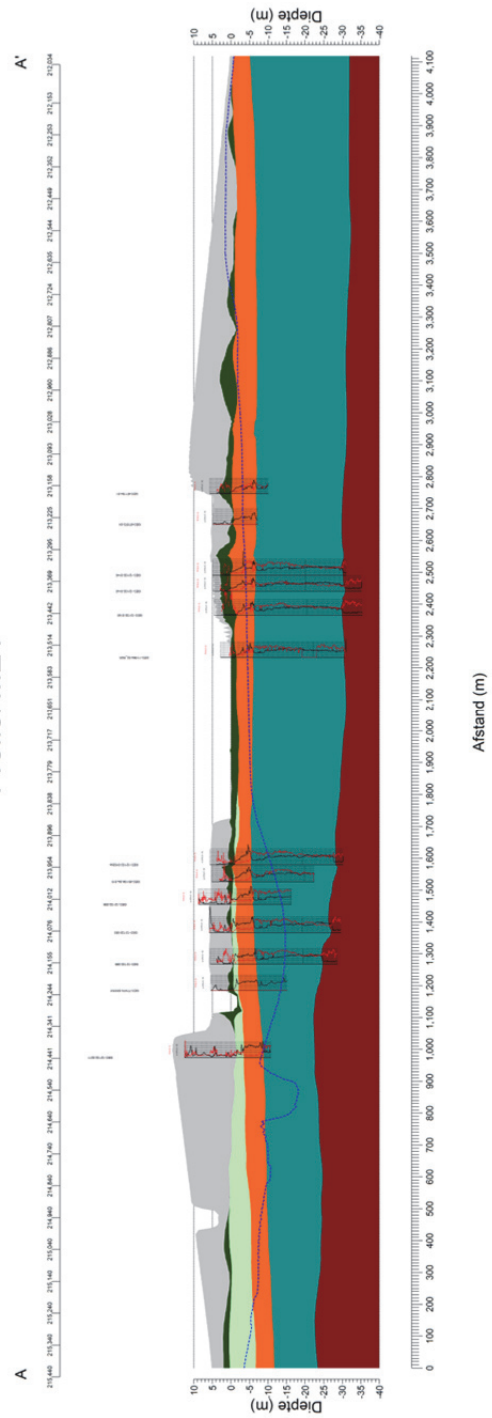
////////////////////////////////////

J. GEOLOGISCHE COUPES (PROFIELEN) VOOR DE TRAJECTEN MO1 EN ME1 (BRON LANTIS, APRIL 2020)





Profil ME1



K. VOORBEELD ANALYSERESULTATEN VLACO GROENCOMPOST

STANDAARDPAKKET - GROENCOMPOST			IGEAN Brecht		HOOP	1610
Afgezeefd op 0-20 mm			Datum staalname 22/06/2017		Norm	KDS ⁽¹⁾
Parameter	Waarde	Eenheid	Interpretatie		FOD	VLACO
DROGE STOF (DS) EN VOCHTGEHALTE						
DS	46,7	gew%	iets te nat		>50	>50 ⁽²⁾
vocht	53,4	gew%	iets te nat			
ORGANISCHE STOFGEHALTE OP VERS GEWICHT (Org. stof, vers) EN OP DROOG GEWICHT (Org. stof, droog)						
Org. stof, vers	16,7	gew%	In orde voor Min. v. Landbouw		>16	>16 ⁽³⁾
Org. stof, droog	35,8	gew%	normaal			
ZOUTGEHALTE (= GELEIDBAARHEID, EC), ZUURTEGRAAD (=pH) BIJ 1/5 VERDUNNING EN CHLORIDEN						
E.C.(1/5)	590	µS/cm	laag (=gunstig)		6,5-9,5	6,5-9,5
pH(water)	8,9	-	vrij hoog			
chloriden	330	mg/l	laag (=gunstig)			
TOTAAL STIKSTOF GEHALTE OP VERS GEWICHT (Ntot, vers) EN OP DROOG GEWICHT (Ntot, droog)						
Ntot, vers	0,73	gew%	normaal			
Ntot, droog	1,56	gew%	hoog			
AMMONIUM-N (NH ₄ -N) EN NITRAAT-N (NO ₃ -N) EN NITRAAT-AMMONIUMVERHOUDING (NO ₃ -N/NH ₄ -N)						
NH ₄ -N	152,0	mg/l	vrij hoog			
NO ₃ -N	3,0	mg/l	vrij laag			
NO ₃ -N/NH ₄ -N	0,02	-	ongunstig		>1*	>1 ⁽³⁾
KOOLSTOF-STIKSTOFVERHOUDING (C/N)						
C/N	12,7	-	vrij laag			
TOTALE GEHALTES AAN VOEDINGSELEMENTEN (P ₂ O ₅ , K ₂ O, CaO EN MgO)						
Totaal P ₂ O ₅	0,25	gew%	normaal			
Totaal K ₂ O	0,43	gew%	normaal			
Totaal CaO	1,28	gew%	normaal			
Totaal MgO	0,23	gew%	vrij laag			
Totaal SO ₃	0,15	gew%				
EXTRAHEERBARE GEHALTES AAN VOEDINGSELEMENTEN (P, K, Ca EN Mg)						
Extraheerbaar P	mg/l	-				
Extraheerbaar K	mg/l	-				
Extraheerbaar Ca	mg/l	-				
Extraheerbaar Mg	mg/l	-				
GEHALTES AAN ZWARE METALEN						
Cadmium	1,09	mg/kg DS	aanvaardbaar		<1	<1,5
Chroom	21,0	mg/kg DS	laag (gunstig)		<100	<70
Koper	34,0	mg/kg DS	laag (gunstig)		<150	<90
Kwik	0,09	mg/kg DS	laag (gunstig)		<1	<1
Lood	49	mg/kg DS	laag (gunstig)		<150	<120
Nikkel	8,2	mg/kg DS	laag (gunstig)		<50	<20
Zink	179	mg/kg DS	aanvaardbaar		<400	<300
ONZUIVERHEDEN, KIEMKRACHTIGE ZADEN EN KIEMREMMING						
Onzuiverheden>2mm	0,02	gew%	weinig onzuiverheden		<0,5	<0,5 ⁽⁴⁾
Steentjes>5mm	0,89	gew%	weinig steentjes		<2	<2
Kiemkrachtige zaden	0	#/l	vrij van kiemkrachtige zaden		0	<1
Kiemremming	<1	%	kiemremming voldoende laag		<10%*	<10% ⁽⁴⁾
*verdunning	-		(verhouding compost:zand)			
*abnormale kiemen	%		(% niet of slecht gegroeide kiemen)			
RIJPHEIDSGRAAD (zelfverhittingstest)						
Rijpheidsgraad	V		gunstig		IV of V	V
Temperatuur	24,9	°C	gunstig		< 40 °C *	< 30 °C
NATRIUM (Totaal en wateroplosbaar)						
Totaal Na ₂ O	gew%	-				
Na (wateroplosbaar)	mg/l	-				
OVERIGE						
Arseen	3,20	mg/kg DS	laag (gunstig)		<20	<15
(1) KDS = Kwaliteitsdoelstelling						
(2) DS >66%, OS >10% en onzuiverheden <0,25 voor compost met het Vlaco-label						
(3) KDS beoogt dat in 90% van de gevallen ofwel NO ₃ -N/NH ₄ -N > 1, ofwel Kiemremming < 10						
RESPIRATIE (OXITOP®)						
Zuurstofconsumptie	3,40	mmol O ₂ / kg VS / h	Heel stabiel, weinig actief		- ⁽⁴⁾	- ⁽⁴⁾
		mg O ₂ / g VS / 4 d				
		mg O ₂ / g DS / 4 d				
		mg O ₂ / g vers / 4 d				
(1) KDS = Kwaliteitsdoelstelling						

Pagina 211 van 211

Pagina 212 van 212

doi.org/10.21436/inbor.18416046