



aeres milieu

ingenieursbureau voor bodem, archeologie, geohydrologie, ecologie

Infiltratieonderzoek & waterparagraaf De Berk te Echt

Infiltratieonderzoek & waterparagraaf De Berk te Echt



Aeres Milieu Projectnummer : AM20417
Status rapport : Definitief (versie 2)
Datum : 28 april 2022

Opdrachtgever : BRO
Industriestraat 94
5931 PK Tegelen

Opgesteld door : dhr. M. Vrolix bc. | L. De Graaff, MSc.

Paraaf :



Gecontroleerd door : ing. J.M.G. Reuver

Paraaf :



Aeres Milieu B.V.
Noordhoven 4
6042 NW ROERMOND
(t) 0475 – 320 000
e-mail: info@aeres-milieu.nl
www.aeres-milieu.nl

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING.....	4
2.	BESTAANDE WATERHUISHOUDING.....	8
2.1.	Inleiding	8
2.2.	Watersystemen.....	8
	<i>Grondwater</i>	8
	<i>Oppervlaktewater</i>	10
	<i>Hemel- en afvalwater</i>	10
3.	INFILTRATIEONDERZOEK	12
4.	PLANVOORNEMEN EN AFWEGING	16
5.	OVERIGE AANDACHTSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN.....	18
	Bijlage 1: Topografische overzichtskaart	19
	Bijlage 2: Concepttekening planvoornemen	21
	Bijlage 3: Situatietekening met infiltratiepunten	
	Bijlage 4: Boorprofielen	
	Bijlage 5: Geraadpleegde literatuur	

1. INLEIDING

In opdracht van BRO heeft Aeres Milieu een infiltratieonderzoek uitgevoerd en een waterparagraaf opgesteld voor de bouw van een nieuw bedrijventerrein voor lokale MKB-bedrijven. Momenteel is het plangebied geheel onverhard en heeft een agrarische bestemming. De locatie ligt tussen Spoor Roermond-Maastricht (west), Roermondseweg (noord), Rijksweg-Noord (oost) en bedrijventerrein De Berk (noordwest). Bij de ontwikkeling van het nieuwe bedrijventerrein zullen er circa 45 bedrijfskavels worden uitgegeven. Hierbij zal de focus liggen op lokale MKB-bedrijven, zodat deze ondernemingen kunnen groeien. De ligging van de onderzoekslocatie is weergegeven op afbeelding 1.

Adres onderzoekslocatie	: De Berk te Echt
Gemeente	: Echt-Susteren
Waterschap	: Limburg
Kadastrale registratie	: Echt, sectie S, nrs, 157-165, 180-184 (allen ged.), 185-196, 203-204, 207, 210-213, 230-235, 392-394 en 518-527
Oppervlakte	: circa 22 ha
Peil maaiveld	: 28,3 tot 29,1 m +NAP
Peil grondwater	: 25,1 m +NAP



Afbeelding 1.: Globale begrenzing onderzoekslocatie (rood omlijnd) bron: PDOK-viewer

Aanleiding

De aanleiding voor het infiltratieonderzoek en het opstellen van de waterparagraaf is de voorgenomen planontwikkeling op het perceel en de verplichting om aan te geven hoe omgegaan wordt met de toekomstige (afval)waterstromen. Hierdoor kan wateroverlast in de toekomstige situatie tot een minimum beperkt worden. Voor de toename in verhard oppervlak dient gecompenseerd te worden en de voorkeur van het waterschap en de gemeente gaan uit naar zichtbare bovengrondse infiltratievoorzieningen. Door middel van het infiltratieonderzoek is de lokale infiltratiesnelheid van de bodem vastgesteld.

Het planvoornemen bestaat uit een nieuw bedrijventerrein voor lokale MKB-bedrijven. Het terrein zal worden opgedeeld in circa 45 uitgiftebare bedrijfskavels met elke een oppervlak rond de 2.500 m². De bedrijven vallen maximaal in milieucategorie 3.2, waardoor er geen grootschalige bedrijvigheid of logistiek aanwezig is op het terrein. Afbeelding 2 geeft het planvoornemen weer. Een grote tekening is opgenomen in bijlage 2.



Afbeelding 2: Voorgenomen planontwikkeling (bron: opdrachtgever)

Doel

Het doel van deze rapportage is een beschrijving te geven aan de huidige bodemkundige en (geo)hydrologische situatie (bureaustudie), de gehanteerde uitgangspunten en de randvoorwaarden, en de mogelijkheden om (afgekoppelde) neerslag in de toekomstige situatie te verwerken om tot een duurzame herontwikkeling te komen. Om na te gaan of de doorlatendheid van de bodem ter plaatse geschikt is, worden veldmetingen verricht. Hierna wordt de K-waarde bepaald en de resultaten beschreven met aanbevelingen voor de gewenste herontwikkeling om te komen tot een hemelwater neutrale herontwikkeling.

Onderzoek

Aeres Milieu B.V. werkt voor de opdrachtgever als onafhankelijk onderzoek- en adviesbureau, en heeft geen binding met de onderzoekslocatie.

Sinds 1 november 2003 is het wettelijk verplicht, in het kader van het Besluit Ruimtelijke Ordening, een watertoets te verrichten. In de toelichting bij ruimtelijke besluiten en plannen, waarop bovengenoemd besluit van toepassing is, is het noodzakelijk een beschrijving te geven van de manier waarop rekening is gehouden met de gevolgen van het plan voor de waterhuishouding.

Het onderzoek is op zorgvuldige wijze uitgevoerd volgens de algemeen gebruikelijke inzichten en methoden. Het onderzoek is op zorgvuldige wijze uitgevoerd volgens de algemeen gebruikelijke inzichten en methoden zoals onder andere opgenomen in de Leidraad riolering, module C2510. Totdat hiervoor vastgestelde protocollen en richtlijnen worden opgesteld, is daar waar mogelijk aangesloten aan algemene kwaliteitseisen en geldende normen zoals deze voor o.a. bodemonderzoek gelden. Voorts is een infiltratieonderzoek een momentopname van enkele willekeurig verspreide meetlocaties, waardoor een zo goed mogelijk beeld van de geohydrologische situatie wordt verkregen. Het is mogelijk dat lokale afwijkingen in de samenstelling van de bodem voorkomen. Het gevolg kan zijn dat resultaten van het infiltratieonderzoek binnen het plangebied onderling (sterk) verschillen. Derhalve is Aeres Milieu niet verantwoordelijk voor eventuele (vervolg)schade door onvoldoende gedimensioneerde voorzieningen.

De adviezen in dit rapport voldoen aan vigerende wet- en regelgeving van lokaal tot en met Europees niveau. Het waterbeleid in Nederland wordt van Europees niveau vertaald via rijks-, provinciaal en waterschaps-beleid, naar gemeentelijk beleid om samen de waterproblematiek in Nederland aan te pakken. Dit resulteert in de verplichting een watertoets uit (te) laten voeren. De voorschriften zijn vastgelegd in onder andere de Europese Kaderrichtlijn Water (22 december 2004) en zijn verder geïmplementeerd in het Rijksbeleid om te komen door samenwerking met de verschillende bevoegdheden te komen tot een duurzaam watersysteem, zie ook bijlage 5.

Voor het grotere oppervlaktewater zijn er in Nederland diverse waterschappen actief die zich richten op een veilig en goed bewoonbaar land met gezonde, duurzame watersystemen. De waterbeheerders werken daarom integraal samen met gemeenten, die het beheer over de ruimtelijke ordening en openbare ruimte hebben, om deze doelstellingen te halen.

In aansluiting op het landelijk beleid hanteert het waterschap Limburg en de gemeente Echt-Susteren het beleid dat bij nieuwe plannen altijd onderzocht behoort te worden hoe omgegaan kan worden met het schone hemelwater. De volgende voorkeursvolgorde dient te worden gevolgd voor het omgaan met afgekoppeld hemelwater: hergebruik, vasthouden (infiltratie), bergen, afvoeren naar oppervlaktewater en tot slot afvoeren naar het riool (zie o.a. "Regenwater schoon naar beek en bodem"). Bij nieuwbouwprojecten geldt dat 100% van het oppervlak afgekoppeld dient te worden.

Waterschap Limburg hanteert als uitgangspunt dat toekomstige hemelwatervoorzieningen gedimensioneerd dienen worden op een bui van 100 mm met een leegloop/beschikbaarheid binnen 24 uur. Open bergingsvoorzieningen dienen een waakhoogte te hebben van 25 cm (bij voorkeur 50 cm) en voorzien te zijn van een duurzame (en bij voorkeur van een vaste regelbare) leegloopvoorziening van maximaal 2 l/sec/ha. Voorts dient een hemelwatervoorziening boven de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) aangelegd te worden. Aan de bovenkant van de voorziening mag een noodoverlaat worden aangebracht.

Voorts is de gemeente Echt-Susteren bevoegd/toetsend gezag. Binnen de gemeentelijke voorzieningen speelt de riolering een prominente rol. Niet alleen draagt het systeem bij aan de bescherming van de volksgezondheid, maar ook aan het voorkomen van wateroverlast en het aantrekkelijk maken van woon-, bedrijfs- en recreatieomgeving. Voldoende redenen om op dit punt goede afspraken vast te leggen en te zorgen voor een goede financiële dekking. In het verband

Gemeentelijk Rioleringsplan 2017-2021 van de gemeente Echt-Susteren is het beleid ten aanzien van riolering en stedelijk water binnen de gemeente vastgelegd.

Door middel van deze rapportage wordt het planvoornemen hydrologisch beschreven, waarna toetsing plaatsvindt door het bevoegd gezag. Eventuele compensatie dient plaats te vinden volgens de voorkeursvolgorde: infiltreren, retentie binnen plangebied, retentie buiten plangebied of berging in bestaand watersysteem.

Leeswijzer

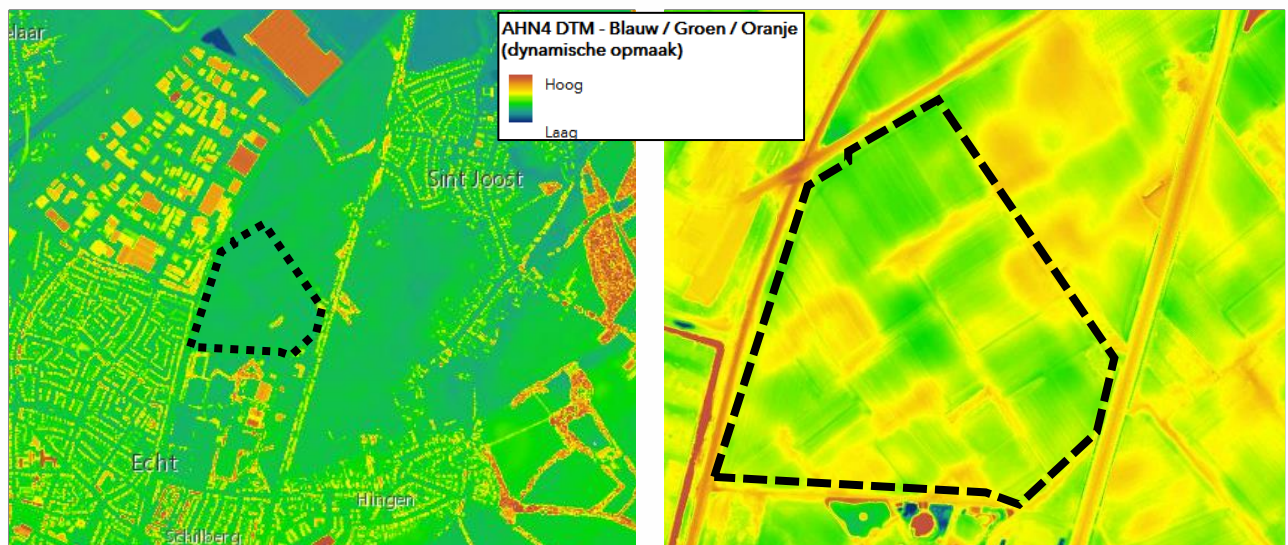
In hoofdstuk 2 wordt het huidige waterhuishoudkundige systeem beschreven en in hoofdstuk 3 de resultaten van het infiltratieonderzoek. Hoofdstuk 4 beschrijft de gevolgen van het planvoornemen op het waterhuishoudkundige systeem en worden de randvoorwaarde afgewogen. Tot slot wordt er in hoofdstuk 5 nog enkele algemene aandachtspunten en randvoorwaarden beschreven.

2. BESTAANDE WATERHUISHOUDING

2.1. Inleiding

Het plangebied ligt in het noordoostelijk deel van Echt, tussen het Spoor Roermond-Maastricht (west), Roermondseweg (noord), Rijksweg-Noord (oost) en bedrijventerrein De Berk (noordwest). Momenteel is het plangebied nagenoeg geheel onverhard en onbebouwd en heeft een agrarische bestemming. Aan de zuidkant grenst de locatie aan de Paalweg met de brandweerkazerne en een avonturenpark tussen de bomen. Afbeelding 1 geeft de huidige situatie weer en in bijlage 1 is een topografisch overzicht opgenomen.

Voor de nieuwbouw van de bedrijfspanden is voldoende drooglegging benodigd om wateroverlast in de toekomst te vermijden. Hierbij is o.a. de bestaande hoogteligging van belang. Het plangebied ligt tussen de 28,1 en 29,1 m +NAP. Hierbij ligt over het algemeen het midden hoger dan de randen noord- en westelijk. Deze lokale verschillen zijn onder andere ontstaan door het agrarisch gebruik (microreliëf). Het spoor (west) en de Roermondseweg (noord) liggen op circa 29,6 m +NAP en de Rijksweg-Noord (oost) en de Paalweg liggen op circa 29,3 m +NAP. Afbeelding 3 geeft de genoemde hoogteverschillen weer.



Afbeelding 3: Hoogtekaart plangebied en omgeving met aanduiding ligging (bron: AHN Nederland)

2.2. Watersystemen

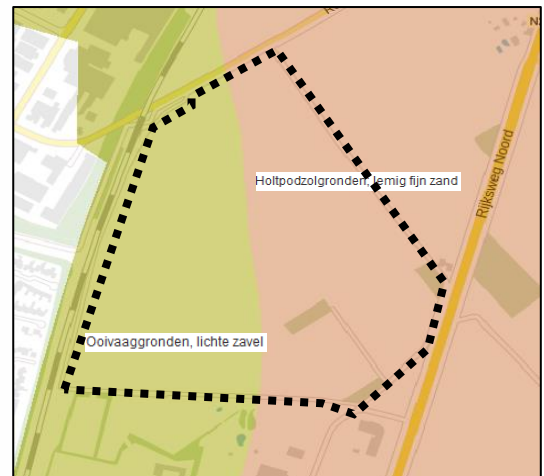
De (water)systemen zoals die in het plangebied en omgeving voorkomen, worden onderverdeeld in grond-, oppervlakte-, afval- en hemelwater. Hieronder zijn deze aspecten kort beschreven.

Grondwater

Grondwater kan voor veel overlast leiden. Voldoende afstand tussen de bouwpeil en de gemiddelde hoogste grondwaterstand vermindert de kans op (structurele) grondwateroverlast. Geadviseerd wordt om minimaal 0,7 meter onderzijde vloer aan te houden voor bebouwing en 0,5 meter beneden maaiveld voor groenvoorzieningen. Voor de onderzoekslocatie is diverse informatie geraadpleegd bij o.a. het Dinoloket, Provincie Limburg, Waterschap Limburg, bodemdata Nederland, ons eigen archief en de verzamelde .

Echt ligt volgens de geomorfologische kaart van Nederland (2019) grotendeels op een dalvlakteterras. Deze morfologie is ontstaan door de insnijding van de Maas in het landschap, waardoor er trapsgewijs vlaktes zijn gevormd. De jongste en laagstgelegen vlaktes zijn te vinden dichtbij de Maas, het plangebied ligt op een van de recenter gevormde vlaktes.

Naar verwachting zijn er binnen het plangebied twee bodemtypes gevormd. Afbeelding 4 geeft de uitsnede van de bodemkaart weer. Hierop is te zien dat in het oostelijk deel een Holtpodzolgrond met lemig fijn zand wordt verwacht en in het westelijk deel een Ooivaaggrond met lichte zavel.



Afbeelding 4: Uitsnede van de Bodemkaart van Nederland (2018) met aanduiding plangebied (zwart). Bron: DINOloket

Onder de toplaag van 1,5 meter met de Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden en Laagpakket van Kootwijk, wordt de (zeer) goed doorlatende Formatie van Beegden verwacht. Volgens de gegevens uit het DINOloket bestaat deze formatie uit grof zand en grind. Echter, dunne lagen van kleig zand kunnen aanwezig zijn en de doorlatendheid belemmeren. De Formatie van Beegden wordt opgevolgd door de Formatie van Stramproy met hoofdzakelijk midden fijn zand. De verwachte bodemopbouw is weergegeven in tabel 1.

Diepte [m-mv.]	Lithostratigrafie	Lithologie
0-1,5	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden en Laagpakket van Kootwijk	Zand, zeer fijn tot matig grof, lokaal siltig
1,5-19,0	Formatie van Beegden	Zand, matig fijn tot uiterst grof, lokaal grindig; grind, fijn tot grof, lokaal zandig; stenen; keien; blokken; klei, lokaal siltig tot zandig
19,0-40,0	Formatie van Stramproy	Zand, uiterst fijn tot zeer grof, lokaal humeus; klei, lokaal siltig tot zandig, lokaal humeus

Tabel 1: Geo(hydro)logische indeling (bron: Dinoloket)

Ten behoeve van dit infiltratieonderzoek zijn ook meerdere diepe profielboringen geplaatst om de lokale bodemsamenstelling vast te stellen. Over het algemeen bestaat de bodem uit een humeuze toplaag van circa 30-50 cm met matig fijn, matig siltig zand. Op het centrale en westelijke deel van het plangebied is een leemlaag van circa 1 meter aanwezig (laagpakket van Wierden; Formatie van Boxtel), waarna de bodem weer overgaat in zwak siltig, matig fijn zand. In het oostelijk deel ontbreekt deze leemlaag op de meeste plaatsen en bestaat de bodem hoofdzakelijk uit zwak siltig, matig fijn zand. Afbeelding 5 geeft een profielboring tot 2 meter-mv weer.

Globaal is nabij 3 m-mv (24-24,5 m +NAP) een overgang zichtbaar naar een matig grof zandpakket. Op ca. 4,5- 5 m-mv bevindt zich een sterk grindhoudend, grof zandpakket. Geologisch gezien behoren deze bodemlagen tot de Formatie van Beegden.



Afbeelding 5: Twee voorbeelden van een profielboring binnen het plangebied vanaf maaiveld (linksboven) tot 2 meter onder maaiveld (rechtsonder)

Binnen Echt zijn geen gevallen van structurele grondwateroverlast bekend. In de omgeving van het plangebied zijn enkele grondwatermeetpunten aanwezig welke gekend zijn bij het DINO-loket. De gemiddelde grondwaterstand wordt ingeschat op circa 24-25 m +NAP. Bij het uitvoeren van het veldwerk in juli 2021 is de grondwaterstand aangetroffen tussen de 3,9 en 4,6 m-mv.

Het plangebied ligt in de boringsvrije zone van de Roerdalslenk en alle boringen dieper dan de bovenkant van de Bovenste Brunssumklei zijn verboden. Deze kleilaag zorgt voor een natuurlijke afscherming van het grondwater en heeft daardoor een zeer goede kwaliteit als drinkwater. Het plangebied ligt niet in een waterwingebied.

Oppervlaktewater

Binnen en nabij de onderzoekslocatie is geen primair of secundair oppervlaktewater aanwezig zo blijkt uit de Legger van Waterschap Limburg. Lang de Rijksweg Noord is een kleine droogvallende watergang aanwezig die deels aan het plangebied grenst. Deze watergang heeft geen legger status, waardoor hiervoor geen aanvullende eisen of beschermingszones gelden.

Hemel- en afvalwater

Het plangebied is onverhard en onbebouwd. Binnen het plangebied is momenteel geen bebouwing aanwezig. Hierdoor is er geen uitstroom van afvalwater en is er geen rioolstelsel aanwezig.

Het hemelwater zijgt ter plaatse in de bodem. Naar verwachting is er een goede infiltrerende bodem aanwezig. Dit blijkt ook uit de afwezigheid van oppervlaktewater ter plaatse en in de directe omgeving.

De aanleg van verhard oppervlak, zoals gebouwen en wegen, zal leiden tot versnelde afstroom van hemelwater. Om de ontwikkeling hemelwaterneutraal te laten plaatsvinden dient hemelwater ter plaatse verwerkt te worden. Voorts dient voorkomen te worden dat door de ontwikkeling wateroverlast ontstaat. Het waterschap en de gemeente hebben deze compensatie eisen opgenomen in de beleidsdocumenten (keur en GRP). Bij nieuwbouw dient gecompenseerd te worden voor een bui van 100 mm en dient doorkijk geven te worden naar extreme neerslaghoeveelheden.

Bij nieuwe ontwikkelingen dient hemelwater, afkomstig van 'schoon' afvoerend oppervlak, waar mogelijk, ter plaatse geïnfiltreerd te worden. De voorkeur voor industrieterreinen gaat uit naar grotere, centrale infiltratievoorzieningen. Het niet aankoppelen en lokaal infiltreren van neerslag levert een hydrologische bijdrage, mits de juiste milieuhygiënische maatregelen worden getroffen (zie ook hoofdstuk 5).

3. INFILTRATIEONDERZOEK

Het infiltreren van hemelwater heeft bij ontwikkelingen altijd de voorkeur. Door praktijkervaringen is vastgesteld dat een infiltratiesnelheid van ca. 0,5 meter per dag vereist is voor het succesvol toepassen van een infiltratievoorziening. Bij een lagere doorlatendheid kunnen reducerende omstandigheden optreden in de onverzadigde zone, die een ongunstige invloed hebben op het verwerkingsvermogen van een voorziening. Om de doorlatendheid ter plaatse vast te stellen, zijn veldmetingen uitgevoerd.

De doorlatendheid van een bodem is afhankelijk van vele factoren, onder meer poriëngrootte, de continuïteit van de poriën, de poriënvorm en -hoeveelheid en de diepte tot de grondwaterstand. De poriëngrootte en de verdeling ervan hangen in de eerste plaats van de bodemsoort en de bodemstructuur af. Bovendien is de doorlatendheid afhankelijk van de verzadigingsgraad, en kan ze beïnvloed worden door micro-organismen.

Hieruit kan worden afgeleid dat de infiltratiesnelheid van de ondergrond geen constante waarde heeft, maar van plaats tot plaats varieert, waarbij zelfs op vrij kleine schaal belangrijke verschillen kunnen optreden. In de hydrogeologische literatuur worden diverse waarden gegeven voor de infiltratiesnelheid van diverse afzettingen en sedimenten, zie tabel 2 [Arbeitsblatt DVW-A-138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser en leidraad C2510 stichting Rioned].

Materiaal	k [m/d]
klei	0,01 - 10 ⁻⁸
klei, zand en grind mengsels	0,01 – 0,001
silt, löss	1 - 10 ⁻⁴
silt, klei en mengsels van zand, silt en klei	0,1 - 10 ⁻⁴
fijn zand	2 – 0,02
middelfijn tot middelgrof zand	43 – 0,09
grof zand	400 – 0,09

Tabel 2: Waarden voor de doorlatendheid van diverse afzettingen uit de hydrogeologische literatuur.

Als eenheid is gekozen voor m/d, hoewel in de literatuur ook mm/h (landbouw) en m/s (hydrogeologie) worden gehanteerd. De eenheid m/d sluit aan bij wat in Nederland gebruikelijk is en leidt bovendien tot overzichtelijke getallen. Opgemerkt wordt dat men in de hydrogeologie vooral is geïnteresseerd in de horizontale doorlatendheid, terwijl voor de infiltratiesnelheid meestal juist de verticale doorlatendheid van belang is. In het algemeen is de horizontale doorlatendheid een factor 5 – 15 groter dan de verticale.

Door de verzamelde gegevens uit de bureaustudie te combineren met een serie meetgegevens kan een uitspraak worden gedaan over de k-waarde van de bodem op de onderzoekslocatie.

Binnen het onderzoeksgebied worden veldmetingen uitgevoerd in de onverzadigde en verzadigde zone. De gebruikte meetmethoden worden reeds decennia lang toegepast en zijn uitvoerig gedocumenteerd. De doorlatendheid onder de grondwaterstand is bepaald door de 'hooghoudmethode' en boven de grondwaterstand door middel van de "Open-end-test" en de "Porchetest".

Voor de metingen in de verzadigde zone wordt gebruik gemaakt van de hooghoudmethode. De methode wordt reeds decennia lang toegepast en is uitvoerig gedocumenteerd. Afhankelijk van de toe/afstroming tijdens het veldwerk wordt gekozen voor een pompproof of Slugtest.

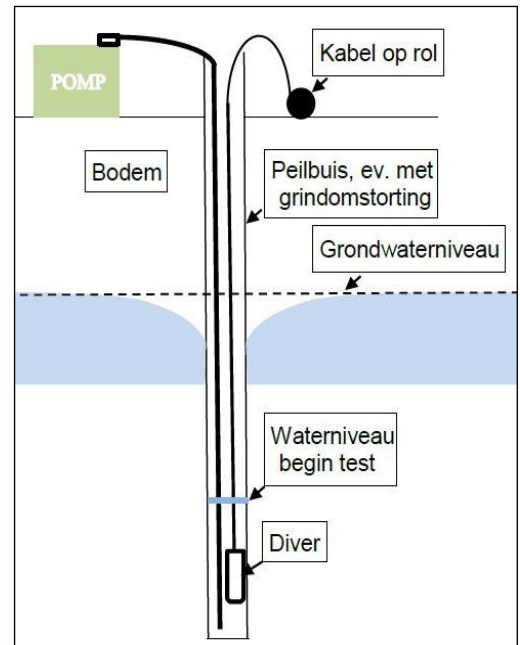
De werkwijze is als volgt: In de te onderzoeken bodemlaag wordt een peilbuisfilter geplaatst en met filtergrind omstort. Voor deze test wordt allereerst de grondwaterstand in rust (beginniveau) gemeten in een peilbuis. Vervolgens wordt constant een hoeveelheid water aan het filter onttrokken of toegevoegd. Bij een constant waterniveau wordt het pompdebiet bepaald. Indien de peilbuis bij de onttrekking wordt leeggezogen, wordt gemeten in hoeveel tijd de grondwaterstand zich herstelt tot het beginniveau. Door middel van een zogenaamde 'diver' en handmatig wordt de tijd en de waterhoogte op geregelde tijdstippen gemeten. Door deze metingen kan de doorlatendheid van de verzadigde ondergrond worden berekend. Het resultaat geeft een aanduiding van de horizontale infiltratiesnelheid in de verzadigde zone en in mindere mate van de verticale infiltratiesnelheid. Uit de meetgegevens kan de doorlatendheid van de bodemlaag worden berekend.

Voor de berekening van de doorlatendheid van de bodem wordt in deze studie het software pakket Superslug Versie 3.2 gebruikt.

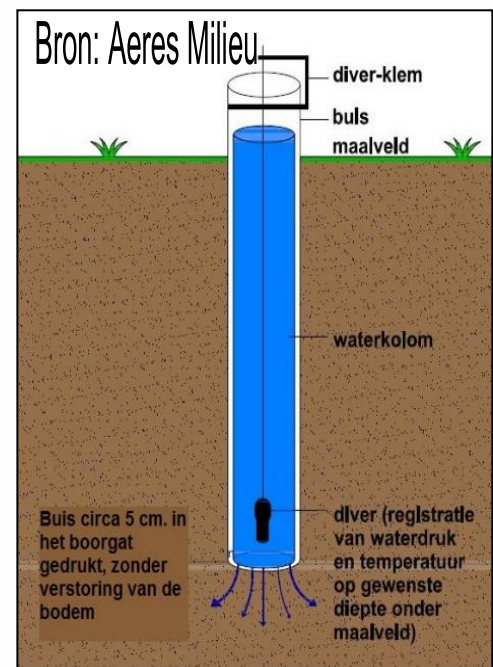
De zogenaamde "Open-end" test is zeer geschikt voor het meten van de onverzadigde verticale doorlatendheid van een bodemlaag.

Deze test wordt als volgt uitgevoerd: Met een handboor wordt een gat geboord tot op de laag waarvan de doorlatendheid bepaald moet worden. In het boorgat wordt vervolgens een blinde verbuizing geplaatst, die aan de onder- en bovenzijde is geopend, en die boven het maaiveld uitsteekt. Deze buis wordt in de bodem gedrukt, en geheel gevuld met water, dat in de ondergrond infiltreert (de "voornatting"). Nadat de ondergrond aldus voldoende verzadigd is geraakt met water, wordt vervolgens met behulp van een druksensor (diver) gemeten met welke snelheid het waterpeil in de buis daalt.

Hieruit wordt berekend hoe groot de infiltratiesnelheid van het water in de bodem is. Deze is afhankelijk van de inwendige doorsnede van de buis, de drukhoogte (=de lengte van de waterkolom in de buis), het bodemtype en de snelheid waarmee het peil daalt. Met deze meetmethode wordt voornamelijk de verticale infiltratiesnelheid gemeten.



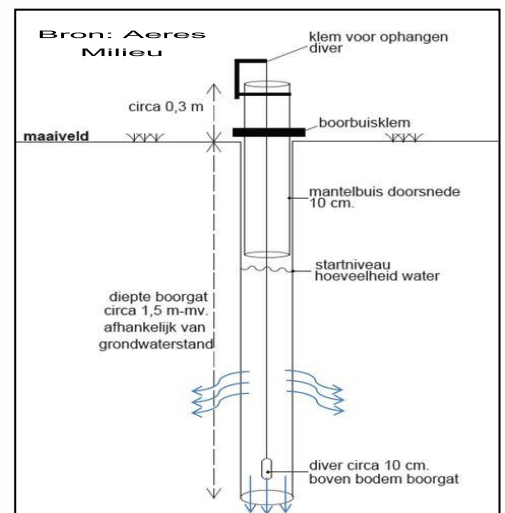
Afbeelding 5: Principetekening Slugtest



Afbeelding 6: Principetekening Open-end-test

Een aanvullende meetmethode is de zogenaamde “Porchetest”, ook wel omgekeerde boorgatmethode genoemd. Bij deze methode wordt in een, niet verbuisd, boorgat constant water gepompt en gemeten tot het waterpeil in het boorgat stabiel is. Vervolgens wordt het debiet bepaald waarmee het water in het boorgat gepompt wordt. Bij een te laag pompdebiet wordt met behulp van een druksensor (diver) gemeten met welke snelheid het waterpeil in de buis daalt. Hieruit kan de doorlatendheid worden berekend.

De keuze voor het type test is afhankelijk van de bodemsamenstelling en de visueel zichtbare snelheid waarmee het water in de bodem infiltreert. Beide tests zijn voor het infiltratieonderzoek van belang voor de onverzadigde zone.



Afbeelding 7: Principetekening Porchetest

Uitvoering veldwerk

Binnen het onderzoeksgebied zijn op 28 juli 2021 op dertien verschillende locaties infiltratiemetingen uitgevoerd. Elf metingen zijn uitgevoerd in de onverzadigde bodem tussen de 0,6 en 1,5 m-mv, onder de aanwezige leemlaag. Bij deze meetpunten is zowel een open-end-test en porchetest uitgevoerd. Op de overige twee locaties is in de verzadigde zone een slugtest uitgevoerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de peilbuizen die zijn geplaatst tijdens het bodemonderzoek van Aeres Milieu, circa twee weken voor het uitvoeren van de infiltratiemetingen. De boor- en meetlocaties staan weergegeven in bijlage 3. De boorprofielen zijn opgenomen in bijlage 4.

Onverzadigde zone

In het boorgat van de open-end-test is een verbuizing geplaatst met een diameter van 10 centimeter. Deze is geheel gevuld met water waarna, na "voornatting" van de bodem, met de metingen is gestart. Er wordt vanuit gegaan dat op de gemeten dieptes geen bodemvormende processen meer plaatsvinden of andere verschijnselen aanwezig zijn die de metingen kunnen beïnvloeden.

Na uitvoering van de open-end-test is in het betreffende boorgat de porchetest uitgevoerd middels een gedeeltelijke verbuizing met een diameter van 10 cm geplaatst. Deze is verder gevuld met water waarna, na enige tijd van voornatting van de bodem, met de metingen is gestart.

De metingen zijn uitgevoerd met een zogenaamde ‘Diver’, een in het boorgat opgehangen instrument dat de waterdruk opneemt. Als meetfrequentie is het instrument ingesteld op één meting per 5 seconden. In tabel 3 worden de meetresultaten samengevat.

Meetpunt	Verticale infiltratiesnelheid [m/d]	Horizontale infiltratiesnelheid [m/d]	Diepte [m-mv.]
A	0,61	2,04	0,85
B	0,85	68,7	0,70
C	0,91	85,5	1,50
D	0,54	2,55	0,90
E	0,84	3,46	1,45
F	4,28	1,33	0,90
G	1,03	1,47	0,70
H	0,78	1,66	0,90
I	0,77	1,21	1,45
J	0,13	0,69	0,60

Meetpunt	Verticale infiltratiesnelheid [m/d]	Horizontale infiltratiesnelheid [m/d]	Diepte [m-mv.]
K	0,35	2,06	0,70

Tabel 3: Meetresultaat Open-end- en porschettests

Uit de resultaten van de infiltratiemetingen in de onverzadigde bodem blijkt dat de verticale doorlatendheid over het algemeen matig tot goed is. Algemeen is de doorlatendheid tussen de 0,5 en 1 m/d, waardoor er in verticale richting voldoende snel geïnfiltreerd kan worden. Uitzondering betreffen de zeer goede doorlatendheid ter plaatse van meetpunt F (centraal) en de lagere verticale doorlatendheden ter plaatse van meetpunten J en K in het noordwestelijke deel van het plangebied. Voor de hogere infiltratiesnelheid ter plaatse van meetpunt F is geen aanwijsbare reden aanwezig. De lagere doorlatendheden noordwestelijk kunnen verklaard worden door de meting in de matig siltige bodemlaag net onder de humeuze bodemlaag en boven de zwak siltige zandige ondergrond waar de andere metingen in verricht zijn.

De horizontale infiltratiesnelheid is laag ter plaatse van meetpunt J en matig goed ter plaatse van de andere meetpunten. Ter plaatse van meetpunten B en C is een zeer goede horizontale infiltratiesnelheid aanwezig. Hiervoor is geen duidelijk aanwijsbare reden aanwezig. De horizontale en verticale doorlatendheid komt overeen met de bodemlaag waarin de meting plaatsgevonden heeft. Aan de oostzijde van het plangebied is in de onverzadigde bodemlaag tot 1,5 m-mv over het algemeen een betere infiltratiesnelheid aanwezig dan in de rest van het plangebied.

Verzadigde zone

Voor de metingen in de verzadigde bodem is gebruik gemaakt van twee bij het verkennend bodemonderzoek geplaatste peilbuizen. De peilbuisfilters (lengte 1 meter; Ø 32 mm) zijn met filtergrind (deeltjesgrootte 1-1,6 mm) omstort. De globale doorsnede van een meetpunt is circa 0,1 meter. Op basis van de toe/afstroming tijdens het veldwerk is gekozen voor slugtests. Hierbij wordt de peilbuis snel afgepompt waarna het herstel tot het oorspronkelijk grondwaterniveau vastgelegd wordt. Door middel van een zogenaamde 'diver' (en handmatige controlepeilingen) wordt de tijd en de waterhoogte op geregelde tijdstippen gecontroleerd. De diver is ingesteld op een meetfrequentie van één meting per 5 seconden.

Na beëindiging van de meetwerkzaamheden zijn de geregistreerde meetgegevens van de 'Diver' uitgelezen, geïnterpreteerd en verwerkt met een rekenprogramma. In tabel 4 zijn de meetresultaten weergegeven. Uit de uitgevoerde proeven blijkt dat er een zeer goede infiltratiesnelheid aanwezig is in de verzadigde ondergrond. Dit komt overeen met de aangetroffen grof zandige met plaatselijk grindige bodemsamenstelling.

Meetpunt	Berekende horizontale infiltratiesnelheid [m/d]	Diepte filtertraject [m-mv.]
21	7,7	4,30-5,30
75	10,1 / 10,4	3,70-4,70

Tabel 4: Meetresultaat Slugtests

4. PLANVOORNEMEN EN AFWEGING

Het planvoornemen betreft de ontwikkeling van een nieuw bedrijventerrein voor lokale MKB-bedrijven met maximale milieucategorie 3.2. Binnen deze categorie is grootschalige logistiek of bedrijvigheid niet mogelijk. Het terrein zal worden opgedeeld in circa 45 uitgeefbare kavels met een gemiddelde grote van circa 2.500 m². Langs de ontsluitingswegen zijn enkele hemelwatervoorzieningen gepland en aan de oostzijde wil men een vijver graven ter verwerking van het hemelwater.

Het plangebied heeft een hoogteligging tussen de 28,1 en 29,1 m +NAP en de gemiddelde hoogste grondwaterstand is ingeschat op circa 25,6 m +NAP. Ter plaatse van het plangebied is derhalve reeds voldoende drooglegging aanwezig en is er geen grondwateroverlast te verwachten voor de toekomstige industriepanden. Om instroom na hevige neerslag te voorkomen wordt geadviseerd om de panden circa 35 centimeter boven de kruin van de toekomstige weg aan te leggen.

Het plangebied ligt in de boringsvrije zone van de Roerdalslenk, waardoor boringen dieper dan de bovenkant van de Bovenste Brunssumklei verboden zijn. Bij het uitvoeren van het planvoornemen zullen zover bekend geen diepe boringen verricht worden. Momenteel is er tevens geen oppervlaktewater aanwezig in en rond het plangebied, waardoor het planvoornemen geen direct negatief effect veroorzaakt op het bestaande oppervlaktesysteem.

Momenteel is geen rioolstelsel aanwezig binnen het plangebied. Bij het realiseren van het planvoornemen zal een gescheiden rioolstelsel worden aangelegd. Hierdoor kan het schone hemelwater apart worden verwerkt van het vuile afvalwater, waardoor de druk op het gemeentelijk rioolstelsel en de RWZI beperkt kan blijven. Op basis van 'droge' bedrijven is voor het bedrijventerrein een DWA-hoeveelheid van 5,6-6 m³/u gedurende 10u te verwachten. Mogelijk kan deze op het zuidelijk aanwezige industrieterrein aangesloten worden. Voor de nieuwe rioolaansluiting en het DWA-stelsel op eigen terrein zal in samenspraak met de gemeente Echt-Susteren een ontwerp opgemaakt worden. Binnen dit ontwerp kan een doorkijk gemaakt worden naar mogelijke toekomstige uitbreidingen rondom dit gebied op vlak van DWA doorvoercapaciteit.

De toename aan verhard oppervlak door het voorgenomen industrieterrein leidt tot versnelde afvoer van het hemelwater. Dit dient gecompenseerd te worden zodat er geen verhoogd risico op wateroverlast optreedt binnen en buiten het plangebied. In de huidige situatie is er behoudens enkele zandpaden geen verharding aanwezig. In tabel 5 is al het verhard oppervlak in het planvoornemen als nieuw gerekend. Deze verharding is vastgesteld op basis van de plantekening in afbeelding 2 en bijlage 2. Voor het uitgeefbaar terrein en de wegen is uitgegaan van 100% verharding.

Bruto (verharde) oppervlakten	Toekomstige situatie [m ²]
Uitgeefbaar terrein, circa	112.142
Wegen, circa	19.628
Totaal, circa	131.770

Tabel 5: Overzicht verwacht verhard oppervlak binnen het plangebied

Uit de tabel is af te leiden dat door het voorgenomen bouwplan het verhard oppervlak fors toeneemt met circa 131.770 m². Deze toename dient gecompenseerd te worden. Vanuit het waterschap dient hiervoor als uitgangspunt een hemelwatervoorziening van 100 mm aangelegd te worden met bij voorkeur tevens een waakhoogte voor boven normatieve piekmomenten.

Op basis van het huidige ontwerpplan bedraagt de totale hemelwatercompensatie circa 13.177 m³. Hierbij heeft infiltratie altijd de voorkeur. Uit het infiltratieonderzoek blijkt dat het mogelijk is om binnen het plangebied een infiltratievoorziening aan te leggen. Gezien het plaatselijk aanwezig zijn van een leemlaag binnen 2 m-mv kan deze bodemlaag lokaal verwijderd worden om zo een snellere lediging van hemelwater in een voorziening te bewerkstelligen.

Door de lage grondwaterstanden (GHG >2,7 m-mv.) is het mogelijk om zowel boven- als ondergronds het hemelwater te verwerken. In het huidige ontwerp van het planvoornemen zijn enkele bovengrondse hemelwaterverwerkingslocaties opgenomen. Geadviseerd is gezien de grootte van het perceel om hemelwater deels lokaal te verwerken middels bijvoorbeeld greppels of een IT-riolering met een overloop naar een grotere centrale voorziening voor excessievere buien. Dit geeft ook een mooiere landschappelijke invulling met zichtbare hemelwaterverwerking.

Noordwestelijk wordt in de toplaag geen infiltratievoorziening geadviseerd. Door de lemige bodemlaag tot 1 m-mv dient men ter plaatse dieper in de zwak siltige, zandige ondergrond te infiltreren. Centraal door het gebied loopt een ontsluitingsweg van west naar oost waarlangs men kleinere greppels/wadi's kan aanleggen. In de huidige schets is er een vrije ruimte van circa 1.100 m². Op deze locatie is voldoende infiltratiesnelheid aanwezig (verticaal ca. 0,8 m/d) voor de verwerking van het opgevangen hemelwater.

Omdat deze niet alle buihoeveelheden kunnen verwerken, zijn in het zuidoostelijk deel twee grotere hemelwatervoorzieningen gepland met een totaal oppervlak van circa 6.230 m². Op deze locatie is een goede infiltratiesnelheid in zowel verticale als horizontale richting aanwezig. Met een diepte van 2 m-mv wordt de benodigde resterende waterberging voor het gehele industrieterrein ingepast en is nog een wakingshoogte van ca. 50 cm aanwezig. Door de ligging van de voorziening in het 'lagere' deel van het plangebied is het mogelijk om hemelwater onder vrijverval hierop af te laten stromen. Indien meer waterberging wenselijk is, kan deze dieper aangelegd worden. Daarnaast is het mogelijk om onder de ontsluitingswegen een IT-riool aan te leggen als ondergrondse infiltratievoorziening. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de benodigde gronddekking en voldoende overloopmogelijkheden.

Het omliggend terrein dient zo aangelegd te worden dat excessief water kan afstromen naar het openbaar gebied en geen overlast veroorzaakt bij derden. Voorts dient bij de HWA structuur van dit plan een doorkijk naar extremere situaties gekeken te worden. Dit kan door overdimensionering van de grote bergingsvoorziening of door in het maaiveldprofiel rekening te houden met een bovengronds overstort naar de HWA bufferzone van Echt-Noord (westelijk). Deze bufferzone is namelijk verbonden met de Echter Molenbeek en watert uiteindelijk af richting de Maas.

Indien verwerking van het hemelwater per uitgeefbare kavel wenselijk is, is het mogelijk om kleinere voorzieningen onder, bijvoorbeeld, de parkeerplaatsen aan te leggen of hemelwater vast te houden op de daken. Het gebruik van groene daken (sedumdak) is optioneel toepasbaar voor een ondernemer. Het gebruik van groene daken helpt bij het bufferen van hemelwater, heeft een positieve impact op de biodiversiteit en heeft een isolerende werking.

Middels deze rapportage is inzicht verkregen in de verwerkingsmogelijkheden en totale waterhoeveelheden die verwacht worden bij de voorgenomen planontwikkeling. Bij de verdere uitwerking van het plan zullen de HWA- en DWA-stelsels nader uitgewerkt worden waarbij het wenselijk is om een maaiveldprofilering op te maken zodat bij boven normatieve buien aantoonbaar geen overlast ontstaat. Dit ontwerp dient voorafgaand aan de uiteindelijke planrealisatie ter toetsing voorgelegd te worden aan gemeente en waterschap.

5. OVERIGE AANDACHTSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

Eventueel benodigde vergunningen worden niet middels deze waterparagraaf geregeld en zullen via daarvoor bedoelde procedures verkregen moeten worden middels het Omgevingsloket.

Afkoppelen/niet aankoppelen staat voor het scheiden van hemelwater- en afvalwaterafvoer, op een afgewogen manier zodat een duurzaam watersysteem ontstaat. Daarbij moet men rekening houden met de waterhuishouding, de inrichting van de openbare ruimte, de milieuhygiënische gevolgen en de zorg voor de volksgezondheid en welzijn.

Bij het voldoen aan de milieuhygiënische randvoorwaarden (dubo-materialen etc.) kan de afgekoppelde afstromende neerslag rechtstreeks via (mol)goten, lijnafwatering of ander traditioneel afvoermateriaal naar een aan te leggen voorziening stromen om in de bodem te infiltreren. Wel moeten in de afvoersystemen voorzieningen worden gerealiseerd die blad, zand e.d., die verstoppingen kunnen veroorzaken, achterhouden. Deze voorzieningen moeten goed bereikbaar blijven ten behoeve van het reinigen en het onderhoud. Regelmatig onderhoud van de aanvoerzijde van de voorzieningen zal noodzakelijk zijn om te garanderen dat de systemen blijven functioneren. Ondergrondse voorzieningen dienen altijd voorzien te zijn van een goed bereikbare blad- en zandvanger en/of ontluchtingspunt/overloop. Toe te passen duurzame materialen:

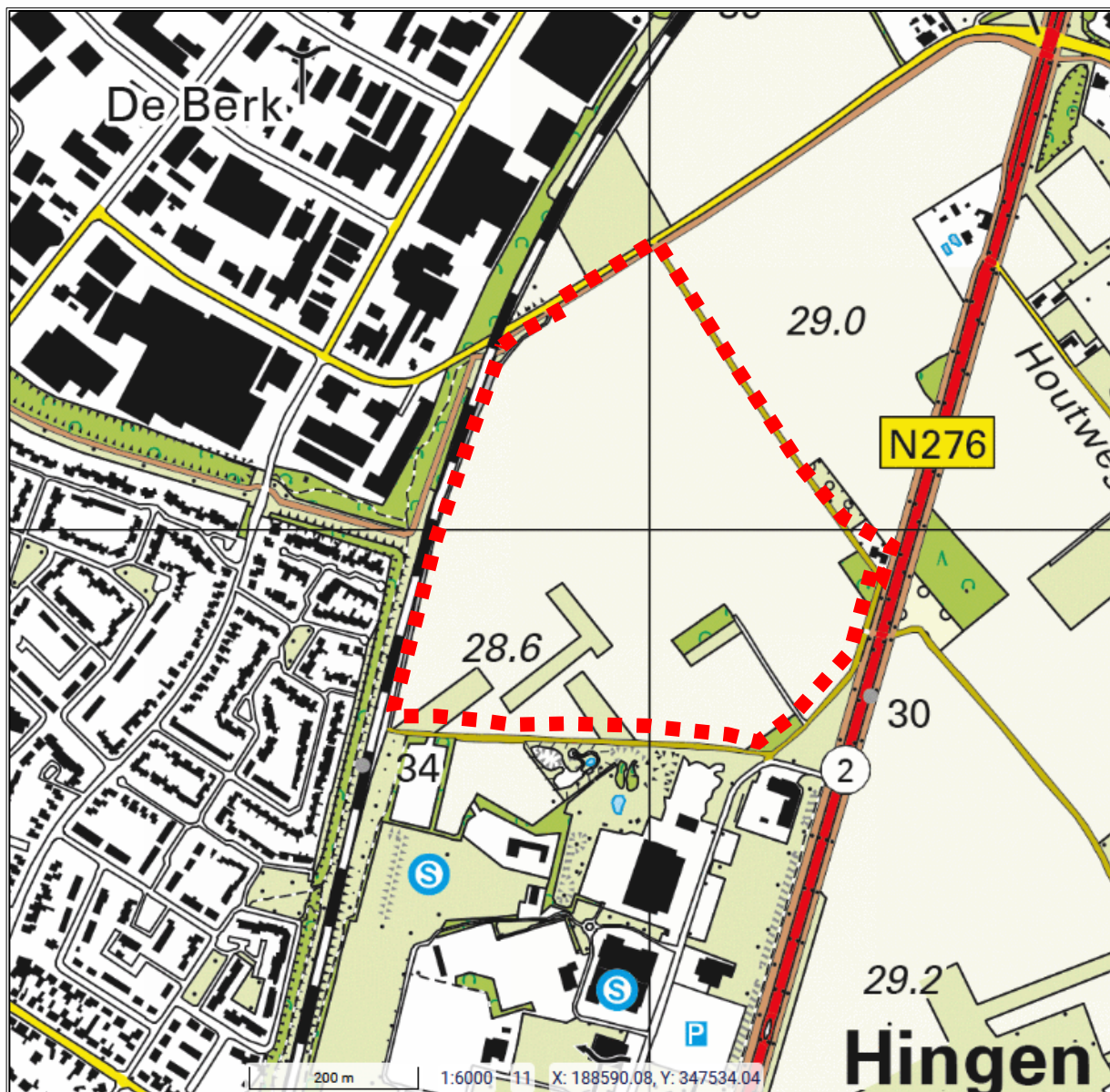
- Hellende daken: dakpannen van natuurlijk, beton, keramisch materiaal of bekleed met EPDM rubber of vergelijkbaar;
- Dakgoten en afvoerpijpen; PVC/PP/PE/ staal, aluminium, bij voorkeur tevens geen gecoate bouwmaterialen.
- Ontsluitingspaden / wegen / terrassen; voorzien van natuurlijk of niet-uitloogbare materialen zoals keramische of betonproducten.

Indien onvoldoende aandacht wordt gegeven aan het ontwerp en dimensionering, kan wateroverlast ontstaan. Het moet ten alle tijden worden voorkomen dat wateroverlast bij bebouwing en bij derden ontstaat. Het gebruik en het overlopen van de hemelwatervoorziening mag niet leiden tot schade aan in de nabijheid liggende percelen, gewassen en opstallen. Schade, direct en/ of indirect, die eventueel ontstaat is en blijft voor rekening van de ontwikkelaar/eigenaar van het plangebied. In geen geval mag de afvalwaterriolering op een infiltratie- en/of bergingsvoorziening worden aangesloten.

Op de afgekoppelde “buitenverhardingen” mogen geen handelingen worden uitgevoerd die vervuiling van het oppervlak veroorzaken. Wil men toch buitenactiviteiten verrichten waarbij vervuiling van verhard oppervlak ontstaat b.v. het reinigen van voertuigen of het schoonmaken van onderdelen, dan moet het gedeelte waar deze activiteit(en) plaatsvindt voorzien worden van de juiste bodembeschermende maatregelen (Nederlandse Richtlijn voor Bodembescherming). Dit betekent dat het vrijkomende afvalwater al dan niet via een olie/benzine-afscheider of andere noodzakelijke (reiniging)voorziening naar het afvalwaterriool moet worden getransporteerd of geloosd, en niet in de bodem mag worden geïnfilteerd of op oppervlaktewater worden geloosd.

Het is onwenselijk chemische bestrijdingsmiddelen toe te passen of agressieve reinigingsmiddelen te gebruiken op de verharde oppervlakken. Daarnaast is toepassing van gladheidsbestrijding middels zout minder wenselijk geacht. Bij toepassing kunnen deze stoffen met het hemelwater afstromen naar de bodem of het oppervlaktewater en deze nadelig beïnvloeden. Indien toepassing noodzakelijk blijkt, wordt geadviseerd dit zo effectief mogelijk te doen.

Bijlage 1: Topografische overzichtskaart



BEBOUWING a bebouwd gebied b gebouwen c hoogbouw d kas WEGEN autosnelweg hoofdweg met gescheiden rijbanen hoofdweg regionale weg met gescheiden rijbanen regionale weg lokale weg met gescheiden rijbanen lokale weg weg met losse of slechte verharding onverharde weg straat/overige weg voetgangersgebied fietspad pad, voetpad weg in aanleg viaduct aquaduct tunnel vaste brug beweegbare brug brug op pijlers	SPOORWEGEN spoorweg: enkelspoor spoorweg: meersporig a station b spoorweg in tunnel tramweg a sneltram b sneltramhalte a metro bovengronds b metrostation HYDROGRAFIE waterloop: smaller dan 3 m waterloop: 3-6 m breed waterloop: breder dan 6 m a schutsluis b stuwen c koedam a duiker b grondduiker c afsluitbare duiker BODEMGEBRUIK a grasland met sloten b akkerland met greppels c boomgaard d fruitwekerij e boomwekerij f grasland met populierenopstand g loofbos h naaldbos i gemengd bos j griend k heide l zand m drasland, moeras n rietland o dodenakker, begraafplaats p overig bodemgebruik	OVERIGE SYMBOLEN a religieus gebouw b toren, hoge koepel c religieus gebouw met toren d markant object e watertoren f vuurtoren a gemeentehuis b postkantoor c politiebureau d wegwijzer a kapel b kruis c vlampijp d telescoop a windmolen b waterradmolen c windmotor d windturbine a oliepominstallatie b seinmast c zendmast a hunebed b monument c gemaal a kampeerterrein b sportcomplex c ziekenhuis a paal b grenspunt c boom schietbaan afraftering hoogspanningsleiding met mast muur geluidswering
--	---	--

Bijlage 2: Concepttekening planvoornemen

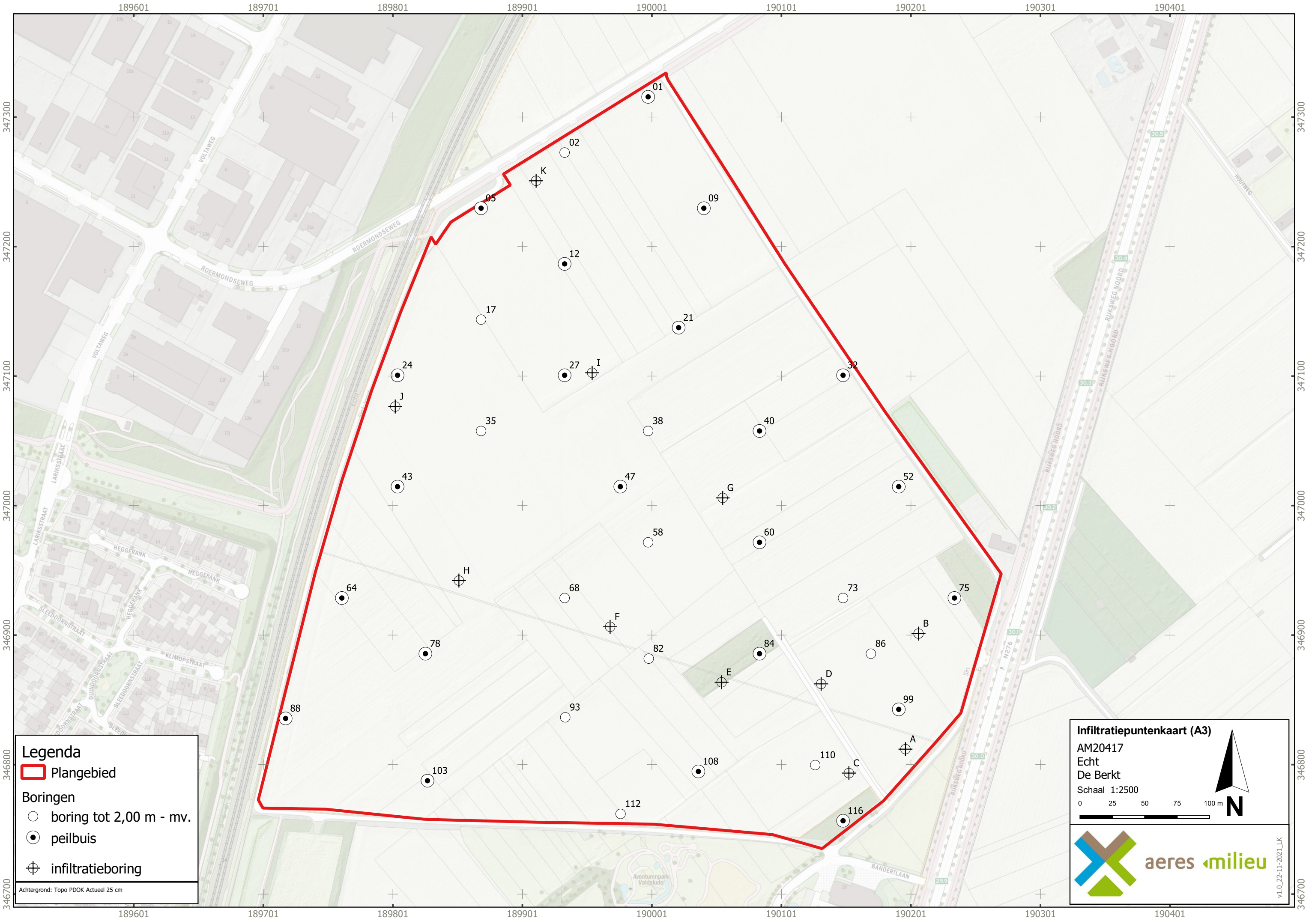


onderdeel: planconcept bedrijventerrein
projectnr.: NL ES-902.001
opdrachtgever: Gemeente Echt-Susteren
datum: 2020-01-30
getekend: rs
gecontroleerd: jv

landschappelijk-stedenbouwkundig planconcept
nieuw bedrijventerrein MKB
schaal 1:1250 (A0)
zie maatbalk

bureau VERBEEK
landschapsarchitectuur / ecologie / stedelijk ontwerp

Bijlage 3: Situatietekening met infiltratiepunten



Legenda

 Plangebied

Boringen

 boring tot 2,00 m - mv.

 peilbuis

 infiltratieboring

Achtergrond: Topo PDOK Actueel 25 cm

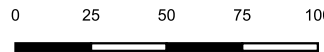
Infiltratiepuntenkaart (A3)

AM20417

Echt

De Berkt

Schaal 1:2500



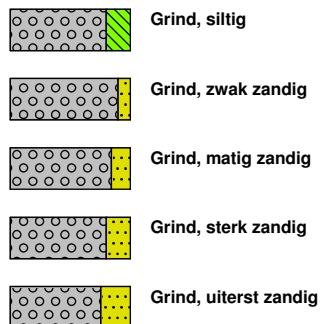
aeres milieu

v1.0_22-11-2021_LK

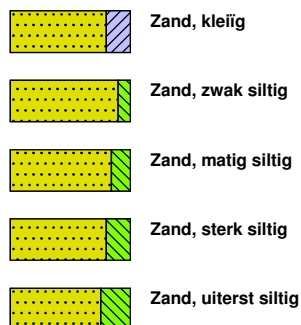
Bijlage 4: Boorprofielen

Legenda (conform NEN 5104)

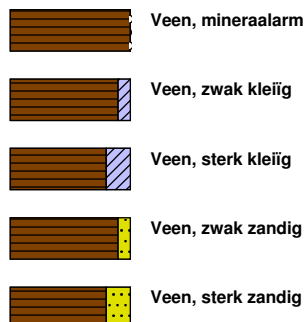
grind



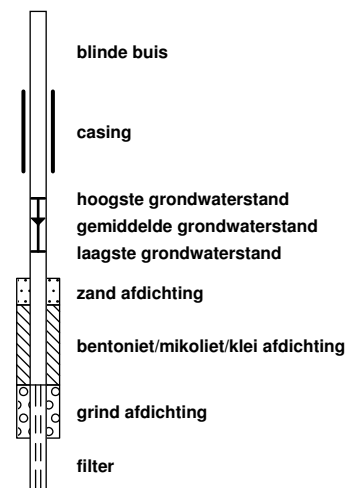
zand



veen



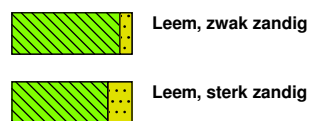
peilbuis



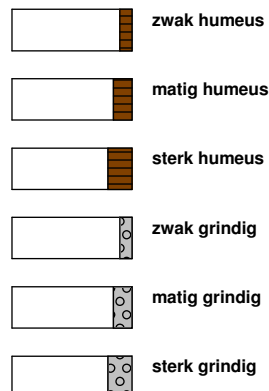
klei



leem



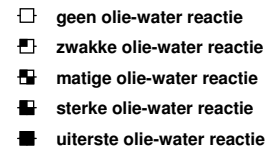
overige toevoegingen



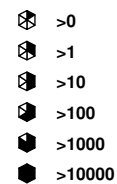
geur



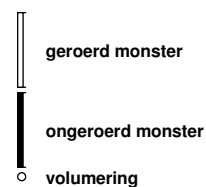
olie



p.i.d.-waarde

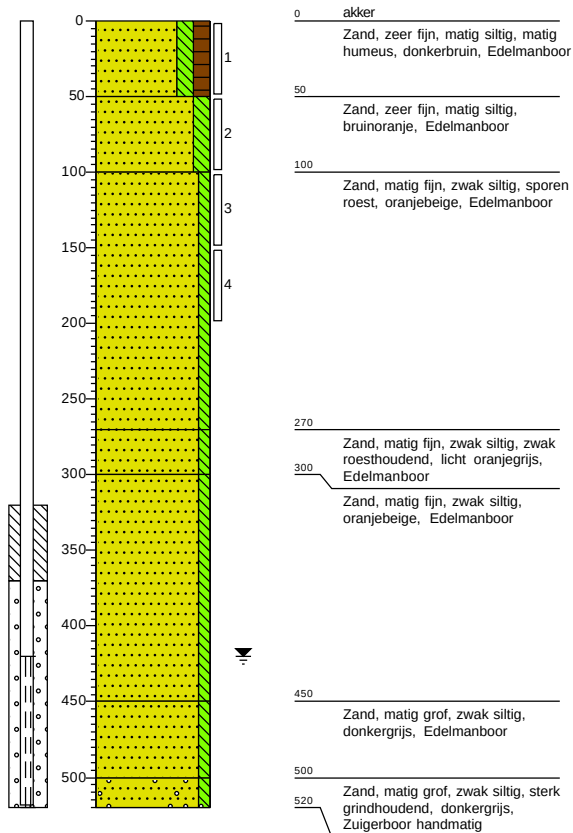
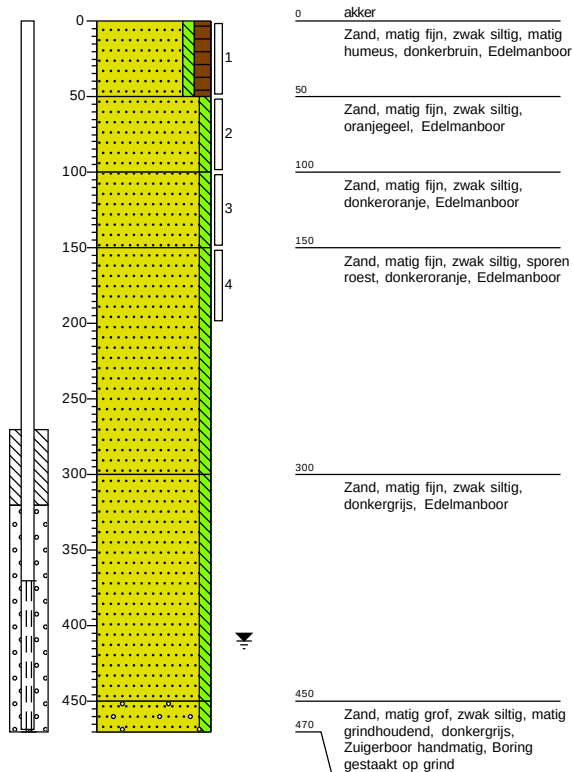
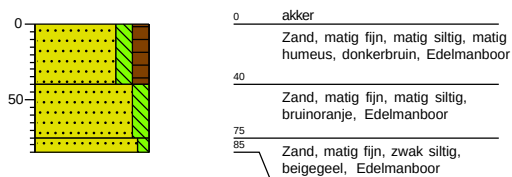
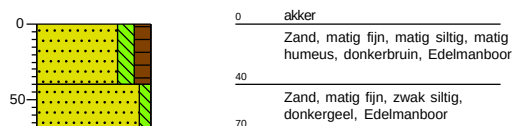
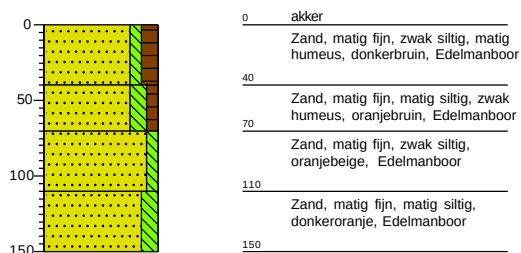
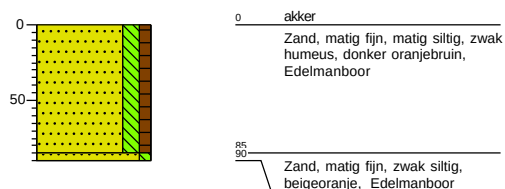


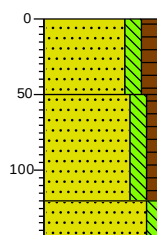
monsters



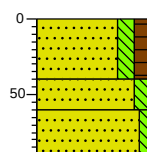
overig



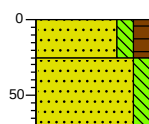
Boring: 21**Boring: 75****Boring: A****Boring: B****Boring: C****Boring: D**

Boring:**E**

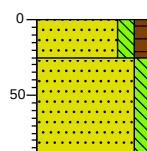
0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
50	
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, oranjebruin, Edelmanboor
120	
145	Zand, matig fijn, zwak siltig, grijsoranje, Edelmanboor

Boring:**F**

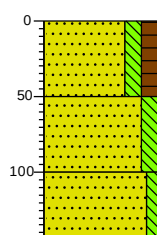
0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
40	
60	Zand, matig fijn, matig siltig, bruinoranje, Edelmanboor
90	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruinoranje, Edelmanboor

Boring:**G**

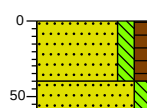
0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
25	
	Zand, matig fijn, matig siltig, bruinoranje, Edelmanboor
73	

Boring:**H**

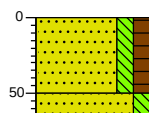
0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
25	
	Zand, matig fijn, matig siltig, bruinbeige, Edelmanboor
90	

Boring:**I**

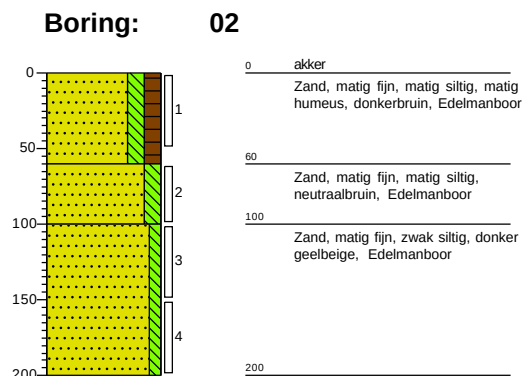
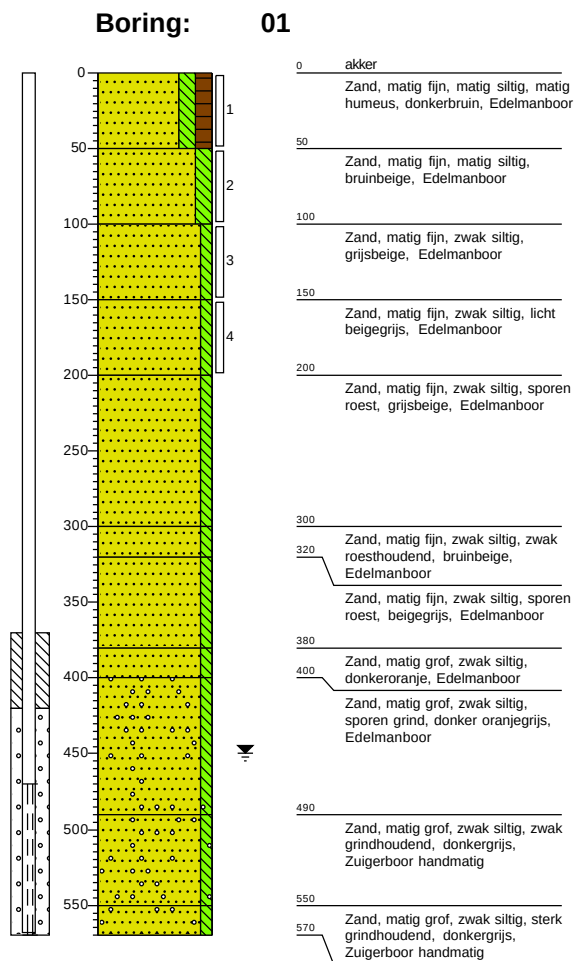
0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
50	
	Zand, matig fijn, matig siltig, oranjebeige, Edelmanboor
100	
145	Zand, matig fijn, zwak siltig, oranjebeige, Edelmanboor

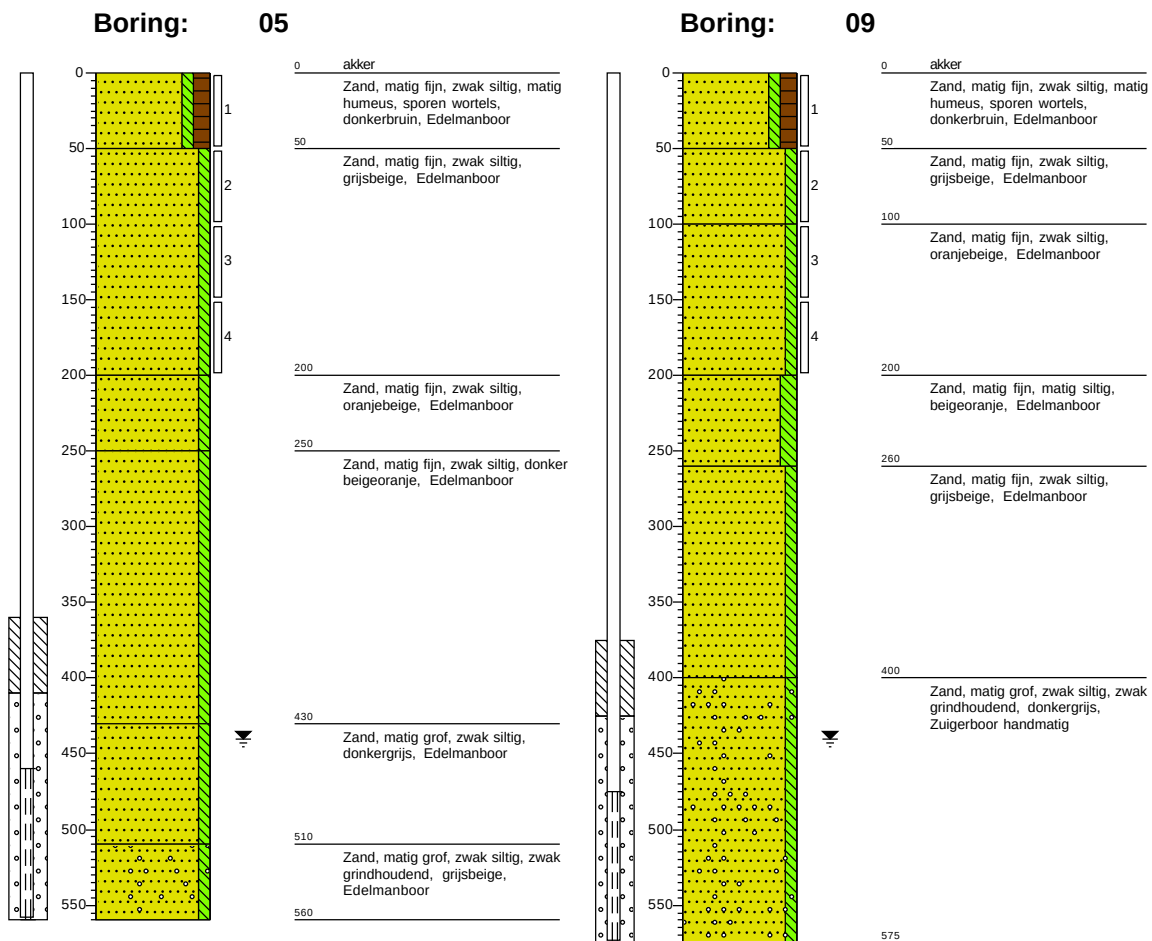
Boring:**J**

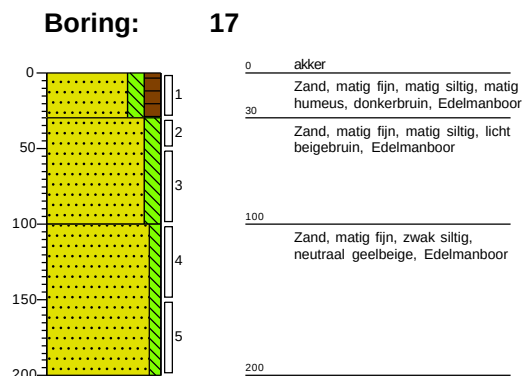
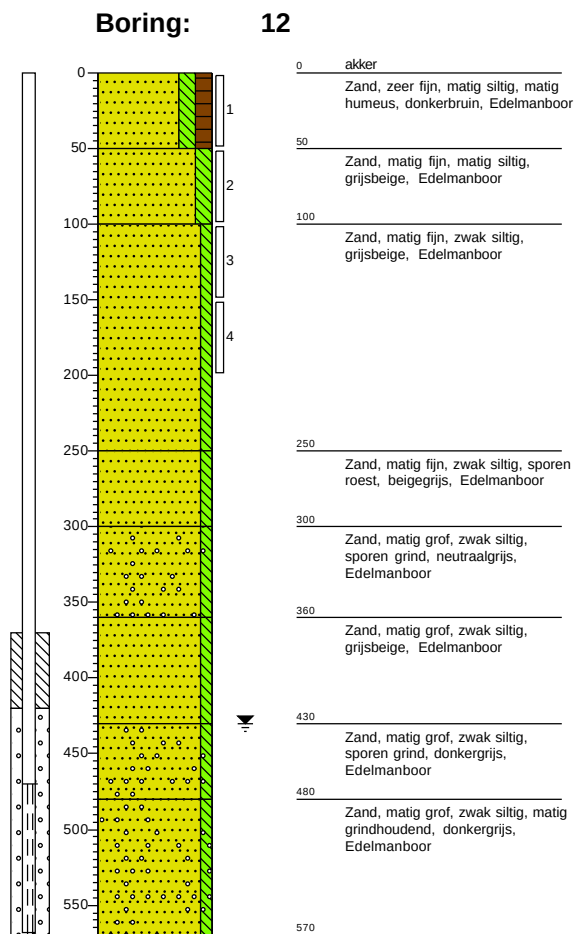
0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
40	
60	Zand, matig fijn, matig siltig, bruinoranje, Edelmanboor

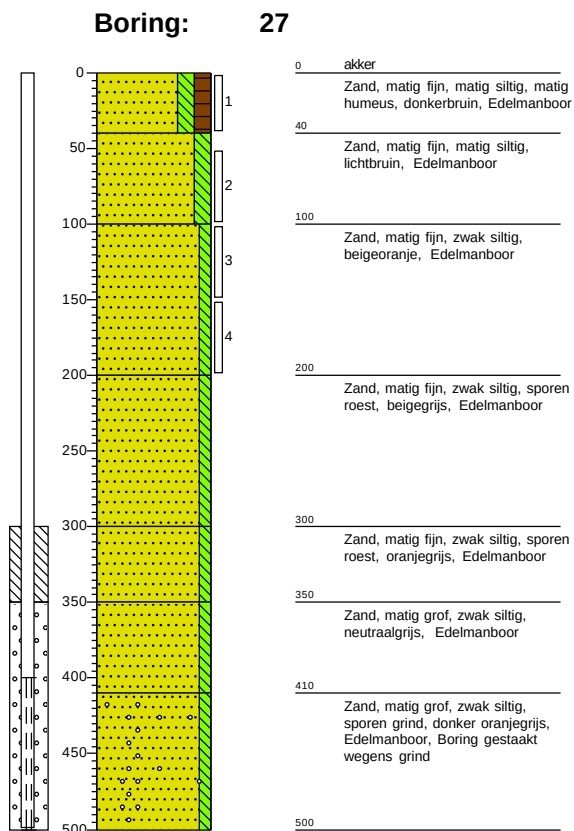
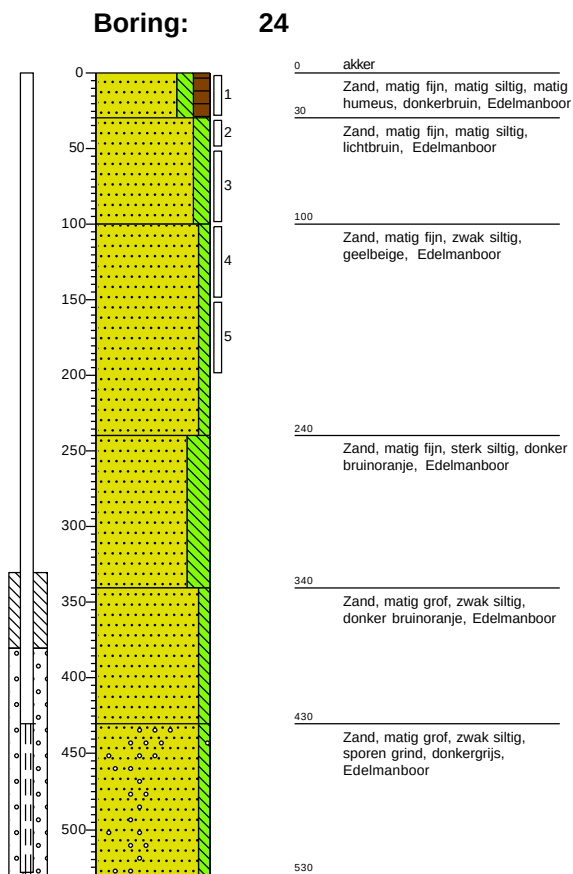
Boring:**K**

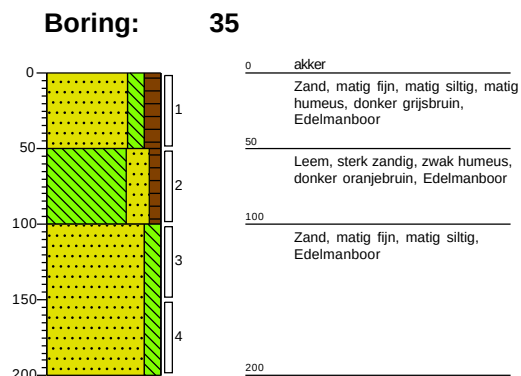
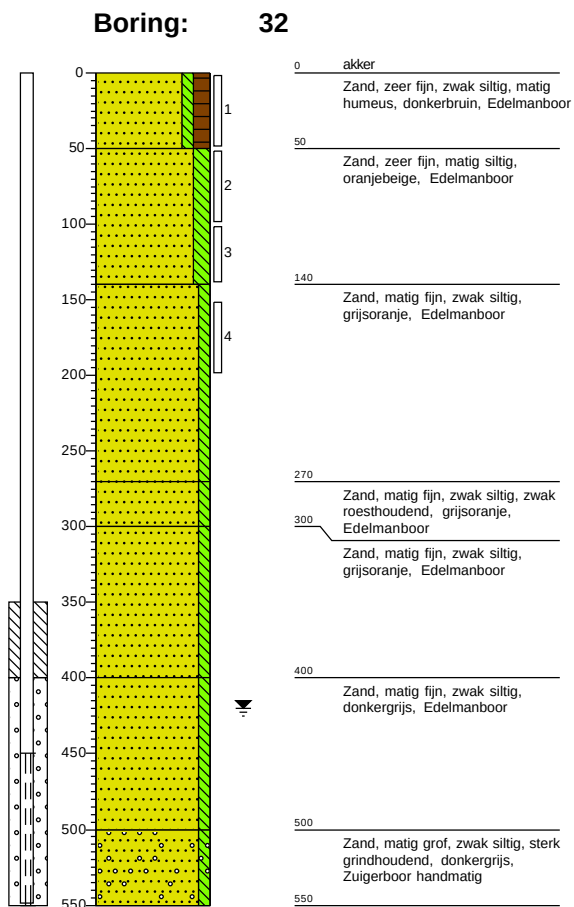
0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
50	
65	Zand, zeer fijn, matig siltig, geelbeige, Edelmanboor





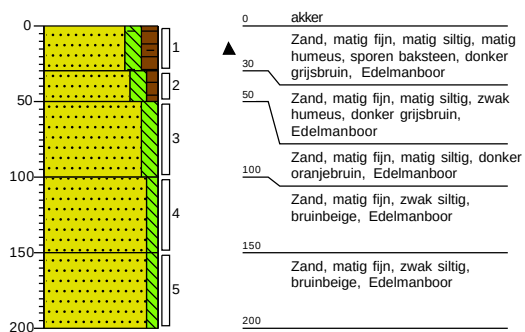






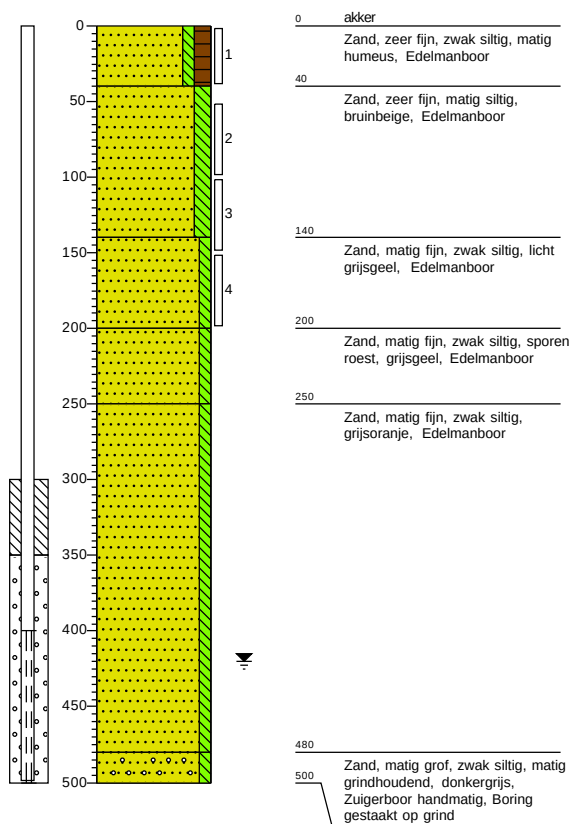
Boring:

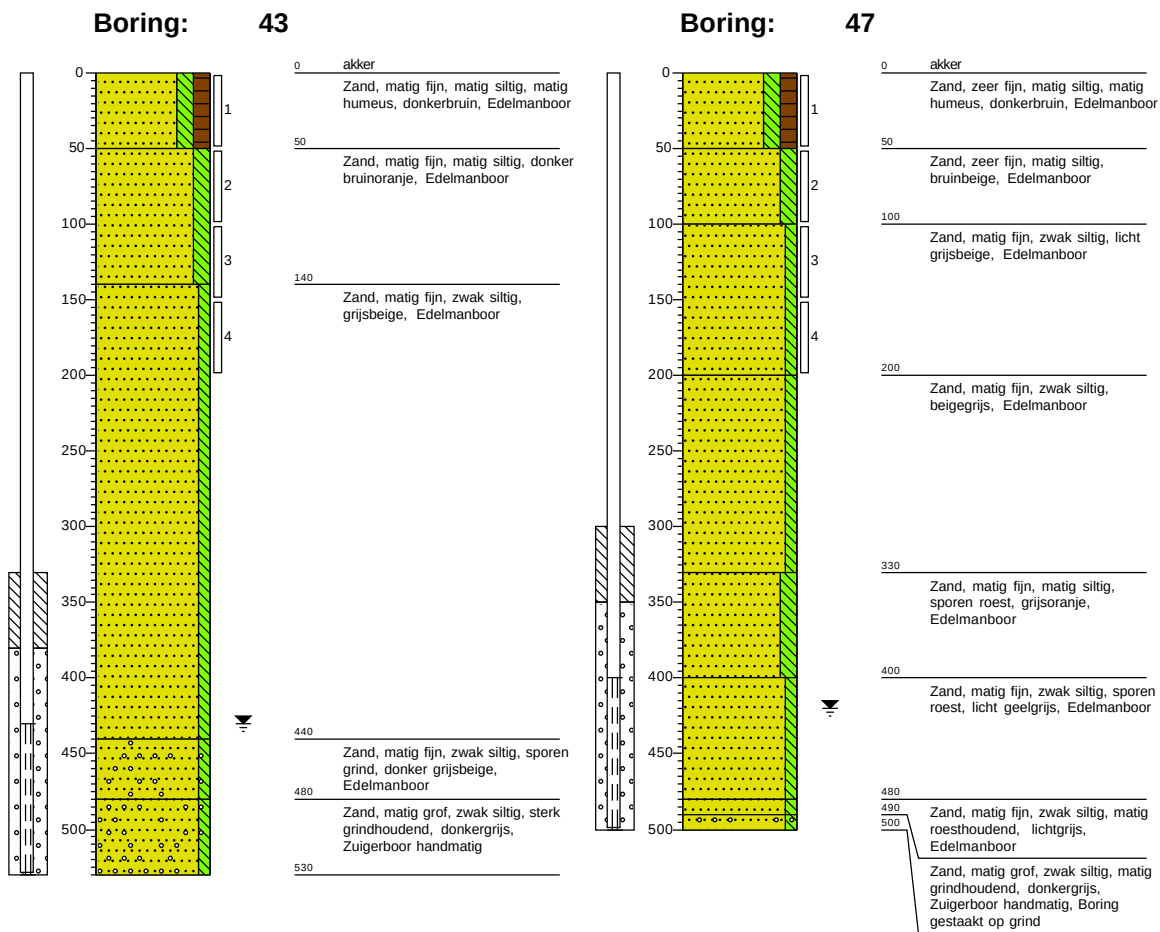
38

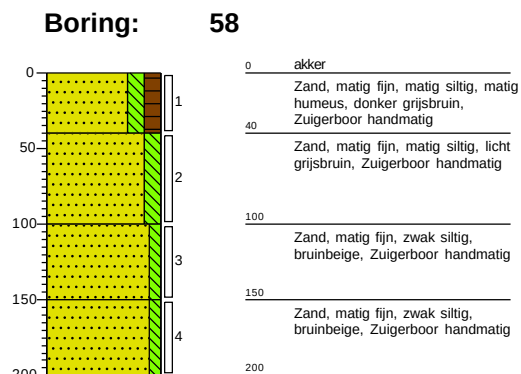
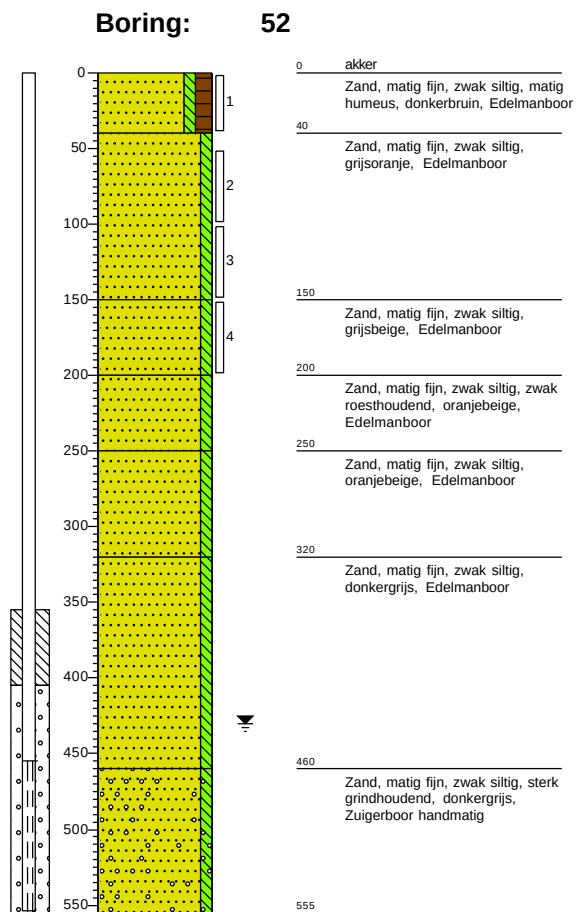


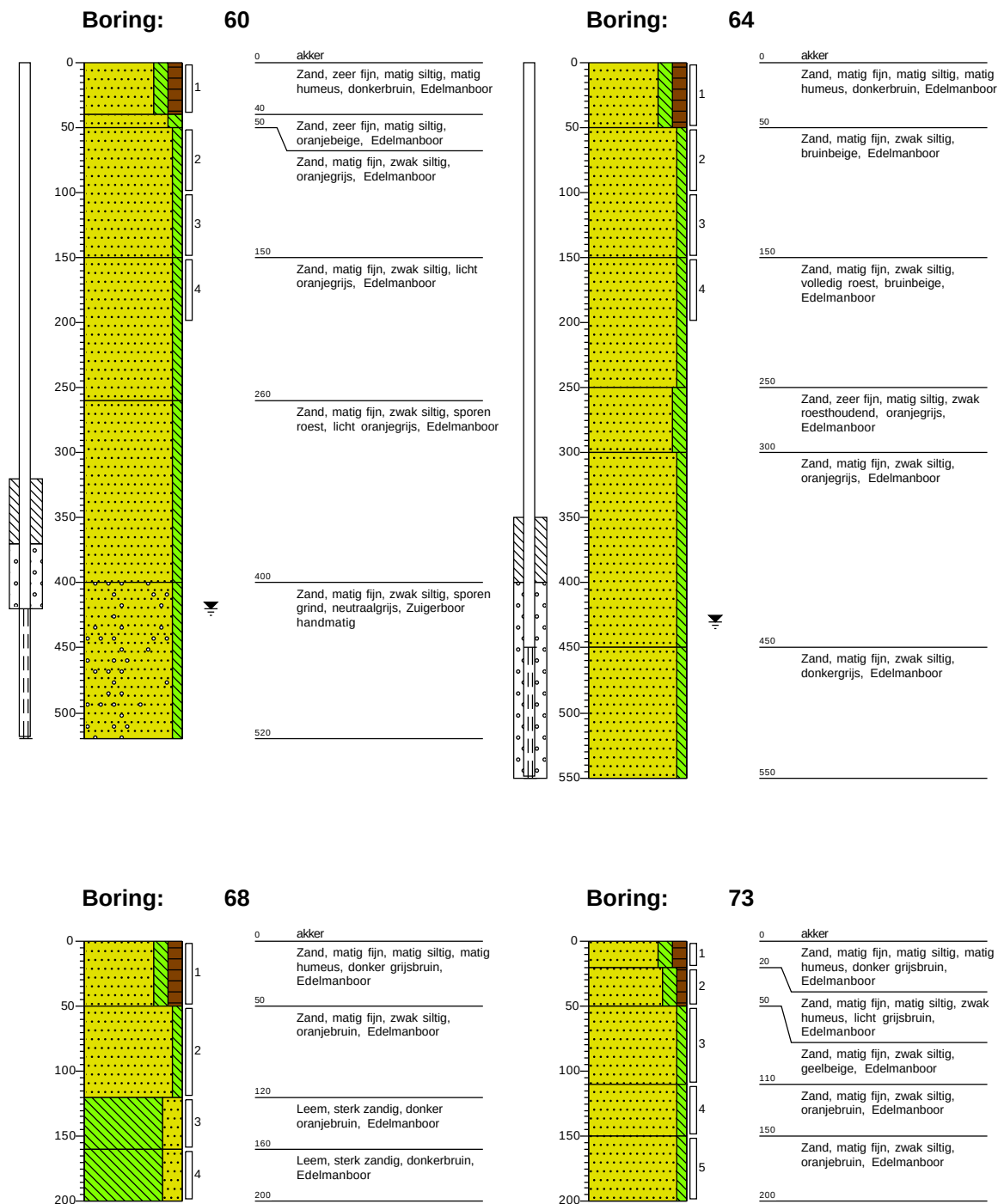
Boring:

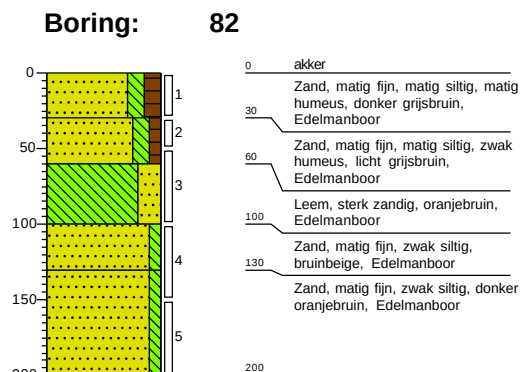
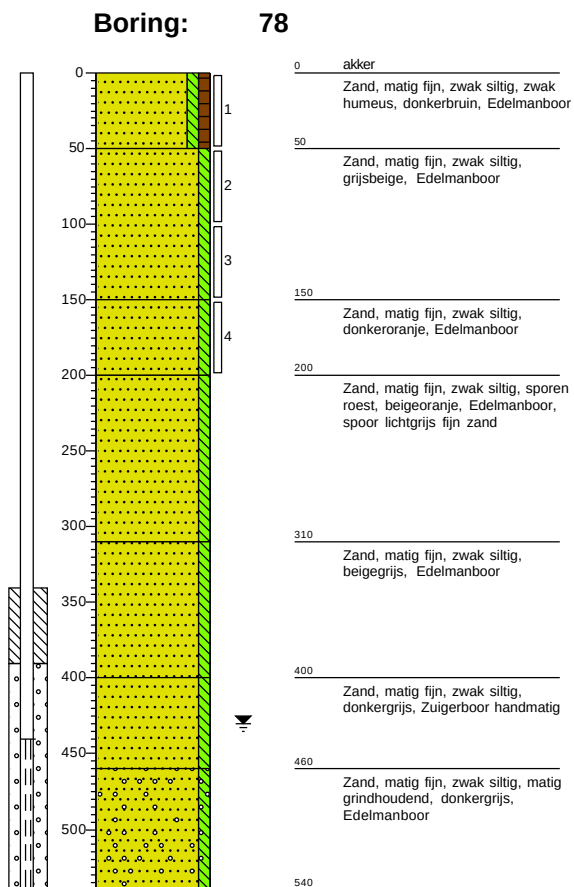
40

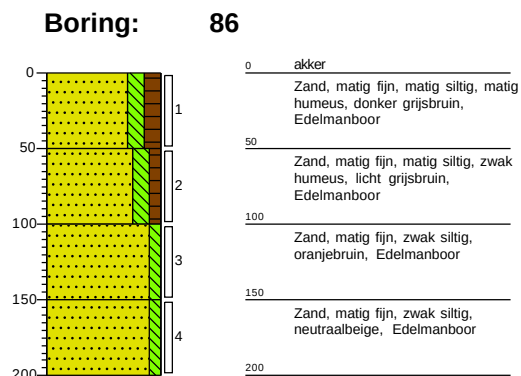
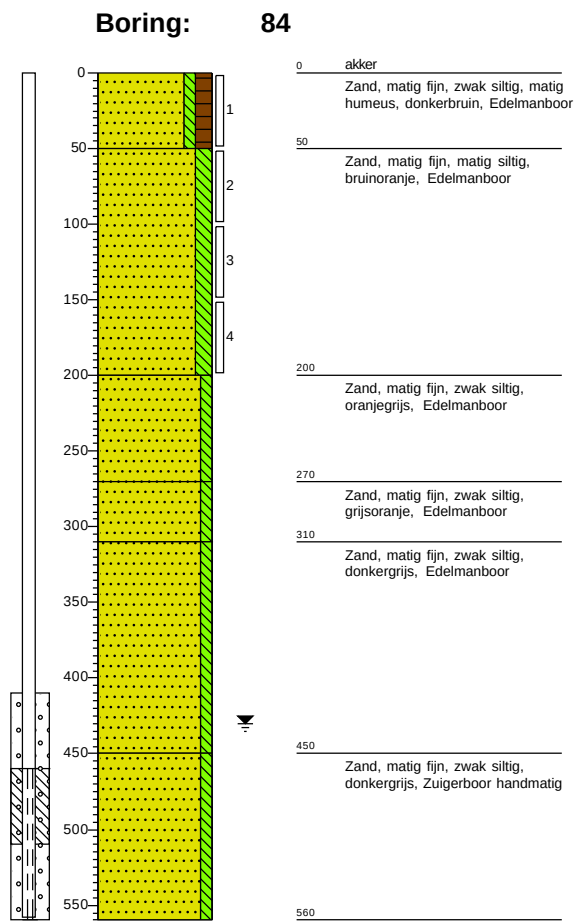


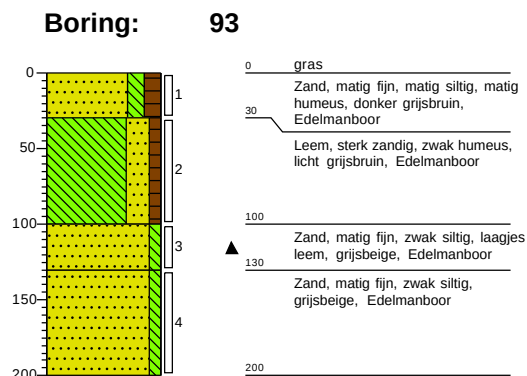
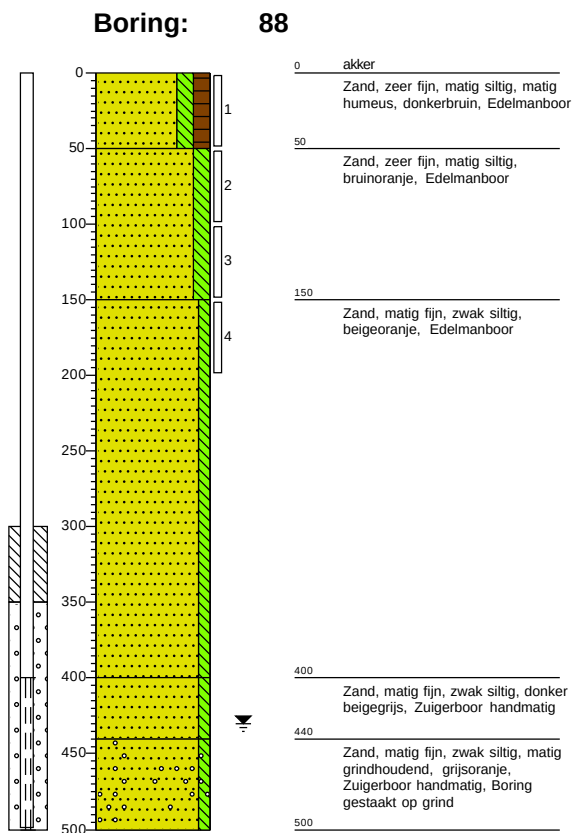


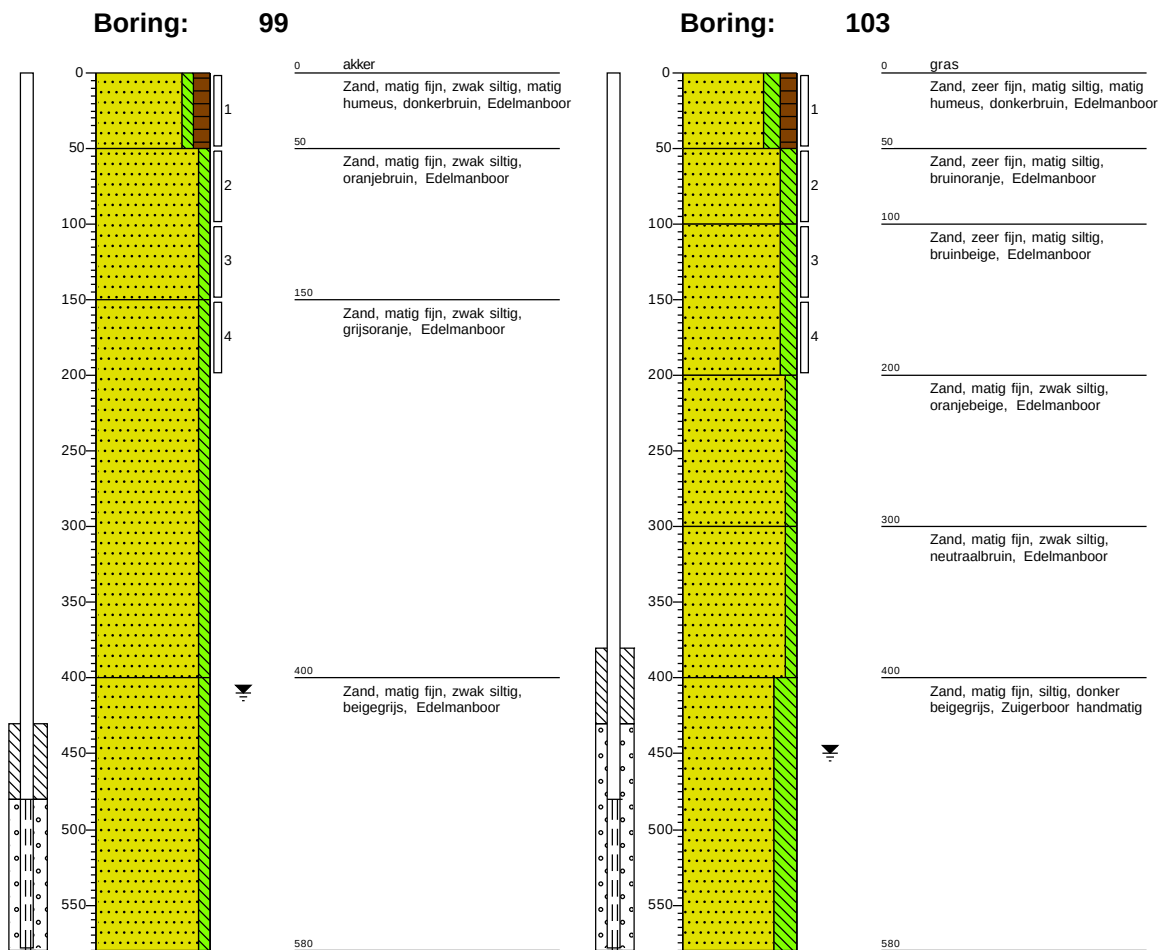


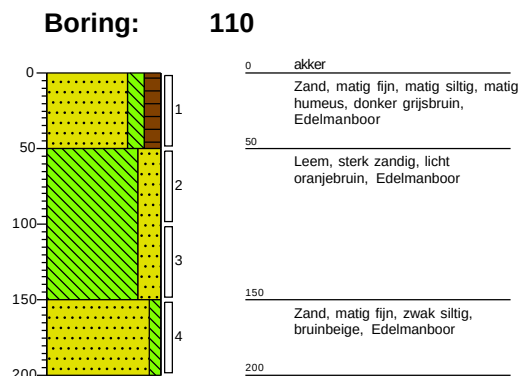
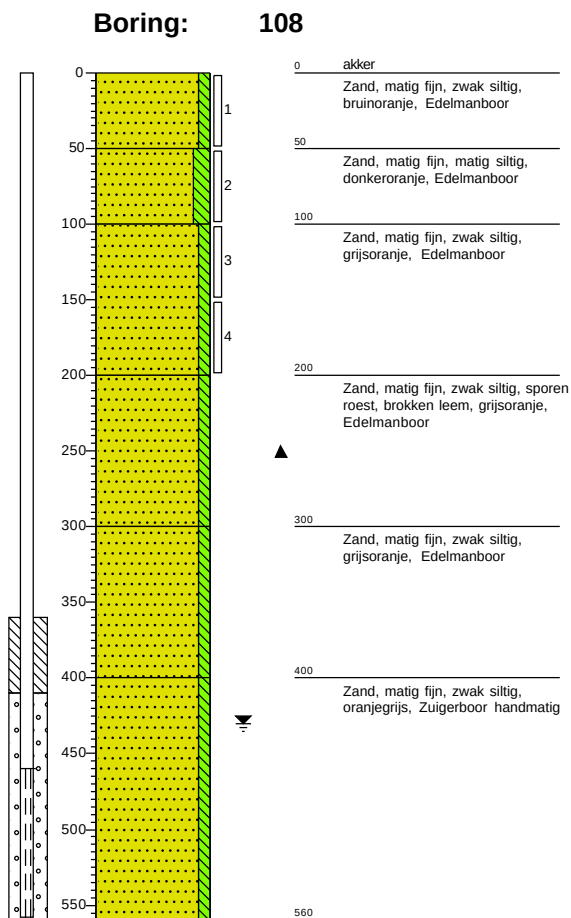




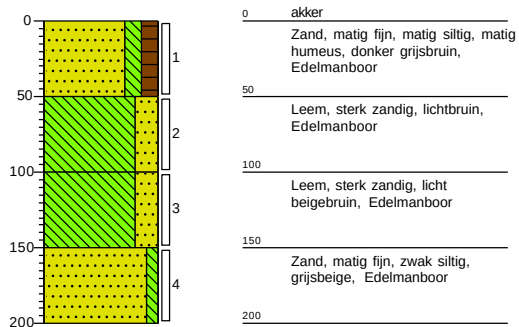




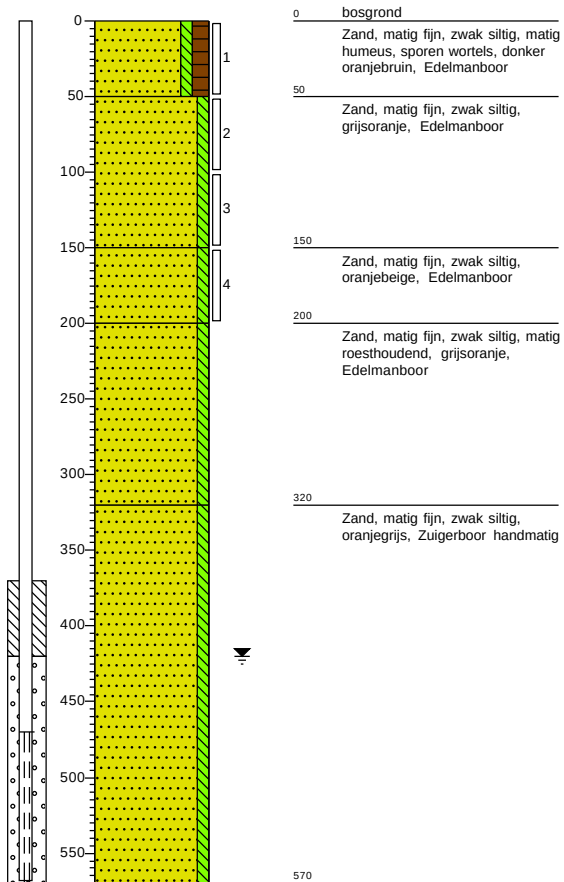




Boring: 112



Boring: 116



Bijlage 5: Geraadpleegde literatuur

Wet- en regelgeving

- Gemeentelijk Rioleringsplan 2017-2021, Gemeente Echt-Susteren;
- Waterprogramma 2016-2021, Waterschap Limburg;
- Keur en Legger, Waterschap Limburg;
- Provinciale Milieuverordening, Limburg;
- Landelijke Handreiking Watertoets;
- Waterbeleid voor de 21e eeuw, Commissie Waterbeheer 21e eeuw;
- Nationaal Bestuurakkoord Water, 2003 en actueel 2008;
- Waterwet;
- Het Nationaal Waterplan, 2016-2021;
- Kader Richtlijn Water;
- Wet en Besluit op de ruimtelijke ordening.

Overige literatuur

- Handleiding alternatieve materialen voor bouwmetalen, DuBo Consulents, 2006;
- Ruimtelijke plannen Nederland;
- Kaarten provincie Limburg.

Internet

- www.echt-susteren.nl
- www.waterschaplimburg.nl
- www.limburg.nl
- www.dinoloket.nl
- www.ahn.nl
- www.pdok.nl