

Klimaatbestendige snelwegen

UP DNA pilots A7/ A8 en A20



Klimaatbestendige snelwegen
UP DNA pilots A7/ A8 en A20

Auteur(s)
Mike Woning
Roel Stuurman

Klimaatbestendige snelwegen

UP DNA pilots A7/ A8 en A20

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	de heer T. Bolleboom
Referenties	Referenties
Trefwoorden	Bodemdaling, hoofdwegennet, A7, A8, A20, verbreding, veen, klei

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	28-08-2020
Projectnummer	11203227-002
Document ID	11203227-002-BGS-0017
Pagina's	41
Status	definitief

Auteur(s)

	Mike Woning Roelof Stuurman	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Mike Woning	Saskia Hommes - Slag	Remon Pot	
				

Management samenvatting

Dit pilot Klimaatbestendige Wegen heeft als scope het leggen van de relatie tussen klimaatbestendigheid van wegen en de rol die de bodem en duurzaam gebruik van de ondergrond daarbij spelen.

Er zijn twee stukken snelweg onderzocht: A7/A8 (tracé Amsterdam – Hoorn) en A20 (tracé Nieuwerkerk aan de IJssel – Gouda). Deze twee locaties zijn geselecteerd mede omdat uit de landelijke stresstest is gebleken dat deze stukken snelweg kwetsbaar zijn voor onder andere droogte.

Uit de pilotstudie blijkt dat er te weinig gearchiveerd en gemonitord wordt op en rondom de weg om het schademechanisme aan de weg door droogte goed te doorgronden. Het is daarom nog niet goed mogelijk om te kunnen voorspellen hoe dit verandert als gevolg van toekomstige externe veranderingen. Om deze reden bestaan de conclusies van deze pilot uit aanbevelingen om het inzicht in de mechanismen te vergroten met specifieke aanbevelingen op het gebied van asset informatie, meet- en monitoringstechnieken.

Aanpak van het onderzoek

Vanuit de praktijk blijkt het schademechanisme van rijkswegen voor droogte niet eenduidig. Dit onderzoek brengt schematisch in beeld welke oorzaken kunnen leiden tot deformatie van een ongefundeerde weg (zandcunet zonder palen) op slappe bodem en welke gevolgen dat kan hebben. Vervolgens is voor de twee tracé's informatie verzameld over de opbouw van de weg, bodem- en grondwatersituatie, het gedrag van de weg als gevolg van droogte en veranderingen in externe factoren. Vervolgens geeft een risicoanalyse inzicht welke factoren de kwetsbaarheid van de weg beïnvloeden. Tot slot zijn kansen en bedreigingen vanuit de ondergrond en omgeving in kaart gebracht om mee te nemen bij het aanpassen van twee specifieke stukken snelweg (A7/A8 en A20).

Aanbevelingen

- Maak de opbouw van de bestaande weg, inclusief de bermen en bermsloten, beter bekend/toegankelijk. Deze waren voor dit project grotendeels niet beschikbaar. De kennis van de opbouw van de bestaande weg (gebruikte materialen, breedte en dikte cunet, onderliggende grondslag) is onmisbaar voor wegverbredingsprojecten en zeker om toekomstig gedrag van de weg, inclusief verbreding te voorspellen. Investeren in het tijdig ophalen en/of toegankelijk maken van deze kennis is daarom essentieel. Dit kan in sommige gevallen door archief onderzoek maar actief veldonderzoek is vaak hierbij essentieel. Leg het zettingsgedrag van de weg betrouwbaar, vast en monitor dit gedrag, liefst over langere tijd. Dit geeft enerzijds direct inzicht in het huidige gedrag van de weg; hierop dient het ontwerp van de verbreding te worden aangepast. NB om het huidige gedrag van de weg vast te stellen is het niet nodig om tientallen jaren te monitoren. Echter daarnaast geven lange termijn monitoringsgegevens, o.a. aan de hand van satellietgegevens, handvatten om het schademechanisme en de daarmee samenhangende kwetsbaarheidsfactoren beter te begrijpen.
- Zorg voor meer inzicht in de fluctuatie van het freatische oppervlak in relatie tot de wegconstructie ten opzichte van klimatologische factoren. Dit is onmisbaar om toekomstig gedrag te voorspellen. Dit inzicht wordt verkregen door de aanleg van een grondwatermeetnet, waar in het kader van het KPP project Klimaatbestendige netwerken in 2019 mee gestart is.
- Combineer de informatie over de opbouw van de weg met het inzicht in de fluctuatie van het freatisch vlak en de afhankelijkheid van (polder)peilen en het gedrag van de weg om het schademechanisme droogte en hoe deze samenhangt met klimatologische factoren beter te

begrijpen. Op basis van deze inzichten kunnen vervolgens betere voorspellingen gedaan worden met betrekking tot toekomstig gedrag van de weg. Dit leidt tot betere klimaatbestendige ontwerpen en het nemen van effectievere maatregelen om wegen klimaatbestendig te maken tegen droogte.

Inhoud

Management samenvatting	4
1 Inleiding, doel en aanpak pilot	7
1.1 Beschrijving project “UP DNA van de stad en omgeving”	7
1.2 Doelstelling van de pilot Klimaatbestendige snelwegen	7
1.3 Voorgestelde aanpak en leeswijzer	8
2 Systeem beschrijving	9
3 Informatie verzamelen	13
3.1 Opbouw van de weg	13
3.2 Bodem- en grondwatergegevens	15
3.3 Zettingsgedrag van de weg	15
3.4 Omgeving	16
4 Risico analyse: samenvoegen, aanscherpen en analyseren van gevonden informatie	17
4.1 Risico analyse	17
4.2 Verklaren zettingsgedrag van de snelweg	20
4.3 Gedrag in de toekomst: extrapoleren en voorspellen	21
4.4 Generieke adviezen	22
4.5 Specifieke adviezen A7/ A8	23
4.6 Specifieke adviezen A20	24
5 Appendices	26

1 Inleiding, doel en aanpak pilot

1.1 Beschrijving project “UP DNA van de stad en omgeving”

In Nederland is er een schat aan kennis beschikbaar over onze bodem en ondergrond. Die kennis is heel nuttig om te gebruiken bij beleids- en ontwerp vragen over klimaatadaptatie en – mitigatie. Maar dat gebeurt nog te weinig. Het consortium van het project DNA van de stad en omgeving probeert daar verandering in te brengen. Het consortium van DNA van de stad en omgeving onderzoekt hoe je de vele beschikbare data en informatie uit de bodem- en ondergrondsector toegankelijk kunt maken in de klimaatsector. Hoe kun je ervoor zorgen dat bijvoorbeeld ontwerpers, adviseurs en studenten deze kennis zelf kunnen toepassen? De onderzoekers willen de verbanden tussen kennis en praktijk versterken en de relaties tussen de verschillende thema's en maatschappelijke opgaven inzichtelijk maken. Het onderzoek gebeurt via zes pilots. Deze rapportage is gericht op één van deze zes pilot, namelijk de pilot Klimaatbestendige netwerken.

1.2 Doelstelling van de pilot Klimaatbestendige snelwegen

In deze pilotstudie wordt onderzocht hoe snelwegen klimaatbestendiger gemaakt kunnen worden en hoe de bodem en ondergrond daarbij duurzaam gebruikt wordt. Daarvoor bekijken de onderzoekers een stuk snelweg van de A7/A8 (tracé Amsterdam – Hoorn) en een stuk van de A20 (tracé Nieuwerkerk aan de IJssel – Gouda), die beide verbreed gaan worden. De resultaten uit de pilot worden tevens gebruikt om advies te geven aan de twee projectteams van Rijkswaterstaat die de stukken snelweg gaan aanpassen.

Uit analyses van Deltares uit 2019¹ blijkt dat beide stukken weg potentieel kwetsbaar zijn voor onder andere droogte. Met deze pilotstudie wordt verder ingegaan op de potentiële kwetsbaarheid gegeven de (oorspronkelijke) ondergrond en kans op grondwaterstandsverlagingen in de omgeving van de weg nu en in de toekomst. De pilot bestaat uit de volgende stappen:

- De droogtekaarten die zijn gebaseerd op de analyse van 2019 worden waar mogelijk aangevuld. Dat wordt gedaan door verschillende gegevens toe te voegen, zoals specifieke data van de ondergrond en het grondwater onder en in de stukken snelweg, en de locatie van duikers en onderdoorgangen onder de weg door. De resultaten van de aangescherpte droogtekaarten worden vervolgens naast bestaande indicatieve analyses op basis van satellietmetingen van de afgelopen jaren van de snelweg gelegd.
- De resultaten van de droogtekaarten en indicatieve analyses op basis van satellietmetingen zullen worden aangevuld en gespecificeerd met ervaringen vanuit beheer en onderhoud.
- De kansen en bedreigingen vanuit de ondergrond en omgeving worden meegenomen. Hoe kun je daar rekening mee houden bij het aanpassen van de stukken snelweg?

¹ Deltares, 2019, Gevoeligheid van het hoofdwegennet voor klimaatverandering, Deltares rapport 11203738-003-BGS-0004

1.3 Voorgestelde aanpak en leeswijzer

In de pilot zijn een aantal stappen doorlopen. Deze stappen zijn hieronder beschreven, voorafgegaan door een systeembeschrijving. De hoofdstappen zijn:

- Systeembeschrijving (hoofdstuk 2).
- Data en informatie verzamelen (hoofdstuk 3). Om toekomstig gedrag van de weg te kunnen voorspellen is het van belang om het huidige gedrag te kennen en te begrijpen.
- Risico analyse (hoofdstuk 4). Als de data en informatie zijn verzameld dan moet deze worden samengevoegd, geanalyseerd en gevalideerd worden. Deze stap moet leiden tot inzicht in de mechanismen die leiden tot schade door zetting van de snelweg.
- Extrapoleren en voorspellen (hoofdstuk 0). Klimaatverandering (droogte) zal naar verwachting een toename van de zetting van de snelweg opleveren, bovenop bestaande bodemdalingsprocessen. Echter hoeveel extra zetting er verwacht mag worden en hoe/ waar zich dat voordoet levert waardevolle informatie op voor het gericht nemen van maatregelen.
- Maatregelen voorstellen voor projectteams (hoofdstuk 0). Een van de doelstellingen van dit project is het voorstellen van maatregelen aan de projectteams die bezig zijn met de verbredingen van de A7/A8 en van de A20. Deze maatregelen volgen uit de voorgaande stappen en richten zich op het beperken of voorkomen van zetting van de weg als gevolg van droogte.

2 Systeem beschrijving

In deze studie wordt gekeken naar de effecten van droogte op het hoofdwegennet. In regio's met slappe bodem wordt al snel het verband gelegd met bodemdaling. In dit hoofdstuk wordt het systeem van schade aan wegen in slappe grond gebieden, door droogte verder toegelicht.

Op een geologische tijdsschaal is het maaiveld dynamisch. Echter in het perspectief van ons normale doen en laten beweegt het maaiveld nauwelijks. Dat komt omdat de spanningen in de bodem (korrelspanning en grondwaterdruk) normaliter slechts beperkt veranderen. Echter op het moment dat er een bovenbelasting wordt aangebracht op het maaiveld, of het grondwaterniveau (en dus de grondwaterdruk) wordt veranderd moet er een nieuw evenwicht in de bodem gevonden worden. Vaak neemt de korrelspanning (of effectieve spanning) toe, en vindt deformatie plaats. Dit speelt vooral bij slappe bodems zoals we die in grote delen van Nederland kennen: de veen- en klei gebieden. Om te begrijpen hoe droogte effect kan hebben op een weg, is zowel kennis van de bodem en hoe deze reageert op veranderingen als ook van de wegconstructie zelf nodig.

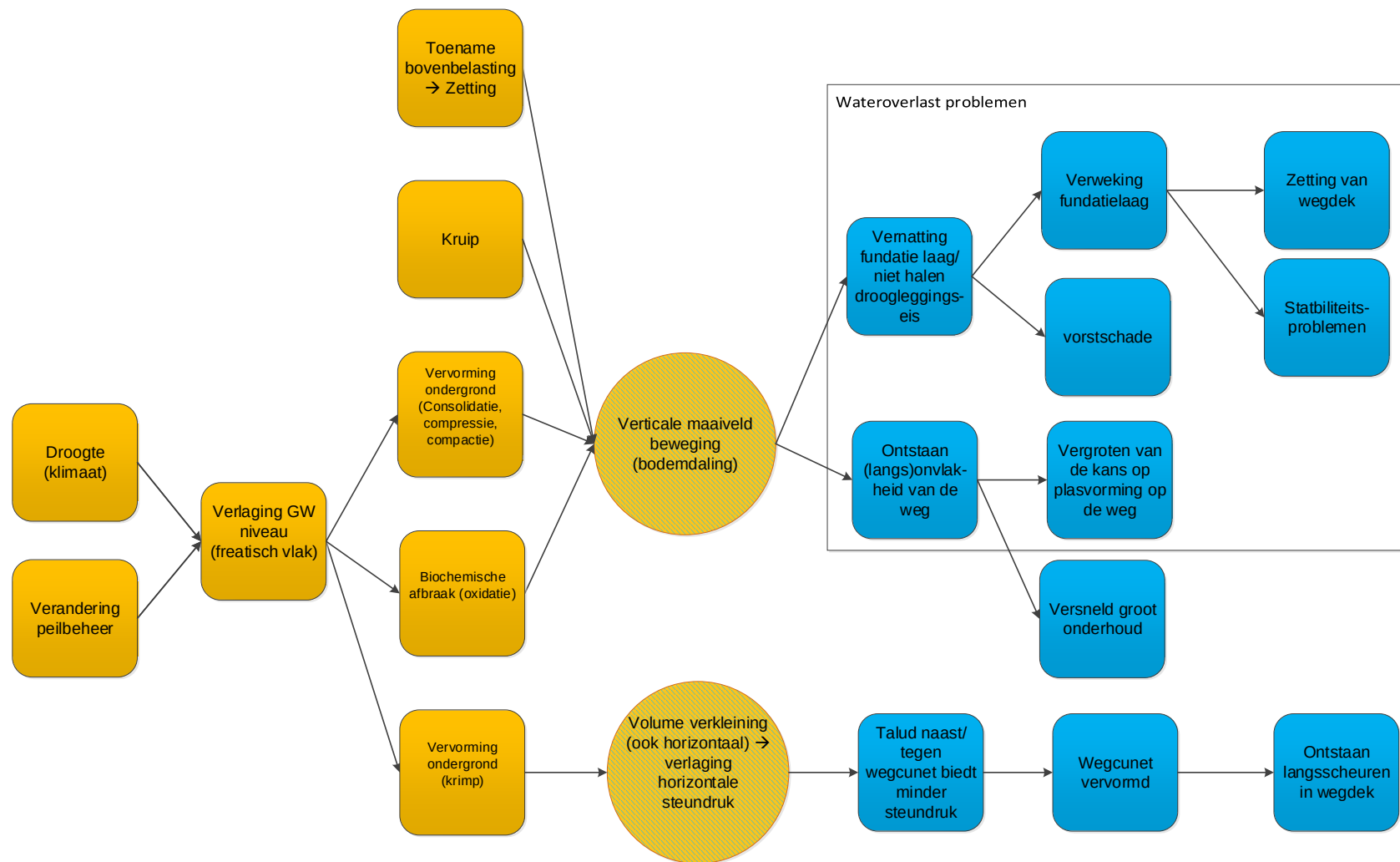
In appendix B wordt een deel van de Stowa website² geciteerd, met betrekking hoe de bodem reageert op een toename van de bovenbelasting. Hierin worden compactie en consolidatie en daarmee samenhangende mechanismen toegelicht.

Appendix C is een kopie van het product-methodeblad nummer 2: 'Zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains en extra overhoogte'³. Dit geeft een beknopt beeld van de basis aanlegmethode die op slappe bodems vaak wordt toegepast. Let op dat er afhankelijk van de situatie en ontwerpstrategie verschillende alternatieve aanlegmethoden zijn, die ook tot zeer verschillend zettingsgedrag kunnen leiden. Hieruit volgt dat het van groot belang is om het ontwerp en aanlegmethode van de weg te kennen om een voorspelling te kunnen doen met betrekking tot het gedrag van de weg.

Vanuit de praktijk blijkt het schademechanisme van rijkswegen voor droogte niet eenduidig. Onderstaande bow-tie (zie Figuur 1) geeft aan welke oorzaken (gele blokken) kunnen leiden tot deformatie van een ongefundeerde weg (zandcunet zonder palen) op slappe bodem en welke gevolgen (blauwe blokken) dat kan hebben.

² <https://www.stowa.nl/deltafacts/ruimtelijke-adaptatie/adaptief-deltamanagement/bodemdaling>

³ https://www.kivi.nl/uploads/media/58b0c0eb3f966/DWW_PMB_2.0_H02.pdf



Figuur 1 Bow-tie waarin de oorzaak-gevolg relaties worden weergegeven hoe droogte mogelijk tot schade kan leiden bij een weg. Gekozen is in het kader van dit onderzoek enkel de fysieke processen te benoemen, gerelateerd aan het top-event Verlaging grondwaterniveau. Daarom zijn in deze bow-tie analyse de monetaire en operationele consequenties (OPEX/Downtime) voor weggebruik niet beschouwd. Aanbevolen wordt om deze aspecten in relatie tot klimaatbestendigheid en toekomstige wegverbreding met de project teams in kaart te brengen.

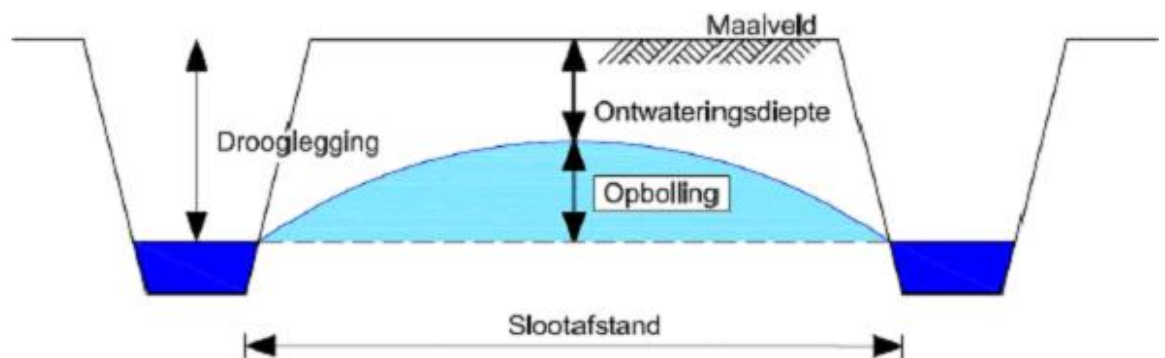
Oorzakenkant

Het schema geeft aan dat zowel een veranderend klimaat als verandering van peilbeheer (Waterschap) kunnen leiden tot verlaging van het grondwaterniveau (specifiek het freatisch vlak). Hierdoor neemt de korrelspanning in dieper gelegen lagen toe waardoor consolidatie/ compactie van deze lagen kan plaatsvinden. Als laatste kan verlaging van het freatisch vlak als gevolg hebben dat veen, dat eerst volledig onderwater stond, in contact komt met zuurstof en gaat oxideren. Bovengenoemde processen leiden allen tot een verlaging van het niveau van het maaiveld (bodemdaling).

Daarnaast kan verlaging van de grondwaterstand ook leiden tot een volume verkleining die niet alleen verticaal doorwerkt maar ook horizontale componenten heeft. Dit lijkt vooral een 'rand effect', met andere woorden dit speelt vooral op scheidingen van grondlichamen (bijvoorbeeld een talud/ cunet overgang).

Gevolgenkant

Bij gelijkblijvend polderpeil zal, nadat bodemdaling heeft plaatsgevonden, het grondwaterniveau dichter onder het maaiveld komen te liggen maar ook dichter onder het wegdek.



Figuur 2 Schematische weergave van (grond)waterstanden rondom een weglichaam met de daarbij behorende definities [bron: Ven et al, 2007, 'Ontwatering in stedelijk gebied']

Dit heeft vernatting van de fundatielaag van de weg tot gevolg. De ontwateringsdiepte kan dan mogelijk niet meer gehaald worden met als mogelijk gevolg vorstschade en/ of opvriezen. Daarnaast kan verweking van de fundatielaag mogelijk leiden tot een afname van het draagvermogen met als potentieel gevolg verzakken van het wegdek.

Als bodemdaling niet overal even sterk plaatsvindt, bijvoorbeeld door verschillen in de ondergrond en bij overgangsconstructies, dan heeft dit langsonvlakheid van de weg tot gevolg. Bij ontoelaatbare langsonvlakheid moet deze hersteld worden middels groot onderhoud. Met andere woorden, meer/ versnelde bodemdaling dan verwacht, kan leiden tot versneld groot onderhoud en de daarmee samenhangende kosten. Dit kan vooral leiden tot problemen bij aansluitpunten tussen niet-onderheide constructies (de weg) en gefundeerde constructies (bijv. kunstwerken zoals bruggen e.d.). Tevens kan langsonvlakheid leiden tot het vergroten van de kans op plasvorming op de weg.

Het omkaderde deel van de bowtie (Figuur 1) laat zien dat bodemdaling, kan resulteren in problemen met wateroverlast.

Op het moment dat de grond van een talud krimpt als gevolg van droogte, kan de horizontale steundruk naast het cunet afnemen. Hierdoor zou het cunet kunnen vervormen waardoor er (langsscheuren) in het wegdek kunnen ontstaan.

Merk overigens op dat voor bijna alle pijlen (tussen de gekleurde blokken in Figuur 1) een maatregel genomen kan worden die de oorzaak- gevolg relatie kan doorbreken of verminderen. Het is daarom van belang om te begrijpen welk van de oorzaak/ gevolg 'lijnen' (in het schema van de linkerkant naar de rechterkant) dominant is.

3 Informatie verzamelen

Om toekomstig gedrag van de weg te kunnen voorspellen is het van belang dat het huidige gedrag te kennen en te begrijpen. Hierbij spelen een aantal factoren:

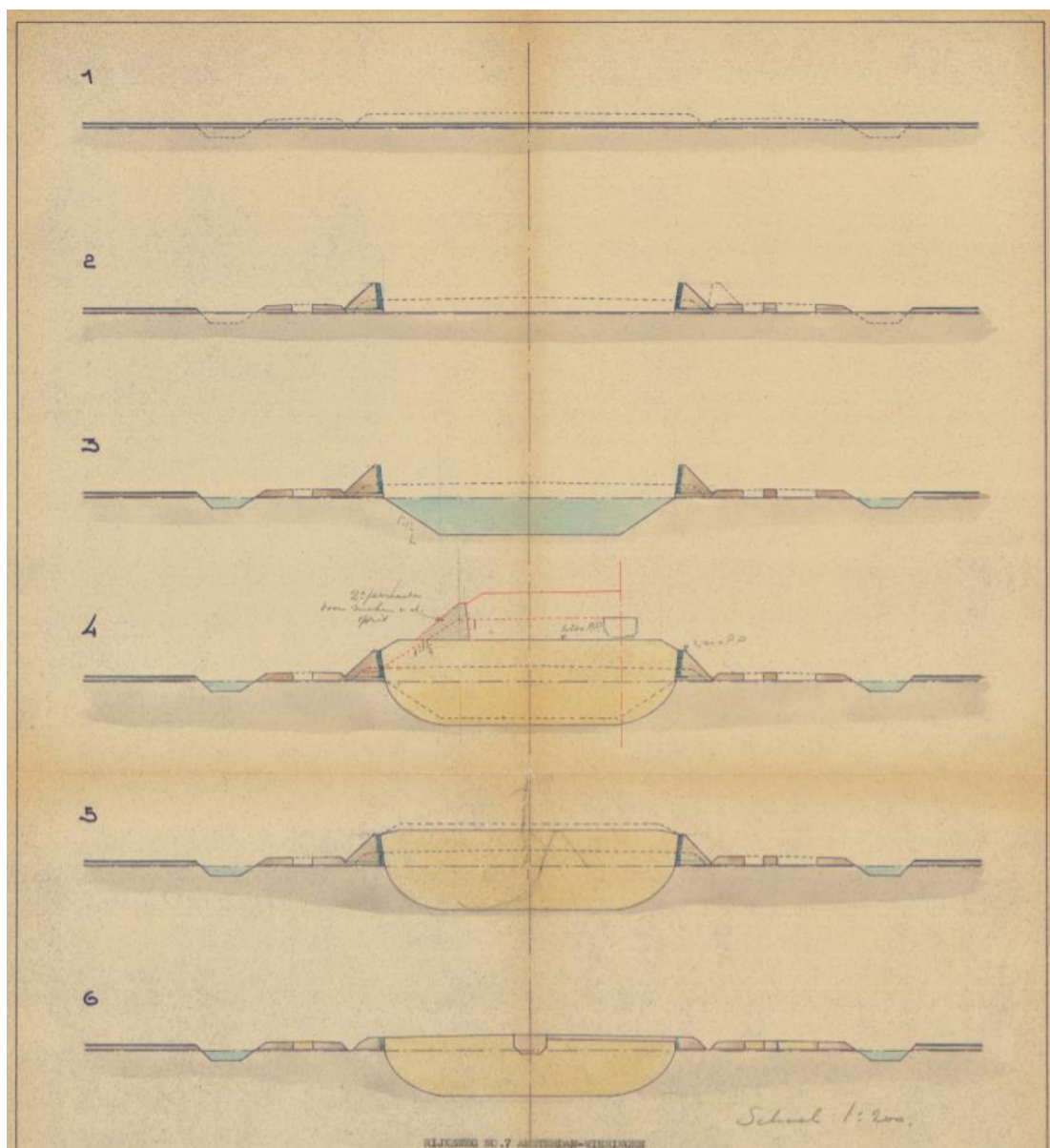
- Opbouw weg; hoe de weg is opgebouwd, hoeveel extra belasting levert de weg op de ondergrond ten opzichte van de originele situatie, welke (slappe) lagen onder het weglichaam zijn afgegraven, hoe zijn de sloten gedempt en waarmee, of er consolidatie versnellende maatregelen zijn toegepast, etc. zijn allemaal factoren die het (toekomstig) gedrag van de weg sterk kunnen beïnvloeden.
- Bodem- en grondwater situatie; welke ondergrond zich onder en naast de weg bevindt, bepaalt samen met de grondwatersituatie en de opbouw van de weg grotendeels het gedrag van de gehele constructie. Bestaande informatie ten aanzien van de bodemopbouw en grondwatersituatie zijn via Dinoloket/ BRO loket op te vragen. Let wel, het gaat hier om informatie van voorgaande projecten en onderzoeken. Met andere woorden, de beschikbare informatie kan niet, of maar deels passen op de benodigde informatie of kan verouderd zijn. Daarom kan dergelijke informatie prima indicatief worden gebruikt maar mag dergelijke informatie niet zomaar gebruikt worden als vervanging van gericht grondonderzoek.
- Gedrag van de weg als gevolg van droogte; inzicht in hoe schade aan de weg ontstaat, wat die schade inhoudt en hoe de schade samenhangt met droogte en/ of zetting van- of rondom de snelweg.
- Veranderingen in externe factoren zoals klimaatverandering en/ of verandering van de omgeving (bijvoorbeeld toekomstige aanpassingen van peilbeheer door waterschappen als gevolg van verandering van functie)

Als de bodemopbouw en grondwatersituatie en de opbouw van de weg bekend zijn, dan kan het gedrag van de weg theoretisch bepaald worden. De theorie kan dan met het daadwerkelijke gedrag van de weg vergeleken worden. Het daadwerkelijke gedrag van de weg kan vanuit de beheerder en/ of via satelliet metingen worden beschreven en levert potentieel inzicht op in de van belang zijnde schademechanismen en daarmee ook inzicht in hoe het gedrag van de weg zou kunnen veranderen bij veranderende externe omstandigheden.

Dit hoofdstuk geeft aan naar welke informatie gezocht is, welke bronnen daarvoor zijn geraadpleegd en of de informatie gevonden is. Voor een overzicht van alle gezochte informatie wordt verwezen naar appendix A .

3.1 Opbouw van de weg

Vaak wordt bij de aanleg van een (nieuwe) weg, de bovenste laag slap materiaal weggehaald. In het verleden werden zo soms zelfs alle slappe lagen weggegraven en werd het cunet op het Pleistocene zand aangebracht. De constructietekeningen van de weg geven inzicht in de dikte van het zandlichaam (cunet) en de diepte van het cunet.



Figuur 3 schematische weergave van een bouwmethode die destijds gebruikt is tijdens de constructie van een deel van de A7. Een significant deel van de bovenlaag (klei/ veen) wordt vervangen door (zwaarder) zand (1 – 4). Tevens wordt tijdelijke overhoogte aangebracht (4, 5). In dit voorbeeld zijn geen verticale drains gebruikt om het zettingsproces te versnellen

Dit levert inzicht op in de belasting op de ondergrond en daarnaast ook welke afzettingen zich nog onder de weg bevinden en hoe de grondwaterstand zich verhoudt tot de onderkant van het zandlichaam.

Informatie vinden over de opbouw van de te verbreden wegen bleek niet gemakkelijk. Binnen RWS was deze informatie niet beschikbaar. Via het oud DWW archief (beheerd door Deltares) konden weliswaar constructietekeningen van de A7/ A8 en A20 worden opgevraagd maar deze dekten niet-, of niet het gehele tracé af. De gevonden constructie tekeningen zijn voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D1); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E1).

De geschiedenis van de snelwegen (wanneer aangelegd, verlegd of verlengd, etc.) wordt beschreven op www.wegenwiki.nl. Deze informatie kan in theorie gebruikt worden om gericht te zoeken in papieren archieven.

3.2 Bodem- en grondwatergegevens

Vanuit DINO loket⁴/ BRO loket zijn veel boringen en sonderingen aanwezig. Hiermee kunnen automatisch dwarsprofielen gemaakt worden. Voor een dergelijke analyse op tracéniveau lijken deze dwarsprofielen voldoende inzicht te geven. De bodemprofielen zijn voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D2); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E2).

In DINOloket/ BROloket zijn ook gegevens ten aanzien van de grondwaterstand beschikbaar (peilfilter data). In sommige gevallen gaat het om langdurige metingen, waarbij regelmatig over de seizoenen heen gemeten is wat de grondwaterstand is op dat moment. Daarnaast wordt de grondwaterstand beïnvloed door het oppervlakte water. De A7/ A8 en A20 liggen grotendeels in polders waar het niveau van het oppervlakte water door het waterschap/ hoogheemraadschap wordt gereguleerd. Deze polderpeilen zijn voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D5); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E5).

Door bovenstaande informatie te koppelen aan droge perioden kan inzicht verkregen worden in hoeverre de grondwaterstand (of eigenlijk het freatisch vlak⁵) fluctueert. Vooral in gebieden waar de grond een lage (horizontale) doorlatendheid heeft, heb je het liefst meerdere meetpunten in de nabijheid van de weg. Deze bleken helaas niet voor handen.

NB Los van dit project lopen er sinds de zomer van 2019 op een vijftal locaties in het land, langdurige meting langs de snelweg die naar de toekomst toe, waarschijnlijk waardevolle informatie zullen leveren (dit onderzoek wordt gedaan binnen het KPP WR05 project Klimaatbestendige netwerken). Deze locaties liggen niet in de beoogde tracés van A7, A8 en A20.

Ook kunnen oude projectgegevens die niet in de DINO-/BRO- database zijn opgenomen informatie leveren ten aanzien van bodem- en grondwatergegevens.

3.3 Zettingsgedrag van de weg

Het daadwerkelijke zettingsgedrag van de weg kan op verschillende manieren beschreven of afgeleid worden. Satelliet metingen kunnen veel inzicht geven in hoe snel- en waar- de weg daadwerkelijk zakt. Echter de interpretatie van dergelijke InSar data vraagt veel kennis van hoe er gemeten wordt en hoe de weg zakt. Voor dit project waren de volgende indicatieve InSar metingen beschikbaar vanuit 'CONCEPT rapport Bodemdalingen (droogte) stress test HWN'⁶, deze zijn weergegeven in voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D7); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E7).

Verder is contact geweest met een beheerder van de A7/A8 (Jan Wever) en de A20 (Walter van der Ham) over de ervaringen die zij hebben met de respectievelijke snelwegen. De interviews zijn per email afgenomen i.v.m. de Corona crisis. De reacties zijn voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D8); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E8).

Als laatste is gekeken naar de TOEKAN database. Hierin worden geplande en uitgevoerde werkzaamheden op hectometerpaal en rijbaanniveau opgeslagen. Deze werkzaamheden worden gepland op basis van metingen (bijvoorbeeld langsvlakheidsmetingen) aan de weg. Het idee was om locaties die eerder en/ of vaker onderhoudswerkzaamheden nodig hadden te filteren en na te gaan of dit zou kunnen komen doordat hier meer zetting plaatsvond dan verwacht. Echter het bleek erg bewerkelijk om uit deze database dergelijke inzichten te verkrijgen. Daarbij ontstaat er

⁴ <https://www.dinoloket.nl/> en <https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen>

⁵ Het **freatisch vlak** (van het Griekse φρεά: omhulsel) (ook wel grondwaterspiegel of grondwatertafel) is de spiegel van het grondwater, die voorkomt in de verzadigde zone en waar alle grondporiën met water gevuld zijn [bron: wikipedia]. NB boven het freatisch vlak bevindt zich zuurstof dat kan leiden tot oxidatie van veen en/ of krimp van klei/ veen

⁶ 2019, Hans van Leeuwen, CONCEPT rapport Bodemdalingen (droogte) stress test HWN'

'ruis' omdat dergelijke inzichten afgeleid zijn van metingen zelf; logischer zou zijn om de meetdata te gebruiken. In het licht van bovenstaande is besloten dat de hoeveelheid moeite om de inzichten te verkrijgen niet in balans stond met de bruikbaarheid van de inzichten en daarom in deze analyse niet is toegepast.

3.4 Omgeving

In het kader van dit project is gezocht naar de plannen van/ in de directe omgeving van de weg. Over het algemeen gaat het om plannen met betrekking tot woningbouw, natuur en het oppervlaktewatersysteem (polder sloten en vaarten). Deze worden in Regionale structuurvisies gedeeld en zijn vaak in de MER (of vergelijkbare documenten) terug te vinden. Een overzicht van de toekomstige plannen in de omgeving is voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D9); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E9).

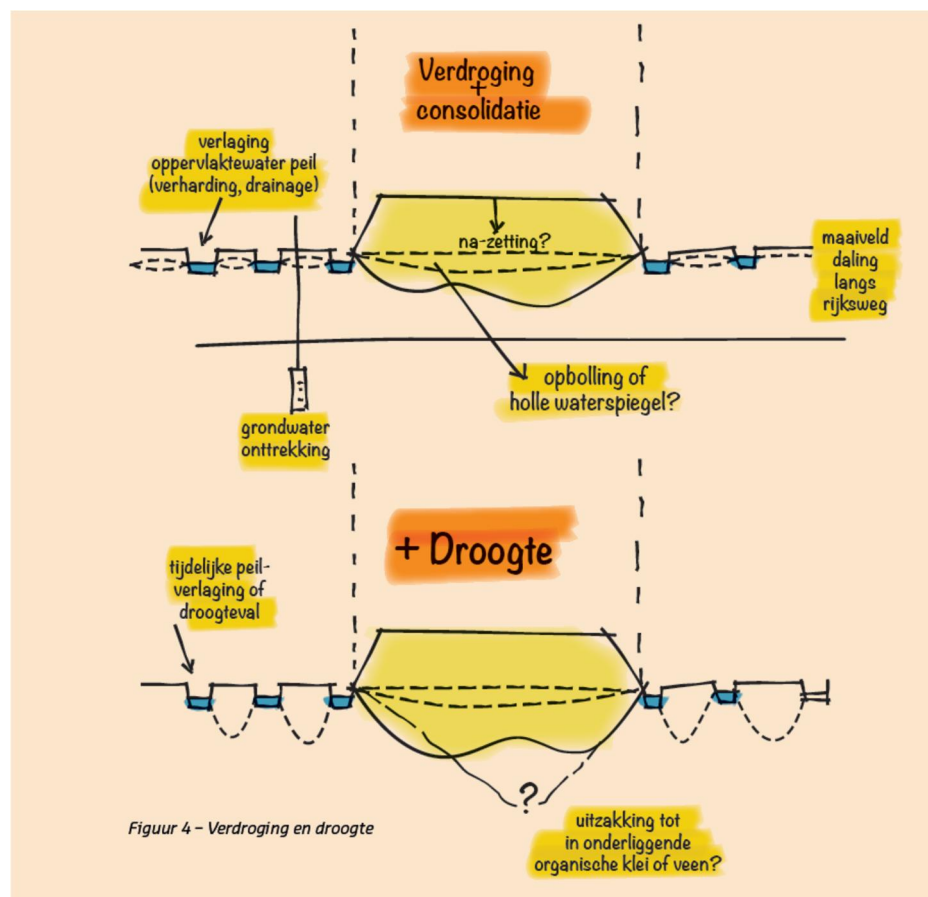
Tevens is voor deze pilots een site visit uitgevoerd door Deltares, om een indruk te krijgen van de tracés en de omgeving. Enkele foto's van tijdens de site visits zijn gegeven in appendix D (D11); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E11).

4 Risico analyse: samenvoegen, aanscherpen en analyseren van gevonden informatie

4.1 Risico analyse

De risicoanalyse moet leiden tot inzicht in welke factoren de kwetsbaarheid van de weg beïnvloeden. Deze analyse is het resultaat van het samenvoegen van bestaande data met nieuwe data en/ of het aanscherpen van bestaande data. Daarbij is het noodzakelijk de veranderingen in de factoren die leiden tot zetting van de weg, te koppelen aan het gedrag van de weg en daarmee het relevante schademechanisme(n) te begrijpen. Inzicht in de mate van belangrijkheid van de factoren op de resulterende totaal zetting levert ook aanknopingspunten voor het voorspellen van gedrag bij veranderende externe factoren en voor het nemen van maatregelen. Daarnaast wordt in deze stap ook een vergelijking gemaakt met bestaande kwetsbaarheidskaarten.

Voorop staat dat de kwetsbaarheid voor droogte het resultaat is van de combinatie tussen het (fysische) bodemdalingsproces en de eigenschappen van de snelweg. Daarom is inzicht in beide kanten nodig (zie ook hoofdstuk 2). De verwachting is dat het gedrag van de weg zou moeten samenhangen met de kwetsbaarheid voor droogte, daar waar verder geen specifieke zettingsreducerende maatregelen zijn getroffen. Oftewel daar waar de weg kwetsbaar is voor droogte, verwachten we normaliter ook de grootste zakkingen.



Figuur 4 Verdrogging en droogte onder het weglichaam (Deltares, 2018)

4.1.1 Eigenschappen van de snelweg en effect op risico analyse

Zoals in 3.1 aangegeven was de gevonden informatie ten aanzien van de opbouw van de wegen erg beperkt. Naar verwachting zal in ieder geval de deklaag (ca 1^e meter) voor de aanleg van beide tracés zijn verwijderd. Echter of er meer grond is weggehaald en dus wat de diepte van het zand cunet is, is voor beide tracés grotendeels onduidelijk. Ook de dikte van het weglichaam, inclusief cunet is onduidelijk voor beide tracés.

Door het ontbreken van betrouwbare informatie ten aanzien van de constructie van de weg (en daarmee de grootte van de belasting, onderliggende grondlagen en vergelijk met diepte freatische vlak) wordt de risico analyse vrijwel onmogelijk gemaakt. Om een gedegen risico analyse uit te kunnen voeren is meer informatie over de opbouw van de weg nodig.

4.1.2 Kwetsbaarheid voor droogte

Uitgangspunt voor de kwetsbaarheid voor droogte zijn de landelijke stresstest⁷ kaarten. Voor droogte/ bodemdaling zijn de hierin gebruikte kwetsbaarheidsfactoren:

- grondslag
- kwel/ infiltratie
- afstand tussen bermsloten
- grondwaterstand/ drooglegging

De vraag is of we significante verbeteringen kunnen vinden die de stresstest kaart substantieel kunnen verbeteren. De kwetsbaarheid voor droogtekaarten van de stresstest zijn voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D10); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E10).

4.1.2.1 Grondslag

De gevonden informatie uit DINO loket/ BRO loket is vergeleken met de gebruikte grondslag voor de stresstest kaarten. Dit is weergegeven voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D1); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E1).

Voor de A7 A8 lijkt de inschatting gemaakt voor de droogtekaarten van de stresstest te voldoen. De verschillen die er zijn lijken vooral semantisch.

Voor de A20 lijken er ten NW van de op-/ afrit 18 Moordrecht beperkte verschillen. De verschillen hangen met elkaar samen en lijkt vooral een semantisch verschil te zijn (landelijke stresstest: veen & moerige⁸ klei; huidige inschatting: klei op veen en grenzen tussen bodemsoorten die beperkt verschillen).

4.1.2.2 Kwel/ infiltratie

Voor wat betreft kwel en infiltratie is er geen nieuwe informatie ten opzichte van gebruikte data in KBN Stresstest. De gebruikte kaartlagen zijn weergegeven voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D3); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E3).

4.1.2.3 Afstand tussen bermsloten

Hierbij wordt de afstand tussen de bermsloten aan weerskanten van de snelweg bedoeld. Tussen de sloten 'bolt het freatisch vlak op' in natte perioden (zie ook Figuur 2). Naarmate deze afstand toeneemt kan de opbolling ook toenemen waardoor de vereiste drooglegging mogelijk in gevaar kan komen.

Door de verbreding zal de afstand tussen de bermsloten per definitie toe nemen en daarmee neemt de potentie tot opbolling van het freatisch vlak ook toe. Om opbolling te beperken is het

⁷ Deltares, 2019, Gevoeligheid van het hoofdwegennet voor klimaatverandering

⁸ In de Nederlandse bodemclassificatie vormen de moerige gronden de overgang van de veengronden (meer dan de helft moerig materiaal) naar de minerale gronden (bron: wikipedia)

gebruikelijk is om een brekerlaag (grofkorrelig materiaal) aan te brengen in het cunet of een gesloten bak toe te passen⁹. Echter het is niet bekend hoeveel de afstand tussen de berm sloten zal toenemen, noch of er maatregelen moeten worden getroffen om de hoeveelheid opbolling te beperken. Dit wordt pas later in het ontwerp proces bepaald. Het is daarom niet zinvol om deze kaartlaag aan te passen. De kaartlagen die gebruikt zijn voor de landelijke stresstest zijn gegeven in appendix D (D4); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E4).

4.1.2.4 Grondwaterstand/ drooglegging

Beide te verbreden tracés liggen grotendeels in polders waar het polderpeil actief wordt gestuurd door het waterschap. De polder is ingedeeld in peilvakken waarbinnen het peil in de sloten en vaarten actief binnen een minimum- en maximumwaarde wordt gehouden. Deze kan seizoen afhankelijk zijn (zomerpeil/ winterpeil), afhankelijk van de lokale situatie (ecologie, natura2000, ruimte voor buffering, etc.). Deels heeft dit een dempend effect op fluctuaties van de grondwaterstand. Echter de grondwaterstand is daarnaast sterk afhankelijk van het weer, waarbij in droge perioden het freatisch vlak (sterk) kan dalen ondanks redelijk constant waterpeil in omliggende sloten. Idem kan de grondwaterstand tijdens langdurige perioden van veel neerslag hoger komen te staan dan het waterniveau in de sloten.

Idealiter is er daarom inzicht in de fluctuaties van het freatisch vlak als functie van het weer. Deze informatie was helaas niet voor handen.

Er zijn geen aanvullingen op de gebruikte peilvakken en waterstanden daarbinnen, die gebruikt zijn in de landelijke stresstest. Wel is duidelijk geworden dat op het moment dat er op de peilvakken kaarten sterk wordt ingezoomd om op tracé niveau een analyse te doen, de getrokken grenzen soms een onwaarschijnlijke locatie hebben ten opzichte van de weg, bv. onder de snelweg. Enkele voorbeelden hiervan zijn voor de A7/ A8 gegeven in appendix D (D5); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E5). Een aanscherping van deze informatie is weliswaar mogelijk maar of dit noodzakelijk is, is afhankelijk van het detailniveau waarop de situatie/ locatie beoordeelt wordt en is dus ook afhankelijk van het detailniveau waarop het schademechanisme speelt.

4.1.2.5 Gefundeerde kunstwerken

In de landelijke stresstest is de aanwezigheid van duikers en onderdoorgangen niet meegenomen. Voor provinciale- en gemeentelijke wegen vormen de overgangen tussen ongefundeerde weg en 'vaste', gefundeerde objecten zoals bruggen, duikers en onderdoorgangen probleemlocaties door het verschil in zettingsgedrag. We zien dan vaak dat de vaste objecten als bobbel in de weg worden gezien; men ziet hier dan ook dat de langsvlakheid in het geding komt. Er is geen reden om aan te nemen dat dit voor snelwegen anders zou zijn. Daarom zijn dergelijke gefundeerde kunstwerken als kwetsbare locatie opgenomen

De locaties van dergelijke gefundeerde objecten is voor de A7/ A8 gegeven in appendix 5D (D6); voor de A20 zijn deze weergegeven in appendix E (E6).

Verder zijn de locaties van taluds ook aangegeven. Locaties waar de weg op een hoger talud ligt, bijvoorbeeld op-/ afritten voor viaducten leveren een hogere belasting op de ondergrond op. De hogere belasting kan leiden tot meer zetting. Tegelijkertijd worden dergelijke constructies vaak robuuster (bijv. met paalmatrassystemen) ontworpen. Door voorgaande is het niet duidelijk of de taluds van op- en afritten nu een groter risico vormen voor bodemdaling of niet. Dit is ook niet naar voren gekomen uit de gesprekken met de beheerders.

⁹ Email Iwan Klein (RWS, geotechniek) dd 4/8/2020

4.2 Verklaren zettingsgedrag van de snelweg

In deze paragraaf wordt onderzocht of het zettingsgedrag van de weg verklaard kan worden door 'kwetsbaarheid voor droogte' en/ of 'eigenschappen van de snelweg'.

4.2.1 Vergelijk met gebruikte InSar data

Voor de A7/ A8 wordt in appendix D (D10) een vergelijk gemaakt tussen de landelijke Stresstest kaart (éindoordeel kwetsbaarheid voor droogte) en de InSar satelliet metingen ('Bodemdaling mei 2015 – mei 2017' en 'Bodemdaling mei 2017 – mei 2019'). Hetzelfde vergelijk wordt voor de A20 in appendix E (E10). gemaakt.

Bij het A7 A8 tracé zien we dat de gebruikte InSar data van de afgelopen aantal jaren goed overeen lijken te komen met de KBN Stresstest kwetsbaarheidskaart voor droogte. Met name het deel tussen afrit 2 Zaandijk en afrit 8 Hoorn komt goed overeen. Echter het tracé tussen afrit 18 Amsterdam- Tuindorp Oostzaan en afrit 2 Zaandijk komt niet overeen. Hier geeft de KBN kwetsbaarheidskaart voor droogte een hoge gevoeligheid voor droogte maar is de gemeten zakking zeer gering. Mogelijk dat de A8 hier (zeer) robuust/ zettingsongevoelig is aangelegd. Daarnaast zijn er een paar punten (onderdoorgangen/ duikers) die op de InSar kaarten veel zakking laten zien ten opzichte van de omliggende (ongefundeerde) snelweg.

Bij de A20 lijkt er minder overeenkomst te zijn tussen de KBN kwetsbaarheidskaart en de InSar data dan bij de A7 A8. Significante delen van de A20 (zuidelijk deel: tussen Afrit 17 Nieuwerkerk a/d IJssel en de 3^e Tocht, noordelijk deel: tussen Spoorbrug A20 Moordrecht en het Gouwe Aquaduct) zijn op de KBN Stresstest kaart als kwetsbaar tot zeer kwetsbaar aangemerkt terwijl de InSar metingen van de afgelopen aantal jaren zeer beperkte zettingen laten zien. Ook dit verschil is lastig te verklaren; mogelijk dat de A20 ook hier zeer zettingsongevoelig is aangelegd of gereconstrueerd of dat dit gebied om een andere reden weinig last heeft gekend van de droogte van de afgelopen jaren of een combinatie van bovenstaande. Tevens zien we ook hier een onderdoorgang (bij afslag 18 Moordrecht) die volgens de InSar metingen meer zakking laat zien dan de ongefundeerde omgeving. Ook dit is opmerkelijk (de mogelijkheid van aanwezigheid van houten palen zou hier bekeken kunnen worden).

Het vergelijk tussen de KBN stresstest kwetsbaarheidskaarten en de beschikbare InSar laat onvoldoende overeenkomsten zien om conclusies te trekken ten aanzien van het zettingsmechanisme. Gezien het opmerkelijke gedrag van de gefundeerde constructies, is meer begrip van de achtergrond bij deze InSar metingen nodig.

Desondanks is het gebruik van zakkingsmetingen om meer inzicht te krijgen in het schademechanisme noodzakelijk. Hierbij is van belang dat zoveel mogelijk factoren zoals constructie van de weg, bodem- en grondwater opbouw (en fluctuatie) bekend zijn.

4.2.2 Vergelijk met ervaringen wegbeheerders en TOEKAN

Vanuit de ervaringen van de wegbeheerders kunnen geen plekken worden aangewezen die meer/ minder kwetsbaar zijn voor bodemdaling.

Vanuit het TOEKAN systeem lijkt er een mogelijkheid om uit het voorgenomen onderhoud af te leiden welke delen van de weg kwetsbaarder zijn, o.a. voor droogte. Dit lijkt niet mogelijk binnen de scope van dit project en is daarom niet verder uitgewerkt. Merk op dat voorgenomen onderhoudswerkzaamheden in de TOEKAN database gebaseerd zijn op observaties/ metingen. Naar verwachting is het efficiënter en betrouwbaarder om deze informatie te gebruiken dan te proberen af te leiden uit TOEKAN.

4.2.3 Conclusie verklaren zettingsgedrag van de weg

Op basis van bovenstaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van het gedrag van de weg en het achterliggende schademechanisme door droogte:

- Er is beperkte correlatie tussen de KBN kwetsbaarheid voor droogte kaarten en het gemeten gedrag van de weg op basis van de indicatieve analyse op basis van InSar metingen van de afgelopen aantal droge jaren. Hierdoor kan het schademechanisme van de weg voor droogte en de daarmee samenhangende factoren (waaronder de constructie van de weg en fluctuatie van het freatisch vlak) nog onvoldoende worden geduid.
- We zien in deze InSar metingen een aantal opvallende resultaten. Meer inzicht in zowel de InSar metingen als in de kwetsbaarheidsfactoren is gewenst.
- Betrouwbare zettingsmonitoring door middel van InSar, gevalideerd met andere hoogtemetingen lijkt een nuttig middel om het gedrag van de weg en daarmee de schademechanismen (beter) te begrijpen. Bij voorkeur hoog resolutiemetingen.
- Er is geen aanleiding om de factoren die gebruikt zijn in de KBN Stresstest op dit moment aan te passen. Het zou goed zijn om de KBN Stresstest resultaten voor droogte te valideren met gegevens uit de praktijk.
- Om de aard en omvang van het schademechanisme van de weg voor droogte te begrijpen (en daarmee ook validatie van de KBN Stresstest aanpak) is in ieder geval nodig:
 - Meerjarige monitoring van het gedrag van de weg, zodanig dat de locaties en gevolgen van seizoenseffecten (droogte) inzichtelijk worden; dit kan deels via InSar metingen en deels via toegankelijke registratie van droogteschades.
 - Inzicht in de opbouw van de weg (en de bodem)
 - Inzicht in de fluctuatie van de grondwaterstand in de nabijheid van- en onder-, de weg, in absolute zin en relatief ten opzichte van het cunet en het (polder)peil

4.3 Gedrag in de toekomst: extrapoleren en voorspellen

Uit bovenstaande is duidelijk dat we eigenlijk onvoldoende inzicht hebben in het schade mechanisme door droogte voor snelwegen en hoe de daarin belangrijke kwetsbaarheidsfactoren een rol spelen. Hierdoor is het niet mogelijk om een (kwantitatieve) voorspelling te doen van de hoeveelheid zakking van de snelweg als gevolg van toenemende droogte in de toekomst. Wel kunnen we zeggen dat er een aantal externe factoren in de toekomst naar verwachting zullen veranderen:

1. het klimaat; klimaatverandering werkt anders door in de zomer dan in de winter. In de zomer is de verwachting dat het aantal droge perioden zal toenemen maar tegelijkertijd zullen de buien naar verwachting intenser zijn (er valt minder neerslag maar als het regent, regent het harder). In de winter worden nattere perioden verwacht (er valt over de gehele winter gezien meer mm's regen). We verwachten op basis hiervan dat de natuurlijke grondwaterstand (freatisch vlak) meer naar boven als naar beneden zal fluctueren. Naar verwachting zullen wegen in de toekomst daarom meer effecten van droogte ondergaan dan nu het geval is.
2. de omgeving. Aansluitend bij #1 (hierboven) kan het polderpeil langs de tracés als mogelijke variabele worden gezien. In 4.1.2.4 wordt aangegeven dat er een (grof) verband is tussen polderpeilen en grondwaterstand. Het polderpeil wordt gestuurd door het waterschap en hangt samen met de functie in het gebied. Daarbij is op een aantal locaties woningbouw in de omgeving van de weg voorzien (3.4). Wanneer deze wordt uitgevoerd en hoe is onbekend. Normaliter zal woningbouw leiden tot vergroting van de drooglegging in de nieuwe wijk(en) om kelders en tuinen droog te houden.
Dit kan effect hebben op de grondwaterstand in en om de weg. Een lagere grondwaterstand in de nabijheid van de weg vergroot de kans dat het freatisch vlak onder het cunet uitkomt en er oxidatie van veen of krimp van veen/ klei onder de weg kan plaatsvinden, dat leidt tot zakking. Ook daarom is het constant houden van het polderpeil, in overleg met het waterschap van belang om het gedrag van de weg over deze periode te kunnen voorspellen/ begrijpen. Adviezen projectteams

4.4 Generieke adviezen

In hoofdstuk 4 is aangegeven welke conclusies getrokken kunnen worden op basis van de beschikbare informatie. Hieruit blijkt dat gedetailleerd inzicht in hoe droogte doorwerkt op de snelweg ('het schademechanisme') nog onvoldoende bekend is om hele gerichte (kleinschalige) maatregelen voor te stellen. Hierdoor kunnen alleen zeer robuuste maatregelen worden voorgesteld of randvoorwaarden worden gesuggereerd ('houd rekening met...').

Zeer robuuste maatregelen tegen zakking van de weg, zoals vervangen van alle slappe lagen tot op het Pleistocene zand, op grote schaal aanpassen van de geotechnische eigenschappen van de slappe lagen of de weg funderen, bijvoorbeeld met behulp van een paalmatrassysteem zijn zeer kostbaar in aanleg. Als gevolg hiervan zullen naar verwachting zullen de LCC (Life Cycle Costs) ook hoog zijn maar dit moet worden geverifieerd. Dit geldt in mindere mate ook voor een uitvoeringswijze op basis van lichtgewicht materialen. Daarbij komt dat het voor de hand ligt om de weg zo aan te leggen dat het op vergelijkbare wijze reageert (zakt) als de huidige weg. Naast de kostenafweging, is het dus ook de vraag of bovengenoemde 'zeer robuuste maatregelen' technisch goed aansluiten op de huidige constructie (dat is constructie afhankelijk). Als laatste is het twijfelachtig of de (LCC) kosten van bovengenoemde maatregelen opwegen tegen de baten (=vermeden onderhoudskosten), ook omdat uit het gedrag van de weg (voor zover we die kunnen nagaan op basis van de beschikbare informatie) geen noemenswaardige (onvoorziene) extra onderhoudskosten worden geïdentificeerd. Kortom, dergelijke maatregelen kunnen pas worden meegenomen op het moment dat er meer bekend is over de huidige constructie en het daadwerkelijke gedrag van de bestaande weg en de daarmee samenhangende onderhoudskosten.

Een no-regret uitgangspunt/ maatregel is het ontwerp van de verbreding zo aan te passen dat de grondwaterstand/ freatisch vlak in en rondom de weg zo constant mogelijk is. Daarbij wordt aangeraden om ervoor te zorgen dat het freatisch vlak niet onder de onderkant van het cunet kan uitkomen.

Daarnaast levert de verbreding een mogelijkheid voor toekomstige projecten en voor kennisopbouw. Hiervoor wordt aangeraden om:

- Het ontwerp en constructie van de te verbreden delen goed te documenteren en beschikbaar en toegankelijk te maken. Leg hierbij specifiek vast:
 - Tot welke diepte grond is verwijderd voor het aanleggen van het cunet
 - Hoe sloten gedempt zijn
 - Waar bijzonderheden zoals gebouwen/ fundaties aanwezig waren en hoe daarmee is omgegaan
- Peilbuizen en/ of vochtsensoren te plaatsen om fluctuatie van het freatisch vlak langdurig (meerjarig) te monitoren. Om een goed beeld te vormen van de fluctuatie in en rond de weg wordt aangeraden om de peilbuizen/ sensoren in de middenberm en langs de berm van de weg aan te leggen. Voor monitoring vanuit de middenberm zijn telemetrische peilbuizen noodzakelijk. Dergelijke metingen kunnen aangevuld worden met satelliet metingen waar het bodemvochtgehalte gemeten wordt.
- Monitoring van het niveau (hoogte) van het wegdek te starten. Uit deze monitoring wordt idealiter afgeleid waar- en ten gevolge van welke- (seizoens)weersomstandigheden eventuele schade ontstaat. InSar metingen lijken hiervoor geschikt. Mogelijk moet gedacht worden aan het aanbrengen van specifieke (validatie) reflectoren naar de weg.

4.5 Specifieke adviezen A7/ A8

In het tracé van de A7/ A8 zitten een aantal overgangen tussen veenweidegebieden en droogmakerijen. Uit het gemaakte veldbezoek blijkt dat deze overgangen potentieel kwetsbaar zijn (zie Figuur 5).



Figuur 5 opkwellend grondwater aan alle 4 de hoeken van dit viaduct, dat op de grens tussen veenweide en polder ligt [foto door Roelof Stuurman (Deltares)]

Voor het opkwellen van het water is grondwaterstroming vanuit de ondergrond nodig. In dit geval treedt het water uit het talud. Er is daarom een (beperkte) overeenkomst met piping situaties zoals bij dijken. Er kunnen dan ook vergelijkbare maatregelen worden getroffen om dergelijke grondwaterstroming tegen te gaan zoals het plaatsen van drainage en/ of damwand. De vraag is echter of de grondwaterstroming voldoende sterk kan worden om uitspoeling te veroorzaken zoals bij dijken wel het geval is. Ook is de bron van het water op dit moment onbekend.

In Figuur 5 ligt de weg voldoende hoog boven het omliggende maaiveld, waardoor er op deze locatie geen problemen met drooglegging verwacht worden. Echter op andere delen van de tracés van de A7 en A8, ligt de weg laag ten opzichte van het freatisch vlak en is het behalen van voldoende drooglegging een punt van aandacht. Bij onvoldoende drooglegging kan in het uiterste geval verweking een rol gaan spelen. Een groter probleem lijkt vorstschade in de winter bij te geringe drooglegging. Merk op dat als gevolg van klimaatverandering verwacht wordt dat het aantal vorstdagen in de loop van de tijd zal afnemen. Mogelijk dat de drooglegging ook een probleem kan vormen doordat bij de verbreding van de weg de bermsloten verder uit elkaar komen te liggen. Hierdoor kan de opbolling tussen de sloten toenemen (zie ook 4.1.2.3). Verbreden van de weg, en daarmee aanpassen van de ligging van de bermsloten levert ook de mogelijkheid om plannen van Waterschappen ten aanzien van het watersysteem in de omgeving van de weg te integreren/ samen te werken.

De drooglegging kan op verschillende manieren gedeeltelijk gestuurd worden, zoals door middel van drainage¹⁰, aanpassen van de korrelgrootte verdeling in het cunet, verlagen van het waterpeil in de bermsloten of verhogen van de gehele weg (aanbrengen dikker zandlichaam).

¹⁰ Merk op dat drainage normaliter een ontwerplevensduur heeft van ca 2jaar. Dit is daarmee geen duurzame (meerjarige) oplossing

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 is een van de potentiële mechanismen waardoor droogte invloed heeft op het zettingsgedrag van de weg dat de berm/ het talud van de weg uitdroogt en krimp en of oxidatie van de grond naast de weg plaatsvindt waardoor het cunet na verloop van tijd gaat vervormen. Potentiële maatregelen hiertegen zijn:

- Vormvastheid cunet minder laten afhangen van de steundruk vanuit het talud. Dit kan door aanpassingen in grondslag talud, , aanbrengen verstevigende maatregelen. Ook kan de hellingshoek van het talud worden aangepast. Let wel, hierdoor neemt de afstand tussen de bermsloten ook toe. Hierin moet een optimum gevonden worden, eventueel in combinatie met onderstaande maatregel.
- Uitdrogen van het talud zoveel mogelijk voorkomen door het beperken van de fluctuatie van het polderpeil (in overleg met het Waterschap) door het optimaliseren van de afstand tot bermsloot en/ of het in contact brengen van het cunet met het polderpeil (er ontstaat dan een soort nieuwe bermsloot onder de weg).

Verder gaf de beheerder van de A7/ A8 (Jan Wever) zie appendix D (D8) een aantal aandachtspunten aan:

- de taluds nabij viaducten kwetsbaar zijn voor uitspoelingen op het moment dat het HemelWaterAfvoersysteem (HWA) niet goed functioneert. Dit is een ander probleem dan het voorbeeld in Figuur 5. De situatie die de beheerder beschrijft, ontstaat als veel water op een kunstwerk (bijv. viaduct) valt en niet via het HWA afgevoerd kan worden, bijvoorbeeld doordat de capaciteit onvoldoende is geworden door verstopping. Het water stroomt dan 'en masse' van het kunstwerk en loopt geconcentreerd op één plek de berm/ in/ het talud af. Hier kan door de grote hoeveelheid water, soms in combinatie met een hoge stroomsnelheid, oppervlakte erosie ontstaan. Maatregelen om deze situatie te beperken zijn naast voldoende onderhoud van het HWA, aanbrengen van erosie bescherming/ erosiebestendige vegetatie op de kwetsbare locaties, beperken van de stroomsnelheid op het talud door beperken hellingshoek en aanbrengen van langsgoten. Merk op dat het beperken van de hellingshoek van het talud ook een mogelijkheid levert om de ecologische waarde van het talud te vergroten.
- Tevens geeft de beheerder aan dat er goed gekeken moet worden naar de constructie van de vluchtstroken. In het verleden is gebleken dat deze niet zomaar tot rijbaan kunnen worden omgezet omdat het ontwerp niet hiertoe geëigend is. Dit kan problemen opleveren met verschilzettingen tussen de oude weg en het nieuwe, verbrede gedeelte. Ook hier is inzicht in de constructie van de weg dus van groot belang.

Daarnaast blijkt dat er woningbouw in omgeving van weg gepland is. De exacte locatie is niet bekend maar zal waarschijnlijk bij Purmerend plaatsvinden. Vaak leiden bouwwerkzaamheden tot aanpassingen van GW stand (blijvend). Daarom wordt, vooral op deze locatie, geadviseerd te kiezen voor een robuust ontwerp van de weg waarbij wijzigingen in de GW stand tot weinig- of geen zakking van de weg leiden.

Merk op dat de A8 in een gebied is dat aangemerkt wordt als zeer kwetsbaar voor droogte. Ondanks dat, laat de gebruikte InSar data weinig zakking van de weg zien. De oorzaak hiervan wordt gezocht in het ontwerp van de weg. Mogelijk kan het ontwerp van de A8 gebruikt worden om van te leren.

4.6 Specifieke adviezen A20

Op grote delen van het tracé van de A20, ligt de weg laag ten opzichte van het polderpeil en is het behalen van voldoende drooglegging een punt van aandacht. Bij onvoldoende drooglegging kan in het uiterste geval vermindering van draagkracht een rol gaan spelen. Een groter probleem lijkt vorstschade in de winter bij te geringe drooglegging. Merk op dat als gevolg van klimaatverandering verwacht wordt dat het aantal vorstdagen in de loop van de tijd zal afnemen.

De drooglegging kan op verschillende manieren gedeeltelijk gestuurd worden, zoals door middel van drainage¹¹, aanpassen van de korrelgrootte verdeling in het cunet, verlagen van het waterpeil in de bermsloten of verhogen van de gehele weg (aanbrengen dikker zandlichaam).

Het verbreden van de weg de bermsloten leidt normaliter tot het verder uit elkaar komen te liggen van bermsloten waardoor de uitzakking en opbolling tussen de sloten kan toenemen (zie ook 4.1.2.3). Tegelijkertijd levert verbreden van de weg, en daarmee aanpassen van de ligging van de bermsloten ook de mogelijkheid om plannen van Waterschappen ten aanzien van het watersysteem in de omgeving van de weg te integreren.

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 is een van de potentiële mechanismen waardoor droogte invloed heeft op het zettingsgedrag van de weg dat de berm/ het talud van de weg uitdroogt en krimp en of oxidatie van de grond naast de weg plaatsvindt waardoor het cunet na verloop van tijd gaat vervormen. Potentiële maatregelen hiertegen zijn:

- Vormvastheid cunet minder laten afhangen van de steundruk vanuit het talud. Dit kan door aanpassingen in grondslag talud, , aanbrengen verstevigende maatregelen. Ook kan de hellingshoek van het talud worden aangepast. Let wel, hierdoor neemt de afstand tussen de bermsloten ook toe. Hierin moet een optimum gevonden worden, eventueel in combinatie met onderstaande maatregel.
- Uitdrogen van het talud zoveel mogelijk voorkomen door het beperken van de fluctuatie van het polderpeil (in overleg met het Waterschap) door het optimaliseren van de afstand tot bermstoot en/ of het in contact brengen van het cunet met het polderpeil (er ontstaat dan een soort nieuwe bermstoot onder de weg).

Tijdens de analyse viel op dat de indicatieve Insar metingen bij de onderdoorgang (bij afslag 18 Moordrecht) juist meer zakking lieten zien dan de omliggende (niet gefundeerde) wegdelen. Er wordt aanbevolen om na te gaan wat hier de oorzaak van kan zijn.

De beheerder van de A20 had geen specifieke adviezen. Wel viel tijdens de site visit een aantal zaken op waarmee het projectteam rekening zou kunnen houden:

- Indien de verbreding over/ op de locatie van de huidige panden komt wordt aangeraden om de funderingspalen te trekken/ knippen om ongelijkmatige zettingen zoveel mogelijk te voorkomen (vergelijk met de situatie bij gefundeerde duikers/ onderdoorgangen). Als de palen worden getrokken dan dient het effect van het trekken van de palen op de grondwaterkwaliteit in acht te worden genomen
- Daarnaast wordt aanbevolen om rondom de panden te checken op aanwezige drainage en/ of GW onttrekkingsputten en hiermee rekening te houden in het ontwerp (wordt de onttrekking behouden of niet? Welke effect heeft de onttrekking gehad op de grondeigenschappen? Etc.)

Uit de bestudering van de omgevingsdocumenten blijkt dat het Waterschap ambities heeft om een aantal onderdoorgangen (2^e en 4^e Tocht) te vergroten. Hierbij kunnen de hieraan gerelateerde duikers mogelijk ook vervangen worden. Tevens leveren de werkzaamheden de mogelijkheid om de watergang naar het gemaal Zuidplas te vergroten, in lijn met de wens van het waterschap.

Daarnaast blijkt dat er woningbouw in directe omgeving van weg gepland is. De exacte locatie is niet bekend maar zal waarschijnlijk bij Nieuwerkerk Noord (gemeente Zuidplas) plaatsvinden. Vaak leiden bouwwerkzaamheden tot aanpassingen van GW stand (blijvend). Daarom wordt, vooral op deze locatie, geadviseerd te kiezen voor een robuust ontwerp van de weg waarbij wijzigingen in de GW stand tot weinig- of geen zakking van de weg leiden.

¹¹ Merk op dat drainage normaliter een ontwerplevensduur heeft van ca 2jaar. Dit is daarmee geen duurzame (meerjarige) oplossing

5 Appendices

A Overzichtstabel geïnventariseerde gegevens

omschrijving data		waar te vinden? evt. hyperlink	kenmerken						evt. aanvullende kenmerken
			landelijk, provinciaal/regionaal en lokaal (project specifiek of niet)	publiek of (niet) vrij beschikbaar (o.a. privacy, vertrouwelijkheid)	dynamisch/actueel of statisch/eenmalig	eigenaar/beheerder data	punt-, vlak of 3D informatie	brondata of bewerkt data	Opmerking 1
Geologie & (geo)hydrologie									
	Ondergrond gegevens- Nieuwe BodemFysische EenhedenKaart (2012)	https://www.wur.nl/nl/show/Bodemfysische-Eenhedenkaart-BOFEK2012.htm	landelijke dekking, geeft lokaal beeld	publiek	Statisch	Alterra	Vlak	Bewerkt	
	Kwel of infiltratie uit NHI (LHM3.4).	https://data.nhi.nu/	landelijke dekking, geeft lokaal beeld (o.a. BOFEK kaarten, zie hierboven)	publiek	?	Deltares	?	Bewerkt?	Website is informatief (interpretatie: je moet er geen ontwerp op baseren, hiervoor is gericht geohydrologisch onderzoek (peilfilters) nodig
	Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN)	www.ahn.nl	landelijk, geeft gedetailleerd lokaal beeld	publiek	actueel	AHN is een samenwerking van de provincies, Rijksoverheid en de waterschappen	vlak	?	
	Data en informatie van de Nederlandse ondergrond	www.dinoloket.nl	landelijke dekking, geeft lokaal beeld, in sommige gevallen (zo goed als) project specifiek	publiek	?	TNO geologische dienst Nederland	Vlak	Bewerkte data?	
	Basis Registratie Ondergrond (BRO)	https://basisregistratieondergrond.nl/	landelijke dekking, geeft lokaal beeld (niet project specifiek)	publiek	dynamisch (wordt geupdate obv aanvullende informatie)	MinBuZa	3D (100 x 100 x 0.5m)	bewerkt	Digitaal Geologische Model (DGM) REGIS II (hydrologisch model)
	Strategisch grondwatermeetnet Noord Holland	www.dinoloket.nl							
Aanleggegevens weg									
		Deels gevonden; tekeningen niet aanwezig voor gehele tracé Zie map: 'A7 DWW info (profielen)' en Overzicht van DWW info_filenames	project specifiek (onbekend of projectlocaties relevant zijn)	publiek?	Statisch	Deltares			Gegevens onvolledig, slechts indicatief gebruiken
	Oude projectgegevens DWW/ Grondmechanica Delft								
	Beschrijving voorkeursalternatief in Structuurvisie MIRT CAH mei 2019	bijlage-1-ontwerp-structuurvisie-corridor-amsterdam-hoorn-mei-2019 (1)	regionaal, projectspecifiek	publiek	statisch	Min va I& W		bewerkte data	
Plannen omgeving									
	Beschrijving voorkeursalternatief in Structuurvisie MIRT CAH mei 2019	bijlage-1-ontwerp-structuurvisie-corridor-amsterdam-hoorn-mei-2019 (1)	regionaal, projectspecifiek	publiek	statisch	Min va I& W		bewerkte data	De belangrijkste plannen worden genoemd maar niet nader geduid (exacte locatie)--> opvragen!
Overige weginformatie (Incidenten, schades, verkeer, etc)									
	Excelbestand wateroverlast 2018	Wateroverlast okt 2018 juli 2019	landelijk (A- en N-wegen)	onbekend	statisch	RWS	punt (hmp identificatie)	brondata	File heet 'wateroverlast okt 2018' maar bevat te veel ruis voor grondige analyse
	Netwerkmanagement Informatie Systeem (NIS) voor het hoofdwegenet van Rijkswaterstaat	https://nis.rijkswaterstaat.nl/	landelijk	publiek	?	RWS	?	?	
	Gebiedsatlas A7 A8 2016 (voorloper van Structuurvisie MIRT CAH 2019)	Gebiedsatlas A7 A8	regionaal, projectspecifiek	publiek	statisch	Min va I& W		bewerkte data	
	MIRT-verkenning CAH (Startdocument)	startdocument-mirt-verkenning-corridorstudie-amsterdam-hoorn.pdf	regionaal, projectspecifiek	publiek	statisch	Min va I& W		bewerkte data	
	Excelbestand 'WNN meldingen 2019' (wateroverlast)	WNN meldingen 2019.xlsx	project specifiek	onbekend	statisch	RWS	punt (hmp identificatie)	brondatat	Slecht bruikbaar; afgesproken hiet te veel tijd verder aan te spenderen
	TOEKAN	toegezonden output database in de vorm van excel files	project specifiek						
	UDLS	niet ontvangen							
	NIS/ SAW	niet ontvangen							
	Landelijk loket areaal gegevens	niet ontvangen							
Klimaat informatie									
	Inschatting droogtestress door klimaatverandering in KlimaatEffectAtlas	www.klimaatEffectAtlas.nl/nl/							
	Kwetsbare locaties voor droogte, wateroverlast, bermbrandStresstest KBN	reeds in bezit RWS	grotendeels landelijk	?	statisch	RWS/ Deltares	lijn element (HWN)	bewerkt	
	Beschouwing op de klimaatthema's wateroverlast, hittestress en droogtestress in 'Achtergrondrapport Klimaat en Duurzaamheid (PlanMER CAH)' mei 2019	rapport klimaat en duurzaamheid CAH, mei 2019.pdf	regionaal, projectspecifiek	publiek	statisch	Min va I& W		bewerkte data	

omschrijving data	bron	kenmerken							evt. aanvullende kenmerken	
		landelijk, provinciaal/regionaal en lokaal (project specifiek of niet)	publiek of (niet) vrij beschikbaar (o.a. privacy, vertrouwelijk, anders)		dynamisch/actueel of statisch/eenmalig	eigenaar/besleuter data	punt-, vlak of 3D informatie	brondata of bewerkt data		Opmerking 1
Geologie, (geo)hydrologie & geotechniek										
Ondergrond gegevens- Nieuwe BodemFysische EenhedenKaart (2012)	https://www.wur.nl/nl/show/Bodemfysische-Eenhedenkaart-BOFEK2012.htm	landelijke dekking, geeft lokaal beeld	publiek		Statisch	Alterra	Vlak	Bewerkt		
Kwel of infiltratie uit NHI (LHM3.4).	https://data.nhi.nu/	landelijke dekking, geeft lokaal beeld (o.a. BOFEK kaarten, zie hierboven)	publiek	?		Deltares	?	Bewerkt?		Website is informatief (interpretatie: je moet er geen ontwerp op baseren, hiervoor is gericht geohydrologisch onderzoek (peilfilters) nodig
Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN)	www.ahn.nl	landelijk, geeft gedetailleerd lokaal beeld	publiek		actueel	AHN is een samenwerking van de provincies, Rijksoverheid en de waterschappen.	vlak	?		
Data en informatie van de Nederlandse ondergrond	www.dinoloket.nl	landelijke dekking, geeft lokaal beeld, in sommige gevallen (zo goed als) project specifiek	publiek	?		TNO geologische dienst Nederland	Vlak	Bewerkte data?		
Basis Registratie Ondergrond (BRO)	https://basisregistratieondergrond.nl/	landelijke dekking, geeft lokaal beeld (niet project specifiek)	publiek		dynamisch (wordt geupdate obv aanvullende informatie)	MinBuZa	3D (100 x 100 x 0.5m)	bewerkt		Digitaal Geologische Model (DGM) REGIS II (hydrologisch model)
Advies zettingsberekeningen en stabiliteit in FUGRO rapport 'Geotechnisch onderzoek en advies zetting- en stabiliteit Verbreding A20 Nesseland tot Gouwe Aquaduct' (nov 2019)	Toegezonden rapport	project specifiek	publiek?		statisch	RWS/ FUGRO	dwarsprofielen	bewerkt		NB rapport geeft aan gebruik te hebben gemaakt van het bestaande wegontwerp!
Memo Gebruik van InSAR voor detectie bodemdalingstrends in Gouda	Toegezonden rapport	regionaal	publiek		statisch	Deltares		bewerkte data		De resultaten van deze studie geven aan dat de beschikbare 'standaard' InSAR data niet of slechts zeer beperkt bruikbaar zijn om meer zicht te krijgen op de invloed van (a) grondwaterstandsverlagingen en (b) onhoorinnen op de bodemdaling in Gouda
Aanleggegevens oude- en nieuwe-weg										
Oude projectgegevens DWW/ Grondmechanica Delft	Deels gevonden; tekeningen niet aanwezig voor gehele tracé Zie map: 'A20 DL053733'	project specifiek (onbekend of projectlocaties relevant zijn)	publiek?		Statisch	Deltares				Gegevens opgevraagd; geen doorsneden over alle karakteristieke delen
Beschrijving voorkeursalternatief in Notitie voorkeursalternatief MIRT verkenning A20 Nieuwerkerk a/d IJssel - Gouda maart 2019	toegezonden rapport	regionaal, projectspecifiek	publiek		statisch	Min va I& W		bewerkte data		
Plannen omgeving										
Klimaatadaptatie in planvorming A20	toegezonden rapport	regionaal. Project specifiek	publiek		statisch	RWS		bewerkte data		
Overige weg informatie (incidenten, schade, verkeer, etc)										
Netwerkmanagement Informatie Systeem (NIS) voor het hoofdwegennet van Rijkswaterstaat	https://nis.rijkswaterstaat.nl/	landelijk	publiek	?		RWS	?	?		
TOEKAN UDLS NIS/ SAW Landelijk loket areaal gegevens wegprofielen	toegezonden output database in de vorm van excel files niet ontvangen niet ontvangen niet ontvangen niet ontvangen									
Klimaat informatie										
Inschatting droogtestress door klimaatverandering in Klimaat-effectatlas	www.klimaat-effectatlas.nl/nl/									
Kwetsbare locaties voor droogte, wateroverlast, bermbrandStresstest KBN	Rapport	grotendeels landelijk	?		statisch	RWS/ Deltares	lijn element (HWN)	bewerkt		
Overzicht van klimaatrisico's en meekoppelkansen in 'Klimaatadaptatie in planvorming A20 - eindrapport' (nov 2018)	toegezonden rapport	regionaal, projectspecifiek	publiek		statisch	Min va I& W		bewerkte data		

B Beschrijving bodemdalingsmechanismen

Onderstaande is gekopieerd vanaf de Stowa website¹²

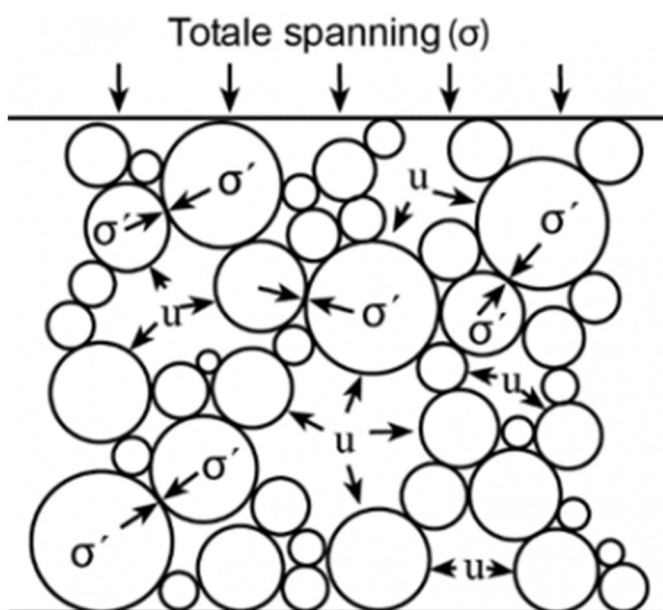
Compactie

Compactie is de mechanische verdichting van het korrelskelet. Bij die verdichting neemt de porieruimte af. Dit vertaalt zich direct naar een afname van de dikte van bodemlagen wat voor bodemdaling zorgt. Compactie treedt op als de effectieve spanning (of korrelspanning) toeneemt. De effectieve spanning (σ') wordt berekend met de formule van Terzaghi:

$$\sigma' = \sigma - \mu, \quad (1)$$

waar σ = totale spanning (gewicht van bovenliggend materiaal) en μ = waterspanning (Figuur 5).

De effectieve spanning kan toenemen als er een bovenbelasting [bijvoorbeeld, bouwwerkzaamheden] wordt aangebracht waardoor water en/of lucht uit de poriën worden gedrukt. Ook kan de effectieve spanning toenemen door het afnemen van water- of gasdruk in de poriënruimte waardoor het gewicht van alle ondieper gelegen bodemlagen en constructies minder door water of gas wordt gedragen en meer door het korrelskelet. Dat is bijvoorbeeld het geval bij onttrekkingen/bemalingen en bij verlaging van het freatisch peil.



Figuur 5. De totale spanning (bovenbelasting) is de som van de effectieve (korrel)spanning en de waterspanning (en de gasspanning, maar die is meestal verwaarloosbaar). Bron: van Asselen (2011).

Ook in de onverzadigde zone kan de effectieve spanning sterk toenemen door verdamping, afname van het bodemvocht en de daarmee gepaard gaande toename van de zuigspanning in de bodem. De laatste vorm van compactie wordt meestal aangeduid met 'krimp', deze term wordt verderop in deze Deltafact verder toegelicht.

Compactie is afhankelijk van de sterkteparameters van de bodem, waarbij veen en klei sterker samendrukbaar zijn dan zand. Iedere grondsoort heeft eigen samendrukbaarheidsparameters, die

¹² <https://www.stowa.nl/deltafacts/ruimtelijke-adaptatie/adaptief-deltamanagement/bodemdaling>

afhankelijk zijn van de samenstelling van de grond en de al doorgemaakte belastings- en compactiegeschiedenis. Omdat er diverse parameterdefinities worden gebruikt in verschillende formuleringen voor compactieberekeningen worden deze niet in deze Deltafact gespecificeerd.

Hieronder worden de verschillende termen toegelicht die betrekking hebben op compactie.

Consolidatie en compressie

Consolidatie is een term afkomstig uit de geotechniek en beschrijft het proces van compacteren van slecht-doorlatende lagen (Verruijt, 2001). Compactie van een met water verzadigde bodemlaag vereist dat er poriënwater uit de laag wegstroomt nadat de laag is belast. De snelheid waarmee het poriënwater wegstroomt, bepaalt de snelheid van compactie, en dus ook van de bodemdaling die de compactie veroorzaakt. Vooral voor dichte en dikke kleilagen gaat dat heel langzaam. In extreme gevallen kan de consolidatietijd (periode van ontwatering of fase van primaire consolidatie) honderden tot duizenden jaren bedragen. Voor de Holocene deklaag liggen waarden naar verwachting typisch tussen een week en een jaar. En voor kleimonsters die worden getest in laboratoriumproeven minder dan een dag. Compressie wordt in de grondmechanica wel gebruikt als equivalent van consolidatie, maar is net als compactie meer algemeen, niet specifiek gekoppeld aan de tijdsfactor en ook niet aan slecht-doorlatende lagen.

Natuurlijke compactie (ook: autocompactie) op grote diepte (dieper dan ca. 300 m)

Op veel plaatsen in de wereld bevinden zich heel dikke, slecht-doorlatende kleilagen in de ondergrond en zijn deze lagen in de meer recente geologische geschiedenis belast door het gewicht van jongere sedimenten. Door de grote consolidatietijd van de kleilagen kan de consolidatie van de kleilagen die in gang is gezet door de jongere sedimentatie, nu nog gaande zijn. Voor West- en Noord-Nederland is modelmatig onderzocht of kleilagen uit het Tertiair (~2,5 – 65 miljoen jaar oud) die voorkomen tot een diepte van ca. 1200 m, op deze wijze nog een bijdrage leveren aan bodemdaling op dit moment (Kooi, 2000; Kooi, 2008). Alleen in het duingebied zouden in theorie dalingssnelheden van 1 a 2 mm/jaar door natuurlijke compactie van de diepe ondergrond kunnen voorkomen. Daarbuiten gaat het over het algemeen over minder dan 0.1 mm/jaar. Voor de Mississippi Delta in de Verenigde Staten zijn waarden tot 5 mm/jaar berekend (Meckel e.a., 2006).

Kruip

Kruip is het proces waarbij het korrelskelet zich langzaam reorganiseert zonder dat dit direct wordt gedreven door een toename van effectieve spanning. Kruip treedt tegelijkertijd op met de fase waarin het poriënwater wordt uitgedrukt (primaire consolidatie), maar kan ook nog heel lang doorgaan (secundaire consolidatie). Kruip komt met name voor in veen- en kleigronden, en kan in deze gronden tot aanzienlijke restzettingen zorgen.

Zetting

De term zetting wordt meestal gebruikt in situaties waar er sprake is van een kunstmatig aangelegde bovenbelasting. Het is iets wat constructies en de funderingslaag eronder ondergaan. Zetting wordt ook wel als equivalent van zakking of daling gebruikt en maaiveldzetting, -zakking, en -daling worden allemaal gebruikt om een neerwaartse beweging van een punt of vlak te beschrijven.

Klink

Klink is een term die heel verschillende betekenissen kent. In de geotechniek staat het voor de verdichting en dikteafname van ophoogmateriaal. In de grondmechanica gaat het alleen om compactie in de verzadigde ondergrond (Schothorst, 1966; Cultuurtechnische vereniging, 1988). In de bodemkunde wordt klink gebruikt als term voor consolidatie inclusief krimp (en soms zelfs oxidatie) (Zuur, 1958). Deze processen spelen in de onverzadigde bodem en de direct daaronder liggende (klei)lagen. Bij klink gaat het om het irreversibele deel (zie paragraaf over krimp). Klink wordt in de bodemkunde specifiek gebruikt in situaties waarin er geen bovenbelasting wordt

aangebracht, bijvoorbeeld bij peilverlagingen. Dat wordt vaak aangegeven met de vermelding dat het gaat om verdichten van de bodem onder het eigen gewicht.

Krimp

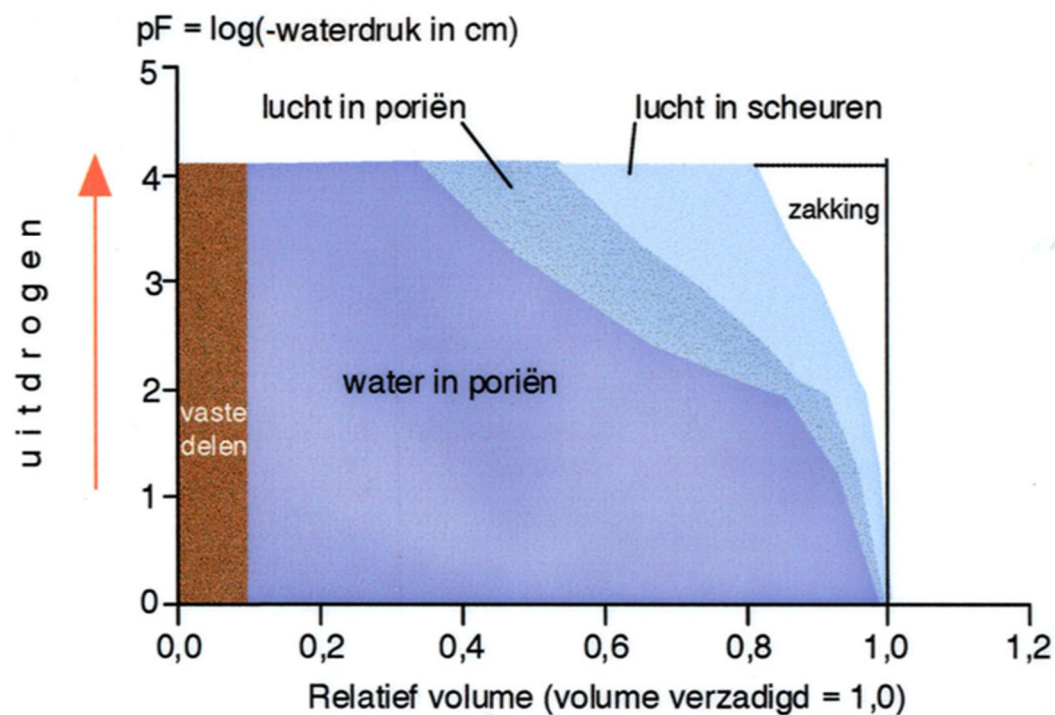
Krimp is het proces waarbij een onverzadigd stuk klei- of veengrond wordt samengedrukt door periodieke toename van de zuigspanningen in de bodem. Dit wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld uitdroging door ontwatering en door verdamping, voornamelijk door het gewas. Plantenwortels kunnen de grond sterk uitdrogen en veel krimp veroorzaken. Krimp is deels onomkeerbaar. Dit deel wordt irreversibele krimp genoemd en is eigenlijk het laatste stadium van de rijping van de grond. Het omkeerbare deel wordt reversibele krimp genoemd. Bij het weer vochtiger worden van de grond zwelt deze dan weer net zoveel op als de krimp door de droogte. Vooral bij grond met een hoog organisch stofgehalte, bijvoorbeeld veen, kan hydrofobie het zwelproces sterk vertragen. Dit houdt in dat de krimpcurve (relatie krimp versus vochtgehalte) sterk kan verschillen van de zwelcurve. Dit wordt hysteresis genoemd. Zo kan veengrond onder water staan, dus verzadigd, terwijl er nog scheuren in zitten, die pas op termijn weer dichtzwellen.

Bovenin het bodemprofiel is de grond veel droger en daarmee sterker en stijver dan op grotere diepte. Daarnaast is bovenin het bodemprofiel de belasting van bovenliggende grond niet of in geringe mate aanwezig. De krimp is daarom bovenin het bodemprofiel isotroop (in alle 3 dimensies gelijk) en veroorzaakt in gelijke mate zakking (1/3e van het krimpvolume) en scheurvorming (2/3e van het krimpvolume). Dieper in het bodemprofiel worden de scheuren dichtgedrukt door het bovenliggende gewicht van de grond, waardoor het gehele krimpvolume op die diepte wordt omgezet in bodemdaling aan het oppervlak.

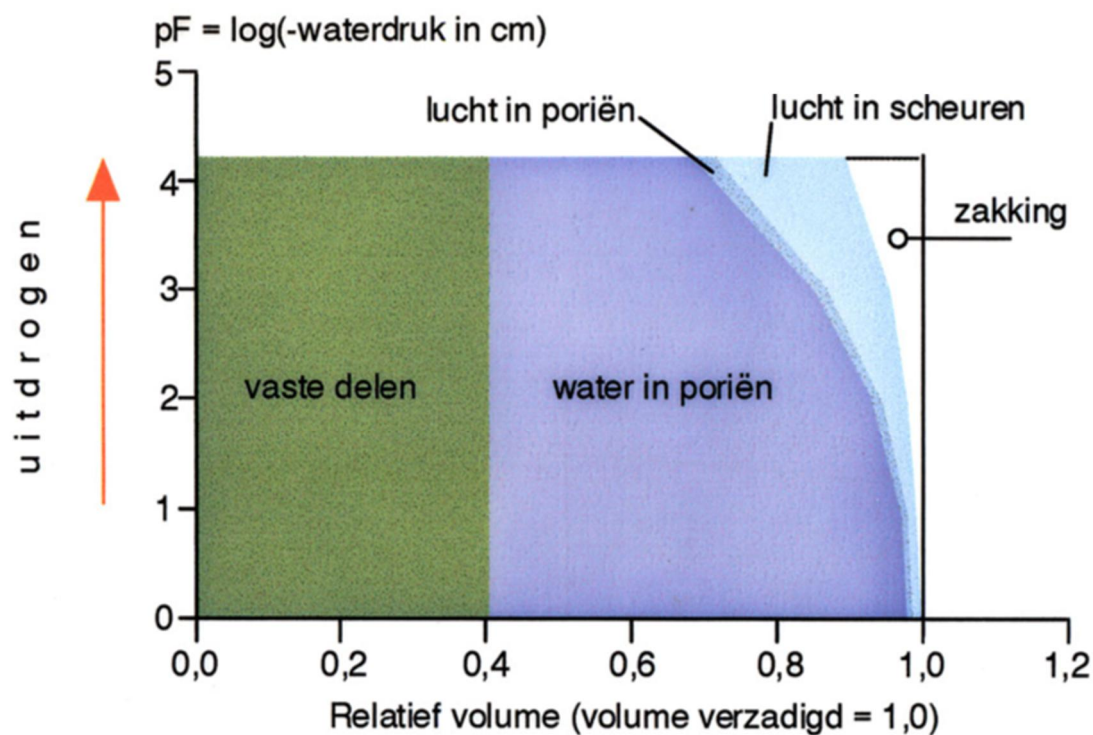
De krimp van klei- en veengronden verschilt sterk. Dit is aangegeven in de Figuur 7.

Door uitdroging verdampt water en wordt vervangen door lucht in scheuren en zakking (krimp) en lucht in de grond. Bij zware klei treedt bijna geen lucht in de klei zelf en is het volume verdampt water bijna gelijk aan het volume krimp. Bij veen kan heel veel water verdampen en kan de krimp groot worden. Er treedt echter ook veel lucht in het veen. De bodemdaling door krimp treedt op in orde grootte van mm tot centimeters en kan meer dan 10 cm bedragen. Door zwel kan de bodem in dezelfde mate weer stijgen. Indien de zwel kleiner is dan de krimp, dan is een deel van de krimp irreversibel, wat duidt op een verdere rijping van de grond.

VEEN



ZWARE KLEI

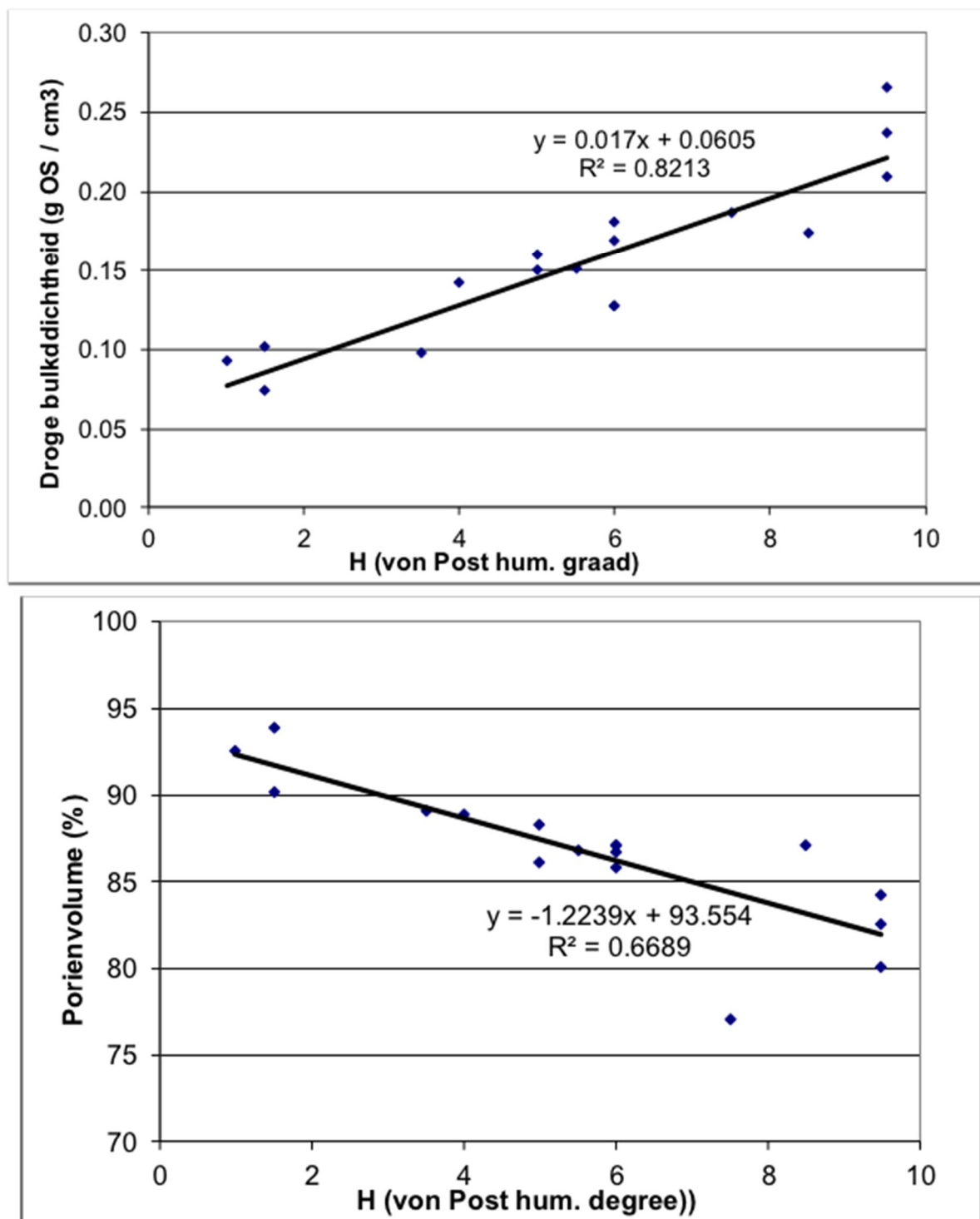


Figuur 7. Vergelijking krimp van veen (boven) en zware klei (onder).

Oxidatie

Oxidatie is het proces waarbij organisch materiaal wordt afgebroken. Hierbij komt CO₂ vrij. Dit leidt tot een volumevermindering en daling van het oppervlak. Daarnaast komen ook nutriënten zoals N en P vrij (mineralisatie), waarvan de N deels wordt omgezet in N₂O (lachgas). Oxidatie vindt met name plaats door blootstelling aan zuurstof in de lucht, maar kan ook in waterverzadigde zones in de bodem voorkomen. Daar wordt zuurstof gebruikt uit oxidatoren zoals nitraat en sulfaat en zuurstof ingebouwd in de biomassa zelf. In het algemeen en op de lange duur is de afbraak door zuurstof uit de lucht bij verre de grootste factor voor bodemdaling door oxidatie. Deze afbraak is een biochemisch proces (vertering) van het plantmateriaal. Een klein deel van de koolstof in het veen wordt geheel onder water anaeroob afgebroken tot CH₄ (methaan). Dit gebeurt dus ook op grote diepte, maar vormt al met al slechts een beperkt deel van de veenafbraak en daarmee bodemdaling.

De bodemdaling door oxidatie ontstaat deels doordat een hoeveelheid organische stof als CO₂ de lucht in verdwijnt, maar ook omdat de structuur van het veen door de afbraak verandert van vezelig plantmateriaal naar veraard materiaal. Doordat de vezelstructuur wordt afgebroken in kleinere delen, zakt de oorspronkelijke luchtige structuur in door het eigen gewicht, eventuele belasting en krimp, waardoor het veen dichter wordt (compactie) en bodemdaling optreedt. Dit deel van het proces heeft een zekere analogie met rijping van kleigronden. Door het dichter worden van de veengrond neemt het poriënvolume af en daarmee ook de hoeveelheid water die de veengrond in verzadigde toestand bevat (zie Figuur 8). Doordat in Nederland de slootpeilen meestal periodiek worden aangepast aan de maaivelddaling om de vereiste drooglegging te handhaven, kan het oxidatieproces blijven doorgaan waarbij voortdurend veen letterlijk in de lucht opgaat als CO₂.



Figuur 8. Relatie tussen droge bulkdichtheid aan organische stof (OS) (boven) en poriënvolume (onder) en de humificatiegraad volgens Von Post (1924) ($H = 1$ is niet aangetast, $H = 10$ is geheel veraard veen).

Op zeker moment kan de veenlaag zo dun worden dat de grondwaterstand in de zomer tot onder de veenlaag zakt en de maaiveld daling langzaam asymptotisch minder wordt tot de veenlaag uiteindelijk door de onderliggende minerale laag wordt geploegd. Als een veenlaag dunner wordt dan 40 cm wordt deze op de bodemkaart van Nederland niet meer als veengrond geïnclassificeerd, maar als moerige grond. Wordt de laag dunner dan 10 cm dan wordt de grond geïnclassificeerd volgens de minerale grond onder de veenlaag. Direct na ontginning en drooglegging spelen vooral consolidatie, rijping en (irreversibele) krimp de grootste rol in de bodemdaling. Na enkele tot een

tiental jaren neemt deze fysische bodemdaling relatief sterk af en gaat bij veen de bodemdaling door oxidatie de hoofdrol spelen omdat deze gestaag en in dezelfde mate doorgaat als steeds weer de slootpeilen worden aangepast aan de maaiveldddaling. Dit is een doorgaand proces dat eeuwen kan duren en meters aan bodemdaling kan veroorzaken.

C Beschrijving algemene aanlegmethodiek voor Rijkswegen

Onderstaande is gekopieerd van het product-methodeblad nummer 2: 'Zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains en extra overhoogte'¹³.

Product-methodeblad nummer 2

Zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains en extra overhoogte

2.1 Algemeen

2.1.1 Principe methode

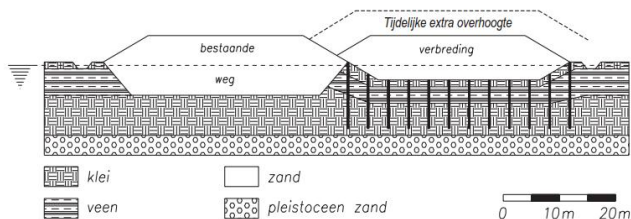
Verticale drains worden bij zandophogingen hoofdzakelijk gebruikt om het overspannen water in de samendrukbare lagen snel af te voeren, zodat het zettingsproces sneller plaatsvindt en de stabiliteit tijdens de uitvoering toeneemt. Een extra overhoogte is een extra hoeveelheid grond die tijdelijk wordt aangebracht om de restzetting binnen aanvaardbare tijd te beperken tot een acceptabele waarde, zie figuur 2.1

De globale uitvoeringsvolgorde is als volgt:

- aanbrengen van een werkvloer van zand
- aanbrengen kunststof drains
- aanbrengen zandophoging met extra overhoogte
- verwijderen van de extra overhoogte tot het gewenste niveau na een bepaalde zettingstijd.

Voordat de verticale kunststofdrains worden geïnstalleerd, wordt eerst een werkvloer van zand aangelegd. Deze werkvloer zorgt voor een goed contact tussen de drains en het zand en dient tevens voor de horizontale afvoer van het water uit de drains (draineerlaag). In het algemeen wordt het uitgereste water geloosd op het oppervlaktewater (sloten en dergelijke).

In de samendrukbare lagen worden verticale kunststof drains aangebracht die in verbinding staan met hoger en soms ook lager gelegen goed waterdoorlatende lagen. Tegenwoordig wordt een verbinding met lager gelegen (Pleistoceen) waterdoorlatende lagen zoveel mogelijk vermeden in verband met milieueisen. De werking van een verticaal drainagesysteem berust primair op verkorten van de afstroomweg en secundair met name bij veen op het principe dat de horizontale doorlatendheid van samendrukbare lagen groter is dan de verticale doorlatendheid, zodat de tijd die het overspannen poriënwater gebruikt voor het afleggen van de weg door een slecht waterdoorlatende grondlaag naar een vrij oppervlak, wordt bekort. Hiertoe worden op onderlinge afstanden van bijvoorbeeld 1,0 à 1,5 m verticale drains in de grond aangebracht.



Figuur 2.1: Principe zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains en extra overhoogte

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Product-methodebladen, versie 2.0
25

¹³ https://www.kivi.nl/uploads/media/58b0c0eb3f966/DWW_PMB_2.0_H02.pdf

Globaal beschouwd zijn er twee soorten kunststofdrains beschikbaar, eenvoudige drains en samengestelde drains. De eenvoudige drains bestaan meestal uit een enkele strook niet-geweven vlies (vezelvlies of kunststofvlies) of een geperforeerde kunststofstrip die in de lengterichting afvoerkanaaltjes bevat. Samengestelde drains bestaan uit een kern die is voorzien van noppen, ribbels of een profilering met daaromheen een omhulling (filter). Dit filter moet ervoor zorgen dat water wordt doorgelaten en gronddeeltjes worden tegengehouden. De kern dient om het langstransport van het opgenomen water mogelijk te maken (deze functies worden in een eenvoudige drain dus gecombineerd). Gezien de huidige kwaliteitseisen die worden gesteld aan verticale kunststofdrains, worden de oude eenvoudige drains zelden of nooit meer toegepast. Derhalve is in dit product-methodeblad alleen aandacht besteed aan de samengestelde drains.

Nadat de verticale drains zijn geïnstalleerd, wordt een zandophoging op de werkvloer aangebracht. Om stabiliteitsverlies te voorkomen wordt deze ophoging gefaseerd, dat wil zeggen in dunne lagen, aangebracht. De toegepaste laagdikte is meestal niet groter dan 0,50 à 0,75 m. Na iedere ophoogslag wordt dan een wachttijd in acht genomen waarin de waterspanningen in de grond zich kunnen aanpassen.

Het doel van de extra overhoogte is het forceren van zetting, waardoor de grond aan een hogere belasting wordt onderworpen dan in de gebruiksfase onder de definitieve ophoging. Hierdoor zullen de zettingen in de gebruiksfase kleiner zijn dan wanneer geen extra overhoogte wordt toegepast.

In de bruto ophoging is de overhoogte (= overhoogte ter compensatie van de zetting) begrepen. De extra overhoogte (= aanvullende overhoogte tijdens de bouwfase om het zettingsproces te forceren) zit daar niet in.

Er geldt derhalve:

bruto ophoging = netto ophoging + berekende zetting.

2.1.2 Technische levensduur

De gevraagde levensduur van de verticale kunststofdrains bedraagt in het algemeen minder dan 2 jaar en is vrijwel altijd korter dan de technische levensduur. De effectieve levensduur van de drain is afhankelijk van het dichtslibben van de drain met fijne deeltjes en het knikken als gevolg van zetting. Gedurende de gebruiksfase blijft echter altijd voldoende drainerende capaciteit over.

2.1.3 Voor- en nadelen

Voor- en nadelen van de ophogingsmethode ten opzichte van een zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains zijn gegeven in tabel 2.1.

Opmerkingen

Zonder de voordelen van verticale drainage (met name de snellere afstroming van het overspannen grondwater) is een extra overhoogte praktisch niet uitvoerbaar.

De verkorting van de bouwtijd en de verkleining van de zetting in de gebruiksfase kunnen niet tegelijk volledig worden benut. Een kortere bouwtijd resulteert in meer restzetting.

Een extra overhoogte is alleen effectief als de dikte ervan ten minste circa 30% van de bruto ophoging bedraagt.

Aspect	Voordeel	Nadeel	Toelichting
kosten	laag		kosten zijn hoger dan de methode zonder extra overhoogte (zie product-methodeblad 1)
bouwtijd		redelijk lang	bouwtijd is minder lang dan de methode zonder extra overhoogte (zie product-methodeblad 1)
zetting gebruiksfase	beperkt		bij grote ophogingen is effect extra overhoogte soms klein
ruimtebeslag		zeer groot	
complexiteit uitvoering	eenvoudig		
ervaring met uitvoering	zeer veel		materieel is ruim beschikbaar
aanwezigheid van risico's *)		beperkt	onzekerheid omtrent horizontale doorlatendheid- en consolidatie-coëfficiënt van de grond, onzekerheid in modellering van de reductie van de restzetting
levensduur	lang		
Status in relatie tot Bouwstoffenbesluit	bekend		kunststoffen vallen niet onder het Bouwstoffenbesluit
Risico schade bestaande weg bij verbreding		groot	risico is groter dan bij de methode zonder extra overhoogte (zie product-methodeblad 1)
risico schade kabels/leidingen		groot	risico is groter dan bij de methode zonder extra overhoogte (zie product-methodeblad 1)
risico belendingen		groot	risico is groter dan bij de methode zonder extra overhoogte (zie product-methodeblad 1)
overig			niet van toepassing

*) waaronder begrepen onzekerheid in de grondparameters, onvolkomenheid van ontwerpmodellen, uitvoeringstechnische onzekerheid / beheersbaarheid; een verdere uitsplitsing staat in §2.2.8

Tabel 2.1 Voor- en nadelen zandophoging op maaiveld met verticale kunststofdrains en extra overhoogte

2.1.4 Beperkingen

Naast de in §2.1.3 genoemde nadelen, die een beperking voor de toepassing van de methode kunnen vormen, kunnen de volgende beperkingen worden genoemd:

- toepassing van verticale drains is weinig zinvol bij samendrukbare lagen met een geringe dikte (3,0 à 4,0 m)
- kunststofdrains zijn moeilijk te installeren bij dichtgepakte tussenzandlagen doordat de drukkracht van de installatiemachine beperkt is en door optredende trekkrachten in de drain bij het penetreren van de tussenzandlagen. Bij een conusweerstand (sondering) $q_c > \text{circa } 6 \text{ MPa}$ en een laagdikte van $> 0,2 \text{ m}$ kan het moeilijk zijn een tussenzandlaag te penetreren.
- een tussenzandlaag met een van het polderpeil afwijkende stijghoogte kan ook een beperking voor de toepassing van verticale drainage vormen; verticale drains tot in de tussenzandlaag kunnen in een dergelijk geval leiden tot een blijvende wijziging in de geohydrologie van het gebied; als ervoor wordt gekozen de drains boven de tussenzandlaag te beëindigen, worden de slappe lagen onder de tussenzandlaag niet door de drains ontwaterd.

D Informatie A7 A8

A7/ A8

DOEL

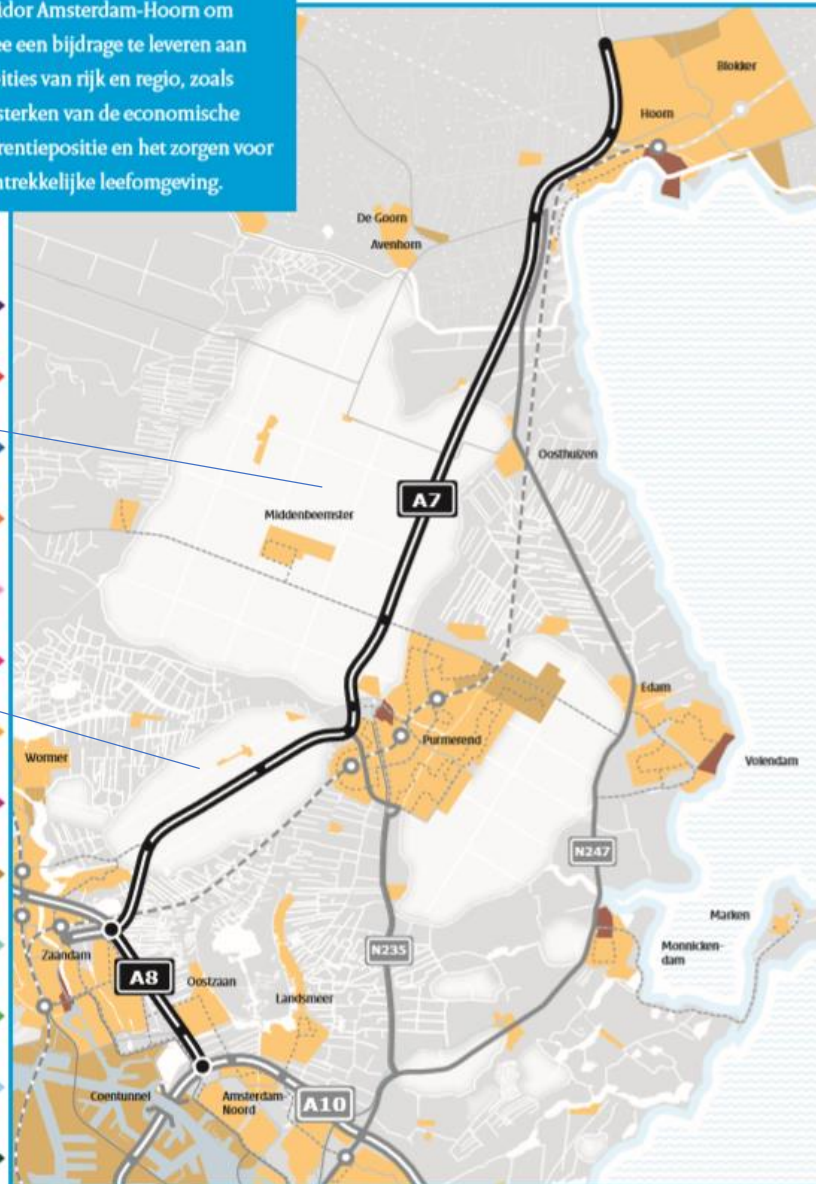
Verbeteren van de bereikbaarheid in de corridor Amsterdam-Hoorn om daarmee een bijdrage te leveren aan de ambities van rijk en regio, zoals het versterken van de economische concurrentiepositie en het zorgen voor een aantrekkelijke leefomgeving.

Thema's



Midden Beemster

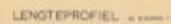
Wijde Wormer



- Voor overzicht opgevraagde informatie, zie 'losse' excel files

Appendix D1

A7/ A8 - gevonden constructie profielen



SITUATIE

SITUATIE

Q&A [View all Q&As](#)

[illegible]

Finger Beating

Author's Note

TE MAKEN KUNSTWERK 26

[illegible]

DWARSPROFIEL A-A

DWARSPRUEFEL B-B

WU ZHONGNEN

RIJSWATERSTAAT
DIREKTIE NOORD-HOLLAND

5747E 7E 00700000 1A00

AAH 75 BAYVIEW LANE
ST. LOUIS, MO 63105

17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 841. 842. 843. 844. 845. 846. 847. 848. 849. 850. 851. 85

1992年11月15日

[illegible]

1000

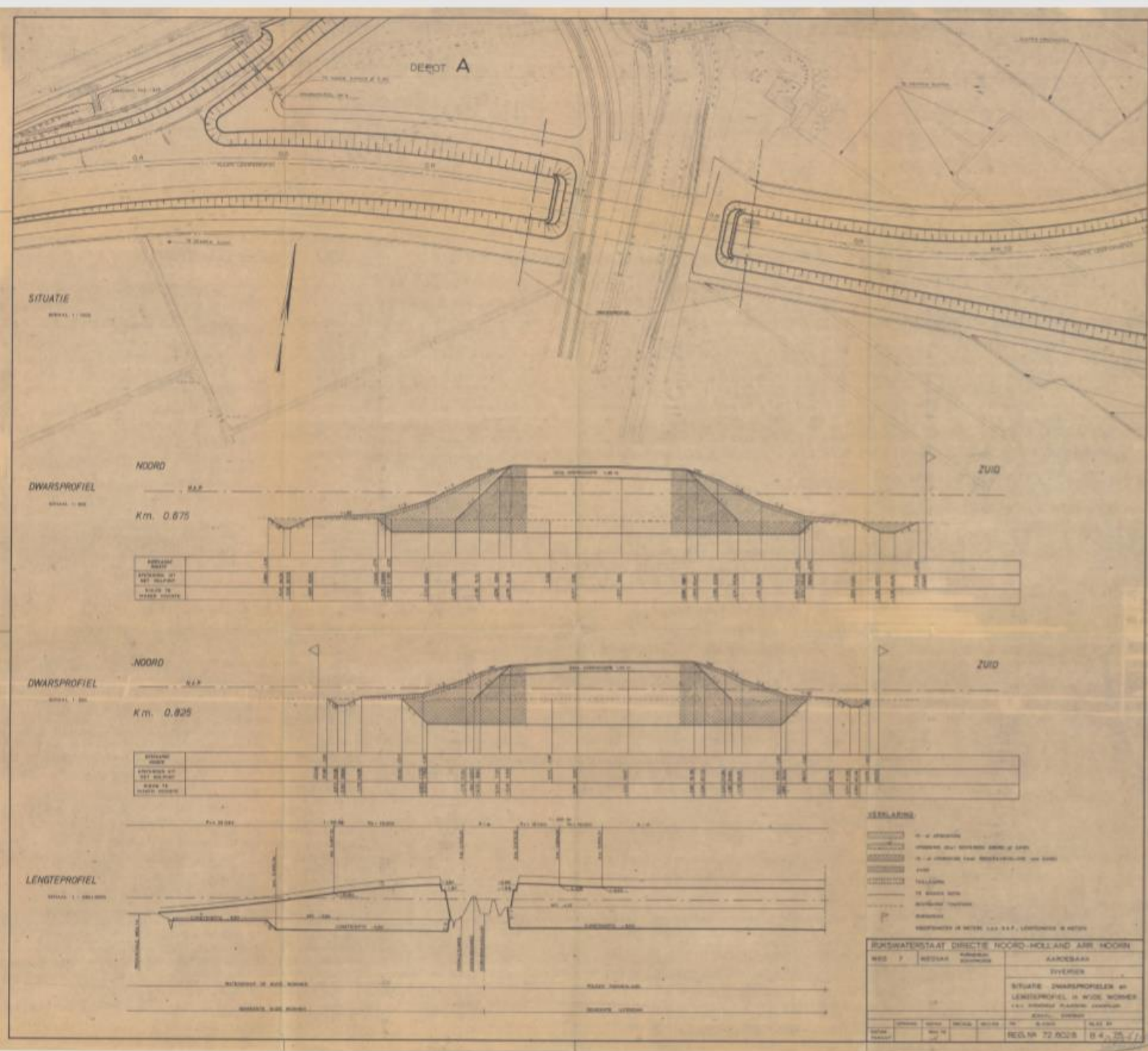
1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

© 2006 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 260: 105–112

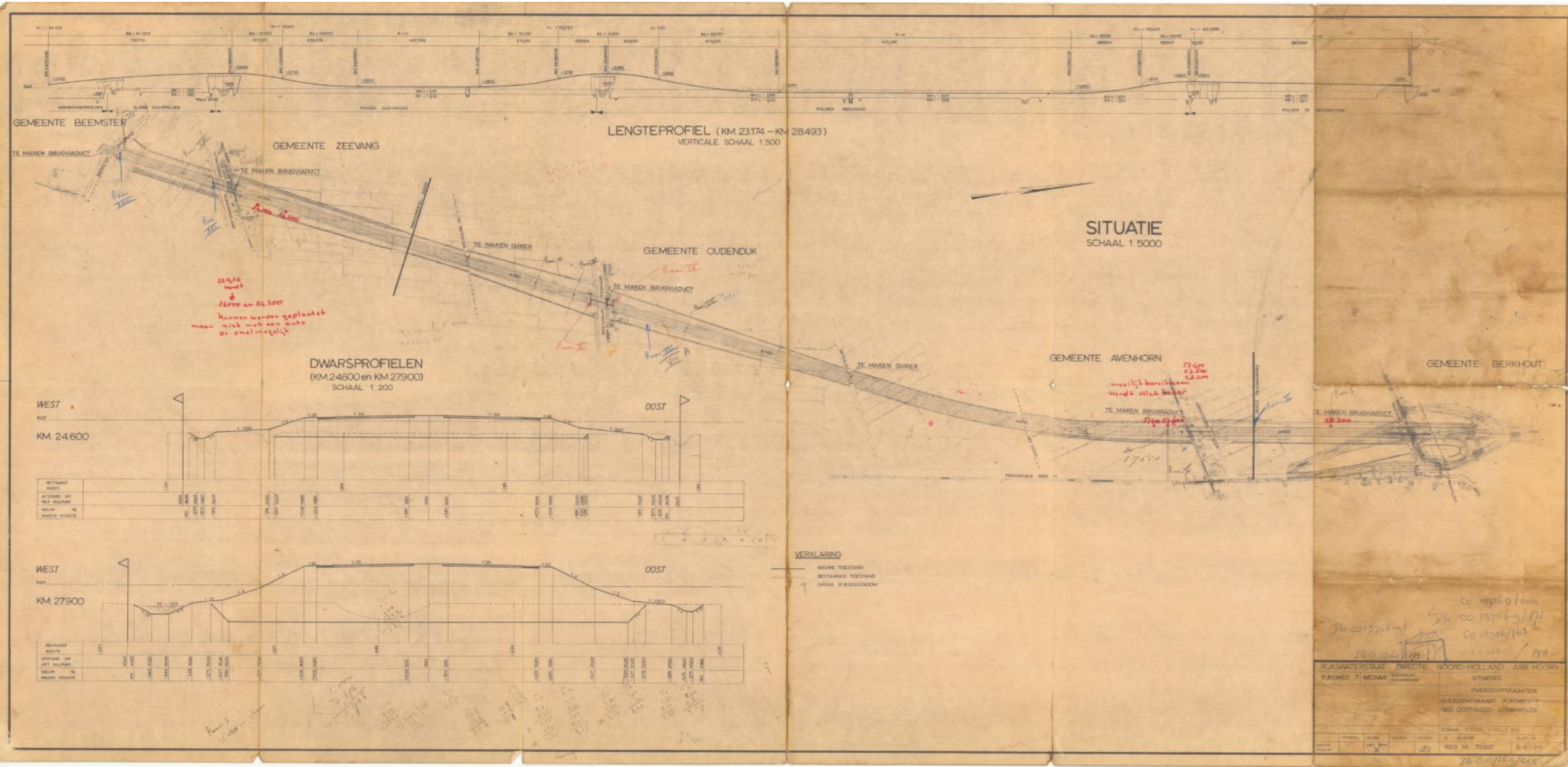
100

Opbouw talud nabij Purmerend (afslag 4 Purmerend Zuid)

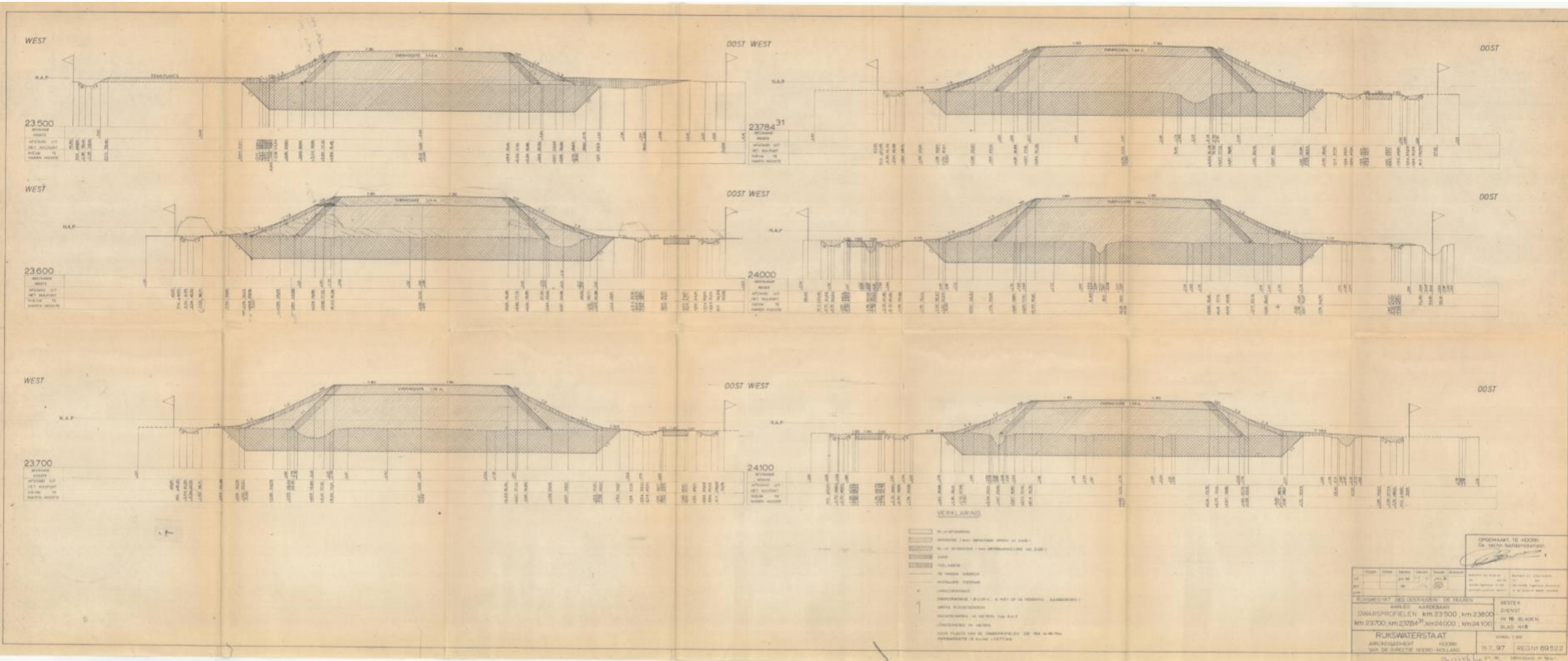
3. "A7 DL014032\B4-75.pdf"



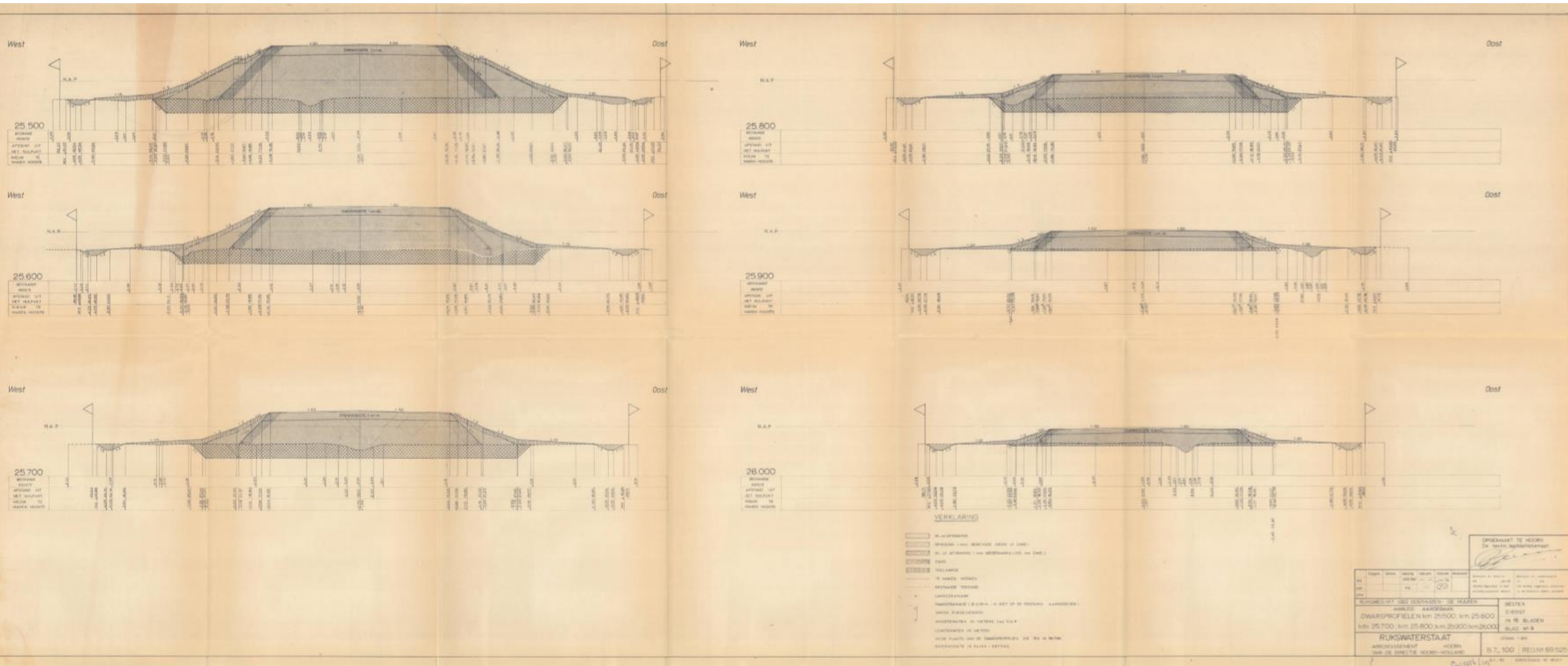
4. "A7 DL014036\B 6-218.pdf"
(Beemster Uitwatering)



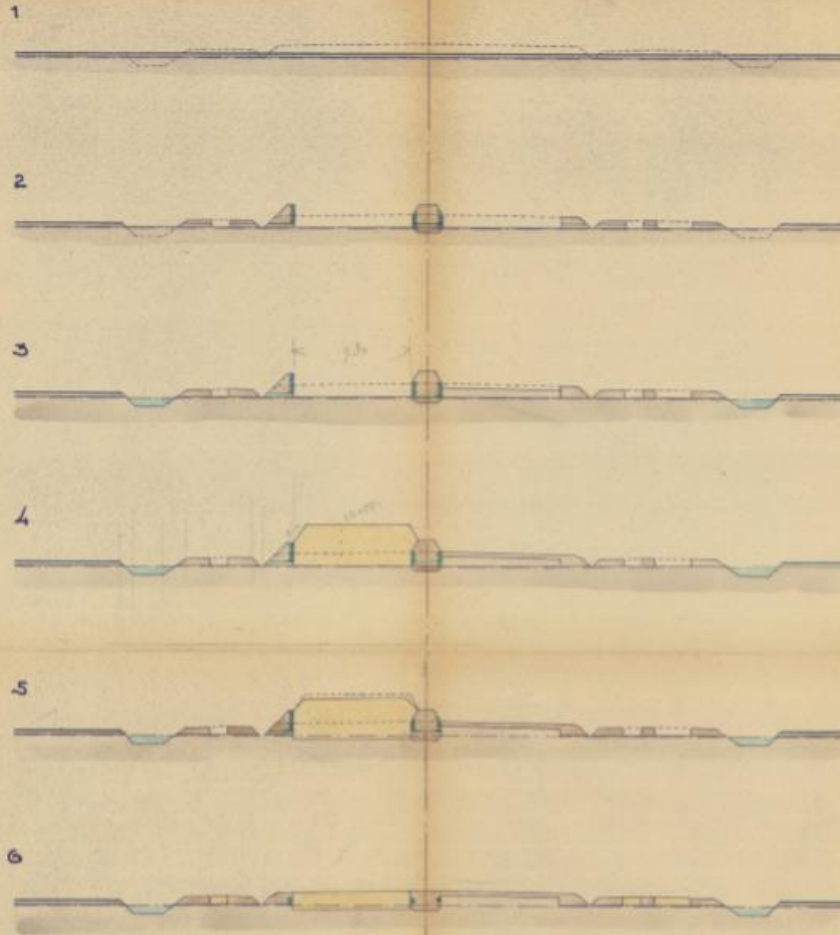
nabij Beets



6. "A7 DL014036\B 7-100.pdf"
(ten Z van Scharwoude)



Voorstel voor werkmethode A7/ A8; locatie niet duidelijk



Schied. 11 Nov.

KLINGEN No. 7. A7/A8-VERBODEN
Verbetere meten overzichten onder meet.

- Profiel 1.** bestaande toestand.
- Profiel 2.** terrein voorsporen moedig uitgraven, van ter plaatsen van de sluisen, parallelweg-verhogingen en uitbreiden uitgraven en verwerkt in de berm, geplaatst en gereed.
- Profiel 3.** Het oeverligende van het water gebied voor afsluiting van de 2^e baan van een reeks parallelweg-verhogingen gebied.
- Profiel 4.** sluisen sluisen uit de sluisen uitgraven en verwerkt onder de later aan te leggen uitbreiden.
- Profiel 5.** uitbreiden met overhoogte opgesteld met 100, 2^e baan voorsporen moedig bijgevoerd en afgeleid met de 2^e baan van.
- Profiel 6.** aan ingekanten.
- Profiel 7.** profiel afgevoerd, oeverligende met verwerkt in bij parallelweg-verhogingen en overzichten evenals het van uitgevoerd.

— gronde
— ven
— sluisen sluisen
— aan

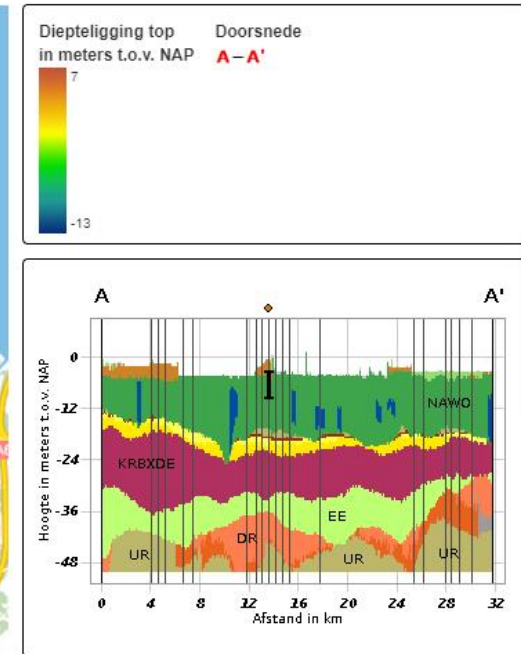
2/1/76

Appendix D2

A7/ A8 - bodemprofielen (DINO/ BRO)

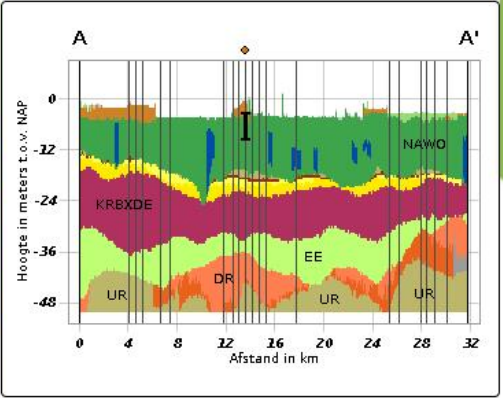
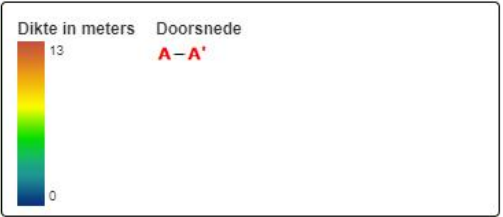
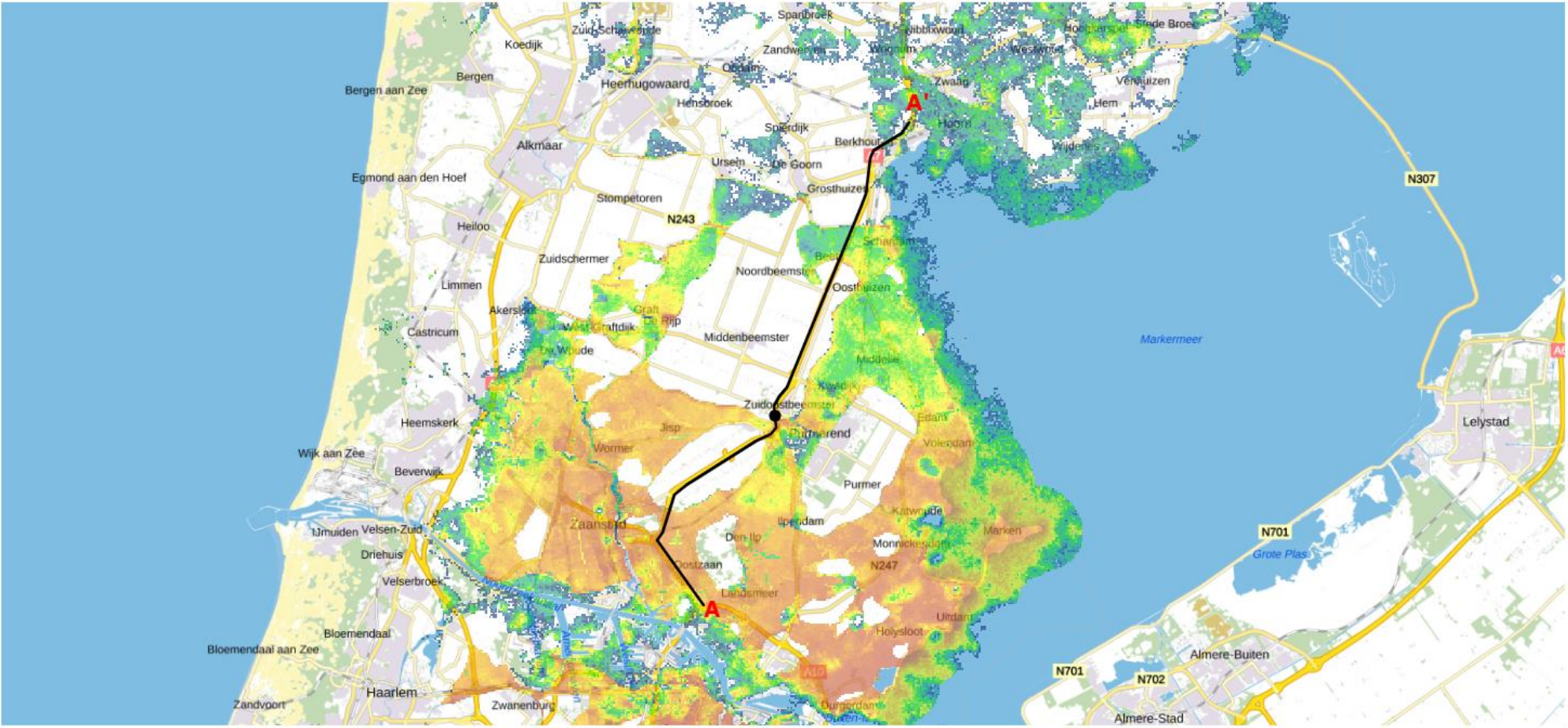
[Over ons](#) | [Verhalen](#) | [Contact](#) | [Prijzen](#) | [Nieuws](#) | [2019](#)

X



Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket (BRO GeoTOP v1.3)

Opslaan als PDF



A7/ A8 – langspoorlijn zuid → noord

Holland veen:

Zuidelijk deel tracé tot net voor aansluiting met N515

Bij Purmerend (afsl 4 → afsl 5)

Vanaf Beets → kruising Beetskoogkade

Wormer met geulafzettingen:

Rest van trace

DINOloket

Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond

ONDERGRONDGEGEVENIS

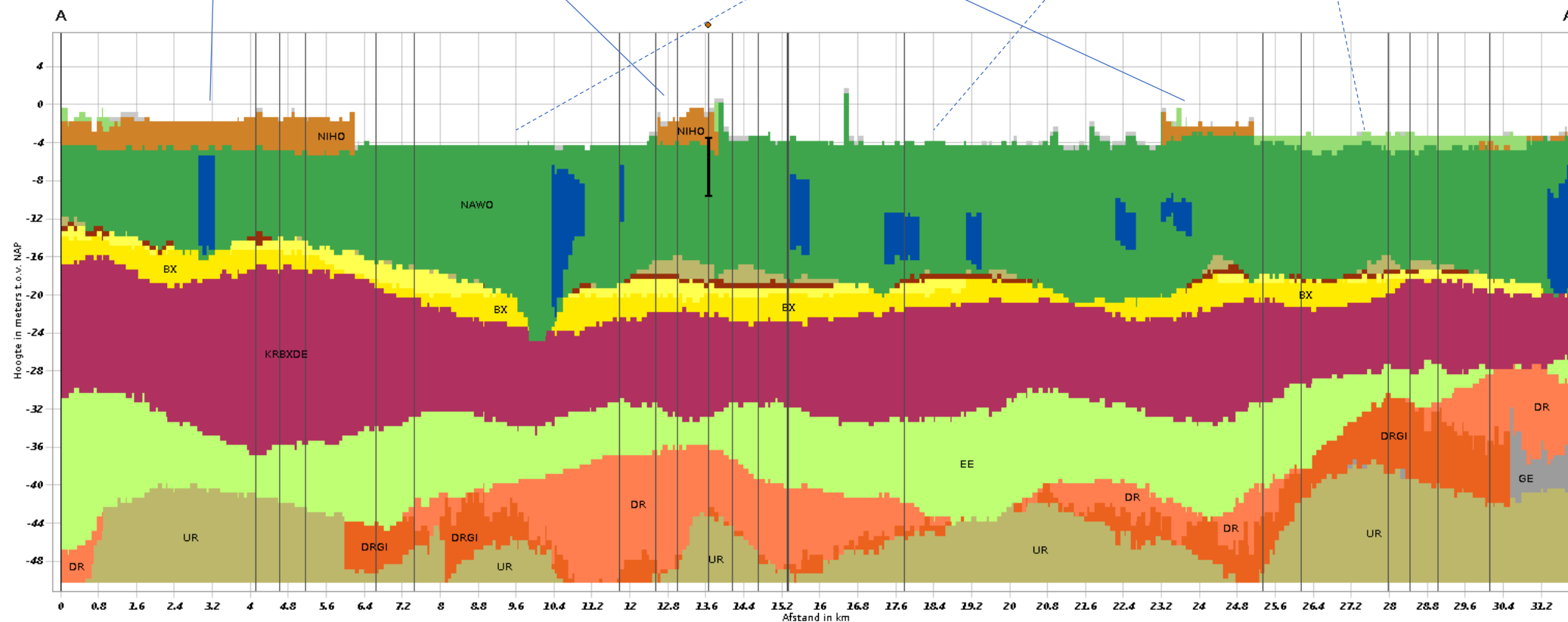
ONDERGRONDMODELLEN

TOELICHTING

NOMENCLATOR

SNELSTART

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.3



BRO GeoTOP v1.3

| Geologische eenheid | |
|---------------------|------|
| AAOP | EE |
| NAWA | DR |
| NIHO | DRGI |
| ENAWO | GE |
| NAWO | UR |
| NAWOVE | |
| NIBA | |
| BXWISIKO | |
| BX | |
| KR BXDE | |

-50 Hoogte t.o.v. NAP 0

geologische eenheid



Opslaan als PDF

Veen op klei en
klei, zandig,
leem *1

Klei en klei,
zandig, leem

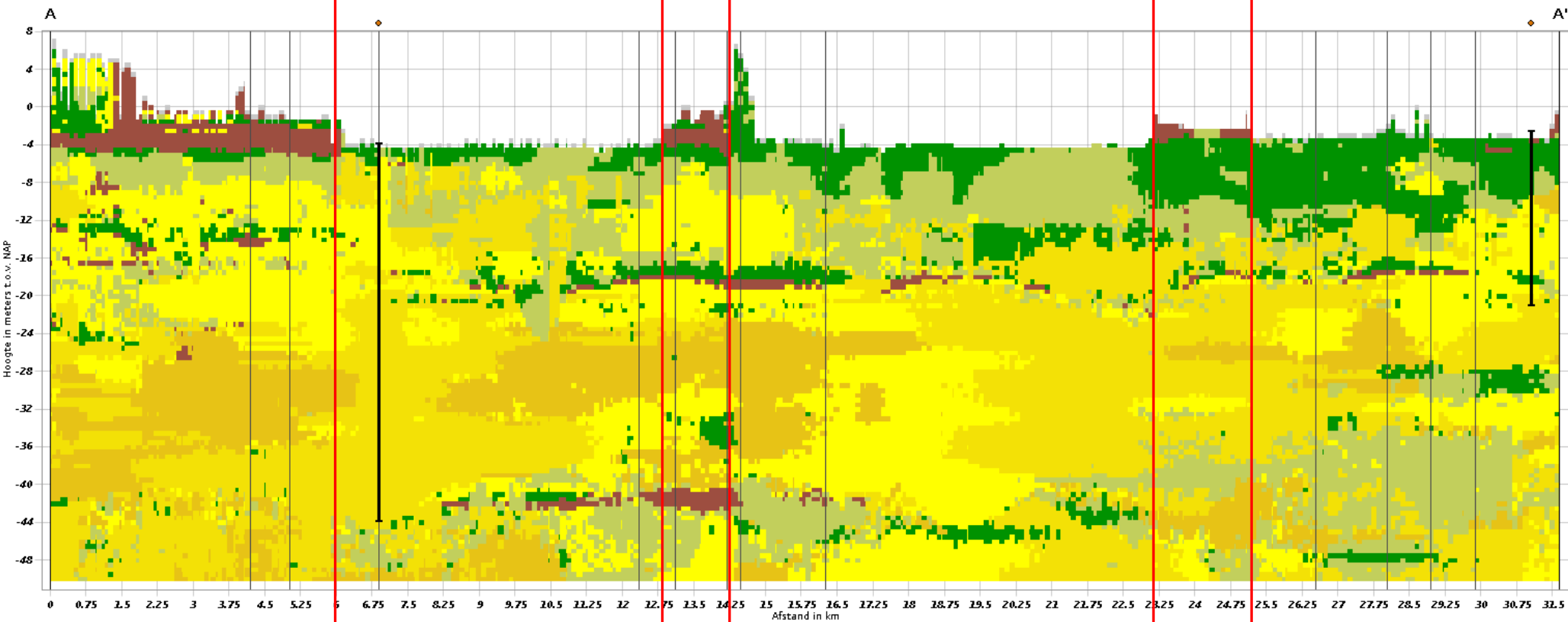
idem
*1

Klei geulen met
klei, zandig,
leem

idem
*1

Klei, beperkt
klei, zandig,
leem

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.3



BRO GeoTOP v1.3

Lithoklasse

- a
- v
- k
- kz
- zf
- zm
- zg
- g
- she

-50 Hoogte t.o.v. NAP 7

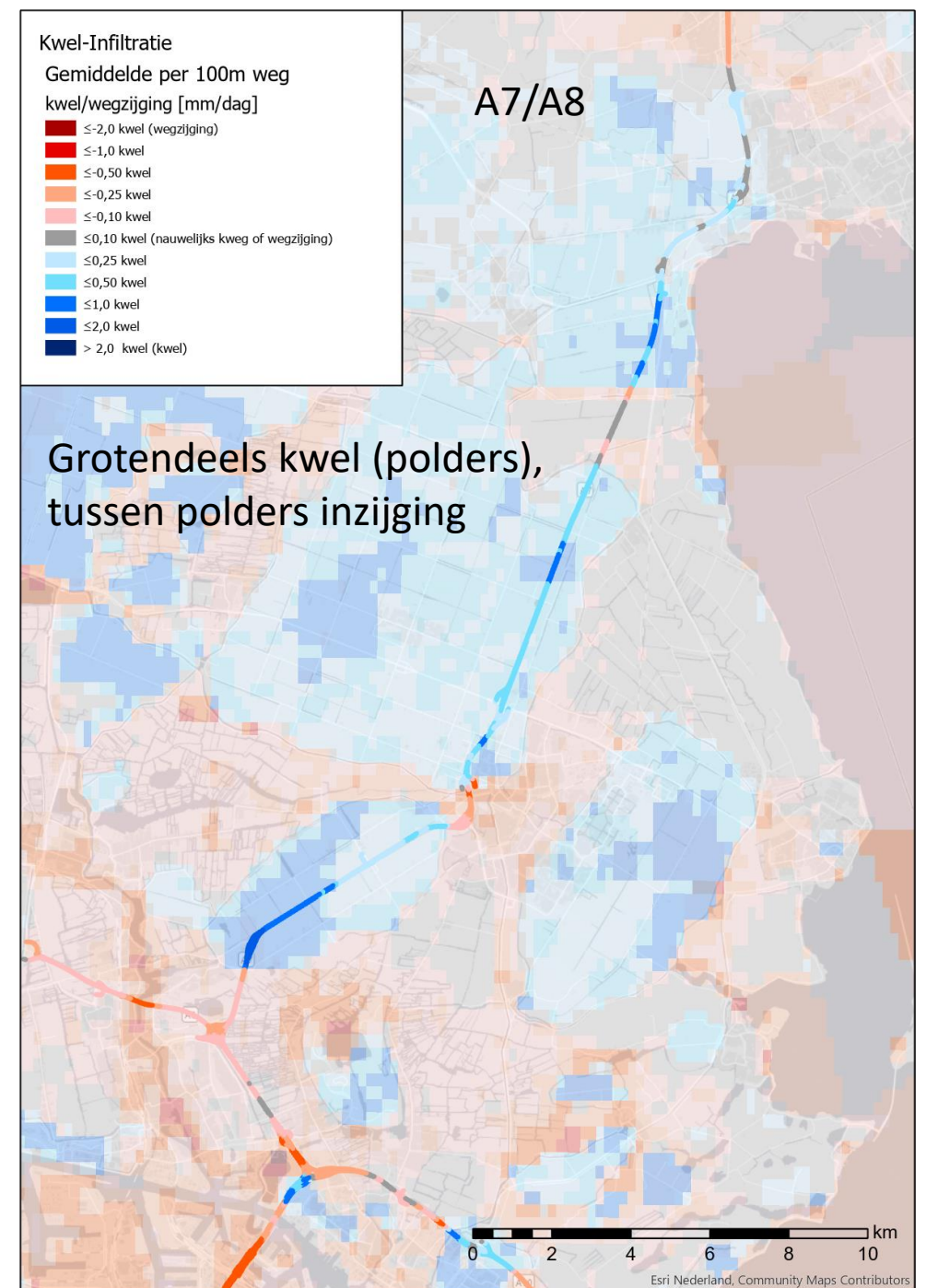
meest waarschijnlijke lithoklasse

Opslaan als PDF



Appendix D3
A7/ A8 - kwel/ infiltratie

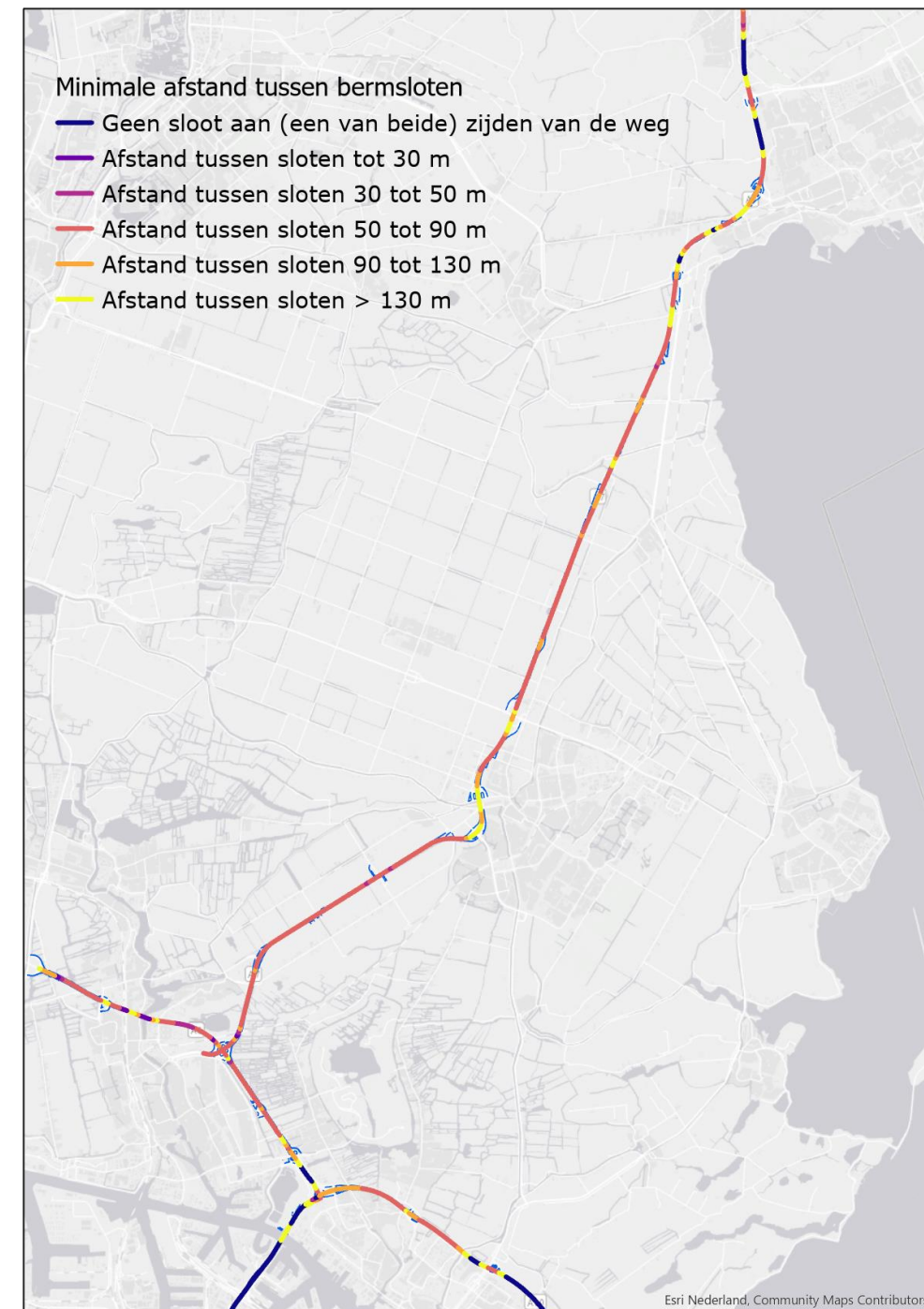
Kwel en infiltratie



Appendix D4

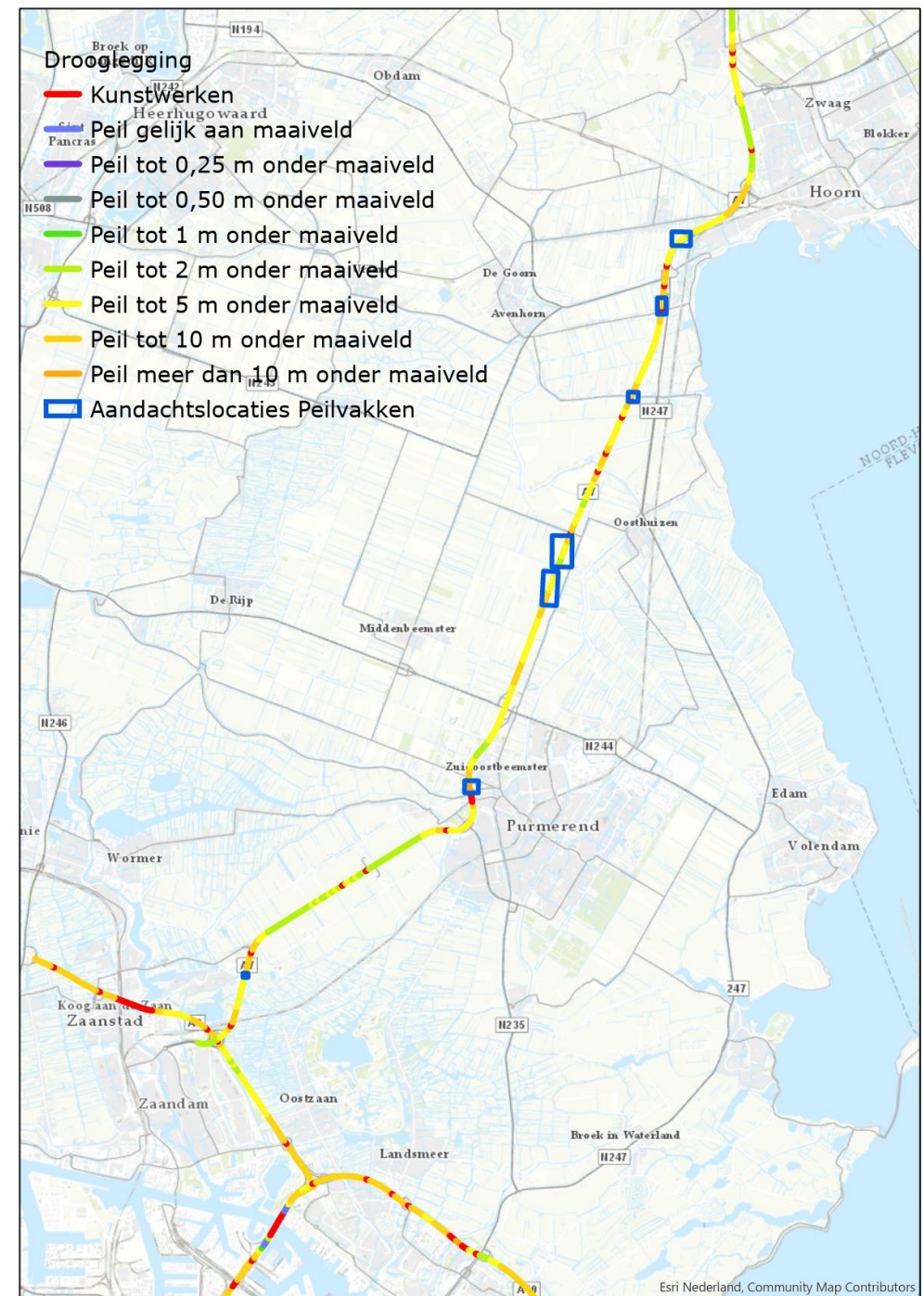
A7/ A8 - afstand tussen bermsloten

Afstand tussen Bermsloten

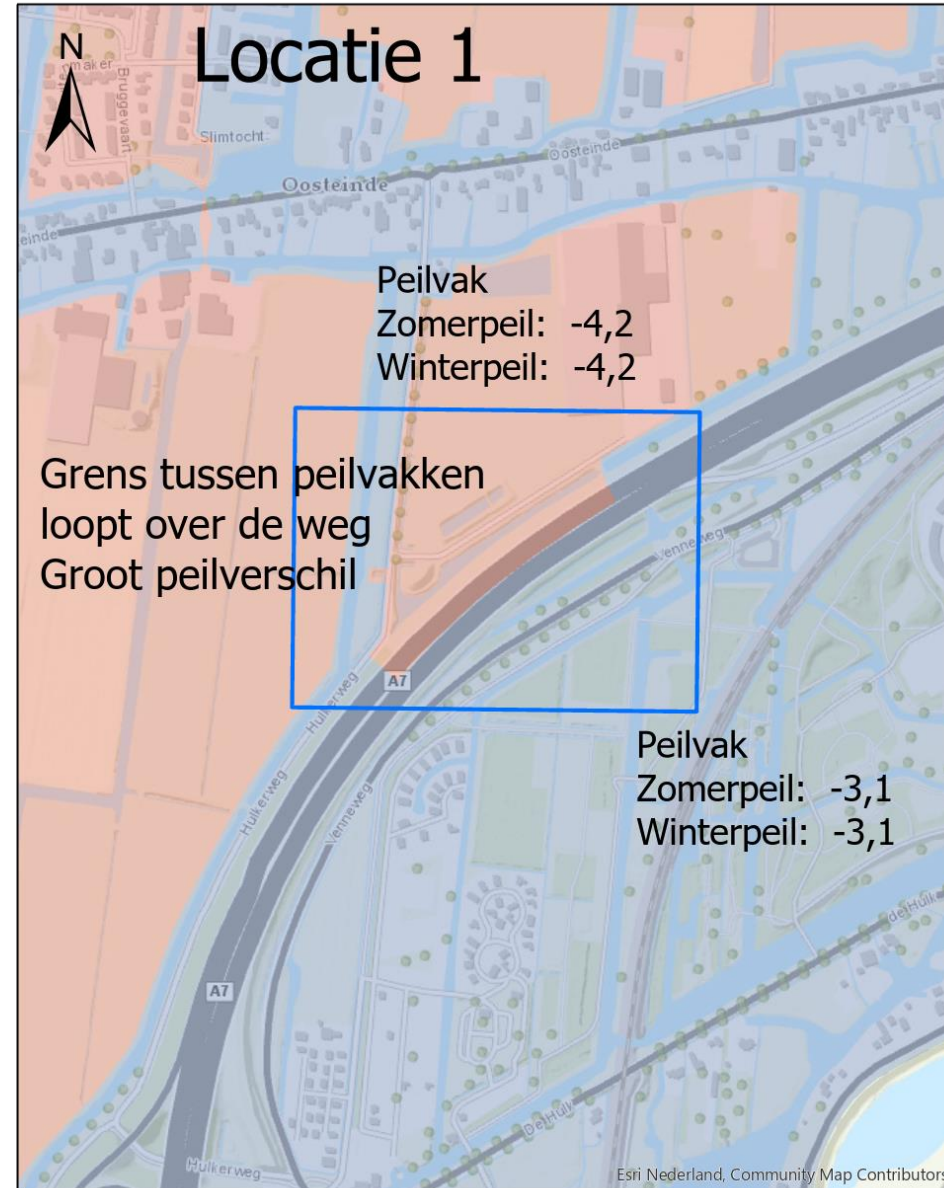
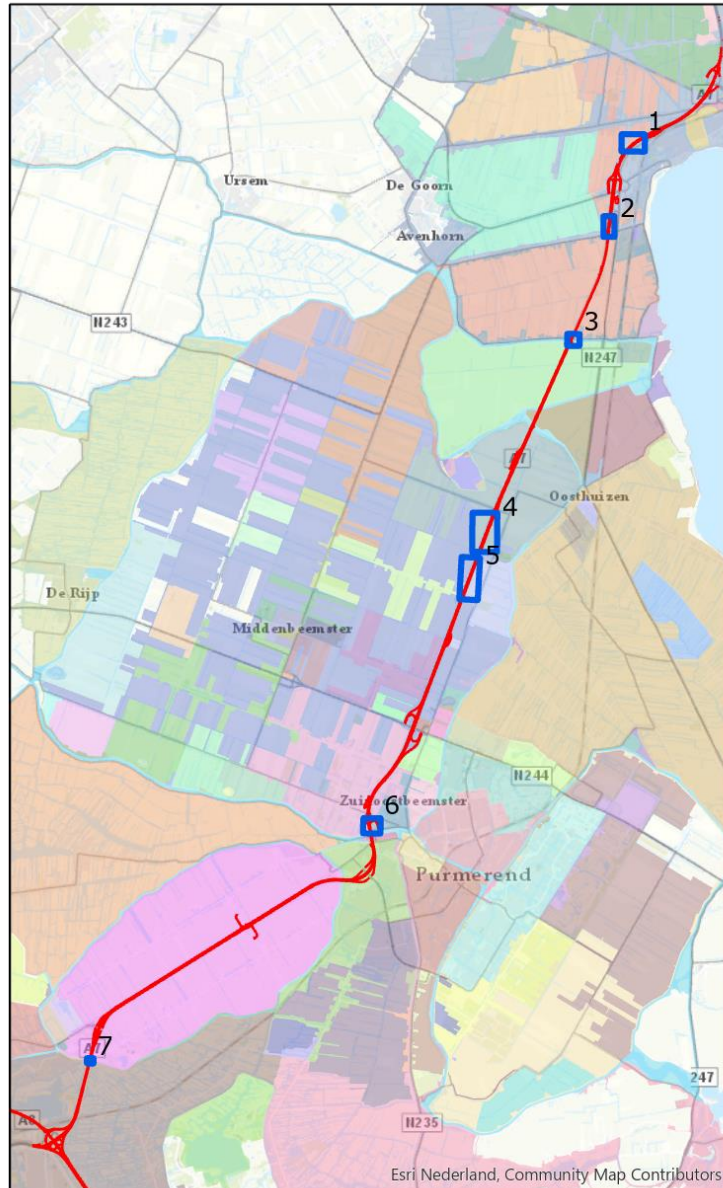


Appendix D5

A7/ A8 - drooglegging + voorbeelden aandachtsgebieden



Voorbeeld van een locatie waar de grens van een peilvak is aangegeven op een onwaarschijnlijke locatie

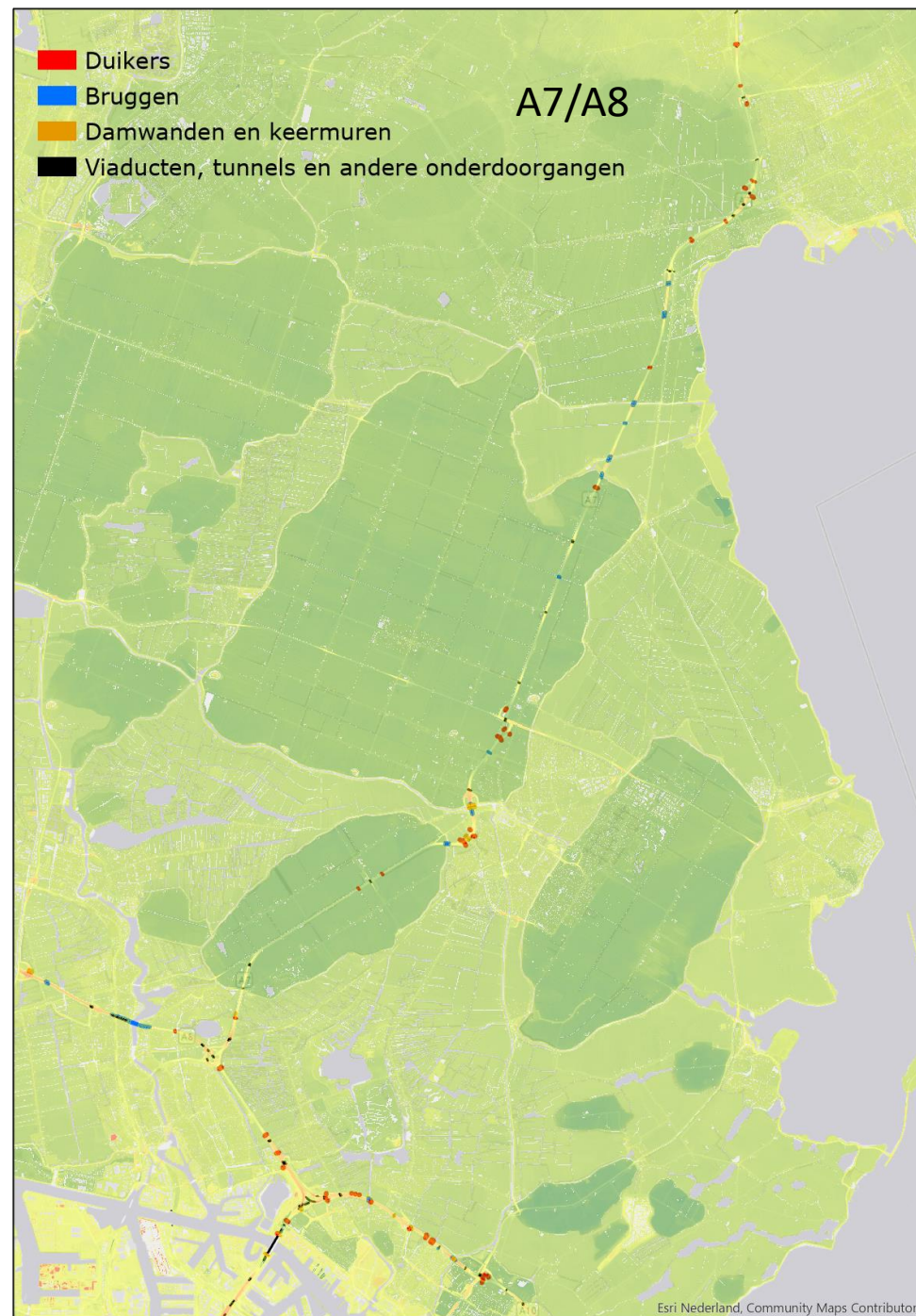


Appendix D6
A7/ A8 - kunstwerken

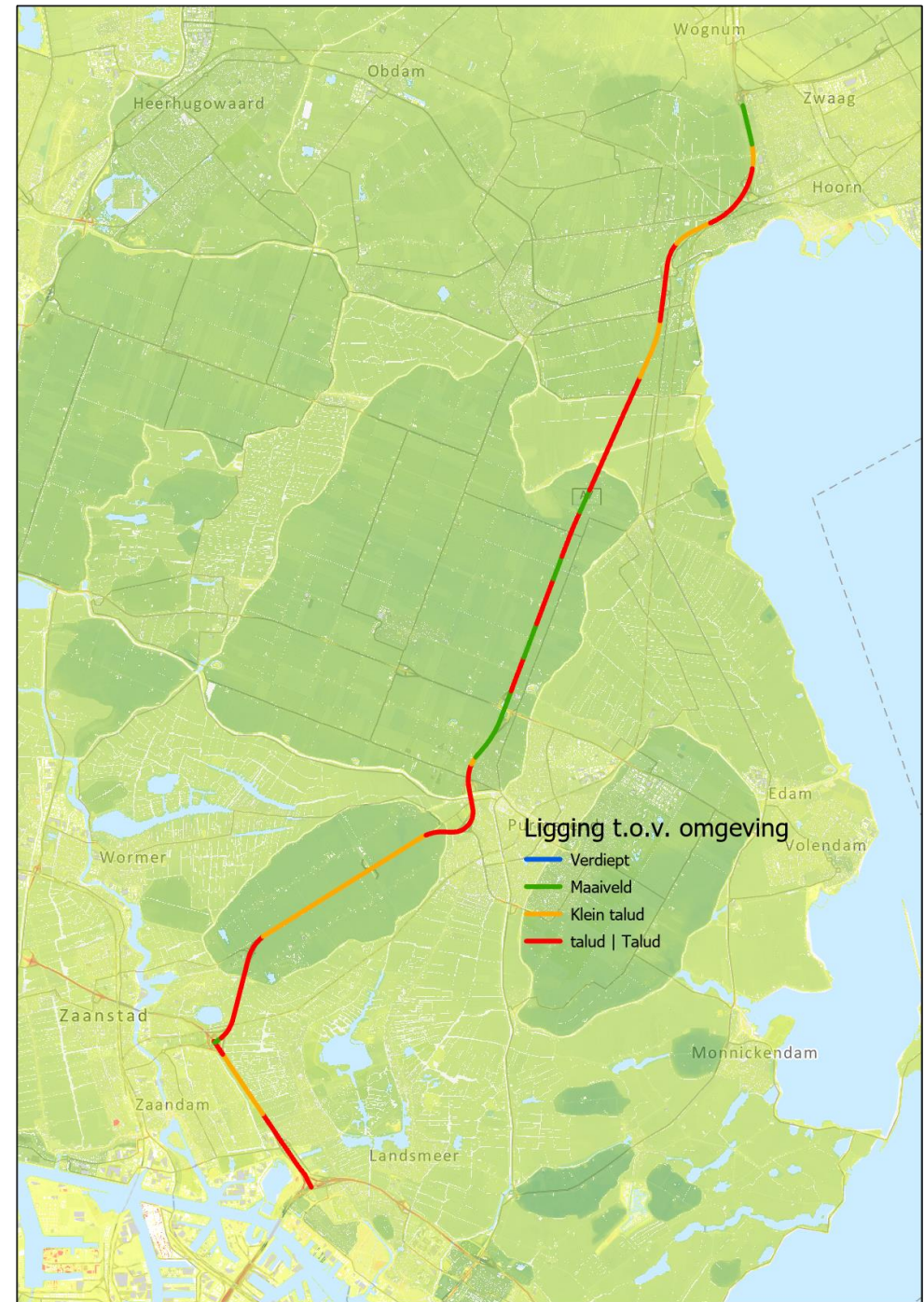
Duikers etc.

Hier naast de getoonde
Informatie ook o.a.

- Terre armee
- Voegovergangen
- Coupures
- Waterreguleringswerkenwaterafvoer op weg
- Type verharding
- Riolen
- Diverse ondergrondse obstakels



Aanwezigheid
taluds → talud
geeft hogere
belasting
ondergrond →
wordt vaak
robust
gebouwd?



Appendix D7

A7/ A8 - InSar metingen

Waargenomen bodemdaling obv InSar



Appendix D8

A7/ A8 - Ervaring beheerder

Meenemen kennis en ervaring van wegbeheerders (Jan Wever)

- Er speelt op dit moment een constructief probleem met een grote brug over het NH Kanaal bij Purmerend. Het is nog niet bekend hoe dit moet worden opgelost. In het ergste geval moet deze brug binnen enkele jaren worden herbouwd.
- Er is een probleem met een oude duiker nabij Oudendijk, deze is ingestort echter herstel is nog steeds niet uitgevoerd vanwege complexiteit met o.a. hagedruk gasleiding.
- Er is een probleem met een duiker in het knooppunt Zaandam vw R we zijn bezig om een herstelmaatregel te bepalen.
- Algemeen moeten alle rioleringen en duikers worden nagekeken i.v.m. leeftijd en mogelijk niet meer voldoen aan de huidige normen.
- **Regelmatig komen er uitspoelingen voor door het niet goed functioneren van de afvoergoten aansluitend op de viaducten**
- In enkele lussen van het knooppunt Zaandam komen regelmatig asfaltschades als gevolg van **het gebruik van hoogovenslak in de fundering**.
- Plaatsen waar vaker dan normaal onderhoud moet worden gepleegd:
Verbindingsweg R (Zie vorige) hoogovenslakken en nog een lus letter even niet bekend op dit moment
- Verbindingsweg K stroefheidsprobleem door toepassing van niet geschikt asfaltmengsel op deze locatie agv afspraken m.b.t. geluid.
- **Eigenlijk is het gehele gebied waar deze wegen liggen gevoelig voor zettingen, er zijn geen specifieke locaties aan te wijzen.**
- Het lijkt me verstandig **de vluchtstrook te onderzoeken of deze dezelfde constructie heeft als de rijbaan**, in het verleden zijn er op andere wegen behoorlijke problemen geweest omdat dit niet goed onderzocht was, en bij uitvoering bleek dat de vluchtstrook niet geschikt was om aan permanente verkeersbelasting te worden blootgesteld.
- M.b.t. de watervraag weet ik geen locatie te bedenken
- 5) Het gebied in de **nabijheid van het knooppunt Zaandam is zeer gevoelig voor droogte het is een Natura 2000 gebied**
- 6) Er liggen behoorlijk veel duikers e.d. in de weg. Dit zullen jullie zelf moeten gaan uitzoeken Ik heb dat zo niet voorhanden.
- 7) **Het is mij niet bekend of er drainage ligt**. Ik verwacht niet dat deze nog zal werken na zoveel jaren na aanleg.
- 8) Bij mij zijn geen plannen bekend.
- 9) Op enkele locaties zijn geluidschermen gepland nadere informatie is te verkrijgen bij Marc Rietman
Er zijn behoorlijke problemen met de glazen schermen o.a. bij Purmerend. Dit kan wel eens grote financiële gevolgen hebben voor het project.

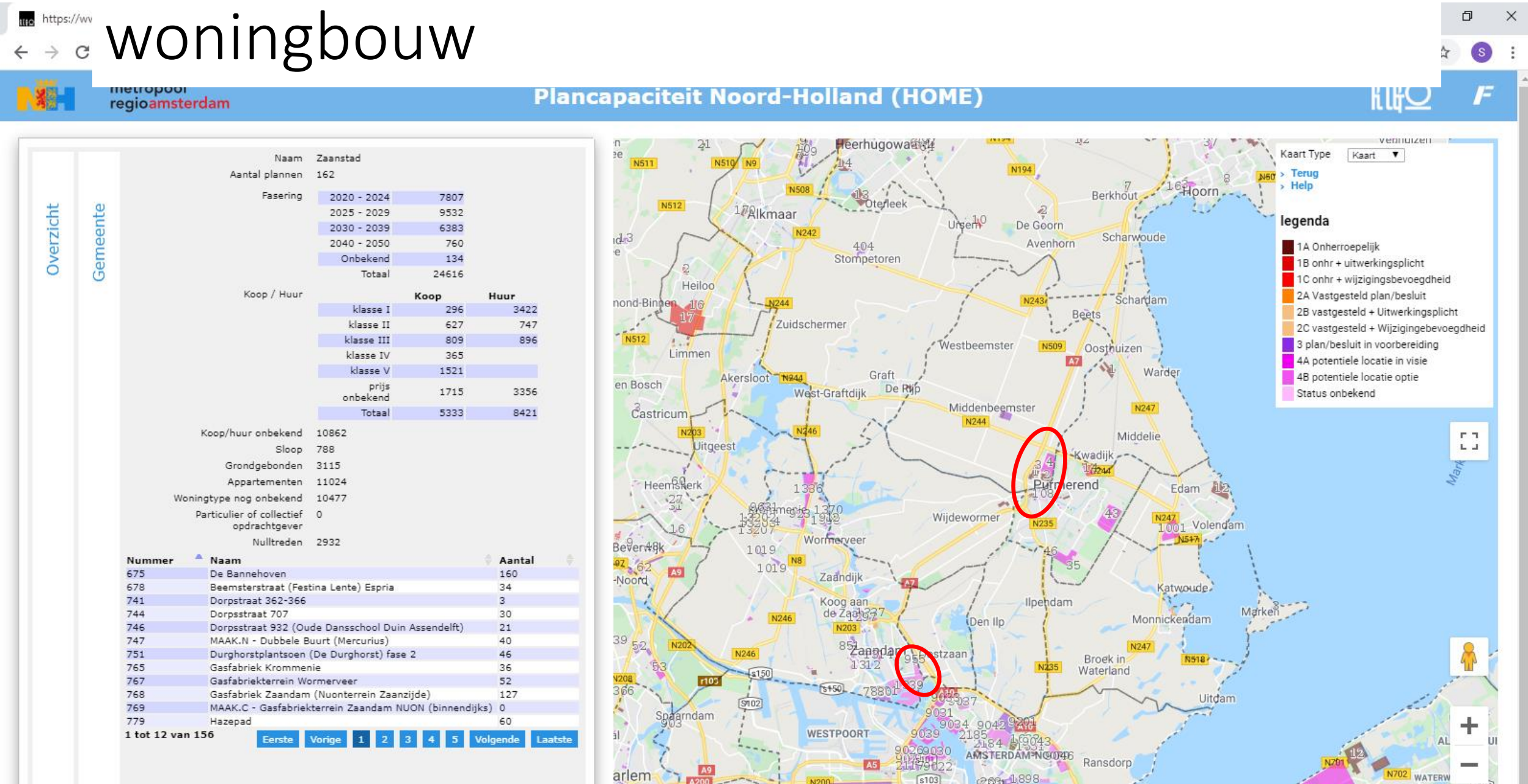
Appendix D9

A7/ A8 - Samenvatting gebiedsplannen

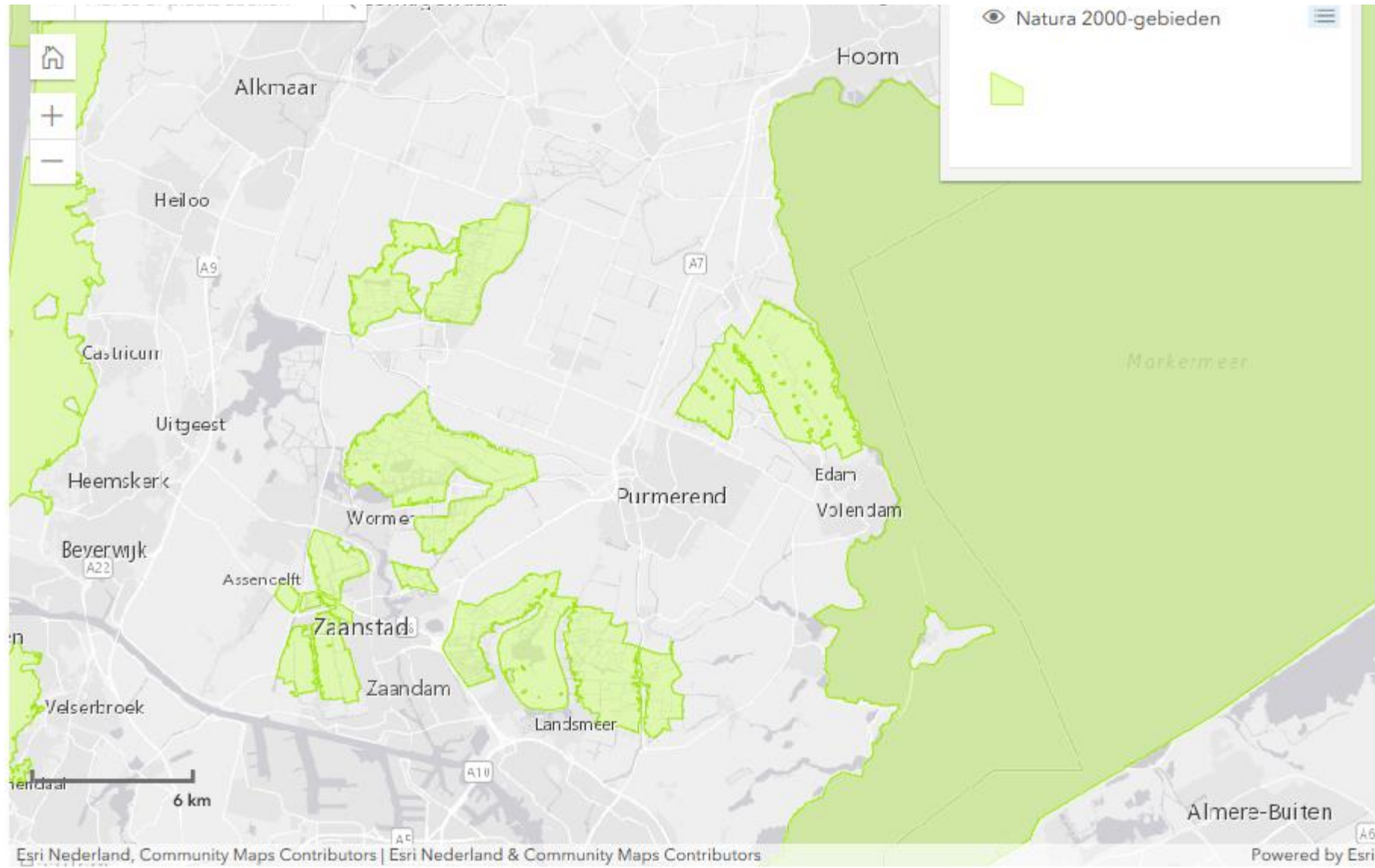
Aandachtspunten & gebiedsplannen A7/A8

- Er is nadrukkelijk aandacht voor maatregelen op het onderliggend wegennet, het fietsnetwerk en het openbaar vervoer-netwerk (spoor en buslijnen).
- Rekening houden met – en waar mogelijk versterken van – landschappelijke, natuurlijke en cultuurhistorische waarden. NB natuur- en cultuurhistorische waarden zijn deels geborgd in een wettelijk kader
- Rekenschap geven van ruimtelijke ontwikkelingen en projecten in het zoeken naar oplossingen voor de bereikbaarheidsopgave.

Aandachtspunten & gebiedsplannen A7/A8 - woningbouw



Aandachtspunten & gebiedsplannen A7/A8 – Natura 2000 gebieden



Appendix D10

A7/ A8 - KBN kwetsbaarheid voor droogte, aanscherping met nieuwe data en vergelijk met InSar data

‘Oude KBN Stresstest kwetsbaarheid voor droogte kaarten’



Gebruikte gegevens bij (KBN) droogteclassificatie

| Profiel type | SCORE | GRONDWATER SITUATIE | | | | | Bermssloot afstand | | | Afstand tussen maaiveld en bermsslootpeil
(drooglegging) | |
|---------------------------|-------|--|-----------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|---------------------------------------|
| | | infiltratie | | Tussen | kwel | | | | | | |
| | | 3.1
Sterk
> 1
mm/dag | 3.2
Matig
0,5 – 1
mm/dag | 0,5 mm/dag
infiltratie -
1 mm/dag
kwel | 3.3
Matig
1 – 2
mm/dag | 3.4
Sterk
> 2
mm/dag | 4.1
Groot
> 130 m | 4.2
Gem.
130-50 m | 4.3
Gering
< 50 m | 7.1
< gemid.
< 100 cm onder opp | 7.2
> gemid.
> 100 cm onder opp |
| 1. VEEN
(3) | 5 | X | X | | | | | | | | |
| | 4 | | | X | X | | X | | | X | |
| | 3 | (alle overige veen situaties) | | | | | | | | | |
| 2. ORGANISCHE KLEI
(2) | 3 | X | X | | | | X | X | | | |
| | 2 | (alle overige organische klei situaties) | | | | | | | | | |
| 3. KLEI
(1) | 2 | X | X | | | | X | | | X | |
| | 1 | (alle overige klei situaties) | | | | | | | | | |
| 4. ZAND
(0) | 0 | (zand is per definitie niet kwetsbaar) | | | | | | | | | |

Droogte risico klassen:

0 = niet kwetsbaar

1 = gering kwetsbaar

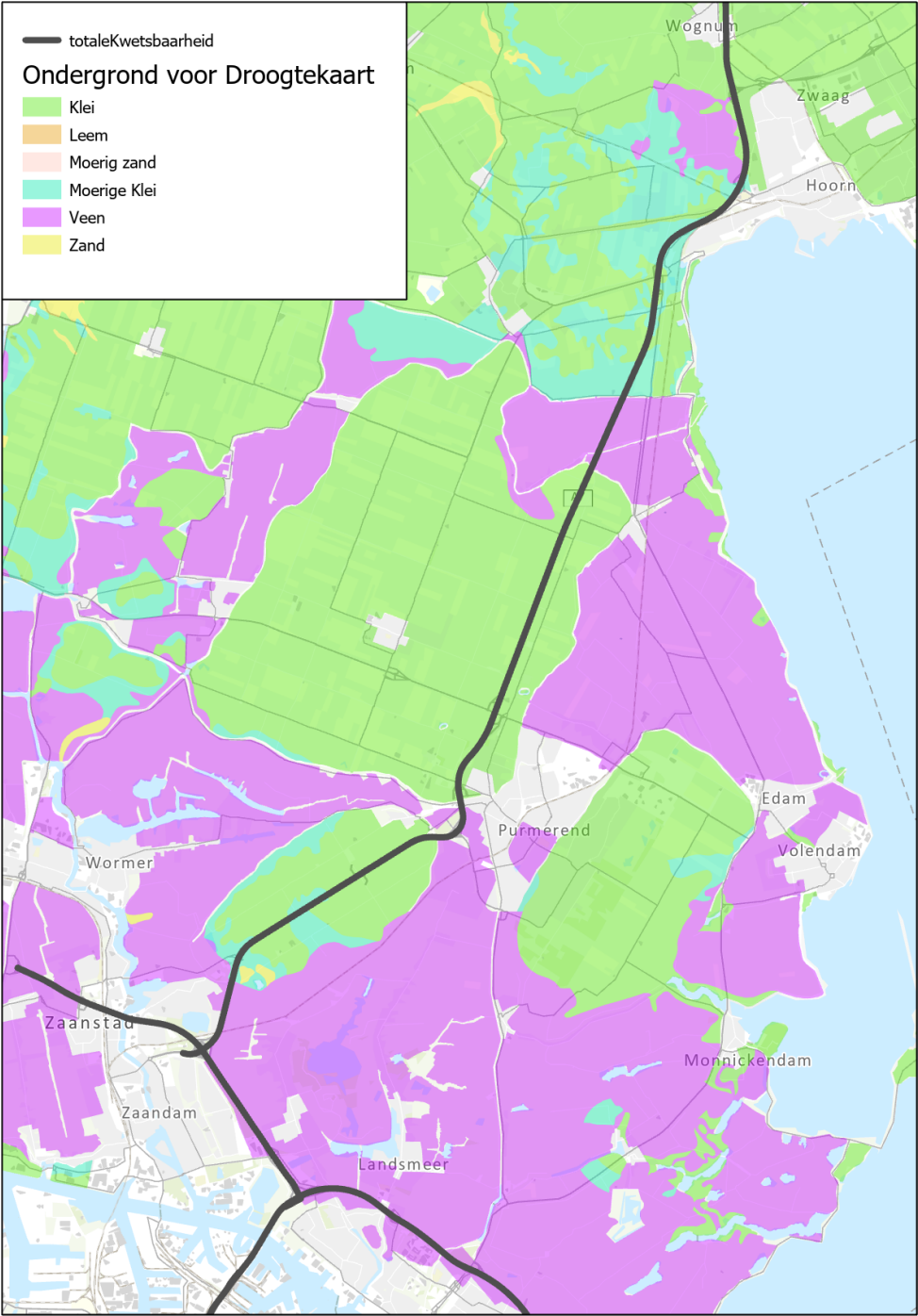
2 = matig kwetsbaar

3 = kwetsbaar

4 = zeer kwetsbaar

5= extreem kwetsbaar

Gebruikte bodem-informatie KBN Stresstest



Lithoklassen: bodem informatie obv DINO/

BRO loket

Veen op klei en
klei, zandig,
leem *1

Klei en klei,
zandig, leem

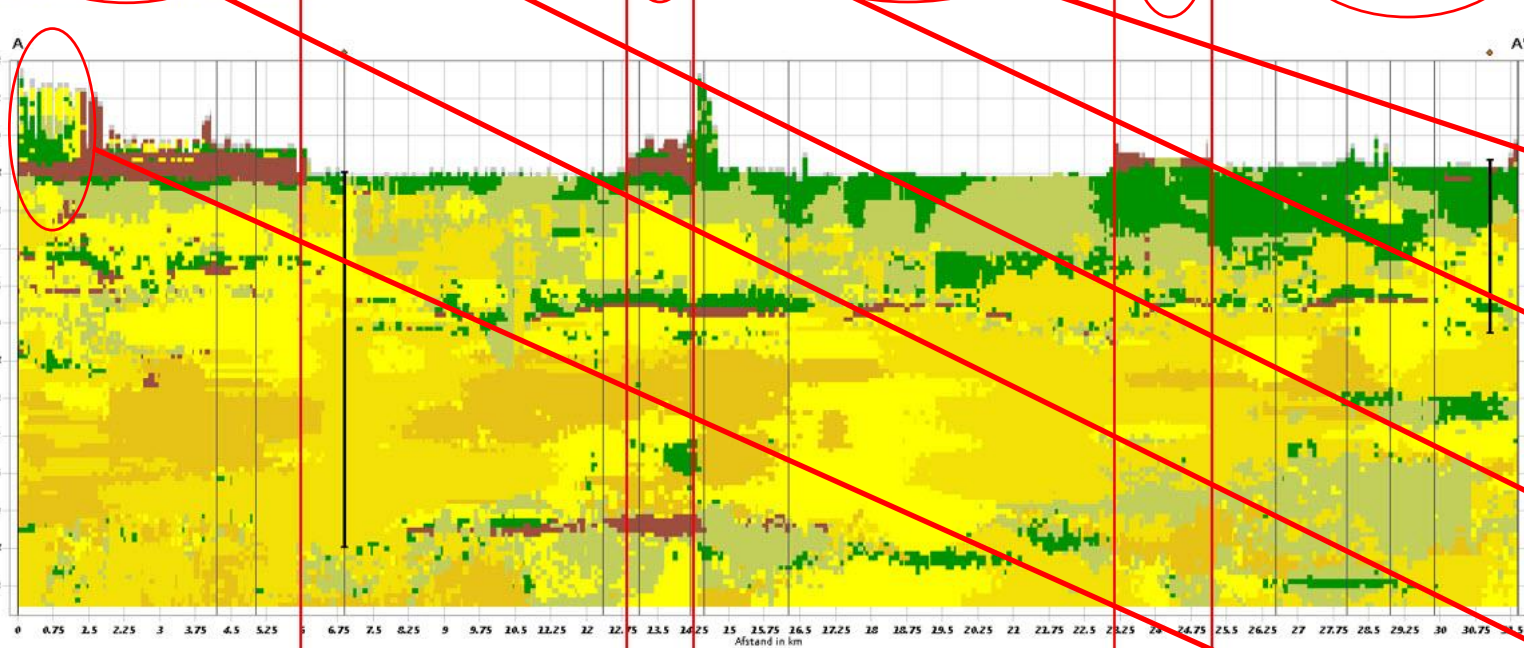
idem *1

Klei geulen met
klei, zandig,
leem

idem *1

Klei, beperkt
klei, zandig,
leem

verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.3



Hoogste
Gevoeligheid
*

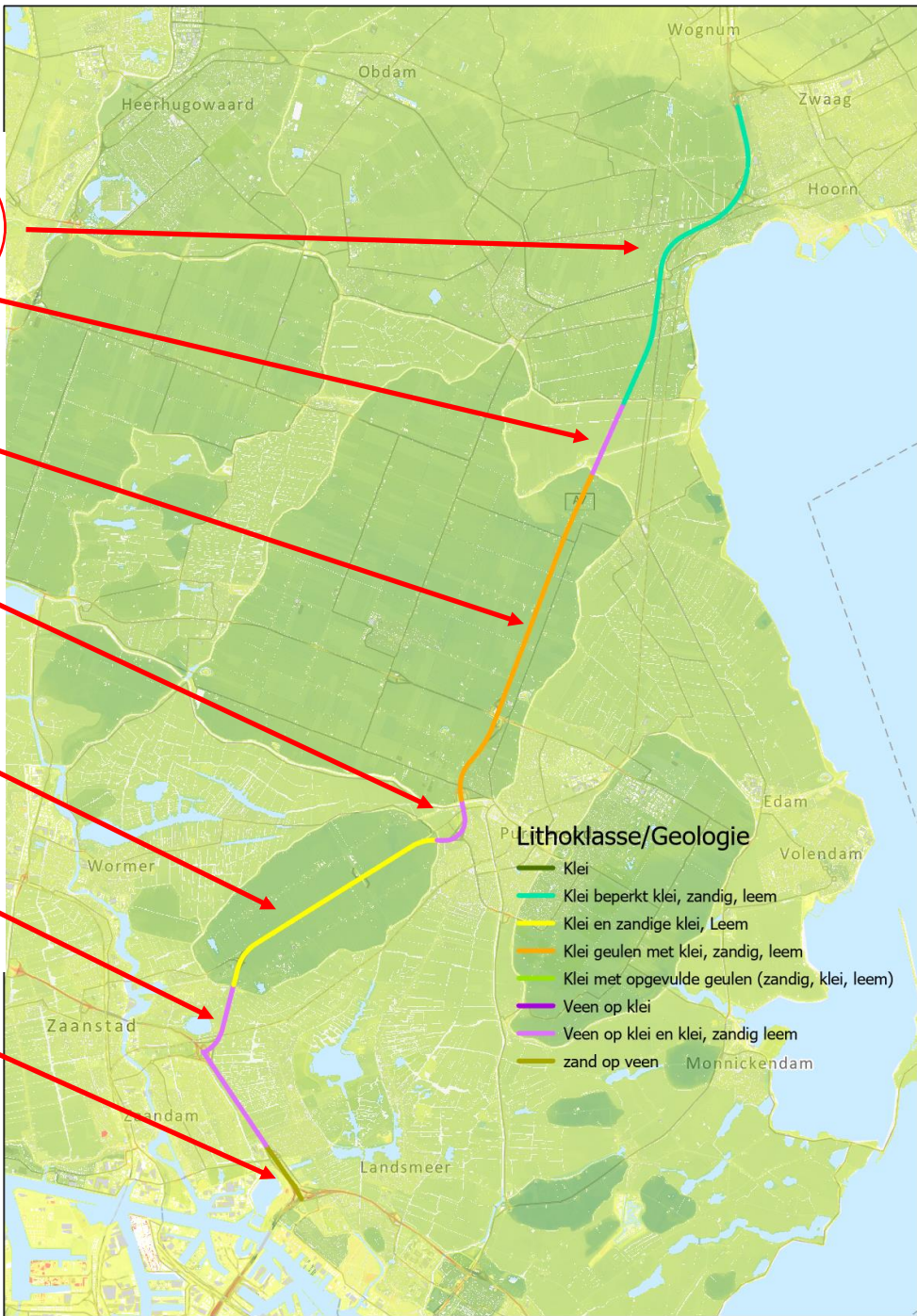
Laagste
gevoeligheid

*

Ongelijkmatig

*

Lage -
matige
gevoeligheid



Lithoklasse/Geologie

- Klei beperkt klei, zandig, leem
- Klei en zandige klei, Leem
- Klei geulen met klei, zandig, leem
- Veen op klei en klei, zandig leem
- zand op veen

Ondergrond voor Droogtekaart

- Klei
- Leem
- Moerig zand
- Moerige Klei
- Veen
- Zand

Confrontatie bodeminformatie voor droogtegevoeligheid

Begrenzing komt overeen, hoewel in de droogtebeoordeling meer een afwisseling van klei en moerige klei is gemaakt in dit gebied

Begrenzing komt overeen

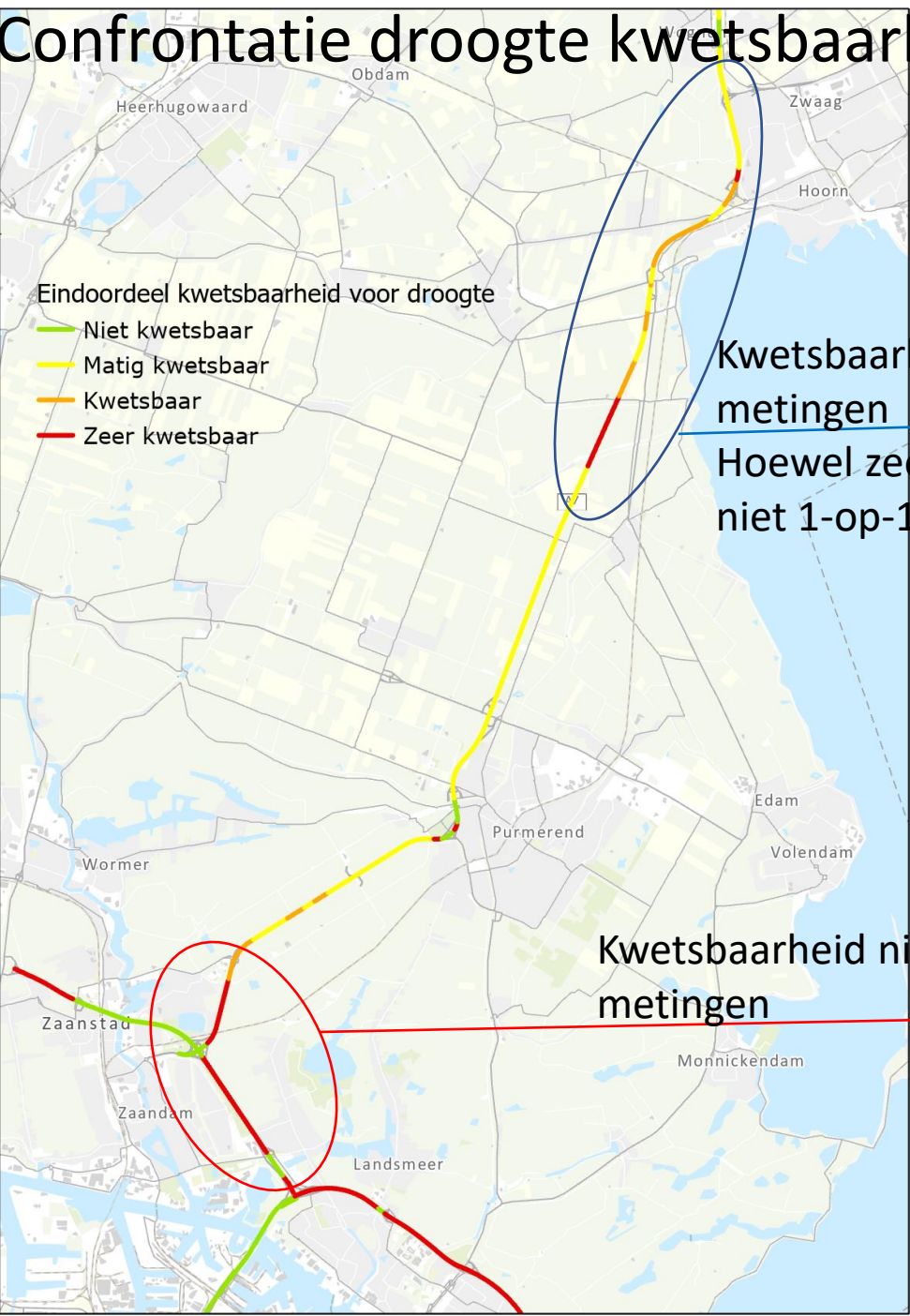
Begrenzing komt overeen

Begrenzing komt overeen

Begrenzings komen overeen, Wel valt op dat in Lithoklasse de twee gebieden (iets) verschillen terwijl volgens de droogteklassen de gebieden grotendeels overeen zouden moeten komen.

Initiele inschatting bodemtype lijkt te voldoen; nadere analyse zal beperkt verandering van de droogtekaart opleveren

Confrontatie droogte kwetsbaarheid en INSAR metingen



Kwetsbaarheid enigszins terug te zien in metingen
Hoewel zeer kwetsbare kwetsbare delen niet 1-op-1 herkenbaar zijn in metingen

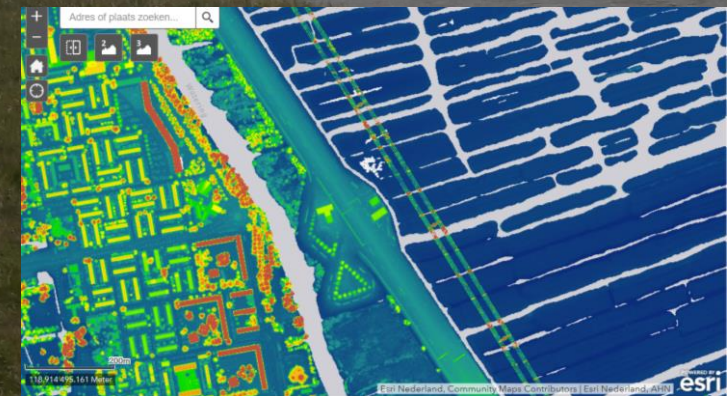
Kwetsbaarheid niet terug te zien in metingen



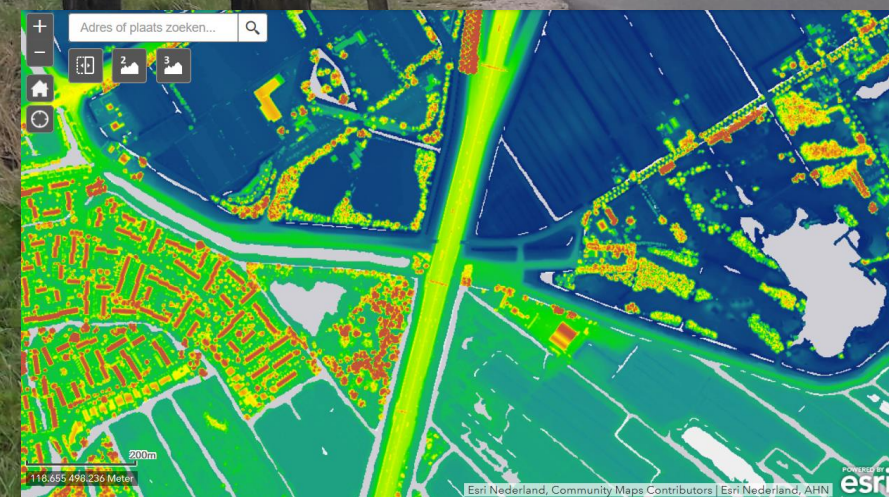
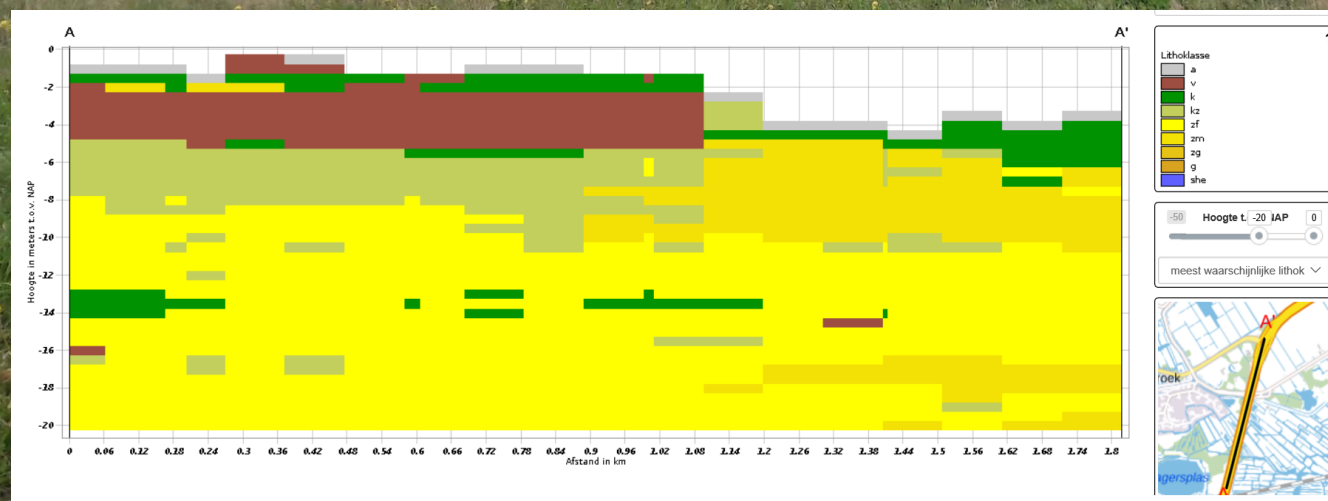
Appendix D11

Impressies site visit & desktop study

A8, net voor afslag A7.
Veenweidegebied
(veenbodem), heel
geringe drooglegging.
Grenst aan natuur.



A7. Overgang Veenweidegebied naar droogmakerij Wijde Wormer. Achter de dijk (zuidzijde) ligt veel hoger gelegen (3-4 m) veenweidegebied.



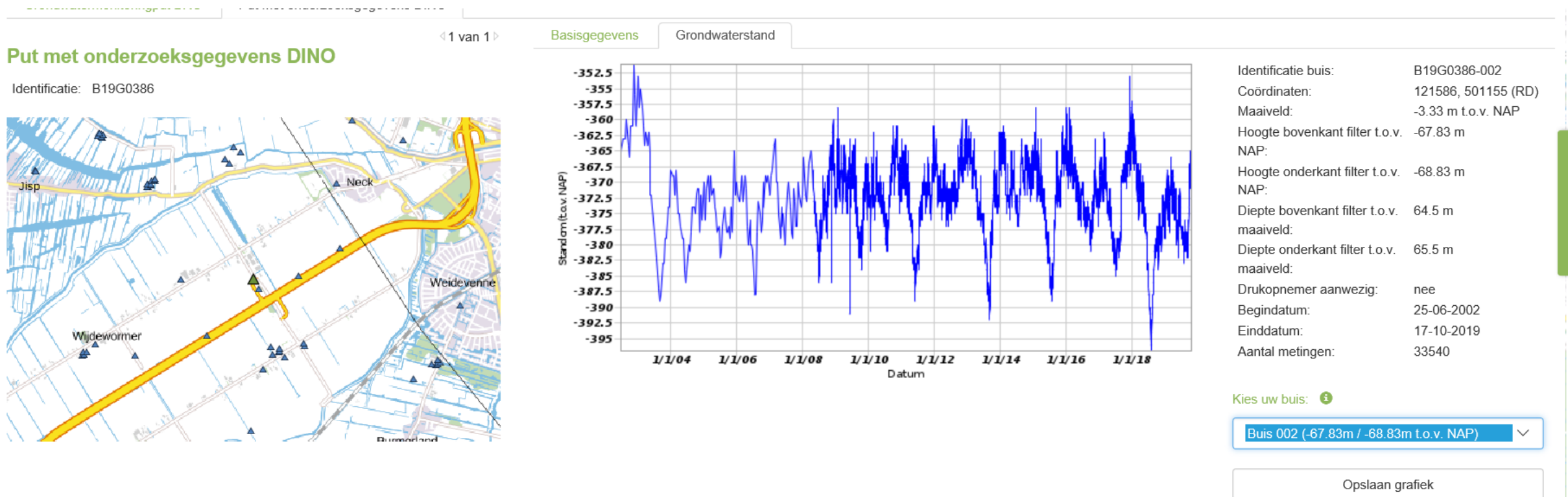
Opkwellend grondwater
aan alle 4 de zijkanten
van het viaduct.



Wijde Wormer.
Kleipolder met geringe
drooglegging.

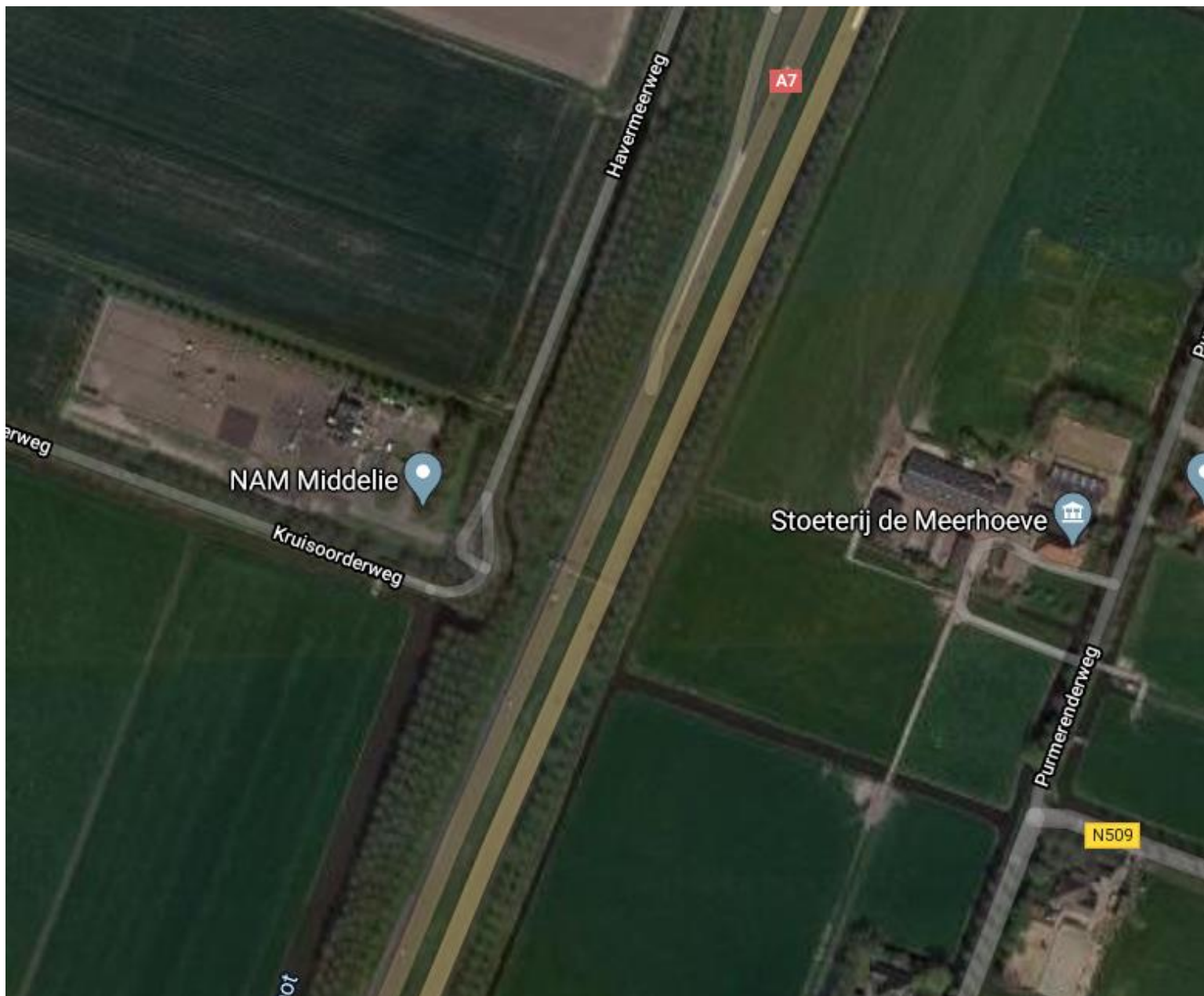


Stijghoogte (-68 m NAP) vlak langs A7 in Wijde Wormer (effect grondwaterwinning, beregening?)



Beemster. Kleipolder
met hier grotere
drooglegging dan in
Wormer.





Gaswinning naast de snelweg (A7 Beemster). Invloed op maaiveldddaling? Daar wel relatief hoge maaiveldddaling gemeten.maar verwacht mag worden dat invloed gaswinning meer boven-lokaal diffuus is.

MIDDELIE-BEEMSTER-300

Noordbeemster

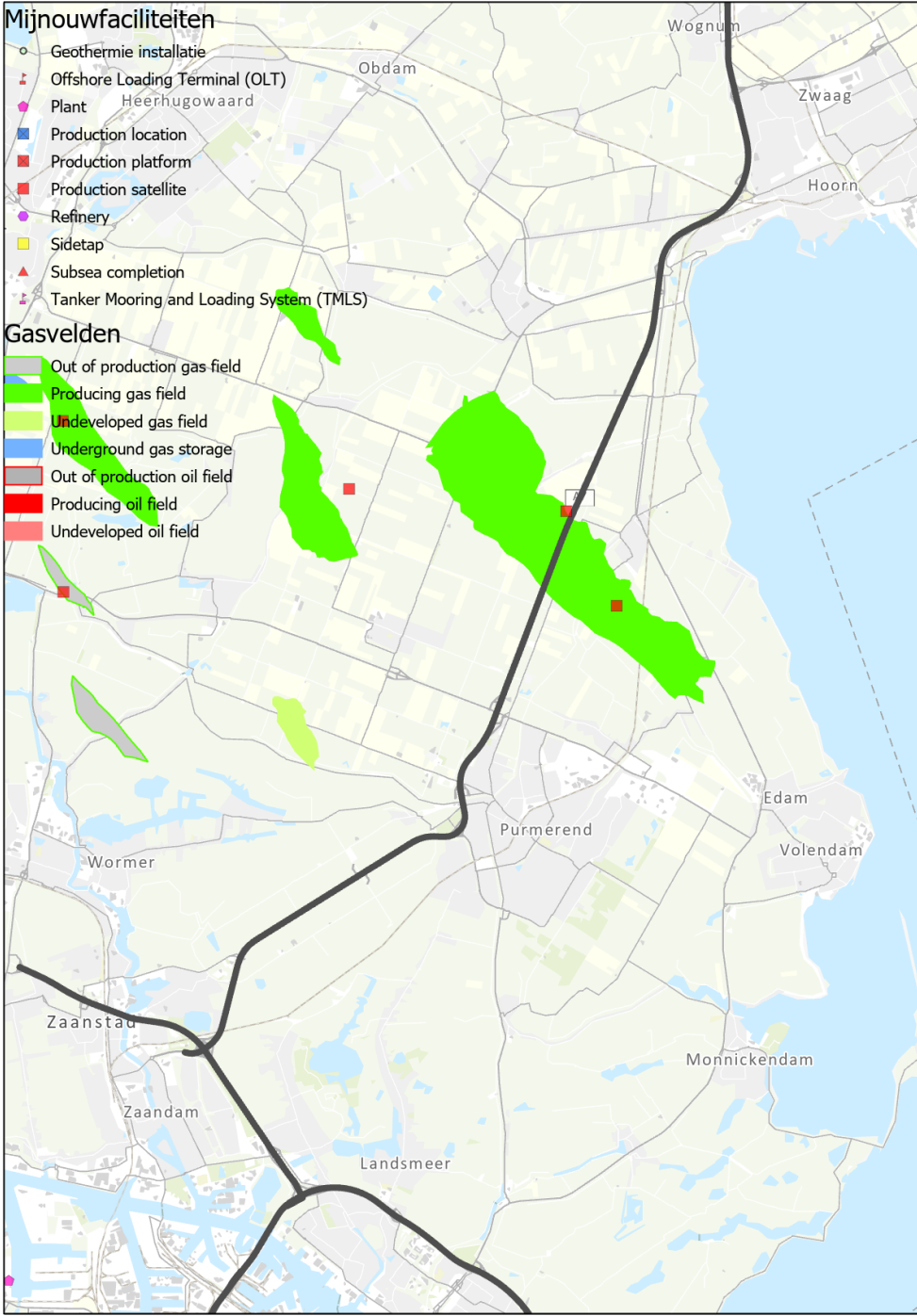
1463PK

Gaswinnings- en gasbehandelingslocatie. Het aardgas wordt hier uit de diepe ondergrond gewonnen en gescheiden van water en aardgascondensaat.

Historie

Al sinds de jaren zestig wordt aardgas gewonnen uit het Middelie-gasveld. Hiertoe zijn in de jaren zestig twee locaties aangelegd in de gemeente Zeevang. Dat waren de locatie Middelie-100 aan de Seevancksweg en de locatie Middelie-200 aan de Klemweg. In de gemeente Beemster zijn in 2007 de bestaande locaties Westbeemster aan de Jisperweg en Middelie-300 aan de Havermeerweg in gebruik genomen. Op locatie Westbeemster vindt vanuit drie putten gasproductie plaats.

Overige informatie - gas- en oliewinning



Presentatie NAM (2017) (max 6 cm daling)

WAT IS HET EFFECT VAN GASWINNING OP DE BODEM?

- Gaswinning veroorzaakt bodemdaling. Dit is een geleidelijk proces. Hierdoor ontstaat geen schade aan gebouwen, maar het kan wel gevolgen hebben voor de waterhuishouding. Daarom wordt er altijd overleg gevoerd met de waterschappen zodat de grondwaterstand eventueel kan worden aangepast indien dit noodzakelijk is voor het handhaven van de waterhuishouding.
- De bodemdaling veroorzaakt door gaswinning onder de Beemster-polder bedraagt tijdens de gehele winningsperiode minder dan 6 cm op het diepste punt.



A20



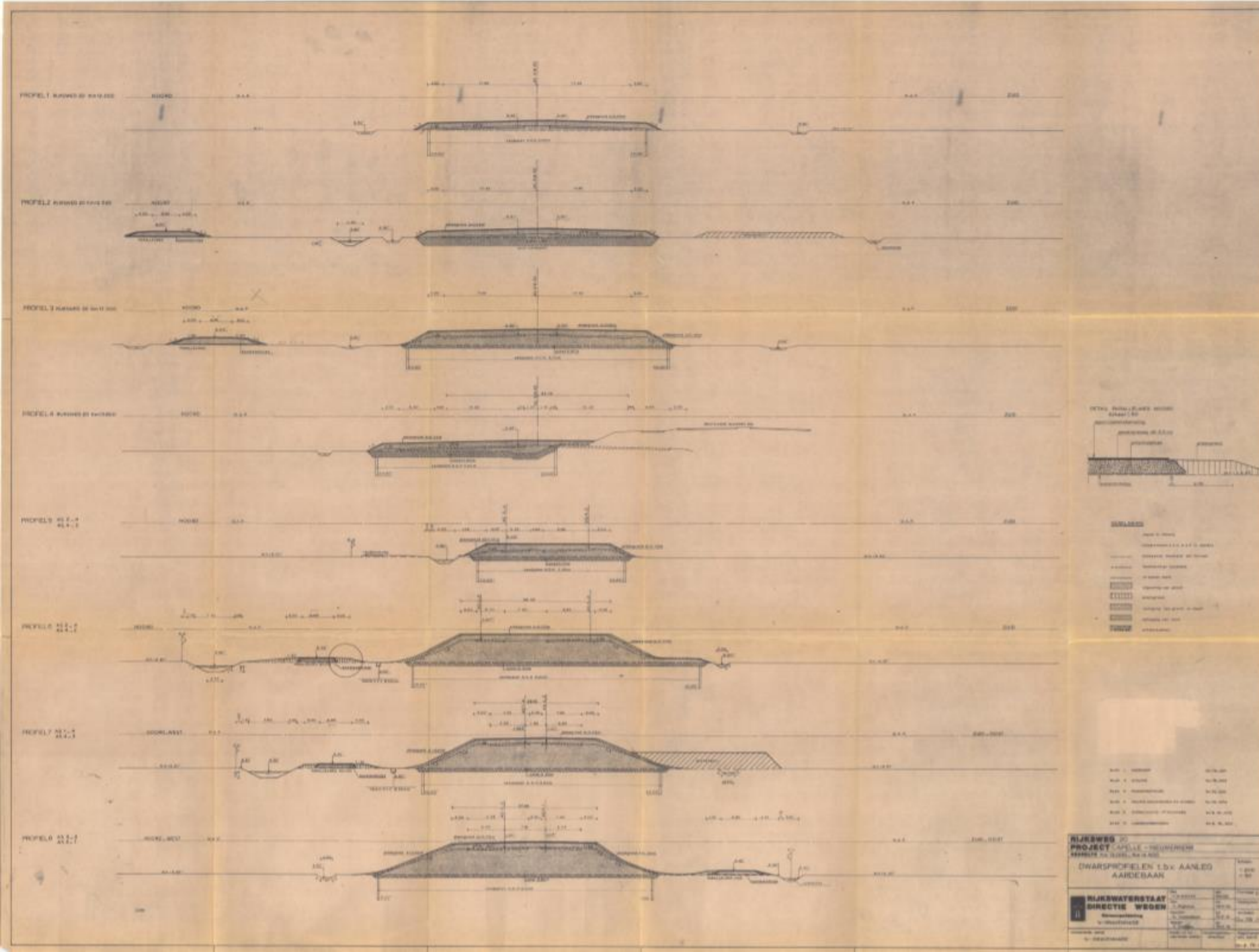
E Informatie A 20

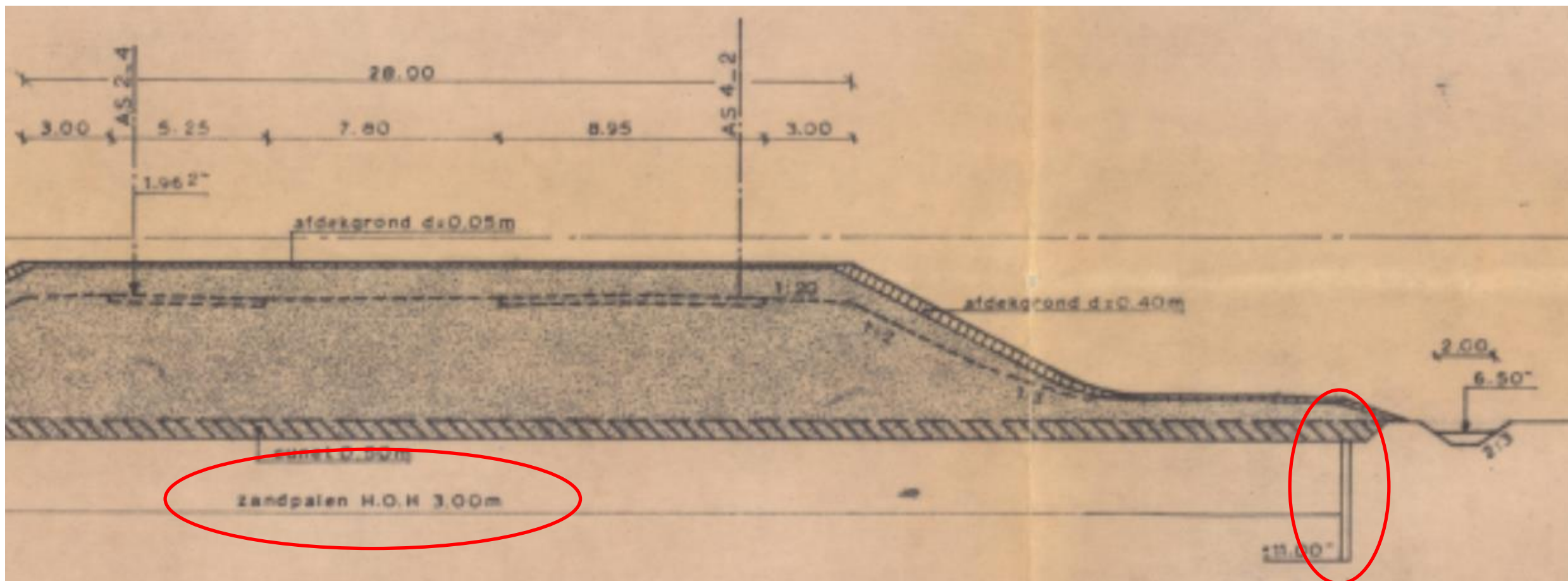
Appendix E1

A20 - gevonden constructie profielen

NB de gevonden profielen vallen buiten het te verbreden tracé; deze profielen kunnen alleen indicatief gebruikt worden als voorbeeld van wegprofielen die in deze regio toegepast worden

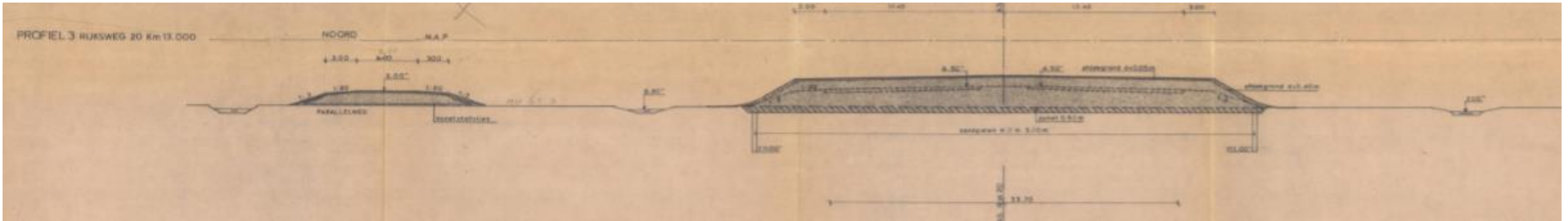
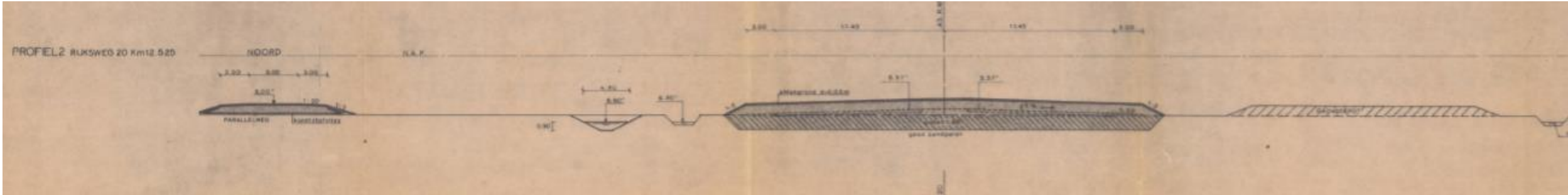
NB de gevonden profielen vallen buiten het te verbreden tracé; deze profielen kunnen alleen indicatief gebruikt worden als voorbeeld van wegprofielen die in deze regio toegepast worden





NB de gevonden profielen vallen buiten het te verbreden tracé; deze profielen kunnen alleen indicatief gebruikt worden als voorbeeld van wegprofielen die in deze regio toegepast worden

Veronderstelde profielen



- Bovenstaande profielen van A20 (buiten te verbreden deel) laat zien:
 - Beperkte afgraving deklagen
 - Installatie zandpalen lang rand vd weg* ter plaatse van ventwegen(?)
- * Vraag is wat eventuele zandpalen voor effect hebben!

Appendix E2

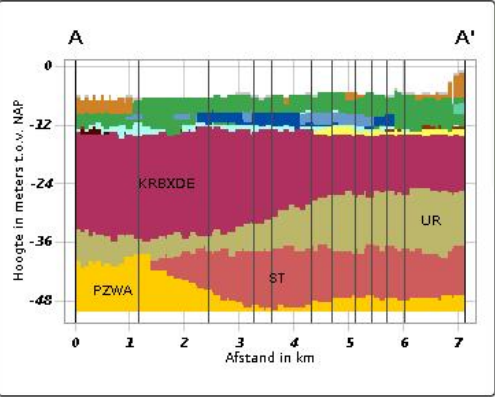
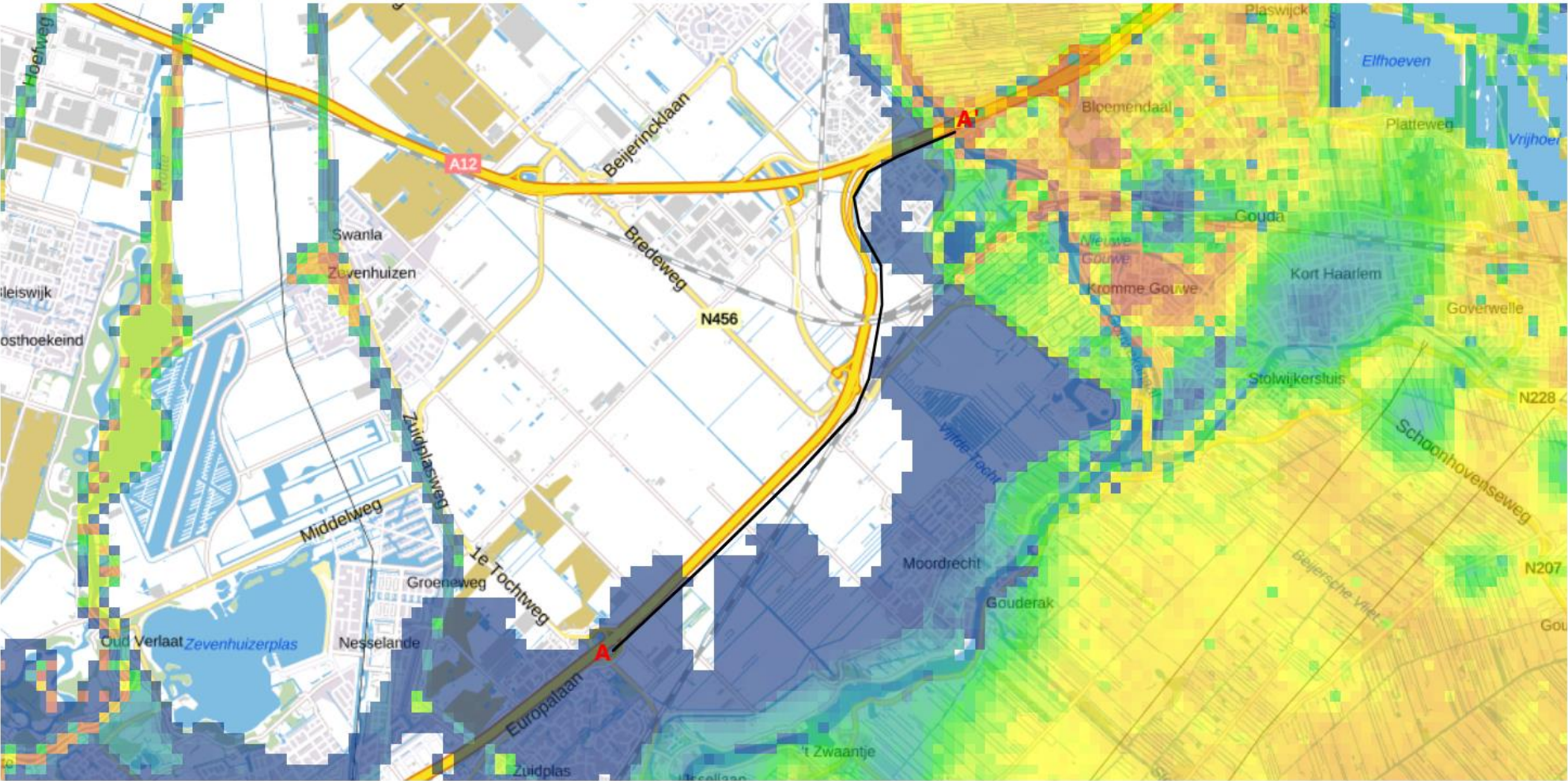
A20 - bodemprofielen (DINO/ BRO)

A20 – diepteligging top Hollandveen

Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket (BRO GeoTOP v1.3)

Opslaan als PDF

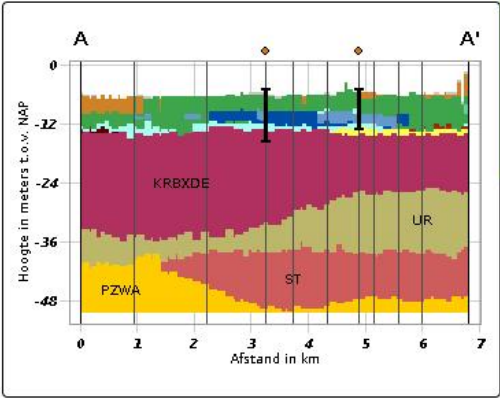
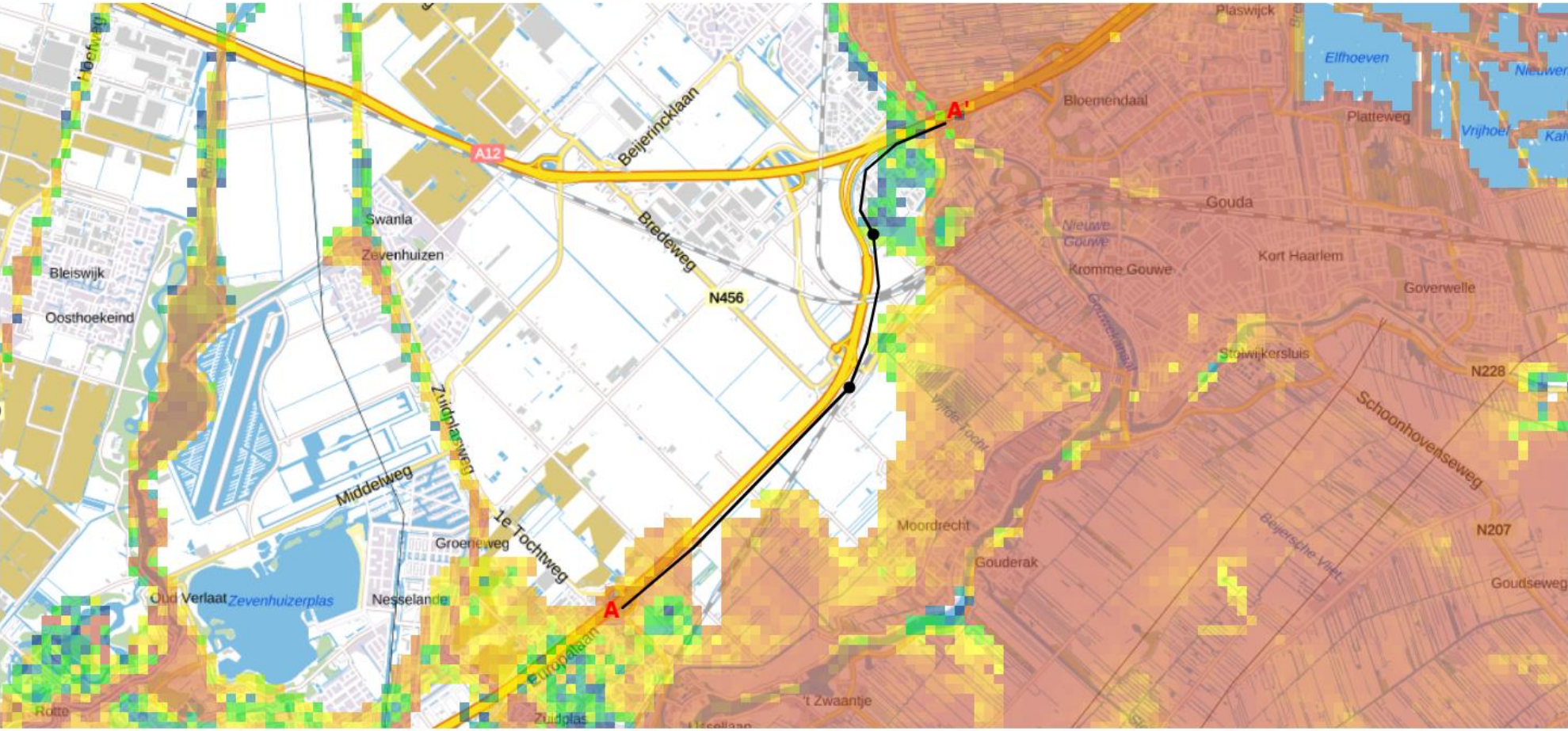
X



A20 – dikte Hollandveen

Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket (BRO GeoTOP v1.3)

Opslaan als PDF



Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.3

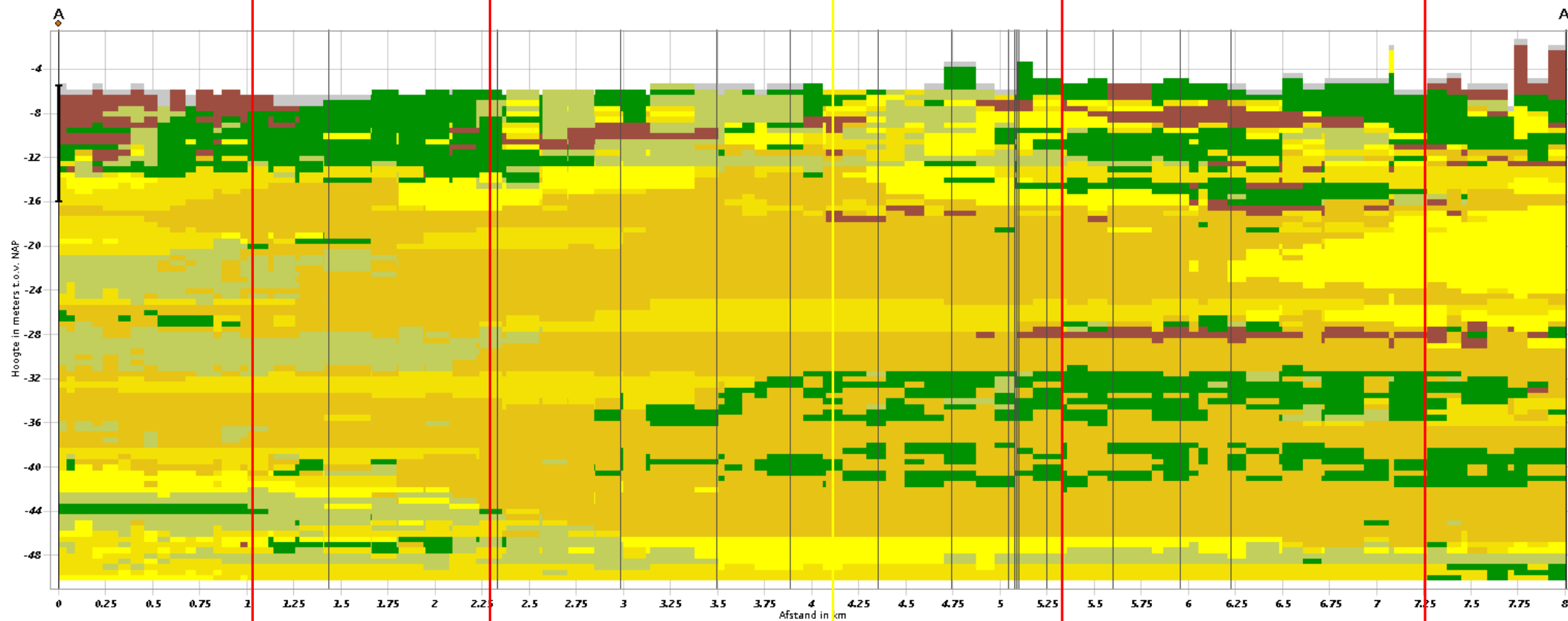
Veen op
klei

Klei

Klei met opgevulde geulen
(zandig, klei, leem)

Klei

Veen op
klei



BRO GeoTOP v1.3

Lithoklasse

a
v
k
kz
zf
zm
zg
g
she

-50 Hoogte t.o.v. NAP -2

meest waarschijnlijke lithoklasse

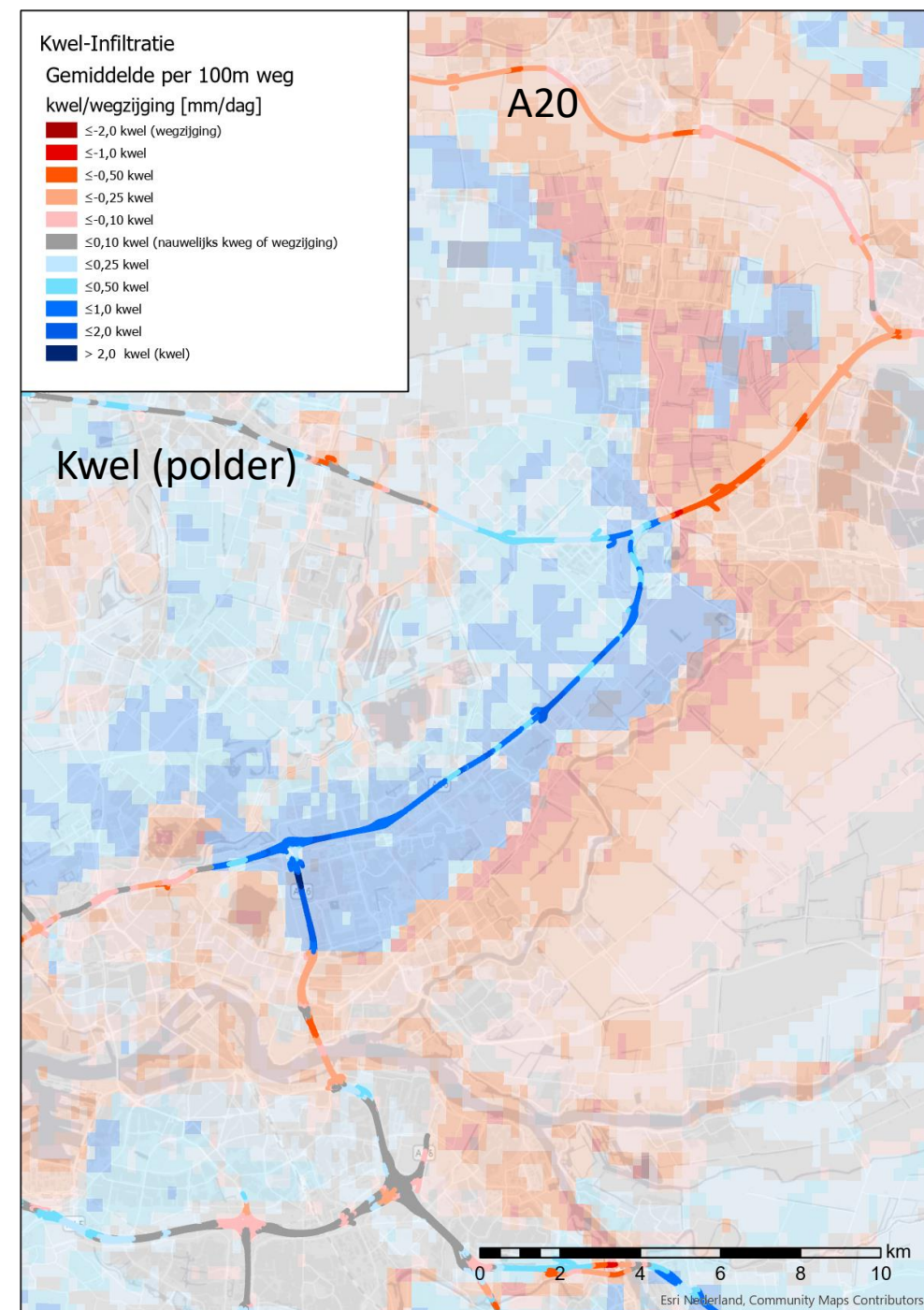


Opslaan als PDF

Appendix E3

A20 - kwel/ infiltratie

Kwel en infiltratie



Appendix E4

A20 - afstand tussen bermsloten

Afstand tussen bermsloten

Hier ligt tussen snelweg en sloot
een ventweg

Ventweg ZO zijde

Minimale afstand tussen bermsloten

- Geen sloot aan (een van beide) zijden van de weg
- Afstand tussen sloten tot 30 m
- Afstand tussen sloten 30 tot 50 m
- Afstand tussen sloten 50 tot 90 m
- Afstand tussen sloten 90 tot 130 m
- Afstand tussen sloten > 130 m

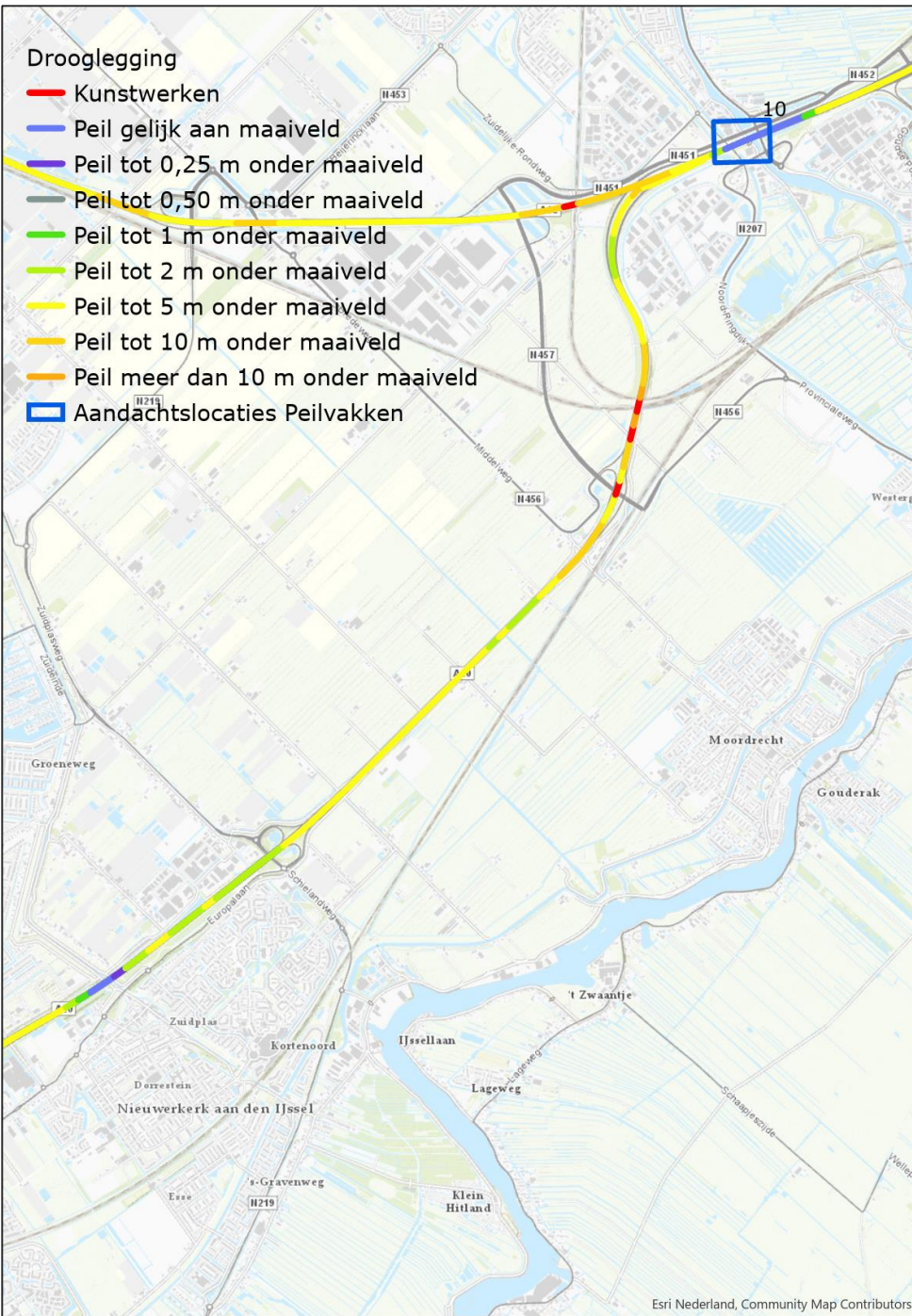
Appendix E5

A20 - drooglegging + voorbeelden aandachtsgebieden

Drooglegging

- Kunstwerken
- Peil gelijk aan maaiveld
- Peil tot 0,25 m onder maaiveld
- Peil tot 0,50 m onder maaiveld
- Peil tot 1 m onder maaiveld
- Peil tot 2 m onder maaiveld
- Peil tot 5 m onder maaiveld
- Peil tot 10 m onder maaiveld
- Peil meer dan 10 m onder maaiveld
- Aandachtslocaties Peilvakken

-
- Drooglegging**
- Kunstwerken
 - Peil gelijk aan maaiveld
 - Peil tot 0,25 m onder maaiveld
 - Peil tot 0,50 m onder maaiveld
 - Peil tot 1 m onder maaiveld
 - Peil tot 2 m onder maaiveld
 - Peil tot 5 m onder maaiveld
 - Peil tot 10 m onder maaiveld
 - Peil meer dan 10 m onder maaiveld
 - Aandachtslocaties Peilvakken



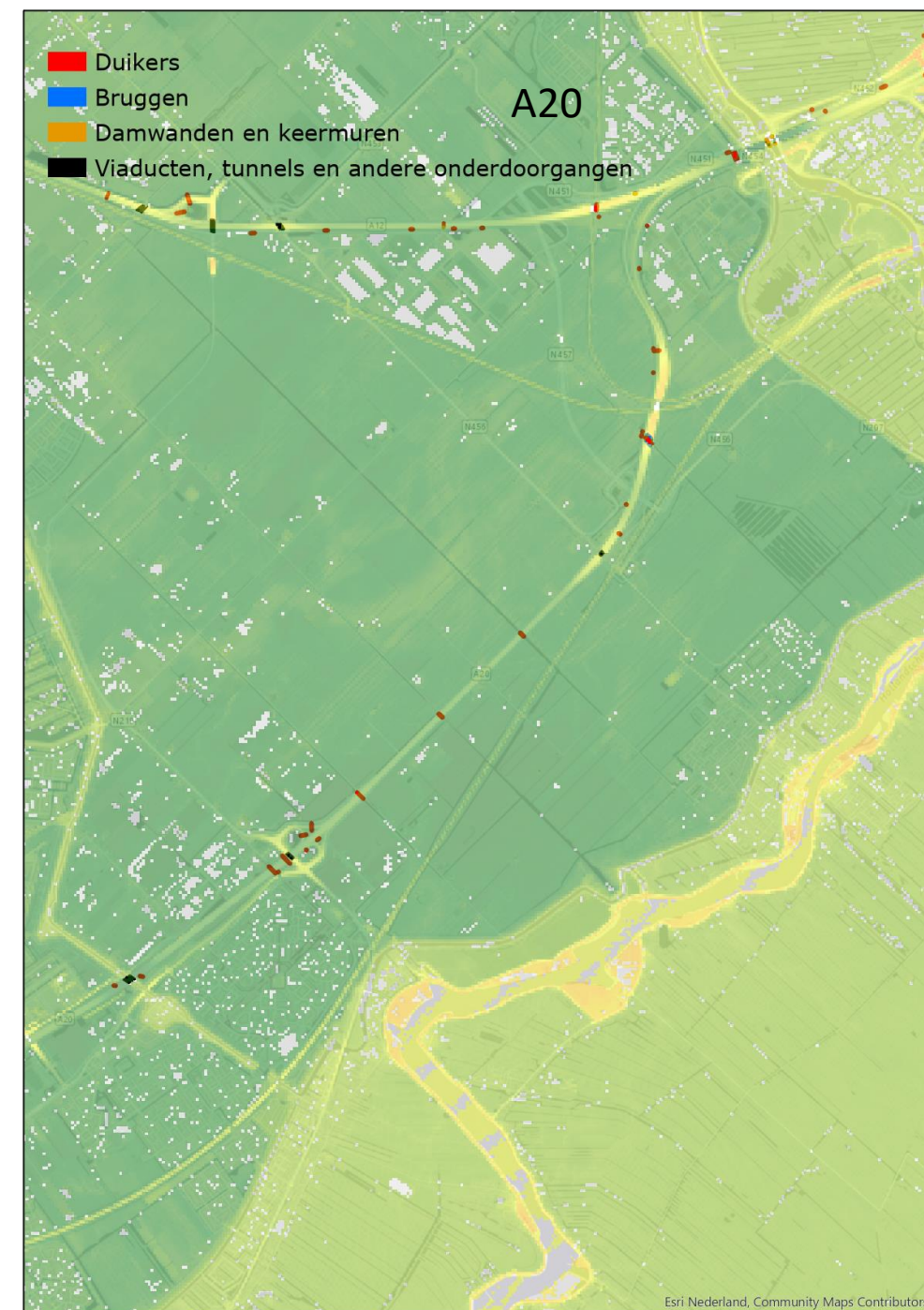
Appendix E6

A20 - kunstwerken

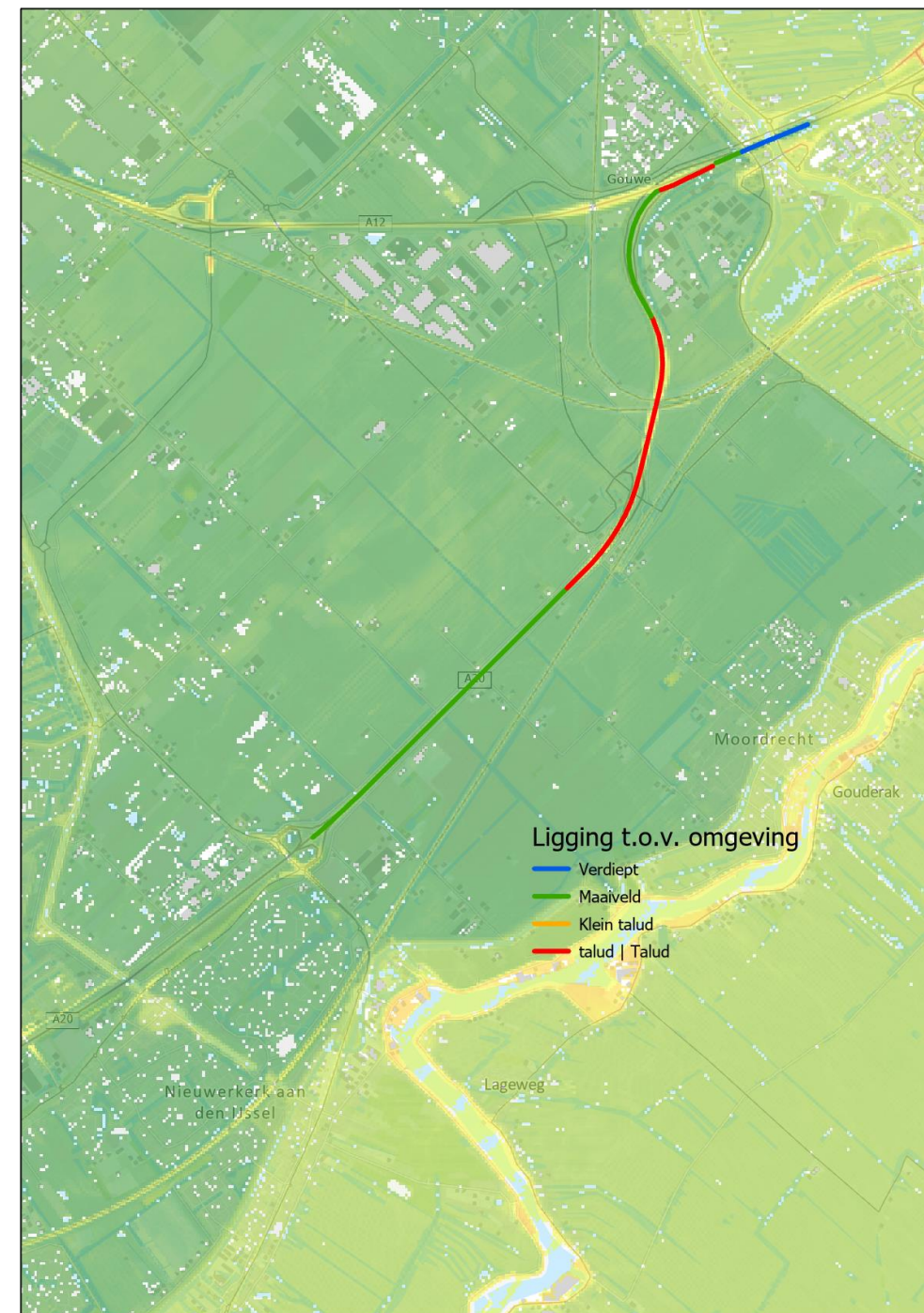
Duikers etc.

Hier naast de getoonde
Informatie ook o.a.

- Terre armee
- Voegovergangen
- Coupures
- Waterreguleringswerkenwaterafvoer op weg
- Type verharding
- Riolen
- Diverse ondergrondse obstakels



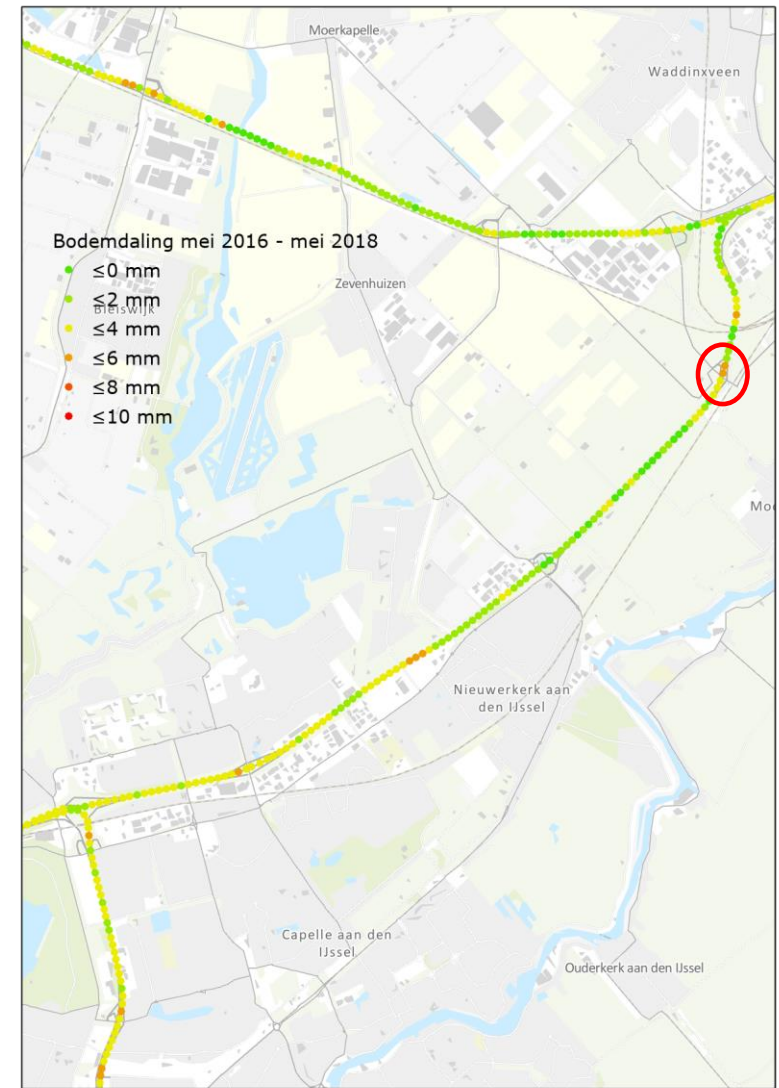
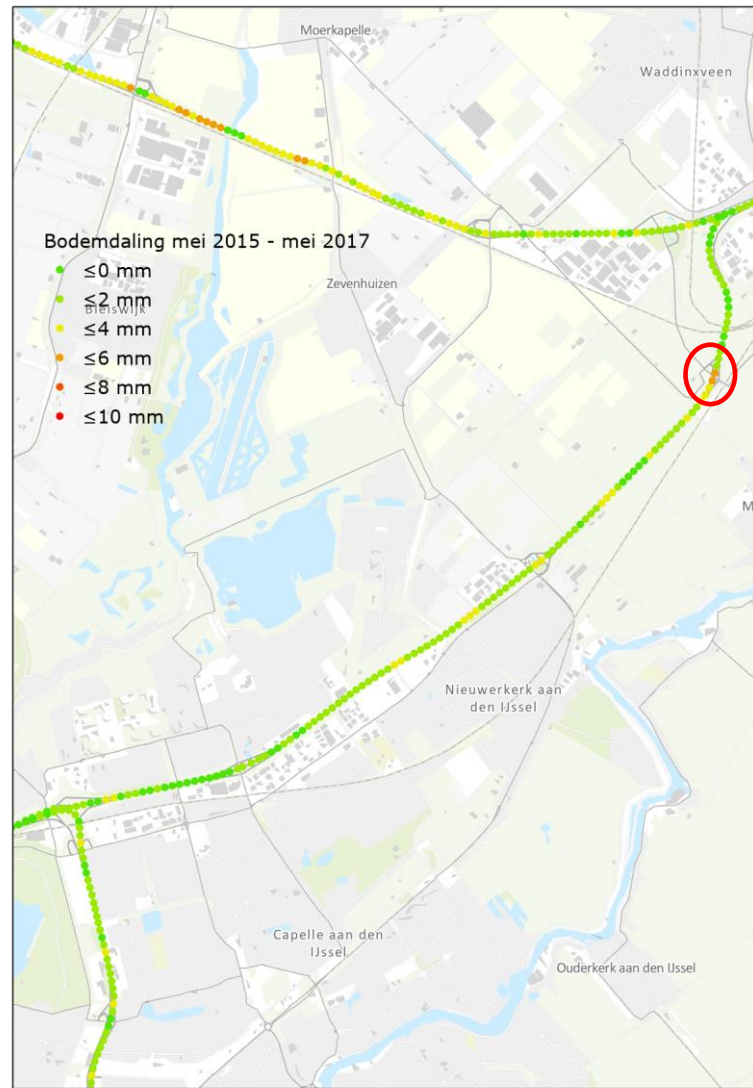
Aanwezigheid
taluds → talud
geeft hogere
belasting
ondergrond →
wordt vaak
robust
gebouwd?



Appendix E7

A20 - InSar metingen

Waargenomen bodemdaling obv InSar



Opvallend is de zeer beperkte hoeveelheid gemeten bodemdaling door InSar

Ook opvallend is dat de onderdoorgang bij Meerkerk (rood omcirkeld) veel bodemdaling laat zien terwijl dit een onderheide constructie is...

Appendix E8

A20 - Ervaring beheerder

1. Zijn of waren er op bepaalde locaties vaker problemen?
 - a. Zo ja, waar? **Nee we hebben gen problemen gehad op dit traject**
 - b. Wat was de ingreep en is het probleem nu opgelost?
 - c. Kun je hier meer over zeggen, bijv hadden ze dezelfde oorzaak (bijv waren er werkzaamheden in de omgeving (lokale onttrekkingen of andere, was er een verstopte water afvoer)?
2. Zijn er plekken in het trace die meer B&O nodig hebben dan verwacht?
 - a. Kun je aangeven welke oorzaken daar mogelijk aan ten grondslag liggen? **Voor zover ik kan bedenken hebben wij voor B&O niet meer hoeven dan we verwachtte.**
 - b. Hoe uit zich dat?
3. Zijn er plekken in het trace die naar jouw mening gevoeliger zijn voor bodemdaling en/ of droogte? **Ik kan geen trace bedenken waar het gevoeliger ligt.**
 - a. Zo ja, waar?
 - b. Waarom denk je dat deze locaties gevoeliger zijn? Heeft dit bijv te maken met drainage (of gebrek daaraan)?
 - c. Zijn er plekken waar ongelukken/ stremming vaker voorkomen? Zo ja, waar?
4. Welke adviezen zou je mee willen geven aan het projectteam dat de verbredingsklus aan gaat pakken. **Als er volgens de richtlijnen wordt uitgevraagd dan zijn er extra aanvullingen nodig.**
 - a. Zijn er plekken in de omgeving van de weg waar vaak (veel) plassen/ water op het land staat? Zo ja, waar?
5. Zijn er plekken in de omgeving van de weg die gevoeliger zijn voor droogte? Zo ja, waar? **Niet dat ik weet**
6. Waar liggen duikers/ onderdoorgangen in het tracé? **Die kan je bij het areaal loket inwinnen**
7. Weet je waar drainage ligt? Verwacht je dat deze nog werkt? Is de drainage zichtbaar is in het veld? **Voor zover ik weet is er geen drainage aanwezig op het trace**
8. Zijn jouw plannen van Waterschap of omliggende gemeenten bekend die beïnvloed zouden kunnen worden door de verbredingswerkzaamheden aan de snelweg of vice versa? **Ik heb gen idee welke plannen van derde er worden meegenomen met het project.**
9. Zijn er andere zaken vanuit historisch of ander perspectief noemenswaardig zijn in het kader van de verbredingswerkzaamheden? **Nee**

Appendix E9

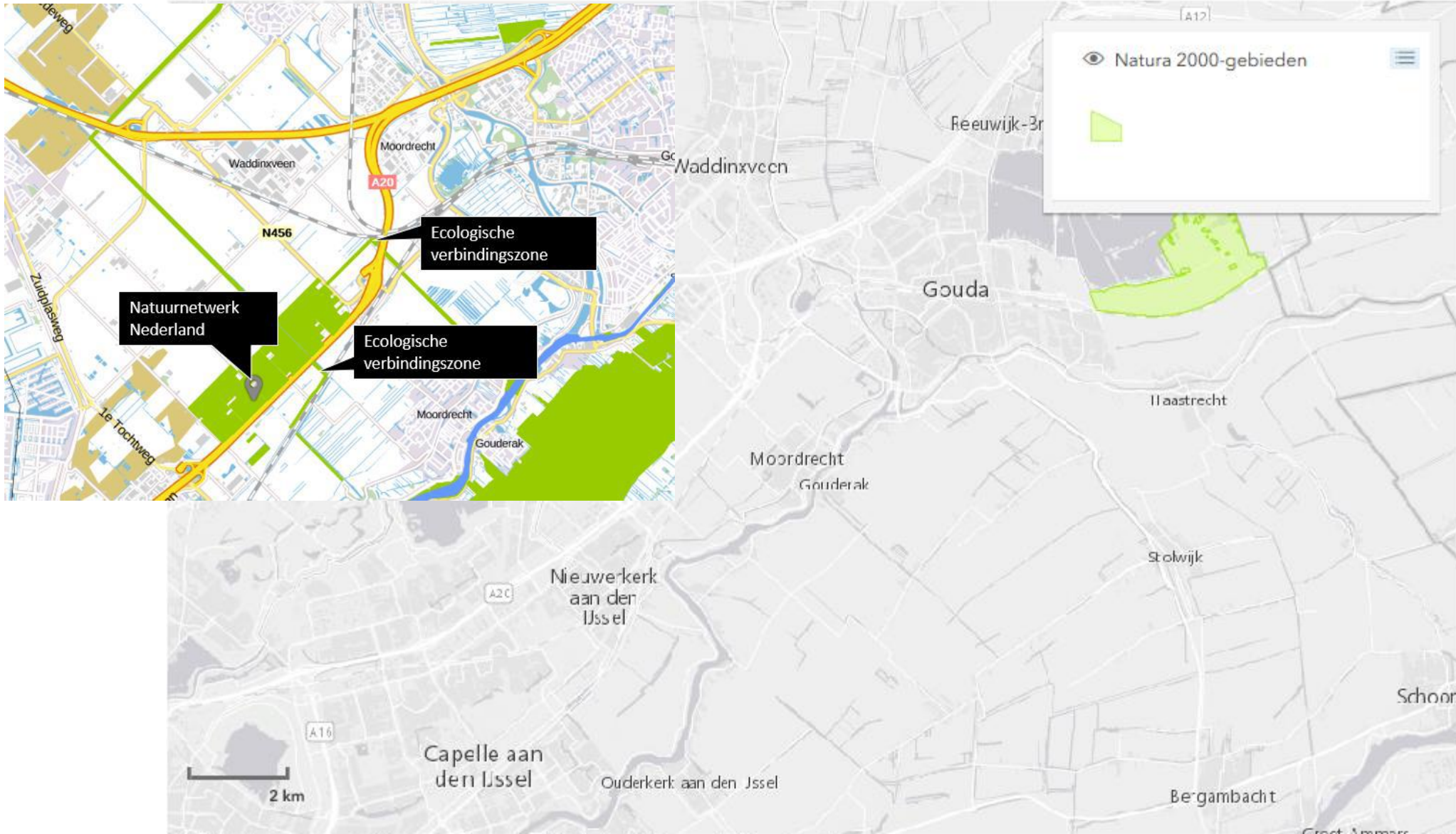
A20 - Samenvatting gebiedsplannen

Aandachtspunten & gebiedsplannen A20

- Kruising A20 met BAL (waterleiding Oasen) → opletten met aanbrengen overhoogte
- Ambities Waterschap: meer water in omgeving van A20, duikers vergroten, verbreden watergang naar Zuidplaspemaal
- Een aantal grote (woningbouw)projecten zijn Triangel en Glasparel+ in Waddinxveen, Westergouwe in Gouda en Nieuwerkerk-Noord in de gemeente Zuidplas
- Bomenrijen langs snelweg → bomen zullen gekapt moeten worden



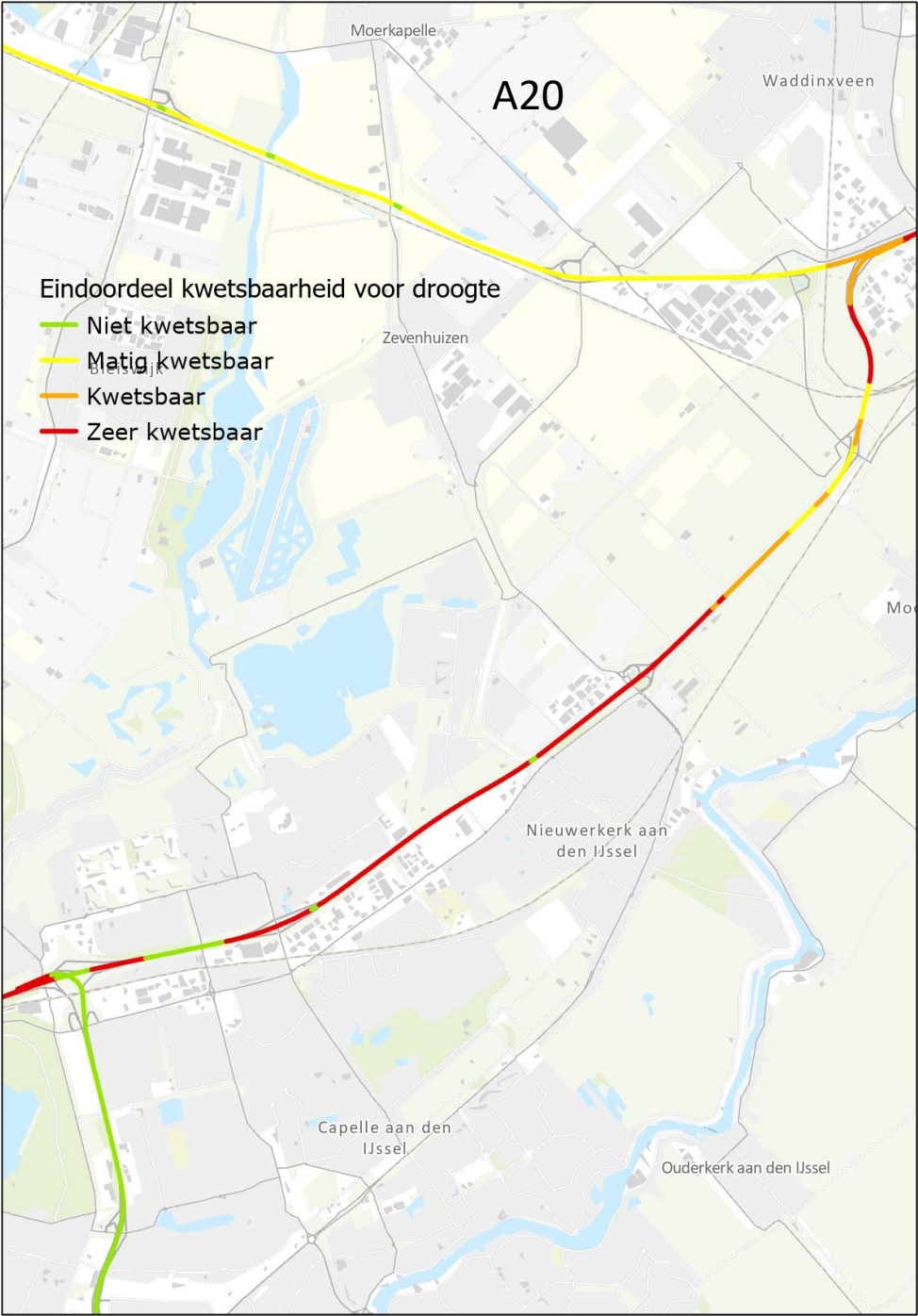
Aandachtspunten & gebiedsplannen A20 – Natura 2000 gebieden



Appendix E10

A20 - KBN kwetsbaarheid voor droogte, aanscherping met nieuwe data en vergelijk met InSar data

‘Oude KBN Stresstest kwetsbaarheid voor droogte kaarten’



Droogteclassificatie

| Profiel type | SCORE | GRONDWATER SITUATIE | | | | | Bermssloot afstand | | | Afstand tussen maaiveld en bermsslootpeil
(drooglegging) | |
|---------------------------|-------|--|-----------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|---------------------------------------|
| | | infiltratie | | Tussen | kwel | | | | | | |
| | | 3.1
Sterk
> 1
mm/dag | 3.2
Matig
0,5 – 1
mm/dag | 0,5 mm/dag
infiltratie -
1 mm/dag
kwel | 3.3
Matig
1 – 2
mm/dag | 3.4
Sterk
> 2
mm/dag | 4.1
Groot
> 130 m | 4.2
Gem.
130-50 m | 4.3
Gering
< 50 m | 7.1
< gemid.
< 100 cm onder opp | 7.2
> gemid.
> 100 cm onder opp |
| 1. VEEN
(3) | 5 | X | X | | | | | | | | |
| | 4 | | | X | X | | X | | | X | |
| | 3 | (alle overige veen situaties) | | | | | | | | | |
| 2. ORGANISCHE KLEI
(2) | 3 | X | X | | | | X | X | | | |
| | 2 | (alle overige organische klei situaties) | | | | | | | | | |
| 3. KLEI
(1) | 2 | X | X | | | | X | | | X | |
| | 1 | (alle overige klei situaties) | | | | | | | | | |
| 4. ZAND
(0) | 0 | (zand is per definitie niet kwetsbaar) | | | | | | | | | |

Droogte risico klassen:

0 = niet kwetsbaar

1 = gering kwetsbaar

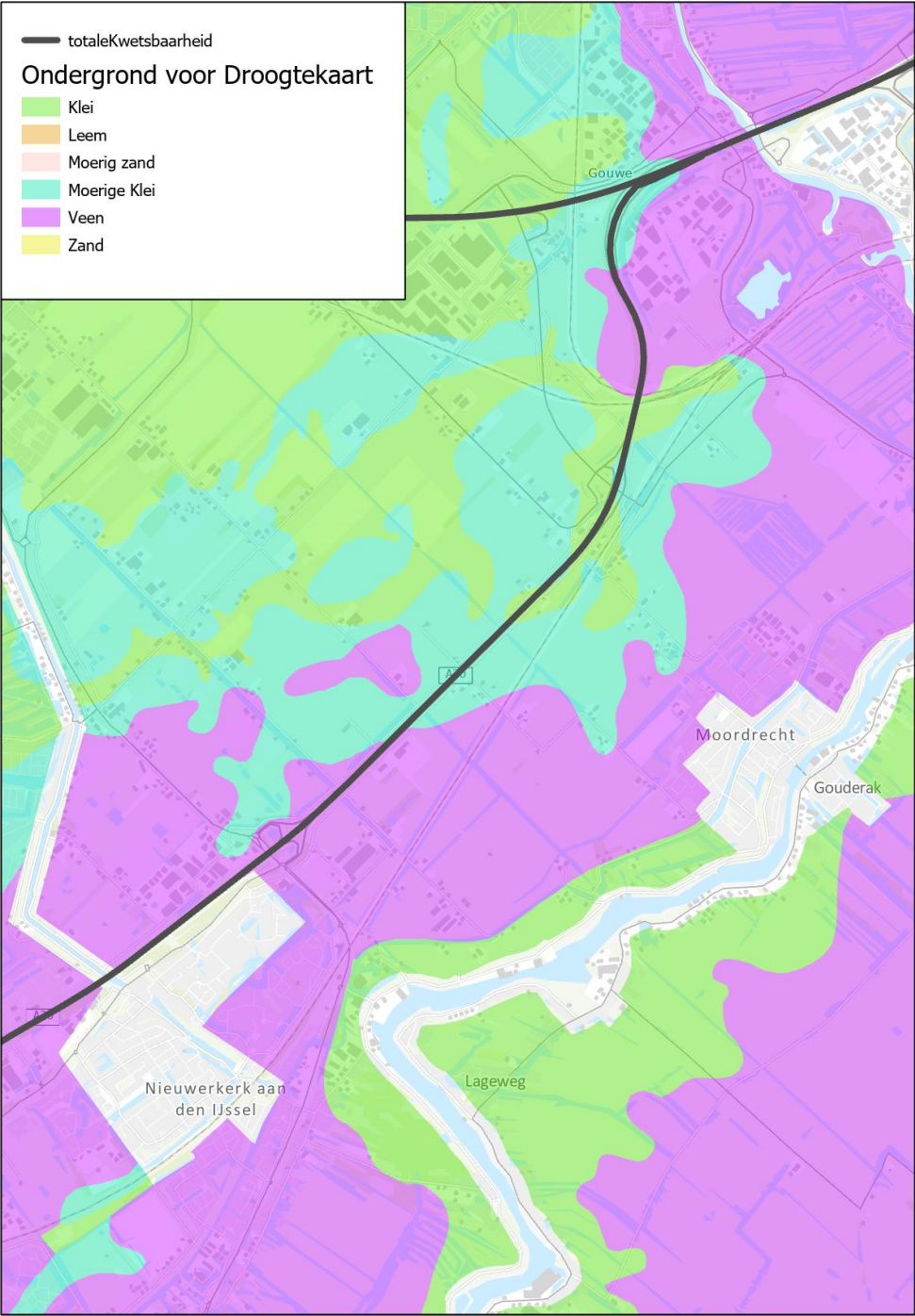
2 = matig kwetsbaar

3 = kwetsbaar

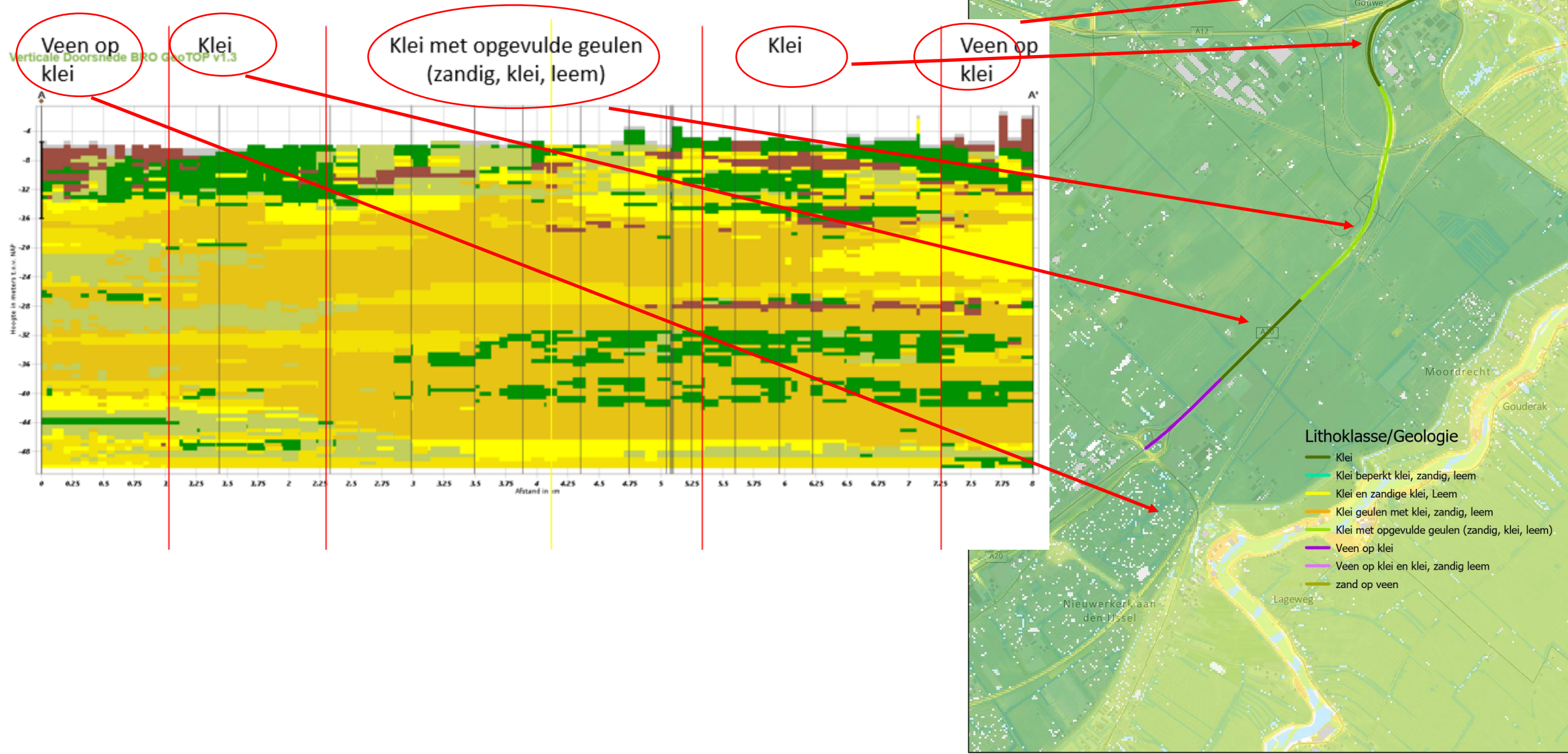
4 = zeer kwetsbaar

5= extreem kwetsbaar

Gebruikte bodem- informatie



Lithoklassen: bodem informatie obv DINO/ BRO loket



Lithoklasse/Geologie

- Klei
- Klei met opgevulde geulen (zandig, klei, leem)
- Veen op klei

Ondergrond voor Droogtekaart

- Klei
- Leem
- Moerig zand
- Moerige Klei
- Veen
- Zand

Confrontatie Lithoklassenindeling en Ondergronden voor droogtegevoeligheid

Begrenzing in lithoklasse ligt oostelijker dan volgens droogteindeling verwacht wordt.

Wat in lithoklasse klei is, is in droogteindeling veen en moerige klei

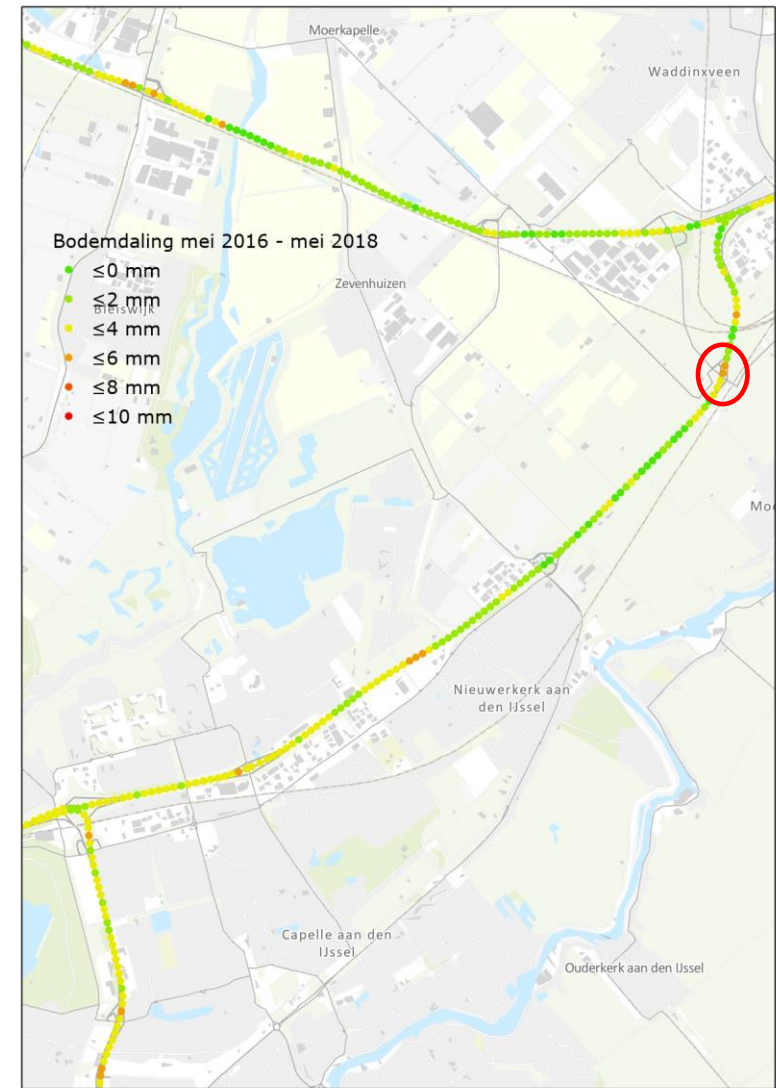
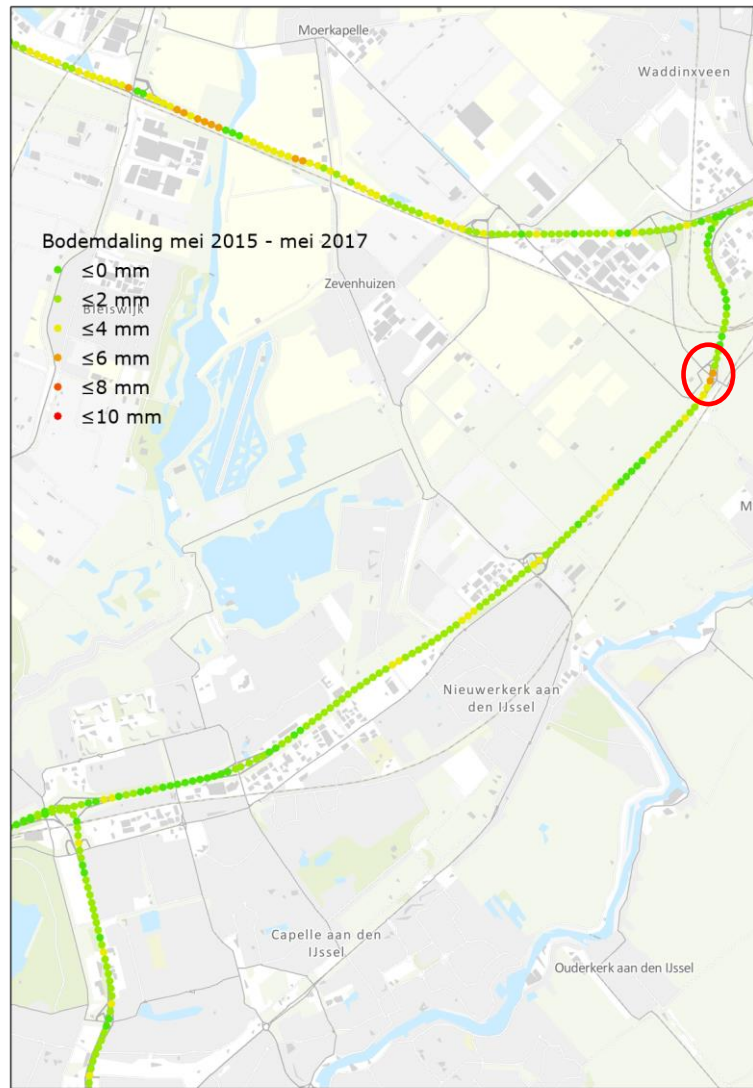
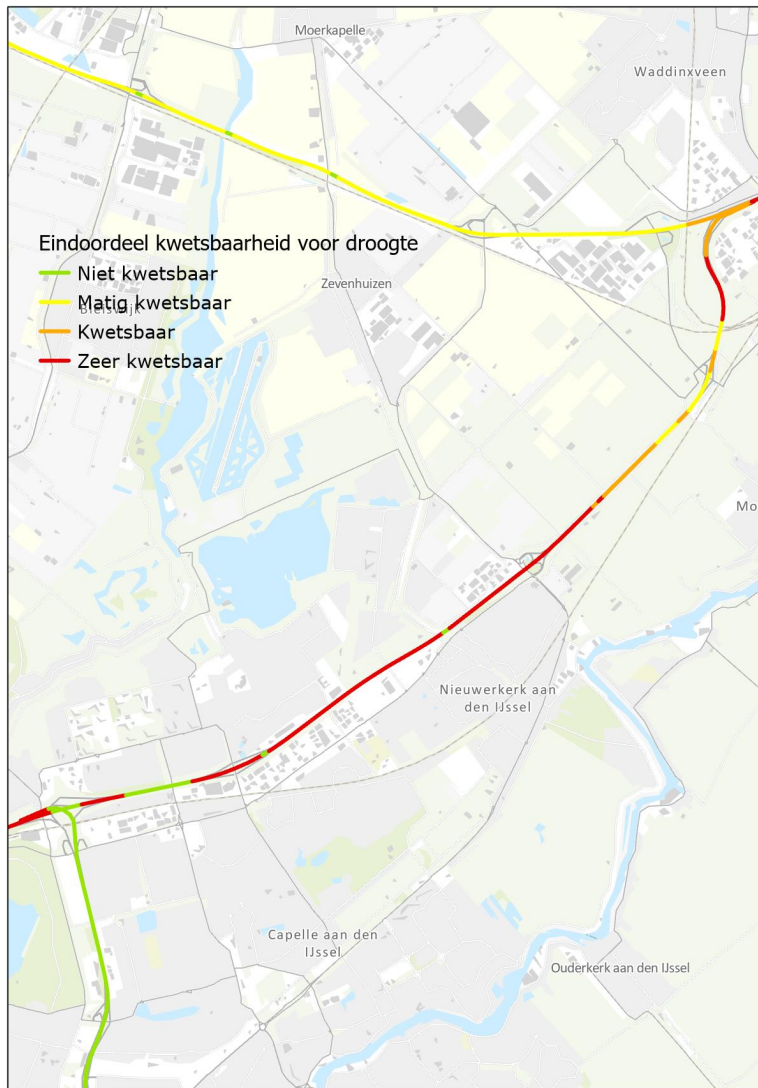
Begrenzing in lithoklasse ligt anders dan volgens droogteindeling verwacht wordt.

Begrenzing komt overeen

Begrenzing komt overeen

Bepaalde aanpassingen bodemtype kaartlaag kunnen gemaakt worden maar lijken voor semantisch

Vergelijk droogtekaart A20 met waargenomen bodemdaling obv InSar



Opvallend is de zeer beperkte hoeveelheid gemeten bodemdaling door InSar

Ook opvallend is dat de onderdoorgang bij Meerkerk veel bodemdaling laat zien terwijl dit een onderheide constructie is...

Eindoordeel kwetsbaarheid voor droogte

- Niet kwetsbaar
- Matig kwetsbaar
- Kwetsbaar
- Zeer kwetsbaar

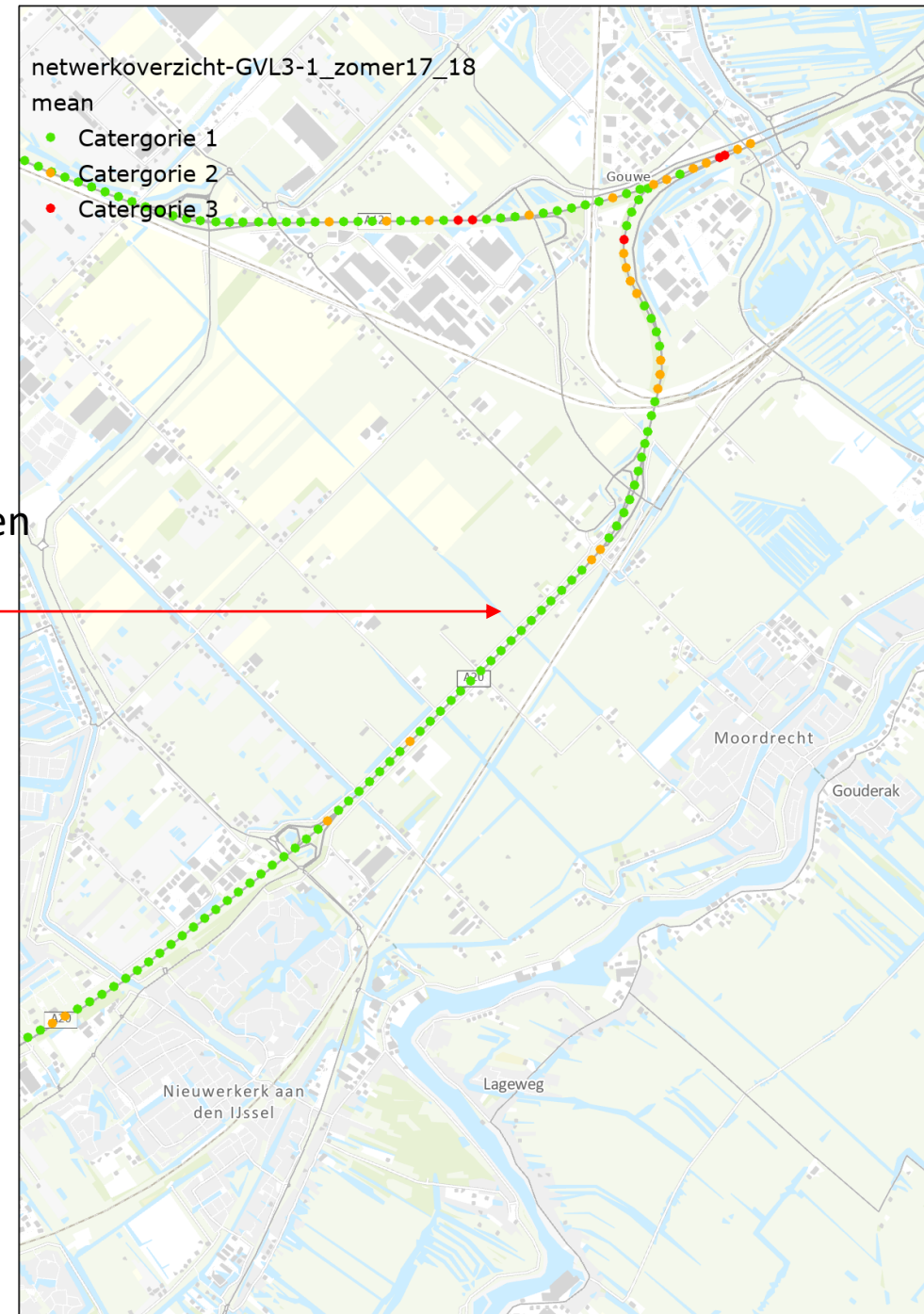


Kwetsbaarheid niet 1-op-1 terug te zien in metingen

netwerkoverzicht-GVL3-1_zomer17_18

mean

- Catergorie 1
- Catergorie 2
- Catergorie 3



Appendix E11

Impressies site visit & desktop study

Onderdoorgang bij Meerkerk



Polderpeilen hoog t.o.v. maaiveld



Scheuren in asfalt ventwegen aan
beide zijden A20 (gevolg
droogte?)



Staat van duikers 4^e tocht slecht (3
buizen onder de weg)



Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl