



Onderzoeksrapport

Een Overstromingsbestendige Deltaweg

Onderzoeksrapport

Een Overstromingsbestendige Deltaweg

11-6-2023

Sem Timmerman

1.0

Samenvatting

De Deltaweg is een van de belangrijkste stroomwegen in Zeeland en essentieel voor de evacuatie van Noord-Beveland. Als een lokale dijk doorbreekt zal de Deltaweg overstromen, terwijl beschikbaarheid van deze weg, vooral na de overstroming, essentieel is voor hulpdiensten om het gebied te bereiken. Dit probleem wordt verergerd door de toenemende klimaatverandering en in het bijzonder zeespiegelstijging, die de kans en schade van overstromingen groter maken. Hier komt bij dat de financiële ruimte voor overstromingsbestendige maatregelen beperkt zijn.

Het doel van dit onderzoek is achterhalen wat voor maatregelen mogelijk zijn om de Deltaweg overstromingsbestendig in te richten en welke van deze maatregelen het meest kosteneffectief is. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *Op wat voor kosteneffectieve manier kan de Deltaweg (A256 – N256) overstromingsbestendig en klimaat robuust ingericht worden, volgens de klimaatdoelen zoals opgesteld in de Klimaatadaptatiestrategie Zeeland?*

Om een antwoord te kunnen geven op deze onderzoeksvraag is op basis van hoogte- en overstromingsmodellen een variantenstudie uitgevoerd waarbij gebruik gemaakt is van vier gewogen criteria; overstromingsbestendigheid, kosten, duurzaamheid en aantasting van het landschap. Om op basis van deze criteria een accurate beoordeling te maken is uitgebreid deskresearch uitgevoerd en hebben er interviews plaatsgevonden met stakeholders en experts. Verder is op basis van civieltechnische berekeningen en ontwerpsschetsen een kostenraming gemaakt.

De vier varianten die hierin zijn onderzocht zijn als volgt:

- **Variant I;** Ophogen hoofdrijbaan
- **Variant II;** Versterkingsmaatregelen aan de wegconstructie
- **Variant III;** Ophogen parallelweg
- **Variant IV;** Waterkerende geluidswal

Uit de variantenstudie bleek dat variant II het beste presteerde binnen de gekozen criteria, gevolgd door variant IV. Ophoging presteerde slechter door de veel hogere kosten vergeleken met de andere varianten.

Op basis hiervan worden twee aanbevelingen gemaakt. Ten eerste wordt aanbevolen variant II verder te onderzoeken en toe te passen bij de Deltaweg. Daarnaast wordt aanbevolen om de onderzoeksmethodiek uit dit rapport toe te passen bij andere wegen die in gevaar staan overstroomd te worden bij een dijkdoorbraak, waarbij het wel van groot belang is dat rekening wordt gehouden met lokale omstandigheden van de weg en het omliggende gebied waardoor de variantenanalyse aangepast moet worden.

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	6
1.1.Scope	7
2. Probleemstelling	8
3. Hoofdvragen en deelvragen.....	8
4. Theoretisch kader	9
4.1.De huidige situatie en de effecten van klimaatverandering	9
4.1.1. De huidige situatie.....	9
4.1.2. Planstudie Deltaweg	10
4.1.3. Hoogte- en overstromingsmodellen	11
4.1.4. Effecten klimaatverandering.....	13
4.2.Definitie van overstromingsbestendig en klimaat robuust	14
4.3.Stakeholderanalyse	15
4.3.1. Provincie Zeeland	15
4.3.2. Rijkswaterstaat.....	15
4.3.3. Gemeenten	15
4.3.4. Waterschap Scheldestromen	16
4.3.5. Veiligheidsregio Zeeland	16
4.4.De Deltaweg als binnendijk	16
5. Methodologie.....	18
5.1.Onderzoeksverloop	18
5.2.De varianten	19
5.3.Validiteit en betrouwbaarheid	21
5.4.Eindproduct	21
6. Resultaten	22
6.1.Nulvariant	22
6.1.1. Zeespiegelstijging	22
6.1.2. Bodemdaling	22
6.1.3. Menselijke en financiële schade.....	23
6.2.Uitwerking varianten I t/m IV	24
6.2.1. Civieltechnische uitwerking	24
6.2.2. Kostenraming	28
6.3.Variantenanalyse	29
6.3.1. Opbouw van de MCA	29

6.3.2. MCA	30
7. Discussie.....	33
7.1. Interpretatie van de resultaten	33
7.2. Beperkingen binnen dit onderzoek	33
7.2.1. Overstromingsmodellen en zeespiegelstijging	33
7.2.2. QGIS berekeningen	33
7.2.3. Strategie Midden-Zeelandroute en implicaties voor de MCA	33
7.2.4. Keuze oplossingsrichting uit de Planstudie Deltaweg	34
7.2.5. Keuze RoadCem als variant II.....	34
7.3. Vervolgonderzoek	34
8. Conclusie en aanbevelingen.....	35
8.1. Conclusie	35
8.2. Aanbevelingen	35
9. Bibliografie.....	37
10. Bijlagen.....	38
10.1. Bijlage 1; Deeltrajecten	38
10.2. Bijlage 2; Aansluitingen, kruispunten en de Zandkreeksluis	44
10.3. Bijlage 3; Oplossingsrichtingen planstudie Deltaweg	48
10.4. Bijlage 4; Toetsingskader planstudie Deltaweg	50
10.5. Bijlage 5; Hoogtelopen per deeltraject	51
10.6. Bijlage 6; Meest kritieke dijkdoorbraken per deeltraject (1:4000)	53
10.7. Bijlage 7; Stroomsnelheden bij overstroming per deeltraject (1:4000)	56
10.8. Bijlage 8; Meest kritieke dijkdoorbraken bij deeltrajecten 3 t/m 6 (1:400.000)	58
10.9. Bijlage 9; Stroomsnelheden bij overstroming deeltraject 3 t/m 6 (1:400.000)	59
10.10. Bijlage 10; Effecten klimaatverandering op de infrastructuur	60
10.11. Bijlage 11; Duikers en tunnels	62
10.12. Bijlage 12; Heatmaps financiële schade	67
10.13. Bijlage 13; Bodemdalingsrisico's	69
10.14. Bijlage 14; QGIS volume berekeningen	71
10.15. Bijlage 15; Kostenraming	77
10.16. Bijlage 16; Variant II berekeningen	80
10.17. Bijlage 17; Tekeningen varianten	82

1. Inleiding

De Deltaweg stond al talloze keren in de aandacht de afgelopen jaren, in rapporten en planstudies, als gespreksonderwerp en ook in de Provinciale verkiezingen van 15 maart 2023 was het een politiek discussiepunt. Het feit is dat, gezien de vele veranderende omstandigheden, groot werk aan de Deltaweg onvermijdelijk is. Hier komt bij dat klimaatadaptatie binnen projecten steeds vaker integraal meegenomen moet worden.

De Provincie Zeeland gaat binnen nu en 10 jaar groot onderhoud uitvoeren aan de Deltaweg (A256 - N256). Met het oog op de doelstelling dat in 2050 alle Zeeuwse infrastructuur klimaat robuust is ingericht moet zijn, is het van belang om klimaatadaptatie gelijk integraal mee te pakken. Hoe dit moet wilt de Provincie Zeeland onderzocht hebben. Het doel voor 2050 is gesteld om de regio te beschermen tegen de gevolgen van klimaatverandering, zoals overstromingen, hitte en droogte. De Deltaweg is een zeer belangrijke weg in de regio en daarom is het essentieel om deze weg robuust te maken tegen klimaatverandering, zodat de regio ook in de toekomst goed bereikbaar blijft.

Een van de belangrijkste klimaatrisico's voor de Deltaweg is het risico op overstromingen. Als gevolg van klimaatverandering zal de zeespiegel stijgen en zullen de stormen waarschijnlijk intenser worden. Dit vergroot de kans op overstromingen, waardoor de Deltaweg ten tijde van overstroming onder water kan komen te staan of wegspoelt en onbereikbaar wordt.

Daarom wordt in dit rapport specifiek gekeken naar mogelijke maatregelen om de Deltaweg te beschermen tegen overstromingsrisico's. Er zal worden gekeken naar bijvoorbeeld het verhogen of versterken van de weg of het aanleggen van extra waterkeringen in de buurt van de Deltaweg.

Het doel van dit rapport is om aanbevelingen te doen voor het klimaatbestendig maken van de Deltaweg volgens de opgestelde klimaatdoelen, zodat deze weg in de toekomst veilig en betrouwbaar blijft functioneren en de regio goed bereikbaar blijft, ook in geval van overstromingen.



1.1. Scope

Voor elk onderzoek is het van belang om de scope duidelijk vast te leggen, zo ook voor dit onderzoek. De Deltaweg loopt van de aansluiting A58 - A256 tot aan Zierikzee, waar de N256 overloopt in de N59. De A256 loopt bij het kruispunt Goes over op de N256. Binnen de eerder uitgevoerde planstudie is enkel het traject tussen kruispunt Goes en de aansluiting Oost Westweg bekeken, echter omdat de trajecten hier voor en na ook meespelen binnen overstromingssituaties, komen deze ook in beschouwing in dit rapport. Het traject van de Zeelandbrug tot aan de N59 wordt niet meegenomen in dit onderzoek.

Om verdere houvast te bieden, is het onderzoeksgebied opgedeeld in 6 deeltrajecten, die hier rechts zijn weergegeven.

1. A256; Aansluiting A58 – A256 tot aan kruispunt Goes
2. Kruispunt Goes tot de Oude Zeedijk
3. Oude Zeedijk tot aan Zandkreeksluis
4. Zandkreeksluis tot aan Aansluiting Oost Westweg
5. Aansluiting Oost Westweg tot aan kruispunt Noordlangeweg
6. Kruispunt Noordlangeweg tot aan de oprit Zeelandbrug

In de Planstudie Deltaweg zijn enkel deeltrajecten 2 t/m 4 geanalyseerd. In dit rapport is echter gekozen om de A256 en de aansluiting op de Zeelandbrug ook mee te nemen, gezien deze trajecten binnen de overstromingsmodellen beïnvloedt worden door veel van dezelfde dijkbrekken en omdat sommige van de maatregelen enkel werken als het totale traject wordt behandeld. Zie ook Bijlage 1; Deeltrajecten voor aparte illustraties van de deeltrajecten.

De inhoudelijke focus binnen dit onderzoek ligt bij de overstromingsbestendigheid van de Deltaweg, overige klimaateffecten zullen in mindere mate besproken worden. Dit omdat aangegeven is dat veel van de klimaateffecten op reguliere wijze in het project meegenomen kunnen worden, maar dat er nog geen duidelijk zicht is op overstromingsrisico's.



Figuur 1.

2. Probleemstelling

Zoals al eerder is benoemd is de Deltaweg een van de meest belangrijke wegen in Zeeland. Dit belang benadrukt hoe essentieel het is dat deze weg zo veel mogelijk beschikbaar blijft, ondanks veranderende (klimaat)omstandigheden.

Klimaatverandering brengt verschillende effecten met zich mee, om maar enkele te noemen zullen we te maken krijgen met toenemende hittestress, een stijgende zeespiegel, extremere en vaker voorkomende droge periodes en extremere stormen. Deze effecten zullen allemaal een effect hebben op de Deltaweg en de overige bestaande infrastructuur, maar toenemende overstromingsrisico's door de stijgende zeespiegel en extremere stormen zullen in het bijzonder een drastisch effect hebben op de situatie bij de Deltaweg.

In de huidige situatie liggen veel van de wegdelen zeer laag en zijn kwetsbaar ten tijde van overstroming, dit terwijl deze weg vrijwel de enige evacuatie en vluchtroute is voor Noord-Beveland. Ook moet de weg weer beschikbaar zijn wanneer het water weg is voor wederopbouw en reddingsacties, wat nu nog onzeker is.

Daarnaast is de financiële ruimte voor maatregelen beperkt. De gemaakte voorstellen om de verkeersveiligheid en de doorstroming te verbeteren zullen al hoge kosten met zich meenemen. Een maatregel zoals ophoging zal dat nog sterk verder doen oplopen. Verder zijn er meer wegen en objecten die groot onderhoud nodig hebben en aan de gemaakte klimaatdoelen zullen moeten voldoen, dit betekent dat de financiële middelen die wel beschikbaar zijn zo efficiënt mogelijk gebruikt worden, zodat ook andere objecten de aandacht kunnen krijgen die nodig is.

3. Hoofdvragen en deelvragen

Met behulp van de probleemstelling en om dit onderzoek in goede lijnen te laten lopen, is een hoofdvraag opgesteld. Deze is als volgt:

Op wat voor kosteneffectieve manier kan de Deltaweg (A256 – N256) overstromingsbestendig en klimaat robuust ingericht worden, volgens de klimaatdoelen zoals opgesteld in de Klimaatadaptatiestrategie Zeeland?

Om deze hoofdvraag te beantwoorden, moeten veel verschillende stappen ondernomen worden. Om die reden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- *Wat is de huidige situatie bij de Deltaweg en wat zullen de effecten van klimaatverandering hierop zijn?*
- *Wat wordt precies bedoeld met overstromingsbestendig en klimaat robuust?*
- *Welke maatregelen zijn mogelijk om een weg zoals de Deltaweg overstromingsbestendig en klimaat robuust in te richten?*
- *Welke maatregel is het meest kosteneffectief?*
- *Wat zijn de posities van de verschillende stakeholders ten opzichte van de Deltaweg en klimaatadaptatie?*
- *Is er baat bij dat ten tijde van overstroming de Deltaweg fungeert als een soort binnendijk?*

4. Theoretisch kader

De basis van elk onderzoek is het theoretisch kader. Dit overkoepelend conceptueel raamwerk helpt om de onderzoeksvragen te begrijpen, te organiseren en te interpreteren. Het theoretisch kader omvat de belangrijkste theoretische en conceptuele informatie en ideeën die nodig zijn om die vragen te kunnen beantwoorden. In dit theoretisch kader zal gekeken worden naar eerdere studies over de Deltaweg of vergelijkbare casussen, en naar de belangrijkste concepten, modellen en theorieën die relevant zijn voor dit onderzoek.

4.1. De huidige situatie en de effecten van klimaatverandering

De Deltaweg is een van de belangrijkste wegen binnen de Provincie Zeeland. Het is essentieel voor de bereikbaarheid van gebieden zoals Noord-Beveland, Zuid-Beveland en Schouwen-Duiveland en de belangrijkste schakel binnen de Midden-Zeelandroute.

4.1.1. De huidige situatie

De Deltaweg is een traject van 31 km en de precieze opbouw verschilt per deel. De deeltrajecten die zijn benoemd in hoofdstuk 1.1.

Scope zullen ook in deze paragraaf aangehouden worden, zodat onduidelijkheden vermeden worden.

Over het gehele traject maken fietsers en landbouwverkeer voornamelijk gebruik van de parallelweg aan de westzijde. Onderdoor en langs de weg lopen kabels en leidingen.

(Voor illustraties van onderstaande deeltrajecten zie dan Bijlage 1; Deeltrajecten en Bijlage 2; Aansluitingen, kruispunten en de Zandkreeksluis)

Deeltraject 1; A256

De A256 is een van de weinige A-wegen die in tegenstelling tot meeste wegen in die klasse niet in beheer is van Rijkswaterstaat, maar van de Provincie Zeeland. De weg is 3 km lang en net zoals meeste andere snelwegen bestaat deze weg uit 2x2 rijstroken waar maximaal 100 km/u gereden mag worden. Tussen de rijbanen ligt een scheiding, waarmee contact met tegenliggend verkeer voorkomen wordt.

De A256 start bij de aansluiting op de A58, welke wel in beheer is van Rijkswaterstaat, en loopt door tot het kruispunt Goes. De aansluiting op de zuidelijke rijstrook van de A58 is uitgewerkt als viaduct, de aansluiting tot de noordelijke rijstrook is wel gelijkvloers. Na de aansluiting met de A58 zijn er afritten richting de Anthony Fokkerstraat, welke als viaduct dwars over de A256 loopt. De A256 vervolgt dan als viaduct over het spoor en de Ploegweg tot het kruispunt Goes en overloopt in het volgende deeltraject.

Deeltraject 2; kruispunt Goes – Oude Zeedijk

Bij het kruispunt Goes loopt de A256 over in de N256. De N256 bestaat uit 1x2 rijstroken zonder scheiding, behalve bij de kruispunten, waar de rijstroken zich kunnen uitbreiden richten twee, drie of vier rijstroken. De maximumsnelheid is 80 km/u.

Naast de hoofdrijbaan liggen deels een of twee parallelweg(en). Aan de westzijde ligt de parallelweg Klaphekkeweg, welke in beheer is van Provincie Zeeland. De Klaphekkeweg sluit aan op de Oude Zeedijk en de Blauwewijk en eindigt ter hoogte van het kruispunt op de Langeweg. Aan de oostzijde bevindt zich vanaf het kruispunt Goes tot aan de Cornelisweg de parallelweg De Puyeweg. Deze weg is in beheer van de het Waterschap Scheldestromen. De Cornelisweg loopt onder de hoofdrijbanen en de Klaphekkeweg

door. Een paar meter sluit de Oude Veerweg aan als parallelweg op de Deltaweg, totdat deze ook ter hoogte van het kruispunt aansluit op in de Langeweg.

Deeltraject 3; Oude Zeedijk – Zandkreeksluis

Na de Oude Zeedijk loopt de Hoofddrijbaan door als 1x2 tot aan de Zandkreeksluis. In dit traject bevindt zich het kruispunt Langeweg. De Zandkreeksluis kent twee verkeersovergangen, wat betekent dat als een van de overgangen dicht is, het verkeer alsnog via de bypass kan oversteken.

Zowel aan de west- als oostzijde bevinden zich parallelwegen, beide Katseveerweg genaamd, in beheer van het Waterschap Scheldestromen (oostzijde) en Provincie Zeeland (westzijde). Deze wegen lopen door tot aan de dijk. Over de sluis loopt naast de hoofddrijbaan nog een fietspad.

Deeltraject 4; Zandkreeksluis – aansluiting Oost Westweg

Na de Zandkreeksluis loopt de hoofddrijbaan grotendeels volgens dezelfde 1x2 constructie door tot aan de aansluiting met de Oost Westweg. Vlak hiervoor breidt de hoofddrijbaan uit naar gescheiden 2x2 rijstroken en loopt de Oost Westweg als viaduct over de Deltaweg heen. De Deltaweg zelf loopt daarvoor over de Oudedijk heen.

Naast de hoofddrijbaan lopen deels een of twee parallelweg(en). De oostzijde loopt door tot de Oudedijk, terwijl de westzijde doorloopt tot net voorbij het viaduct van de Oost Westweg. De wegen zijn in beheer van het Waterschap Scheldestromen (oostzijde) en Provincie Zeeland (westzijde).

Deeltraject 5; Aansluiting Oost Westweg – kruispunt Noordlangeweg

Voorbij de aansluiting met de Oost Westweg voegen de twee rijstroken weer samen tot een 1x2 constructie, tot deze weer nabij het kruispunt Noordlangeweg uitbreiden naar twee of drie rijstroken per rijrichting.

Naast de weg ligt alleen aan de westzijde een parallelweg. Deze weg is in beheer van de Provincie Zeeland.

Deeltraject 6; kruispunt Noordlangeweg – oprit Zeelandbrug

Als laatste traject blijft de 1x2 constructie intact en loopt dit over tot op de Zeelandbrug. Onder de oprit van de Zeelandbrug loopt nog de Oost Zeedijk.

Wederom is alleen aan de westzijde een parallelweg te vinden, welke nabij de oprit van de Zeelandbrug wordt opgesplitst in een fietspad, welke de Zeelandbrug opgaat. De parallelweg zelf loopt door tot aan de dijk en is in beheer van de Provincie Zeeland.

4.1.2. Planstudie Deltaweg

In maart 2022 is een planstudie van de Deltaweg opgeleverd door Royal HaskoningDHV en de Provincie Zeeland. Hierin werd geconcludeerd dat in de huidige situatie de Deltaweg niet voldoet aan de huidige richtlijnen/wensen met betrekking tot doorstroming en verkeersveiligheid. Het blijkt dat de weginrichting niet aansluit bij de (veiligheids)eisen van een regionale stroomweg en dat de parallelwegen te smal zijn om het fiets- en landbouwverkeer op een veilige wijze af te wikkelen. Daarnaast zijn er op piekuren tijdens

de zomer doorstromingsproblemen vanwege te hoge verkeersintensiteiten. Uit groeimodellen blijkt dat deze verkeersintensiteiten groter zullen worden in de toekomst, wat het probleem alleen maar verergert.

Daarom is gezocht naar oplossingen die voldoen aan de gemaakte doelstellingen, randvoorwaarden en wensen wat betreft doorstroming, veiligheid, duurzaamheid, toekomstbestendigheid en dergelijke. Specifiek is hier de wens uitgesproken dat de Deltaweg kan blijven functioneren bij een dijkdoorbraak.

Op basis van het bovengenoemde doelstellingen en met behulp van verkeers-, geluids- en emissiemodellen zijn 5 oplossingsrichtingen onderzocht. Binnen deze richtingen wordt gekeken naar ongelijkvloerse kruisingen (kruispunt Goes, kruispunt Langeweg en de Zandkreeksluis), een uitbreiding naar 2x2 rijstroken in plaats van 2x1 en een maximumsnelheid van 100 km/u in plaats van 80 km/u. Zie voor een exacte omschrijving Bijlage 3; Oplossingsrichtingen planstudie Deltaweg.

Geconcludeerd werd dat nietsdoen benadelend is voor de verkeersveiligheid en de doorstroming, zeker gezien de toenemende verkeersintensiteiten in de toekomst, en dat ook oplossingsrichting A onvoldoende vermogen biedt als oplossing. Oplossingsrichting E (100 km/h) bleek te weinig effect te hebben ten opzichte van oplossingsrichting D (80 km/h) om de hogere kosten te verantwoorden. Voor het totale toetsingskader zie Bijlage 4; Toetsingskader planstudie Deltaweg.

De oplossingsrichtingen die over blijven zijn als volgt:

- **Oplossingsrichting B:** Maximumsnelheid van 80 km/u, 2x1 rijbanen, ruimte voor calamiteitenverkeer, ongelijkvloerse kruispunten bij Goes en de Langeweg, optimalisatie van de situatie bij de Zandkreeksluis en een vrij liggend fietspad aan de westzijde van de parallelweg.
- **Oplossingsrichting C:** Alles genoemd bij oplossingsrichting B met daarbij een ongelijkvloerse Zandkreeksluis.
- **Oplossingsrichting D:** Alles genoemd bij oplossingsrichting C maar 2x2 rijstroken in plaats van 2x1.

Om bovengenoemde redenen is geadviseerd om oplossingsrichtingen B en D nader te onderzoeken in de vervolgfases van het project Deltaweg. Geconcludeerd wordt dat oplossingsrichting D het meest oplossend vermogen biedt, echter vraagt dat wel een investering waar nog geen financiële middelen beschikbaar voor zijn. Om die reden is gekozen om in dit rapport oplossingsrichting D aan te houden, al zouden de resultaten van dit onderzoek naar verwachting hetzelfde zijn als voor andere oplossingsrichtingen wordt gekozen, gezien de oplossingsrichtingen geen effect hebben op overstromingssituaties of de hoogteligging van de weg.

4.1.3. Hoogte- en overstromingsmodellen

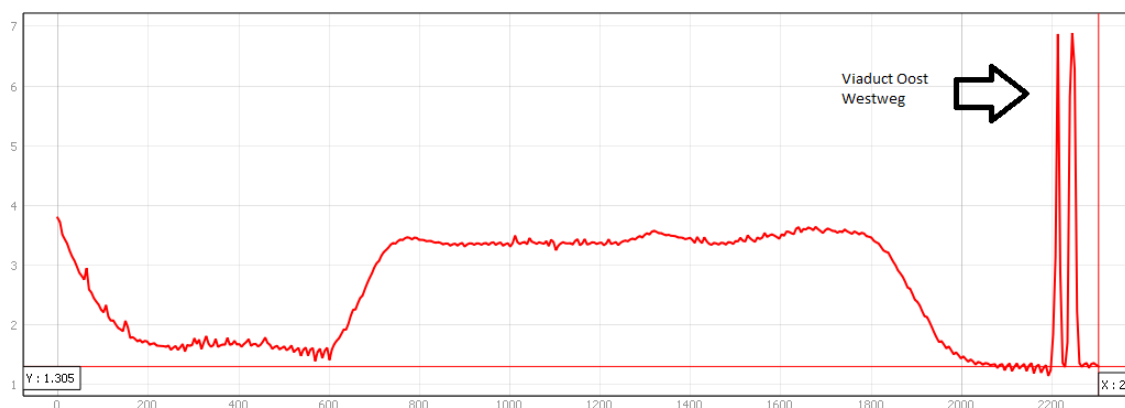
Essentieel voor een analyse van overstromingsrisico's zijn simulaties die verschillende overstromingssituaties kunnen simuleren. Deze modellen en metingen kunnen gebruikt worden om te bepalen waar de zwakke schakels binnen de Deltaweg zijn en hoe ver de maatregelen moeten gaan voordat ze effectief zijn.

[Actueel Hoogtebestand Nederland](#)

Voor het bepalen van de hoogteligging van de Deltaweg kan gebruik gemaakt worden van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN4). De data van het AHN4 wordt ingewonnen door middel van laseraltimetrie vanuit vliegtuigen, waarmee met een accuraatheid tot op 5 centimeter hoogtemetingen

weergegeven kunnen worden. Met het programma QGIS kunnen dan hoogtelopen gemaakt worden waarmee duidelijk wordt op welke delen de Deltaweg hoger of juist lager ligt. Deze hoogtelopen zijn terug te vinden in Bijlage 5; Hoogtelopen per deeltraject.

Een van de deeltrajecten die door verschillende hoogteliggingen zwakke punten kent is deeltraject 4. Dit is zichtbaar in onderstaande figuur, waar aan het begin duidelijk een dieper gelegen stuk, tussen de 1,5 en 2,0 meter, ligt. Hierna ligt de weg weer hoger, rond de 3,5 meter. Uiteraard zijn de lager gelegen stukken veel kwetsbaarder voor overstroming.

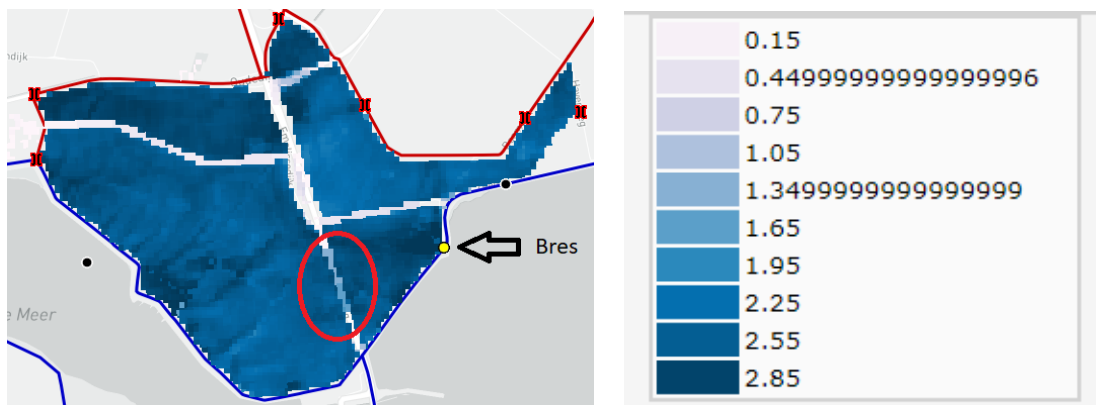


Figuur 2. Hoogteloopt deeltraject 4, t.o.v. NAP.

Overstromingsmodellen

Naast de metingen uit het AHN4, kan gebruik gemaakt worden van overstromingsmodellen die de Provincie Zeeland in eerdere stadia heeft laten opstellen. Deze modellen worden weergegeven in het programma Lizard Flooding. Dit programma visualiseert simulaties van overstromingen door enkele dijkdoorbraken op specifieke zwakkere locaties in de primaire waterkeringen. Naast de maximale waterdieptes, wordt ook de maximale stroomsnelheid weergegeven en kunnen deze twee gegevens ook over een tijd van 144 uur vanaf het moment van doorbraak uitgezet worden. Dit kan dan gedaan worden voor overstromingssituaties van 1:4000, 1:40.000 en 1:400.000 jaar. Des te kleiner de kans, des te hoger de waterdiepten en dus des te groter de schade. Voor deze studie is gekozen voor het 1:4000 scenario, sinds de kansen van de andere scenario's zo klein zijn, dat het totaal niet kosteneffectief zou zijn om daar de gekozen maatregelen op te baseren.

Om wederom deeltraject 4 als voorbeeld te nemen is de meest kritieke dijkdoorbraak voor dit traject weergegeven in onderstaande figuur. Dit is een maximale waterdiepte kaart en de overstromingskans is hier 1:4000. Hier is duidelijk zichtbaar dat het diepere stuk weg waar in paragraaf 2.1.3.1. over werd gesproken onder water staat, terwijl andere hogere gelegen delen dat niet zijn.



Figuur 3. Meest kritieke dijkdoorbraak voor deeltraject 4

De overige overstromingsmodellen zijn terug te vinden in Bijlage 6; Meest kritieke dijkdoorbraken per deeltraject (1:4000).

Wat uit de Overstromingsmodellen duidelijk wordt is dat:

- Deeltraject 1 niet onderwater komt te staan, ondanks de diepere gelegen wegdelen. Dit komt vooral doordat de binnendijk de Oude Zeedijk voorkomt dat het water uit het noorden dit traject bereikt.
- Deeltraject 2 loopt tot aan de Oude Zeedijk, welke wederom droog blijft.
- Deeltraject 3 overstroomd echter wel, hier vinden waterdieptes tussen de 0,6 en 1,0 meter plaats.
- Deeltraject 4 bevat een zwak punt van rond de 500 meter welke onder water komt te staan. Hier zijn de waterdieptes significant, van rond de 1,35 tot 1,65 meter
- Deeltraject 5 en 6 vallen onder hetzelfde dijkbes. Deze trajecten zullen over vrijwel de gehele lengte lichtelijk overstroomd. Het gaat hier over waterdieptes van rond de 0,1 tot 0,5 meter.

Wat naast de waterdieptes zeer belangrijk is, zijn de stroomsnelheden die plaatsvinden tijdens de overstroming. De modellen hiervan zijn terug te vinden in Bijlage 7; Stroomsnelheden bij overstroming per deeltraject. De conclusie die hieruit te vinden is dat des te smaller de ruimte het water heeft om door te bewegen, des te hoger de stroomsnelheid. Het eerder benoemde lagergelegen wegdeel in deeltraject 4 heeft relatief hoge stroomsnelheden vergeleken met andere overstroomde wegdelen bijvoorbeeld, van rond de 1,2 tot 1,9 m/s.

4.1.4. Effecten klimaatverandering

Klimaatverandering brengt vergaande effecten mee voor de Zeeuwse infrastructuur. Het belang van de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van grote wegen zoals de Deltaweg komt bij een dijkdoorbraak in gevaar door de vele veranderende klimaatomstandigheden.

Op het gebied van overstromingsrisico's zullen vooral extremere stormen en zeespiegelstijging drastische effecten hebben. De effecten van de aan intensiteit en frequentie toenemende stormen zijn bij locatie specifieke situaties zoals de Deltaweg lastig te modelleren en worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten, maar voor zeespiegelstijging zijn wel door het IPCC en het KNMI meerdere modellen gemaakt met verwachtingen voor 2050 en 2100.

Het KNMI heeft zeespiegelstijgingsmodellen gemaakt waarbij rekening wordt gehouden met drie verschillende emissiescenario's:

- Rood: SSP5-8.5: hoog emissiescenario (scenario waarin emissies tot circa 2090 blijven stijgen)

- Paars: SSP2-4.5: gematigd emissiescenario (scenario waarin emissies tot 2050 toenemen en daarna afnemen)
- Groen: SSP1-2.6: laag emissiescenario (scenario dat al in 2020 begint af te nemen en na circa 2070 negatief wordt, in overeenstemming met de 2 graden Parijsdoelstelling)

Uit het laatste IPCC rapport blijkt dat het 1,5 graden doel al niet meer gehaald gaat worden en ook is de mondiale uitstoot sinds 2020 niet gaan dalen. Dit maakt het onwaarschijnlijk dat scenario Groen nog gehaald gaat worden. Voor dit onderzoek zou dan ook idealiter gebruik gemaakt worden van scenario paars, wat uitgaat van een zeespiegelstijging van 30 cm in 2050 en 65 cm in 2100. Om die reden wordt in dit rapport emissiescenario Paars aangehouden

Verder worden door extremere regenbuien zullen taluds van wegen sneller eroderen, wat gevaar met zich mee brengt voor de structurele integriteit van de weg en onderhoudskosten omhoog drukt. Verder kan wateroverlast veroorzaakt worden vanuit sloten en kunnen er gevaarlijke situaties op de weg vormen door plasvorming.

Daarnaast zullen langere droge periodes het risico van ongelijke zettingen vergroten. Bij juist extreem natte periodes verzwakken wegfunderingen door hogere grondwaterstanden en veranderende grondcomposities.

Toenemende hittestress maakt fietsen langs de Deltaweg onprettig en ook in het geval van files kan langdurige hitte leiden tot oncomfortabele situaties.

In Bijlage 10; Effecten klimaatverandering op de infrastructuur is (in het Engels) een uitgebreidere tabel te vinden met alle effecten van klimaatverandering op de infrastructuur. Echter is niet elk gevaar toepasselijk voor de Deltaweg.

4.2. Definitie van overstromingsbestendig en klimaat robuust

Voor het analyseren van de mogelijke maatregelen is het van belang om goed zicht te hebben op wat precies wordt verstaan bij termen zoals overstromingsbestendig en klimaat robuust. Verschillende stakeholders kunnen van mening verschillen op wat voor manier een weg invulling moet geven aan deze begrippen. Het feit is dat bestuurlijk geen concrete eisen noch wensen geuit worden wat betreft overstromingsbestendigheid of klimaat robuustheid.

Binnen de klimaatadaptatiestrategie Zeeland (KasZ), die is opgesteld door alle Zeeuwse overheden, is het doel om in 2050 alle Zeeuwse infrastructuur klimaatbestendig ingericht te hebben. De overheden zijn echter nog veelal zoekend hoe daar invulling naar gegeven moet worden, in de KasZ zijn dan ook afspraken gemaakt om deze opgave beter in beeld te krijgen door middel van stresstesten.

Ook het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), welke de nationale verantwoordelijkheid heeft over klimaatadaptatie, staat nog in de verkennende fase. Voor de invulling van haar coördinerende en stimulerende rol heeft het Ministerie twee programma's opgesteld; de Nationale Klimaatadaptatiestrategie (NAS) en het nationaal Deltaprogramma. Het Deltaprogramma focust zich vooral op de klimaateffecten op wateroverlast en de watervoorzieningen. De NAS is een uitbreiding ten opzichte van het Deltaprogramma en richt zich op de effecten op onder andere de (vitale) infrastructuur. Onderdeel van het Deltaprogramma is het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie 2018, waar het doel om in 2050 klimaatbestendig te zijn

onderstreept wordt met 7 ambities, waaruit vooralsnog de conclusie is dat lokale overheden deze opgave verder moeten uitwerken en het ministerie coördineert en waar nodig (financiële) hulpmiddelen inzet.

Om alsnog voor deze studie een concreet antwoord te vinden op de vraag “wat is overstromingsbestendigheid en klimaat robuustheid?” is op dit stadium een meer technische analyse nodig van de effecten van een overstroming op de vitale infrastructuur. Vanuit die analyse kan dan gekeken worden naar welke overstromingsbestendige maatregelen wel of niet invulling geven aan specifiekere wensen van stakeholders.

4.3. Stakeholderanalyse

Om duidelijk zicht te hebben op wat voor partijen betrekking hebben tot de Deltaweg en haar overstromingsbestendigheid en klimaat robuustheid is een stakeholderanalyse noodzakelijk. Deze stakeholderanalyse kan duidelijk maken waar de verschillende partijen staan ten opzichte van dit project, wat voor wensen en/of eisen zij hebben en op wat voor manier zij invloed uitoefenen.

Voor de planstudie Deltaweg is een stakeholderanalyse uitgevoerd, maar dit beperkte zich vooral tot andere onderwerp zoals de verkeerskundige situatie. Klimaatadaptatie en overstromingsrisico's zijn daarentegen minimaal behandeld.

4.3.1. Provincie Zeeland

De Provincie Zeeland is de beheerder van de Deltaweg (A256, hoofdweg en de parallelweg aan de westzijde) en de opdrachtgever van dit onderzoek. De Provincie Zeeland heeft het doel om in 2050 klimaatbestendig te zijn uit de Klimaatadaptatiestrategie Zeeland (KasZ) ondertekend, maar is nu nog volop in de verkennende fase. Wat uiteindelijk gekozen wordt qua aanpassingen aan de Deltaweg is sterk afhankelijk van politieke keuzes en de strategie Midden-Zeelandroute, zowel verkeerskundig als op het gebied van klimaatrobuustheid. (Provincie Zeeland, 2021)

De financiële ruimte van de Provincie Zeeland is beperkt, niet alles kan (tegelijk) dus zullen er keuzes gemaakt moeten worden. Om die reden hecht de Provincie Zeeland binnen dit vraagstuk veel belang aan een zeer kosteneffectieve maatregel.

4.3.2. Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat (RWS) is niet direct betrokken bij de Deltaweg of de planstudie daarnaar, maar ze beheert wel aanliggende Rijkswegen en objecten zoals de A58 en de Zandkreeksluis. RWS doet binnen haar eigen areaal veel onderzoek naar klimaatadaptatie. Veel van de uitgevoerde onderzoeken door RWS zijn als bronnen gebruikt voor dit onderzoek. In de reguliere projecten van RWS wordt klimaatadaptatie echter nog niet integraal meegenomen. (Rijkswaterstaat Zee en Delta, 2019) (Begijn, 2023)

4.3.3. Gemeenten

De lokale overheden die een rol spelen zijn de Gemeenten Goes en Noord-Beveland en het Waterschap Scheldestromen.

Gemeente Noord-Beveland

Gemeente Noord-Beveland heeft zelf geen beheer over de Deltaweg of de wegen aanliggend. De Deltaweg loopt voor een groot deel binnen haar gemeentegrenzen. Daarnaast is de Deltaweg vrijwel de enige evacuatie- en vluchtroute beschikbaar voor het eiland.

Om die reden wilt de Gemeente Noord-Beveland graag een oplossing die de Deltaweg zeer overstromingsbestendig en klimaat robuust maakt, zodat het eiland altijd bereikbaar blijft ondanks overstromingen. (Vermin, 2023)

Gemeente Goes

De andere gemeente waar de Deltaweg doorloopt is de Gemeente Goes. Bij overstromingen komt echter maar een beperkt deel onder water te staan bij overstromingen. Daarnaast is de Deltaweg voor veel bewoners van de Gemeente Goes geen logische evacuatie- of vluchtroute. De meeste mensen zullen dan eerder de A58 nemen richting Noord-Brabant. Voor de algemene bereikbaarheid van Goes is de Deltaweg echter wel een zeer belangrijke route.

Om die redenen legt Gemeente Goes bij de Deltaweg vooral de nadruk op een sterke verbetering van de doorstroming, en veel minder bij overstromingsbestendigheid. (Feij, 2023)

4.3.4. Waterschap Scheldestromen

Het Waterschap Scheldestromen heeft een zeer belangrijke taak wat betreft waterveiligheid, en heeft daarbij een deel van de parallelwegen en alle duikers in beheer. Ze heeft samen met de Provincie Zeeland en de Zeeuwse gemeenten de KasZ ondertekend en is bezig dit uit te voeren in haar beleid. Het Waterschap zal daarom snel actief meedenken over overstromingsbestendigheid en klimaat robuustheid. (Waterschap Scheldestromen, sd)

4.3.5. Veiligheidsregio Zeeland

De Veiligheidsregio Zeeland heeft een zeer belangrijke taak binnen crisismanagement. Het is aan hun de taak om duidelijk in beeld te hebben wat er met de huidige infrastructuur gebeurt tijdens een overstroming, wat hulpdiensten moeten doen, om evacuatieplannen te schetsen en om Zeeuwse bewoners bewust te maken van wat ze moeten doen in zo'n crisissituatie.

De Veiligheidsregio zou dan ook idealiter willen hebben dat de Deltaweg in elk scenario beschikbaar blijft, maar realiseert zich ook dat dit niet altijd haalbaar kan zijn. Daar komt bij dat hulpdiensten vrij weinig zullen kunnen doen tijdens de extreme weersomstandigheden van een storm. Daarom is ze ook bereid mee te denken over andere oplossingen die de weg wel beschikbaar houdt in tijden dat het echt moet, zoals tijdens de wederopbouw na de overstroming. (Berge, 2023)

4.4. De Deltaweg als binnendijk

Een belangrijk aspect binnen de waterveiligheid is de meerlaagse veiligheid. Binnen dit concept wordt nadruk gelegd op drie lagen van waterveiligheid. De eerste laag zijn de waterkeringen, met als belangrijkste uiteraard de primaire waterkeringen. In het geval dat een primaire waterkering alsnog faalt, zijn er maatregelen genomen in de tweede laag om de negatieve effecten zoveel mogelijk te verminderen, in de ruimtelijke ordening. Onderdeel van deze laag zijn de binnendijken, oftewel de secundaire waterkeringen. Deze binnendijken kunnen verdere inundatie in het achterland voorkomen. Dit concept wordt ook wel compartimentering genoemd. Belangrijk om te realiseren is dat niet elke binnendijk geclassificeerd en onderhouden wordt als een regionale kering. Regionale keringen worden onderhouden volgens de Keur, normale binnendijken niet.

In het geval van de Deltaweg zal deze niet als binnendijk worden geclassificeerd, echter zal in het geval dat de weg wordt opgehoogd deze wel een waterkerende functie kunnen krijgen bij een overstroming. Essentieel hierin is wel dat 'gaten' in de weg, zoals tunnels of duikers, dit effect teniet laten gaan.

Er kan dus overwogen worden om deze doorgangen voor het water afsluitbaar in te richten, zodat de waterkerende functie behouden wordt. Een totaaloverzicht van alle duikers en tunnels door de Deltaweg zijn te vinden in Bijlage 11; Duikers en tunnels. Geen van de huidige kunstwerken is afsluitbaar en vrijwel elke komt onder water te staan.

Om deze kunstwerken alsnog afsluitbaar te maken zijn (zeer) grote aanpassingen noodzakelijk aan de constructies.

5. Methodologie

Het is van groot belang om voor elk onderzoek duidelijk zicht te hebben op wat voor manier de resultaten bereikt worden. In de methodologie wordt dit onderbouwd. Hierin wordt besproken wat voor soort onderzoek is uitgevoerd, op wat voor manier data is verzameld, het onderzoeksverloop, de data-analysemethoden en wordt bewezen dat het onderzoek valide en betrouwbaar is.

In deze variantenstudie naar het overstromingsbestendig en klimaat robuust inrichten van de Deltaweg wordt zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek verricht. Het bepalen van de kosteneffectiviteit van de maatregelen is veelal cijfermatig, terwijl de uiteindelijke variantenanalyse vooral gedaan wordt op basis van de effectiviteit in relatie tot de wensen en eisen van de opdrachtgever en de stakeholders.

De dataverzameling is gedaan door middel van literatuuronderzoek. Veel van de literatuur is al beschikbaar bij de Provincie Zeeland, overig literatuur wordt veelal verzameld bij organisaties die op dit thema nauw samenwerken met de Provincie, zoals Rijkswaterstaat, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, het Waterschap Scheldestromen en verschillende Zeeuwse gemeenten. Verder wordt gebruik gemaakt van verschillende bronnen die online te vinden zijn.

De geodata gebruikt in dit onderzoek is al vrijwel compleet beschikbaar binnen de Provincie Zeeland en met programma's zoals QGIS, Lizard Flooding en iAsset wordt dit gevisualiseerd en werkbaar gemaakt. Voor de databronnen worden alleen de meest recente en accuraat mogelijke datasets gebruikt. Voor de AHN4 wordt hierbij zoveel mogelijk gebruikt gemaakt van de resolutie van 0.5 meter. Voor de overstromingsmodellen is gekozen voor een simulatie van 1/4000.

5.1. Onderzoeksverloop

Dit onderzoek zal stapsgewijs opgebouwd worden, door middel van 5 fases. Deze fases geven houvast en maken het onderzoek overzichtelijker en werken toe naar het beantwoorden van de deelvragen en uiteindelijk de hoofdvraag.

- **Fase 1; Literatuuronderzoek, interviews en data-analyses**

In de eerste fase wordt literatuuronderzoek uitgevoerd naar de huidige situatie bij de Deltaweg en de gevolgen van klimaatverandering daarop. Er wordt onderzocht welke plannen en studies er al liggen en hoe die voor dit onderzoek ingezet kunnen worden. Verder worden interviews met stakeholders uitgevoerd om hun positie duidelijk te krijgen. Vervolgens worden de al reeds beschikbare datasets geanalyseerd en vergeleken.

- **Fase 2; Analyse van de nulvariant**

Om duidelijk de situatie te schetsen waarbij niks veranderd wordt qua klimaatadaptatie ten opzichte van de huidige situatie en wat de effecten daarvan zijn, wordt de nulvariant geanalyseerd. In deze nulvariant worden dus geen maatregelen genomen. Hierbij worden de al reeds bekende (overstromings)data gecombineerd met de veranderende situatie door klimaatverandering en in het bijzonder zeespiegelstijging. Verder wordt een schatting gemaakt op wat de schade zou zijn ten opzichte van een overstromingsbestendige maatregel.

Deze analyse moet duidelijk maken waar de exacte problemen en zwakke punten liggen op het Deltaweg traject.

- **Fase 3; Uitwerking van de varianten en het binnendijkconcept**

In de volgende fase worden de varianten die overstromingsbestendige maatregelen aanbieden uitgewerkt, door middel van de in fase 2 gemaakte probleemanalyse en door civieltechnische berekeningen. Hieruit moet blijken wat nodig is om de maatregelen effectief te laten zijn en kan een financiële inschatting gemaakt worden van de verschillende varianten.

Daarnaast zal onderzocht worden wat nodig is om de Deltaweg te laten fungeren als binnendijk.

- **Fase 4; Ontwerp**

In fase 4 worden de in fase 3 geformuleerde uitwerkingen getransformeerd tot concrete ontwerpschetsen die duidelijk illustreren wat nodig is en waar dit precies nodig is. Dit wordt gedaan met het AutoCAD programma.

- **Fase 5; Variantenanalyse**

Vervolgens kan op basis van de uitwerkingen in fase 3 een variantenanalyse gemaakt worden waaruit duidelijk moet worden hoe de verschillende maatregelen presteren ten opzichte van elkaar en de nulvariant uit fase 2.

Daarnaast wordt in deze fase onderzocht wat precies het effect is van de Deltaweg als binnendijk op de omgeving, en of dit werkelijk meerwaarde biedt.

- **Fase 6; Aanbeveling**

Als laatste kan alles wat geleerd is in de vorige fases gecombineerd en geformuleerd worden tot een aanbeveling voor de Provincie Zeeland om de Deltaweg klimaat robuust en overstromingsbestendig aan te pakken.

5.2. De varianten

De variantenanalyse wordt gedaan volgens het principe van een multicriteria-analyse (MCA), hierbij worden verschillende criteria gekozen waarop de varianten beoordeeld worden, en kan door middel van een percentagesysteem meer of minder gewicht gegeven worden aan specifieke criteria. Als men kosten bijvoorbeeld zeer belangrijk vindt, kan hier een hoger percentage aan gehangen worden dan aan een ander criteria zoals leefbaarheid.

De varianten die in beschouwing worden genomen zijn als volgt:

- **Variant 0**

Om een goede analyse te kunnen maken, is het belangrijk om goed zicht te hebben op wat de basissituatie is, de situatie waarbij niets verandert. In deze situatie worden de nieuwe gevaren en risico's die klimaatverandering met zich meebrengen niet gemitigeerd.

Deze nulvariant lijkt wellicht de meest goedkope, echter als de gevolgen van klimaatverandering in werking komen kan dit significante indirecte kosten met zich meebrengen. Denk hierbij aan extra financiële kosten, door bijvoorbeeld meer en intensievere onderhoudsvereisten of uitval van de weg, maar ook kosten in de vorm van menselijk leed, doordat mensen bijvoorbeeld niet op tijd kunnen vluchten in een overstromingssituatie of dat hulpdiensten het getroffen gebied niet kunnen bereiken doordat de weg uitgevallen is.

- **Variant I**

Binnen deze variant wordt gekeken naar ophoging van de hoofdrijbaan. Dit zal niet nodig zijn over het gehele traject, maar enkel bij de stukken die onder water komen te staan bij de maximale waterdiepte tijdens een overstroming van 1/4000. Hierbij kan het gaan om een ophoging van onder 1 meter tot rond de 2 meter. Ophoging vereist een breder talud, waardoor nog meer land aangekocht moet worden.

De uitbreiding van het talud en het extra gewicht van het zand kan ertoe leiden dat grote aanpassingen gemaakt moeten worden aan onderliggende kunstwerken zoals duikers.

Binnen deze variant is het mogelijk om de Deltaweg te laten fungeren als een binnendijk, als alle 'gaten' zoals tunnels of duikers afsluitbaar zijn.

- **Variant II**

Variant II richt zich op versterkingsmaatregelen die zorgen dat de Deltaweg bij een overstroming niet wegspoelt. Hierbij wordt de weg dus niet of minimaal opgehoogd. Uit de overstromingsmodellen blijkt dat het 24 tot 48 uur duurt voordat het water weer weg is. Het is echter niet duidelijk of de constructie de krachten van het water kan weerstaan en er na deze tijd nog daadwerkelijk onbeschadigd ligt, hiervoor zullen wellicht versterkingsmaatregelen nodig zijn.

- **Variant III**

Variant III betreft de ophoging van een van de parallelwegen, zodat deze beschikbaar blijft voor hulpdiensten tijdens een overstroming. De hoofdweg wordt daarentegen niet opgehoogd.

In sommige deeltrajecten zou gekozen kunnen worden om specifiek de parallelweg aan de oostzijde op te hogen, gezien hier het water ook vanuit de oostzijde komt. De opgehoogde parallelweg kan dan het water tegenhouden waarbij de hoofdweg droog blijft. Dit is echter sterk afhankelijk van deeltraject, sinds niet elk deeltraject een parallelweg aan de oostzijde heeft, en omdat het water in het geval van deeltrajecten 5 en 6 ook vanuit de westzijde kan komen. Hierbij moet dan wel rekening gehouden met het feit dat er een logische route voor hulpdiensten moet zijn over de nieuwe opgehoogde parallelweg. Als er gewisseld wordt tussen de oost- en westzijde is dit niet het geval, tenzij hier extra maatregelen voor genomen worden.

- **Variant IV**

Variant IV betreft de constructie van aardwallen naast de weg die het water kunnen tegenhouden. Hierbij valt een combinatie te maken met de geluidswallen die wettelijk vereist zouden kunnen worden bij de nieuwe Deltaweg. Doordat de aardwallen het water tegenhouden wordt de weg zelf niet aangetast.

Afhankelijk van waar het water vandaan komt is over een groot deel van het traject één aardwal aan de oostzijde voldoende. Als het water van beide kanten kan komen, zoals bij deeltrajecten 5 en 6, zijn twee aardwallen noodzakelijk.

Belangrijk om rekening mee te houden is dat er meer maatregelen mogelijk zijn om geluidsoverlast te mitigeren, denk hierbij bijvoorbeeld aan geluidsreducerend asfalt. Uiteraard heeft dit geen waterkerende

werking en als in deze afweging wordt gekozen voor een geluidsreducerende maatregel zoals dit soort asfalt valt variant IV automatisch weg.

5.3. Validiteit en betrouwbaarheid

De validiteit van dit onderzoek wordt geborgd doordat er gebruik gemaakt wordt van voornamelijk zeer recente informatie en data die beschikbaar is binnen de eigen organisatie. Er is gebruik gemaakt van harde data uit modellen zoals die van het AHN4 of de door de Provincie Zeeland opgestelde overstromingsmodellen om cijfermatig de effectiviteit en kosten van de varianten te berekenen. De AHN heeft een hoogtenauwkeurigheid van niet meer dan 5 cm standaardafwijking wat voldoende is voor de analyse binnen dit rapport.

De betrouwbaarheid van dit onderzoek wordt gewaarborgd door de transparantie van de gebruikte bronnen en het onderzoek zelf. Elke stap zou herhaald kunnen worden en de resultaten zullen dan hetzelfde zijn. Ook door iemand die niet binnen de Provincie Zeeland werkzaam is, sinds vrijwel alle bronnen ook publiek beschikbaar zijn.

5.4. Eindproduct

Dit onderzoek werkt toe naar een variantenstudie waaruit een aanbeveling wordt gedaan naar welke overstromingsbestendige en klimaat robuuste maatregel het meest kosteneffectief is. De precieze uitwerking van de maatregelen zal geïllustreerd worden door middel van ontwerpschetsen met het programma AutoCAD. Verder zullen financiële indicaties gegeven worden van de verschillende maatregelen.

Daarnaast zal onderzocht worden of er in het geval van ophoging baat is bij een binnendijk functie voor de Deltaweg. Hierbij wordt geanalyseerd wat nodig is om de bestaande constructies zoals duikers en tunnels aan te passen zodat de Deltaweg zou voldoen als binnendijk. Ten slotte wordt hierover een aanbeveling gegeven.

6. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek weergegeven en toegelicht, volgens het onderzoeksverloop zoals omschreven in de methodologie. Hierin zal eerst in paragraaf 6.1 gekeken worden naar de nulvariant, waarna de andere varianten uitgewerkt en gevisualiseerd zullen worden in paragraaf 6.2. Verder wordt hier het binnendijkconcept besproken. Als laatste zal in paragraaf 6.3 de variantenanalyse uitgelicht worden. Uit hoofdstuk 4 Theoretisch Kader blijkt dat deeltrajecten 1 en 2 niet zullen overstromen. Om die reden wordt in het vervolg wat betreft overstromingsbestendigheid enkel gekeken naar deeltrajecten 3 t/m 6.

6.1. Nulvariant

Om duidelijk te maken wat de meerwaarde is van het uitvoeren van overstromingsbestendige en klimaat robuuste maatregelen aan de Deltaweg, is het belangrijk om te onderzoeken wat er gebeurd bij een overstromingssituatie met de Deltaweg als er geen maatregelen genomen zijn. In deze 'nulvariant' wordt gekeken naar hoe de reeds bekende overstromingsdata vertaald kan worden naar de toekomst, waarbij zeespiegelstijging en bodemdaling de situatie zullen verslechteren.

6.1.1. Zeespiegelstijging

Om de effecten van zeespiegelstijging te kunnen analyseren kan het meegenomen worden in overstromingsmodellen. In de overstromingsmodellen van de Provincie Zeeland is echter geen rekening gehouden met zeespiegelstijging, en de relevante data voor deze hoeveelheid zeespiegelstijging is dan ook nog niet beschikbaar.

De Provincie Zeeland heeft echter wel modellen waarbij extremere overstromingssituaties van 1:400.000 plaatsvinden in de huidige situatie. Deze simulaties hanteren buitenwaterstanden van rond de 40 cm hoger dan de normaal gebruikte simulaties van 1:4000. Bij gebrek aan andere data worden deze gegevens gebruikt in dit onderzoek om de zeespiegelstijging mee te nemen. In het vervolg zal in dit onderzoek de simulaties van 1:400.000 gebruikt worden voor de toekomstige situaties.

Wat dit inhoudt is dat de verwachte waterdieptes een stuk hoger zullen zijn, wat terug te zien is in Bijlage 8; Meest kritieke dijkdoorbraken bij deeltrajecten 3 t/m 6 (1:400.000). De stroomsnelheden verschillen echter weinig met de huidige situatie, zoals is terug te zien in Bijlage 9; Stroomsnelheden bij overstroming deeltraject 3 t/m 6 (1:400.000). Waarbij deeltraject 3 in de huidige situatie te maken zou krijgen met waterdieptes tussen de 0,6 en 1,0 meter, zou dat in deze nieuwe situatie oplopen tot tussen de 1,1 en 1,7 meter. In deeltraject 4 is dat in plaats van tussen de 1,35 en 1,65 meter in de huidige situatie tussen de 1,7 en 2,0 meter in de toekomstige situatie. Ook het hoger gelegen stuk in deeltraject 3 komt deels onder water te staan, tussen de 0,2 en 0,4 meter. In deeltrajecten 5 en 6 loopt de waterdiepte op van tussen de 0,1 en 0,5 meter tot tussen de 0,2 en 1,0 meter.

6.1.2. Bodemdaling

Ook op het gebied van bodemdaling brengt klimaatverandering negatieve effecten met zich mee. Bij hogere temperaturen verloopt veenoxidatie sneller en door een groter neerslagtekort zakken grondwaterstanden verder uit, wat leidt tot nog meer veenoxidatie en klink. In de zeespiegelstijgingsmodellen van het KNMI wordt bodemdaling al op nationaal niveau meegenomen, maar bodemdaling vindt in principe grotendeels plaats bij veengebieden.

Bij het Deltaweg traject zijn echter geen veengebieden te vinden, zoals te zien is in Bijlage 13; Bodemdalingsrisico's, waardoor significante bodemdaling hier niet plaats zal vinden. De meegerekende bodemdaling in de zeespiegelstijgingsmodellen van het KNMI zijn dus voldoende wat betreft de effecten van klimaatverandering. Verdere bodemdaling wordt niet meegenomen in dit rapport.

Bodemdaling door stijgende temperaturen en toenemende droogte is echter niet het enige waar rekening mee gehouden moet worden. In het geval van ophoging, waarbij een enorme hoeveelheid extra gewicht op de bodem wordt gelegd, is er in sommige gebieden gevaar voor zettingen. Dit kan tot ongelijke bodemdaling leiden en schade voor de weg. Ook hierbij is het type ondergrond van belang, waarbij vooral veen- en kleiondergronden zettingsgevoelig zijn. Onder het Deltaweg traject is veel klei te vinden, vooral in deeltraject 4 en 5, zoals is te zien in Bijlage 13; Bodemdalingsrisico's.

Zettingen zijn echter geen nieuw fenomeen en er zijn vele technieken om de effecten hiervan te mitigeren. Het is van belang dat bij de uitvoer rekening wordt gehouden voor zettingen en dat hier passende maatregelen voor worden getroffen.

6.1.3. Menselijke en financiële schade

Ten tijde van een overstroming is schade onvermijdelijk. In de publieke ruimte kan wel rekening gehouden worden met de effecten van een overstroming om die schade te verminderen, dat is immers ook het doel van dit onderzoek. Naast de materiële schade van de weg zelf is het vrijwel onmogelijk om in Euro's uit te drukken wat de precieze schade zal zijn van uitval van de Deltaweg tijdens een overstroming. Door de Provincie Zeeland zijn schattingen gemaakt van de menselijke en financiële schade per breslocatie, en duidelijk is dat uitval van de Deltaweg deze schade niet enkel vergroot, maar ook het management en de oplosbaarheid hiervan veel complexer maakt.

Bij uitval van de Deltaweg wordt Noord-Beveland vrijwel onbereikbaar gemaakt, wat na de overstroming het werk van hulpdiensten in het getroffen gebied voor een groot deel onmogelijk maakt. Snelheid is voor dit soort acties van uiterst belang en om die reden is beschikbaarheid van de Deltaweg onmisbaar. Ook voor de wederopbouw is bereikbaarheid essentieel en de Deltaweg biedt hier de meeste capaciteit voor. Kortom, voor de algemene crisismanagement na de overstroming is beschikbaarheid van de Deltaweg essentieel, en uitval zou het menselijk leed en de financiële schade significant vergroten.

Als vluchtroute is het effect van uitval van de Deltaweg echter minimaal. Door de extreme weersomstandigheden tijdens een overstroming wordt vluchten tijdens de storm sterk afgeraden. Verder zal een groot deel van de inwoners al geëvacueerd zijn door de Veiligheidsregio Zeeland. Nadat de storm is gaan liggen en een groot deel van het water weggetrokken is, is de Deltaweg voor inwoners uit Noord-Beveland echter wel wederom de enige optie om het Ziekenhuis in Goes te bereiken, indien er bijvoorbeeld (zwaar) gewonden zijn.

Schade zonder binnendijkfunctie

Om een goede afweging te maken over of de Deltaweg bij ophoging zou moeten fungeren als binnendijk kan hier ook onderzocht worden wat de schade zou zijn als dit niet gedaan zou worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de overstromingsmodellen binnen Lizard Flooding, waar kaarten beschikbaar zijn met schattingen van het aantal slachtoffers, de financiële schade en waar zich dit in het gebied concentreert. Deze heatmaps zijn te vinden in Bijlage 12; Heatmaps financiële schade.

Het effect van een binnendijk verschilt sterk per deeltraject. In deeltraject 3 heeft het bijvoorbeeld weinig effect om de Deltaweg als binnendijk te laten fungeren, sinds veel van de waardevolle infrastructuur en gebouwen aan dezelfde kant liggen als het bres. Deeltraject 4 ligt in een gebied dat al zeer klein en lichtbevolkt is en omringd is door primaire en regionale keringen. Ook hierbij zal het effect minimaal zijn. Bij deeltrajecten 5 en 6 echter zou veel van de schade zich ten westen van de Deltaweg bevinden, wat betekent dat als het bres zich aan de oostkant bevindt, de Deltaweg hier het water tegen zou kunnen houden en die schade kan voorkomen. Het is wel van belang om niet te vergeten dat het water aan de oostkant dan sneller en meer stijgt, waardoor de schade in een dorp zoals Kats bijvoorbeeld hoger zal zijn.

6.2. Uitwerking varianten I t/m IV

In dit hoofdstuk wordt besproken op wat voor manier de varianten doorberekend zijn, zodat ze met minimale extra kosten een overstromingsbestendige oplossingen kunnen bieden. Hierna worden de ontwerpschetsen weergegeven en wordt een financiële schatting gemaakt van de verschillende varianten.

6.2.1. Civieltechnische uitwerking

In deze paragraaf wordt per variant de uitwerkmethode weergegeven en wordt uitgelegd op wat voor manier de Deltaweg afsluitbaar gemaakt kan worden.

Variant I: Ophoging hoofdrijbanen

Voor het ontwerp van variant I waarbij de hoofdrijbanen opgehoogd zullen worden, is gebruik gemaakt van de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (2015), sinds een opgehoogde Deltaweg in principe zou fungeren als binnendijk. Hierbij wordt een veiligheidsmarge van 0,5 meter gehanteerd bovenop de kritische waterdiepte. Hoeveel meter opgehoogd moet worden is bepaald per deeltraject:

- Deeltraject 3: 2,2 meter
- Deeltraject 4: 2,5 meter
- Deeltraject 5: 1,5 meter
- Deeltraject 6: 1,5 meter



Figuur 4. Principeschets variant I

Voor het talud van de weg wordt een helling van 1:3 gehanteerd. Dit is een zeer gebruikelijk talud voor dijken, en veel scherpere hellingen zijn niet mogelijk in verband met het risico van afschuiving.

De benodigde hoeveelheid grond is berekend met behulp van QGIS. Dit is een indicatieve berekening. Om dit te doen is een "shapefile" ingetekend over het op te hogen gebied. Hierna is gebruik gemaakt van de functie "raster op maskerlaag clippen" om te zorgen dat enkel het gebied onder deze "shapefile" bekeken zou worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een raster van de AHN4 (0,5m DSM). Hierna is het volume van deze "clip" berekend door middel van de functie "Rasteroppervlak volume". Dit leverde de volgende volumes op:

- Deeltraject 3: 126.939 m³
- Deeltraject 4: 99.657 m³
- Deeltraject 5: 71.159 m³
- Deeltraject 6: 40.487 m³

Totaal: 338.242 m³

De gebruikte "shapefiles" en QGIS berekeningsrapporten zijn terug te vinden in Bijlage 14; QGIS volume berekeningen.

Variant II: Versterkingsmaatregelen aan de wegconstructie

Variant II betreft het toepassen van een zeer watererosie resistente wegconstructie waardoor de weg wel tijdens overstroming buiten gebruik is, maar zodra het water weggetrokken is nog steeds intact is en weer gebruikt kan worden door verkeer.

In dit geval wordt gekeken naar een Cement Treated Base (CTB) als fundering voor de wegconstructie. Een gebonden fundering zorgt voor onderlinge verkitting van de korrels en toename van sterkte en stijfheid. Gebonden funderingen gedragen zich in termen van lastspreiding als een stijve, homogene plaat.

Voor deze variant wordt als concreet voorbeeld gebruikt gemaakt van het product RoadCem, zodat een accuratere vergelijking gemaakt kan worden met de andere varianten. Verder heeft dit product specifiek veel ervaring met overstromingen in gebieden zoals Tabasco in Mexico waar overstromingen regelmatig plaatsvinden als gevolg van extreme neerslag. De RoadCem constructie blijkt hierin zeer effectief. Terwijl traditionele wegconstructies in Tabasco veelal faalde tijdens overstromingen, bleven de RoadCem constructies intact.

Naast dat dit product effectief is als overstromingsbestendige maatregel, gebruikt het ook veel minder materiaal dan conventionele asfaltconstructies, waardoor het ook kosteneffectief en duurzamer is.

Voor deze maatregel hoeft in theorie niets opgehoogd te worden, is het belangrijk dat de weg na 24 uur weer droog en beschikbaar is voor hulpdiensten. Bij deeltrajecten 3 en 4 is na 24 uur het wegdek op de huidige hoogte weer droog, maar bij deeltrajecten 5 en 6 niet. Hier blijft de waterdiepte na 24 nog rond de 0,3 meter staan. Om die reden moeten deze twee deeltrajecten opgehoogd worden met 0,5 meter. Dit vereist 19.275 m³ aan zand.

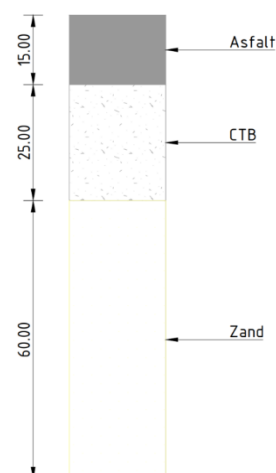
Om een financiële indicatie te geven zijn met behulp van het programma Bisar berekeningen gemaakt zodat de afmetingen van de wegconstructie geoptimaliseerd kunnen worden. Dit programma berekent op basis van de constructieve afmetingen, belastingen en eigenschappen van de materialen en de ondergrond (dynamische viscositeit en elasticiteitsmodulus) onder andere de vermoeiing onderin de gebonden laag.

Vervolgens kan met behulp van de volgende formule het aantal standaard equivalente aslastherhalingen (Neq) bepaald worden, op basis van onder andere de intensiteit van vrachtwagens.

$$N_{eq} = V \cdot W \cdot F_s \cdot F_r \cdot D_v \cdot F_b \cdot \frac{\left(1 + \frac{G}{100}\right)^L - 1}{\frac{G}{100}}$$

N_{eq}	=	Totaal aantal standaard aslast herhalingen
V	=	Aantal vrachtwagens per etmaal
W	=	Aantal werkdagen per jaar
F_s	=	Correctiefactor voor snelheid (vrachtverkeer)
F_b	=	Correctiefactor voor breedte rijstrook
F_r	=	Aantal rijstroken
D_v	=	Vrachtwagenschade factor
G	=	Groei
L	=	Structurele levensduur

Hieruit bleek dat $N_{eq} = 4,11 \cdot 10^7$



Figuur 5. Doorsnede variant II

Als laatste kan de output van Bisar gebruikt worden in volgende formule om de vermoeiingsrelatie te bepalen met de volgende formule:

$$N_{eff} = 10^{(21,37 - 7,72 \cdot \log(e))}$$

Waarbij e de maximale rek is, welke is berekend in Bisar. Vervolgens kan de relatie tussen N_{eq} en N_{eff} bepaald worden, gebruik makend van een veiligheidsfactor van 0,1, wat betekent dat $N_{eq}/N_{eff} < 0,9$ moet zijn.

Vanuit Bisar bleek dat $N_{eff} = 8,89 \cdot 10^7$

Vervolgens blijkt dat $N_{eq}/N_{eff} = 0,46$



Figuur 6. Principeschets variant II

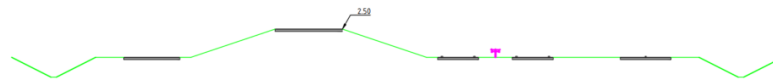
Vervolgens kan als iteratief proces de afmetingen van de wegconstructie geoptimaliseerd worden, wat resulteerde in een asfaltdikte van 15 cm en een funderingsdikte CTB van 25 cm.

De berekeningsresultaten van Bisar en de formules zijn terug te vinden in Bijlage 16; Variant II berekeningen.

Variant III; Ophoging parallelweg

Bij deze variant wordt de parallelweg aan de westzijde opgehoogd. Hiervoor worden dezelfde hoogtes en berekeningsmethoden gehanteerd als bij variant I. Dit levert de volgende volumes op:

- Deeltraject 3: 74.537 m3
- Deeltraject 4: 51.649 m3
- Deeltraject 5: 63.210 m3
- Deeltraject 6: 30.233 m3



Figuur 7. Principeschets variant III

Totaal: 219.629 m3

De gebruikte "shapefiles" en QGIS berekeningsrapporten zijn terug te vinden in Bijlage 14; QGIS volume berekeningen.

Variant IV; Waterkerende geluidswal

Als vierde variant wordt een combinatie gemaakt met de geluidswerende maatregel die op delen van het Deltaweg traject noodzakelijk zijn door de toename van het verkeer. Een geluidswal van grond kan zowel

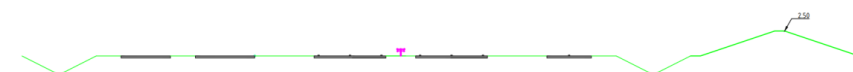
geluidsoverlast voor omwonenden verminderen als een waterkerende functie krijgen tijdens een overstroming.

Hierbij worden dezelfde hoogtes aangehouden als bij Varianten I en III. De geluidswal komt bij deeltrajecten 3 en 4 aan de oostzijde van de Deltaweg te liggen, terwijl bij deeltrajecten 5 en 6 de geluidswal aan beide kanten zou moeten liggen, omdat het water hier van zowel de westzijde als oostzijde kan komen bij een overstroming. De geluidswerende maatregelen hoeven enkel aan de oostzijde dus de wal aan de westzijde zou dan puur een waterkerende functie hebben.

Het klei dat nodig is voor deze geluidswal kan lokaal opgegraven worden. Het totale volume dat nodig is voor deze maatregel is als volgt:

- Deeltraject 3: 43.722 m³
- Deeltraject 4: 41.225 m³
- Deeltraject 5: 34.930 m³
- Deeltraject 6: 18.975 m³

Totaal: 138.853 m³



Figuur 8. Principeschets variant IV

Binnendijkconcept

Om de Deltaweg te kunnen laten fungeren als binnendijk moet naast de ophoging van variant I of III gezorgd worden dat alle openingen zoals tunnels en duikers afsluitbaar zijn. Op dit moment is dit nog niet het geval. Als de weg opgehoogd gaat worden is het echter aannemelijk dat alle duikers vervangen moeten worden, door de ophoging komt er veel extra gewicht op de duikers terwijl ze daar niet voor ontworpen zijn. Daarbij zijn veel van de duikers al decennia oud en naderen ze het einde van hun levensduur. Als alle duikers vervangen worden is het minder problematisch om dit gelijk afsluitbaar te doen.

Wat betreft de tunnels hoeven deze niet vervagen worden. Alle tunnels liggen op locaties waarbij er geen sprake is van overstromingsgevaar of de bovenliggende weg al hoog ligt, waardoor er hier niet opgehoogd hoeft te worden. Om deze afsluitbaar te maken kunnen de tunnels voorzien worden van gleuven waarin houten balken geplaatst kunnen worden, verstevigd door zandzakken.



Figuur 9. Voorbeeld van afsluiting door middel van houten balken

Terwijl de toegevoegde financiële kosten van afsluiting van de duikers en tunnels minimaal zijn, is het wel belangrijk rekening te houden met het feit dat als de Deltaweg een binnendijk functie krijgt, de Deltaweg nog verder opgehoogd zal moeten worden. De nieuwe binnendijk snijdt de huidige polder immers in twee. De nieuwe polders hebben een kleiner oppervlak, maar dezelfde hoeveelheid waterinloop bij een dijkdoorbraak. Hierdoor zal de kritische waterdiepte groter worden. De Deltaweg zal verder opgehoogd moeten worden als voor deze variant gekozen wordt om hier rekening mee te houden. Dit zal significante extra kosten met zich meebrengen.

Hoeveel de Deltaweg in dit nieuwe scenario verder opgehoogd zou moeten worden is onduidelijk, gezien hiervoor geen overstromingsmodellen beschikbaar zijn.

Ontwerpschetsen

De ontwerpschetsen van de verschillende varianten zijn gemaakt met behulp van het programma AutoCAD en zijn terug te vinden in Bijlage 17; Tekeningen varianten. De volgorde hierin is als volgt:

1. Oplossingsrichtingen planstudie
2. Variant I, van traject 3 t/m 6
3. Variant II
4. Variant III, van traject 3 t/m 6
5. Variant IV

6.2.2. Kostenraming

De kostenraming is gemaakt volgens de Standaardssystematiek voor Kostenramingen (SSK) van het CROW. Deze systematiek wordt veel toegepast in de bouwsector en maakt de raming daarmee betrouwbaar en vergelijkbaar. De gebruikte kengetalen zijn opgehaald uit de Planstudie of van experts binnen de Provincie Zeeland. In deze kostenraming zijn enkel de extra kosten van de verschillende overstromingsbestendige maatregelen berekend en niet de kosten van de aanleg van de nieuwe weg zelf. De volledige kostenraming is terug te vinden in Bijlage 15; Kostenraming.

Uit de kostenraming blijkt dat er redelijk veel verschil zit tussen de Varianten. De kosten zijn als volgt:

- **Variant I:** € 8.811.006,00
- **Variant II:** € 1.567.049,40
- **Variant III:** € 7.790.805,00
- **Variant IV:** € 3.794.586,50

Duidelijk is dat varianten I en III de meeste kosten met zich meebrengen, dit ligt vooral aan de grote hoeveelheid zand en het opnieuw inrichten van het viaduct bij de Oost Westweg door de ophoging. Opvallend is dat ondanks het feit dat variant III minder zand vereist, de kosten niet significant lager zijn. Dit komt doordat het traject van de parallelweg langer is dan die van de hoofdrijbanen en omdat ophogen de totale breedte van de Deltaweg een stuk groter laat worden, meer dan bij ophoging van de hoofdrijbanen. Dit betekent een significante toename aan extra grondaankoop vergeleken met variant I.

Verder is het belangrijk te realiseren dat als in vervolgonderzoek overstromingsmodellen gehanteerd worden die zeespiegelstijging accurater meenemen, de kans reëel is dat de Deltaweg bij variant I of III nog verder opgehoogd moet worden dan in dit rapport berekend is. Als dit het geval is zullen de kosten uiteraard hoger uitvallen.

Variant II is in deze analyse de goedkoopste optie, ophogingsmaatregelen zijn hierbij minimaal, er hoeft geen extra grondaankoop gedaan worden en het materiaalgebruik is minder dan bij traditionelere asfaltconstructies.

De constructie van variant IV is in deze raming niet het goedkoopst, maar het is belangrijk te realiseren dat geluidswerende maatregelen over een deel van het traject wettelijk verplicht zullen zijn. Hierdoor zal ongeacht voor welke variant gekozen wordt geïnvesteerd moeten worden in dit soort maatregelen. Bij variant IV worden deze kosten dus effectiever gebruikt door de geluidswal ook een waterkerende functie te

geven. Omdat de wettelijke kaders van de geluidswerende maatregelen nog niet bepaald zijn en dus ook niet duidelijk is waar precies wel en waar niet geluidswerende maatregelen plaats moeten vinden, is dit effect niet meegenomen in deze analyse.

Een kostenpost die niet is meegenomen bij variant IV maar in werkelijkheid wel het geval zal zijn, is de kosten van inpassing aan de huidige kruisingen. Deze kruisingen worden aangepast, maar hiervoor zijn nog geen ontwerpen. Om die reden is het onmogelijk om van de inpassing kosten te berekenen.

Als laatste is het belangrijk om te realiseren dat deze kostenraming gemaakt is bovenop oplossingsrichting D uit de Planstudie Deltaweg 2022. In werkelijkheid zou echter voor een andere oplossingsrichting gekozen kunnen worden. Dit heeft effect op de kostenraming, in het geval van variant I betekent dit een lagere hoeveelheid zand sinds de hoofdrijbaan van dubbelbaans naar enkelbaans gaat en minder grondaankoop. Voor variant II betekent dit lagere hoeveelheden aan benodigd materiaal zoals asfalt, cement, RoadCem en zand. Variant III zal enkel te maken krijgen met minder grondaankoop. Voor variant IV blijven de kosten hetzelfde. Er is voor gekozen om deze kosten niet te berekenen sinds de kostenraming indicatief is en het kostenverschil niet significant genoeg is om grote relatieve verschillen te veroorzaken ten opzichte van nu.

6.3. Variantenanalyse

In dit hoofdstuk wordt de uitkomst van de uitwerking van de varianten gebruikt om een vergelijking te maken, waarbij duidelijk moet worden welke variant het beste presteert onder de gekozen criteria. Dit wordt gedaan door middel van een multicriteria-analyse (MCA) waarbij op basis van gewogen criteria de varianten beoordeeld worden.

6.3.1. Opbouw van de MCA

Om een MCA uit te voeren moeten eerst de te gebruiken criteria gekozen en gewogen worden. Dit wordt gedaan op basis van de uitwerking van de varianten zoals uitgevoerd in het vorige hoofdstuk en de belangen van de opdrachtgever, de Provincie Zeeland, en de stakeholders. Binnen deze MCA is uitgegaan van de huidige functie van de Deltaweg zoals omschreven in de Planstudie Deltaweg uit 2022.

De gekozen criteria zijn als volgt:

- **Overstromingsbestendigheid (40%);** Het primaire doel van deze variantenstudie is het vinden van een overstromingsbestendige oplossing voor de Deltaweg. Om die reden is het logisch dat dit het zwaarst wegende criteria is voor de MCA. Hierbij wordt gekeken naar het risico van falen van de oplossing en of het naar volledigheid voldoet naar de wensen van de stakeholders.
- **Kosten (30%);** In de tweede plaats heeft de Provincie Zeeland belang uitgesproken bij een kosteneffectieve oplossing. Hierbij wordt puur gekeken naar de uitkomsten van de kostenraming.
- **Duurzaamheid (15%);** Nederlandse overheden hebben grote opgaven wat betreft duurzaamheid en om die reden moet dit integraal meegenomen worden bij elk project. De varianten hebben allemaal een effect op de totale CO2 uitstoot van het project en deels ook op de circulariteit. Binnen deze criteria wordt dan ook naar die twee facetten van duurzaamheid gekeken, verwachte CO2 uitstoot en circulariteit.
- **Aantasting landschap (15%);** De varianten hebben verschillende effecten op de fysieke uitstraling van het omliggende gebied. Het Zeeuwse landschap wordt door veel mensen

gewaardeerd en het is van belang dit te waarborgen. De sterkte van aantasting hiervan door de verschillende varianten wordt gebruikt als criteria binnen deze variantenstudie.

De criteria zijn gewogen in percentages, deze worden uitgedeeld over de varianten door middel van de volgende methode:

- ++ = + hele percentage
- + = + halve percentage
- +/- = + 0%
- - = - halve percentage
- -- = - hele percentage

6.3.2. MCA

Nu de criteria gekozen en gewogen zijn kan de MCA uitgevoerd worden. Allereerst zal hieronder de redenering van de beoordeling per variant en per criteria toegelicht worden, waarna een totaalplaatje in de vorm van een tabel weergegeven wordt.

- **Variant I; Ophoging van de hoofdrijbaan**
 - **Overstromingsbestendigheid; +** Ophoging van de weg is een voor de hand liggende overstromingsbestendige oplossing, als de weg immers hoger ligt dan de maximale waterdiepte kan die ook niet overstromen. Een nadeel van deze oplossing is echter de onduidelijkheid over zeespiegelstijging en de onzekerheidsmarge in de overstromingsmodellen. Als de maximale waterdiepte veel dieper is dan voorspeld kan de hele oplossing teniet gaan. Hierdoor krijgt deze variant maar één plus in plaats van twee.
 - **Kosten; --** De kosten voor dit project zijn zeer hoog. Naast de kosten voor het aankopen en verwerken van de enorme hoeveelheid zand en grond moet het hele viaduct bij de Oost Westweg opnieuw ingericht worden.
 - **Duurzaamheid; -** Qua duurzaamheid is hier sprake van een grote hoeveelheid emissies tijdens het transport en aanbreng van het zand. Uiteraard veel meer dan als er geen ophoging plaats vindt door de grote volumes.
 - **Aantasting landschap; -** Een ophoging van rond de 2 meter in het open Zeeuwse landschap is goed zichtbaar. Dit is een aantasting van het open Zeeuwse landschap. Anderzijds zijn er al veel andere regionale keringen in het gebied die hetzelfde effect hebben.
- **Variant II; Versterkingsmaatregelen aan de wegconstructie**
 - **Overstromingsbestendigheid; ++** De maatregelen qua overstromingsbestendigheid zijn bij deze variant zeer betrouwbaar. De omgevingseffecten (door zeespiegelstijging en/of bodemdaling) op de constructie veranderen weinig en zijn accuraat te bepalen, en er zijn goede ervaringen met producten die CTB toepassen in gebieden met overstromingsgevaaren. Het enige nadeel is dat de weg niet beschikbaar is tijdens de eerste 24 uur van een overstroming, maar uit gesprekken met de Veiligheidsregio Zeeland blijkt dit niet per se noodzakelijk te zijn vanwege de extreem slechte weersomstandigheden binnen deze eerste 24 uur van een overstroming.

- **Kosten; +** Uit de kostenraming blijkt dat variant II de goedkoopste optie is. Enkel variant IV is wellicht goedkoper als een combinatie gemaakt wordt met de geluidswerende maatregelen.
- **Duurzaamheid; +** Doordat de toepassing van CTB funderingen veel minder materiaal gebruikt dan traditionele wegconstructies betekent dit dat de totale CO2 uitstoot ook een stuk lager ligt. Zie hiervoor ook de volgende bron: [30] (NIBE, »Life Cycle Analysis Environmental Impact comparison RoadCem constructions,« 2017)
- **Aantasting landschap; +** Binnen deze variant is ophoging van het wegdek niet tot minimaal vereist. Hierdoor is de inbreuk op het landschap ook minimaal.
- **Variant III; Ophoging van de parallelweg**
 - **Overstromingsbestendigheid; +** Ophoging van de parallelweg werkt in principe hetzelfde als bij de hoofdrijbaan, echter is het totale volume benodigde zand minder. In het geval van schade aan de hoofdrijbaan tijdens overstromingen zal echter de parallelweg de enige beschikbare route zijn waardoor de capaciteit lager zal zijn, maar voldoende voor hulpdiensten.
 - **Kosten; --** Ondanks de lagere hoeveelheid volumes dan bij variant I wordt de totale breedte van de Deltaweg groter waardoor de totale grondaankoop ook groter wordt. Dit laat de kosten sterk toenemen waardoor die van deze variant amper lager zijn dan van variant I.
 - **Duurzaamheid; -** Hier geldt hetzelfde als bij variant I, al zal dit iets minder zijn door de minder grote hoeveelheid zand die nodig is. Alsnog is dit verschil te klein om een andere waardering te geven dan een min.
 - **Aantasting landschap; -** Een ophoging van rond de 2 meter is in het open Zeeuwse landschap goed zichtbaar. Dit is een aantasting van het open Zeeuwse landschap. Anderzijds zijn er al veel andere regionale keringen in het gebied die hetzelfde effect hebben.
- **Variant IV; Waterkerende geluidswal**
 - **Overstromingsbestendigheid; +** Variant IV is effectief in als overstromingsbestendige maatregel, maar wederom geldt hier dezelfde redenering als variant I. Er is veel onduidelijkheid in de modellen omtrent klimaatverandering en in het bijzonder zeespiegelstijging. Hierdoor kunnen randvoorwaarden door de jaren heen veranderen en kan de maatregel in zijn huidige opbouw niet meer voldoende zijn.
 - **Kosten; +/-** Kosten van deze maatregel zijn lager dan varianten I en III, en zijn vooral hoog door de grote hoeveelheid grondaankoop. Verder zijn een deel van deze kosten onvermijdelijk door de vereiste geluidswerende maatregelen die in ieder geval genomen moeten worden. Verder zijn de kosten van aanpassing op de huidige kruisingen niet meegenomen, maar hebben deze uiteraard wel een negatief effect op het totale kostenplaatje.
 - **Duurzaamheid; +/-** Qua duurzaamheid is het effect van deze variant vergeleken met de andere varianten minimaal, doordat de grond lokaal opgegraven kan worden.
 - **Aantasting landschap; +/-** De hoge geluidswal is een inbreuk op het landschap, maar op hetzelfde moment is de primaire functie van de wal om geluid te weren, wat de leefbaarheid voor omwonenden juist verbeterd.

	Variant I	Variant II	Variant III	Variant IV
Overstromingsbestendigheid	+	++	+	+
Kosten	--	+	--	+/-
Duurzaamheid	-	+	+/-	+/-
Aantasting landschap	-	+	-	+/-

Conclusie MCA

De ingevulde MCA levert de volgende scores per variant op:

- Variant I: -25%
- Variant II: 70%
- Variant III: -17,5%
- Variant IV: 20%

Volgens deze multicriteria-analyse is **Variant II** de beste overstromingsbestendige maatregel voor de Deltaweg.

7. Discussie

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de variantenstudie geëvalueerd en wordt besproken wat de vervolgstappen zijn na dit onderzoek voor de Provincie Zeeland. Verder wordt gekeken naar de beperkingen tijdens dit onderzoek, die wellicht in een vervolgonderzoek opgelost kunnen worden.

7.1. Interpretatie van de resultaten

De resultaten van dit onderzoek staan in een lijn met de achtergrondinformatie zoals omschreven in het theoretisch kader. Doordat duidelijk werd dat de weg de eerste 24 uur na een overstroming niet per se beschikbaar hoefde te zijn, was de verwachting al dat variant II het meest kosteneffectief zou zijn. Dit bleek correct. Alsnog heeft de uitwerking van de andere varianten interessante resultaten met zich meegebracht. Het kan namelijk zo zijn bij andere wegen in Zeeland dat het wel nut heeft om die op te hogen en op te waarderen naar een binnendijk om achterliggende stads- of dorpskernen te beschermen tijdens overstromingen, ongeacht dat dit bij de Deltaweg niet het geval is.

7.2. Beperkingen binnen dit onderzoek

Binnen elk onderzoek spelen beperkingen die belangrijk zijn om mee te nemen in de interpretatie van de resultaten en de aanbevelingen. Deze worden voor dit rapport in deze paragraaf benoemd.

7.2.1. Overstromingsmodellen en zeespiegelstijging

Enkele beperkingen die tijdens dit onderzoek naar voren zijn gekomen zijn onder andere het ontbreken van overstromingsmodellen waarbij zeespiegelstijging integraal is meegenomen. Deze modellen waren wel nodig om een goed beeld te krijgen van de overstromingssituaties bij hogere waterstanden vanwege zeespiegelstijging. Als alternatief zijn overstromingsmodellen met kleinere kansen gebruikt (1/400.000 in plaats van 1/4000) waarbij de buitenwaterstanden rond de 40 cm hoger zijn. De voorspelde zeespiegelstijging is echter hoger, rond de 60 cm in 2100, waardoor de werkelijke overstromingssituatie in 2100 serieus kan afwijken van het nu gebruikte 1/400.000 model.

7.2.2. QGIS berekeningen

Verder is gebruik gemaakt van QGIS om de volumes te berekenen voor de ophoging. Dit zijn echter indicatieve berekeningen. Hierbij zijn polygonen getekend over de brute omtrek van de nieuwe Deltaweg. Dit is echter gedaan op basis van een deskundig oordeel en als accuratere methode zou de omtrek van de weg beter met geografische gegevens vast gezet kunnen worden aan de afmetingen van de ontwerpschetsen. De middelen hiervoor waren echter niet beschikbaar.

7.2.3. Strategie Midden-Zeelandroute en implicaties voor de MCA

De MCA in dit rapport is gebaseerd op de functie van de Deltaweg zoals omschreven in de Planstudie Deltaweg 2022. De Provincie Zeeland zal echter een nieuwe Strategie Midden-Zeelandroute ontwikkelen, de route waarvan de Deltaweg deel uitmaakt. De conclusie van deze strategie kan gaan van op- tot afwaardering van de Deltaweg en de route als een geheel. Dit heeft grote implicaties voor de MCA binnen dit rapport. Als de Deltaweg immers minder belangrijk wordt bij afwaardering zullen de criteria en het gewicht daarvan ook significant mee veranderen, net zo goed andersom bij opwaardering. Hier moet rekening mee gehouden worden zodra de resultaten van de Strategie Midden-Zeelandroute bekend zijn geworden en vervolgstappen worden genomen voor aanpassingen aan de Deltaweg op het gebied van overstromingsbestendigheid.

7.2.4. Keuze oplossingsrichting uit de Planstudie Deltaweg

Binnen dit rapport is gekozen om oplossingsrichting D aan te houden gezien deze richting het grootste oplossingsvermogen biedt. Uiteindelijk ligt deze keuze echter bij het bestuur van de Provincie Zeeland en is dit sterk afhankelijk van de uitkomst van de Strategie Midden-Zeelandroute zoals omschreven in 7.2.3. Als in werkelijk gekozen wordt voor een andere oplossingsrichting dan D blijven de maatregelen omschreven in dit rapport echter net zo goed technisch uitvoerbaar. De kosten hiervan zullen echter wel anders uitvallen, zie hiervoor paragraaf 6.2.2. Kostenraming. De verschillen tussen oplossingsrichtingen hebben verder geen effect op de MCA, gezien er geen invloed is op overstromingssituaties, hoogteliggingen van de weg, of op duurzaamheidsaspecten van de maatregelen. Enkel de kosten zullen voor drie van de varianten lager zijn, maar niet genoeg om relevante verschillen duidelijk te maken ten opzichte van de huidige MCA.

7.2.5. Keuze RoadCem als variant II

In dit rapport is gekozen om voor variant II het product RoadCem van een specifieke fabrikant, PowerCem, te analyseren binnen de variantenstudie. Idealiter wordt het specifiek aanwijzen van producten of fabrikanten binnen dit soort onderzoeken zo veel mogelijk vermeden. Reguliere CTB funderingstechnieken zijn ook mogelijk, maar presteren op civieltechnisch niveau en op duurzaamheidsgebied aanzienlijk slechter dan een RoadCem constructie. Daar komt bij dat RoadCem constructies uitgebreide ervaring hebben opgedaan binnen overstromingssituaties en dat er geen andere vergelijkbare producten beschikbaar zijn. Om die reden is gekozen alsnog RoadCem specifiek te onderzoeken als variant.

7.3. Vervolgonderzoek

Het vervolg voor de Provincie Zeeland en de Deltaweg betreffende dit onderwerp is afhankelijk van welke variant wordt gekozen. Als er voor variant I of III wordt gekozen, is het van belang om accuratere overstromingsmodellen te creëren die klimaatverandering beter meenemen dan de huidige modellen. Daarbij moet onderzocht worden op wat voor manier het viaduct bij de Oost Westweg het beste aangepast kan worden bij een opgehoogde Deltaweg. Wellicht kan bij variant III aanpassing van het viaduct compleet vermeden worden door de parallelweg langs het viaduct te laten lopen. Op dit moment loopt de parallelweg echter nog onder het viaduct door.

Als voor variant II gekozen wordt moet onderzocht worden hoe de precieze uitwerking hiervan zal zijn, het in dit rapport toegepaste ontwerp zou overgenomen kunnen worden, maar wellicht is het in overleg met de fabrikant mogelijk om dit ontwerp verder te optimaliseren.

Bij variant IV is het van belang te bepalen wat de wettelijke vereisten zijn qua geluidswerende maatregelen, waardoor de hoeveelheid onvermijdelijke kosten en extra kosten van deze variant bepaald kunnen worden.

8. Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt de conclusie van de uitgevoerde variantenstudie besproken, waarna een aanbeveling gegeven zal worden richting de Provincie Zeeland voor het zo kosteneffectief mogelijk overstromingsbestendig maken van de Deltaweg.

8.1. Conclusie

De variantenstudie in dit onderzoek toont aan dat, wat betreft de overstromingsbestendigheid van vitale infrastructuur, grote ophogingsmaatregelen vaak duur zijn vergeleken met de alternatieven. Uit de gevoerde gesprekken tijdens dit onderzoek blijkt ook dat een weg de eerste 24 uur na een overstroming niet per se beschikbaar hoeft te zijn. Dit levert nieuwe oplossingen op die kosteneffectiever zijn dan ophoging.

Uit de analyse van de nulvariant blijkt dat niets doen leidt tot grote indirecte schade aan het gebied en omwonenden, zeker omdat de Deltaweg vrijwel de enige route is richting Noord-Beveland. Uit diezelfde analyse blijkt echter dat de Deltaweg als binnendijk niet per se noodzakelijk is, vanwege het feit dat er al veel andere regionale keringen zijn in het gebied en omdat de waterdiepte en dus de schade groter wordt aan de kant van de dijkbes als de Deltaweg een binnendijk wordt.

De varianten I en III, ophoging van de hoofdrijbanen of parallelweg, presteren slecht door de enorme hoeveelheid zand die hiervoor vereist is, het feit dat het viaduct bij de Oost Westweg opnieuw ingericht zal moeten worden en de grote hoeveelheid extra grondaankoop. Hierdoor presteren deze varianten binnen de MCA slecht op het gebied van kosten, duurzaamheid en leefbaarheid.

Uit de variantenanalyse blijkt dat de meest goedkope optie variant IV is, de waterkerende geluidswal. Daarentegen presteert variant II beter als gekeken wordt naar het totaalplaatje van een effectieve oplossing, duurzaamheid en leefbaarheid. Variant II behaalt in de MCA dan ook de hoogste score.

8.2. Aanbevelingen

De resultaten van de variantenstudie uitgevoerd in dit onderzoek laten zien dat de varianten II en IV het beste presteren als overstromingsbestendige maatregel, wanneer wordt gekeken naar effectiviteit, kosten, duurzaamheid en leefbaarheid.

Als de Provincie Zeeland verdere nadruk legt op het zo laag mogelijk houden van de kosten, kan variant IV de beste optie zijn. Binnen deze variant heerst echter nog veel onduidelijkheid. De wettelijke normen, precieze locatie en technische uitvoering van de geluidsreducerende maatregelen zijn niet duidelijk. Hierdoor zijn de precieze meerkosten van deze maatregel niet precies beschikbaar. Om die reden wordt deze variant dan ook niet aanbevolen.

In 2024 worden nieuwe overstromingsmodellen ontwikkeld, waarbij het van belang is om rekening te houden met zeespiegelstijging en aanpassingen van bijvoorbeeld wegen door ophoging. Door middel van de nieuwe modellen moet herzien worden of de hoogtes van varianten I, III en IV zoals omschreven in dit rapport nog steeds voldoende zijn.

Vanuit de MCA blijkt echter dat op andere vlakken behalve kosten variant II beter presteert dan variant IV. De toepassing van een versterkte wegconstructie in de vorm van een Cement Treated Base is

betrouwbaarder, minder afhankelijk van veranderende randvoorwaarden door klimaatverandering, duurzaam en heeft een minder grote inbreuk op het open Zeeuwse landschap. Om die redenen wordt variant II het sterkst aanbevolen.

Als laatste wordt een algemene aanbeveling gegeven om de methodiek zoals gehanteerd in dit rapport toe te passen op andere Zeeuwse wegen die in gevaar staan overstroomd te worden bij een dijkdoorbraak. De MCA in dit rapport is specifiek gemaakt voor de Deltaweg en de criteria en de weging daarvan kan anders uitpakken bij andere Zeeuwse wegen, zo ook voor opwaardering naar een regionale kering. De aanbeveling voor variant II is dus geen standaardoplossing die overal het beste zal zijn, maar de MCA moet per weg herhaald worden met locatie specifieke criteria. De toepassing van deze methode is een goede strategie om het doel 'klimaatrobust in 2050' uit de Klimaatadaptatiestrategie Zeeland te halen wat betreft vitale infrastructuur.

9. Bibliografie

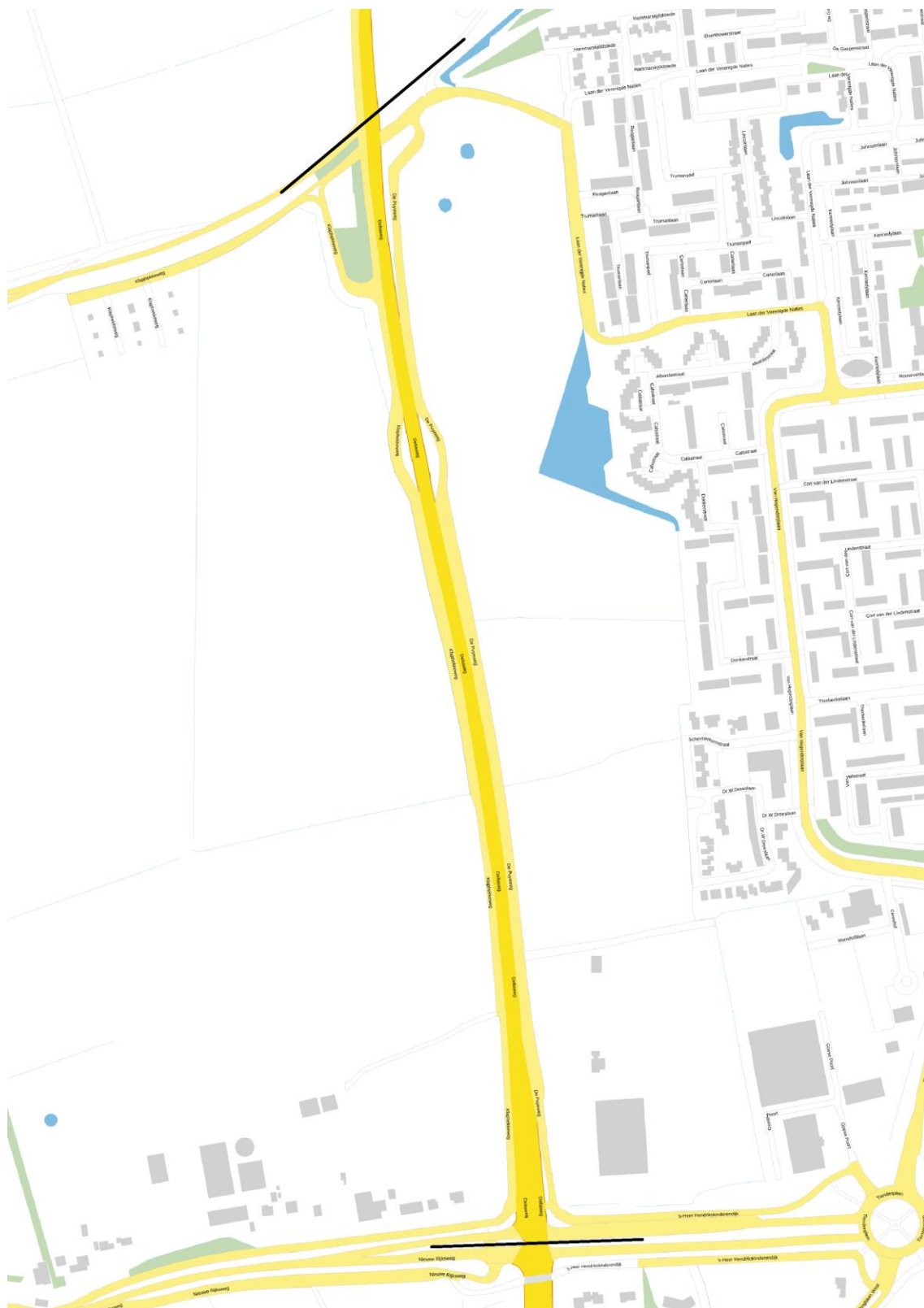
- AHN4. (2022). *Actueel Hoogtebestand Nederland*. Hentet fra <https://www.ahn.nl/>
- Begijn, B. (20. februari 2023). Interview Rijkswaterstaat. (S. Timmerman, Interviewer)
- Berge, A. v. (21. februari 2023). Interview Veiligheidsregio Zeeland. (S. Timmerman, Interviewer)
- CEDR. (2015). *ROADAPT Roads for today, adapted for tomorrow*.
- Deltares. (2019). *Gevoeligheid van het hoofdwegennet voor klimaatverandering*.
- Deltares. (2019). *Impact van klimaatverandering op wegherste en verkeersstremming*.
- Egyed, C. E. (u.d.). Expert overstromingsbestendige wegen, Phoenix Engineering.
- Feij, H. (16. februari 2023). Interview Gemeente Goes. (S. Timmerman, Interviewer)
- IPCC. (2023). *Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report*. IPCC.
- KNMI. (7. december 2022). Wereldwijde uitstoot van CO₂ is nog niet aan het dalen.
- KNMI. (u.d.). *Klimaatdashboard*. Hentet fra KNMI: <https://www.knmi.nl/klimaatdashboard>
- Leemreijze, E. (2023). Contactpersoon team Klimaat. (S. Timmerman, Interviewer)
- Lizard Flooding. (2013). *Overstromingsmodellen Provincie Zeeland*.
- Meelis, W. v. (2023). Contactpersoon team Klimaat. (S. Timmerman, Interviewer)
- Ministerie van IenW. (2018). *Deltaplan Ruimtelijke adaptatie*.
- Ministerie van IenW. (2021). *Uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken*.
- Ministerie van IenW. (u.d.). *Deltaprogramma 2023*.
- NAS. (u.d.). *Nationale klimaatadaptatiestrategie 2016*.
- NAS. (u.d.). *Rapportage NAS 2017-2019*.
- NIBE. (2017). *Life Cycle Analysis Environmental Impact comparison RoadCem constructions*.
- PowerCem Technologies. (u.d.). *RoadCem*. Hentet fra <https://www.powercem.com/nl/roadcem.html>
- Provincie Zeeland. (2017). *Beheerkader Infrastructuur Provincie Zeeland*.
- Provincie Zeeland. (2021). *Klimaatadaptatiestrategie Zeeland 2021-2026*.
- Provincie Zeeland. (2021). *Uitvoeringsagenda Klimaatadaptatie Zeeland*.
- Provincie Zeeland. (2022). *Planstudie Deltaweg tracé A256 N256/255*.
- Rijkswaterstaat Zee en Delta. (2019). *FRAMES pilot A58 en rijkswegen in Zeeland*. 2: mei.
- Schaap, M. (2023). Contactpersoon I&V. (S. Timmerman, Interviewer)
- Sluijs, L. v. (2023). Contactpersoon Regionale Bereikbaarheid. (S. Timmerman, Interviewer)
- STOWA. (2015). *Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen*. STOWA, IPO, UWW.
- Sweco. (2019). *Onderzoek alternatieve funderingsmaterialen in de Provincie Limburg*.
- Tjarks, J. (27. maart 2023). Kunstwerken aan de Deltaweg en afsluitbaarheid. (S. Timmerman, Interviewer)
- UNESCO-IH. (2012). *Macro-economic Effects of Using the PowerCem technology on Road Infrastructure in flood risk Areas*.
- Vermin, T. (14. februari 2023). Interview Gemeente Noord-Beveland. (S. Timmerman, Interviewer)
- Waterschap Scheldestromen. (u.d.). *Klimaat: aanpassen aan extremer weer*. Hentet fra Waterschap Scheldestromen: <https://scheldestromen.nl/klimaat>

10. Bijlagen

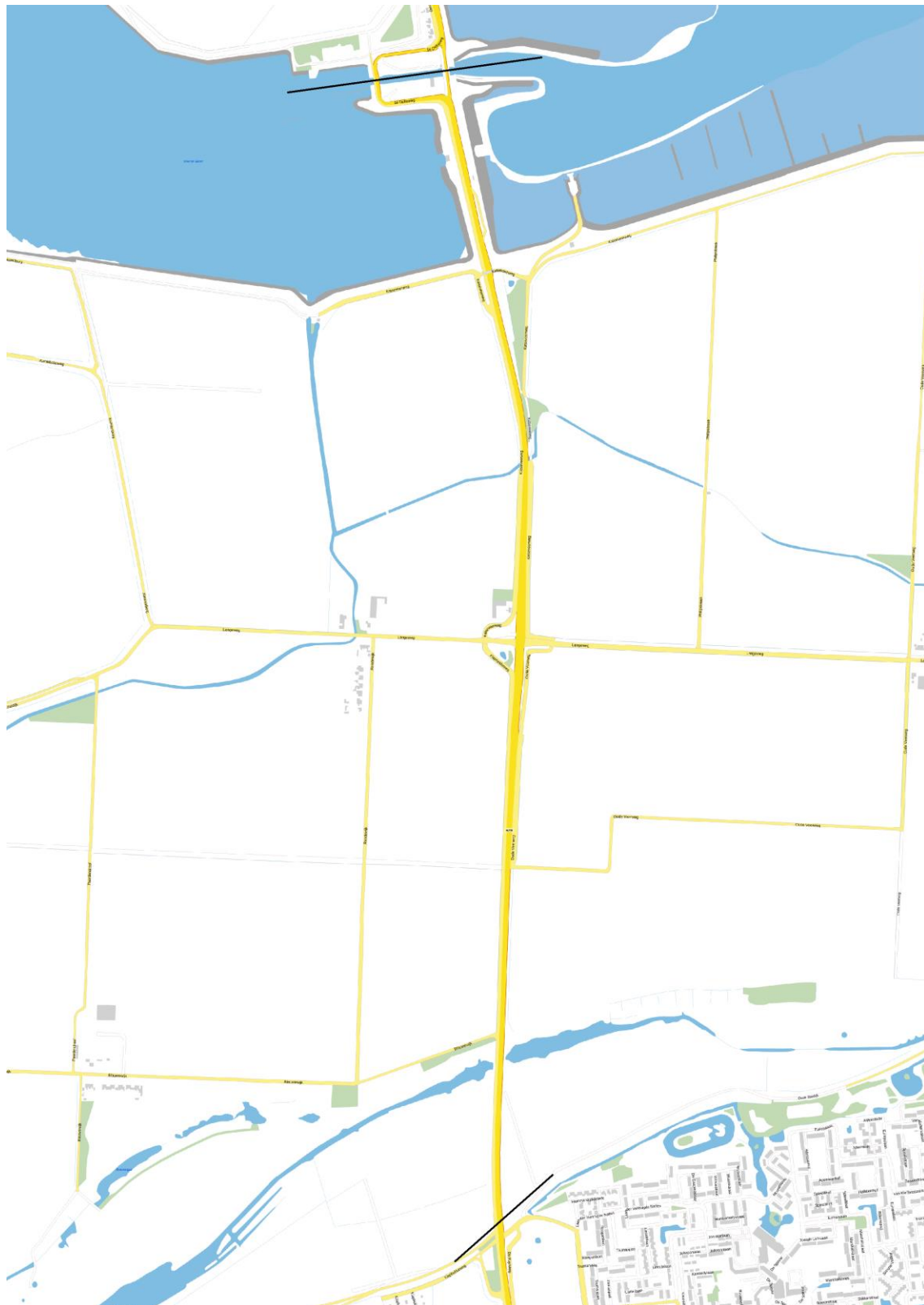
10.1. Bijlage 1; Deeltrajecten



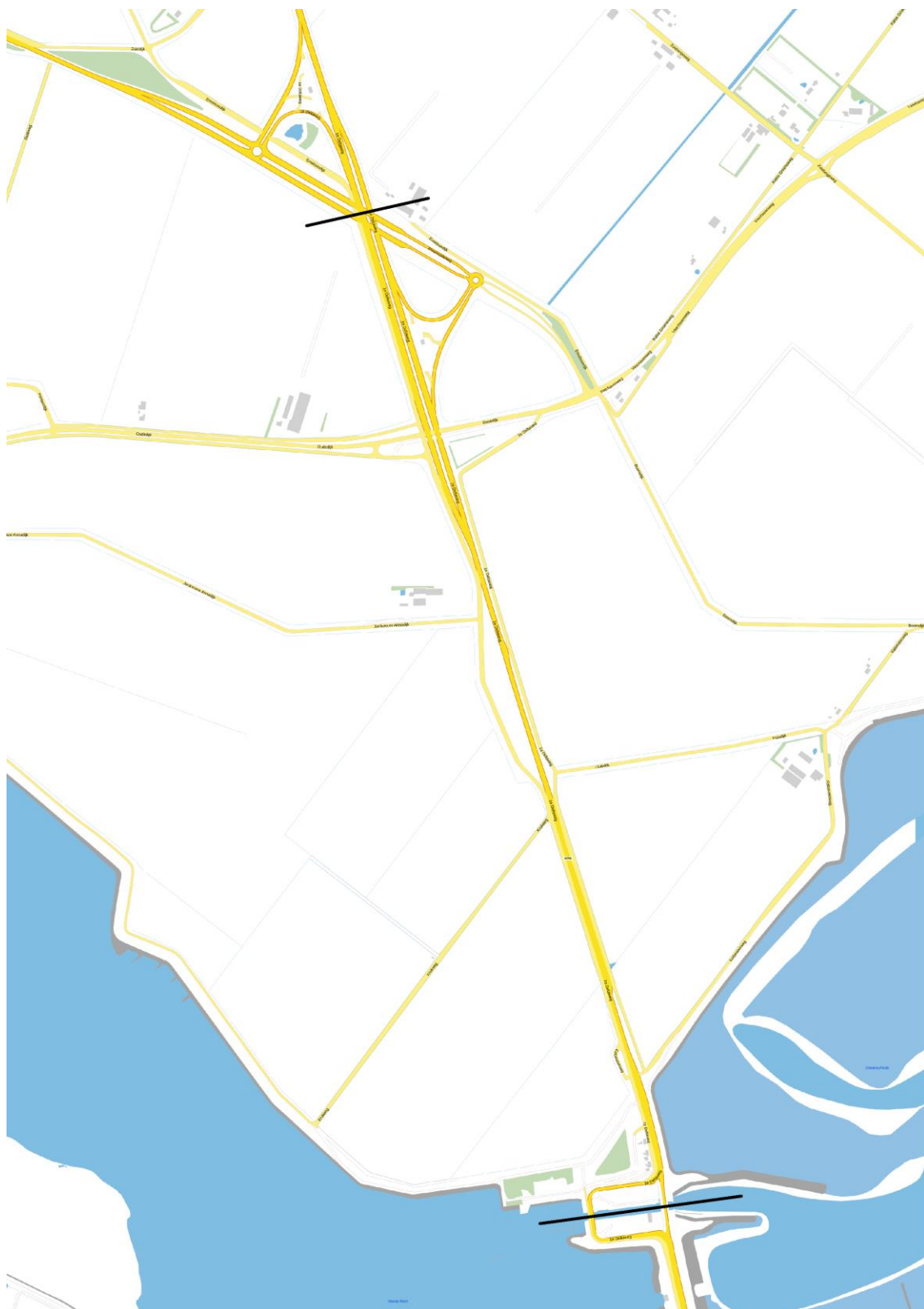
Figuur 10. Deeltraject 1



Figuur 11. Deeltraject 2

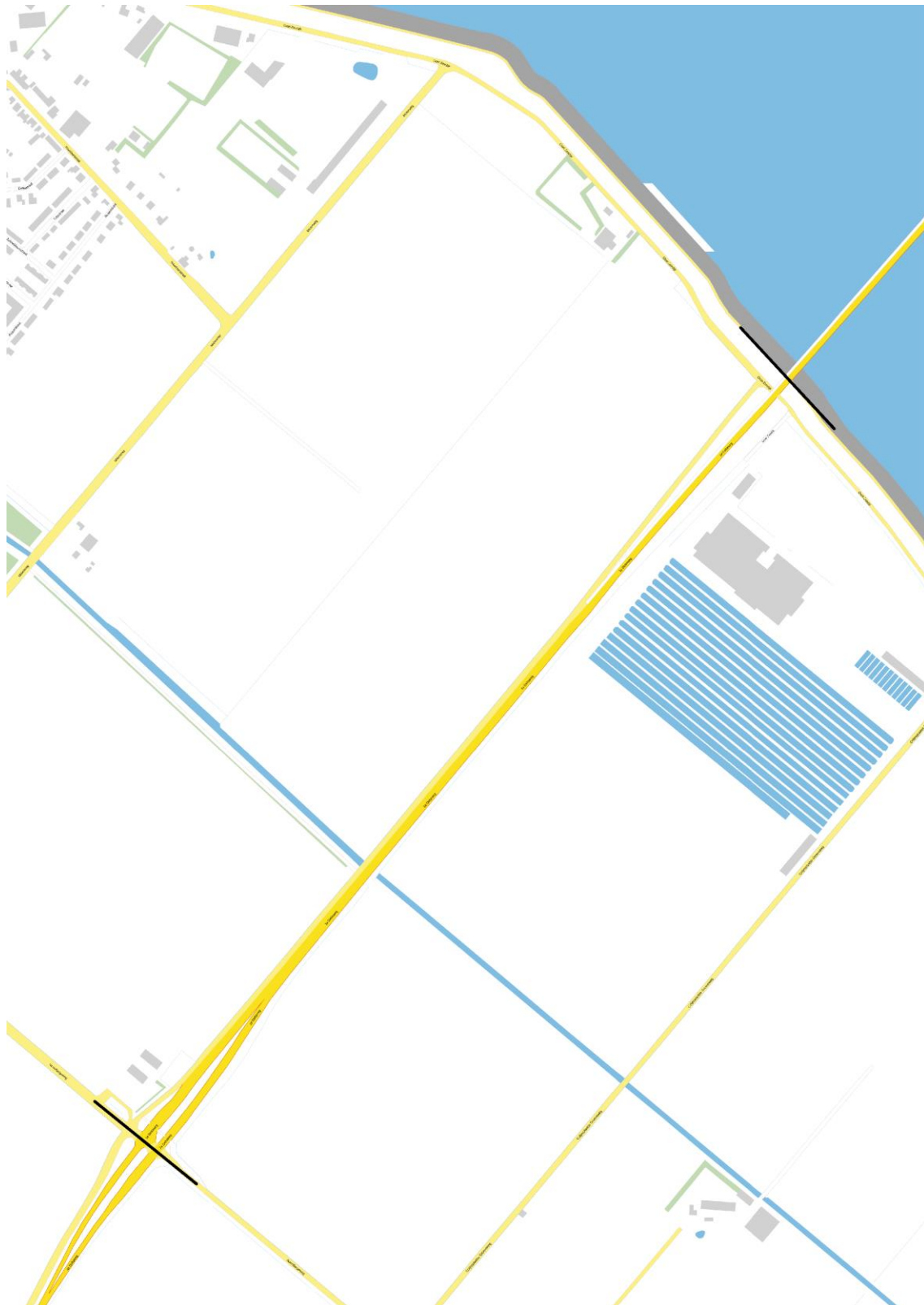


Figuur 12. Deeltraject 3



Figuur 13. Deeltraject 4

Een Klimaat Robuuste Deltaweg 42



Figuur 15. Deelttraject 6

10.2. Bijlage 2; Aansluitingen, kruispunten en de Zandkreeksluis



Figuur 16. Aansluiting A58 - A256



Figuur 17. Aansluiting A256 - Anthony Fokkerstraat



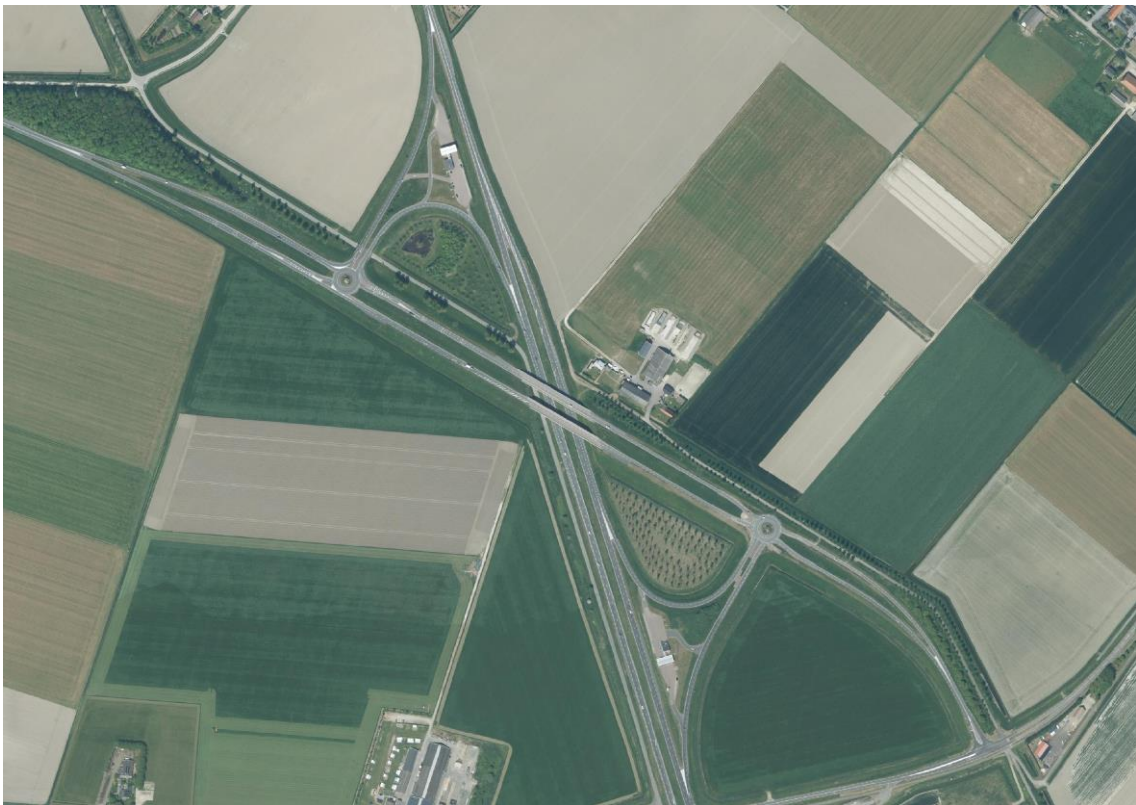
Figuur 18. Kruispunt Goes



Figuur 19. Kruispunt Langeweg



Figuur 20. De Zandkreeksluis



Figuur 21. Aansluiting Oost Westweg



Figuur 22. Kruispunt Noordlangeweg

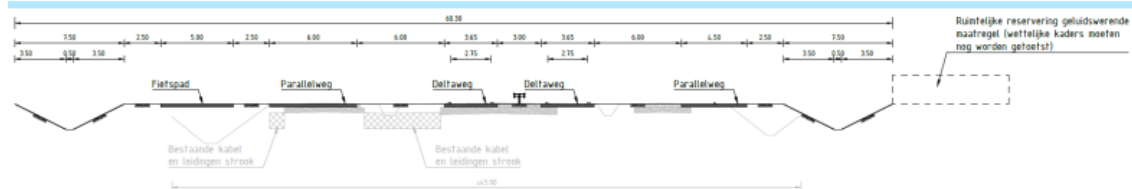
10.3. Bijlage 3; Oplossingsrichtingen planstudie Deltaweg

Bouwstenen	Oplossingsrichtingen				
	A	B	C	D	E
Hoofddrijbaan					
Gescheiden rijbanen 2x1	X	X	X		
Gescheiden rijbanen 2x2				X	X
Maximumsnelheid 80 km/h	X	X	X	X	
Maximumsnelheid 100 km/h					X
Kruispunt Goes ongelijkvloers	X	X	X	X	X
Kruispunt Langeweg gelijkvloers	X				
Kruispunt Langeweg ongelijkvloers		X	X	X	X
Kruising Zandkreeksluis gelijkvloers	X	X			
Kruising Zandkreeksluis ongelijkvloers			X	X	X
Parallelweg / fietspad					
Fietsers en landbouwverkeer gescheiden	X	X	X	X	X
Positie fietspad oostzijde					
Positie fietspad westzijde	X	X	X	X	X

Oplossingsrichting A

- Maximumsnelheid: 80 km/u
- Rijbaan: 2x1
- Ruimte voor calamiteitenverkeer
- Kruispunt Goes: ongelijkvloers
- Kruispunt Langeweg: gelijkvloers, maar wel met meer capaciteit
- Zandkreeksluis gelijkvloers (optimaliseren)
- Vrijliggend fietspad aan westzijde, aan de westzijde van de parallelweg

Dwarsprofiel (zie ook bijlage 5)

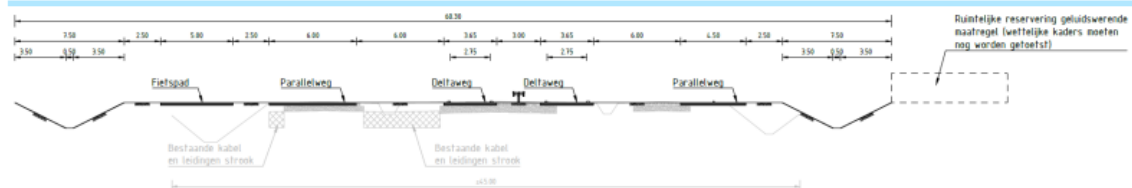


Oplossingsrichting B

(De uitbreidingen ten opzichte van oplossingsrichting A zijn vetgedrukt.)

- Maximumsnelheid: 80 km/u
- Rijbaan: 2x1
- Ruimte voor calamiteitenverkeer
- Kruispunt Goes: ongelijkvloers
- Kruispunt Langeweg: ongelijkvloers**
- Zandkreeksluis gelijkvloers (optimaliseren)
- Vrijliggend fietspad aan westzijde, aan de westzijde van de parallelweg

Dwarsprofiel (zie ook bijlage 5)

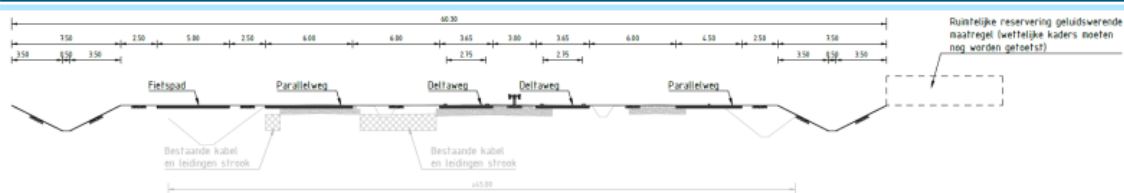


Oplossingsrichting C

(De uitbreidingen ten opzichte van oplossingsrichting B zijn vetgedrukt.)

- Maximumsnelheid: 80 km/u
- Rijbaan: 2x1
- Maximale verkeersveiligheid hoofdrijbaan**
- Ruimte voor calamiteitenverkeer
- Kruispunt Goes: ongelijkvloers
- Kruispunt Langeweg: ongelijkvloers
- Zandkreeksluis ongelijkvloers**
- Vrijliggend fietspad aan westzijde, aan de westzijde van de parallelweg

Dwarsprofiel (zie ook bijlage 5)



Oplossingsrichting D

(De uitbreiding ten opzichte van oplossingsrichting C is vetgedrukt.)

- Maximumsnelheid: 80 km/u
- Rijbaan: 2x2**
- Maximale verkeersveiligheid hoofdrijbaan
- Ruimte voor calamiteitenverkeer
- Kruispunt Goes: ongelijkvloers
- Kruispunt Langeweg: ongelijkvloers
- Zandkreeksluis ongelijkvloers
- Vrijliggend fietspad aan westzijde, aan de westzijde van de parallelweg

Dwarsprofiel (zie ook bijlage 5)

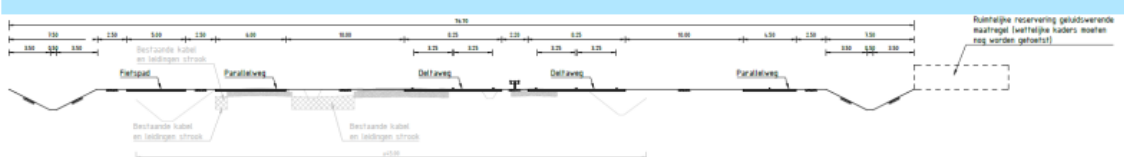


Oplossingsrichting E

(De uitbreiding ten opzichte van oplossingsrichting D is vetgedrukt.)

- Maximumsnelheid: 100 km/u**
- Rijbaan: 2x2
- Maximale verkeersveiligheid hoofdrijbaan
- Ruimte voor calamiteitenverkeer
- Kruispunt Goes: ongelijkvloers
- Kruispunt Langeweg: ongelijkvloers
- Zandkreeksluis ongelijkvloers
- Vrijliggend fietspad aan westzijde, aan de westzijde van de parallelweg

Dwarsprofiel (zie ook bijlage 5)

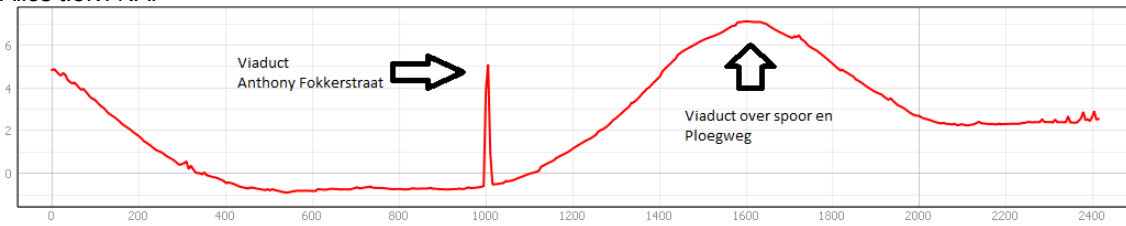


10.4. Bijlage 4; Toetsingskader planstudie Deltaweg

Toetsingskader									
Criteria	Toelichting		Basisjaar 2019/ huidige situatie 2021	Referentiesituatie 2040	Oplossingsrichting A	Oplossingsrichting B	Oplossingsrichting C	Oplossingsrichting D	Oplossingsrichting E
Verkeersveiligheid	Hoofddijkbaan Parallelweg	Aantal conflictsituaties	3 4	3 4	1 2	0 1	0 1	0 1	0 1
	Trajecten	Maximale I/C verhouding op het drukste uur tijdens een gemiddelde avondspits	70%	99%	103%	102%	89%	45%	47%
I/C verhouding	Kruispunten	Maximale I/C verhouding op het drukste uur tijdens een gemiddelde avondspits	80%	110%	77%	0%	0%	0%	0%
Doorstroming	Voertuigverliesuren	Totaal aantal uren reistijdverlies in de ochtend- en avondspits	2,5	3,0	2,2	2,1	1,9	0,8	0,7
Netwerkeffecten	Intern verkeer binnen studiegebied	Aantal motorvoertuigen op de Deltaweg		7000	7800	7800	8000	8100	8200
	Intern verkeer binnen Zeeland			7500	7600	7800	7800	7700	8000
	Extern verkeer van/naar Zeeland			13000	14400	15000	15700	18900	20200
	Doorgaand verkeer			600	800	600	700	800	900
	Totaal			28100	30400	31200	32000	35500	37300
Ruimtelijke inpasbaarheid	Profielbreedte	m ¹	40 - 50	40 - 50	60	60	60	70	80
	Benodigd oppervlak	ha	23,3	23,3	37,8	37,8	37,9	41,9	48,5
	Aantal percelen waarvan grond nodig is		0	0	78	78	74	80	85
Slimme mobiliteit	Doorfietsroute Goes - Zierikzee		Niet inpasbaar	Niet inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar
	Bus Rapid Transit (BRT)		Niet inpasbaar	Niet inpasbaar	Twee aanvullende investeringen nodig voor inpassen	Eén aanvullende investeringen nodig voor inpassen	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar
Ruimtelijke kwaliteit	Verbeteren verbinding watersysteem en creëren faunapassage natuurgebied het Schenge		Niet inpasbaar	Niet inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar
	Kruising Langeweg combineren met aansluiting Aardebolleweg		Niet inpasbaar	Niet inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar
	Zoetwaterleiding aanleggen		Niet inpasbaar	Niet inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar
	Realiseren mobiliteitshub		Niet inpasbaar	Niet inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar	Inpasbaar
Luchtkwaliteit	Stikstofdioxide (NO ₂)	Jaargemiddelde concentraties in µg/m ³	24,7	19,8	25,4	25,4-26,3	26,3	27,0	27,5
	Wettelijke norm NO ₂ 40 µg/m ³	Voldoet aan norm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Fijnstof (PM ₁₀)	Jaargemiddelde concentraties in µg/m ³	17,4	14,2	17,4	17,6	17,7	17,8	17,9
	Wettelijke norm PM ₁₀ 40 µg/m ³	Voldoet aan norm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Fijnstof (PM _{2,5})	Jaargemiddelde concentraties in µg/m ³	9,5	6,6	9,6	9,7	9,7	9,7	9,7
Geluid	Wettelijke norm PM _{2,5} 25 µg/m ³	Voldoet aan norm	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	Aantal woningen als aandachts- object	Aantal van de 250 woningen in projectgebied	0	0	79	78	102	142	167
	Aantal woningen waar grenswaarde wordt overschreden		0	0	10	10	4	11	12
Realisatiekosten	Bandbreedte in miljoenen		-	-	€48 tot €112	€58 tot €135	€111 tot €259	€135 tot €315	€153 tot €357

10.5. Bijlage 5; Hoogtelopen per deeltraject

Alles t.o.v. NAP



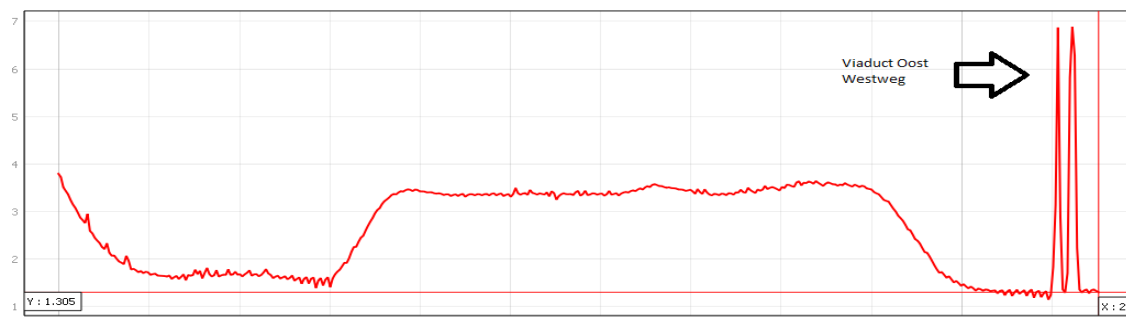
Figuur 23. Deeltraject 1



Figuur 24. Deeltraject 2



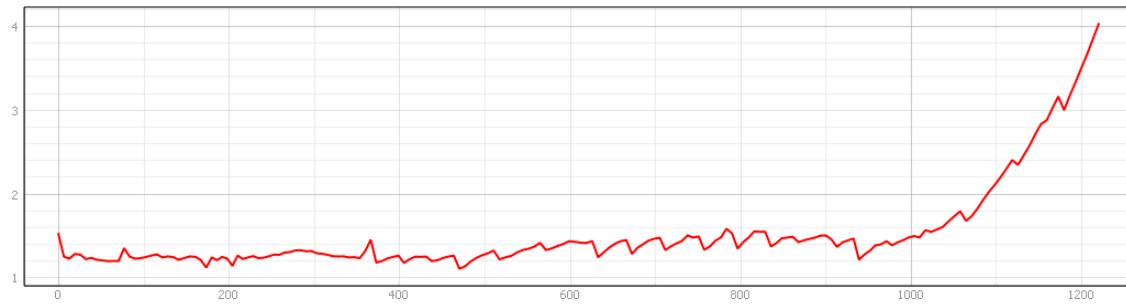
Figuur 25. Deeltraject 3



Figuur 26. Deeltraject 4

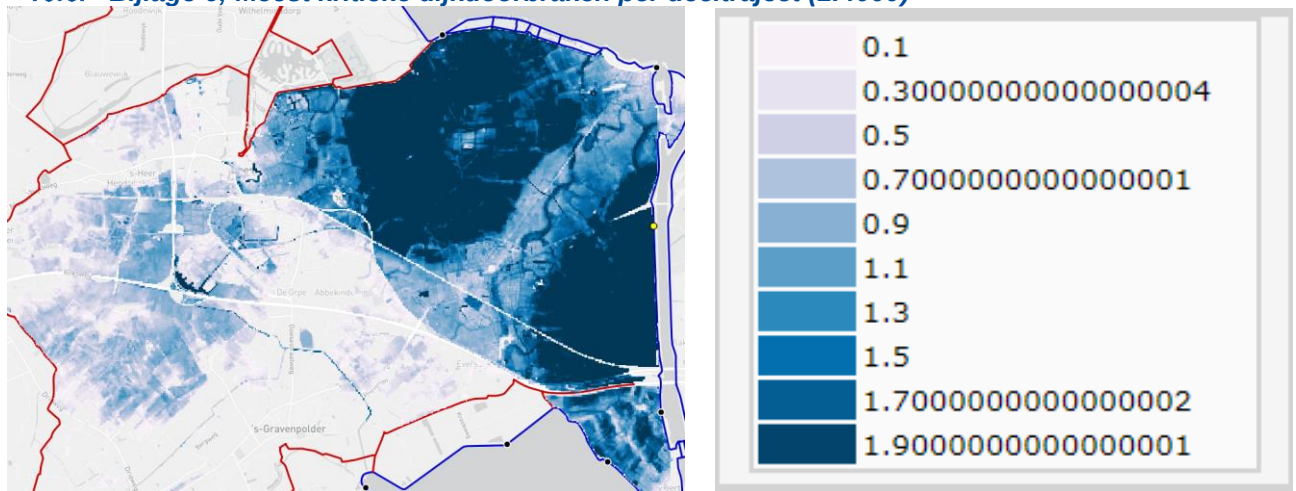


Figuur 27. Deeltraject 5

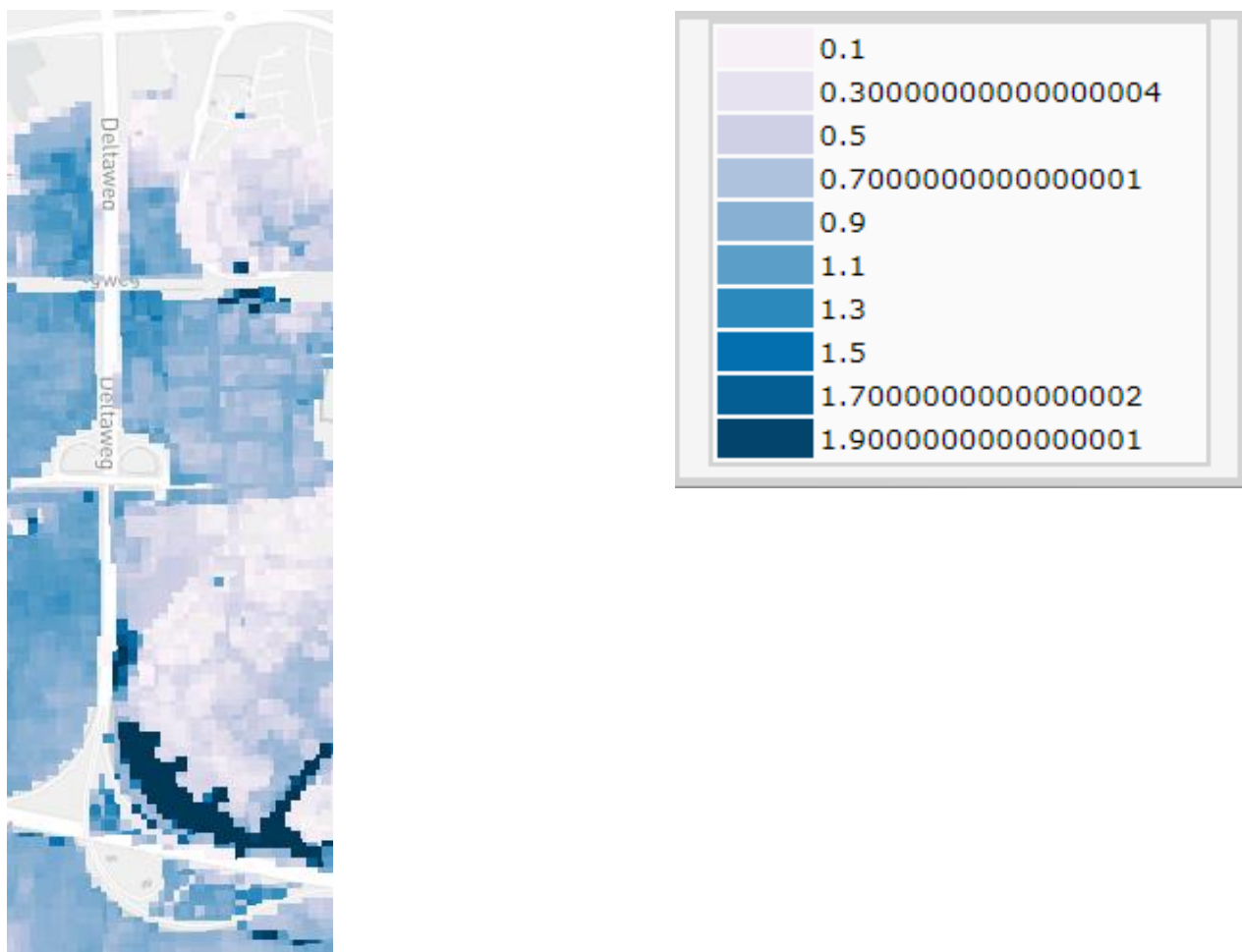


Figuur 28. Deeltraject 6

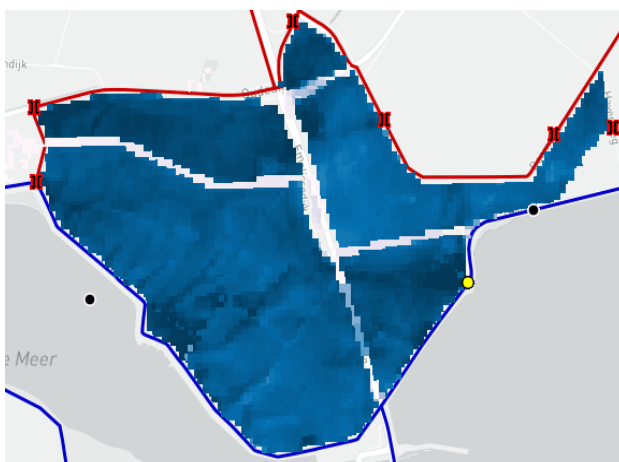
10.6. Bijlage 6; Meest kritieke dijkdoorbraken per deeltraject (1:4000)

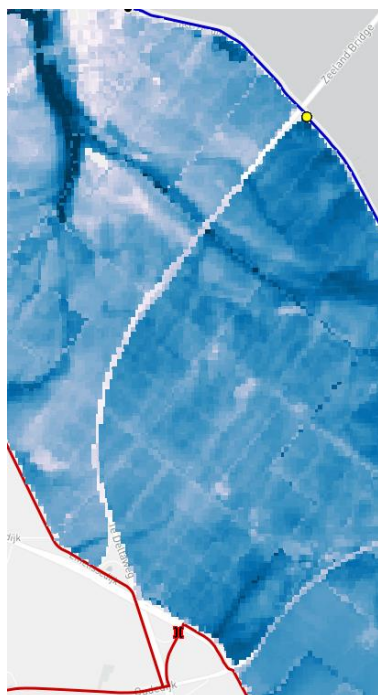


Figuur 29. Deeltraject 1+2

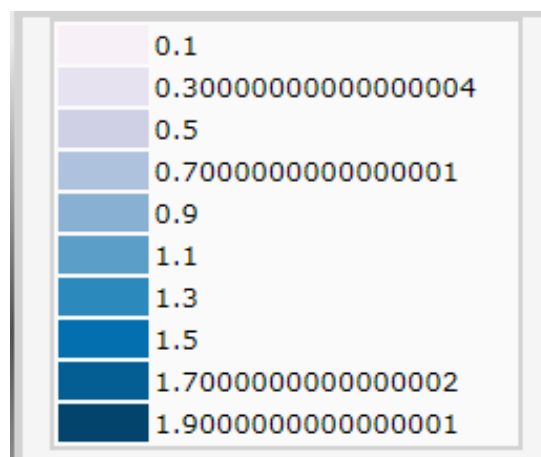


Figuur 30. Deeltraject 1

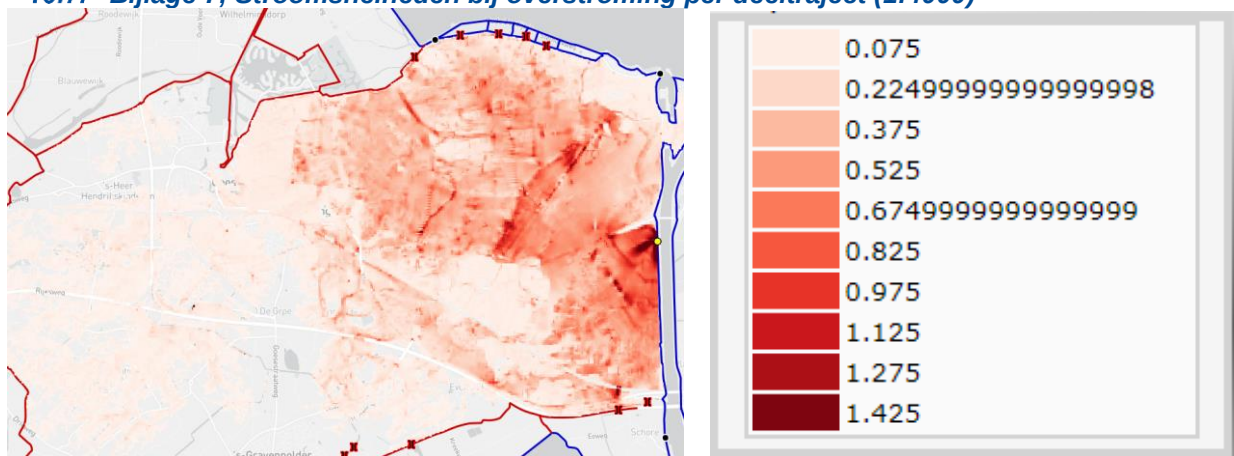




Figuur 34. Deeltraject 5+6



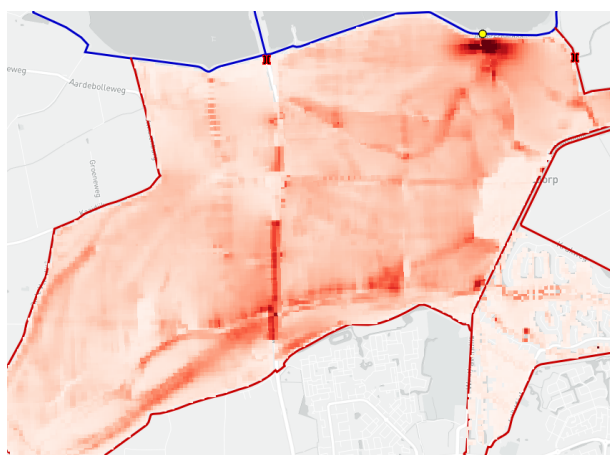
10.7. Bijlage 7; Stroomsnelheden bij overstroming per deeltraject (1:4000)



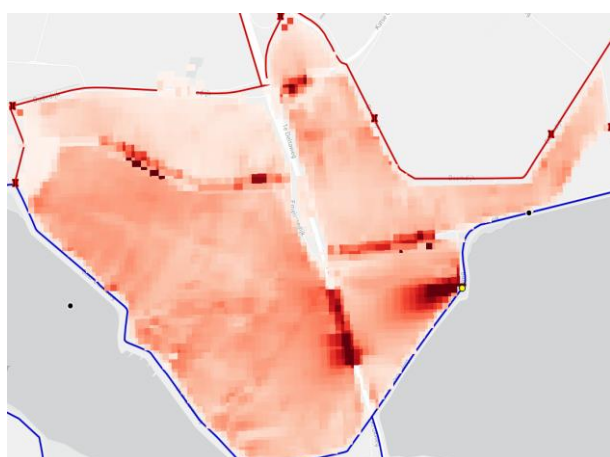
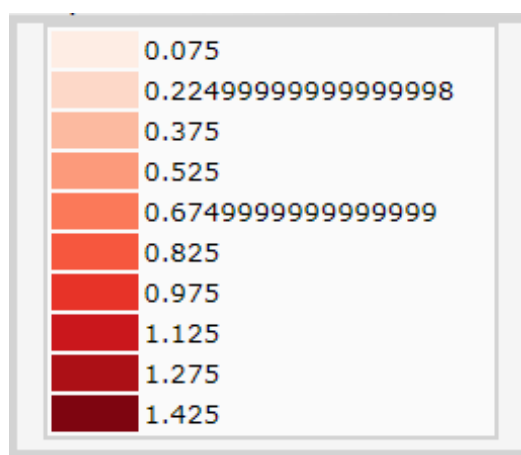
Figuur 35. Stroomsnelheden Deeltraject 1+2



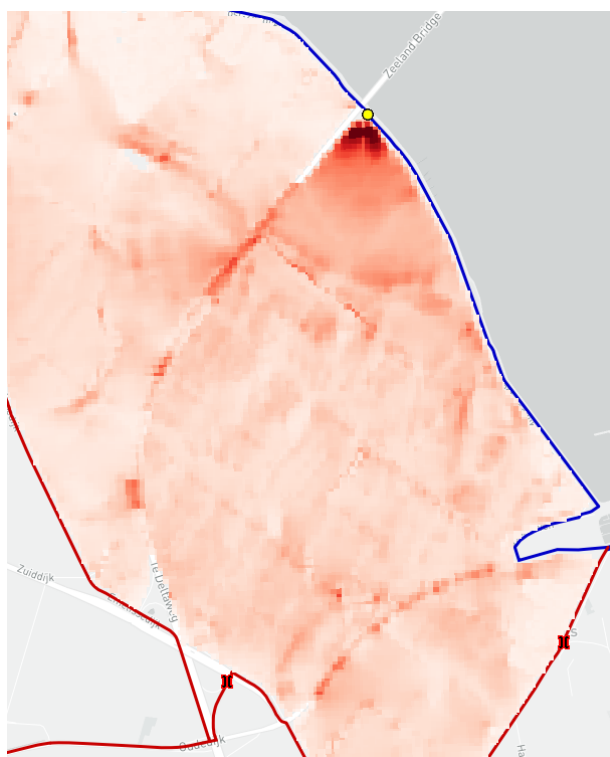
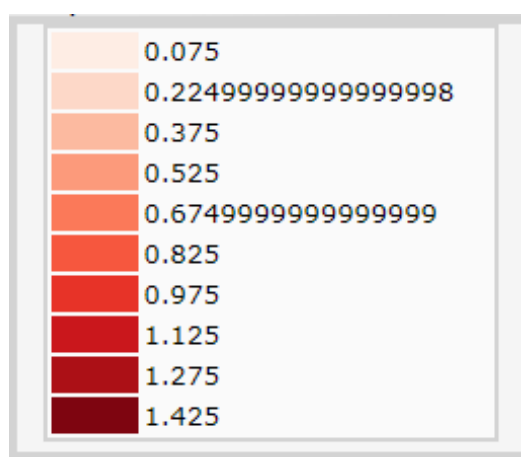
Figuur 36. Deeltraject 1+2



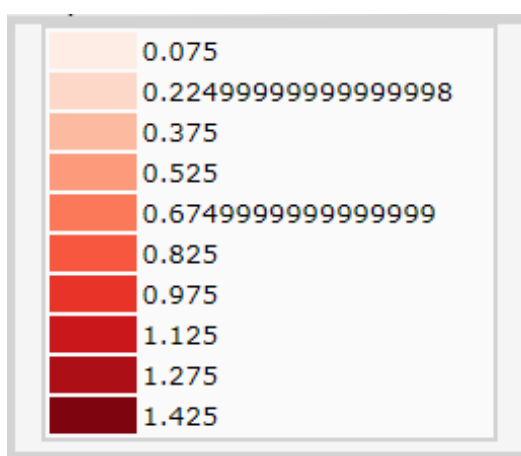
Figuur 37. Deeltraject 3



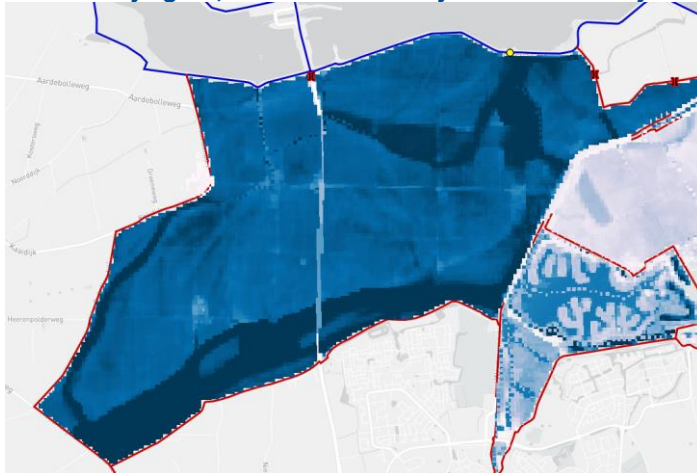
Figuur 38. Deeltraject 4



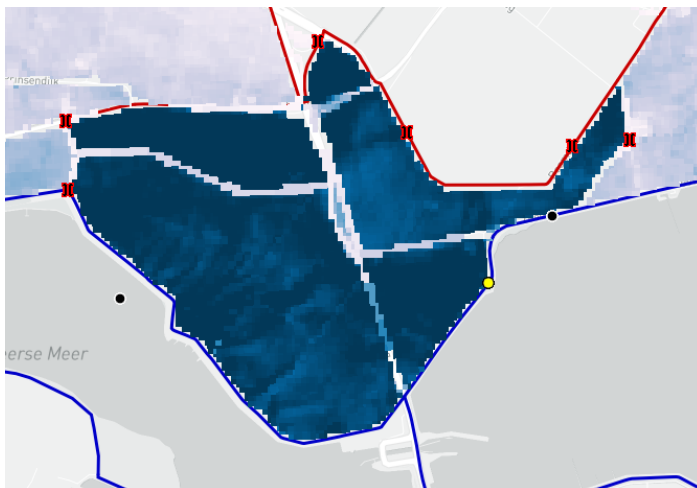
Figuur 39. Deeltraject 5+6



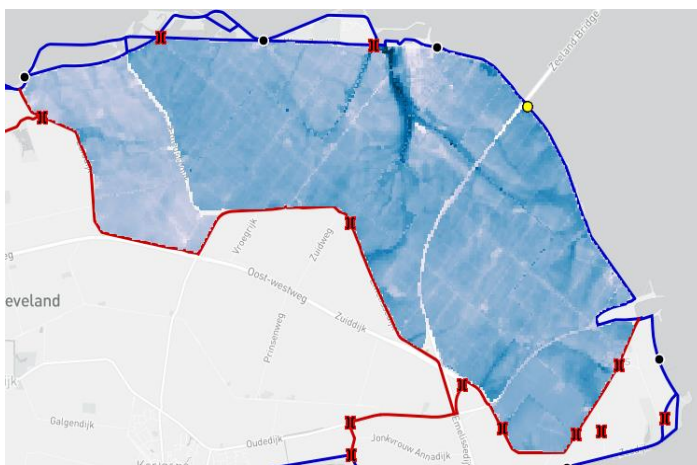
10.8. Bijlage 8; Meest kritieke dijkdoorbraken bij deeltrajecten 3 t/m 6 (1:400.000)



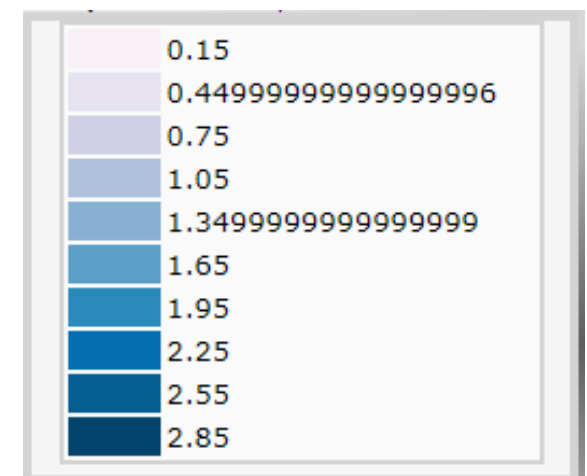
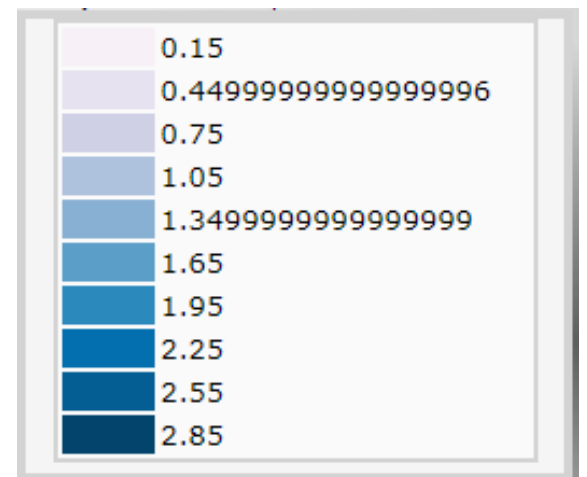
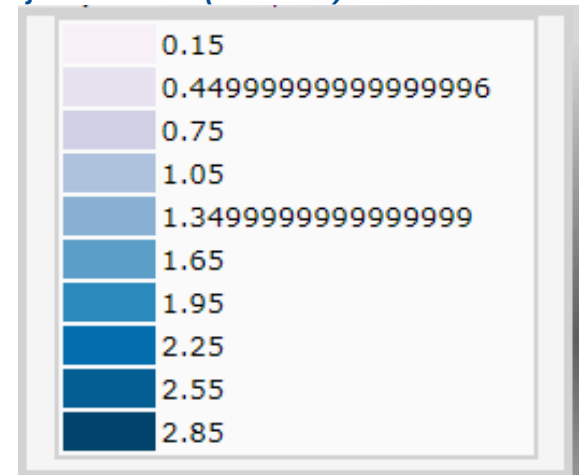
Figuur 40. Deeltraject 3



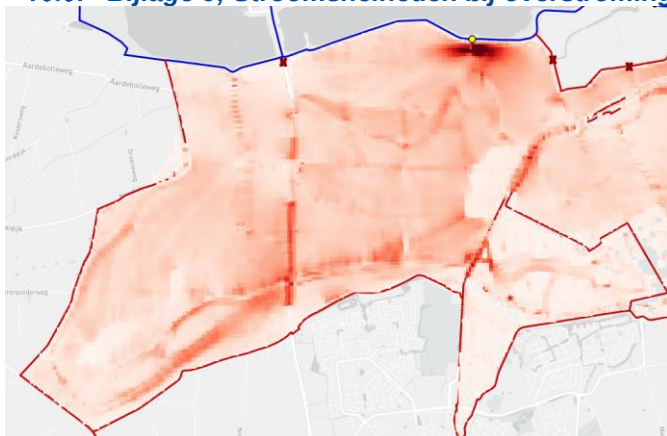
Figuur 41. Deeltraject 4



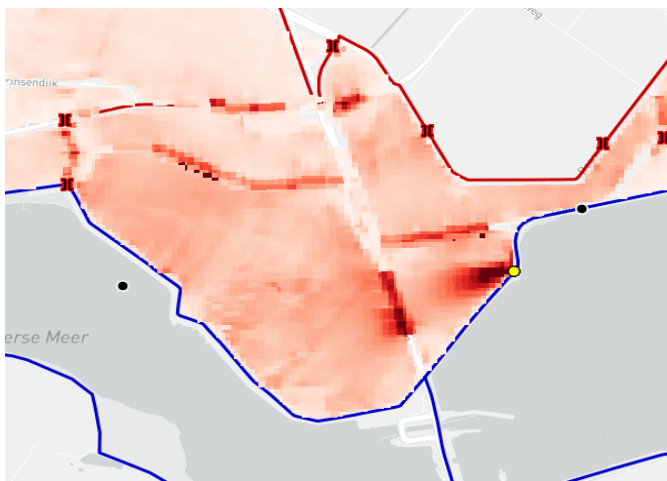
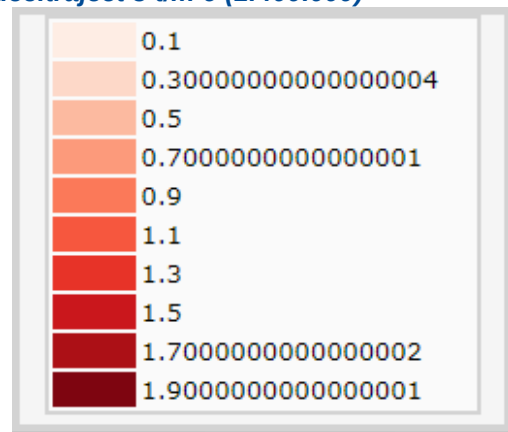
Figuur 42. Deeltrajecten 5+6



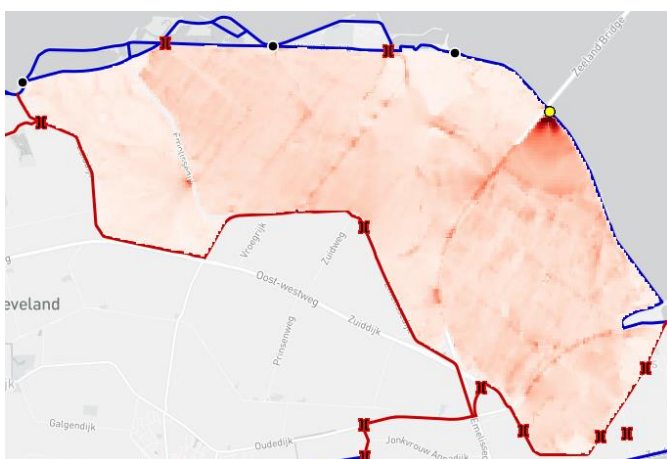
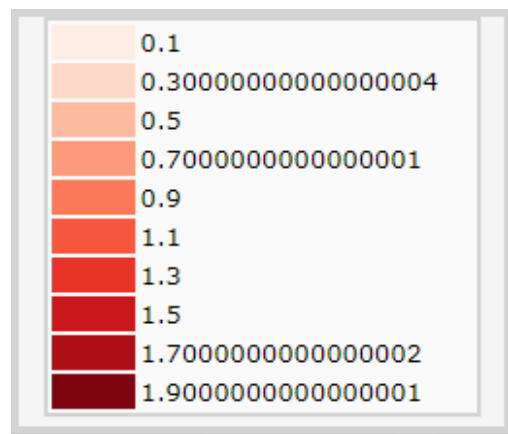
10.9. Bijlage 9; Stroomsnelheden bij overstroming deeltraject 3 t/m 6 (1:400.000)



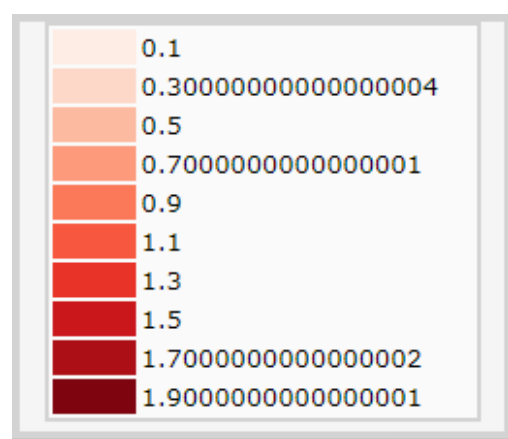
Figuur 43. Deeltraject 3



Figuur 44. Deeltraject 4



Figuur 45. Deeltrajecten 5+6



10.10. Bijlage 10; Effecten klimaatverandering op de infrastructuur
Tabel 1. Bron: ROADAPT

Threat description		Climate information			Vulnerability factors		Impact		
Threat main	Threat sub	Climate parameter (an increase of the mentioned variable will increase the possibility of the threat happening)	Unit	Time resolution for climate variable	Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability	Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability	Duration of the threat when it has occurred until resume of normal operation	Time between realization that threat might happen and threat occurring (warning time horizon)	
Flooding of road surface (assuming no traffic is possible)	flooding due to failure of flood defence system of rivers and canals, caused by snowmelt, rainfall in the catchment area, extreme wind	Temperature (in the catchment area)	number of days with average temperature above 0 °C	days	Road surface level (lower = higher vulnerability)	Rivers, canals, low lying areas	weeks - months	minutes - days	
		Extreme rainfall events (long periods of rain in the catchment area)	mm/day	several days - week					
		Extreme wind speed, wind direction	m/second	hours-days					
	pluvial flooding (overland flow after precipitation, increase of groundwater levels, increase of aquifer hydraulic heads)	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours	Earthworks, bridges, culverts, drainage	Valley floors, low lying areas	days - weeks	hours - days	
		Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week					
	inundation of roads in coastal areas, combining the effects of sea level rise and storm surges	Sea level (rise)	cm	day	Road surface level (lower = higher vulnerability)	Coastal areas	days - weeks	days	
		Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second	hours-days					
Flooding from snow melt (overland flow after snow melt)	Temperature	number of days with average temperature above 0 °C	days-weeks	Culverts, ditches	Hilly and mountainous areas, altitude, latitude	days - weeks	hours - days		
Erosion of road embankments and foundations	Overloading of hydraulic systems crossing the road	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week	Culverts	Valley floors, low lying areas	week - months	hours	
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours					
		Thaw (for rapid ablation of snow)	°C	days					
	Erosion of road embankments	Sea level (rise)	cm	day(s)	Earthworks, culverts (higher vulnerability where culverts cross the road), road embankment materials	Valley floors, low lying areas	week - months	minutes - days	
		Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second	hours-days					
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours					
		Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week					
	Bridge scour	Sea level (rise)	cm	day(s)	Bridges	Rivers, canals, low lying areas	months	hours - days	
			Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second					hours-days
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours					
		Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week					

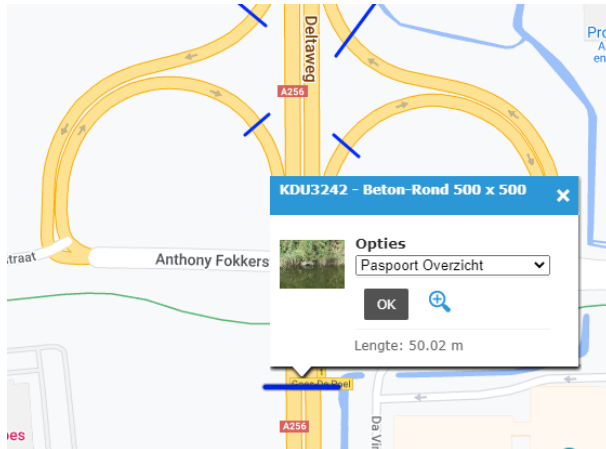
Threat description		Climate information			Vulnerability factors		Impact		
Threat main	Threat sub	Climate parameter (an increase of the mentioned variable will increase the possibility of the threat happening)	Unit	Time resolution for climate variable	Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability	Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability	Duration of the threat when it has occurred until resume of normal operation	Time between realization that threat might happen and threat occurring (warning time horizon)	
Landslips and avalanches	External slides, ground subsidence or collapse, affecting the road (including eg. embankments aside the road)	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week	Earthworks, pavements, drainage, foundation	Natural slopes, underground cavities, loss of vegetation	days - months	seconds - hours	
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours					
		Drought (consecutive dry days)	(consecutive) days	multiple days-months					
	Slides of the road embankment	Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/days	several days - week	Earthworks, cut and fill slopes, retaining walls, embankment materials (clay/silt = higher vulnerability), slope angle (higher slope angle = higher vulnerability)	Hilly and mountainous areas	weeks - months	seconds - minutes	
		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours					
		Drought (consecutive dry days)	(consecutive) days	multiple days-months					
	Debris flow	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours	Drainage, embankment vegetation, erosion protection works	Mountainous areas, loss of vegetation	days - months	seconds - minutes	
		Extreme rainfall events (long periods of rain)	mm/day	several days - week					
	Rock fall	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/h	minutes - hours	Manmade cracks: road cut/blasting, rock fall protection works	Mountainous areas	days	seconds - minutes	
		Frost-thaw cycles (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days					
		Snow avalanches	Snowfall	mm/day	day-weeks	Distribution of avalanche protection works	Mountainous areas, avalanche tracks	days - weeks	seconds - days
			Frost-thaw cycles (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days				
Loss of road structure integrity	Impact on soil moisture levels (increase of watertable), affecting the structural integrity of roads, bridges and tunnels	Seasonal and annual average rainfall	mm/season	season-year	Pavements, bridges and tunnels	low lying areas, high watertable	days - weeks	days - months	
		Sea level (rise)	cm	years					
		Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second	hours-days					
	Weakening of the road embankment and road foundation by standing water	Seasonal and annual average rainfall	mm/season	season-year	Earthworks, pavements	Rivers, canals, low lying areas	weeks	hours - weeks	
		Drought (consecutive dry days)	consecutive days	multiple days-months					
	(Unequal) settlements of roads by consolidation	Thaw (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days	Pavements	frozen ground	days - weeks	days - months	
	Uplift of tunnels or light weight construction materials by increasing watertable levels	Seasonal and annual average rainfall	mm/season	season-year	Tunnels, Deep lying sections, light weight materials	High watertable, soft soil	months	seconds - months	
		Sea level (rise)	cm	day(s)?					
		Extreme wind speed, wind direction (-> storm surge)	m/second	hours-days					
Extreme rainfall events (long periods of rain)		mm/day	several days - week						

Threat description		Climate information			Vulnerability factors		Impact	
Threat main	Threat sub	Climate parameter (an increase of the mentioned variable will increase the possibility of the threat happening)	Unit	Time resolution for climate variable	Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability	Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability	Duration of the threat when it has occurred until resume of normal operation	Time between realization that threat might happen and threat occurring (warning time horizon)
Loss of pavement integrity	Cracking, rutting, embrittlement	Maximum and minimum diurnal temperature	°C	days	Flexible pavements, type of surface and binder course, pavement age		days	days
		Temperature (heat waves)	number of consecutive hot days					
	Frost heave	Frost	°C and number of days	days		Soft ground layers, high ground water table	weeks - months	days
	Aggregate loss and detachment of pavement layers	Frost	°C and number of days	days	Flexible pavements, type of surface course, pavement age		days	days
	Cracking due to weakening of the road base by thaw	Frost-thaw cycles (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days	Pavements		weeks - months	days - weeks
	Thermal expansion of pavements	Maximum and minimum diurnal temperature and number of consecutive hot days (heat waves)	°C and number of (consecutive) days	days	Concrete pavements		days	days
	Decreased utility of (unimproved) roads that rely on frozen ground	Frost-thaw cycles (number of days with temperature zero-crossings)	number of days	days	Unpaved roads		weeks - months	days - weeks
Loss of driving ability due to extreme weather events	Reduced visibility	Fog days	Number of days	day			hours - day	seconds - minutes
	Reduced visibility during snowfall, heavy rain including splash and spray	Snowfall or rainfall	mm/hour and mm/day	hour-day	Closed pavements (no porous pavements), presence of storm water runoff		minutes - day	seconds - minutes
	Reduced vehicle control	Extreme wind speed (worst gales and wind gusts)	m/second				hours - day	seconds
	Decrease in skid resistance on pavements from slight rain after a dry period	Drought (consecutive dry days)	consecutive days	multiple days-months	Pavements		minutes - hours	seconds - hours
	Flooding of road surface due to low capacity of storm water runoff	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/hour	minutes - hour	Closed pavements (no porous pavements), presence of storm water runoff		minutes - hours	minutes
	Aquaplaning in ruts due to precipitation on the road, splash and spray	Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/hour	minutes - hour	Closed pavements (no porous pavements), presence of storm water runoff		minutes - hours	minutes
	Decrease in skid resistance on pavements from migration of liquid bitumen	Maximum and minimum diurnal temperature and number of consecutive hot days (heat waves)	°C and number of (consecutive) days	days	bitumen		hours - days	minutes
	Icing and snow	Snowfall	mm/day	days			hours - days	seconds - hours
		Hail	mm/day	days				
Frost and rainfall		°C and mm/day	days					

Threat description		Climate information			Vulnerability factors		Impact	
Threat main	Threat sub	Climate parameter (an increase of the mentioned variable will increase the possibility of the threat happening)	Unit	Time resolution for climate variable	Infrastructure intrinsic factors = road factors that contribute to vulnerability	Contextual site factors = surrounding factors that contribute to vulnerability	Duration of the threat when it has occurred until resume of normal operation	Time between realization that threat might happen and threat occurring (warning time horizon)
Reduced ability for maintenance	Reduced snow removal planability	Snowfall	number of days	days-season			day - months	weeks - months
	Reduced ice removal planability	Frost	°C and number of days	days			day - months	weeks - months
	Impact on shoulder maintenance: increased vegetative growth	Temperature	°C	days	shoulder vegetation		days - weeks	days
	Impact on road works: decreased time window for paving	Maximum and minimum diurnal temperature and number of consecutive hot days (heat waves)	°C and number of (consecutive) days	days	Pavements		days - weeks	days
Pollution aside the road after incapacity of storm water runoff system of the road		Extreme rainfall events (heavy showers)	mm/hour	minutes - hour	Closed pavements (no porous pavements), presence of storm water runoff, shoulder vegetation		minutes - hours	seconds - hours
Susceptibility to wildfires that threaten the transportation infrastructure directly		Drought (consecutive dry days)	consecutive days	multiple days-months		Forest cover	hours - days	hours - days
Damage to signs, lighting fixtures, pylones, canopies, noise barriers and supports		Extreme wind speed (worst gales and wind gusts)	m/second	seconds-hours	Signs, lighting fixtures, pylones, canopies, noise barriers, supports		hours - weeks	seconds - hours
Damage to energy supply, communication networks (eg. pylones) and/or matrix boards by wind, snow, heavy rainfall and/or lightning		Extreme wind speed (worst gales and wind gusts)	m/second	seconds-hours				days - weeks
		Snowfall	mm/day	days				
		Extreme rainfall events (heavy showers or long periods of rain)	mm/day	hour to days				
		Lightning	number of discharges	hour to days				
Trees, wind mills, noise barriers, trucks falling on the road		Extreme wind speed (worst gales and wind gusts)	m/second	seconds-hours	Noise barriers	Trees, mills	hours - day	seconds - hours

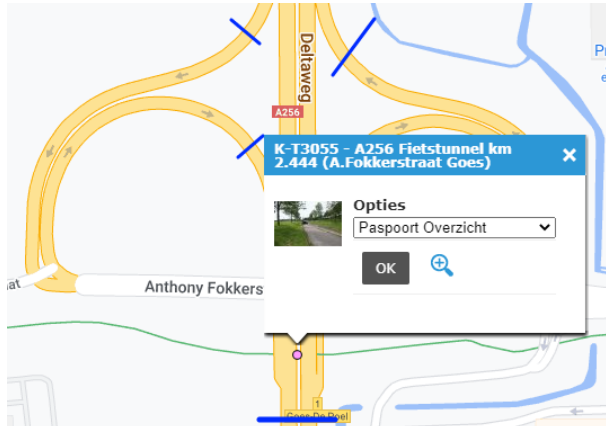
10.11. Bijlage 11; Duikers en tunnels

Afsluitbaar: nee Overstroomd: nee



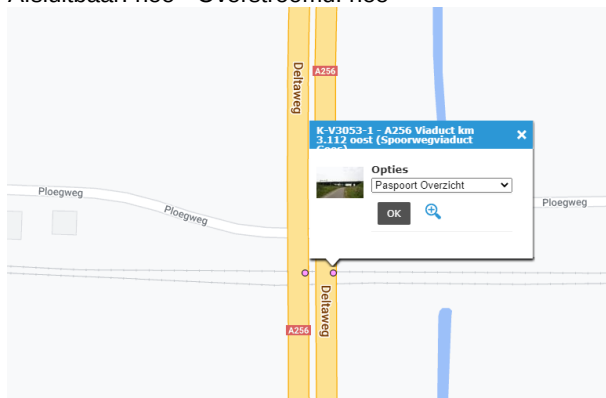
Figuur 46. Duiker ter hoogte van viaduct Anthony Fokkerstraat

Afsluitbaar: nee Overstroomd: nee



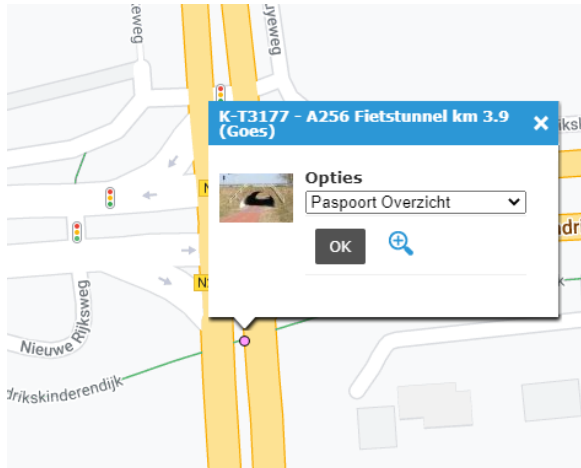
Figuur 47. Fietstunnel ter hoogte van viaduct Anthony Fokkerstraat

Afsluitbaar: nee Overstroomd: nee



Figuur 48. Viaduct over spoor

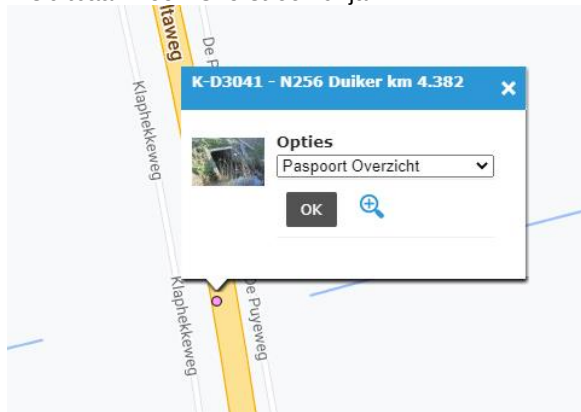
Afsluitbaar: nee Overstroomd: nee



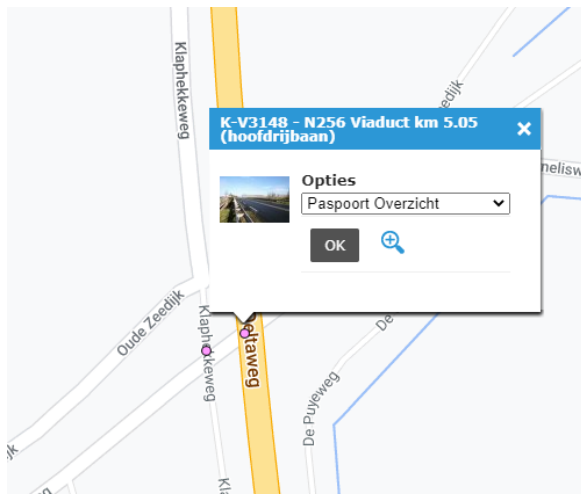
Figuur 49. Fietstunnel bij kruispunt Goes



Afsluitbaar: nee Overstroomd: ja



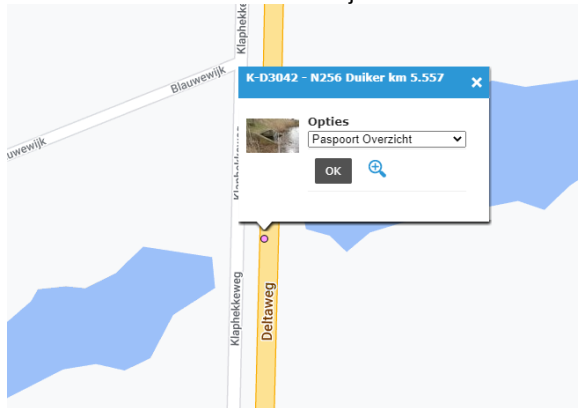
Figuur 50. Duiker in deeltraject 2



Figuur 51. Viaduct over Cornelisweg



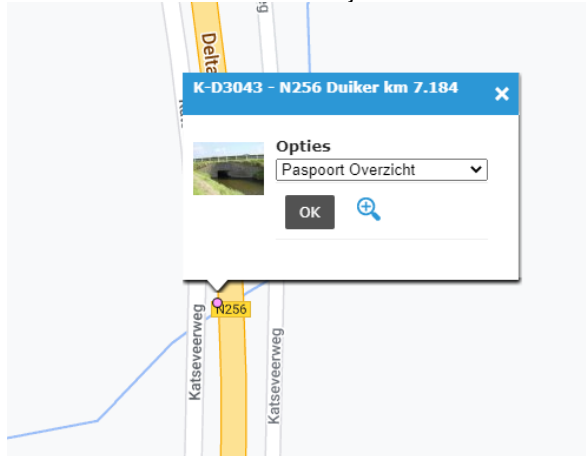
Afsluitbaar: nee Overstroomd: ja



Figuur 52. Duiker in deeltraject 2



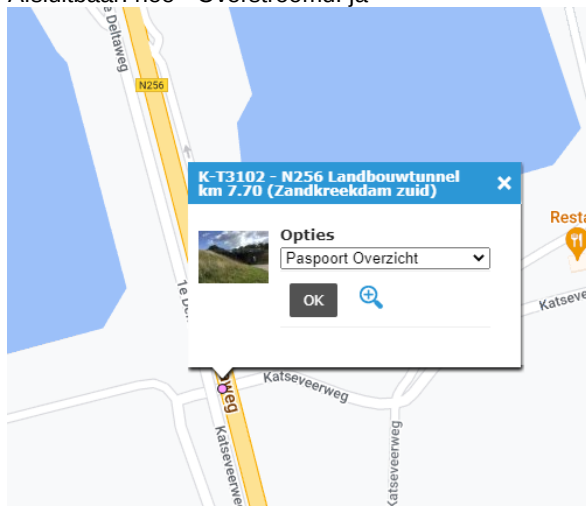
Afsluitbaar: nee Overstroomd: ja



Figuur 53. Duiker in deeltraject 3



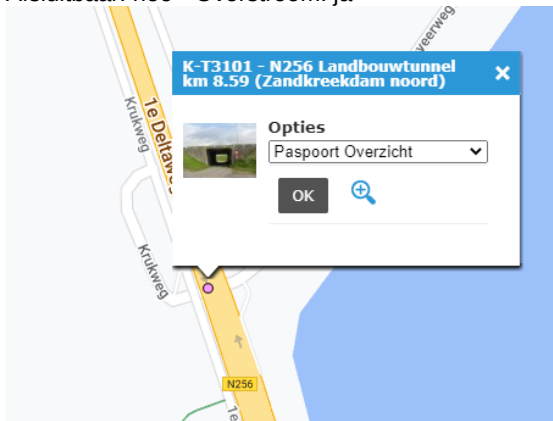
Afsluitbaar: nee Overstroomd: ja



Figuur 54. Tunnel bij Zandkreeksluis



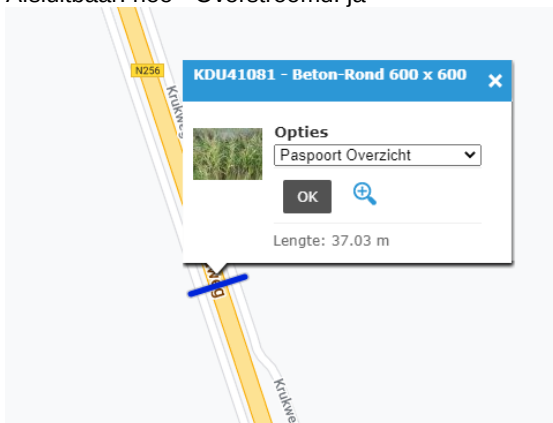
Afsluitbaar: nee Overstroom: ja



Figuur 55. Tunnel na Zandkreeksluis



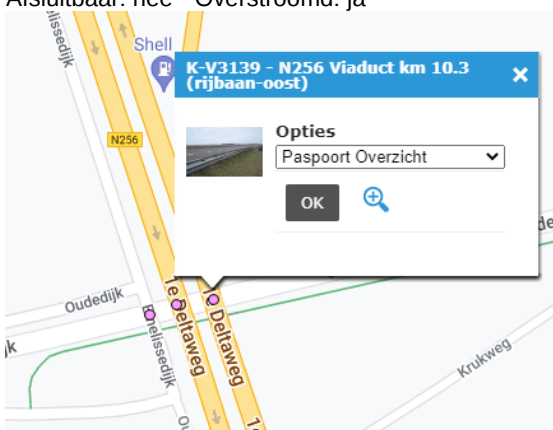
Afsluitbaar: nee Overstroomd: ja



Figuur 56. Duiker in deeltraject 4



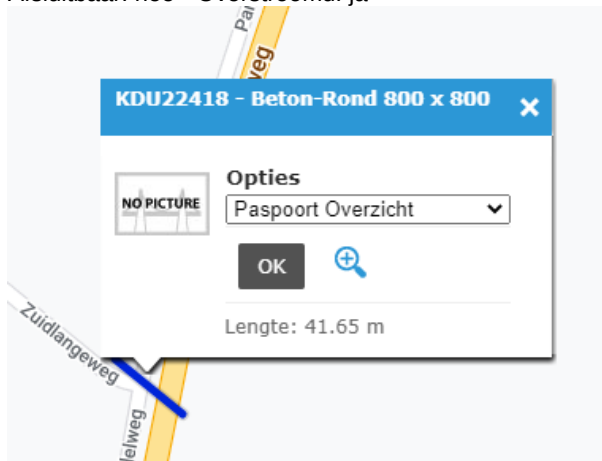
Afsluitbaar: nee Overstroomd: ja



Figuur 57. Viaduct over Oudedijk

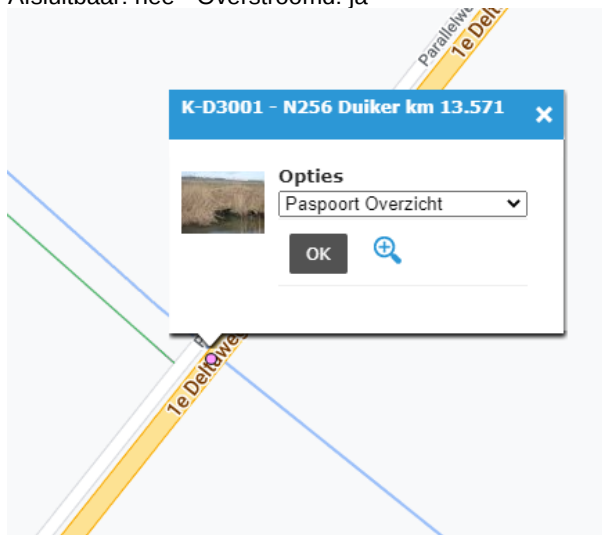


Afsluitbaar: nee Overstroomd: ja



Figuur 58. Duiker in deeltraject 5

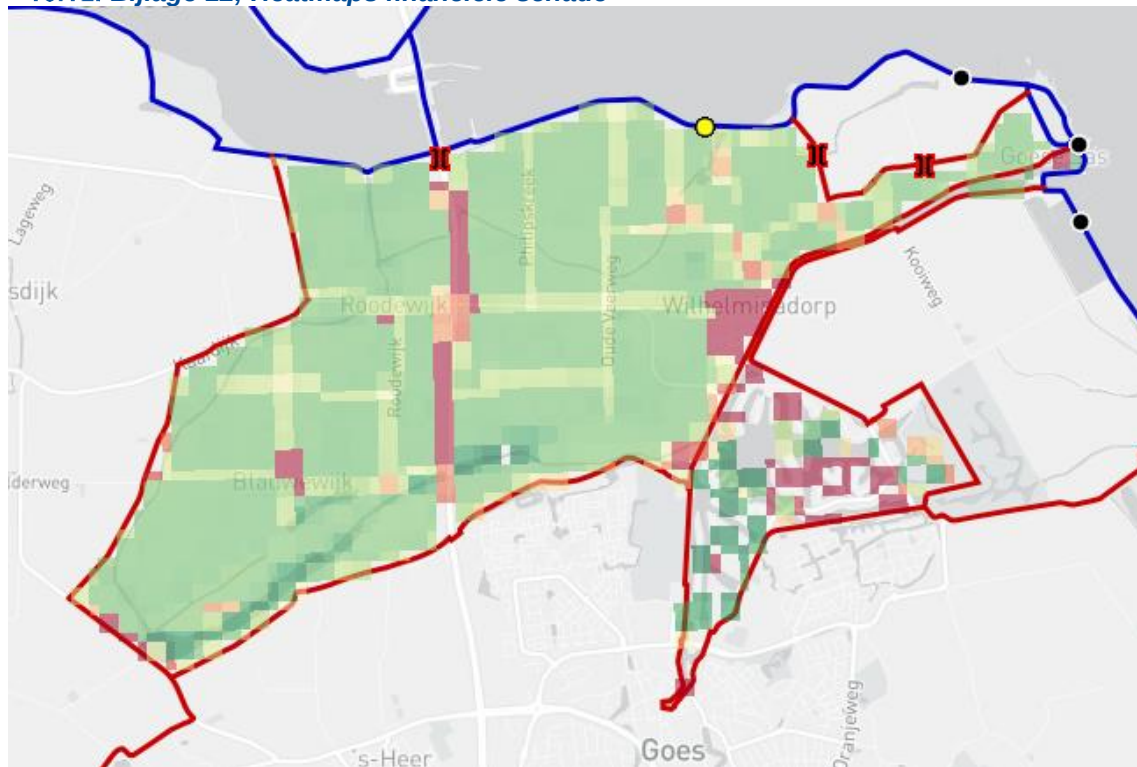
Afsluitbaar: nee Overstroomd: ja



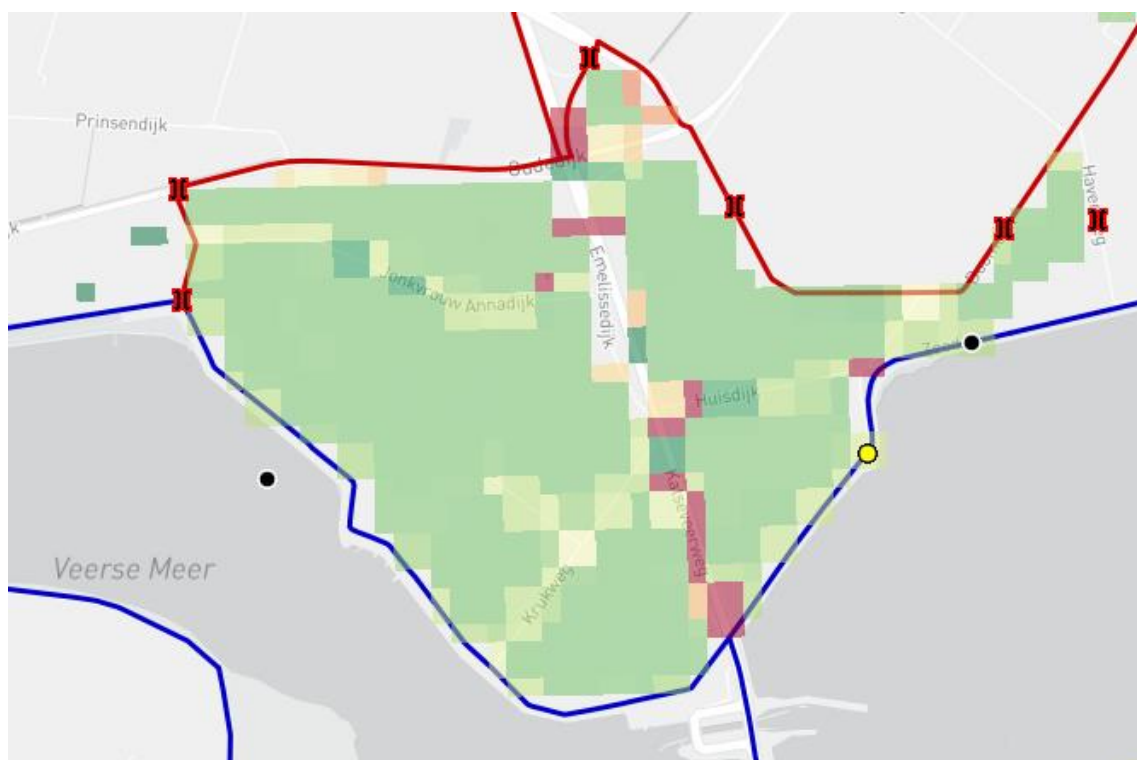
Figuur 59. Duiker in deeltraject 6



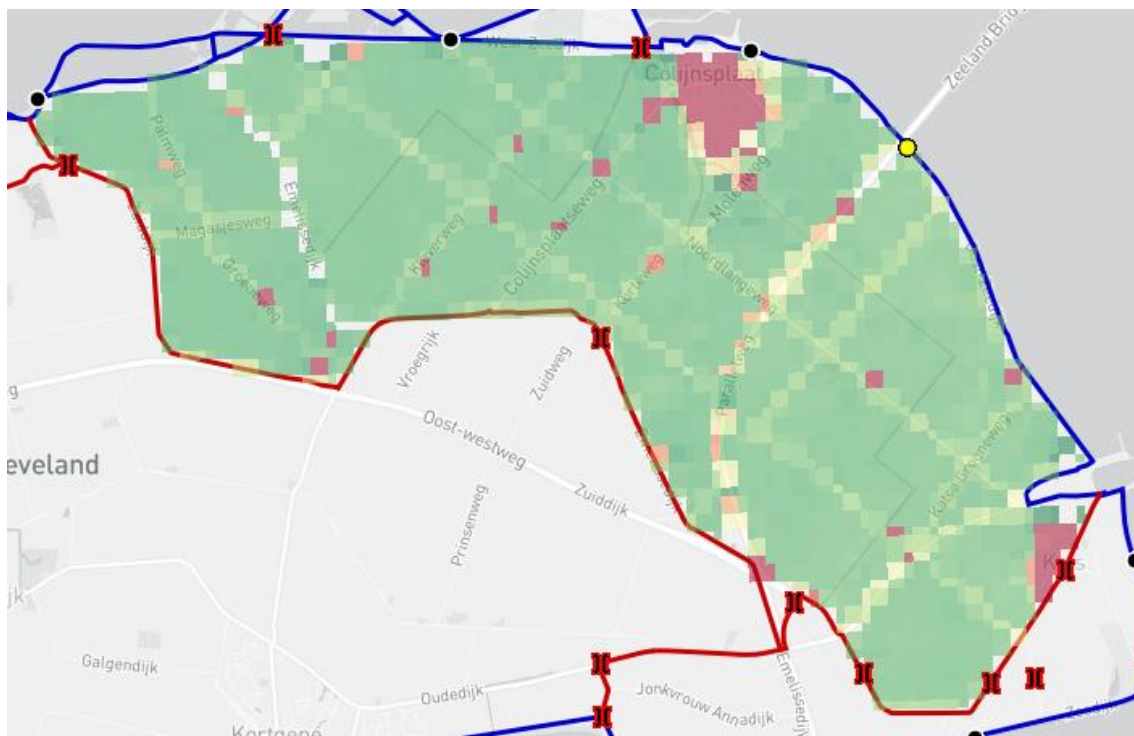
10.12. Bijlage 12; Heatmaps financiële schade



Figuur 60. Deeltraject 3

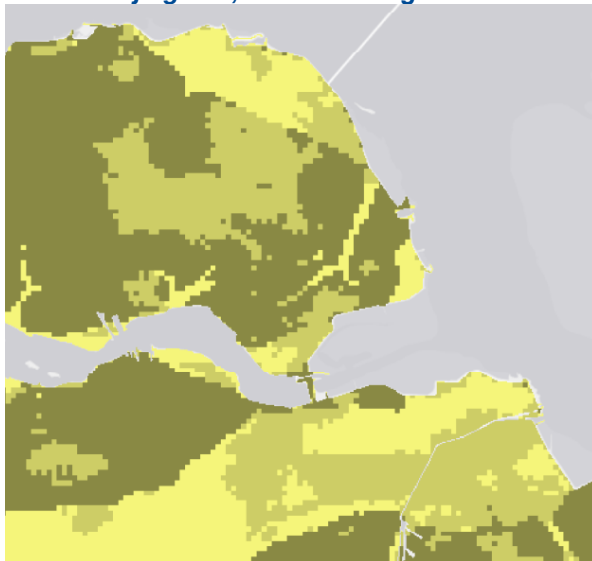


Figuur 61. Deeltraject 4

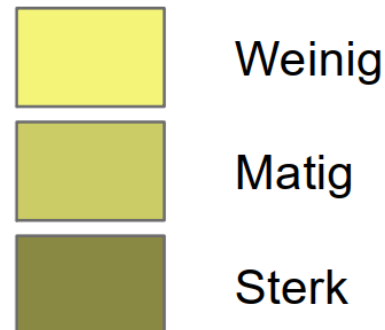


Figuur 62. Deeltrajecten 5 en 6

10.13. Bijlage 13; Bodemdalingsrisico's



Zettingsgevoeligheid

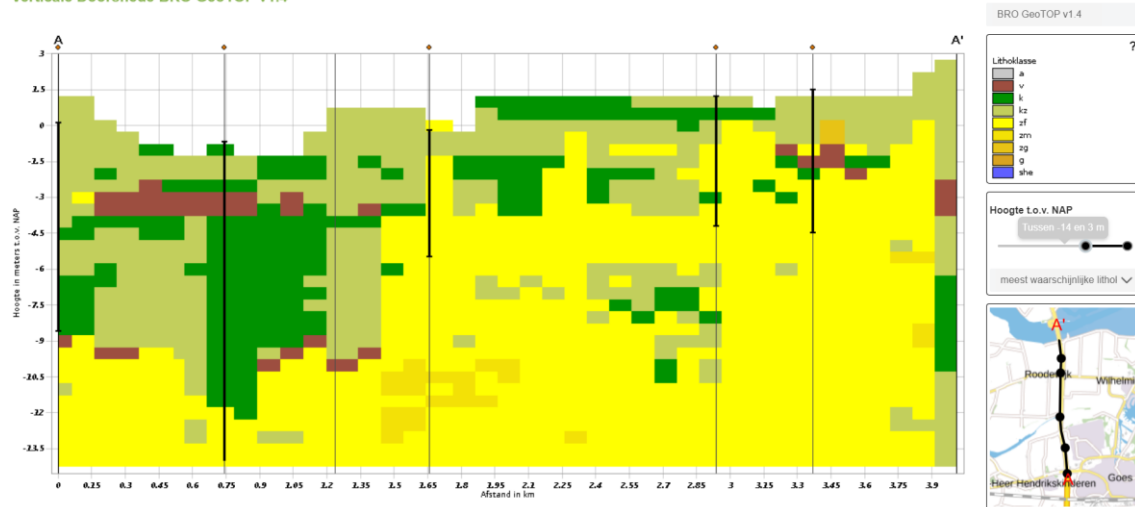


Figuur 63. Zettingsgevoeligheid tussen deeltrajecten 3 t/m 6



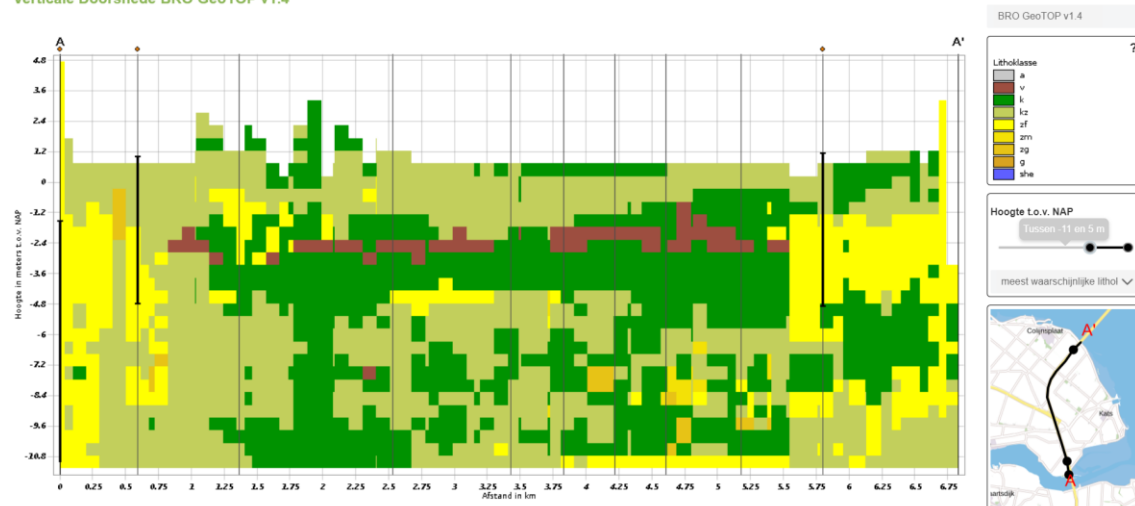
Figuur 64. Bodemtypes tussen deeltrajecten 3 t/m 6

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Figuur 65. Verticale doorsnede deeltrajecten 1 t/m 3

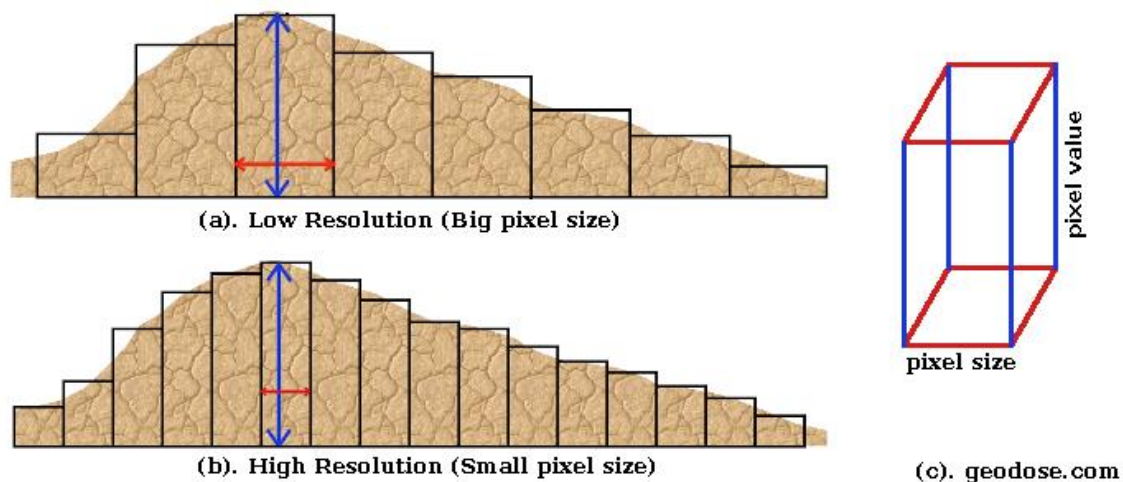
Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Figuur 66. Verticale doorsnede deeltrajecten 4 t/m 6

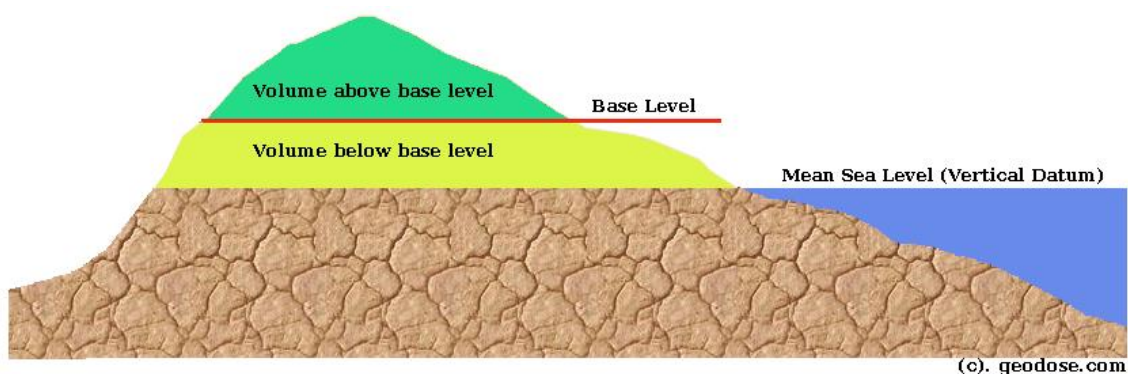
10.14. Bijlage 14; QGIS volume berekeningen

QGIS berekend het volume met de tool 'Rasteroppervlak volume'. Deze tool berekend per pixel het volume door het oppervlakte van de pixel te vermenigvuldigen met de hoogte van de pixel. Dan wordt het volume per pixel bij elkaar opgeteld voor het totale volume.



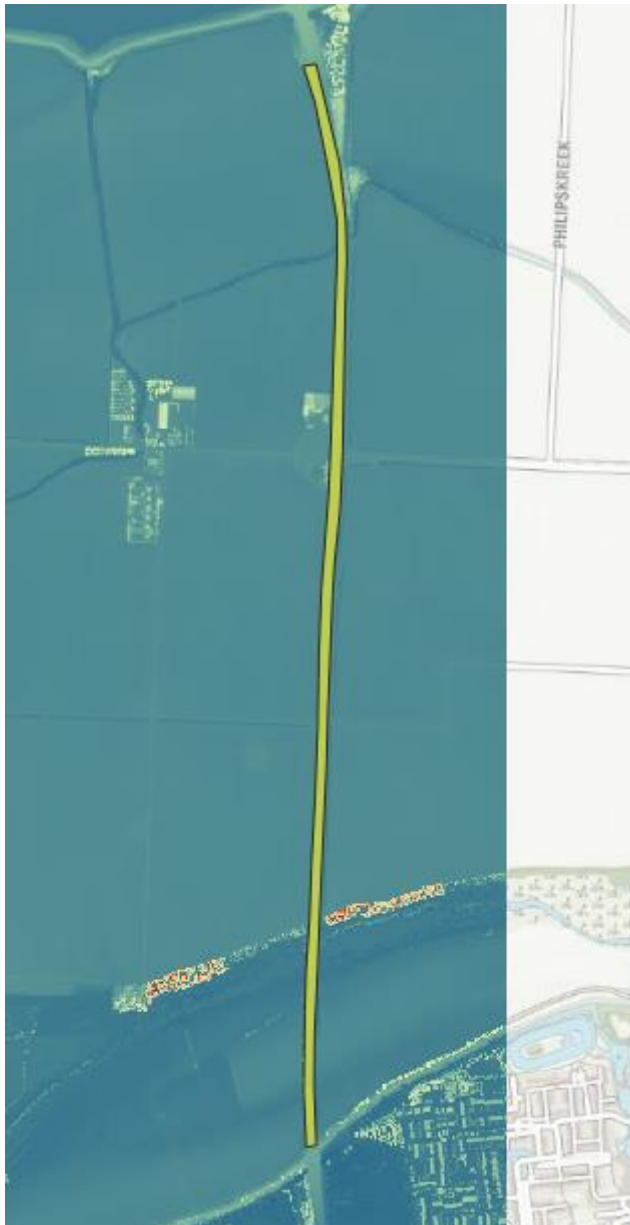
Figuur 67. Raster berekening QGIS

In dit rapport is deze berekening gedaan op basis van de AHN (0,5m DSM), maar de AHN is enkel de hoogte van het maaiveld zelf, dus dan moet de hoogte van de nieuwe opgehoogde Deltaweg nog als referentie ingevoerd worden. Dit wordt gedaan onder het base level. Het base level in dit rapport is de hoogte van ophoging + de lokale hoogte van de weg. In werkelijkheid wordt in dit rapport het tegenovergestelde berekend zoals in figuur 67. In dit rapport wordt juist het volume van de grond voor de ophoging berekend dat er nu nog NIET is ten opzichte van het toekomstige niveau van de weg, in plaats van de grond die er al WEL is zoals in figuur 67.

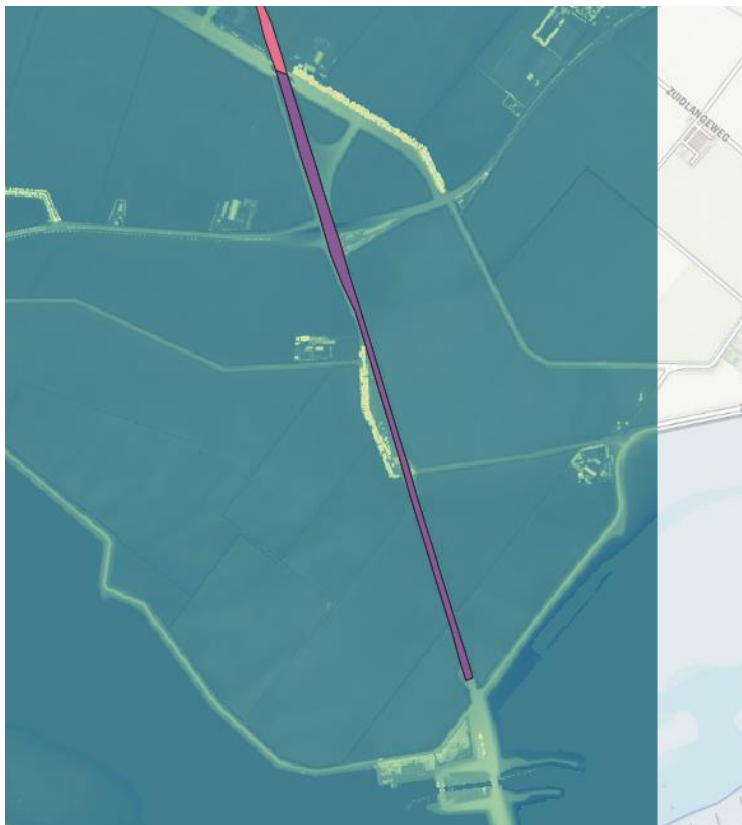


Figuur 68. Base level

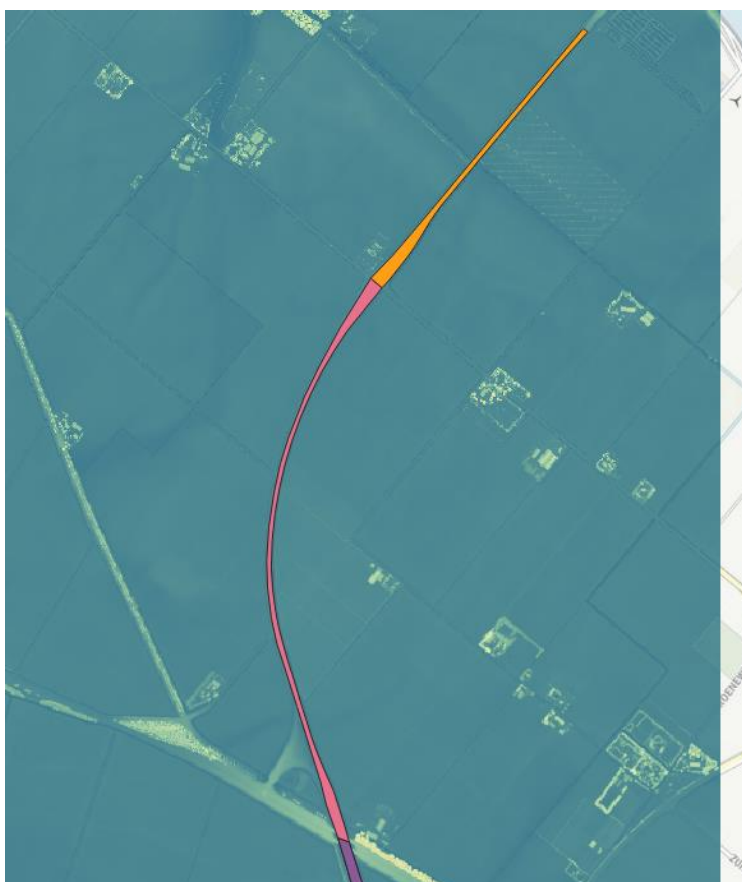
Vervolgens wordt nog een keuze gemaakt of het volume boven of onder het base level berekend moet worden. In dit geval uiteraard onder base level. Belangrijk om te realiseren is dat in deze berekening het talud niet meegenomen wordt. Er wordt een rechthoekig volume berekend, dit is een overschatting ten opzichte van de realiteit.



Figuur 69. Shapefile deeltraject 3 hoofdweg



Figuur 70. Shapefile deeltraject 4 hoofdweg



Figuur 71. Shapefile deeltrajecten 5 en 6 hoofdweg

Geanalyseerd bestand: I:/gebruik/HOOFDOPGAVEN/PROJECTEN_BELEIDSMEDEWERKERS/ST/clip 3.gpkg (band 1)

Volume: -126938.5750976221

Aantal pixels: 2363

Vlak: 59075 m²

Figuur 72. Rapport volumeberekening deeltraject 3 hoofdweg

Geanalyseerd bestand: I:/gebruik/HOOFDOPGAVEN/PROJECTEN_BELEIDSMEDEWERKERS/ST/clip 4.gpkg (band 1)

Volume: -99656.79992854124

Aantal pixels: 2508

Vlak: 62700 m²

Figuur 73. Rapport volumeberekening deeltraject 4 hoofdweg

Geanalyseerd bestand: I:/gebruik/HOOFDOPGAVEN/PROJECTEN_BELEIDSMEDEWERKERS/ST/clip 5.gpkg (band 1)

Volume: -71158.70001167187

Aantal pixels: 1840

Vlak: 46000 m²

Figuur 74. Rapport volumeberekening deeltraject 5 hoofdweg

Geanalyseerd bestand: I:/gebruik/HOOFDOPGAVEN/PROJECTEN_BELEIDSMEDEWERKERS/ST/clip 6.gpkg (band 1)

Volume: -40486.57493978669

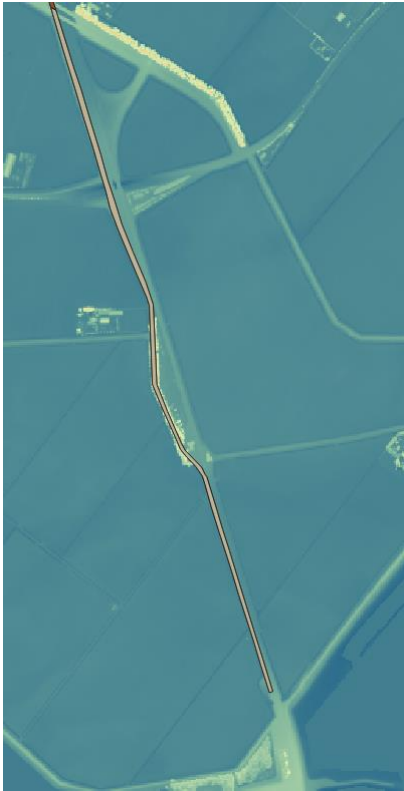
Aantal pixels: 1072

Vlak: 26800 m²

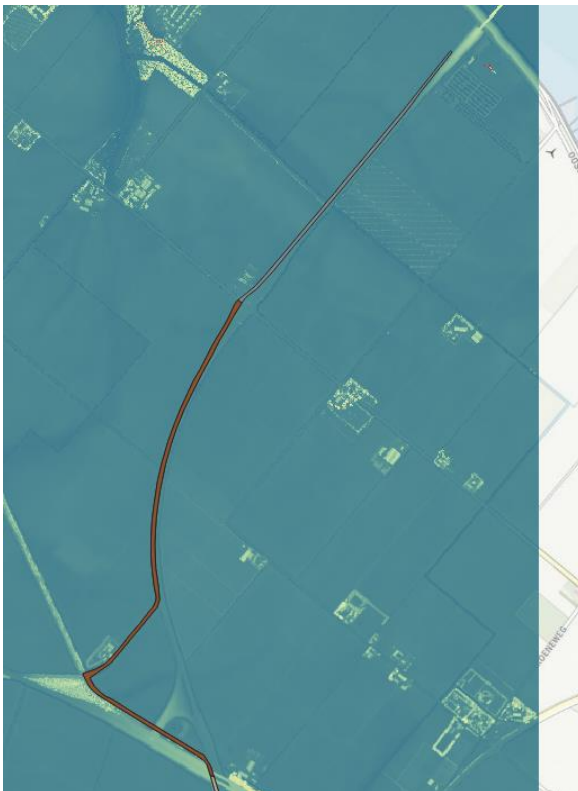
Figuur 75. Rapport volumeberekening deeltraject 6 hoofdweg



Figuur 76. Shapefile deeltraject 3 parallelweg



Figuur 77. Shapefile deeltraject 4 parallelweg



Figuur 78. Shapefile deeltrajecten 5 en 6 parallelweg

Geanalyseerd bestand: I:/gebruik/HOOFDOPGAVEN/PROJECTEN_BELEIDSMEDEWERKERS/ST/PW clip 3.gpkg (band 1)

Volume: -74536.52506992046

Aantal pixels: 1320

Vlak: 33000 m2

Figuur 79. Rapport volume deeltraject 3 parallelweg

Geanalyseerd bestand: I:/gebruik/HOOFDOPGAVEN/PROJECTEN_BELEIDSMEDEWERKERS/ST/PW clip 4.gpkg (band 1)

Volume: -51648.90001356517

Aantal pixels: 1091

Vlak: 27275 m2

Figuur 80. Rapport volume deeltraject 4 parallelweg

Geanalyseerd bestand: I:/gebruik/HOOFDOPGAVEN/PROJECTEN_BELEIDSMEDEWERKERS/ST/PW clip 5.gpkg (band 1)

Volume: -63209.6500120791

Aantal pixels: 1478

Vlak: 36950 m2

Figuur 81. Rapport volume deeltraject 5 parallelweg

Geanalyseerd bestand: I:/gebruik/HOOFDOPGAVEN/PROJECTEN_BELEIDSMEDEWERKERS/ST/PW clip 6.gpkg (band 1)

Volume: -30233.42499212963

Aantal pixels: 724

Vlak: 18100 m2

Figuur 82. Rapport volume deeltraject 6 parallelweg

10.15. Bijlage 15; Kostenraming

Variant I

Variant I					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	338.242,00	€	13,0	€ 4.397.146,0
Slopen bestaand viaduct Oost Westweg	EUR	1	€	20.000,0	€ 20.000,0
Aanbrengen nieuw viaduct Oost Westweg	m2	2.600,00	€	1.500,0	€ 3.900.000,0
Vervangen duikers	EUR	5	€	26.500,0	€ 132.500,0
Extra grondaankoop	m2	18.068,00	€	20,0	€ 361.360,0
Totaal					€ 8.811.006,0

Deeltraject 3

Variant I Deeltraject 3					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	126.939,00	€	13,0	€ 1.650.207,0
Vervangen duikers	EUR	2	€	26.500,0	€ 53.000,0
Extra grondaankoop	m2	8.368,00	€	20,0	€ 167.360,0
Totaal					€ 1.870.567,0

Deeltraject 4

Variant I Deeltraject 4					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	99.657,00	€	13,0	€ 1.295.541,0
Vervangen duikers	EUR	1	€	26.500,0	€ 26.500,0
Extra grondaankoop	m2	9.700,00	€	20,0	€ 194.000,0
Totaal					€ 1.516.041,0

Deeltraject 5

Variant I Deeltraject 5					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	71.159,00	€	13,0	€ 925.067,0
Slopen bestaand viaduct Oost Westweg	EUR	1	€	20.000,0	€ 20.000,0
Aanbrengen nieuw viaduct Oost Westweg	m2	2.600,00	€	1.500,0	€ 3.900.000,0
Vervangen duikers	EUR	1	€	26.500,0	€ 26.500,0
Totaal					€ 4.871.567,0

Deeltraject 6

Variant I Deeltraject 6					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	40.487,00	€	13,0	€ 526.331,0
Vervangen duikers	EUR	1	€	26.500,0	€ 26.500,0
Totaal					€ 552.831,0

Variant II

Variant II					
Leveren en plaatsen zand voor ophoging hoofdrijbanen	m3	19.275,30	€	13,0	€ 250.578,9
Aanbreng asfalt	m2	113.419,00	€	5,1	€ 573.576,1
Aanbreng RoadCem	kg	28.354,75	€	8,0	€ 226.838,0
Aanbreng Cement	ton	5.670,95	€	91,0	€ 516.056,5
Totaal					€ 1.567.049,4

Deeltraject 3

Variant II Deeltraject 3					
Aanbreng asfalt	m3	37.917,50	€	5,1	€ 191.754,2
Aanbreng RoadCem	kg	9.479,38	€	8,0	€ 75.835,0
Aanbreng Cement	ton	1.895,88	€	91,0	€ 172.524,6
Totaal					€ 440.113,8

Deeltraject 4

Variant II Deeltraject 4					
Aanbreng asfalt	m3	28.130,00	€	5,1	€ 142.257,4
Aanbreng RoadCem	kg	7.032,50	€	8,0	€ 56.260,0
Aanbreng Cement	ton	1.406,50	€	91,0	€ 127.991,5
Totaal					€ 326.508,9

Deeltraject 5

Variant II Deeltraject 5					
Leveren en plaatsen zand voor ophoging hoofdrijbanen	m3	12.490,30	€	13,0	€ 162.373,9
Aanbreng asfalt	m3	30.696,50	€	5,1	€ 155.236,6
Aanbreng RoadCem	kg	7.674,13	€	8,0	€ 61.393,0
Aanbreng Cement	ton	1.534,83	€	91,0	€ 139.669,1
Totaal					€ 518.672,6

Deeltraject 6

Variant II Deeltraject 6					
Leveren en plaatsen zand voor ophoging hoofdrijbanen	m3	6.785,00	€	13,0	€ 88.205,0
Aanbreng asfalt	m3	16.675,00	€	5,1	€ 84.327,9
Aanbreng RoadCem	kg	4.168,75	€	8,0	€ 33.350,0
Aanbreng Cement	ton	833,75	€	91,0	€ 75.871,3
Totaal					€ 281.754,1

Variant III

Variant III					
Leveren en plaatsen zand voor ophoging parallelweg west	m3	219.629	€	13,0	€ 2.855.177,0
Slopen bestaand viaduct Oost Westweg	EUR	1	€	20.000,0	€ 20.000,0
Aanbrengen nieuw viaduct Oost Westweg	m2	2.600,00	€	1.500,0	€ 3.900.000,0
Vervangen duikers	EUR	6	€	26.500,0	€ 159.000,0
Extra grondaankoop	m2	42.831,40	€	20,0	€ 856.628,0
Totaal					€ 7.790.805,0

Deeltraject 3

Variant III Deeltraject 3					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	74.537,00	€	13,0	€ 968.981,0
Vervangen duikers	EUR	2	€	26.500,0	€ 53.000,0
Extra grondaankoop	m2	17.520,50	€	20,0	€ 350.410,0
Totaal					€ 1.372.391,0

Deeltraject 4

Variant III Deeltraject 4					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	51.649,00	€	13,0	€ 671.437,0
Vervangen duikers	EUR	1	€	26.500,0	€ 26.500,0
Extra grondaankoop	m2	16.490,00	€	20,0	€ 329.800,0
Totaal					€ 1.027.737,0

Deeltraject 5

Variant III Deeltraject 5					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	63.210,00	€	13,0	€ 821.730,0
Slopen bestaand viaduct Oost Westweg	EUR	1	€	20.000,0	€ 20.000,0
Aanbrengen nieuw viaduct Oost Westweg	m2	2.600,00	€	1.500,0	€ 3.900.000,0
Vervangen duikers	EUR	2	€	26.500,0	€ 53.000,0
Extra grondaankoop	m2	5.715,90	€	20,0	€ 114.318,0
Totaal					€ 4.909.048,0

Deeltraject 6

Variant III Deeltraject 6					
Leveren en plaatsen grond voor ophoging hoofdrijbanen	m3	30.233,00	€	13,0	€ 393.029,0
Vervangen duikers	EUR	1	€	26.500,0	€ 26.500,0
Extra grondaankoop	m2	3.105,00	€	20,0	€ 62.100,0
Totaal					€ 481.629,0

Variant IV

Variant IV					
Klei ontgraven en verwerken	m3	138.853,30	€	6,5	€ 902.546,5
Extra grondaankoop	m2	144.602,00	€	20,0	€ 2.892.040,0
Totaal					€ 3.794.586,5

Deeltraject 3

Variant IV Deeltraject 3					
Klei ontgraven en verwerken	m3	43.722,80	€	6,5	€ 284.198,2
Extra grondaankoop	m2	39.748,00	€	20,0	€ 794.960,0
Totaal					€ 1.079.158,2

Deeltraject 4

Variant IV Deeltraject 4					
Klei ontgraven en verwerken	m3	41.225,00	€	6,5	€ 267.962,5
Extra grondaankoop	m2	32.980,00	€	20,0	€ 659.600,0
Totaal					€ 927.562,5

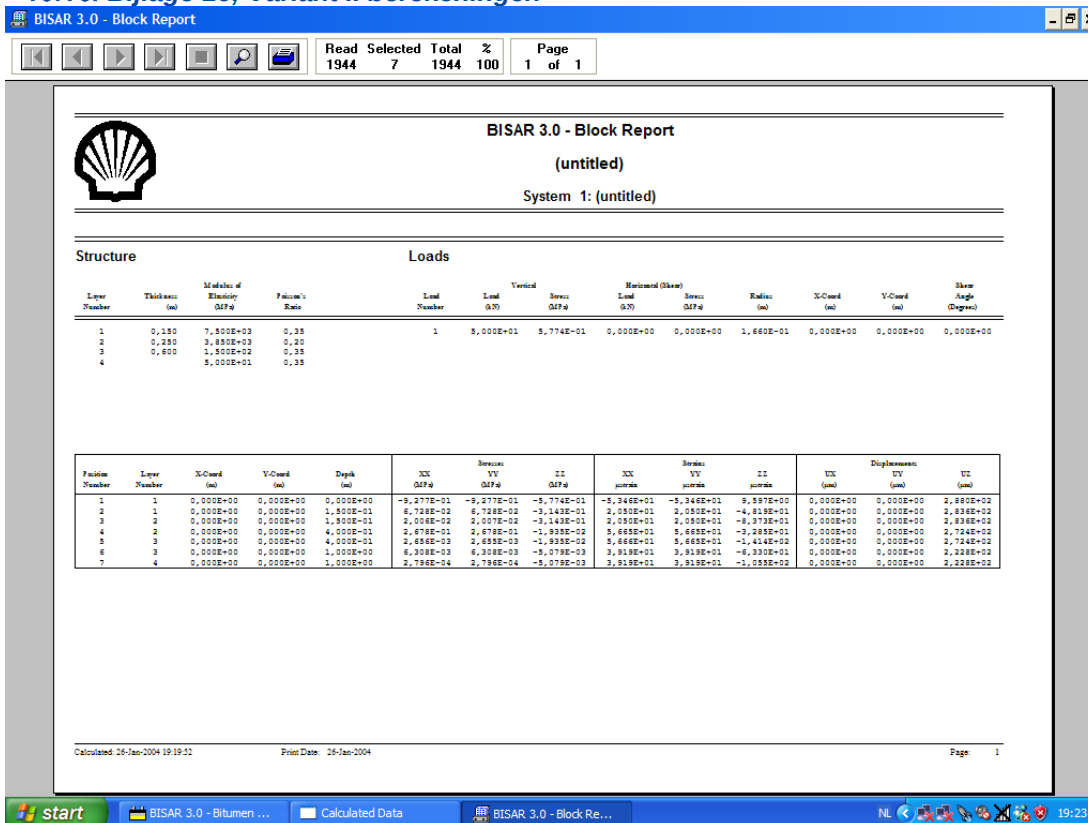
Deeltraject 5

Variant IV Deeltraject 5					
Klei ontgraven en verwerken	m3	34.930,50	€	6,5	€ 227.048,3
Extra grondaankoop	m2	46.574,00	€	20,0	€ 931.480,0
Totaal					€ 1.158.528,3

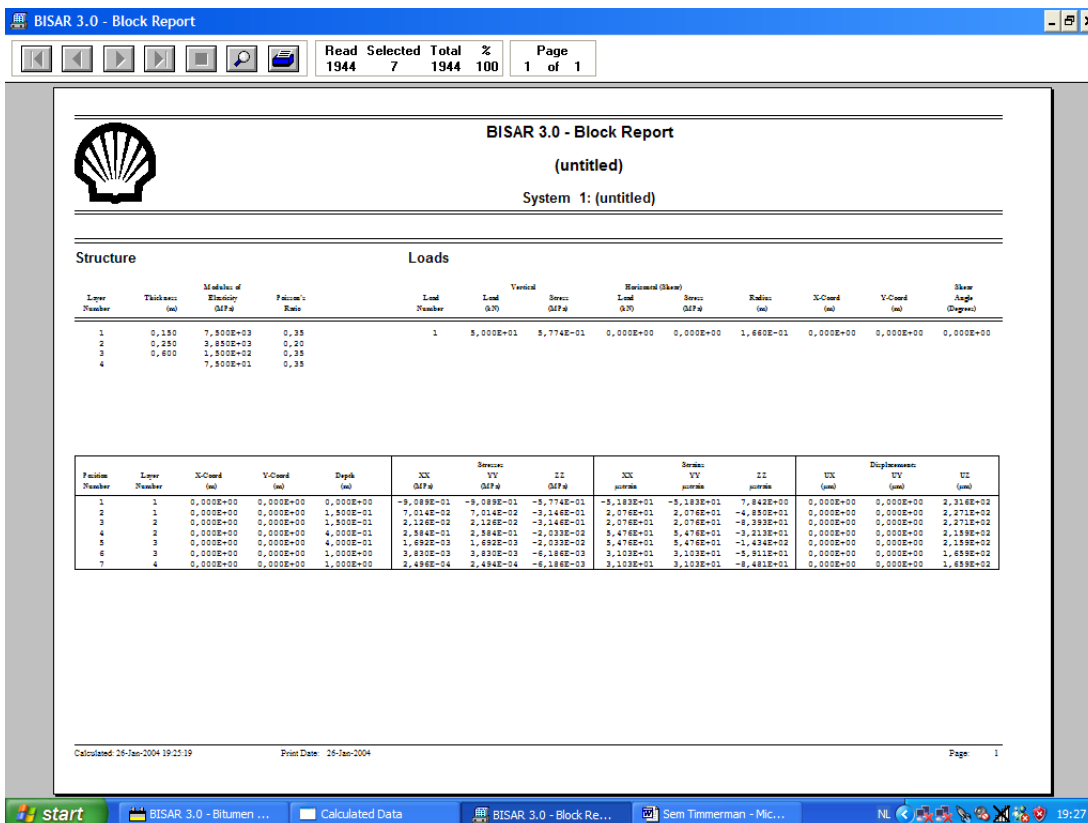
Deeltraject 6

Variant IV Deeltraject 6					
Klei ontgraven en verwerken	m3	18.975,00	€	6,5	€ 123.337,5
Extra grondaankoop	m2	25.300,00	€	20,0	€ 506.000,0
Totaal					€ 629.337,5

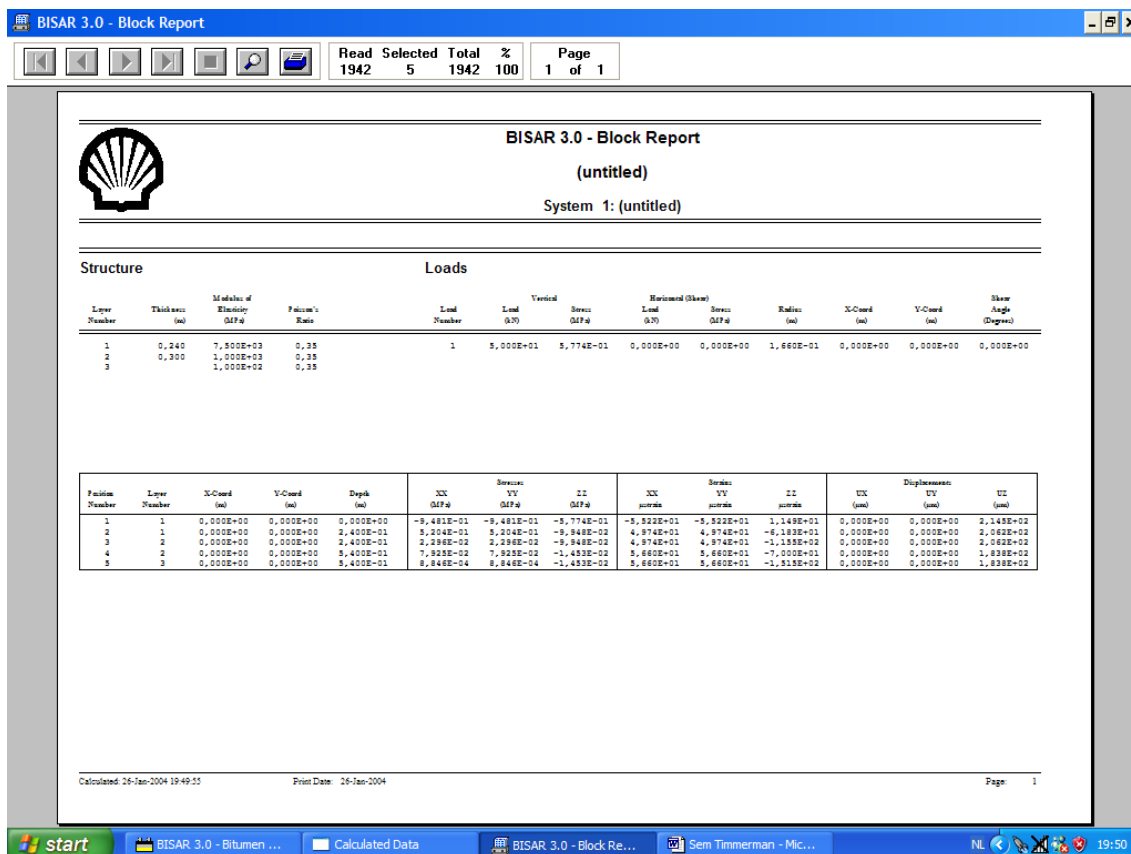
10.16. Bijlage 16; Variant II berekeningen



Figuur 83. Bisar berekening bij een klei ondergrond + CTB



Figuur 84. Bisar berekening bij een zandige klei ondergrond + CTB

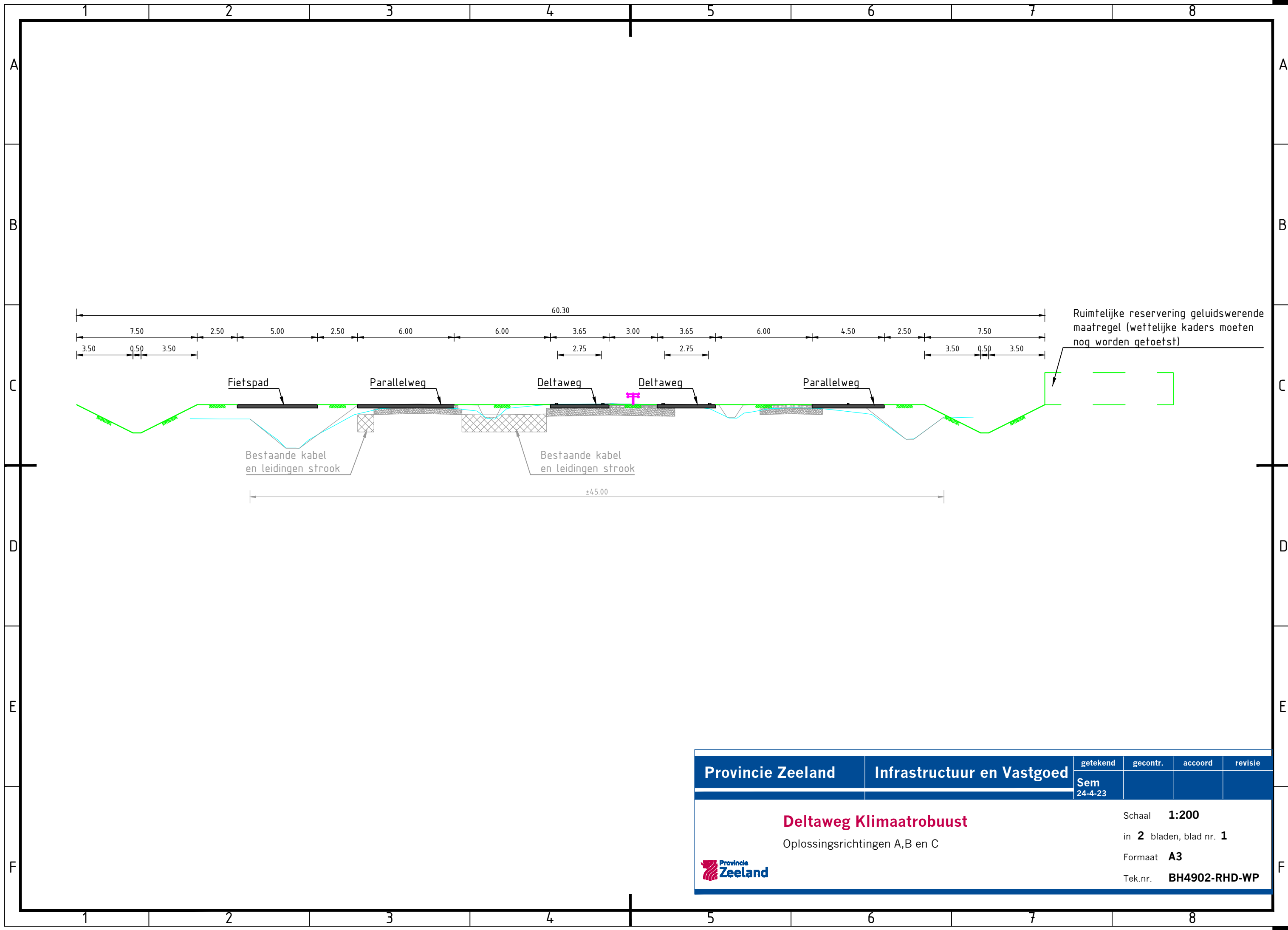


Figuur 85. Bisar berekening bij zowel zand als klei ondergrond + hoogovenslakkenmengsel

		Bound foundation				
W	294	Vehicle	Passes /Day	Maximum Strain	Neq	Neff
Fs	1	Truck	2831	54,76	4,11E+07	8,89E+07
Fr	0,95					0,462297553
Dv	2	Unbound foundation				
Fb	1,07	Vehicle	Passes /Day	Maximum Strain	Neq	Neff
G	2,0%	Truck	2831	49,74	4,11E+07	5,67E+07
L	20					0,724932238

Figuur 86. Neq en Neff berekeningen

10.17. Bijlage 17; Tekeningen varianten



Provincie Zeeland	Infrastructuur en Vastgoed	getekend	gecontr.	accord	revisie
		Sem 24-4-23			

Provincie
Zeeland

Deltaweg Klimaatrobuust

Oplossingsrichtingen A,B en C

Schaal

1:200

in

2

bladen, blad nr.

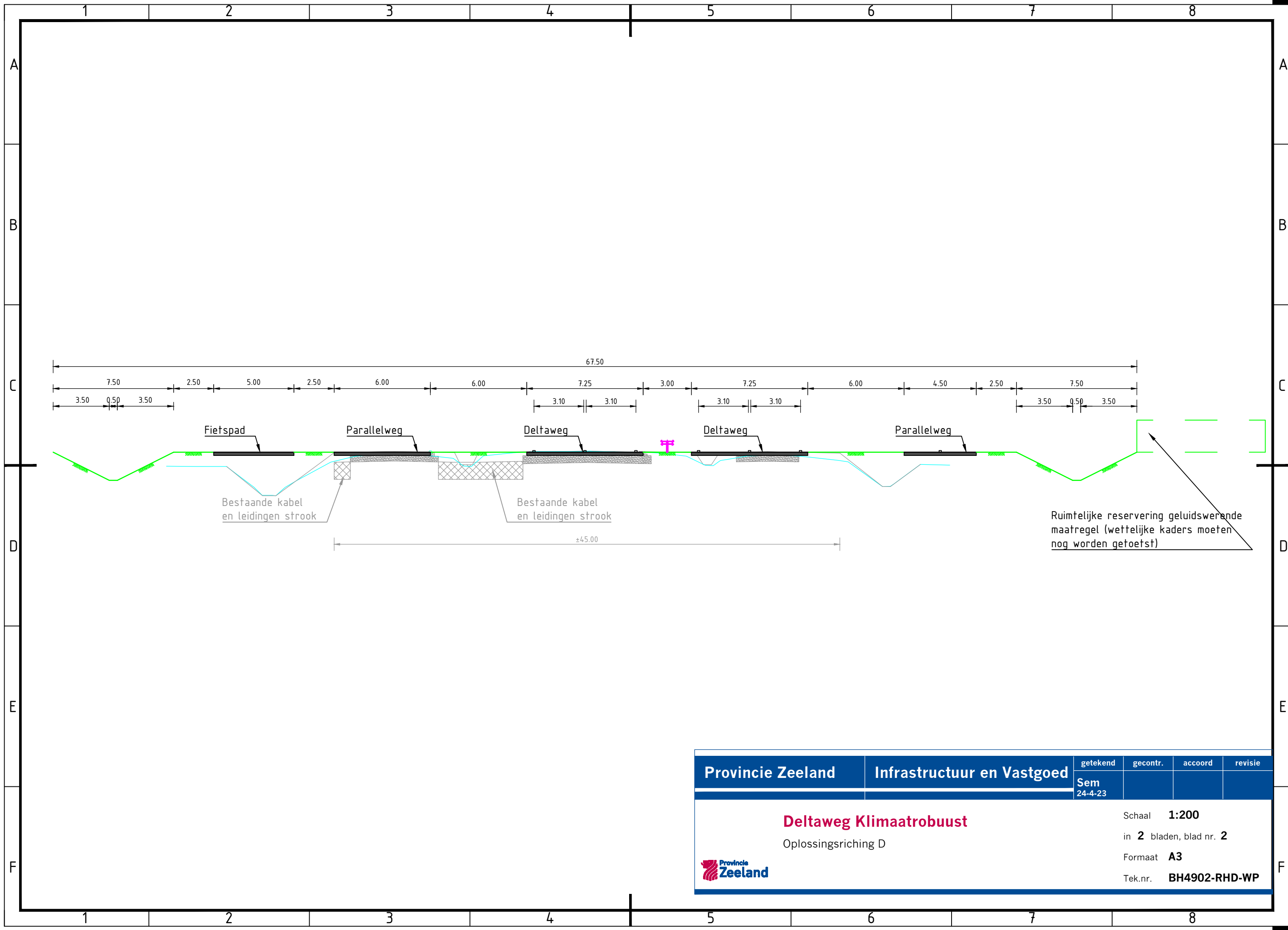
1

Formaat

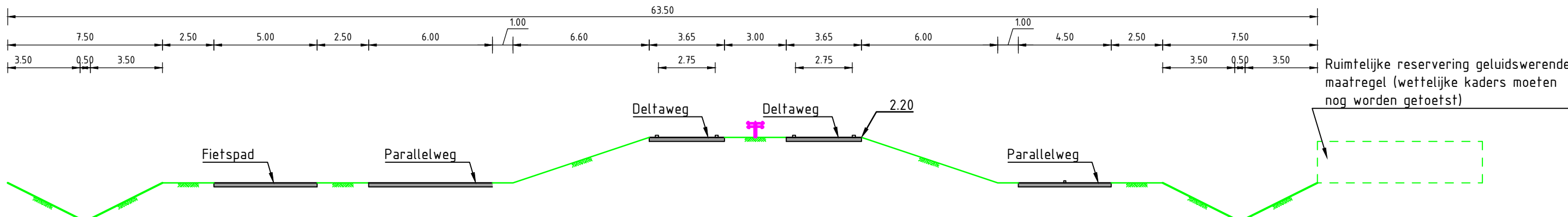
A3

Tek.nr.

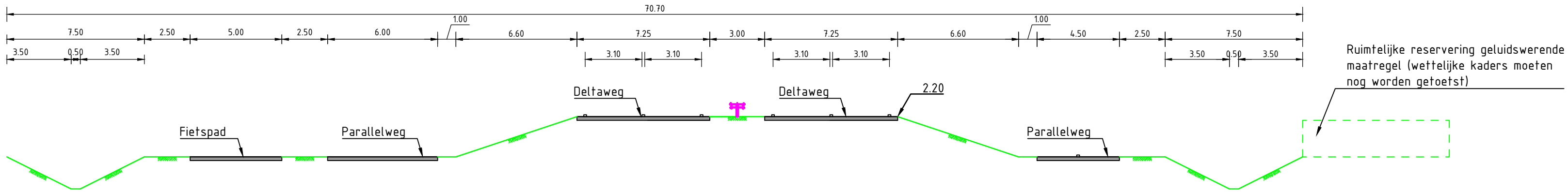
BH4902-RHD-WP



Provincie Zeeland	Infrastructuur en Vastgoed	getekend	gecontr.	accord	revisie
		Sem 24-4-23			

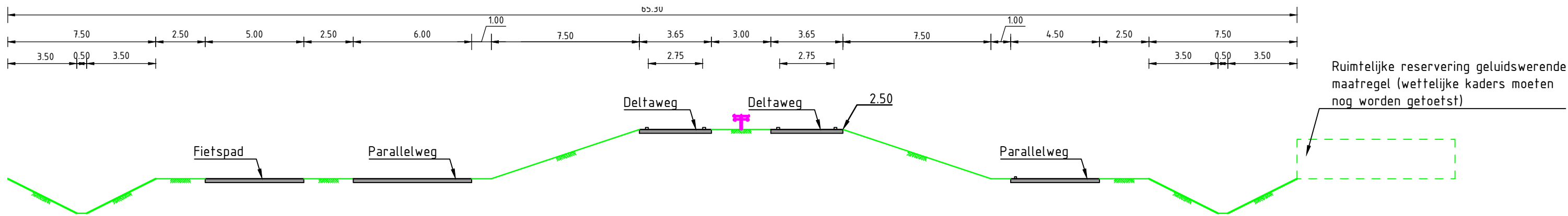


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B EN C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltraject 3

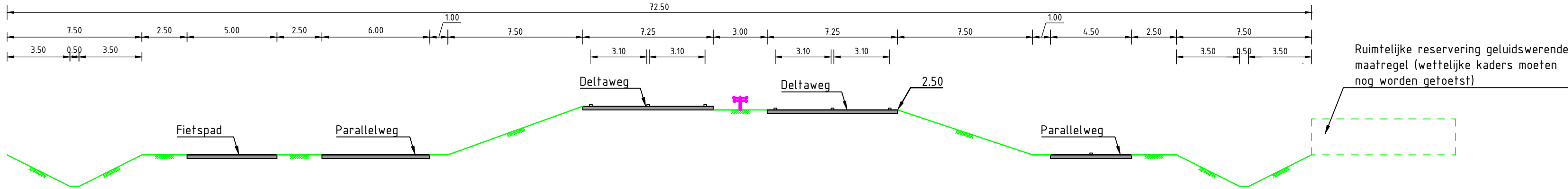


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 3

Provincie Zeeland		getekend	gecontr.	accord	revisie
		Sem 24-4-23			
		Schaal 1:200			
		in 3 bladen, blad nr. 1			
		Formaat A2			
		Tek.nr. N256-040-0001			
Deltaweg Klimaatrobuust		Ophoging Hoofdrijbanen Deeltraject 3			

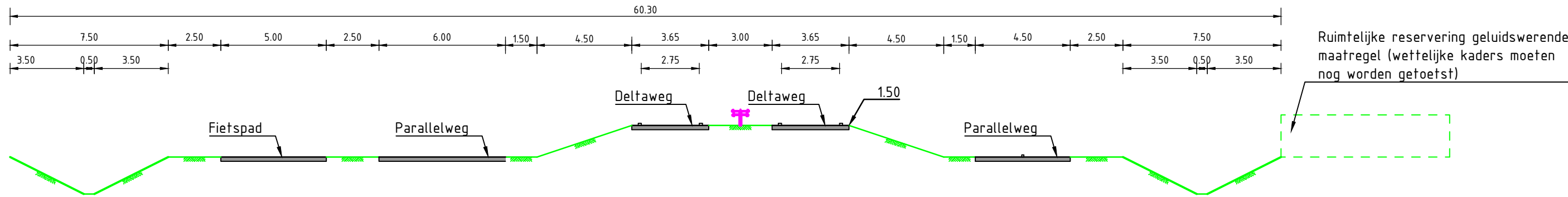


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B en C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltraject 4

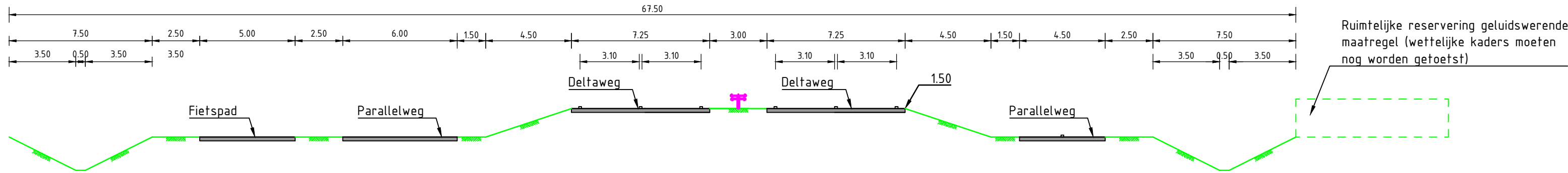


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 4

Provincie Zeeland		getekend	gecontr.	accoord	revisie
		Sem 24-4-23			
		Schaal 1:200			
		in 3 bladen, blad nr. 2			
		Formaat A2			
		Tek.nr. N256-040-0001			
Deltaweg Klimaatrobuust		Ophoging Hoofdrijbanen Deeltraject 4			

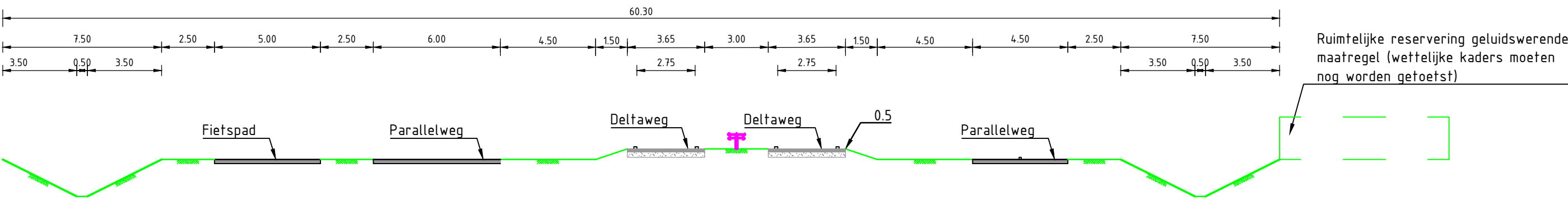


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B EN C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltraject 5 en 6

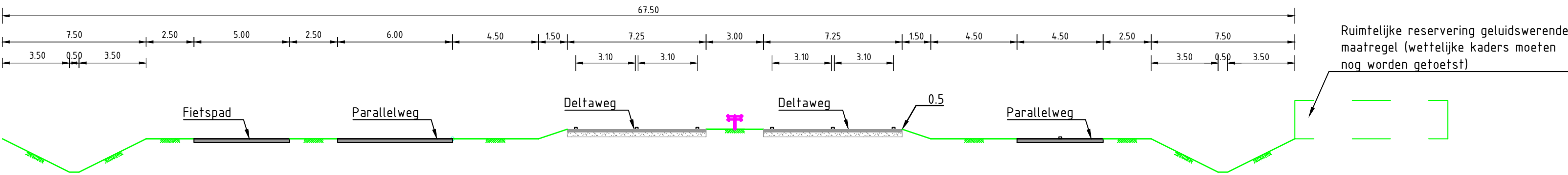


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 5 en 6

Provincie Zeeland		getekend	gecontr.	accoord	revisie
		Sem 24-4-23			
Deltaweg Klimaatrobuust			Schaal 1:200		
Ophoging Hoofdrijbanen			in 3 bladen, blad nr. 3		
Deeltrajecten 5 en 6			Formaat A2		
			Tek.nr. N256-040-0001		

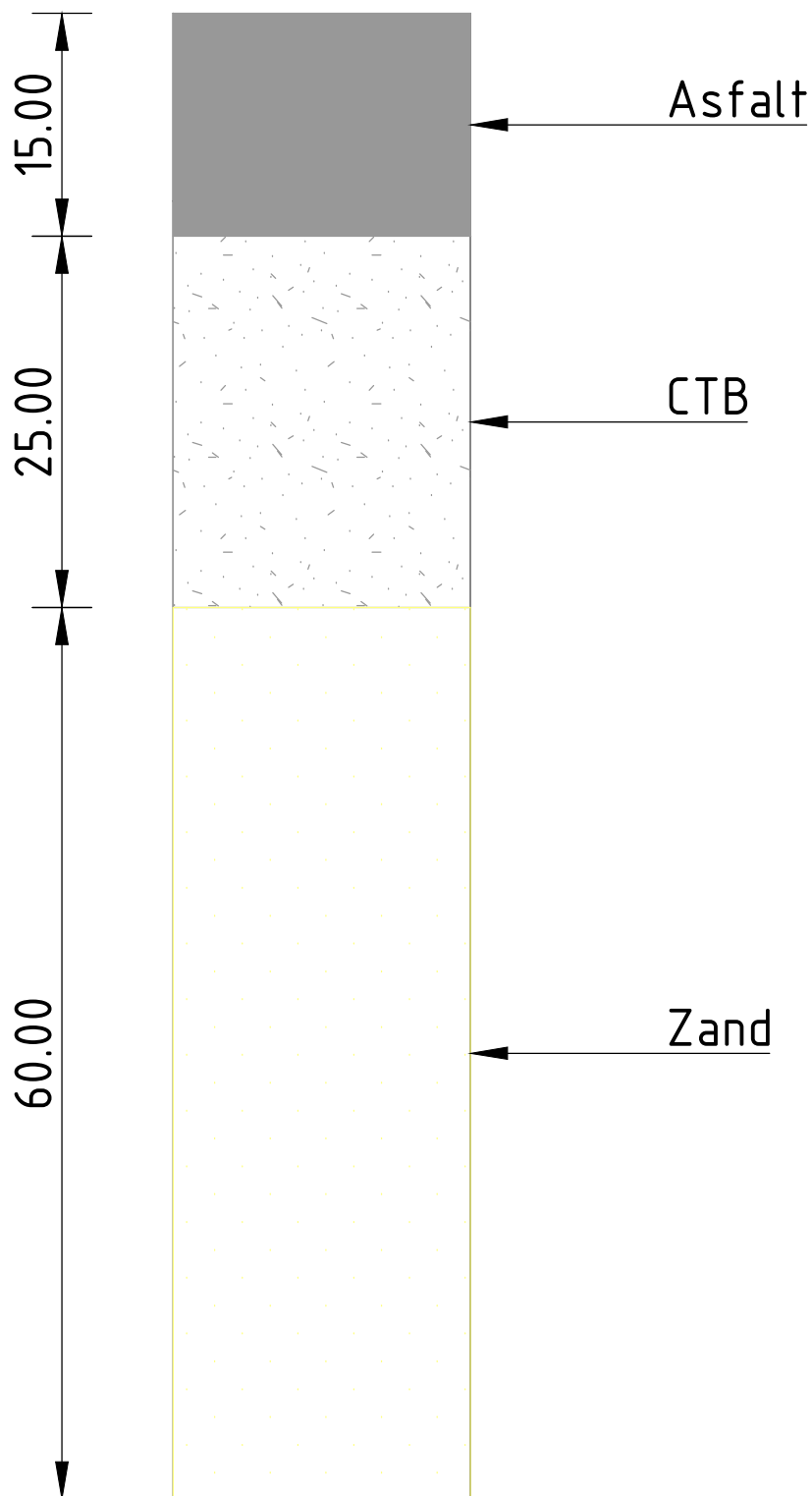


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B en C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltrajecten 5 en 6



PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 5 en 6

Provincie Zeeland		getekend	gecontr.	accoord	revisie
		Sem 4-5-23			
		Schaal 1:200			
		in 2 bladen, blad nr. 1			
		Formaat A3			
		Tek.nr. N256-040-0004			



Provincie Zeeland

Infrastructuur en Vastgoed

getekend	gecontr.	accord	revisie
Sem 4-5-23			

Deltaweg Klimaatrobuust

Cement Treated Base variant

In mm

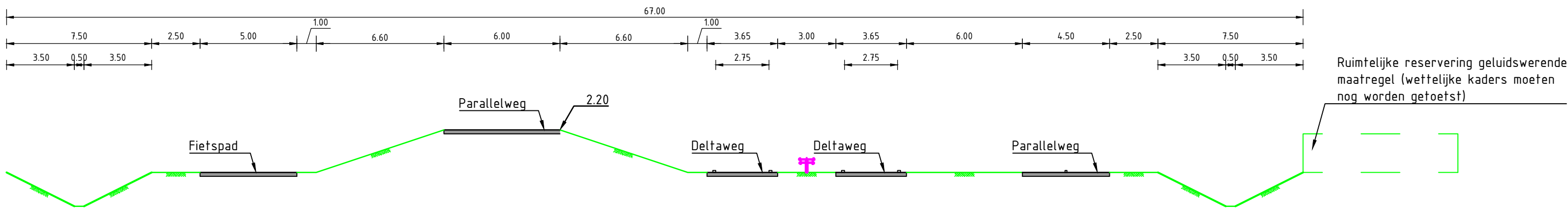


Schaal **1:500**

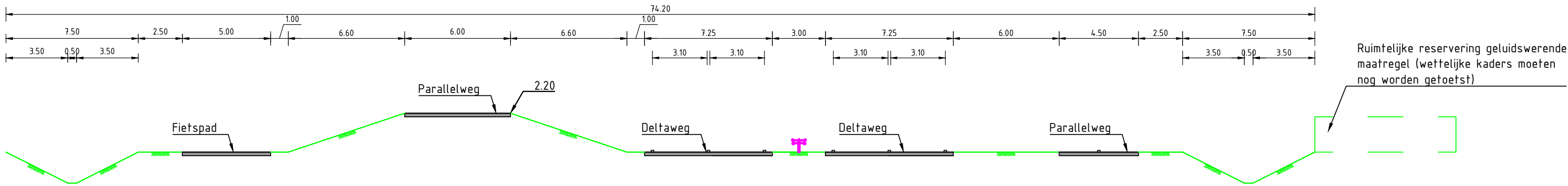
in **2** bladen, blad nr. **2**

Formaat **A4**

Tek.nr. **N256-040-0004**

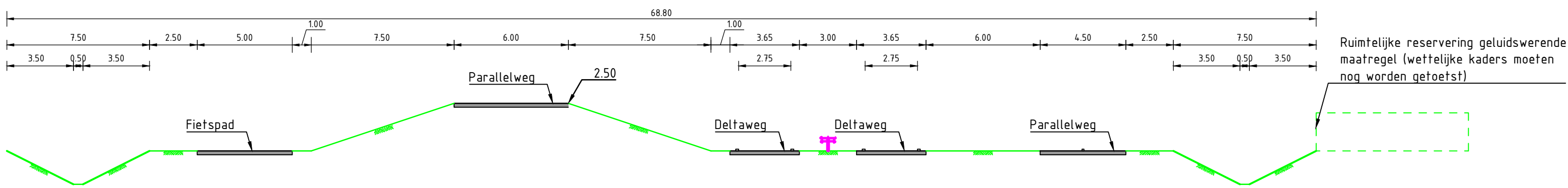


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B EN C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltraject 3

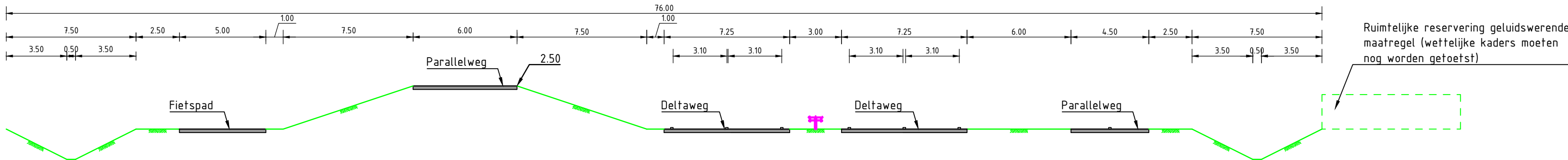


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 3

Provincie Zeeland		Infrastructuur en Vastgoed		getekend	gecontr.	accoord	revisie
				Sem 24-4-23			
				Schaal 1:200			
				in 3 bladen, blad nr. 1			
				Formaat A2			
				Tek.nr. N256-040-0002			

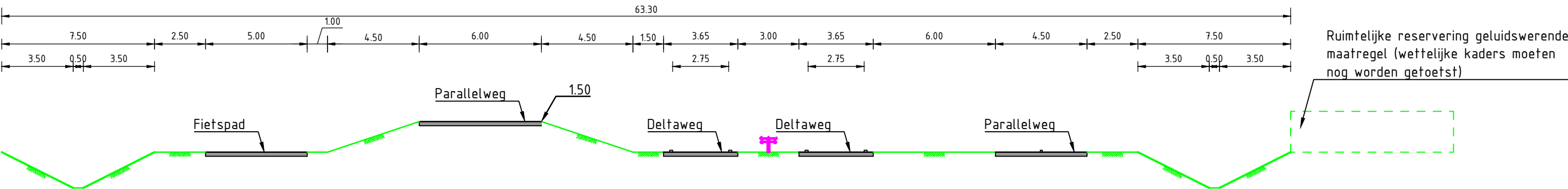


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B en C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltraject 4

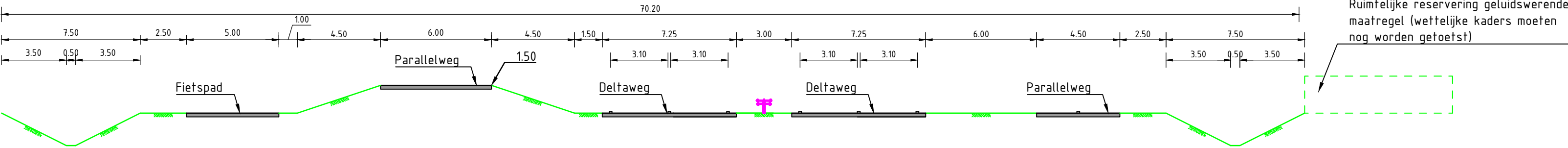


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 4

Provincie Zeeland	Infrastructuur en Vastgoed	getekend	gecontr.	accoord	revisie
		Sem 24-4-23			
 Deltaweg Klimaatrobuust Ophoging Parallelweg Deeltraject 4		Schaal1:200 in 3 bladen, blad nr. 2 FormaatA2 Tek.nr. N256-040-0002			

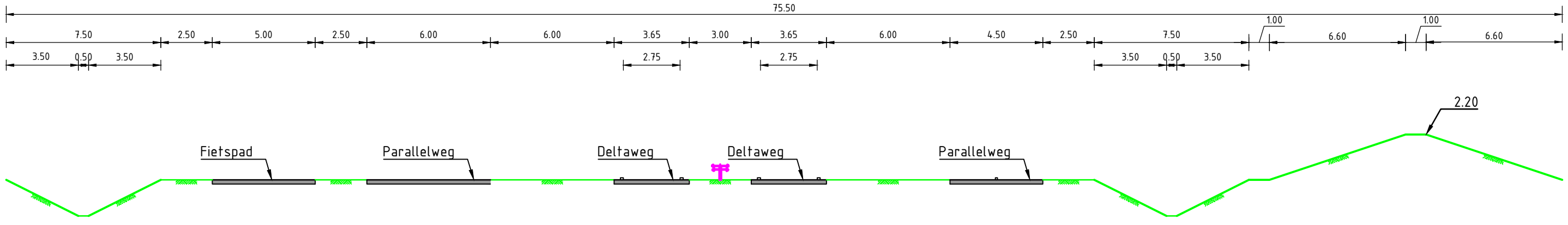


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B EN C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltraject 5 en 6

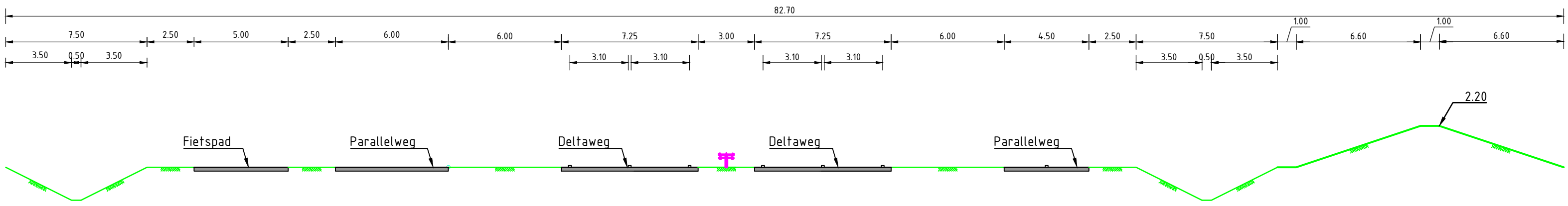


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 5 en 6

Provincie Zeeland		getekend	gecontr.	accord	revisie
		Sem 24-4-23			
Deltaweg Klimaatrobuust			Schaal 1:200		
Ophoging Parallelweg			in 3 bladen, blad nr. 3		
Deeltrajecten 5 en 6			Formaat A2		
			Tek.nr. N256-040-0002		

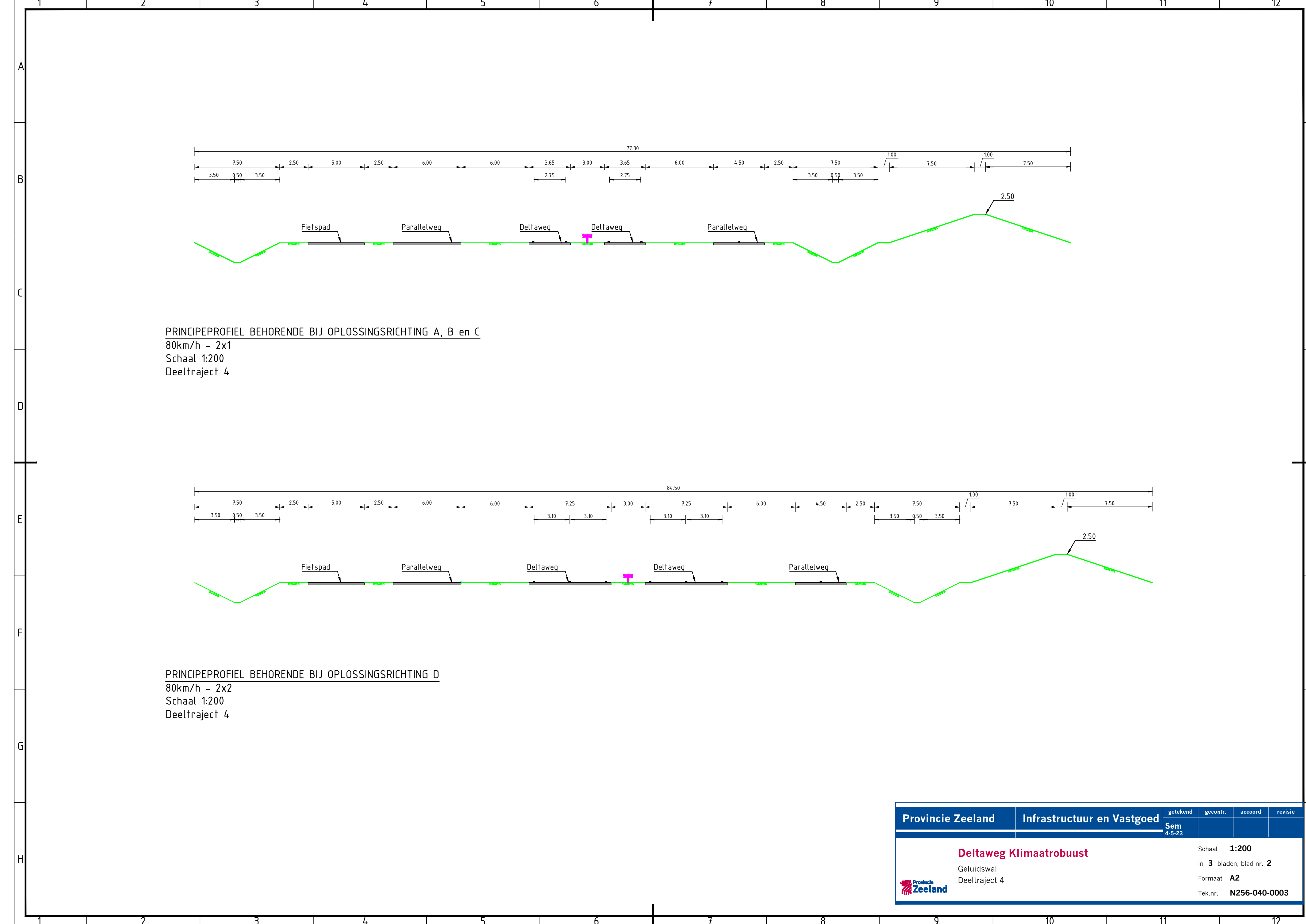


PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B en C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltraject 3



PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 3

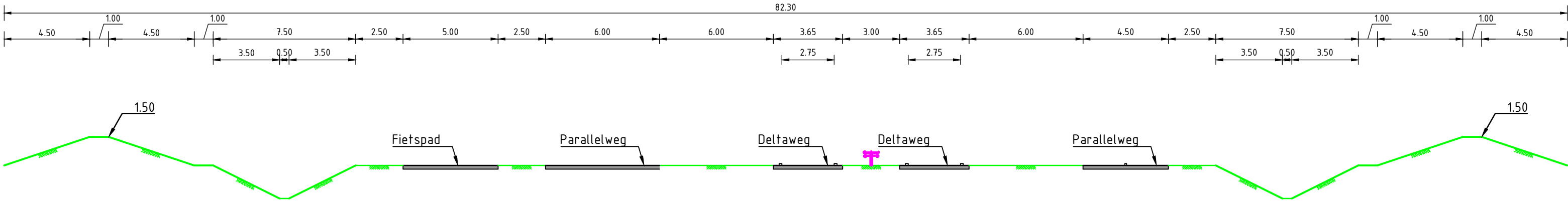
Provincie Zeeland		Infrastructuur en Vastgoed		getekend	gecontr.	accordo	revisie
				Sem 4-5-23			
Deltaweg Klimaatrobuust				Schaal 1:200			
Geluidswal				in 3 bladen, blad nr. 1			
Deeltraject 3				Formaat A2			
				Tek.nr. N256-040-0003			



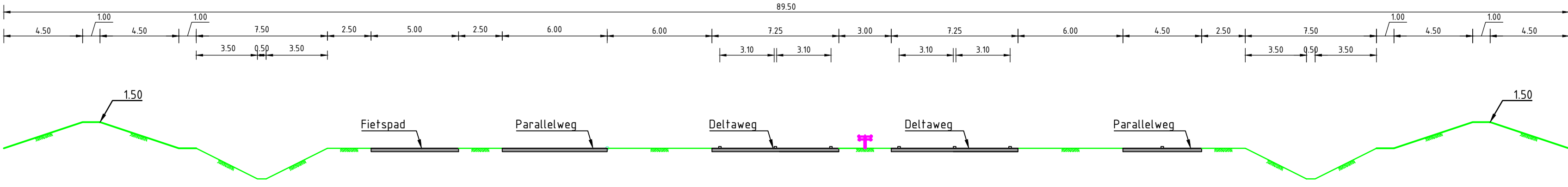
PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B en C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltraject 4

PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltraject 4

Provincie Zeeland		getekend	gecontr.	accord	revisie
		Sem 4-5-23			
Provincie Zeeland Deltaweg Klimaatrobuust Geluidswal Deeltraject 4			Schaal 1:200		
			in 3 bladen, blad nr. 2		
			Formaat A2		
			Tek.nr. N256-040-0003		



PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING A, B en C
80km/h - 2x1
Schaal 1:200
Deeltrajecten 5 en 6



PRINCIPEPROFIEL BEHORENDE BIJ OPLOSSINGSRICHTING D
80km/h - 2x2
Schaal 1:200
Deeltrajecten 5 en 6

Provincie Zeeland	Infrastructuur en Vastgoed	getekend	gecontr.	accoord	revisie
		Sem 4-5-23			
 Deltaweg Klimaatrobuust		Schaal	1:200		
		Geluidswal	in 3 bladen, blad nr. 3		
		Formaat	A2		
		Tek.nr.	N256-040-0003		
Deeltrajecten 5 en 6					