Renovatie fietsbruggen Koehierdesteeg Hardenberg

Ontwerprapport Voorontwerp

8 september 2025 - Internal

Contactpersoon

GIJSBERT STRANG
Projectleider

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

Inhoudsopgave

1 Inleiding 5

2 Uitgangspunten 6

2.1 Brondocumenten 6

2.2 Eisen 6

2.3 Aannames 7

3 Situatiebeschrijving 8

3.1 Constructieopbouw 8

3.1.1 Amaliabrug 8

3.1.2 Noordelijke brug 10

3.2 Kabels en leidingen 10

3.3 Inmeetgegevens 10

3.4 Ecologische onderzoeken 10

3.5 Ongesprongen explosieven 11

4 Ontwerptoelichting 12

4.1 Algemeen 12

4.1.1 Scope renovatie 12

4.1.2 Aandachtspunten 12

4.2 Vervangen (houten) reling 13

4.3 Vervangen bestaande dekdelen 14

4.4 Vervangen conservering stalen onderdelen 15

4.5 Constructieve aanpassingen 16

4.6 Aanpassing tand-nokverbinding 17

4.7 Aanpassing buisprofiel-portaal verbinding 17

4.8 Verificatie ontwerp op eisen 17

5 Uitvoeringsconcept 18

5.1 Werkterrein en toegang 18

5.2 Referentiefasering fietsbruggen 21
5.3 Demontage en montage Amaliabrug 21
5.4 Demontage en montage noordelijke brug 24
5.5 Uitvoeringsplanning 25
5.6 Verkeershinder 27

6 Conclusies en aanbevelingen 29
6.1 Conclusies 29
6.2 Aanbevelingen 29

Bijlagen

Bijlage A Ontwerptekening VO 31

Bijlage B Referentiefasering 32

Bijlage C Draaicirkel trekker met oplegger 33

Bijlage D Verificatie ontwerp 34

Bijlage E Uitvoeringsplanning 35

Bijlage F Constructieve berekening pen-gat verbinding 36

Colofon 44

1 Inleiding

De gemeente Hardenberg heeft een uitvraag opgesteld voor de voorbereiding van de renovatie van twee stalen fietsbruggen waaronder de Prinses Amaliabrug in de gemeente Hardenberg. Beide bruggen zijn gesitueerd in het noorden van Hardenberg en vormen een verbinding voor langzaamverkeer tussen de wijk Marslanden en het centrum van Hardenberg.

De fietsbruggen zijn in 2007 gerealiseerd. Al langere tijd is er sprake van vergaande aantasting van de stalen onderdelen van de bruggen. In de periode 2023 – 2025 zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar de mate van corrosie en de constructieve veiligheid. Bij deze onderzoeken is onder meer geconstateerd dat afwijkende staalsoorten zijn toegepast en de constructieve veiligheid van de brug niet voldoet.

Deze ontwerpnota betreft de rapportage van het voorontwerp van de renovatiewerkzaamheden. Het ontwerp studie is gebaseerd op de uitgevoerde onderzoeken, het opgestelde uitgangspuntenrapport en het schetsontwerp. In de VO-fase zijn de gekozen varianten vanuit het schetsontwerp verder uitgewerkt.



Figuur 1: Situering bruggen Hardenberg.

2 Uitgangspunten

2.1 Brondocumenten

Onderstaande brondocumenten zijn gebruikt in deze rapportage (verwijzing naar brondocumenten is gedaan door vermelding van de bron tussen rechte haken [..]).

Nr.	Rapport/onderzoek	Auteur	Jaar
1	Uitvraag Adviesdienst IB “Renovatie 2 fietsbruggen gelegen in de Koehierdersteeg te Hardenberg." v1.2, inclusief nota 1 en 2	Gemeente Hardenberg	2025
2	Quickscan Wet natuurbescherming	Ecoconsultancy	16-11-2023
3 3A 3B	Statusinventarisatie conservering Amaliabrug Hardenberg • Bijlage A: rapport MME (meting materiaaldiktes) • Bijlage B: rapport Van der Heijde (inspectie aarding) • inventarisatieblad 2023	DCC	20-07-2023
4	Beoordeling constructieve veiligheid	Caljé / WSP	21-02-2025
5	Analyse constructieve veiligheid op basis van verbeterd EE-model	WSP	12-2024
6	Drone inspectie Amaliabrug Hardenberg	Caljé	15-03-2024
7	Archiefgegevens Amaliabrug	divers	2005/2006
8	Legger en peilenkaart Waterschap Vechtstromen (online)	Waterschap Vechtstromen	-
9	Uitgangspuntenrapport Renovatie fietsbruggen Koehierdesteeg Hardenberg	Arcadis	28-05-2025
10	Eisen Staalconserveren (RTD1032)	Rijkswaterstaat	08-11-2023
11	Handreiking Duurzaamheid Staalconservering	Rijkswaterstaat	04-03-2022
12	Ontwerprapport schetsontwerp ‘Renovatie fietsbruggen Koehierdesteeg Hardenberg’	Arcadis	27-06-2025
13	Herberekening Amaliabrug	Arcadis	22-07-2025
14	Groot onderhoud Amaliabrug en Noordelijke brug in Hardenberg - Soortgericht onderzoek naar boerenzwaluw, huiszwaluw en grote gele kwikstaart	Arcadis	17-07-2025
15	Vooronderzoek OO - Onderzoek Conflictperiode Prinses Amaliabrug	Arcadis	26-06-2025

2.2 Eisen

De volgende uitgangspunten zijn in afstemming met de gemeente voor het VO aangehouden:

1. De bruggen dienen te voldoen aan een minimale restlevensduur van 50 jaar.
2. De (nieuwe) conservering dient een minimale levensduur te hebben van 20 jaar.
3. De bruggen dienen bestand te zijn tegen een verkeersbelasting door een dienstvoertuig volgens NEN-EN 1991-2[1].
4. De bruggen dienen bestand te zijn tegen belastingen volgens de Eurocodes met gevolgklasse CC2.
5. Stalen onderdelen dienen te zijn geconserveerd volgens de richtlijn RTD 1032.
6. Het brugdek dient te zijn uitgevoerd met GVK dekplanken.
7. De relingen dienen te zijn uitgevoerd in hardhout met duurzaamheidsklasse 1 of 2.
8. Leuningen dienen een hoogte te hebben boven het aangrenzende dek van minimaal 1,0 m (rechtens verkregen niveau).
9. De bruggen dienen ter plaatse van fiets- en voetpad te zijn voorzien van een slijtlaag.

[1] De bruggen worden niet gedimensioneerd op een onbedoeld voertuig (een voertuig met twee assen met aslast van 80 kN en 40 kN volgens de NEN-EN 1991-2) omdat deze hier oorspronkelijk niet op is ontworpen en de bruggen hieraan niet voldoen. Dit betekent dat een permanent obstakel voor de brug belet dat een voertuig de brug op wordt gereden (verdwaalde automobilist/vrachtwagenchauffeur).

10. De slijtlaag op de brug dient te zijn uitgevoerd in kleur rood voor het fietspad en kleur grijs voor het voetpad, in lijn met de kleuren van aangrenzende paden.

2.3 Aannames

- Buisprofielen zijn luchtdicht afgesloten.
- Geen chroom 6 of loodhoudende delen in het bestaande verfsysteem toegepast.

3 Situatiebeschrijving

De Amaliabrug vormt de verbinding voor langzaamverkeer over de Overijsselse Vecht, de Noordelijke brug kruist de Molengoot, net ten noorden van de N34. De bruggen liggen in een belangrijke verbinding voor fietsverkeer. In de winterperiode wordt frequent zout gestrooid.

In onderstaande figuur is de situering van beide oppervlaktewateren weergegeven. Voor de Overijsselse Vecht is het van belang dat aan weerszijden regionale waterkeringen zijn gesitueerd.



Figuur 2: Kaart oppervlaktewater Legger Waterschap Vechtstromen.

3.1 Constructieopbouw

3.1.1 Amaliabrug

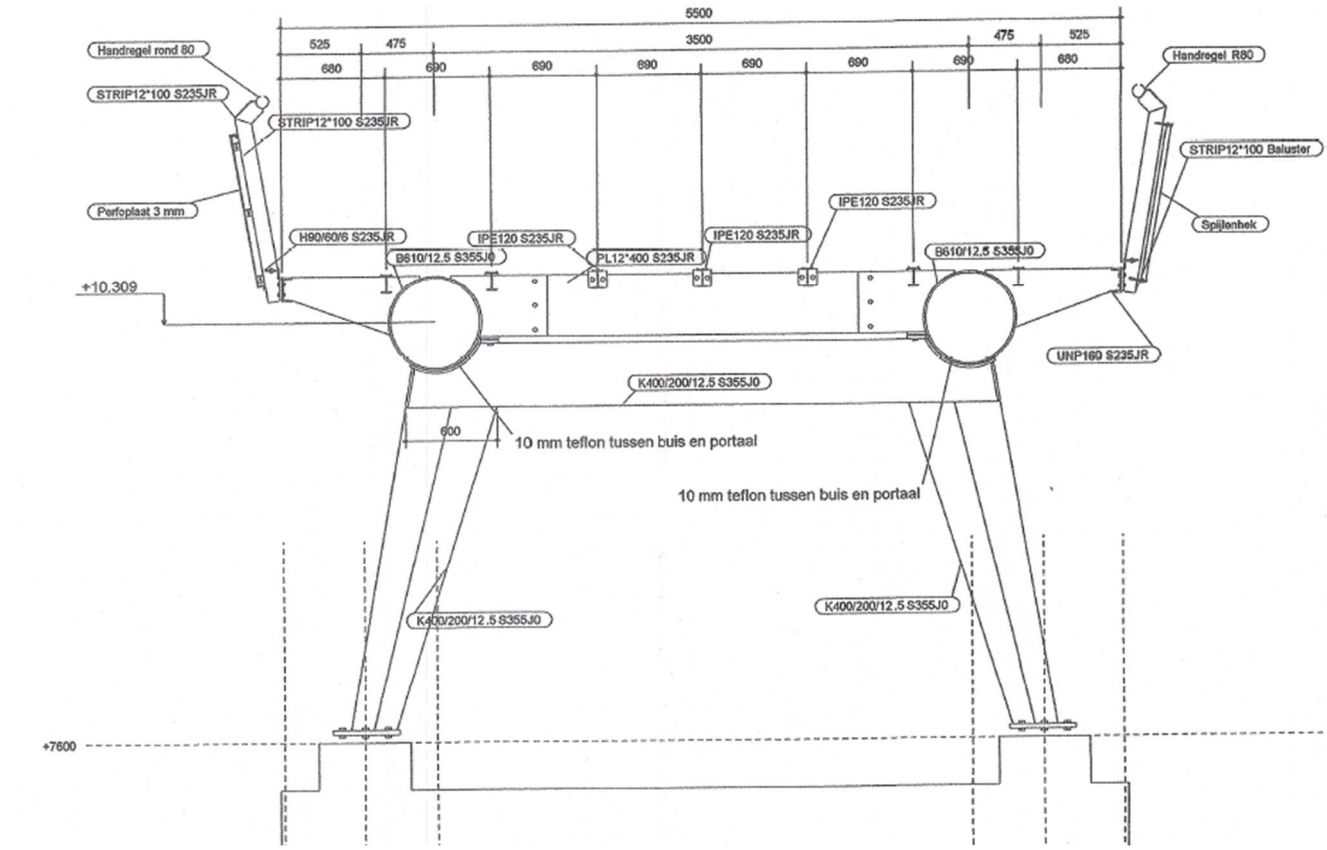
Aan de noordwestzijde (Marslanden) bestaat de Amaliabrug uit 5 overspanningen van 18,5 meter. Het zuidoostelijke deel van de brug bestaat uit een overspanning van circa 52 meter, opgehangen aan tuien. De totaallengte is 158 meter.

Het brugdek bestaat uit twee stalen buisvormige langsliggers met diameter 610 mm, wanddikte 12,5 mm. De dwarsliggers zijn opgebouwd uit platen met een dikte van 12 mm en zijn op de hoofdliggers gelast. Tussen de plaatliggers zijn, parallel aan de hoofdliggers IPE120 walsprofielen aangebracht waarop het kunststof dek is bevestigd.

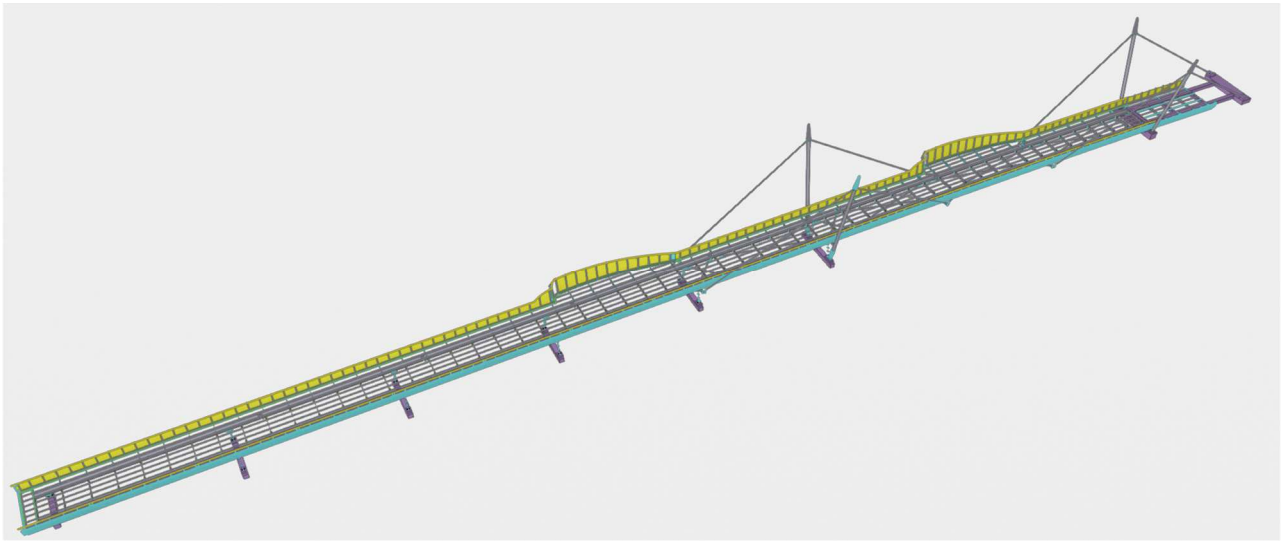
Het bovendeel van het fietsdek bestaat volgens de gemeente uit GVK platen, deze zijn later ingezaagd en weer vastgeschroefd omdat de elementen vervormden en omhoogkwamen.



Figuur 3: Beelden Amaliabrug



Figuur 4: Dwarsdoorsnede Amaliabrug volgens tekeningen Pompstra [7].



Figuur 5: Weergave 3D tekenmodel staalfabrikant.

3.1.2 Noordelijke brug

Van de noordelijke brug zijn geen archiefgegevens beschikbaar. Op basis van Street Smart zijn de hoofdafmetingen van de Noordelijke fietsbrug ingeschat. Hieruit blijkt een lengte van ca. 20 m en een breedte tussen de leuningen van ca. 5,5 m. De breedte komt overeen met de breedte van de Amaliabrug. De opbouw van de Noordelijke brugdek is vergelijkbaar met de Amaliabrug, namelijk een constructie met twee stalen buisvormige langsliggers, stalen dwarsliggers met hierop bevestigd de IPE120 profielen en UNP160 randprofielen [9].



Figuur 6: Noordelijke brug.

3.2 Kabels en leidingen

Voor de locatie van beide bruggen is een KLIC-melding uitgevoerd. De ligging van kabels en leidingen is opgenomen op tekening 1100 van het schetsontwerp. Aan de noordzijde van de Amaliabrug is een kwetsbare hogedruk gasleiding (Ø160). Aan de westzijde van de Amaliabrug ligt riolering. Verder liggen er nabij de bruggen diverse data- en spanningskabels. Deze kabels en leidingen vormen een aandachtspunt bij de uitvoering (met name bij inzet van zwaar materieel, kranen en bij inzet van gefundeerde hulpconstructies).

3.3 Inmeetgegevens

Van de noordelijke brug is een inmeting uitgevoerd. Voor de Amaliabrug is voor de ligging van het maaiveld uitgegaan van Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN).

3.4 Ecologische onderzoeken

In 2023 is een QuickScan uitgevoerd naar aanwezige flora en fauna nabij de Amaliabrug [2]. Aanvullend onderzoek naar de aanwezigheid van broedplaatsen van zwaluwen en gele kwikstaart is door Arcadis in 2025 uitgevoerd [14].

Binnen het onderzoeksgebied zijn binnen de constructie van de bruggen nestplaatsen van boerenzwaluw, huiszwaluw, houtduif en turkse tortel vastgesteld. Als gevolg van het voornemen om groot onderhoud uit te voeren gaan deze nestplaatsen verloren.

Nestplaatsen van boerenzwaluw en huiszwaluw zijn jaarrond beschermd binnen de provincie Overijssel. Gelet op de permanente aantasting van nestplaatsen is een vergunningsplicht aan de orde. Voor het aanvragen van een vergunning dient een activiteitenplan opgesteld te worden waarin onder andere maatregelen zijn uitgewerkt zoals het werken buiten de broedperiode en het aanbieden van alternatieve nestplaatsen.

Nestplaatsen van houtduif zijn alleen gedurende broedperiode beschermd. Dit houdt in dat alleen mitigerende maatregelen getroffen moeten worden. Indien onverhoopt toch een nestplaats in gebruik is zal deze ontzien moeten worden tijdens de broedperiode. Dit kan leiden tot vertraging van de werkzaamheden.

3.5 Ongesprongen explosieven

Een Vooronderzoek naar ongesprongen explosieven [15] is uitgevoerd waaruit blijkt dat het gebied rond de bruggen en het werkterrein onverdacht is.

4 Ontwerptoelichting

4.1 Algemeen

4.1.1 Scope renovatie

In dit hoofdstuk is een opsomming opgenomen voor de beoogde renovatiescope (op basis van het opgestelde schetsontwerp en gemaakte ontwerpbesluiten).

1. Vervangen van de (houten) reling van beide bruggen
2. Vervangen van de bestaande dekdelen door GVK-dekplanken
3. Vervangen conservering van alle stalen onderdelen
4. Noodzakelijke constructieve aanpassingen van de beide bruggen
   a. Vervanging, reparaties en versterking van zwaar gecorrodeerde stalen delen
   b. Vervanging van stalen onderdelen die niet voldoen volgens de herberekening
5. Vervanging/herziening van tand-nok verbinding
6. Vervanging/herziening van buisprofiel-portaal verbinding

Verder is bij groot onderhoud vernieuwing van onderstaande onderdelen nodig.
7. Vervanging verankeringen tuien
8. Vervanging bevestigingsmiddelen
9. Houten delen van de banken op de Amaliabrug

In het voorontwerp zijn de onderdelen 1 t/m 6 uitgewerkt. De ontwerptekening is opgenomen in bijlage A.

4.1.2 Aandachtspunten

De scope van groot onderhoud is erg omvangrijk vanwege de specifieke problematiek van de brug [9]. Deze problemen richten zich op de vergaande mate van corrosie van de brug en op het niet goed functioneren van de brug. Samengevat is dit beschreven in het Uitgangspuntenrapport (waarnaar verwezen wordt voor een uitgebreide analyse):

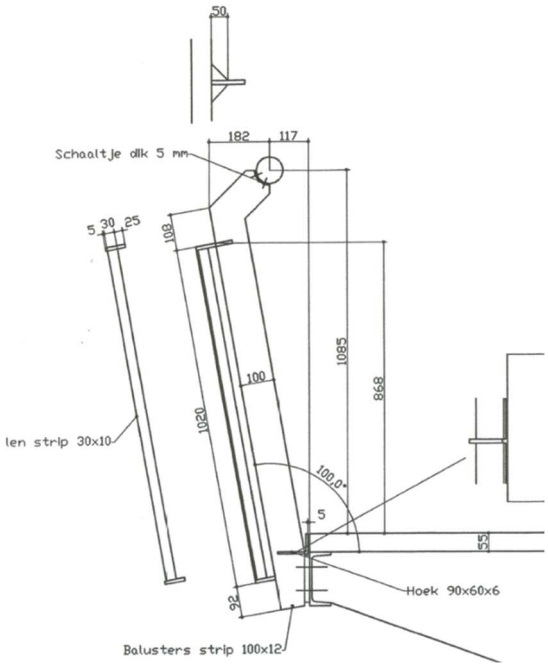
1. De belangrijkste oorzaken voor de grote mate van corrosie van beide bruggen zijn gelegen in:
   – De kwaliteit en levensduur van het conserveringssysteem; uit onderzoeken blijkt een gebrekkige voorbewerking en onvoldoende kwalitatief aanbrengen van de conservering.
   – Ontwerp en detaillering van de constructie; in het ontwerpproces is niet of onvoldoende nagedacht over de detaillering en de afvoer van hemelwater. De ongecontroleerde afvoer van hemelwater resulteert in waterophoping en een ongelijkmatige en (lokaal) versnelde corrosie.
2. Beide bruggen functioneren niet goed waardoor groot onderhoud extra complex is en aandacht vraagt. Specifiek zijn de volgende knelpunten geconstateerd:
   – De Amaliabrug is niet ontworpen op de belasting door een (in de norm voorgeschreven) onderhoudsvoertuig/dienstvoertuig van 5 ton. De brug is bij aanleg niet ontworpen op een onderhoudsvoertuig, Tevens zijn bij enkele onderdelen afwijkende staalsoorten toegepast ten opzichte van de berekening.
   – De brug is niet voorzien van voegovergangen die het uitzetten van de brug mogelijk maken en die zorgen voor waterdichte afsluitingen.
   – De brug is niet voorzien van een waterdicht dek en van een hemelwaterafvoersysteem voor een gecontroleerde afvoer van hemelwater.
   – De brug is voorzien van verbindingen, namelijk de tand-/nok verbindingen en de verbindingen tussen buisligger en portaal, die (zonder ingrijpende en dure maatregelen) niet inspecteerbaar en onderhoudbaar zijn.

4.2 Vervangen (houten) reling

De bestaande houten reling is aan vervanging toe. De bestaande situatie betreft:

- Ronde houten relingen met diameter van Ø80 mm;
- Toegepaste houtsoort onzeker (vermoedelijk Merbau of Azobé);
- De houten delen zijn (donkerrood) geverfd;
- Bevestiging per stijl (h.o.h. 1,32 m) met 4 schroeven;
- Lange elementlengtes zijn toegepast.

Bij de afweging is het van belang dat de relingen in hetzelfde materiaal en kleur zijn uitgevoerd als de planken van de banken op de brug. De keuze qua materialisatie is daarmee niet los te zien van de banken.





Figuur 7: Bestaande houten reling.

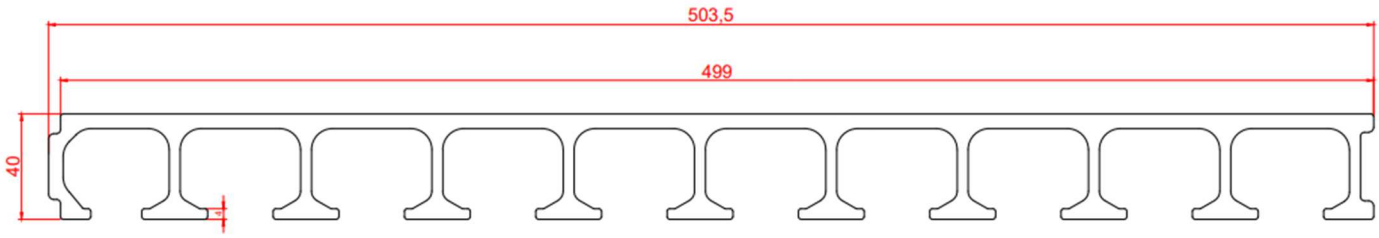


Figuur 8: Beeld van de banken op de brug.

In het schetsontwerp zijn meerdere varianten benoemd en afgewogen. Gekozen is voor het toepassen van houten relingen, in lijn met de bestaande situatie. De reling (en houden delen van de banken) worden vervangen door nieuwe geverfde houten relingen, uitgevoerd in een houtsoort met lange levensduur (variant B). Vooralsnog is uitgegaan van nieuwe houten relingen in houtsoort Azobé.

4.3 Vervangen bestaande dekdelen

Voor de vervanging van de bestaande dekdelen zijn in de haalbaarheidsstudie twee varianten beschouwd; een uitvoering met een vergelijkbare opbouw als bestaand met GVK-brugdekplanken en een uitvoering met een stalen dekplaat. Gekozen is voor een uitvoering in GVK. Een uitvoering in staal resulteert in een dermate grote toename van eigen gewicht dat de bestaande staalconstructie constructief hier niet aan voldoet.



Figuur 9: Maatvoering GVK brugdekplank type 500.40.

Een uitvoering met GVK (glasvezelversterkte kunststof) is vergelijkbaar met het bestaande systeem. Een leverancier van de elementen is Krafton. Deze levert GVK-brugdekplank type 500.40 (breedte 500 mm, hoogte 40 mm) voor planken die bestand zijn tegen een dienstvoertuig van 5 ton. De elementen worden gelegd met een mannetje-vrouwtje verbinding. De GVK-brugdekdelen worden om de 8 planken (afstand van 4,0 m) gedilateerd met een voeg van 10 mm. De planken worden voorzien van een slijtlaag.

De brugdekplanken worden geplaatst op de staalprofielen (IPE en UNP) van het dek. Tussen de brugdekplanken en de staalprofielen wordt EPDM-beschermrubber aangebracht (dit is een verbetering ten opzichte van de bestaande situatie).

- De rubber tussenlaag voorkomt het schuren van scherpe staalranden in de pootjes van de brugdekplanken.
- De rubber tussenlaag vermindert tevens geluidsoverdracht.
- Tot slot beschermt het rubber de onderconstructie tegen vocht van de bovenkant

De brugdekplanken worden met klemplaten, kikkerplaten en bouten vanaf de onderzijde op het staalprofiel geklemd.

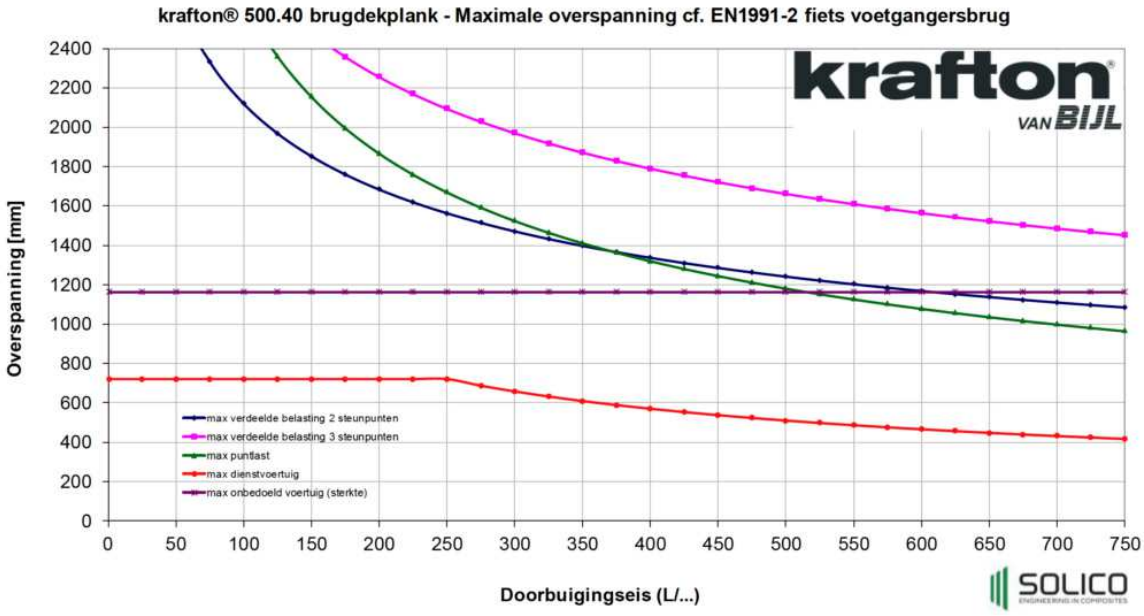
Aan de kopse kanten van de brugdekplanken worden hoekprofielen van GVK aangebracht (vanaf bovenzijde gemonteerd met schroeven).

Het hemelwater wordt bij een systeem met GVK-brugdekplanken gebruikelijk afgevoerd via de dilataties. De verbinding tussen de planken onderling is eveneens niet volledig waterdicht.

Bij een dek in GVK heeft het de voorkeur om afschermingsconstructies boven de (complexe) staalverbindingen te plaatsen, om blootstelling aan hemelwater met vuil en dooizouten te beperken.



Figuur 10: Montage brugdekplank (bron: Krafton montagehandleiding).



Figuur 11: Maximale overspanning in relatie tot verschillende belastingen op het brugdek (bron: Krafton).

Brugdekplank type 500.40 wordt (in lijn met de bestaande situatie) om de maximaal 690 mm hart-op-hart afstand ondersteund door de staalprofielen. Daarmee is de plank bestand tegen een dienstvoertuig van 5 ton en een onbedoeld voertuig volgens de gegevens van de leverancier. Het eigen gewicht komt op 20 kg/m^2.

De uitvoering met GVK-dekplanken scoort goed op investeringskosten, onderhoudbaarheid, duurzaamheid, levensduur en montage. De kosten voor vervanging van de dekplanken is relatief gunstig. De dekplanken hebben een lage MKI-waarde, waardoor deze goed scoort op duurzaamheid. De dekplanken zelf vragen eveneens weinig onderhoud. Op vandalismebestendigheid scoort de uitvoering in GVK iets lager (risico op schade dekdelen door bv. vuurwerkschade).

Een nadeel van de variant met GVK dekplanken is de matige afvoer van hemelwater (functionaliteit). Het dek wordt uitgevoerd met open dilataties waardoor op onderliggende staalprofielen een versnelde corrosie kan plaatsvinden. Ook kan waterafvoer plaatsvinden via de naden aan beide zijkanten van het dek. Een verbetering ten opzichte van de bestaande situatie is wel te verwachten, doordat de dilataties buiten de opleggingen kunnen worden gesitueerd en door toepassing van het beschermrubber (EPDM) ter plaatse van de staalprofielen. In de ontwerptekening is de locaties van de dilataties afgestemd op de locaties van opleggingen. Door dilataties buiten de opleggingen en verbindingen te situeren zal lekwater minder via de (kwetsbare) opleggingen en verbindingen afvoeren. Op termijn kunnen de verbindingen tussen de dekplanken onderling wel minder waterdicht worden. Een volledig waterdichte afsluiting is met het systeem niet te garanderen. Bij de leverancier staat de vraag uit of het verlijmen van planken onderling bijvoorbeeld is aan te bevelen om de waterdichtheid te verbeteren. Vanwege de minder goed beheerste afvoer van hemelwater kunnen onderliggende stalen onderdelen sneller corroderen dan bij een gesloten dek.

4.4 Vervangen conservering stalen onderdelen

Voor het vervangen van het conserveringssysteem is een levensduur van minimaal 20 jaar voorgeschreven (par. 2.2). Om te komen tot een kwalitatief conserveringssysteem wordt aangesloten bij de eisen in de richtlijn van Rijkswaterstaat, de RTD 1032 ‘Eisen Staalconserveren’. De RTD 1032 is opgesteld ten behoeve van het voorbehandelen en conserveren van staalconstructies en stalen (onder)delen voor nieuwbouw en gedurende het onderhoud in de gebruiksfase. Onder het conserveringssysteem wordt verstaan de totale som van verf- en/of metallieke deklagen die is aangebracht op een stalen ondergrond om bescherming tegen corrosie te bieden.

Vanwege de problematiek met de bestaande conservering, de mate van aantasting en de voorbehandeling [9] is het nodig om de brugdelen te demonteren, de oude conservering in zijn geheel te verwijderen en het oppervlak te stralen,

voor te behandelen en te voorzien van een nieuw conserveringssysteem. Voor dit groot onderhoud (vervanging) onderscheid de RTD 1032 de volgende opties:

a. Verfsystemen
b. Metallieke deklagen (thermisch verzinken en metalliseren/thermisch gespoten deklaag)
c. Duplex (combinatie van a en b)

Het bestaande conserveringssysteem bestaat uit een verfsysteem (a). In de nieuwe situatie zal de uitstraling/vormgeving gelijk blijven met een eindafwerking als (wit/licht) verfsysteem. Optie a en c blijven dan open als mogelijke conserveringssystemen.

De Handreiking Duurzaamheid Staalconservering [11] is door Rijkswaterstaat opgesteld welke helpt om de meest duurzame keuze te maken om een object te conserveren: *Het brede begrip duurzaam(heid) staat daarbij centraal; duurzaam in de zin van langdurig gebruik, maar ook duurzaamheid als brede term voor het reduceren van milieubelasting.*

Deze Handreiking geeft voor atmosferisch belaste constructies ten aanzien van duurzaamheid voorkeur voor conserveren met een verfsysteem boven een duplexsysteem (laagste milieubelasting/MKI). Leuningwerk moet wel uitgevoerd worden in duplex (verzinken + natlak) vanwege mechanische beschadigingen ontstaan door fietsen, gereedschappen bij werkzaamheden e.d. Door het thermische verzinken zal een dergelijk schade niet direct tot corrosie leiden en dus geen extra onderhoud nodig hebben, waardoor dit in de praktijk duurzamer is.

De conserveringssystemen in de RTD 1032 worden standaard ontworpen met een levensduurverwachting [VH] Very High > 25 jaar, conform NEN-EN-ISO 12944-1. Dit voldoet aan de eis van de gemeente.

De RTD 1032 gaat standaard voor atmosferisch belaste onderdelen uit van corrosiebelastingscategorie C5 conform NEN-EN-ISO 12944-2, ongeacht de objectlocatie (met inachtneming van het microklimaat ter plaatse). Op de locatie van de bruggen is geen sprake van immersie belaste onderdelen.

De materiaalafname van stalen onderdelen, mag [10] niet meer dan 10% zijn van de oorspronkelijke materiaaldikte. Bij de fietsbruggen zijn naar verwachting diverse onderdelen die (deels) vernieuwd moeten worden, te denken aan zwaar gecorrodeerde onderdelen zoals kopplaten. De mate waarin delen zwaar (niet herstelbaar) gecorrodeerd zijn moet nader worden geïnspecteerd om de kosten voor herstel nauwkeuriger in te kunnen schatten. Voor deze fase is uitgegaan van een vervanging van 5% van de stalen delen.

Voorafgaand aan het aanbrengen van het conserveringssysteem wordt het staaloppervlak gestraald, totdat de vereiste straalreinheid volgens de richtlijn is bereikt. Diverse metingen in de RTD en ISO-normen moeten worden uitgevoerd om aan te tonen dat een kwalitatief goed systeem wordt aangebracht.

4.5 Constructieve aanpassingen

Uit de herberekening van Arcadis blijkt dat niet alle onderdelen voldoen aan de belastingen voor een (rest)levensduur van 50 jaar. De volgende eindconclusie is opgenomen in de herberekening [13]:

De brug voldoet net op de Eurocode voetgangersbelasting (geen mensenmenigte) op afkeurniveau. Er mag geen dienstvoertuig gelijktijdig met de voetgangersbelasting optreden en een onbedoeld voertuig mag niet op de brug komen. De leuningen kunnen maximaal 1,8 kN/m (180 kg/m) aan belasting opnemen. Dit is meer dan de leuningbelasting voor bruggen waar geen mensenmenigte voorkomt (0,8 kN/m).

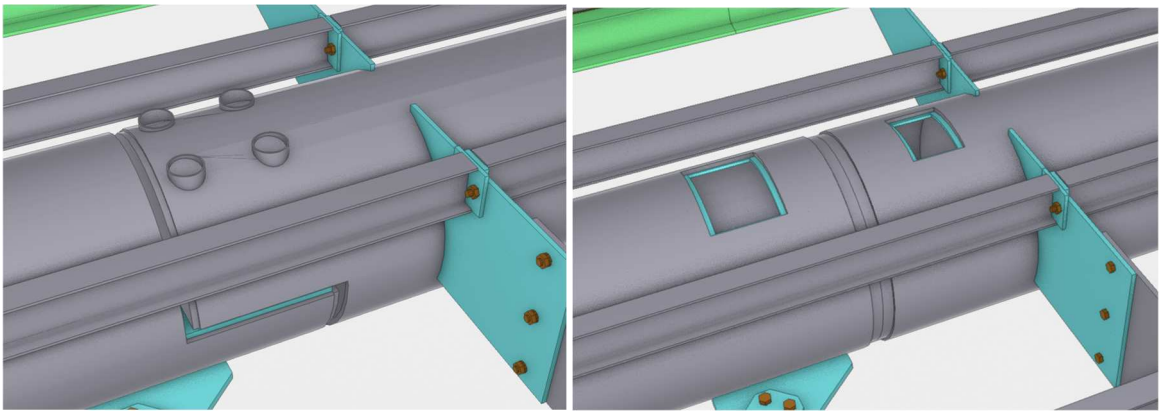
Niet alle onderdelen (vooral lasverbindingen) zijn gecontroleerd in verband met gebrek aan gegevens. De bovenstaande conclusie kan nog wijzigen aan de hand van de opgetreden corrosie, op dit moment is onbekend welke corrosie op welke plek aanwezig is waardoor er nog geen rekening gehouden is met corrosie. Wel is een inschatting van de toelaatbare corrosie toegevoegd.

Bovenstaande betekent dat als onderdeel van het groot onderhoud herstelmaatregelen nodig zijn om de Amaliabrug weer ten minste 50 jaar te laten voldoen. De omvang van maatregelen zijn in het VO globaal berekend (bijlage G). Door de gemeente is besloten om de leuning/rand niet aan te passen en de huidige sterkte te handhaven (dit komt neer op een maximale horizontale belasting op de leuning van 1,8 kN/m, wat minder hoog is dan in de Eurocode voorgeschreven bij een mensenmenigte).

De volgende constructieve maatregelen zijn nodig om te voldoen aan nieuwbouwniveau:
1. De boutverbindingen in de dwarsdragers versterken (bouten M24 in plaats van M16).
2. De twee buisliggers ter plaatse van de noordelijke pyloon over een lengte van 2,2 m vernieuwen (met grotere wanddikte van 20 mm).

4.6 Aanpassing tand-nokverbinding

In langsrichting van de hoofdliggers zijn vijf tand-nokverbindingen aanwezig en twee momentvaste verbindingen. De tand-nok verbindingen zijn niet inspecteerbaar en onderhoudbaar en vragen om die reden aanpassing. De huidige detaillering resulteert in accumulatie van hemelwater, vuil en dooizouten wat leidt tot versnelde degradatie.



Figuur 12: Links: tand-nok verbinding, rechts: momentvaste verbinding

De tand-nokverbinding wordt aangepast naar een scharnier met pen-gatverbinding (zie ontwerptekening). Deze verbinding is aanzienlijk beter inspecteerbaar. Het voordeel is dat hemelwater niet ophoopt op horizontale vlakken, zoals bij de nokken.

4.7 Aanpassing buisprofiel-portaal verbinding

Tussen de verbinding van buisprofiel-portaal is ruimte aanwezig waar vuil- en vocht zich kan ophopen. Dit resulteert in een versnelde corrosie, tevens zijn de profielen hier niet te inspecteren en te onderhouden. Het voorkomen van vochtophoping is een principe wat in de CROW-publicatie ‘Bruggen voor langzaamverkeer’ wordt benadrukt:

Wanneer vocht ergens kan blijven staan, ontstaat daar op den duur een vorm van aantasting of corrosie. Dit geldt voor de meeste materialen. Spleten tussen brug(onder)delen zijn een beruchte plek voor vochtophoping. Als een spleet zeer smal is, trekt deze door de capillaire werking vocht aan. Bij staal ontstaat hierdoor corrosie, hout zal gaan rotten.

Deze verbinding vraagt om bovengenoemde reden aanpassing, zodat de verbinding in de toekomst wel inspecteerbaar en onderhoudbaar is. De verbinding is aangepast door middel van een aangelaste voetplaat onder de buis. Deze voetplaat steunt via een teflon glijplaat en wigplaat op een schuin aflopende plaat om waterophoping te voorkomen (zie ontwerptekening). Aangezien hier een aanzienlijk deel van de doorsnede van het portaal verloren gaat is er in de “oksel” van het portaal een versterking nodig.

4.8 Verificatie ontwerp op eisen

Voor het voorontwerp zijn een aantal eisen geïnventariseerd en afgestemd (zie par. 2.2). In bijlage D is een verificatie van het ontwerp opgenomen.

5 Uitvoeringsconcept

5.1 Werkterrein en toegang

In de VO-fase is het beschikbare werkterrein en bouwlogistiek een belangrijk aandachtspunt. In het schetsontwerp is onderbouwd dat de Amaliabrug gedemonteerd moet worden om groot onderhoud (in de fabriek/werkplaats) uit te kunnen voeren. Hiervoor zijn twee opties: exceptioneel transport (vanwege grote breedte) van de volledige brugdekken of demontage van de brugdekken op een nabijgelegen werkterrein in ‘halve brugsecties’, en via regulier transport over de weg.

Voor de laatste optie is in de nabijheid van de brug een werkterrein nodig. Op het werkterrein worden de brugsecties verder gedemonteerd zodat de delen geschikt zijn voor transport over de weg. De bestaande bruggen in de buurt (onder andere de bruggen in de J.C. Kellerlaan, De Brink en Europaweg) zijn naar verwachting te laag om te kunnen passeren met een ponton en brugsectie.

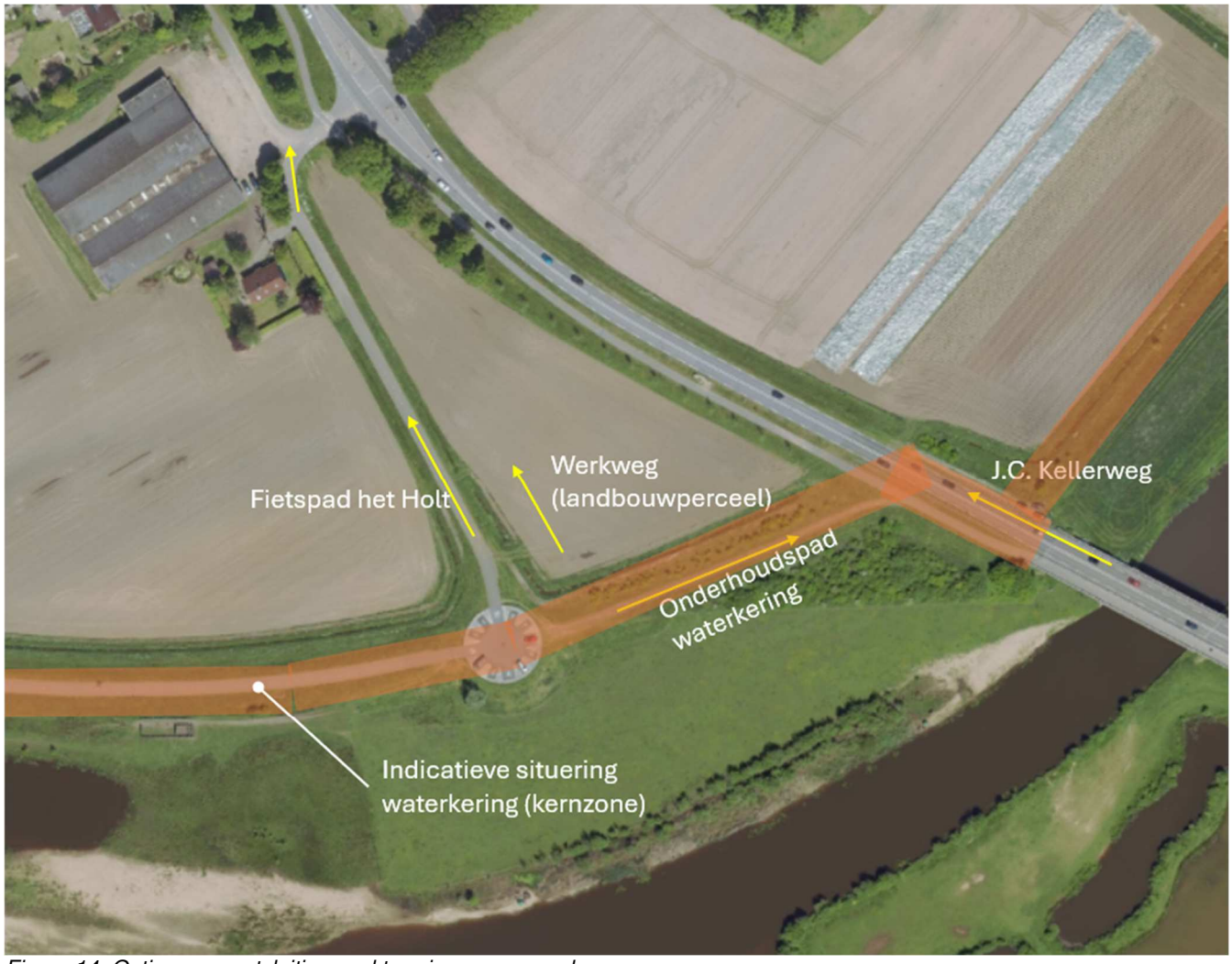
Bij voorkeur ligt het werkterrein dicht bij de Amaliabrug (afvoer via pontons), worden geen bruggen gepasseerd en is het werkterrein eenvoudig toegankelijk te maken voor transport over de weg. Optie 1 en 2 in onderstaande figuur zijn beschouwd en afgestemd met de gemeente Hardenberg. Optie 1 is iets westelijk gelegen van de Amaliabrug. Nadelen van deze locatie zijn dat er geen aanvoerroute in de nabijheid is en dat het terrein nabij bebouwing is gesitueerd. Optie 2 ligt aan de oostzijde, ca. 850 meter van de Amaliabrug (net voor de Willem-Alexanderbrug). Dit gebied ligt nabij de J.C. Kellerlaan die iets noordelijker is aangesloten op de N34. Dit werkterrein heeft de voorkeur en is in deze nota aangehouden als het werkterrein. Het terrein is gelegen in de uiterwaarde van de Vecht en de grond is in eigendom van het Waterschap Vechtstromen. Met het Waterschap zal in de vervolgfase afstemming plaats moeten vinden over het gebruik van het terrein en de randvoorwaarden die hieraan gesteld worden. Een belangrijke voorwaarde is dat de uiterwaarden in het hoogwaterseizoen vrij moet zijn van materiaal en materieel (dat geldt overigens ook voor het gebied rond de Amaliabrug).



Figuur 13: Mogelijke locaties werkterrein.

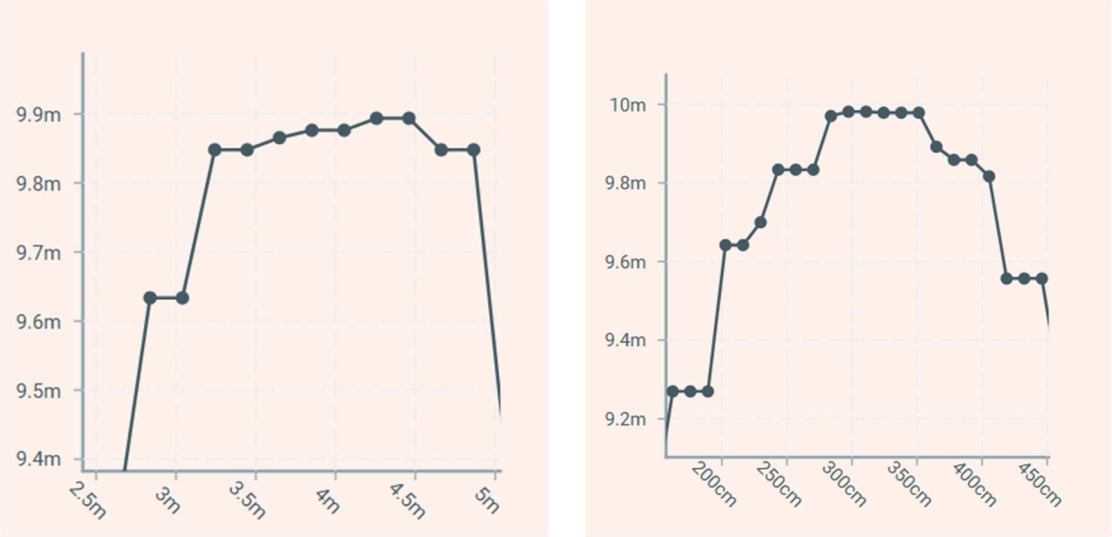
Voor de ontsluiting van het werkterrein en het afvoeren van de brugdelen zijn meerdere opties denkbaar. In onderstaande figuur is het gebied weergegeven. Een aandachtspunt is dat het terrein in hoogte verloopt, ter plaatse van de oranje zone is indicatief de regionale waterkering van het waterschap Vechtstromen gesitueerd. Bovenzijde van het maaiveld ligt ter plaatse van de kering op bijna NAP +10,0 m. De uiterwaarden liggen (volgens AHN) op een hoogte van ca. NAP +7,1 – +7,7 m. In of nabij de uiterwaarde kan een kraan worden opgesteld om de brugdelen op de oplegger te hijsen. Een viertal aan- en afvoerroutes voor wegverkeer zijn denkbaar:

1. Via fietspad ‘het Holt’
2. Via een werkweg (platenbaan) over het landbouwperceel
3. Via vrachtverkeer opgesteld op de J.C. Kellerlaan (tijdens kortdurende dag of nachtelijke afsluitingen van de weg voor verkeer)
4. Via het onderhoudspad op de waterkering



Figuur 14: Opties voor ontsluiting werkterrein voor wegverkeer.

De laatste optie wordt niet haalbaar geacht omdat de waterkering op diverse plaatsen onvoldoende breedte (<3 m) heeft voor een trekker met oplegger (zie doorsnedes figuur 8). Het fietspad ‘het Holt’ heeft een verhardingsbreedte van circa 4,0 m (in de bochten meer). Met name de bocht nabij de J.C. Kellerlaan vraagt hier aandacht, vrachtverkeer zal hier achteruit moeten steken. De bocht moet vrij zijn van objecten en voorzien van extra verhardingsbreedte (rijplaten) om het insteken met vrachtverkeer mogelijk te maken. Het is niet bekend of het fietspad bestand is tegen de belastingen vanuit het zware verkeer (mogelijk aanbrengen rijplaten). De route zal voor fietsverkeer (tijdelijk) moeten worden gestremd. Bij optie 3 zal de bouwkraan de brugdelen over een grote afstand moeten hijsen (circa 40 m). Dit resulteert in een dermate zware bouwkraan dat deze optie niet haalbaar/wenselijk wordt geacht. Voorkeursvariant ten aanzien van de ontsluiting is vooralsnog optie 1, via de bestaande fietsroute.



Figuur 15: Verloop doorsnede op twee locaties over waterkering (onderhoudspad) volgens AHN.



Figuur 16: Fietspad 'Het Holt' richting J.C. Kellerlaan.

5.2 Referentiefasering fietsbruggen

In de bouwfasering worden de volgende hoofdstappen onderscheiden.

- Fase 0: Voorbereidende werkzaamheden
- Fase 1: Demontage brug en transport naar werkterrein
- Fase 2: Verdere demontage brugsecties, transport over de weg
- Fase 3: Uitvoeren groot onderhoud in fabriek:
  - Verwijderen aangetaste delen
  - Aanpassen staalconstructie
  - Aanbrengen nieuwe conservering
- Fase 4: Transport onderdelen naar werkterrein Hardenberg
- Fase 5: Uitvoeren groot onderhoud:
  - Montage brugsecties
  - Aanbrengen nieuwe GVK dekconstructie (incl. slijtlaag)
  - Aanbrengen nieuwe houten leuningen
- Fase 6: Transport naar locatie, montage dekdelen

Bovenstaande stappen gelden voor zowel de Amaliabrug als de noordelijke brug. Een referentiefasering met visuele weergave van de fasen met specifieke bouwlogistiek nabij de Amaliabrug (fase 1, 2 en 6) is opgenomen als bijlage B.

In het geval dat de brugdekken niet ‘gehalveerd’ worden maar de volledige dekken (met vergunning) over de weg vervoerd worden, vervallen de stappen 2 en 5. In dat geval worden de werkzaamheden in fase 5 ook in de fabriek/werkplaats uitgevoerd (de leuningen vanwege breedtebeperking eventueel op locatie).

Het is ook nog denkbaar dat de brug op locatie gedemonteerd wordt en in halve brugsecties wordt uitgehesen. In dat geval worden de leuningen en brugdekplanken eerst verwijderd, waarna de dwarsdragers worden gedemonteerd. Vervolgens worden de ‘halve brugsecties’ uitgehesen. Deze optie is met name interessant als de resterende brugsectie zonder hulpwerken stabiel is (dit vraagt een constructieve analyse).

5.3 Demontage en montage Amaliabrug

Voor de demontage en montage van de brugdelen is de inzet van zwaar materieel nodig. Het gebied rond de Amaliabrug is lastig bereikbaar voor grote kranen. Aan de noordzijde is een brede uiterwaarde/overloopgebied gesitueerd, deze zone staat voor een groot deel onder water. Tijdens de bouw was het uiterwaardegebied ten westen van de brug toegankelijk. Later (omstreeks 2016) is een nevengeul gerealiseerd wat een belemmering vormt voor de toegankelijkheid voor materieel. Verder moet de waterkering worden gepasseerd om hier te komen. De zuidzijde is lastig bereikbaar vanwege de dichte bebouwing (centrumzijde).

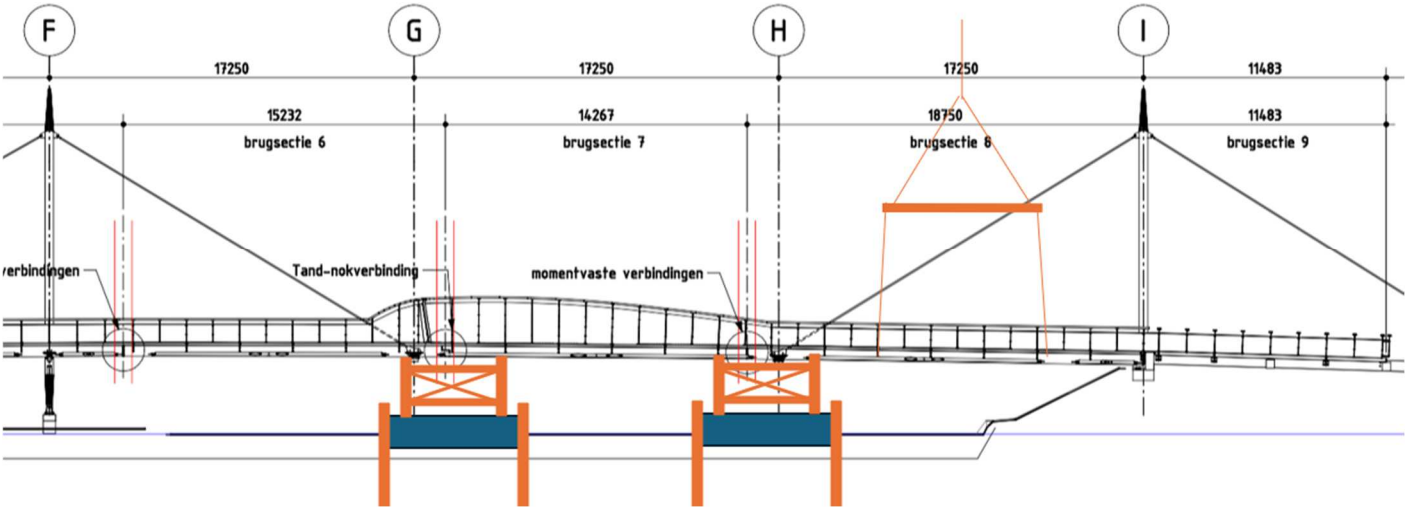
De Amaliabrug bestaat uit in totaal 9 secties (zie VO-ontwerptekening). Deze brugsecties zijn genummerd van 1 t/m 9. Ter plaatse van de verbindingen in de buisliggers zijn de dekdelen van elkaar te scheiden. De lengtes, breedtes en massa van de brugsecties varieert. Bij de laatste brugsectie (9) aan de zuidzijde zijn de IPE- en UNP-profielen op een betonnen balkrooster gelegd, dit laatste deel is daarmee niet in zijn geheel uit te hijsen maar kan ter plaatse met licht materieel worden gedemonteerd.

In deze analyse is ‘worst case’ uitgegaan van het scenario waarbij de brugdekken in zijn geheel (incl. leuningen en dekplanken) worden gedemonteerd. In de vervolgfase kan in detail worden gekeken of demontage op locatie van de bestaande brug haalbaar is en resulteert in (kosten)optimalisatie.

De lengte van de meeste brugsecties is 18,5 m. Deze hebben indicatief een gewicht van 16 ton (incl. gewicht van leuningen en GVK dekplanken). Brugsectie 1 aan de noordzijde steekt langer door over het landhoofd en komt met een lengte van 24,5 m op een massa van indicatief 21 ton. Brugsectie 4 en 7 hebben een grotere breedte (rustpunten op de brug met bankjes) waarvoor een toeslag (5%) is gerekend op de massa.

Sectienr.	Lengte	Massa (indicatie)	Aandachtspunt
1	24,46	21,3	
2	18,50	16,2	
3	18,50	16,2	
4	18,50	17,0	Verbrede doorsnede (rustpunt)
5	18,52	16,2	
6	15,23	13,4	
7	14,27	13,1	Verbrede doorsnede (rustpunt)
8	18,75	16,4	

De secties 6, 7 en 8 boven de hoofdstroom van de Overijsselse Vecht vragen extra aandacht. Voorafgaand aan het loshalen van de tuien worden ondersteuningsconstructies geplaatst in de Vecht (op gestabiliseerde pontons en/of liggers op buispalen), onder de verbindingen van de brugsecties. De ondersteuningsconstructies worden voorzien van vijzels om het dek iets te vijzelen en de tuien te ontlasten. De tuien zijn voorgespannen en worden aan beide zijden van de pylonen, gelijktijdig losgehaald (om een asymmetrische belasting op de pylonen te voorkomen). Na het loshalen van de tuien kunnen de brugsecties 8, 7 en 6 achtereenvolgens worden uitgehesen. Bij de overige brugsecties zijn geen tijdelijke ondersteuningsconstructies nodig.



Figuur 17: Ondersteuningsconstructies in de Vecht t.b.v. demontage brugsecties.

Voor het uithijsen van de brugsecties en verder afvoeren zijn enkele opties denkbaar.

Optie 1A: Inzet van mobiele bouwkranen

- Vanwege de grote lengte van de brug zijn meerdere opstelposities van kranen nodig. Het opstellen van een kraan aan de zuidzijde (centrum) is technisch wellicht mogelijk maar heeft, vanwege de beperkte ruimte en veiligheid voor de omgeving, niet de voorkeur. Het afvoeren van een brugdek door het centrum wordt niet haalbaar (en vanuit oogpunt V&G ook niet wenselijk) geacht. Gekozen is voor twee opstellocaties van mobiele bouwkranen; één aan de noordzijde en één op de landtong.
- Voor de laatste positie zal een tijdelijke kistdam (met damwanden, grondverbetering en puingranulaat) aangebracht moeten worden. Ook op de opstellocaties zal een stabiele ondergrond gerealiseerd moeten worden. Mogelijk moeten bij de landtong buispalen worden aangebracht om voldoende stabiliteit te creëren voor de bouwkraan.
- Gezien de lengte en massa van brugsecties zal naar verwachting een zware 700 of 800-tons kraan nodig zijn. De kraan wordt aangevoerd via de noordzijde over de waterkering. Getoetst moet worden of de waterkering en fietspad bestand is tegen de as-lasten (ca. 12 ton, assen op ca. 1,6-1,8 m hart-op-hart)). Een hellingbaan moet

worden aangebracht om de bouwkranen van de waterkering in de uiterwaarde te krijgen. Hier moet het hoogteverschil van ca. 2,5/3,0 m gelijkelijk (zonder grote knikken) worden overbrugd.
- De kraan zal eerst op de meest zuidelijke positie worden opgesteld (op de landtong) om de zuidelijke dekken uit te hijsen. Vervolgens wordt de kraan op de noordelijke positie opgesteld voor de resterende brugdekken.
- Bij optie 1 is de afvoer van de brugsecties bedacht via het fietspad 't Holt aan de noordzijde. De trekker met oplegger zal hier vanaf de J.C. Kellerlaan moeten komen, waarbij de bochten verbreed zijn en voorzien van rijplaten (bij perceel 't Holt 6 en de ronde autoparkeerplaats). De oplegger wordt voorzien van een verbreed oplegvlak zodat de ronde buisprofielen ondersteund worden. Tijdens de demontage (en montage) zal het fietspad 't Holt gedurende ca. 2 dagen niet beschikbaar zijn voor fietsverkeer. De woning 't Holt 2 zal alleen gedurende periodes toegankelijk zijn tijdens de uitvoering van de werkzaamheden ter plaatse.
- Nabij de ronde autoparkeerplaats wordt een mobiele bouwkraan (ca. 230tons/450tons) opgesteld om de brugdekken op het werkterrein te hijsen voor verdere demontage (en vervolgens vanaf het werkterrein op de oplegger).

Optie 1B: Inzet van mobiele bouwkranen + exceptioneel transport
- Net als bij optie 1A wordt een mobiele (700/800-tons) bouwkraan ingezet, met twee opstellocaties; één aan de noordzijde en één op de landtong.
- Bij optie 1B is geen werkterrein nodig nabij de J.C. Kellerlaan maar worden de brugdekken met volledige breedte van 5,5 m (eventueel op locatie ontdaan van leuningen) via de weg vervoerd. Hiervoor is een vergunning nodig (breedte transport).
- De brugsecties 4 en 7 zijn voorzien van een verbreding. Het vraagt nader onderzoek naar de route en mogelijke knelpunten om te bepalen of vervoer van deze brede dekken mogelijk is (en of een vergunning kan worden verkregen). Desgewenst worden deze dekken tijdelijk nabij de brug opgelegd voor verdere demontage.

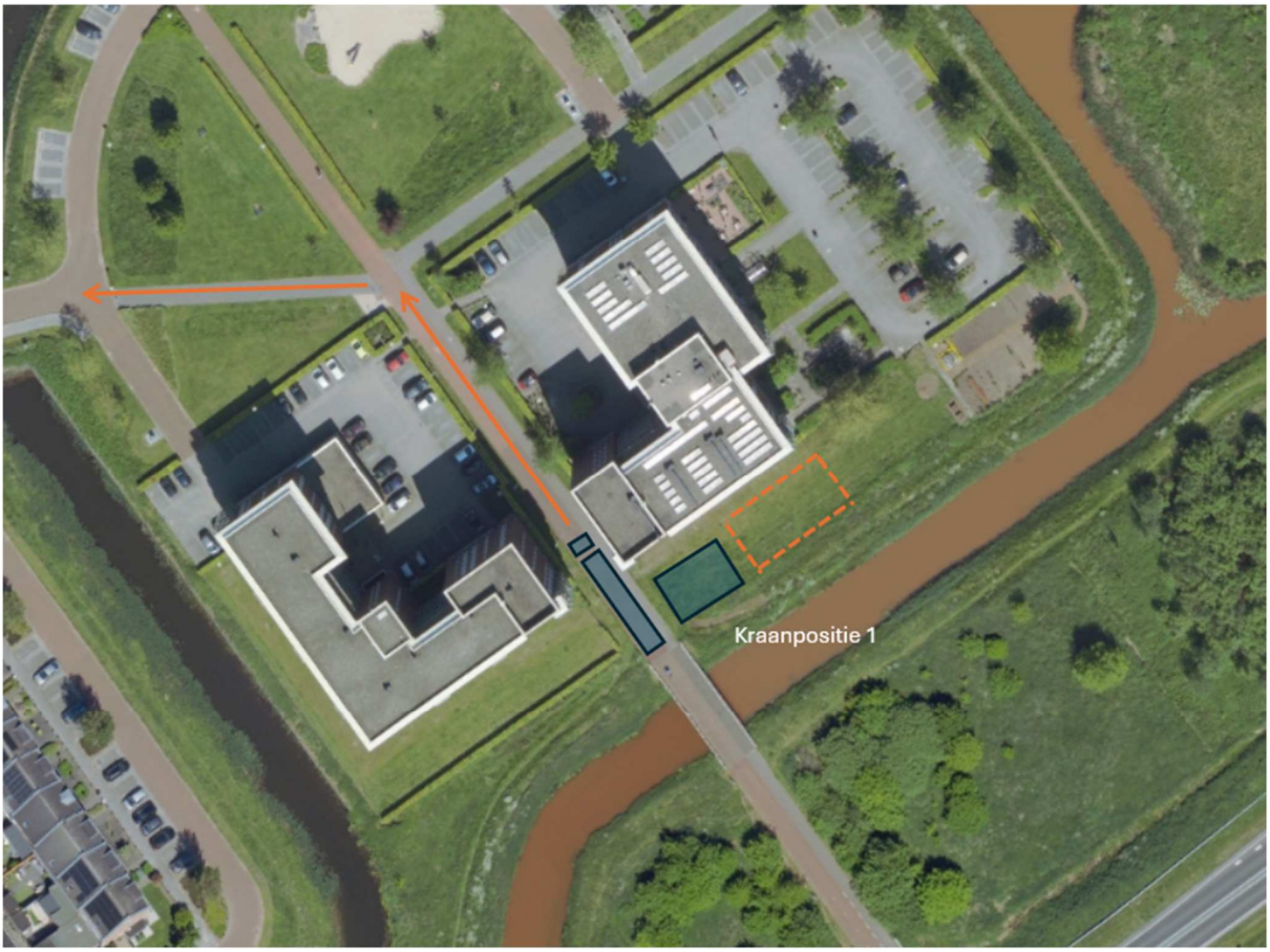
Optie 2: Combinatie van mobiele bouwkranen met pontons
- Een alternatieve optie is om (koppel)pontons in te zetten voor het vervoer van de brugsecties naar het werkterrein. Hierbij kunnen de pontons worden voorzien van een kraan, maar de kranen kunnen ook op land zijn gepositioneerd. Het plaatsen van een kraan op een ponton vraagt veel handelingen en is overwegend duurder. Bij optie 2 zal dan ook een kraan nodig zijn op het werkterrein. Aan de zuidzijde van het werkterrein moet de Vecht voldoende diepgang hebben om de pontons nabij de oever te positioneren.

Als de dekdelen getransporteerd zijn naar het werkterrein (bij optie 1A en optie 2) worden deze verder gedemonteerd. De dekken worden hier op wagens gezet, op het geëgaliseerde en (bv. met stelconplaten) verharde werkterrein. Hier worden de dekplanken gedemonteerd en de dwarsdragers losgekoppeld zodat de 'halve secties' eenvoudiger transporteerbaar zijn over de weg. De montage van de Amaliabrug wordt op dezelfde wijze als de demontage, in omgekeerde volgorde, uitgevoerd.

Aandachtspunten:
- Met het waterschap is afstemming nodig over het gebruik van de uiterwaarde als werkterrein (zowel het deel rond de Amaliabrug als het gebied nabij de J.C. Kellerlaan) en de beperkingen/randvoorwaarden die gelden. Specifiek vraagt hierin ook de onderbreking/demping (tijdelijke dam) in de nevengeul aandacht.
- Aanbevolen wordt om de stabiliteit van de waterkering en het fietspad te onderzoeken en de mogelijkheid om deze met zwaar materieel (mobiele kraan) te belasten.
- Het verdient aanbeveling om de grondgesteldheid van de gebieden in de uiterwaarde te onderzoeken, specifiek de locaties waar kranen opgesteld moeten worden.
- Aanbevolen wordt om de diepgang van de Vecht en nevengeul en het maaiveldverloop van het werkterrein en de waterkering te onderzoeken.
- Ten behoeve van eventuele graafwerkzaamheden in de uiterwaarde is nader onderzoek nodig naar de water- en bodemkwaliteit.
- Aan de noordzijde van de brug ligt een hogedrukgasleiding. Dit vraagt aandacht bij de werkzaamheden.

5.4 Demontage en montage noordelijke brug

Voor demontage (en montage) van de noordelijke brug wordt een 230/450tons kraan ingezet. De kraan wordt aan de noordoostzijde opgesteld. De brug is via de noordzijde (Koehierdesteeg en Schoutenhof) bereikbaar. De brug wordt na uithijsen op het grasveld gedemonteerd en de halve brugsecties worden op een dieplader gelegd en afgevoerd.



Figuur 18: Positie bouwkraan en werkterrein noordelijke brug.

Bereikbaarheid vanaf de N34 wordt minder kansrijk geacht, vanwege de hoogteverschillen tussen de N34 en het omliggende maaiveld. Tevens zal de N34 ten tijde van het in-en uithijsen van de Noorderbrug tijdelijk niet beschikbaar zijn. Gezien de afmetingen en met name het gewicht van het brugdek, dient een zware mobiele kraan te worden ingezet, waarbij mogelijk ook voorzieningen moeten worden getroffen aan het opstellen van de kraan (draagkracht ondergrond).

Aandachtspunten:

- Hijsen tussen de beide appartementsgebouwen vraagt aandacht i.r.t. schade aan bebouwing en veiligheid voor de omgeving. Hiervoor moet een hijsplan worden opgesteld door de uitvoerende partij.
- Het bouwverkeer moet door de wijk enkele (relatief) krappe bochten nemen, hier zijn mogelijk aanpassingen nodig (plaatsen van rijplaten, verwijderen lichtmasten, e.d.). Een rijcurvesimulatie van een trekker met oplegger voor de passage van de Schoutenhof, Van Kouwenborchlaan en Edelinckstraat is opgenomen in bijlage C. De ruimte is erg krap wat begeleiding en extra maatregelen vraagt. Uit de simulatie blijkt dat parkeerplaatsen tijdelijk moeten worden ontruimd en rijplaten moeten worden aangebracht ter plaatse van grasveld/plantsoenen.
- Ten tijde van de demontage en montage zullen de parkeerplaatsen van de appartementsgebouwen tijdelijk niet beschikbaar zijn. Dit zal naar verwachting tweemaal één dag zijn.

5.5 Uitvoeringsplanning

De Amaliabrug is bepalend voor de doorlooptijd van de uitvoering. Hiervoor is een uitvoeringsplanning opgesteld, waarbij de verschillende deelstappen in de bouwfasering zijn opgenomen. De werkzaamheden zijn in onderstaande tekst toegelicht met aangehouden uitgangspunten. De uitvoering van de noordelijke brug kan vooruitlopend of gelijktijdig met de Amaliabrug worden uitgevoerd.

Algemeen
- De uitvoeringsplanning is opgesteld vanaf de aanbesteding. In lijn met de engineeringsplanning is de verwachting dat eind oktober 2025 een contract opgesteld is. Voor start aanbesteding is begin december 2025 aangehouden.
- Uitgegaan is van een (openbare) aanbesteding zonder voorselectie, met een doorlooptijd van 4 maanden.
- In lijn met het project Prins Bernhardbrug moet de afvoer van water tijdens de hoogwater periode, van uiterlijk 15 oktober tot 1 april, zijn gewaarborgd. Uiterlijk 15 oktober moet het winterbed leeg moet zijn.
- Uitgangspunt is dat er geen hoogwater is tijdens de zomerperiode. Mocht dit het geval zijn dan moet materiaal/ materieel uit het winterbed worden gehaald en moet zo min mogelijk opstuwing worden veroorzaakt. Het risico is aanwezig dat de uitvoering vertraagd omdat sprake is van (dreigend) hoog water.
- De regulier termijn voor omgevingsvergunning is 8 weken + 6 weken verlengtermijn + 6 weken beroepsprocedure. Totaal komt dit in het ongunstige geval op 20 weken.
- Voor vergunningen met een langere doorlooptijd (bv. de natuurontheffing) wordt als uitgangspunt aangehouden dat de gemeente deze vooruitlopend voorbereid en indient.

Fase 0: Voorbereidende werkzaamheden:
- Inrichten werkterrein en aanleg tijdelijke hellingbaan, dam/overbrugging, werkwegen en verhard werkterrein
- Kabel (verlichting) loskoppelen en verwijderen
- Leuningdelen (t.p.v. sectiescheidingen) demonteren
- Verlichtingsmasten demonteren
- Loskoppelen dek/verbindingen
- Verwijderen dekplanken en profielen t.p.v. sectiescheidingen
- Omleidingsroutes in gang zetten

Fase 1: Demontage brug en transport naar werkterrein
Deze activiteit is beschreven in par. 5.3. De doorlooptijd is ca. 2 dagen. Het betreft het uithijsen van de brugsecties en het transport naar het nabijgelegen werkterrein.

Fase 2: Verdere demontage brugsecties, transport over de weg
Na het transporteren van de gehele brugsecties naar het werkterrein worden de secties verder gedemonteerd. Hierbij worden de dekplanken en leuningen gedemonteerd. De dwarsdragers worden losgekoppeld voor verder vervoer van de ‘halve brugsecties’ over de weg. De doorlooptijd wordt geschat op ca. 1 week.

Fase 3: Uitvoeren groot onderhoud in fabriek
Onderstaande activiteiten worden uitgevoerd in de fabriek:
- Verwijderen aangetaste stalen delen
- Aanpassen staalconstructie (constructieve aanpassingen en aanpassing verbindingen)
- Aanbrengen nieuwe conservering

In fase 3 worden de aanpassingen aan de staalconstructie in een fabriek uitgevoerd waarna de dekken voorzien worden van een nieuwe (minimaal 3-laags) conserveringssysteem. Het betreft een arbeidsintensief proces wat voor de verschillende brugsecties en overige onderdelen (portalen en pylonen) wordt uitgevoerd. De stalen onderdelen worden in zijn geheel gestraald voordat de conservering kan worden aangebracht. Delen die te veel zijn gecorrodeerd moeten (lokaal) worden vervangen. Aangezien de mate van aantasting en vervangen nog niet goed is in te schatten (gezien lopende onderzoeken) is het lastig om de doorlooptijd goed in te schatten. Vooralsnog is uitgegaan van een doorlooptijd van 10 maanden voor het herstel van stalen delen en voor het conserveren.

Fase 4: Transport onderdelen naar werkterrein Hardenberg
Vervolgens worden de brugdelen vervoerd naar het werkterrein (vergelijkbaar met fase 2 maar in omgekeerde volgorde).

Fase 5: Uitvoeren groot onderhoud
Op het werkterrein worden de ‘halve brugsecties’ verder in elkaar gemonteerd:
- Montage brugsecties
- Aanbrengen nieuwe GVK dekconstructie (incl. slijtlaag)
- Aanbrengen nieuwe houten leuningen

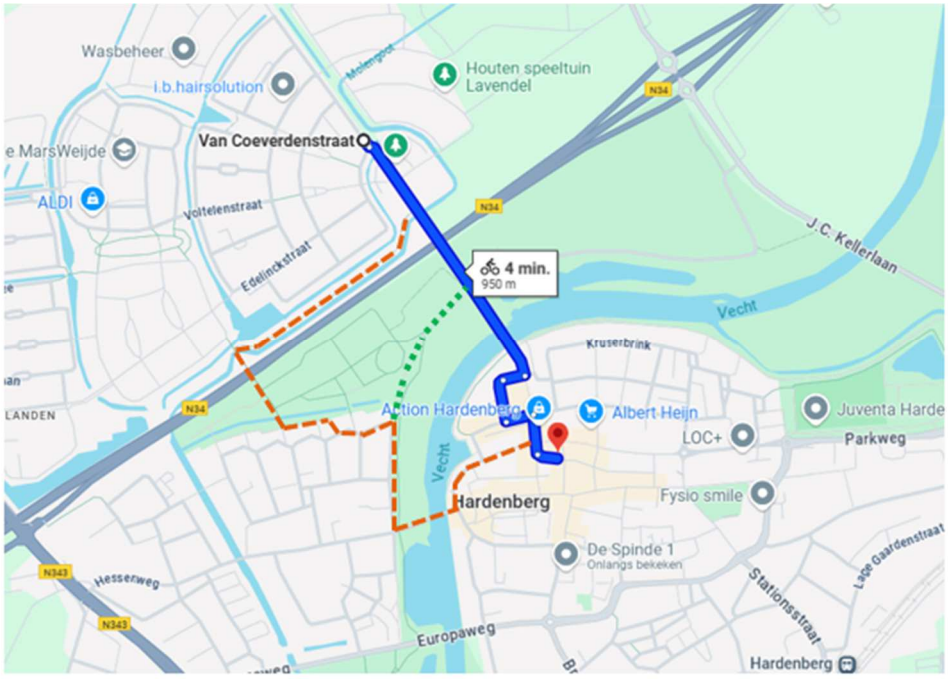
Fase 6: Transport naar locatie, montage dekdelen
In fase 6 worden de brugsecties naar de locatie gereden en/of gevaren om vervolgens op zijn plek te worden gehesen. Hierbij worden de brugsecties van noord naar zuid ingebracht (beginnend bij sectie 1). De werkzaamheden in deze fase zijn vergelijkbaar met fase 1 maar in omgekeerde volgorde.

De uitvoeringsplanning is opgenomen als bijlage E. Hierbij gelden de volgende aandachtspunten en conclusies:
- De voorbereidende werkzaamheden vragen een wat langere doorlooptijd dan ingeschat in de SO-fase. Het gaat niet alleen om het ontwerpen van de wijzigingen in de staalconstructie maar ook om de tijdelijke voorzieningen (tijdelijke dam/overbrugging t.b.v. bouwkranen en hellingbaan).
- Het hoogwaterseizoen geef een grote belemmering in de planning. Tijdens de periode 15 oktober – 1 april mag er geen materiaal/materieel in de uiterwaarde zijn opgesteld. De werkzaamheden in fase 0, 1, 2, 4, 5 en 6 moeten buiten deze periode worden gepland. Het gevolg is dat werkzaamheden niet aansluitend uitgevoerd kunnen worden.
- Het is een overweging om werkzaamheden in de voorbereiding naar voren te halen (denk aan het ontwerp van de wijzigingen in het ontwerp van de fietsbrug) om de vergunningen deels eerder in te dienen. Hierbij kan gedacht worden aan een E&C contract of een bouwteam. Op deze wijze kan tijd worden gewonnen en de demontage en afvoer van brugdekken mogelijk nog voor 15 oktober 2026 worden gerealiseerd.
- Zonder deze maatregelen vallen de hoogwaterperiodes ongunstig in de planning waardoor de Amaliabrug pas in mei 2028 weer in gebruik is en de brug ruim een jaar uit functie is.

5.6 Verkeershinder

Tijdens de realisatie zal de fietsverbinding Koehierdesteeg deels buiten gebruik zijn. Het fietsverkeer zal dan omrijden. Tijdens de renovatie van de noordelijke brug kan een hulpbrug worden ingezet (gedurende ca. 3 maanden). De omrijdroute kan dan aanzienlijk worden ingekort:

- Rechtstreekse route vanuit woonwijk naar het centrum: 950 m
- Route 1: omrijden via de Voordesteeg / De Brink: 1,9 km (factor 2), extra reistijd ca. 2 min. 51 sec
- Route 2: omrijden via Het Holt / De Brink (met inzet hulpbrug t.p.v. de noordelijke brug): 1,4 km (factor 1,5), extra reistijd ca. 1 min. 39 sec



Figuur 19: Omrijdroutes fietsverkeer.

Voor de Amaliabrug zal de stremming ca. 1 jaar duren. Gedurende deze periode wordt een omleidingsroute ingesteld.

Tijdens de uitvoeringswerkzaamheden (demontage en montage) is tevens hinder te verwachten:

- Fietspad 't Holt (aan de noordzijde van de Vecht) zal tijdens fase 0, 1, 2, 4, 5 en 6 niet beschikbaar zijn voor doorgaand verkeer. Het fietsverkeer zal dan via de noordzijde (Heemsermarsweg) of zuidzijde (via het centrum) om moeten rijden. De omrijdtijd is relatief beperkt, het gaat tweemaal om een aaneengesloten periode van 5 – 7 weken.
- De woning aan 't Holt 2 zal in deze periode toegankelijk moeten blijven. Passage van bestemmingsverkeer vraagt in deze periode afstemming om de veiligheid te waarborgen.



Figuur 20: Omrijdroutes fietsverkeer tijdens uitvoeringswerkzaamheden Amaliabrug.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

1. De scope van groot onderhoud aan de Amaliabrug is erg omvangrijk vanwege de specifieke problematiek van de brug [9]. Deze problemen richten zich op de vergaande mate van corrosie van de brug en het niet goed functioneren van de brug.
2. Het groot onderhoud bestaat op hoofdlijn uit het vervangen van zwaar aangetaste stalen delen, de vernieuwing van verbindingen tussen de brugsecties, het constructief versterken van enkele onderdelen, alle stalen onderdelen voorzien van nieuwe conservering, het aanbrengen van nieuwe dekplanken van glasvezelversterkte kunststof (GVK) en het aanbrengen van nieuwe houten relingen.
3. Voor de Amaliabrug is een herberekening uitgevoerd door Arcadis waaruit blijkt dat de brug onder bepaalde voorwaarden open kan blijven. Hierbij dient o.a. de aanwezigheid van een mensenmenigte en een onbedoeld voertuig (totaalmassa 12 ton) te worden voorkomen. Als onderdeel van het groot onderhoud dienen diverse versterkingsmaatregelen te worden genomen om te brug te laten voldoen (aan minimaal 50 jaar restlevensduur). Deze versterkingsmaatregelen moeten in de vervolgfase verder worden uitgewerkt.
4. In het oorspronkelijke ontwerp zijn ontwerpkeuzes gemaakt die niet volledig herstelbaar zijn en die na groot onderhoud niet in een optimale eindsituatie resulteren. Een nadeel van een dek met GVK-planken is de matige afvoer van hemelwater (functionaliteit). Het dek wordt uitgevoerd met open dilataties waardoor op onderliggende staalprofielen (ook in de toekomst) een versnelde corrosie kan plaatsvinden. Tevens is de brugconstructie zodanig ontworpen dat deze risico loopt op '*progressive collapse*'[2]. Deze risico's zijn slechts in beperkte mate beheersbaar bij een keuze voor groot onderhoud.
5. Vanwege de problematiek met de bestaande conservering, de mate van aantasting en de voorbehandeling [9] is het nodig om de brugdelen te demonteren, de oude conservering in zijn geheel te verwijderen en het oppervlak te stralen, voor te behandelen en te voorzien van een nieuw conserveringssysteem. Ook vanwege de vernieuwing van de verbindingen is demontage nodig.
6. De demontage en montage van de brugdekken is gezien de bereikbaarheid van de locatie een complexe opgave. Voor zowel demontage als montage is de inzet van zware mobiele bouwkranen noodzakelijk. Opstellocaties van de bouwkranen is bedacht aan de noordzijde (direct ten zuiden van de waterkering) en op de landtong tussen de vaarweg en nevengeul. Hiervoor is het nodig om een tijdelijke dam of overbrugging te realiseren en een hellingbaan vanaf de waterkering. Om de technische haalbaarheid, de omvang van benodigde hulpwerken en kosten goed vast te stellen is nader onderzoek aanbevolen (zie par. 6.2).
7. Voor de demontage en montage zijn verschillende uitvoeringsopties denkbaar; afvoer van volledige brugsecties direct naar de fabriek/werkplaats, demontage van brugsecties op een nabijgelegen werkterrein en demontage op de locatie van de brug.
8. Een belangrijke randvoorwaarde bij de uitvoeringswerkzaamheden is dat geen materieel opgesteld mag zijn in de uiterwaarde (winterbed) gedurende de hoogwater periode (van uiterlijk 15 oktober tot 1 april). Vanwege de omvang van het groot onderhoud en de benodigde tijdelijke voorzieningen in de uiterwaarde wordt het niet haalbaar geacht om in het 'droge seizoen' alle werkzaamheden uit te voeren. Dit resulteert in een uitvoering van groot onderhoud waarbij demontage van Amaliabrug plaatsvindt in (mei) 2027 en de montage van de aangepaste en nieuw geconserveerde brugsecties in (mei) 2028. De Amaliabrug zal naar verwachting een jaar buiten gebruik zijn.

6.2 Aanbevelingen

1. Aanbevolen wordt om de beschikbaarheid van het werkterrein en de beoogde werkzaamheden nabij de waterkering en in de (uiterwaarde van de) Overijsselse Vecht af te stemmen met het waterschap. De aanvullende randvoorwaarden die het waterschap stelt, resulteert mogelijk in een herziening van de uitvoering. In het bijzonder vragen de volgende aspecten aandacht:
   - Het gebruik van de regionale waterkering als aan-/afvoerroute voor de bouwkranen en brugdekken (stabiliteit van de kering en maximale as-lasten);
   - Het aanleggen van een tijdelijke dam in de nevengeul van de Overijsselse Vecht (en deze, al dan niet voorzien van doorvoeren, in de winterperiode laten liggen).
2. Aanbevolen wordt om aanvullend onderzoek te doen naar:
   - de bodemdiepte van de Overijsselse Vecht (hoofdstroom en nevengeul),

[2] Progressief falen is het proces waarbij een primair constructie-element faalt, wat resulteert in de falen van aangrenzende constructieve elementen. Hiervan is sprake bij falen van de verbinding tussen de buisliggers.

- de draagkracht van de bodem (op het werkterrein in het algemeen, bij potentiële opstellocaties van bouwkranen in het bijzonder),
- de milieukundige waterkwaliteit en bodemkwaliteit bij de nevengeul (potentiële locaties waar gegraven wordt),
- de draagkracht van het fietspad 't Holt (en bestandheid tegen mobiele bouwkraan).

3. Binnen het onderzoeksgebied zijn nestplaatsen van boerenzwaluw en huiszwaluw vastgesteld. Als gevolg van het voornemen om groot onderhoud uit te voeren gaan deze nestplaatsen verloren. Nestplaatsen van boerenzwaluw en huiszwaluw zijn jaarrond beschermd binnen de provincie Overijssel. Gelet op de permanente aantasting van nestplaatsen, als gevolg van het voornemen, is een vergunningsplicht aan de orde. Het wordt aanbevolen om, gezien de lange doorlooptijd van de vergunning, vooruitlopend op de gunning van het werk een activiteitenplan op te stellen en de betreffende vergunning aan te vragen.
4. Aangezien de keuze voor de uitvoeringswijze sterk verweven is met een groot aantal aspecten (constructieve veiligheid, V&G, kosten, inzet materieel, maakbaarheid, e.d.) wordt aanbevolen om de verdere uitwerking met de aannemer op te pakken (bv. in bouwteamverband).

Bijlage A Ontwerptekening VO

Bijlage B Referentiefasering

Bijlage C Draaicirkel trekker met oplegger

Bijlage D Verificatie ontwerp

ID	Eistekst	Verificatie resultaat	Toelichting
1	De bruggen dienen te voldoen aan een minimale restlevensduur van 50 jaar.	Voldoet deels	Om te voldoen aan deze eis zijn versterkingsmaatregelen benoemd (zie par. 4.5 en de herberekening). De exacte omvang en onderbouwing moet nog worden uitgewerkt.
2	De (nieuwe) conservering dient een minimale levensduur te hebben van 20 jaar.	Voldoet	Voor de nieuwe conservering wordt uitgegaan van een systeem conform de eisen in de RTD 1032 (zie par. 4.4).
3	De bruggen dienen bestand te zijn tegen een verkeersbelasting door een dienstvoertuig volgens NEN-EN 1991-2.	Voldoet deels	Zie reactie bij eis 1
4	De bruggen dienen bestand te zijn tegen belastingen volgens de Eurocodes met gevolgklasse CC2.	Voldoet deels	Zie reactie bij eis 1
5	Stalen onderdelen dienen te zijn geconserveerd volgens de richtlijn RTD 1032.	-	Nadere uitwerking conserveringssysteem in vervolgfase door ON
6	Het brugdek dient te zijn uitgevoerd met GVK dekplanken.	Voldoet	In VO is ontwerp met GVK-brugdekplanken uitgewerkt
7	De relingen dienen te zijn uitgevoerd in hardhout met duurzaamheidsklasse 1 of 2.	Voldoet	Zie par. 4.2
8	Leuningen dienen een hoogte te hebben boven het aangrenzende dek van minimaal 1,0 m (rechtens verkregen niveau).	Voldoet	Zie VO-ontwerptekening
9	De bruggen dienen ter plaatse van fiets- en voetpad te zijn voorzien van een slijtlaag.	Voldoet	Zie VO-ontwerptekening
10	De slijtlaag op de brug dient te zijn uitgevoerd in kleur rood voor het fietspad en kleur grijs voor het voetpad, in lijn met de kleuren van aangrenzende paden.	Voldoet	Zie VO-ontwerptekening

Bijlage E Uitvoeringsplanning

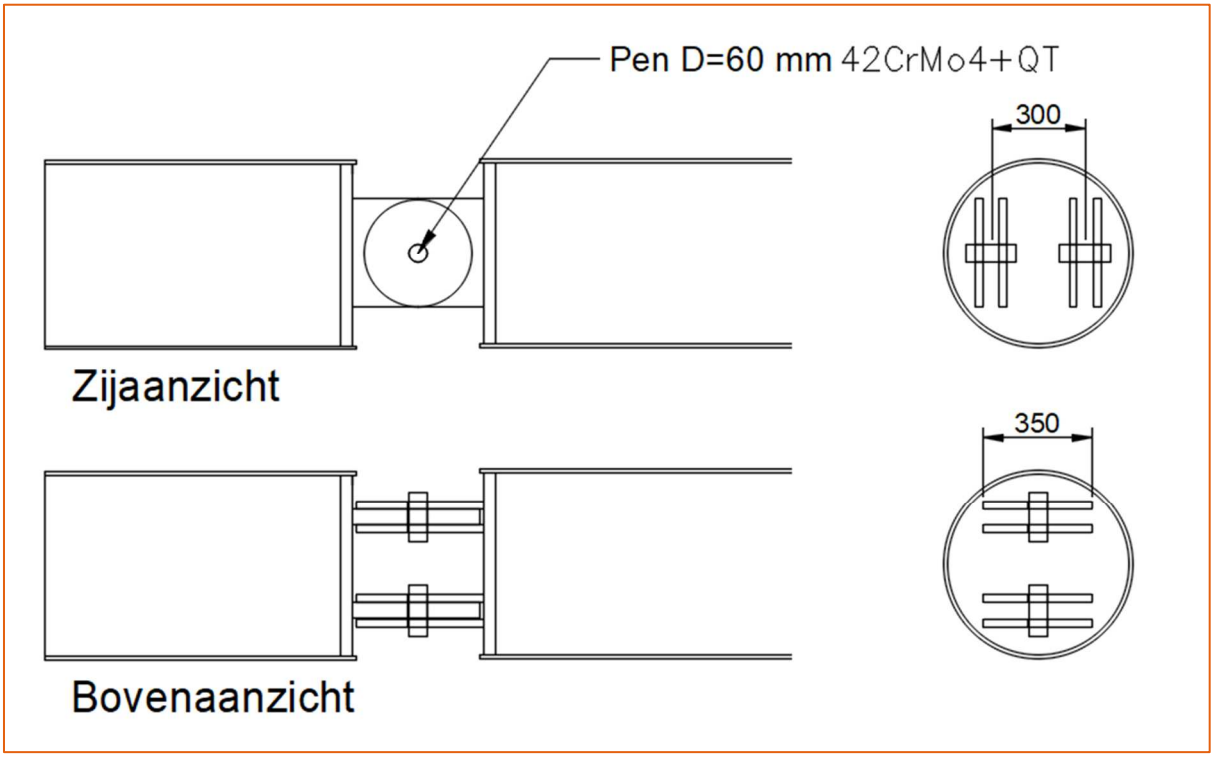
Bijlage F Constructieve berekening pen-gat verbinding

Vanuit het model behorend bij de herberekening zijn voor de UGT-situatie (inclusief onderhoudsvoertuig en mensenmenigte) de snedekrachten uitgelezen bij de huidige tand-nok verbindingen.

Linear calculation
Class: All ULS
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Global
Selection: All
Filter: Layer = Tand-nok

Name	dx [mm]	Case	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
B751	0,000	ULS2-2/1	**-1054,74**	97,68	-183,21	-79,31	36,69	-27,51
B747	0,000	ULS2-1/2	**152,48**	-1,72	-157,43	1,85	31,53	14,76
B817	0,000	ULS2-1/3	-362,88	**-142,33**	186,01	100,82	0,00	17,48
B751	200,000	ULS2-1/4	-253,15	**129,12**	-128,70	-77,37	0,00	20,10
B741	200,000	ULS2-1/5	35,97	0,31	**-225,01**	19,13	0,00	7,86
B813	0,000	ULS3-1/6	82,41	6,33	**254,24**	-13,05	0,00	14,13
B751	0,000	ULS2-1/7	-675,21	111,92	-187,34	**-102,30**	37,51	-15,35
B817	0,000	ULS2-1/8	-653,75	-130,87	222,42	**108,30**	0,00	5,88
B747	0,000	ULS2-2/9	-505,59	20,23	38,73	-2,35	**-7,70**	13,37
B813	200,000	ULS3-1/6	82,41	6,38	253,81	-13,05	**50,80**	15,40
B817	200,000	ULS3-2/10	-638,69	-120,49	198,95	63,67	39,83	**-44,04**
B816	0,000	ULS2-2/11	-470,46	-25,32	42,46	-5,64	0,00	**68,97**

Er is een systeem ontworpen waarin deze krachten kunnen worden opgenomen en enkel een scharnier om de horizontale as aanwezig is. De My genoemd in bovenstaande tabel werkt niet in de verbinding maar is het andere uiterste van de staaf in het raamwerkmodel.



Bij twee pennen welke 300 mm uit elkaar liggen volgt een maximale kracht op een pen van 714 kN en een loodrechte kracht per pen van 71 kN:

Name	dx [mm]	Case	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	F.h [kN]	F.v [kN]	F.tot [kN]	F.LR [kN]
B751	0,000	ULS2-2/1	-1054.74	97.68	-183.21	-79.31	36.69	-27.51	619	356	714	49
B747	0,000	ULS2-1/2	152.48	-1.72	-157.43	1.85	31.53	14.76	125	85	151	1
B817	0,000	ULS2-1/3	-362.88	-142.33	186.01	100.82	0	17.48	240	429	491	71
B751	200,000	ULS2-1/4	-253.15	129.12	-128.7	-77.37	0	20.1	194	322	376	65
B741	200,000	ULS2-1/5	35.97	0.31	-225.01	19.13	0	7.86	44	176	182	0
B813	0,000	ULS3-1/6	82.41	6.33	254.24	-13.05	0	14.13	88	171	192	3
B751	0,000	ULS2-1/7	-675.21	111.92	-187.34	-102.3	37.51	-15.35	389	435	583	56
B817	0,000	ULS2-1/8	-653.75	-130.87	222.42	108.3	0	5.88	346	472	586	65
B747	0,000	ULS2-2/9	-505.59	20.23	38.73	-2.35	-7.7	13.37	297	27	299	10
B813	200,000	ULS3-1/6	82.41	6.38	253.81	-13.05	50.8	15.4	93	170	194	3
B817	200,000	ULS3-2/10	-638.69	-120.49	198.95	63.67	39.83	-44.04	466	312	561	60
B816	0,000	ULS2-2/11	-470.46	-25.32	42.46	-5.64	0	68.97	465	40	467	13
										max:	714	71

Ter controle:

$$F_h = \frac{1054{,}74}{2} + \frac{27{,}51}{0{,}3} = 619\ kN$$

$$F_v = \frac{183{,}21}{2} + \frac{79{,}31}{0{,}3} = 356\ kN$$

$$F_{tot} = \sqrt{619^2 + 356^2} = 714\ kN$$

$$F_{lr} = \frac{97{,}68}{2} = 49\ kN$$

De spanningen bij de aansluiting van de buis van de staalplaten zijn uitgelezen. Voor de enkele plaat geldt een dikte van 50 mm, voor de twee enkele platen een dikte van 25 mm. De afstand van pen tot buis is 210 mm. De doorsnede eigenschappen hiervan zijn:

Enkele plaat							
b	390 mm	A	19500 mm^2	b	390 mm	A	9750 mm^2
t	50 mm	W.sterk	1267500 mm^3	t	25 mm	W.sterk	633750 mm^3
		W.slap	162500 mm^3			W.slap	40625 mm^3

Hieruit volgt de spanning in de dikke plaat (σ.pl1) en de dunne plaat (σ.pl2) welke onder de vloeigrens blijft van S355:

F.h [kN]	F.v [kN]	F.tot [kN]	F.LR [kN]	α	σ.pl1	σ.pl2
619	356	714	49	37.1	154	217
125	85	151	1	46.0	22	23
240	429	491	71	-257.2	175	267
194	322	376	65	-608.2	147	230
44	176	182	0	64.9	32	32
88	171	192	3	-151.6	37	41
389	435	583	56	117.8	164	237
346	472	586	65	271.6	181	265
297	27	299	10	5.3	33	46
93	170	194	3	-206.5	37	41
466	312	561	60	45.3	153	231
465	40	467	13	4.9	47	63
	max:	714	71		181	267

Ter controle voor de grootste spanning:

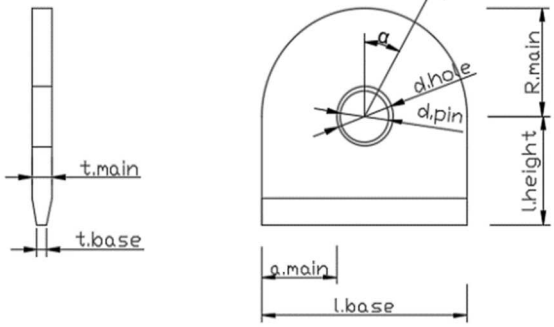
$$\frac{240 * 10^3}{2 * 9750} + \frac{429 * 10^3 * 210}{2 * 633750} + \frac{71 * 10^3 * 210}{2 * 40625} = 12{,}3 + 71 + 183 = 267\ N/mm^2$$

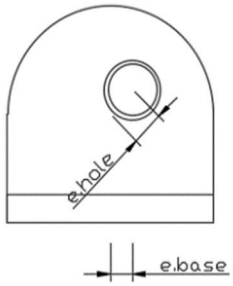
Hierbij wordt wel uitgegaan dat de pen zodanig wordt geborgd dat de horizontale kracht loodrecht op de verbinding over de twee dunne platen wordt verdeeld.

Voor de pen wordt uitgegaan van een 42CrMo4 pen met diameter 60 mm, voor de pen en de directe omgeving is een controle uitgevoerd met een rekensheet (zie volgende pagina's), hieruit volgt dat dit voldoet.

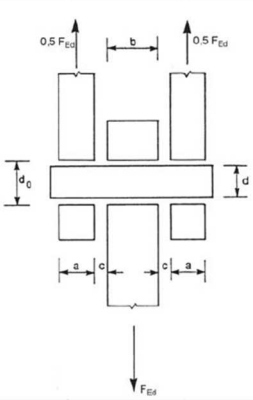
De volgende voorbehouden worden gedaan:

- Bij deze berekening is uitgegaan van de huidige krachten van het model van de herberekening. Door het wijzigen van de stijfheden door versterken van verbindingen kunnen deze krachten wijzigen.
- Dit betreft een haalbaarheidsberekening, definitieve controle volgt in het DO.
- Lassen en krachtsinleiding in de buisligger is niet gecontroleerd, wellicht is bij de aansluiting extra verstijving platen benodigd

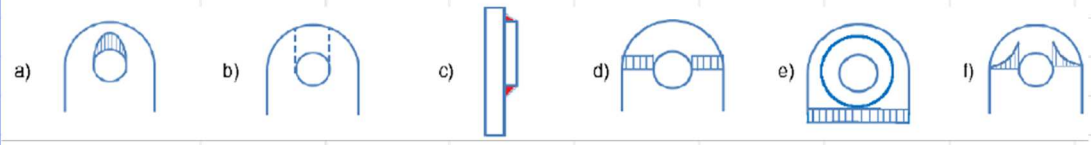




UC.max	=	0.71	[-]	Als moet kunnen draaien:	0.88
Plaat				Pen:	0.81
f.y	=	335	N/mm2		
f.u	=	490	N/mm2		
E	=	210000	N/mm2		
γ	=	1.35	[-]		
γ.dyn	=	1	[-]		
Pen					
f.up	=	750	N/mm2		
f.yp	=	500	N/mm2		
γ.M2	=	1.25	[-]		
b	=	50	mm		
a	=	25	mm		
c	=	1	mm		
R.main	=	175	mm		
d.hole	=	62	mm	Prefered max 1.04 * d.pin	
d.pin	=	60	mm		
l.height	=	210	mm		
t.main	=	50	mm		
t.base	=	50	mm		
e.hole	=	0	mm		
l.base	=	350	mm		
e.base	=	0	mm		
a.weldbase	=	25	mm		



F.t	=	528.89	kN	=714/1.35	
F.t.kar	=	528.89	kN	=528.89*1	
F.s	=	68.00	kN	(min. 5% of Ft)	
α	=	0	deg		
α.v	=	0	deg		
F.t.Ed	=	714.0	kN	=1.35*528.89	
F.t.x.Ed	=	0.0	kN	=SIN(RADIANS(0+0))*714.0	
F.t.z.Ed	=	714.0	kN	=COS(RADIANS(0+0))*714.0	
F.s.Ed	=	91.8	kN	=68.00*1.35	
Allowable stress					Factor
σ.n	=	335	N/mm2	=335*1	1
τ.shear	=	193	N/mm2	=335*0.58	0.58
σ.bear	=	335	N/mm2	=335*1	1
σ.peak	=	432	N/mm2	=335*1.29	1.29
A.A-A	=	14400	mm2	=2*50*(175-62/2)	
A.A'-A'	=	10800	mm2	=0.75*14400	
A.B-B	=	17500	mm2	=2*175*50	
A.base	=	17500	mm2	=350*50	
A.shear.eye	=	17223	mm2	=2*50*(0+SQRT(175^2-(0.5*62)^2))	
W.strong	=	1020833	mm3	=1/6*50*350^2	
W.weak	=	145833	mm3	=1/6*350*50^2	



Bearing stress					
σ.bear	=	238	N/mm2	=714.0*10^3/(60*50)	
UC	=	0.71	[-]	=238/335	
τ.shear.out	=	62	N/mm2	=1.5*714.0*10^3/17223	
UC	=	0.32	[-]	=62/193	
	=				
Normal stress	=				
σ.n.A'-A'	=	66	N/mm2	=714.0*10^3/10800	
UC	=	0.20	[-]	=66/335	
σ.n.B-B	=	41	N/mm2	=714.0*10^3/17500	
UC	=	0.12	[-]	=41/335	

Peak stress (DIN22261-2)				
β	=	27	deg	
μ	=	0.05	[-]	
η	=	1.02	[-]	=1+(8*0.05)/(PI()*(1+175/(0.5*62)))
δ	=	0.18	[-]	=TAN(RADIANS(27-0))/4*(175+(0.5*62))/(175-(0.5*62))
d / h	=	0.18	[-]	=0.5*62/175
σ.m	=	37.43	N/mm2	=528.89*10^3*1.02/14400
α	=	6.63	[-]	=((175/(0.5*62)-0.18)*1/(1+0.18)+2)*(1/SQRT(1+0*COS(RADIANS(0)
σ.peak	=	247.99	N/mm2	=6.63*37.43
UC	=	0.57	[-]	=247.99/432
Stresses at connection with base				
M.s	=	0	kNmm	=ABS(0.0*(210-0*COS(RADIANS(0+0)))-714.0*(0-0*SIN(+0)))
M.w	=	19278	kNmm	=ABS(91.8*(210-0*COS(RADIANS(0+0))))
σ.base	=	132	N/mm2	=0*10^3/1020833+19278*10^3/145833
τ.base	=	0	N/mm2	=0.0*10^3/(50*350)
σ.verg	=	132	N/mm2	=SQRT(132^2+3*0^2)
UC	=	0.39	[-]	=132/335
Weld				
τ.par	=	0	N/mm2	=0.0*10^3/(2*25*350)
Normal and tangential shear stresses (base weld)				
σ.s = τ.s	=	4	N/mm2	=91.8*10^3/(2*SQRT(2)*25*350)
σ.v = τ.v	=	29	N/mm2	=714.0*10^3/(2*SQRT(2)*25*350)
σ.str = τ.str	=	0	N/mm2	=0*10^3/(2/6*25*350^2*SQRT(2))
σ.weak = τ.weak	=	21	N/mm2	=19278*10^3/(SQRT(2)*350*25*(50+2/3*25*SQRT(2)
Calculation of welds				
β	=	0.9	[-]	
γ.M2	=	1.25	[-]	
f.u	=	490	N/mm2	
	=			
Max. σ.n	=	353	N/mm2	=0.9*490/1.25
Max. σ.comb	=	436	N/mm2	=490/(1.25*0.9)
σ.n.weld	=	54	N/mm2	=4+29+0+21
UC	=	0.15	[-]	=54/353
σ.comb.weld	=	107	N/mm2	=SQRT(54^2+3*(0^2+54^2))
UC	=	0.25	[-]	=107/436
UC.max	=	0.71	[-]	

Als de verbinding moet kunnen draaien geldt:				
Conform 1993-1-8 art. 3.13.2				
F.b.Ed.ser	=	528.8889	kN	
F.b.Ed	=	714.0	kN	
f.h.Rd	=	838	N/mm2	=2.5*335
σ.h.Ed	=	657	N/mm2	=0.591*SQRT((210000*528.8889*10^3*(62-60))/(60^2
UC	=	0.78	[-]	=657/838
Tabel 3.1				
F.b.Rd	=	1507.50	N/mm2	=1.5*50*60*335*10^-3
UC	=	0.47	[-]	=714.0/1507.50
F.b.Rd.ser	=	603.00	N/mm2	=0.6*50*60*335*10^-3
UC	=	0.88	[-]	=528.89/603.00
Als de verbinding niet hoeft te kunnen draaien:				
Tabel 3.4				
k.1	=	2.5	[-]	=MIN(2.8*175/62-1.7,2.5)
α.b	=	0.94	[-]	=MIN(175/(3*62),750/335,1)
F.b.Rd	=	2766	kN	=2.5*0.94*490*60*50/1.25*10^-3
F.b.Ed	=	714	kN	=714.0
UC		0.26	[-]	=714/2766
Pen				
A	=	2827	mm2	=PI()*(60/2)^2
W.el	=	21206	mm3	=PI()/32*60^3
F.v.Rd	=	1018	kN	=0.6*2827*750/1.25*10^-3
M.Rd	=	15.90	kNm	=1.5*21206*500*10^-6
M.Rd.ser	=	8.48	kNm	=0.8*21206*500*10^-6
F.v.Ed	=	357.00	kN	=714.0/2
UC	=	0.35	[-]	=357.00/1018
M.Ed	=	9.28	kNm	=714.0*10^3/8*(50+4*1+2*25)*10^-6
UC	=	0.58	[-]	=9.28/15.90
M.Ed.ser	=	6.88	kNm	=528.89*10^3/8*(50+4*1+2*25)*10^-6
UC	=	0.81	[-]	=6.88/8.48
UC.combi	=	0.46	[-]	=0.58^2+0.35^2

Bijlage G Versterkingsmaatregelen Amaliabrug

Colofon

RENOVATIE FIETSBRUGGEN KOEHIERDESTEEG HARDENBERG
ONTWERPRAPPORT VOORONTWERP

AUTEUR
Evert-Jan Schuitemaker

PROJECTNUMMER
30280582

ONZE REFERENTIE
2YNVVQJPZ32K-565587127-439:2.0

DATUM
8 september 2025

STATUS
Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Mark Slichter
Ontwerpleider

VRIJGEGEVEN DOOR

Gijsbert Strang
Projectleider

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner die vooraan staat bij de meest impactvolle projecten van onze tijd. We helpen onze klanten duurzame keuzes te maken via de combinatie van digitale innovatie, expertise en toekomstgerichte vaardigheden in onder meer milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. Wij zetten die extra stap om onze klanten op maat gemaakte oplossingen te bieden voor ontwerp, engineering en advies. Door data-gedreven inzichten in te zetten geven we de natuurlijke en gebouwde omgeving samen vorm. Met meer dan 35.000 mensen bundelen we wereldwijde expertise en pakken we samen uitdagingen als klimaat, betaalbare energie en leefbare steden aan. We verbeteren de levenskwaliteit door onze aanwezigheid in meer dan 30 landen. In 2024 behaalden we een bruto-omzet van €5,0 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life