

Toetsingskader Utrechtse Bruggen

TUB Leidraad 1 – Eisen aan herberekeningen

11 oktober 2022
Versie 1.1
Definitief

Colofon

uitgave

Stadsingenieurs
Stadsbedrijven
Gemeente Utrecht
030 – 286 00 00
info@utrecht.nl

in opdracht van

Afdeling BOR
Organisatie Stadsbedrijven
Gemeente Utrecht

internet

www.utrecht.nl

rapportage

W.T. (Wouter) Akkermans
R. (René) Nieland
J. (Jerry) Roos
W. (Wouter) Schuijtvlot
S. (Shirley) Smith
H. (Huub) Vermeij
J. (Jan) Zwarthoed
A. (Ashieq) Kanhai

informatie

A. (Aleksandar) Milenkovic
a.milenkovic@utrecht.nl

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Situatie	6
2.1	Hoofdwegennet gemeente Utrecht (Stedelijke verbindingswegen)	6
2.2	Doel project Herijking Bruggen	6
3	Uitgangspunten	7
3.1	Algemeen	7
3.2	Uitgangspunten	7
3.3	Beoordeling rijstroken	9
3.4	Belastingen voor buitengewone ontwerpsituaties	10
3.5	Materialen	11
3.6	Beweegbare bruggen	13
3.7	Vermoeiing	13
3.8	Fundering	14
4	Eisen aan rapportage	15
4.1	Uitgangspuntennotitie	15
4.2	Minimaal benodigde onderdelen	15
4.3	Eindige elementenberekening	18
4.4	Geotechnische berekeningen	19
4.5	Belastingeffectmetingen	20
4.6	Levering	20
5	Literatuur	21

Bijlage 1 Modelvoertuigen tot 100 t	22
Bijlage 2 Modelvoertuigen boven 100t	24

1 Inleiding

Voor het programma "Herijking Bruggen" worden kunstwerken die in eigendom zijn van de gemeente Utrecht getoetst aan de nieuwe verkeersbelastingen zoals voorgeschreven in de NEN-EN 1991-2 Verkeersbelastingen op bruggen.

Voor deze toetsing zijn een tweetal aanvullende documenten opgesteld:

- TUB Leidraad 1 – Eisen aan herberekeningen
- TUB Leidraad 2 – Aanvullingen op CROW/CUR Aanbeveling 124 Constructieve veiligheid bestaande bruggen en viaducten van decentrale overheden

Voor u ligt TUB Leidraad 1. In deze leidraad wordt de Utrechtse situatie toegelicht, wordt voorgeschreven hoe een toetsing tot stand komt en hoe deze moet worden gerapporteerd.

2 Situatie

2.1 Hoofdwegenet gemeente Utrecht (Stedelijke verbindingswegen)

Het mobiliteitsplan Utrecht 2040 geeft de kaders aan hoe de stad Utrecht zijn bereikbaarheid op orde wil hebben. Het verkeer gaat vanaf de stadsring via de zogenaamde verbindingswegen richting de bestemming.

Voor het project “Herijking bruggen” is met name het netwerk aan stedelijke verbindingswegen van belang. Voor de bevoorrading van de stad is het kwaliteitsnet goederenvervoer gedefinieerd. Dit komt nagenoeg overeen met het netwerk van stedelijke verbindingswegen. Ook het netwerk OV 2025 wordt in het project “Herijking Bruggen” meegenomen aangezien ook dit netwerk intensief wordt gebruikt.

2.2 Doel project Herijking Bruggen

De stedelijke verbindingswegen en het kwaliteitsnetwerk goederenvervoer moeten minimaal in staat zijn om al het reguliere auto- en vrachtverkeer, aangevuld met de doorlopende vergunningen voor speciale transporten tot 100 ton, veilig te kunnen dragen. Dit wordt onderzocht binnen het project “Herijking bruggen”.

Onderstaande tabel toont de verschillende veiligheidsniveaus en de bijbehorende belastingfactoren voor CC2. Het gebruiksniveau is geïntroduceerd door Rijkswaterstaat in de RBK.

Met opmerkingen [KA1]: gewijzigd

	Blijvend 6.10a	Blijvend 6.10b	Verkeer	Wind	Overig veranderlijk
Niveau	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Nieuwbouw	1,30	1,20	1,35	1,50	1,50
Verbouwniveau	1,25	1,15 (1,10)*	1,25 (1,20)*	1,40	1,30
Gebruiksniveau	1,15	1,15 (1,10)*	1,10	1,30	1,15
Afkeurniveau	1,10	1,10	1,10	1,30	1,15

Tabel 1 – Veiligheidsniveaus voor CC2

* getallen tussen haken voor bruggen ontworpen volgens de NEN6700-serie of eerder

3 Uitgangspunten

3.1 Algemeen

De wettelijke ondergrens waaraan moet worden getoetst is het afkeurniveau. De definitie afkeurniveau volgens NEN8700 is het wettelijk minimumniveau van constructieve veiligheid, op het onderschrijden waarvan (voor)aanschrijving en handhaving door het bevoegd gezag moet volgen. Als eigenaar van een uitgebreid areaal mag voor een hogere ambitie worden gekozen waaraan wordt getoetst.

Met opmerkingen [KA2]: gewijzigd

In de normen van de 8700-serie, de RBK [2], de CROW/CUR Aanbeveling 124 [5] zijn diverse toetsingsniveaus omschreven. Om een universele toetsing van de kunstwerken te krijgen is in onderstaande paragrafen beschreven welke uitgangspunten moeten worden gehanteerd en welke stappen moeten worden doorlopen voor de toetsing van de Utrechtse kunstwerken.

Met opmerkingen [KA3]: gewijzigd

3.2 Uitgangspunten

3.2.1 Stappenplan, veiligheidsniveau

In onderstaande tabel 2 wordt het stappenplan voor een herberekening samengevat. Het startniveau van de herberekening is verbouwniveau met theoretische rijbaanindeling conform de NEN-EN1991-2. Als hier niet aan wordt voldaan moet stapsgewijs de berekening worden uitgevoerd voor een lager niveau t/m niveau 5a, zie tabel 2. Indien het kunstwerk op geen van de niveaus voldoet met theoretische rijbaanindeling moeten, indien nodig, alle stappen van tabel 2 gevolgd worden met de werkelijke rijbaanindeling.

Met opmerkingen [KA4]: gewijzigd

Stap		Hoofdwegen-en onderliggend wegennet	Speciale transport < 100 ton (LM3)	Speciale transport > 100 ton (LM3)	Restrictie
1	Laststelsel	LM 1 en LM 2	Toetsen volgens bijlage 1	Toetsen volgens bijlage 2	Geen
	Veiligheidsniveau	Verbouw			
	Referentieperiode	30 jaar			
	Gevolgklasse	CC2			
2	Laststelsel	LM 1 en LM 2	Toetsen volgens bijlage 1	Toetsen volgens bijlage 2	Geen
	Veiligheidsniveau	Gebruik			
	Referentieperiode	30 jaar			
	Gevolgklasse	CC2			

Stap		Hoofdwegen-en onderliggend wegennet	Speciale transport < 100 ton (LM3)	Speciale transport > 100 ton (LM3)	Restrictie
3	Laststelsel	LM 1 en LM 2	Toetsen volgens bijlage 1	Toetsen volgens bijlage 2	Geen
	Veiligheidsniveau	Gebruik			
	Referentieperiode	15 jaar			
	Gevolgklasse	CC2			
4	Laststelsel	LM 1 × TNO-red.* & LM 2 × TNO-red.*	Toetsen volgens bijlage 1	Toetsen volgens bijlage 2	Doorgaande ontheffing niet toegestaan
	Veiligheidsniveau	Gebruik			
	Referentieperiode	15 jaar			
	Gevolgklasse	CC2			
5a	Laststelsel	LM 1 × TNO-red.* & LM 2 × TNO-red.*	Toetsen volgens bijlage 1	Toetsen volgens Bijlage 2	Doorgaande ontheffing niet toegestaan
	Veiligheidsniveau	Afkeur			
	Referentieperiode	15 jaar			
	Gevolgklasse	CC2			
5b	Laststelsel	Lastbeperking			Lastbeperking op gebruikniveau
	Veiligheidsniveau	Gebruik			
	Referentieperiode	15 jaar			
	Gevolgklasse	CC2			

Tabel 2 – Stappenplan voor herberekeningen bestaande kunstwerken

*Achtergrondrapport TNO [4]

3.2.2 Gevolgklasse

Alle kunstwerken van de gemeente Utrecht moeten beoordeeld worden op gevolgklasse CC2. Tenzij bij opdracht hiervan wordt afgeweken, bijvoorbeeld voor kunstwerken over het Amsterdam-Rijnkanaal. Als een kunstwerk (of onderdelen hiervan) niet voldoet aan gevolgklasse CC2 moet met de opdrachtgever overlegd worden of gekozen kan worden voor de lagere gevolgklasse CC1.

3.2.3 Referentieperiode

Voor de referentieperiode dient 30 jaar te worden gehanteerd. Als het kunstwerk niet voldoet met deze referentieperiode mag de referentieperiode worden verkort tot 15 jaar, zie tabel 2.

3.2.4 Reductie aslasten decentrale overheden

De ambitie is om het hoofdwegennet van Utrecht open te stellen voor het reguliere verkeer, waaronder ook de doorlopende vergunningen van speciale transporten tot 100 ton. Voor deze wegen mag voor de herberekening niet worden begonnen met de reductie voor decentrale overheden (Achtergrondrapport TNO [4]), zie tabel 2.

Als de toetsing van stap drie in tabel 2 niet voldoet dan kan gerekend worden met deze reducties, op voorwaarde dat rekening wordt gehouden met de voorwaarden.

3.2.5 Lastbeperking

Als de toetsing van gebruiksniveau niet wordt gehaald volgt de verantwoording op afkeurniveau. Als het afkeurniveau niet wordt gehaald dient aangetoond te worden welke lastbeperking kan worden gehaald. De lastbeperking wordt bepaald op gebruiksniveau.

3.3 Beoordeling rijstroken

3.3.1 Rijstrookindeling

In navolging van de **NEN8701** dient eerst de theoretische rijstrookindeling volgens de NEN-EN 1991-2 aan-gehouden te worden. Wanneer hier niet aan wordt voldaan dient getoetst te worden met de werkelijk aanwezige rijstrookindeling.

Als de theoretische rijstrookindeling niet voldoet, dan moet in de berekening getalsmatig worden toegelicht waarom de theoretische rijstrookindeling niet voldoet.

Als een theoretische rijstrookindeling niet haalbaar is moeten de randen van het kunstwerk, die als doelgroepstroken voor fiets- en voetpaden worden gebruikt, worden getoetst volgens onderstaande paragraaf 3.3.2.

Met opmerkingen [KA7]: gewijzigd

3.3.2 Beoordeling doelgroepstrook voet- en fietspaden

Aanvullend op hoofdstuk 7.3.5 van de Aanbeveling 124 moet de doelgroepstrook voor voet- en fietspaden of de strook naast de rijbaan worden getoetst op de belastingen uit NEN-EN 1991-2, hoofdstuk 5, “Belastingen op voetpaden, fietspaden en voetgangersbruggen”.

Deze toetsingen kunnen niet leiden tot afkeuren van het kunstwerk. De toetsingen zijn bedoeld om te bepalen of aanvullende maatregelen nodig zijn om te grote belastingen (bijvoorbeeld een bouwkraan of ongeval) te voorkomen op voet- en fietspaden.

3.4 Belastingen voor buitengewone ontwerpsituaties

3.4.1 Algemeen

In tegenstelling tot de toelichting van de Aanbeveling 124 hoofdstuk 3.2.3 moeten onderstaande belastingen voor buitengewone ontwerpsituaties wel worden beschouwd in overeenstemming met de NEN-EN 1991-2 paragraaf 4.7 ongeacht het beoordelingsniveau.

- Aanrijding door een voertuig van pijlers, brugdekken en andere dragende delen
- Voertuigen op voet- en fietspaden van verkeersbruggen. Als een veiligheidskering met voldoende capaciteit aanwezig is, moet op het niet afgeschermd deel van het voet- fietspad alleen één buitengewone aslast, α_{Q2k} (op alle mogelijke posities, desnoods met een wiellast) worden beschouwd. Deze belasting behoort niet tegelijkertijd in rekening te zijn gebracht met andere veranderlijke belasting op het brugdek. Indien mogelijk dient achter de voertuigkering wel de belasting, vastgesteld in de NEN-EN 1991-2 paragraaf 5.3.2.2, te zijn toegepast. Wanneer de veiligheidskering niet aanwezig is dient de buitengewone last tot de rand van het brugdek te worden beschouwd
- Aanrijding van stootranden, vangrails en constructieve elementen door voertuigen

3.4.2 Aardbeving

Toetsing op aardbeving hoeft niet te worden meegenomen in de herberekening van bestaande kunstwerken.

3.4.3 Speciale transporten

Bestaande kunstwerken moeten worden getoetst op speciale transporten. Zie hiervoor bijlage 1 (transporten ≤ 100 ton) en bijlage 2 (transporten > 100 ton).

3.5 Materialen

3.5.1 Beton en wapening

Zie hiervoor hoofdstuk 6.2 en 6.3 van de Aanbeveling 124.

3.5.2 Metselwerk

In aanvulling op par. 6.6 van de Aanbeveling 124 wordt voor metselwerk waarvan geen gegevens bekend zijn, verwezen naar de NPR 9998: Tabel F.2.

Symbool	Materiaaleigenschap	Metselwerk (sterkte en stijfheidswaarden in N/mm ² , breukenergiewaarden in J/m ²)			
		Baksteen met mortel voor algemene toepassing (voor 1945) ^d	Baksteen met mortel voor algemene toepassing (na 1945)	Kalkzandsteen met mortel voor algemene toepassing (typisch ca. 1960-heden)	Kalkzandsteen met lijm mortel (typisch ca. 1985-heden)
$f_{m,m}$	Druksterkte	8,5	10,0	7,0	10,0
E_m	Elasticiteitsmodulus	5 000	6 000	4 000	7 500
G_m	Glijdingsmodulus	2 000	2 500	1 650	3 000
$f_{c1,m}$	Buigtreksterkte met het bezwijkvlak evenwijdig aan de lintvoegen ^a	0,15	0,3	0,15	0,6
$f_{c2,m}$	Buigtreksterkte met het bezwijkvlak loodrecht op de lintvoegen ^a	0,55	0,85	0,55	1,0
$f_{m,per}$	Uni-axiale hechtsterkte loodrecht op de lintvoeg	0,1	0,2	0,1	0,4
$f_{m,par}$	Uni-axiale treksterkte evenwijdig aan de lintvoeg	0,35	0,55	0,35	0,65
$f_{m,x0}$	Initiele schuifsterkte van het metselwerk	0,3	0,4	0,25	0,8
$\mu_{m,m}$	Wrijvingscoëfficiënt van metselwerk	0,75	0,75	0,6	0,8
$G_{t,per}$	Breukenergie ^b bij trek loodrecht op de lintvoegen	10	10	10	20
$G_{t,par}$	Breukenergie ^b bij trek evenwijdig aan de lintvoegen	35	35	20	20
$G_{t,c}$	Breukenergie ^c bij belasting op druk	20 000	15 000	15 000	20 000
$G_{t,v,par}$	Breukenergie ^b bij afschuiving (lintvoeg)	100	200	100	200
^a Mag niet worden gebruikt in combinatie met softening. ^b Parameter is afhankelijk van het elementenraster. Behoort te worden gebruikt in combinatie met een scheurbandbreedte, in het geval van eindige-elementenmodellen met uitgesmeerde scheuren. ^c Parameter is afhankelijk van het elementenraster. Behoort te worden gebruikt in combinatie met een verbrijzelingsbandbreedte, in het geval van eindige-elementenmodellen met uitgesmeerde scheuren. ^d Als kleimetselwerk van voor 1945 van een duidelijk slechte kwaliteit is wat betreft: de kwaliteit van de mortel, veroudering van de mortel, vulling van de voegen, indeling en hechtingspatroon, wordt geadviseerd de gemiddelde waarden van de sterkte-, stijfheids- en breukenergie-eigenschappen in deze kolom met ca. 40 % te verlagen.					

Tabel 2 – Tabel F.2, NPR9998, materiaaleigenschappen metselwerk

3.5.3 Hout

Uit diverse materiaalonderzoeken blijkt dat funderingspalen meestal gemaakt zijn van grenenhout. Het overige (gezaagde) hout is vaak vurenhout. Indien onbekend is welke houtsoort is toegepast moet van houtsterkteklasse C18 worden uitgegaan.

3.5.4 Staal

Als de staalkwaliteit onbekend is dient uitgegaan te worden van een minimale staalkwaliteit van $f_{yd} = 191$ N/mm². De staalkwaliteit van staalsoorten kan ook door onderzoek worden aangetoond.

3.6 Beweegbare bruggen

Vooralsnog valt bij de beoordeling van de constructieve veiligheid van bestaande beweegbare bruggen het val en het bewegingsmechanisme (de machine) buiten de scope van de TUB.

3.7 Vermoeiing

Voor vermoeiing gelden de regels uit de Eurocodes NEN-EN 1992-2, NEN-EN 1993-1-9 en de RBK.

Bij het ontbreken van verkeerstellingen dient voor de kunstwerken binnen de hoofdstructuur uitgegaan te worden van verkeerscategorie 2 volgens NEN-EN 1991-2 tabel NB.5-4.5(n). Voor de kunstwerken die buiten de hoofdstructuur liggen dient vermoeiing getoetst te worden volgens verkeerscategorie 2 en 3. Bij de toets op vermoeiing van betonnen kunstwerken kan gebruik gemaakt worden van belastingmodel 4b volgens NEN-EN 1991-2 art. 4.6.5.2.

Een betonnen kunstwerk mag niet worden afgekeurd op basis van het niet voldoen aan vermoeiing. In het geval dat vermoeiing kritisch is, dient dit aangegeven te worden in de conclusie. Nadere inspectie zal toegespitst worden op de betreffende zones of onderdelen.

3.8 Fundering

Als de archiefgegevens van de fundering van een kunstwerk ontbreken, dan is het niet noodzakelijk om een controle van het draagvermogen van de fundering uit te voeren. Tenzij er aanwijzingen zijn dat de constructieve veiligheid van de fundering van het kunstwerk in het geding is. In dat geval dient opdrachtnemer in overleg met de opdrachtgever een vervolgstrategie af te stemmen.

In het geval dat er uit de technische inspectie blijkt dat er geen aanwijzingen zijn dat de constructieve veiligheid van de fundering van het kunstwerk in het geding is, dan krijgt de fundering zonder verdere toetsing, hetzelfde veiligheidsniveau van de bovenliggende constructie. Bij het toekennen van een veiligheidsniveau aan de fundering zonder toetsing, moet dit vermeld worden in de conclusie.

4 Eisen aan rapportage

4.1 Uitgangspuntennotitie

De opdrachtnemer dient in overeenstemming met de Aanbeveling 124 hoofdstuk 4.3.2 een uitgangspuntennotitie van de verificatieberekening aan te leveren die minimaal voldoet aan de eisen uit de COBc richtlijn [1]. De bepaling van het aanvangsniveau van de modellering en bijbehorende onderbouwing is hierbij een belangrijk onderdeel van de uitgangspuntennotitie.

4.1.1 Modelverfijning

Om een kunstwerk niet onterecht af te keuren wordt van de constructeur verwacht, dat hij de analysemethode opschakelt en een bijbehorende modelverfijning, toepast waar dit uitkomst biedt.

In tabel 12 van Aanbeveling 124 wordt gesteld dat volumemodellen (niveau 4 en 8) en een probabilistische analyse (niveau 9) niet binnen de reguliere werkzaamheden vallen. In de herberekening moet worden beschreven of en hoe deze niveaus wel effectief kunnen zijn, met een onderbouwing van de verwachte effectiviteit.

4.1.2 Schades/ constructieve inspectie

In afwijking van hoofdstuk 5.5.2 van Aanbeveling 124 mag de constructieve inspectie wel worden uitgevoerd zonder bijzijn van de constructeur die de herberekening uitvoert. De constructeur die verantwoordelijk is voor de modellering van het kunstwerk, analyseert de aan hem beschikbaar gestelde gegevens, inclusief de resultaten van de constructieve inspectie.

De constructeur draagt er zorg voor dat de informatie voldoende is om de schadebeelden in het rekenkundig model te kunnen verwerken en te beoordelen. Bij twijfel is de constructeur zelf verantwoordelijk om ter plaatse de constructieve schades op te nemen.

Scheuren en overige schadebeelden worden vastgelegd in de berekening. Indien scheurvorming invloed heeft op het constructieve gedrag, moet hier rekening mee gehouden worden in het model en de berekening (bijvoorbeeld orthotroop-gedrag).

4.2 Minimaal benodigde onderdelen

De rapportage bestaat uit een tekstueel deel en de bijlagen. In het tekstuele deel moeten de uitgangspunten en resultaten van de berekening worden opgenomen. De bijlagen bevatten o.a. de in- en uitvoer van computerberekeningen. Elke computerberekening wordt in een aparte bijlage opgenomen.

Verwijzingen in het tekstuele deel naar de bijlagen moeten gebeuren door middel van een verwijzing naar specifieke bijlagen met bijbehorende paginanummering.

Het tekstuele deel van de rapportage moet minimaal onderstaande onderdelen bevatten.

1.0	Inleiding
	Aanleiding van de herberekening
	Locatie van de constructie moet duidelijk worden, met daarin de straatnamen en/of watergang
	Tekening of foto met bovenaanzicht constructie
	Doorsnede of aanzicht van de constructie
	Doel van de berekening
	Samenvatting van de resultaten

2.0	Uitgangspunten en randvoorwaarden
	Vermelden tekeningen, berekeningen, archiefgegevens, onderzoeken & inspectierapporten inclusief versienummers en data
	Omgevingscondities, zoals waterstand, maaiveld- en bodemniveau, enz.
	Toegepaste materiaaleigenschappen met bijbehorende referenties
	Veiligheidsniveaus, toelichten welke veiligheidsniveaus zijn aangehouden
	Software, met vermelding versienummer rekensoftware
	Literatuurverwijzing

3.0	Huidige situatie
	Doorsnede of aanzicht van de constructie met de hoofdafmetingen
	Beschrijven en in schets vastleggen van de constructieve schades aan de constructie
	Beschrijven oorzaken van de constructieve schades
	Beschrijven gevolgen van de constructieve schades

4.0	Schematisering
	Hoofddraagconstructie, hoe is de onderlinge constructieve samenhang
	Fundering
	Verantwoording stabiliteit
	Verantwoording opleggingen, star, verend; alleen trek en/of druk
	Schematisering constructieve schades.
	Detailering, als in de constructie nok- en/of tandconstructies aanwezig zijn dienen deze beschouwd te worden conform de Eurocodes en RBK
	Een schuindragend dek, als een orthotrope/ isotrope plaat beschouwen indien de kruisingshoek $< 80^\circ$
	Voor de schematisering geldt de RBK
	Bandbreedte-beschouwing (het beschouwen van verschillende mechanicamodellen en het gebruik van de omhullende hiervan, als niet bekend is welke schematisering het meest juist is);

5.0	Belastingen
	Permanente en veranderlijke belasting;
	Bijzondere belasting;
	Motivatie wanneer belastingen expliciet buiten beschouwing zijn gelaten
	Belastingcombinaties en belastingfactoren
	Permanente en veranderlijke belasting;

6.0	Resultaten
	Relatie detail/deelberekening met de rest van de bouwconstructie;
	Maatgevende combinaties
	Maatgevende doorsneden
	Gevoeligheidsanalyse van modellering (netontwerp, variërende paaltijfheden en opleggingen);
	Als het risico op bros bezwijken kan worden geconstateerd bij een verificatieberekening, dient dit nadrukkelijk gerapporteerd te worden en ook te worden opgenomen in de conclusie en samenvatting

7.0	Aandachtspunten
	Aandachtspunten voor een vervolgfase, indien nodig;
	Als aanvullende onderzoeken nodig zijn een aanbeveling doen;
	Aanbeveling doen voor herstel van constructieve schade

	Bijlagen
	Archieftekeningen en archiefgegevens
	Berekeningen uit het archief (indien aanwezig)
	Geotechnische gegevens
	Technische Inspectierapporten en alle overige onderzoeken
	Uitvoer Rekensoftware

4.3 Eindige elementenberekening

4.3.1 Invoer eindige elementenberekening

De invoer van een eindige elementenberekening moet onderstaande onderdelen bevatten. Deze onderdelen zijn overgenomen uit [1]:

- Afbeelding geometrie, inclusief assenstelsels en tekenafspraken
- Afbeelding knoop- en staafnummers, elementnummers en profielgegevens
- Keuze van de gebruikte eenheden
- Keuze elementtype en -grootte (keuze voor staaf-, schijf-, plaat- of schaalement incl. aangehouden theorie (Kirchhoff of Mindlin), etc.)
- Afbeelding en gegevens van de toegepaste doorsneden en/of profielen
- Netontwerp + afbeelding net, met voorstel om het netelement kleiner te houden dan $\frac{1}{2} \times$ dikte element
- Isotroop of orthotroop gedrag
- Materiaaleigenschappen (lineair gedrag, niet-lineair gedrag)
- Randvoorwaarden ondersteuning: star of verend (incl. veerwaarde), trek én druk of alleen druk
- Gehanteerd rekenmodel, eerste- of tweede-orde; elastisch of plastisch
- Grafische weergaven van elk belastinggeval met opeenvolgend de numerieke gegevens van het belastinggeval
- Bij gebruik van een generator voor belastingcombinaties het aantal combinaties beperken
- Aansluiting van constructieve onderdelen
- Gekozen verbinding (bijv. een momentvaste of scharnierende verbinding)
- Samengestelde profielen

4.3.2 Uitvoer eindige elementenberekening

De uitvoer van een eindige elementenberekening moet onderstaande onderdelen bevatten:

- Overzicht belastinggevallen met per belastinggeval de waarde van de ingevoerde belasting (berekeningsverslag) en een handmatige controle van deze belastingen per belastinggeval
- Omhullende van de belastingcombinaties SLS en ULS
- Als resultaten kleur-onderscheidend zijn, moeten de afbeeldingen in kleur weergegeven worden
- Oplegreacties ten gevolge van permanente belastingen (inclusief het eigen gewicht) en de maatgevende (mobiele-)veranderlijke lasten moeten worden weergegeven voor de maatgevende SLS en ULS.
- Verplaatsingen ten gevolge van permanente belastingen (inclusief het eigen gewicht) en van de maatgevende (mobiele-)veranderlijke lasten moeten worden weergegeven voor de maatgevende SLS en ULS
- Schaalverdeling van de kleurenplots (van bijv. krachten, momenten en wapeningshoeveelheden)
- Snedekrachten in de maatgevende doorsneden voor de maatgevende SLS en ULS

- Overzicht van extreme waarden per staafelement (N, V, M, en u) voor de maatgevende SLS en ULS inclusief bijbehorende belastingscombinatie
- Bij complexe 3D-modellen aantonen m.b.v. een vereenvoudigd rekenmodel dat de resultaten van de computerberekeningen betrouwbaar zijn
- Verantwoorden hoe is omgegaan met piekbelastingen, piekmomenten en singulariteiten
- Unity-check van de aanwezige wapening, doorsneden en profielen
- Voor het berekenen van elke verbinding, de maatgevende krachten inzichtelijk presenteren inclusief het knoopenevenwicht van maatgevende combinaties
- Bij verbindingen van staal- en betonconstructies of beton- aan (prefab)betonconstructies dient de deuwelwerking en/of het afschuifvlak te worden beschouwd

4.4 Geotechnische berekeningen

4.4.1 Invoer geotechnische berekening

Indien de beschikbare (archief-)gegevens voldoende zijn om een geotechnische berekening uit te voeren (zie ook par. 3.8) dan dient de geotechnische berekening minimaal onderstaande onderdelen te bevatten:

- Verantwoorden hoe de grondparameters zijn vastgesteld
- Als grondparameters handmatig worden vastgesteld, dan moet dit volgens NEN9997-1, tabel 2.b, worden bepaald
- Bij de invoer moet in tabelvorm of op het sonderingsdiagram worden aangegeven welke grondlagen worden onderscheiden
- Veiligheidsklasse/gevolgklasse vermelden
- Als gef-files worden ingelezen, dan moet de methode van Robertson (D-Sheetpiling) of CUR-rule (D-Foundation) worden aangehouden omdat lemlagen nagenoeg niet voorkomen in Utrecht
- Bij inlezen van gef-files, de methode en stapgrootte vermelden
- Motivatie toevoegen waarom het een stijf of een niet-stijf bouwwerk betreft
- Alle partiële- en belastingfactoren vermelden
- Rekening houden met negatieve kleeft
- Rekening houden met het effect van paalgroepen

4.4.2 Uitvoer geotechnische berekening

De uitvoer van een geotechnische berekening moet tenminste onderstaande onderdelen bevatten:

- Alleen uitvoer van de maatgevende fasen opnemen
- (Vermoedelijk) Paal draagvermogen
- Paal draagvermogen over een diepte van $5 \cdot D_{eq}$ boven en onder het (vermoedelijke) paalpuntniveau

4.5 Belastingeffectmetingen

De paragraaf “Belastingeffectmetingen aan bruggen (Aanbeveling 124 hoofdstuk 7.6.3)” uit de Aanbeveling 124 valt buiten de scope van een verificatieberekening maar kan als aanbeveling met onderbouwing van methode, belastingen en verwachte resultaat worden opgenomen.

4.6 Levering

De controle van de ingediende berekeningen wordt door de opdrachtgever met verificatieformulieren gedaan.

De berekeningsrapportage kan pas door de opsteller worden aangepast en opnieuw worden ingediend als de opdrachtgever hiervoor toestemming heeft gegeven.

De opdrachtnemer dient rekening te houden met fysieke overleggen in het Stadskantoor te Utrecht.

Van elk kunstwerk moet een rapportage komen, die separaat leesbaar is zonder verwijzing naar resultaten van andere kunstwerken. Toelichting: als kunstwerken op elkaar lijken of gelijk zijn mag niet worden verwezen naar een berekening waar bijvoorbeeld uit wordt gegaan van het maatgevende kunstwerk. Van elk kunstwerk moet dus een separate rapportage komen die specifiek bij dit kunstwerk hoort.

5 Literatuur

Ref.	Titel	Link
[1]	Uitwerking Indieningsvereisten EEM-berekeningen, COBc, april 2011	https://www.vereniging-bwt.nl/upload/nieuws/5400/Indiening_EE_M_berek_Versie_April_2011.pdf
[2]	Richtlijn Beoordeling Kunstwerken (RBK 1.2)	https://standaarden.rws.nl/link/set/S0005
[3]	Mobiliteitsplan Utrecht 2040, Vastgesteld door de gemeenteraad op 15 juli 2021	https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi6sKqk--v5AhWch_0HHX-UDvgQFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fomgevingsvisie.utrecht.nl%2Ffileadmin%2Fuploads%2Fdocumenten%2Fzz-omgevingsvisie%2Fthematisch-beleid%2Fverkeer-mobiliteit%2F2021-07-mobiliteitsplan-2040.pdf&usq=AOvVaw2pbbsAdb_amnUsrcGSo4tt
[4]	TNO-2017-R10614 Verkeersbelastingmodel voor wegverkeersbruggen in het onderliggend wegennet zonder jaarontheffingen, 25 januari 2018	https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjBiazg2ev5AhW5iv0HHYHpArwQFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fpublications.tno.nl%2Fpublication%2F34637431%2Fuf6e9R%2FTNO-2017-R10614.pdf&usq=AOvVaw3stgryslAYfKeg5EuRI71H
[5]	CROW/CUR Aanbeveling 124 Constructieve veiligheid bestaande bruggen en viaducten van decentrale overheden	

Bijlage 1 Modelvoertuigen tot 100 t

Transporten < 100 ton								
	Vouwkraan 72 t		Vouwkraan 98 t		RWD 96t		RWD 100t	
Asnummer	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling
	ton	m	ton	m	ton	m	ton	m
1	12	2,38	10,9	1,48	9	1,94	9	1,94
2	12	1,32	10,9	3,30	9	1,41	9	1,41
3	12	1,37	10,9	1,50	10	1,36	10	1,36
4	12	1,38	10,9	3,07	10	1,36	10	1,36
5	12	1,80	10,9	1,48	10	9,55	10	10,05
6	12	1,31	10,9	1,50	12	1,36	11	1,36
7			10,9	2,08	12	1,36	11	1,36
8			10,9	1,48	12	1,36	11	1,36
9			10,9	0,00	12	0,00	11	1,36
10							11	0,00
11								
12								
13								
14								
TOTAAL	72,0	9,6	98,1	15,9	96,0	19,7	103,0	21,6

Bijlage 2 Modelvoertuigen boven 100t

Transporten > 100 ton								
	Transport 1		Transport 2		Transport 3		Transport 4	
Asnummer	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling
	ton	m	ton	m	ton	m	ton	m
1	7,36	2,38	9	1,94	9	2,60	8	2,60
2	7,36	1,32	9	1,41	8	1,45	8	1,45
3	10	1,37	10	1,35	10	1,40	10	1,40
4	10	1,38	10	1,30	10	3,29	10	2,65
5	10	1,80	10	1,75	13,9	1,50	13	1,50
6	10	1,31	13,92	9,40	13,9	1,50	13	1,50
7	10	10,90	13,92	1,36	13,9	11,48	13	11,45
8	13,91	1,36	13,92	1,39	13,9	1,50	13	1,50
9	13,91	1,36	13,92	1,36	13,9	1,50	13	1,50
10	13,91	1,36	13,92	0,00	13,9	1,50	13	1,50
11	13,91	1,36			13,9	1,50	13	1,50
12	13,91	0,00			13,9	0,00	13	0,00
13								
14								
TOTAAL	134,3	25,9	117,6	21,3	148,2	29,2	140,0	28,6

Transport 5		Transport 6		Transport 7		Transport 8		Transport 9	
Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling	Aalasten	asindeling
ton	m	ton	m	ton	m	ton	m	ton	m
9	2,58	7,5	2,28	9	1,94	9	1,94	7,5	2,60
9	1,32	7,5	1,32	9	1,41	9	1,41	7,5	1,45
10	1,37	10	1,37	10	1,35	10	1,35	10	1,40
10	1,93	10	3,13	10	1,30	10	1,3	10	4,05
10	1,36	11,49	1,51	10	3,80	12	3,8	9,5	1,60
10	11,01	11,49	1,51	10	9,55	12	9,55	9,5	1,55
13,4	1,60	11,49	15,59	10	1,36	12	1,36	9,5	1,55
13,4	1,36	11,49	1,51	10	1,36	12	1,36	9,5	17,15
13,4	1,36	11,49	1,51	10	1,36	12	1,36	9,5	1,55
13,4	1,36	11,49	1,51	10	0,00	12	0	9,5	1,55
13,4	0,00	11,49	1,51					9,5	1,55
		11,49	1,51					9,5	0,00
		11,49	1,51						
		11,49	0						
125,0	25,3	149,9	35,8	98,0	23,4	110,0	23,4	111,0	36,0