LEZING 2

BEWEGINGS-WERKEN: VERVANGEN OF LATEN ZITTEN?

Jacques Montijn — Consultant Beweegbare Installaties, Movares Nederland BV, tevens lid van de normcommissie 'beweegbare bruggen', werkgroep veiligheid.
en
Anton van 't Klooster — Senior Adviseur Beweegbare Installaties, Movares Nederland BV, tevens lid van de normcommissie 'beweegbare bruggen'.

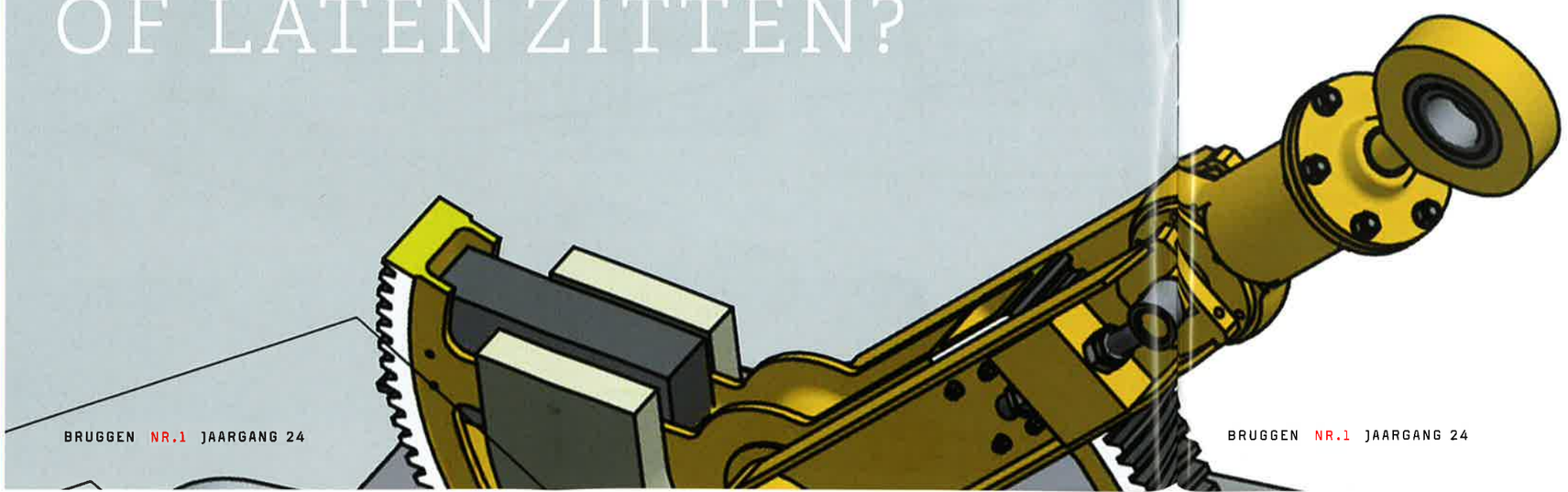
'IF IT AIN'T BROKE, DON'T FIX IT'
is onder werktuigbouwkundigen een gevleugelde uitdrukking. De achterliggende gedachte is dat als een machine al jaren goed functioneert, je deze niet moet proberen te repareren als er geen aanleiding voor is. Er komen dan vaak meer problemen op je pad, dan je aanvankelijk probeerde op te lossen. Geldt dit principe ook voor bewegingswerken van beweegbare bruggen? Enerzijds functioneren veel aandrijvingen al tientallen jaren naar alle tevredenheid, mits ze goed onderhouden zijn. Anderzijds, als je ze nu zou doorrekenen, is de kans groot dat je ze (op papier) 'stuk rekent'. Het is een goede vraag waarom bruggen opnieuw moeten worden doorgerekend en hoe je kunt voorkomen dat je inderdaad alles 'stuk' rekent, met potentieel hoge kosten voor vervanging in het verschiet.

Figuur 1
Het bewegingswerk van de Zegerbrug in de N207, bouwjaar 1980 (©Movares).

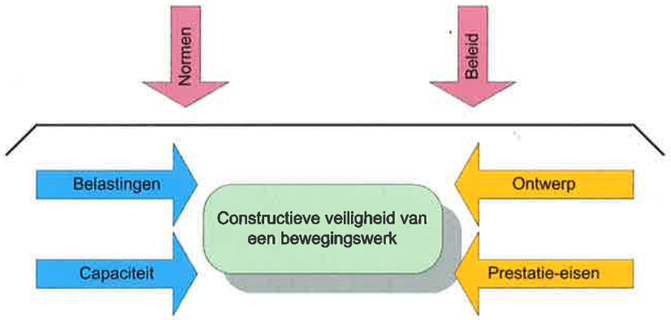
Beweegbare bruggen in Nederland vormen essentiële schakels in het nauw geweven net van wegen en vaarwegen, omdat deze zich op de kruispunten van beide soorten infrastructuur bevinden. Inzicht in de constructieve veiligheid van een brugaandrijving is voor een eigenaar van groot belang, omdat het bezwijken van een aandrijving grote schade te weeg brengt, mogelijk zelfs persoonlijk letsel, en grote maatschappelijke gevolgen in de vorm van hinder voor wegverkeer en scheepvaart.
De vragen rond constructieve veiligheid komen vooral aan de orde als een eigenaar van een beweegbare brug van plan is een grootschalige revisie of wijziging uit te voeren. Bij bruggen met een leeftijd van ongeveer 50 jaar komt dan de vervanging van het bewegingswerk in beeld. Een ander voorbeeld is dat de brug wordt aangesloten op een afstandbediencentrale, wat als grote wijziging volgens de Machinerichtlijn wordt aangeduid. Dat levert de verplichting om de hele brug opnieuw te beschouwen in het licht van de veiligheidseisen. De constructieve veiligheid van het bewegingswerk is daarvan één van de essentiële eisen, met de verplichting om te toetsen of het aandrijfwerk bestand is tegen de belastingen die optreden bij het gebruik.
Namens Movares zijn wij als adviseur betrokken geweest bij verschillende projecten, waarbij deze vraagstukken aan de orde kwamen. Naar aanleiding van die vragen hebben wij voor het eerst een stappenplan ontwikkeld dat kan worden gevolgd om vast te stellen of de constructieve veiligheid van bestaande bewegingswerken nog voldoende is. Het heeft als ook als doelstelling te voorkomen dat onnodig veel onderdelen worden vervangen. In dit artikel delen wij onze ervaringen, mede aan de hand van een voorbeeldproject, dat wij voor de provincie Zuid-Holland hebben uitgevoerd.

DE SCHIJNBARE TEGENSTRIJDIGHEID

De huidige beweegbare bruggen in Nederland stammen hoofdzakelijk uit de periode 1960-1990 en zijn berekend volgens de *Voorschriften voor het Ontwerp van Beweegbare Bruggen* uit 1965 (VOBB-1965) of zelfs de voorloper uit 1946. In 2001 is de nieuwe VOBB (VOBB-2001) gepubliceerd, waarvan vanaf 1995 al een vroege versie in omloop was. Deze norm betekende een grote stap in de wijze waarop bruggen werden berekend. In 2016 komt waarschijnlijk de nieuwste versie uit waarin ook de koppeling met de Eurocodes is gemaakt. Bij een toetsing volgens de VOBB-2001 gaat men er nu van uit dat de bewegingswerken ontworpen zijn voor een (theoretische) levensduur van 50 jaar. Dat zou betekenen dat de bruggen uit de voornoemde periode binnen nu en 25 jaar het einde van de levensduur hebben bereikt. Bij een toetsing van een dergelijk oud bewegingswerk aan de huidige norm (VOBB-2001) lijkt een advies voor vervanging van het bewegingswerk onontkoombaar.



↑ Figuur 2
De Papenbrug over het Aarkanaal, gebouwd in 1968, wordt in de loop van 2016 aangesloten op afstandbediening (© Movares).



↑ Figuur 3
Invloedsfactoren op de constructieve veiligheid

↑ Figuur 4 en 5 ↘
Het bewegingswerk van de Aardammerbrug, een panamakruksysteem, het origineel stamt uit 1977. Rechts de situatie na het geplande groot onderhoud in 2016/2017. Vrijwel het gehele bewegingswerk blijft behouden (© Movares)

Deze conclusie stemt echter vaak niet overeen met de staat van dienst van de bewegingswerken, zeker als deze goed onderhouden zijn. De oorzaak ligt meestal in het feit dat de VOBB-2001 rekent met belastingen die tijdens de levensduur van de gemiddelde brug niet zijn opgetreden. Het afkeuren van de bewegingswerken, alleen omdat deze ouder zijn dan 50 jaar en niet voldoen aan de huidige normen, is daarom gevoelsmatig niet te verantwoorden, omdat dit niet overeenstemt met het beeld dat de eigenaar heeft van de bewegingswerken.
Het dilemma waar de eigenaar van de brug vervolgens voor komt te staan, is dat hij moet kiezen tussen twee kwaden: de huidige aandrijving handhaven zonder nadere onderbouwing (met het risico dat je dan bewust niet voldoet aan de huidige wetgeving en het bewegingswerk onverwacht kan bezwijken) of grotendeels vervangen van de onderdelen die op het eerste gezicht niet aan de norm voldoen (met hoge investeringskosten per brug en een ongewenst domino-effect – voor wat betreft vervanging – in de richting van brugval en onderbouw). Het lijkt een tegenstrijdigheid dat het voldoen aan wettelijke eisen en het handhaven van (onderdelen van) het bewegingswerk samen kunnen gaan. Dit lijkt echter oplosbaar door stap-voor-stap alle aspecten van het bewegingswerk in kaart te brengen. Hier ligt een uitdaging voor de constructeur om de theoretische benadering te laten overeenstemmen met de werkelijkheid, zodat de juiste conclusies kunnen worden getrokken.

WEL OF NIET HERBEREKENEN?

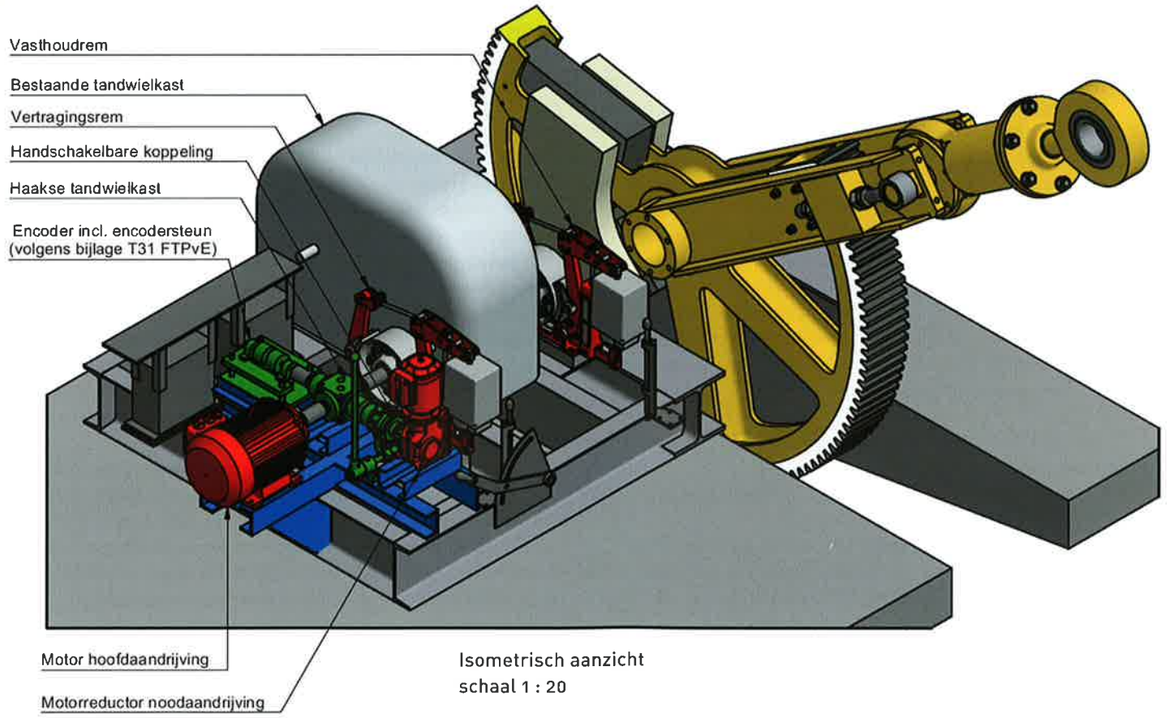
De verplichting om wel of niet een herberekening uit te voeren is geregeld in verschillende wetgevingen, maar zoals een brug op het kruispunt van wegen staat, geldt dat ook voor de van toepassing zijnde wetgeving. Enerzijds is een beweegbare brug een bouwwerk dat valt onder het Bouwbesluit, maar het is tegelijkertijd ook een machine volgens de Warenwet/Machinerichtlijn. Daarnaast wordt het ook als een arbeidsmiddel gezien volgens de Arbowetgeving. De gemene deler is echter dat alle wetten stellen dat zowel een nieuwe als een bestaande brug op een veilige wijze zijn functie moet vervullen en dat dit volgens de 'stand der wetenschap' moet zijn aangetoond. Als 'stand der wetenschap' kunnen de NEN 6786 en de NEN 6787 worden beschouwd. Naast de wettelijke plicht is het vaststellen van het niveau van constructieve veiligheid ook 'goed huisvaderschap' en is de kennis onontbeerlijk bij het beoordelen van eventuele (constructieve) wijzigingen aan de brug. Dat betekent dat de aantoonbaarheid van constructieve veiligheid niet ter discussie staat.
Om te kunnen vaststellen voor welke bruggen en op welke wijze een eigenaar van een beweegbare brug de constructieve veiligheid moet aantonen, is het van belang een aantal vragen te beantwoorden.

WAT IS DE CONDITIE VAN DE BEWEGINGSWERKEN?

Een voorwaarde om onderdelen te kunnen behouden is een goede conditie van de bewegingswerken (gebaseerd op inspecties, metingen, onderzoek en gegevens van storingen). Daarentegen kan een slechte conditie aanleiding zijn om onderdelen te vervangen, zodat ook daarvoor een herberekening noodzakelijk is. Aandachtspunt is dat een (her-)berekening niet zou mogen leiden tot een ongewenst domino-effect, waarbij ook het val en/of de onderbouw moeten worden gewijzigd of vervangen.

WAT IS HET BOUWJAAR VAN DE BRUG EN WELKE DOCUMENTATIE IS AL AANWEZIG?

De VOBB (NEN 6786) is definitief gepubliceerd in 2001, het is dus aannemelijk dat alle bruggen die daarvoor zijn opgeleverd niet volgens deze norm zijn berekend. De VOBB was in ontwerpversie al in 1995 in de omloop en tevens waren er nog NBD-(Bouwdienst)-normen in omloop, dus er zullen hier en daar bruggen te vinden



Nieuwe componenten zijn in rood, groen en blauw aangegeven.

zijn die voor 2001 al volgens de nieuwste norm zijn ontworpen. Als er geen berekening is volgens de principes van de VOBB-2001 of er ontbreekt een geldige berekening, dan is dat uiteraard direct aanleiding om een nieuwe toets uit te voeren. Echter des te meer berekeningen er beschikbaar zijn, des te meer vertrouwen dit geeft in de constructieve integriteit en des te eenvoudiger de uit te voeren toets wordt.

HEEFT DE BRUG CE-MARKERING EN ZIJN ER SUBSTANTIËLE WIJZIGINGEN AANGEBRACHT?

Een belangrijke datum is 1 januari 1995, de datum waarop de Machinerichtlijn van kracht is geworden en CE-markering verplicht is gesteld voor machines en dus ook voor bruggen. Deze wetgeving is van toepassing op alle nieuwe bruggen na die datum, maar ook op oudere bruggen die worden gewijzigd. Het heeft echter in Nederland lang geduurd voordat de branche deze wettelijke verplichtingen heeft erkend en pas na de publicatie van de NEN 6787 in 2003 is het aanbrengen van CE-markering enigszins op gang gekomen voor nieuwe bruggen. Een substantiële wijziging aan een beweegbare brug leidt tot de situatie dat er sprake is van een 'nieuwe' machine, die weer geheel opnieuw moet worden getoetst aan de huidige geldende normen. Alle substantiële wijzigingen sinds 1995 zouden altijd ook tot een herbeschouwing van de (constructieve) veiligheid hebben moeten leiden. In de praktijk is dat meestal (nog) niet gedaan, mede vanwege de onverwacht hoge kosten, de angst voor het 'kapot rekenen' of door onbekendheid met de norm en het begrip 'substantiële wijziging'. Vanuit de wettelijke verplichtingen zal het aantoonbaar maken van de veiligheid echter alsnog moeten gebeuren. Hiermee is de Machinerichtlijn een katalysator voor het in kaart brengen van de constructieve veiligheid van bewegingswerken.

IS ER BEREIDHEID OM CONCESSIES TE DOEN AAN DE PRESTATIE-EISEN AAN DE BEWEEGBARE BRUG DOOR DE WEGBEHEERDER OF DE VAARWEGBEHEERDER?

Als het aantal brugopeningen zowel historisch als toekomstig lager ligt dan de norm, en de beschikbaarheid van de weg en de vaarweg mogen worden verlaagd, geeft dit mogelijkheden om in de herberekeningen tot gunstiger uitkomsten te komen.
Met de antwoorden op deze vragen is een eigenaar in staat om vast te stellen of er een noodzaak is om de constructieve veiligheid van de aandrijving te toetsen en of er überhaupt speelruimte is om herberekeningen gunstiger te laten uitvallen, zodat delen van het bewegingswerk kunnen worden gehandhaafd. We verwachten dat voor de meeste bruggen zal gelden dat een herberekening volgens de huidige norm noodzakelijk is om op een verantwoorde manier aan te tonen dat aan de eisen ten aanzien van de constructieve veiligheid wordt voldaan. Zeker geldt dit voor bruggen in belangrijke vaarwegen en die gebouwd zijn vóór 1995.

Wij zien alleen mogelijkheden om een herberekening achterwege te laten als:

a. er een recente en goed navolgbare berekening aanwezig is volgens de NEN 6786,
b. de brug gebouwd is vóór 1995, er een goede 'oude' berekening (VOBB-1965) aanwezig is en de brug sindsdien aantoonbaar geen substantiële wijziging heeft ondergaan, en
c. als de veiligheid op andere wijze is aan te tonen, bijvoorbeeld met beproevingen en metingen.
Voor deze situaties geldt dan wel als voorwaarde, dat het bewegingswerk in goede conditie is en storingsvrij functioneert. Het komt er op neer dat het maatwerk per brug is. De rode draad is dat in alle gevallen helder onderbouwd en gedocumenteerd moet worden hoe aan de wettelijke eisen wordt voldaan.

HERBEREKENEN VAN AANDRIJVINGEN

Als eenmaal de noodzaak tot het uitvoeren van herberekening is vastgesteld en er een duidelijke wens is om de kosten voor vervanging zo veel mogelijk te beperken, is het verstandig een vast stappenplan te volgen, waarbij wordt gewerkt van grof naar fijn. Het is namelijk niet altijd nodig om direct een geheel gedetailleerde berekening uit te voeren.

STAP 1. GLOBALE TOETS

Het proces begint met informatie verzamelen over de brug en het bewegingswerk. Voorafgaand aan de herberekening moeten alle beschikbare gegevens worden verzameld, zoals het verloop van de snelheid tijdens de beweging en bijvoorbeeld 'as-built'-tekeningen. Verder kunnen metingen aan de brug en gegevens uit inspecties van belang zijn. Voor het vaststellen van de belastingen voor de belastingcombinaties worden in de eerste toets de uitgangspunten van de VOBB-2001 / NEN 6786 gehanteerd, zonder afwijkingen en concessies.
Daarna wordt per onderdeel nagegaan of de capaciteit daarvan voldoende is. De resultaten kunnen in een tabel worden gezet waarin per component en per grenstoestand (vermoeiing of overbelasten) zichtbaar is en in welke mate de capaciteit ontoereikend is, zie als voorbeeld figuur 6.
De eerste toets levert een goed beeld op van in hoeverre de capaciteit van de onderdelen door de belastingen die daarop werken wordt overschreden. Aan de hand van de verkregen gegevens kan per aandrijfcomponent eén advies worden opgesteld, wat ook afhankelijk is van welke belastingcombinatie maatgevend is. Dit blijkt uit een analyse, zoals weergegeven in figuur 8. Componenten die direct goed scoren worden verder buiten beschouwing gelaten, tenzij er andere reden zijn om deze te vervangen (bijvoorbeeld een slechte onderhoudstoestand).

STAP 2. NAUWKEURIGER BEREKENING

Voor de kostbaarste onderdelen (bijvoorbeeld tandwieloverbrengingen) kan een afweging worden gemaakt of er nog mogelijkheden zijn om met een nauwkeuriger of aangepaste rekenwijze de constructieve veiligheid alsnog aan te tonen. Een nauwkeuriger beschouwing is arbeidsintensiever, maar er kan daardoor per onderdeel nauwkeuriger bepaald worden wat de meest effectieve benadering is. Bij de toets op constructieve veiligheid spelen het bepalen van de belastingen en de capaciteit van de onderdelen de belangrijkste rol. Voor beide aspecten zijn verfijndere rekenmethoden beschikbaar, die gericht zijn op het dichter benaderen van de werkelijkheid.
Verfijningen in de berekeningen van de *optredende belastingen* kunnen een gunstiger toetsresultaat opleveren. Dit kan door bijvoorbeeld de werkelijkheid beter te benaderen qua verloop van de brugbesturing, de afhankelijkheid van de belastingen van de stand van de brug en de werkelijke stijfheid van onderdelen van de aandrijving. Verder kan soms worden aangetoond dat

	Aardammerbrug		Papenbrug		Zegerbrug	
Onderdeel	Vermoeiing	Overbelasten	Vermoeiing	Overbelasten	Vermoeiing	Overbelasten
Vaste ligging						
Motor						
Remkoppeling						
Rem						
Tandwielkast						
Rondsel tandwiel						
Spieverbindingen						
Rondselas						
Lagers rondselas						
Rondsel panamawiel						
Trek-duwstang						

← Figuur 6
Voorbeeld van de resultaten van de eerste toets aan de hand van de NEN 6786. Groen betekent: voldoet. De kleurenschaal geel-oranje-rood geeft de oplopende ernst van de onderschrijding van de vereiste capaciteit aan.

specifieke belastingen door het ontwerp van de brug eenvoudigweg niet kunnen optreden.
Verfijningen in de berekening van de *capaciteit van de onderdelen* is mogelijk door bijvoorbeeld eindig-elementenberekeningen uit te voeren. Ook kunnen uitgebreidere berekeningen voor tandwielen worden toegepast volgens NEN-ISO 6336, hetgeen vaak meer restcapaciteit oplevert dan de vereenvoudigde berekeningen volgens de VOBB-2001. Verder is de capaciteit van tandwielkasten in sommige gevallen hoger dan de opgegeven capaciteit die eenvoudigweg is gebaseerd op de koppels van de aangesloten elektromotoren. Voor berekening van de (rest) levensduur kan gerekend worden met het werkelijk aantal brugopeningen van de brug.

STAP 3. AANPASSEN ONTWERP / EISEN

Als een nauwkeuriger en verfijnde berekening nog onvoldoende oplevert, bestaat er nog de mogelijkheid te sleutelen aan de eisen die worden gesteld aan de prestaties van de brug of zelfs aan het ontwerp. Omdat dit afwijkingen betreft van normen en beleid, zullen deze altijd moeten worden besproken tussen constructeur, eigenaar, wegbeheerder en vaarwegbeheerder.
Voorbeelden van het aanpassen van *prestatie-eisen* zijn een beperking van bediening bij harde wind (dit verlaagt de windbelasting, maar beperkt de beschikbaarheid), verlengen van versnel- en retardeertijden alsmede verlaging van het toerental (dit heeft invloed op belastingen, maar veroorzaakt ook meer hinder voor wegverkeer).
Het plegen van relatief kleine aanpassingen aan het *ontwerp* kan in sommige gevallen ook aanzienlijke voordelen opleveren. Voorbeelden daarvan zijn de stijfheid van het bewegingswerk wijzigen of het voorkomen dat de slag van verende buffers (trek-duwstang) wordt doorlopen. Toepassen van een vliegwiel verlaagt in veel gevallen de dynamische belastingen. Ook het aanpassen van de verhouding tussen onbalans van de brug en opzetkracht kan een positief effect hebben op de belastingen op het bewegingswerk.
Voor alle verfijningen en aanpassingen (samengevat in figuur 4) geldt, dat er een afweging moet worden gemaakt tussen kosten, hinder bij de realisatie, de beperkingen tijdens het gebruik en de te verwachten opbrengsten en besparingen. In deze fase van het proces kan men ook nog steeds beslissen om het gehele bewegingswerk te vervangen. Een zogenaamde Life-Cycle-Cost-beschouwing kan hierbij ondersteuning bieden.

BRUGGEN AARKANAAL

De hiervoor beschreven methodiek is door Movares toegepast in een project voor de provincie Zuid-Holland, dat gericht was op de voorbereiding van het groot onderhoud aan alle bruggen in het Aarkanaal ten noorden van Alphen aan den Rijn. Doel was de benodigde omvang van het geplande groot onderhoud vast te stellen, waarbij het een sterke wens van de opdrachtgever was die omvang te beperken.
De Zegerbrug, de Aardammerbrug en de Papenbrug (zie figuur 2) zijn drie beweegbare bruggen in het Aarkanaal, met een leeftijd variërend van 35 tot 52 jaar (zie figuur 7). De bruggen worden elk aangedreven met een panamakruksysteem, wat bestaat uit een open tandwieloverbrenging en een trek/duwstang, waarmee de brug in open stand kan worden gedraaid (zie figuur 4 en 5). De provincie heeft als eis geformuleerd dat de bruggen moeten worden voorzien van CE-markering en aangesloten moeten worden op een centrale afstandbediening, hetgeen als substantiële wijziging wordt gezien. De toets van de constructieve veiligheid van de aandrijvingen werd daarmee onderdeel van het project.
De onderdelen zijn getoetst aan de belastingcombinaties uit de VOBB-2001/NEN 6786 die voortkomen uit overbelasten (breuk, direct fataal) en vermoeiing (breuk op langere termijn). In figuur 9 is een voorbeeld weergegeven van de berekende koppels per belastingcombinatie. De eerste analyse leverde op, dat de bewegingswerken niet voldoen aan de norm (zie figuur 3). Voor

→ Figuur 7
Ligging van de bruggen in het Aarkanaal

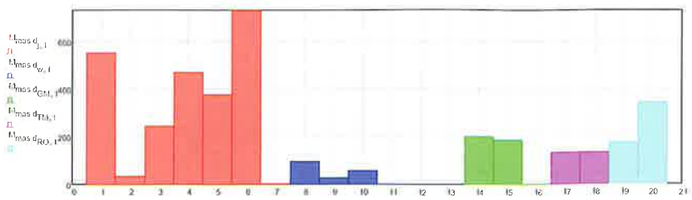
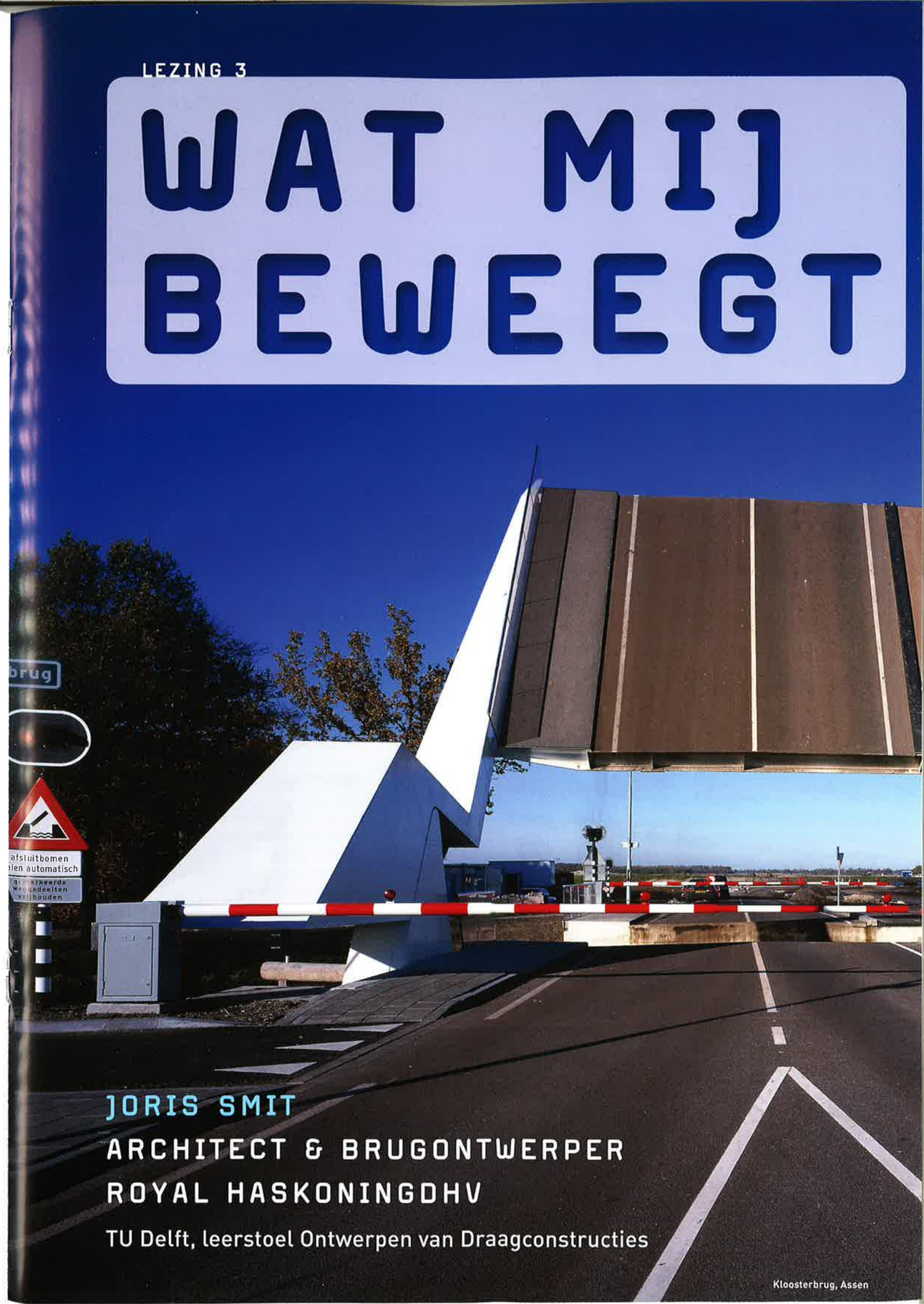
	Aardammerbrug		Papenbrug		Zegerbrug	
Onderdeel	Vermoeiing	Overbelasten	Vermoeiing	Overbelasten	Vermoeiing	Overbelasten
Vaste ligging						
Motor						
Remkoppeling						1,2
Rem						
Tandwielkast						revisie
Open tandwieloverbrenging					Niet aanwezig	
Spieverbindingen						
Rondsel						
Lagers rondselas						
Panamawiel						
As panamawiel						
Trek-duwstang			1,5			1,1

← Figuur 8
Voorbeeld van de resultaten van na het doorlopen van alle stappen van herberekening. Slechts enkele onderdelen resteerden voor revisie of aanpassing.

alle bewegingswerken geldt echter dat de staat van onderhoud uitstekend is en er vanuit dat oogpunt geen aanleiding aanwezig is om de grote onderdelen als de panamawielen te vervangen. Het advies van Movares betrof het uitvoeren van aanvullende berekeningen en het onderzoeken volgens voornoemd stappenplan of vervanging van onderdelen voorkomen zou kunnen worden. Hierbij was de voorwaarde dat de bruggen daarbij aantoonbaar veilig blijven en voldoen aan de minimale wettelijke eisen.
Naast de meer verfijnde berekening van de belastingen en een nauwkeurigere bepaling van de stijfheden van onderdelen van het bewegingswerk, is de capaciteit van de tandwieloverbrengingen volgens NEN-ISO 6336 bepaald. Een nauwkeurige inspectie van alle tandwielen op schade was daarbij noodzakelijk om de uitkomsten van de herberekeningen te onderbouwen.

Resultaat van de beschouwingen voor deze drie bruggen is dat de eerder getrokken conclusie dat vrijwel alle onderdelen van het bewegingswerk zouden moeten worden vervangen, grondig kon worden herzien (zie figuur 8). Door de aanvullende, meer verfijnde berekeningen en een relatief beperkte verlenging van de openingstijden bleef de omvang van de vervanging beperkt. De grootste kostenposten die zijn overgebleven, betreffen de revisie van de tandwielkast van de Zegerbrug en het vervangen van de trek/duwstang van de Papenbrug. Hiermee is zowel conformiteit met de eisen aan constructieve veiligheid bereikt en tegelijk een potentiële kostenpost van ca. 1 miljoen aan bouwkosten voorkomen.

Samenvatting en conclusies
Een beheerder van beweegbare bruggen is te vergelijken met een fabriekseigenaar met een groot machinepark. Het verschil is echter dat de machines een functie vervullen in de openbare ruimte en een relatief lange levensduur hebben. De beheerder moet daarom weten of de bruggen veilig en betrouwbaar kunnen functioneren en dat ook in de toekomst blijven doen. De wetgeving geeft aan dat het in veel gevallen een verplichting is de constructieve veiligheid aan te tonen. Toetsen aan de huidige normen als de VOBB-2001/NEN 6786 leidt al gauw tot de conclusie dat gehele aandrijvingen moeten worden vervangen, met hoge kosten voor de overheid als gevolg. Als de staat van onderhoud van de aandrijvingen goed is, is dat niet goed met elkaar te rijmen.
Als de eigenaar van de beweegbare brug de kosten voor vervanging wil verantwoorden, zal hij helderheid moeten krijgen wat betreft deze schijnbare tegenstelling tussen theorie en werkelijkheid. Wij zien mogelijkheden om tegen relatief lage kosten (ten opzichte van de investeringen) aan te tonen dat bestaande aandrijfwerken aan de huidige normen kunnen voldoen, ook al zijn deze van vóór invoering van de NEN 6786. De oplossing bestaat uit het beter in rekening brengen van de werkelijkheid qua belastingen en capaciteit, het eventueel aanpassen van gebruiksvoorwaarden en beschikbaarheid, en geringe ontwerpaanpassingen. Het gehele pakket, dat maatwerk is per brug, kan een positief resultaat opleveren voor het behoud van aandrijvingen of componenten daarvan. In het geval van de Aardammerbrug, de Zegerbrug en de Papenbrug is daardoor meer dan 60% bespaard op de aanvankelijk begrote kosten voor het onderhoud.
Om deze werkwijze toe te passen is een grondige kennis vereist van de normen en vooral van de achtergronden van deze normen als het gaat om afwijkingen en interpretatie van eisen. Na uitvoering van een dergelijke herberekening weet de eigenaar van de brug echter wel welke onderdelen definitief vervangen moeten worden om in overeenstemming te zijn met de wettelijke eisen. Het blijkt dat in veel gevallen dit niet altijd hoeft te leiden tot (vervroegd) afschrijven van de aandrijving van de brug.



↑ Figuur 9
Koppels op het bewegingswerk op basis van de 20 voorgeschreven belastingcombinaties in de NEN 6786 (voorbeeld uit de berekening).