

FACTSHEET

Aan	: Kennisplatform Risicobenadering
Opgesteld door	: Ruben Jongejan, Bob van Bree, Han Knoeff, Marieke de Visser, Jan Blinde
i.s.m.	: -
Gereviewd door	: -
Kopie aan	: -
Datum	: 28-07-2016
Versie	: 2
Onderwerp	: Verkeersbelasting en macrostabiliteit

**Kennisplatform
Risicobenadering**
Zuidersluis 1
3439 LA Nieuwegein
Postbus 2232
3500 GE Utrecht
kpr@rws.nl

1 Inleiding

Een waterkering kan aan uiteenlopende (combinaties van) belastingen worden blootgesteld. Een van deze belastingen is de verkeersbelasting. In dit memo wordt nader ingegaan op de omgang met verkeersbelastingen bij het ontwerp van waterkeringen op grond van de nieuwe overstromingskansnormen. Er wordt geen kant en klaar recept aangeboden. Dit is bewust gedaan om meer ruimte te geven aan vakmanschap en best practices in de praktijk te laten ontstaan.

Dit memo moet worden gelezen als een aanvulling op bestaande leidraden en technische rapporten. Het is als volgt opgebouwd. Eerst wordt in hoofdstuk 2 een overzicht gegeven van de omgang met verkeersbelastingen in bestaande/oude leidraden en technische rapporten. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 ingegaan op enkele misverstanden rondom de omgang met verkeersbelastingen bij het ontwerp van waterkeringen op basis van overstromingskansnormen. In hoofdstuk 4 wordt een toelichting gegeven op de theorie achter de omgang met verschillende typen belastingen in (inter)nationale ontwerpregels. Ten slotte wordt in hoofdstuk 5 een advies gegeven voor de omgang met verkeersbelastingen bij het ontwerp van waterkeringen op basis van overstromingskansnormen.

2 Korte historie: ontwikkelingen in de omgang met de verkeersbelasting

In de Leidraad voor het Ontwerp van Rivierdijken deel 1 (TAW, 1985) is over de omgang met verkeersbelastingen opgenomen: "Los van de vraag óf een dijk bij hoge waterstanden voor verkeer wordt afgesloten, verdient het aanbeveling bij het ontwerp en de stabiliteitscontrole rekening te houden met een verkeersbelasting op de dijk. Bij een eventuele calamiteit kan immers transport van zwaar materiaal en materieel over de dijk noodzakelijk zijn. Aanbevolen wordt uit te gaan van een gelijkmatig verdeelde ontwerpbelasting van 15 kN/m² op één rijstrook met een breedte van 2,5m." (LOR1, pag. 53)

Later is in de Handreiking Constructief Ontwerpen (TAW, 1994) gekeken naar mogelijkheden voor optimalisatie van de bovengenoemde ontwerpbelasting. Dit is uitgewerkt in Bijlage 2 van de bewuste handreiking. In deze bijlage wordt het volgende gesteld:

1. De gelijkmatig verdeelde ontwerpbelasting van 15 kN/m² uit LOR1 komt overeen met een belasting van verkeersklasse 60 volgens de VOSB 1963. Voor wegen waarop uitsluitend klasse 30 volgens de VOSB 1963 wordt toegelaten mag worden uitgegaan van de een gelijkmatig verdeelde ontwerpbelasting van 7,5 kN/m².
2. Er wordt van uitgegaan dat de zwaarste verkeersbelasting ten tijde van een maatgevende hoogwater niet aanwezig zal zijn.
3. Tijdens een hoogwater wordt aanbevolen om uit te gaan van een laststelsel van 400KN per 12m², hetgeen overeenkomst met 13 kN/m² over een breedte van 2,5m. Deze last wordt ook voorgesteld bij dijken waarop geen verkeersweg aanwezig is: "Zelfs al bevindt zich op de dijk geen rijweg, dan is in een situatie met een dreigende calamiteit

een belasting in de vorm van een rij zandauto's op de kruin van de dijk of op een aan de binnenzijde van de dijk aanwezige berm niet onmogelijk. Een dergelijke belasting kan worden benaderd door een belasting van 400 kN per 12 m over een breedte van 2,5m, dat wil zeggen ca. 13 kN/m²." (Bijlage Handreiking Constructief Ontwerpen, hoofdstuk 2A, pag. 1).

In het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies (TAW, 2001) wordt nader ingegaan op de schematisering van verkeersbelastingen. Bij het ontwerppeil wordt uitgegaan van een ontwerpbelasting van 13 kN/m², conform de Handreiking Constructief Ontwerpen.

De bovengenoemde documenten illustreren de volgende algemene principes:

1. De verkeersbelasting is een belastingtype dat beschouwd moet worden bij de beoordeling van het waterkerend vermogen van primaire waterkeringen.
2. De rekenwaarde van de verkeersbelasting die bij het ontwerp wordt aangehouden moet toepasselijk zijn voor de beschouwde situatie.
3. Er zijn uiteenlopende combinaties van buitenwaterstanden en verkeersbelastingen mogelijk. Er moet rekening worden gehouden met de waarschijnlijkheid van deze belastingcombinaties.

De bovenstaande basisprincipes staan aan de basis van het advies dat in hoofdstuk 5 van dit memo wordt gegeven. Dit advies is daarmee in lijn met aloude gedachten over de omgang met verkeersbelastingen. Het betreft feitelijk een verdere optimalisatie van de aanpak uit de Handreiking Constructief Ontwerpen (TAW, 1994).

3 Verkeersbelastingen en overstromingskansnorm

In deze paragraaf worden enkele misverstanden uit de weg geruimd over de omgang met verkeersbelastingen bij het ontwerp van waterkeringen op grond van overstromingskansnormen.

3.1 Verkeersbelasting, UGT en BGT

De vraag of verkeersbelastingen moeten worden beschouwd bij de beoordeling van bestaande constructies of het ontwerp van versterkingsmaatregelen of nieuwe keringen staat geheel los van de vraag of de beschouwde grenstoestand de UGT of de BGT is. Een betrouwbaarheidseis is een eis aan de kans dat een grenstoestand (BGT of UGT) wordt overschreden, door welke oorzaak of combinatie van oorzaken dan ook.

3.2 Verkeersbelasting en ontwerppeil

Een essentieel onderdeel van de overstromingskansbenadering is dat er niet wordt gekeken naar de vraag of een bepaalde hydraulisch belasting zoals het ontwerppeil "veilig" gekeerd kan worden. Het ontwerppeil in een semi-probabilistische voorschrift is niet noodzakelijkerwijs een waterstand die "veilig" gekeerd kan of moet kunnen worden. Het ontwerppeil is simpelweg onderdeel van een rekenprocedure die samen met de andere rekenwaarden borgt dat de faalkans voldoende klein is. Een kering kan ook falen bij lagere waterstanden dan het ontwerppeil.

Het ontwerppeil had ook op basis van een andere overschrijdingskans gedefinieerd kunnen worden. Dan waren hooguit de veiligheidsfactoren anders geweest om deze faalkansprestatie te kunnen leveren. Dit geeft wel aan dat aan het ontwerppeil geen bijzondere betekenis moet worden toegedicht. In de overstromingskansbenadering spelen begrippen zoals "normomstandigheden" geen enkele rol.

Het bovenstaande betekent dat de vraag hoe met de verkeersbelastingen moet worden omgegaan niet versmald moet worden tot de vraag of een verkeersbelasting realistisch is bij een waterstand die gelijk is aan het ontwerppeil. Er zijn ook andere combinaties van verkeersbelastingen en waterstanden mogelijk. Op de vraag welke combinaties beschouwd moeten worden, wordt in hoofdstuk 5 nader ingegaan.

3.3 Geen wettelijke eisen aan verkeersbelastingen

De Waterwet stelt geen eisen aan de mogelijkheden om onder bepaalde condities nog noodmaatregelen te kunnen treffen. Het is dus niet wettelijk voorgeschreven dat een dijk een verkeersbelasting van 13 kN/m² veilig moet kunnen weerstaan.

4 Theoretische basis voor de omgang met verkeersbelastingen

Een waterkering kan worden blootgesteld aan uiteenlopende variabele belastingen, zoals hoge waterstanden, verkeersbelastingen en aardbevingen. De kans dat de verschillende belastingen gelijktijdig een zeer ongunstige (zeldzame) waarde bezitten, is vaak klein. Hier wordt als volgt mee omgegaan in probabilistische en semi-probabilistische beoordelingen.

4.1 Probabilistische beoordeling

Bij een probabilistische beoordeling wordt gekeken naar de kans dat de kering faalt, op basis van de *gezamenlijke* statistiek van de verschillende typen belastingen. De afhankelijkheden tussen en de duur van de verschillende typen belastingen zijn hierbij van belang. Ter illustratie: aardbevingen en hoogwaters zijn onafhankelijk en van korte duur. Zodoende is de kans dat ergens in een jaar gelijktijdig sprake is van een zware aardbeving en een extreem hoogwater zeer klein.

4.2 Semi-probabilistische beoordeling

De rekenwaarden van semi-probabilistische voorschriften zijn idealiter gelijk aan de ontwerppuntwaarden uit probabilistische berekeningen. Als de ontwerppuntwaarden van de belastingparameters van geval tot geval sterk kunnen verschillen, dan is het conservatief om voor elke belastingparameter van een ongunstige rekenwaarde uit te gaan. Een efficiëntere beoordeling is dan mogelijk door de semi-probabilistische beoordeling uit te voeren voor verschillende belastingcombinaties.

Bij een werkwijze met belastingcombinaties wordt steeds voor één belastingparameter uitgegaan van een relatief ongunstige waarde (dominante belasting). Voor de overige belastingparameters wordt dan van minder ongunstige waarden uitgegaan (combinatiewaarden). Bij elke belastingcombinatie moet de kering voldoen. Een ontwerper moet dus verschillende belastingcombinaties beschouwen. Dit is een werkwijze die internationaal gangbaar is en bijvoorbeeld in de Eurocodes is te vinden (zie NEN-EN1990). Deze aanpak is ook in de Handreiking Constructief Ontwerpen (TAW, 1994) te herkennen. Feitelijk staat in deze handreiking dat de stabiliteit zowel moet voldoen bij 15 kN/m² zonder hoogwater als bij 13 kN/m² met hoogwater (waarbij de laatstgenoemde combinatie vrijwel zeker maatgevend is).

5 Advies voor de omgang met verkeerbelastingen bij het ontwerp

De aanwezigheid van verkeer kan van invloed zijn op de macrostabiliteit van een waterkering. De verkeersbelasting is van invloed op het momentenevenwicht. Het effect van de verkeersbelasting is onder andere afhankelijk van de duur van de belasting en de consolidatie-eigenschappen van het dijksmateriaal en de ondergrond. De omgang met het aanpassingspercentage en de spreidingshoek verandert in principe niet door de overstap op de overstromingskansbenadering.

Het is onderdeel van het ontwerpproces om geschikte, realistische combinatiewaarden van de verkeersbelasting en de hydraulische belasting te specificeren. Geadviseerd wordt om in elk geval de volgende belastingssituaties te beschouwen:






1. Verkeersbelasting door geplande werkzaamheden:
 - a. de verkeersbelasting horend bij beheer en onderhoud.
 - b. de verkeersbelasting horend bij de uitvoeringsfase van toekomstige versterkingen.

In beide gevallen is de kans op een hoge verkeersbelasting in combinatie met een hoge buitenwaterstand klein. Zo is een hoge verkeersbelasting vanwege beheer, onderhoud of versterking weinig realistisch bij een buitenwaterstand die hoger is dan het

waarschuwingspeil. Als eerste indicatie hiervoor kan een peil worden aangehouden dat ongeveer eens per jaar wordt overschreden.




Bij een afschuiving die het waterkerend vermogen direct in gevaar brengt, is een relatief groot grondvolume betrokken. Uitgaande van een lengte van een afschuifvlak van 50m (in langrichting van de dijk) mag in een 2D-stabiliteitsberekening worden uitgegaan van de verkeersbelasting per m² die gemiddeld genomen over een lengte van 50m aanwezig is. Voorbeelden van voertuigeigenschappen en mogelijke belastingsituaties zijn gegeven in Tabel 1 en Tabel 2. Benadrukt wordt dat het gaat om voorbeelden. De tabellen zijn niet volledig.




Tabel 1. Voorbeelden van voertuigen en hun eigenschappen.

Voertuig	Afmetingen (m)	Massa (kg)
	12 x 2,55	Maximaal* 50.000
	20 x 3	Maximaal* 60.000
	16,5 x 2,55	Maximaal* 50.000
	10 x 2,5	12.500
	5 x 2	3.000

* Maxima volgens RDW (2012). Voor zwaardere voertuigen is een ontheffing vereist.

Tabel 2. Voorbeelden van belastingsituaties. In de laatste kolom staat de belasting per m², gemiddeld over een lengte van 50m. Dit is de lengte die in stabiliteitsanalyses standaard als representatieve lengte wordt aangehouden voor de analyse in een doorsnede (cf. Addendum Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies).

Belasting situatie	Belasting (kN/m ²) over 2,5m breedte
≥4 maximaal beladen zandauto's met 1 m onderlinge afstand (of equivalent) 	15
3 maximaal beladen zandauto's binnen 50m (of equivalent) 	12
2 maximaal beladen zandauto's binnen 50m (of equivalent) 	8

Belastingssituatie	Belasting (kN/m ²) over 2,5m breedte
Zware kraan met maximaal beladen trekker met oplegger of vrachtauto binnen 50m (of equivalent) 	9
Zware kraan met maximaal beladen vrachtauto binnen 50m (of equivalent) 	9
Lichte vrachtauto met kraan + pick-up binnen 50m (of equivalent) 	1

2. Verkeersbelasting door maatregelen bij hoge buitenwaterstanden:
 - a. Er moet rekening worden gehouden met realistische verkeersbelastingen gerelateerd aan herstelwerkzaamheden, in combinatie met de hydraulische condities waarbij herstelwerkzaamheden reëel/voorstelbaar zijn:
 - i. Daar waar hoogwaters stormgedomineerd zijn, zoals langs de kust, zijn herstel- of noodwerkzaamheden tijdens hoogwater niet realistisch.
 - ii. Daar waar hoogwaters afvoergedomineerd zijn, lijken herstel- of noodwerkzaamheden met zwaar materieel alleen realistisch bij waterstanden met overschrijdingskansen die groter zijn dan grofweg 1/100 per jaar. Het lijkt onwaarschijnlijk dat bij buitenwaterstanden met kleinere overschrijdingskansen zwaar materieel op een dijk wordt toegelaten zonder een kritische beoordeling vooraf. NB: de wet vereist niet dat bij zeer extreme buitenwaterstanden nog zwaar materieel op een dijk *moet* kunnen. Het gaat hier hooguit om de verkeersbelasting die zich in werkelijkheid voor *kan* doen. Dit kan bijvoorbeeld ook een kleine vrachtwagen zijn.
 - b. Er moet rekening worden gehouden met de verkeersbelastingen die horen bij het functioneren van het hoogwaterkerend systeem. Hierbij kan worden gedacht aan de verkeersbelastingen die horen bij het sluiten van coupures of demontabele wanden. Ook hier geldt dat voor de combinatie waarde van de buitenwaterstand moet worden uitgegaan van de waterstand waarbij deze verkeersbelasting nog reëel is.
3. Verkeersbelasting bij een weg op een dijk:

Een extreme verkeersbelasting op een weg hoeft niet gecombineerd te worden met een extreme buitenwaterstand, zie ook de Handreiking Constructief Ontwerpen (TAW, 1994). Vanwege de relatief korte duur van hoogwaters en extreme verkeersbelastingen is de kans op een extreme verkeersbelasting tijdens hoogwater klein. In dit geval kan de extreme verkeersbelasting zodoende worden gecombineerd met een buitenwaterstand met een relatief grote overschrijdingskans, zoals bijvoorbeeld een overschrijdingskans van 1 per jaar.

De rekenwaarde van de verkeersbelasting is voor de bovengenoemde gevallen 1, 2 en 3 niet noodzakelijkerwijs hetzelfde. Zo kan de verkeersbelasting bij herstelwerkzaamheden waarbij met relatief licht materieel wordt gewerkt veel kleiner zijn dan een zware verkeersbelasting op een weg op een dijk (zie ook TAW, 1994).

Verwacht wordt dat de verkeersbelasting veelal van beperkt belang zal zijn voor het ontwerp van een primaire waterkering. Zodoende wordt geadviseerd om kritisch te bekijken of op een realistische wijze met verkeersbelasting is omgegaan als blijkt dat de verkeersbelasting toch grote invloed heeft op het ontwerp (gevoeligheidsanalyse).

Keuzes die bij het ontwerp gemaakt worden gemaakt ten aanzien van verkeersbelastingen moeten in het oog worden gehouden bij het weggebruik, het beheer en onderhoud en bij hoogwatersituaties.

Referenties

TAW (1994). Handreiking Constructief Ontwerpen, april 1994, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.

TAW (1985). Leidraad voor het Ontwerp van Rivierdijken deel 1 – Bovenrivierengebied, september 1985, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.

TAW (2001). Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, juni 2001, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.

RDW (2012). Overzicht maten en gewichten in Nederland. maart 2012.

Het kennisplatform risicobenadering is opgericht ter ondersteuning van de keringbeheerder bij toepassen van de nieuwe normering en de risicobenadering. Adviezen en ondersteuning van het kennisplatform risicobenadering hebben een informele status en staan gelijk aan collegiaal advies.