

## Ladingzekering eenvoudig te berekenen

# Krachten versus tegenkrachten (2)

Nu de maximale transportkrachten waarmee rekening gehouden moet worden tijdens het transport van (gevaarlijke) goederen in de Nederlandse regelgeving zijn vastgelegd, is het eenvoudig geworden een correcte ladingzekering vast te stellen. In het tweede deel van dit artikel berekenen de auteurs de tegenkrachten.<sup>1</sup>

Tekst en fotografie: Willy van Praet en Raf van Gysel

Zoals in het vorige deel van dit artikel al bleek, zijn er vier courante tegenkrachten waarmee de ladingzekerheid veilig kan worden gesteld.

### 1 De wrijvingskracht

De belangrijkste tegenkracht is de wrijvingskracht. Ze is belangrijk omdat:

- ▶ ze steeds aanwezig is (met uitzondering van sneeuw, ijs, olie, zeep of korrels van allerlei aard op de laadvloer);
- ▶ ze meestal de hoogste waarde van alle mogelijk tegenkrachten heeft;
- ▶ ze nog eens kunstmatig kan verhoogd worden (door gebruik van antislipmatten).

Maar wat we vooral interessant vinden is dat deze tegenkracht, net zoals de transportkrachten, wordt uitgedrukt als een product van een getal (zijnde de wrijvingscoëfficiënt) met de gewichtskraft  $G$ . Dit geeft de mogelijkheid om op een zeer eenvoudige wijze na te gaan wat de overblijvende restkracht is die nog geneutraliseerd moet worden

### Bepalen van de restkracht

De wrijvingsweerstand (zie kader) kan vastgesteld worden bij voorbereiding van de belading of bij wegcontrole. Je kunt er dus onmiddellijk rekening mee houden. Is de wrijvingsweerstand eenmaal bekend, dan kan ook de overblijvende restkracht eenvoudig bepaald worden. De transportkracht wordt uitgedrukt als:  $0,8 \times G$  of  $0,5 \times G$ . De wrijvingskracht wordt dan weer uitgedrukt als:  $\mu \times G$ . Het verschil tussen beide is  $(0,8 - \mu) \times G$  of  $(0,5 - \mu) \times G$ . Dit verschil noemen we verder restkracht.

Grafisch kunnen we dit voorstellen als:



Figuur 1: Overblijvende restkracht

De transportkracht die geneutraliseerd moet worden (door vier mogelijke tegenkrachten), vervangen we dus door de restkracht die geneutraliseerd moet worden (door drie mogelijke tegenkrachten – de wrijvingskracht is immers al verwerkt).

Deze benadering laat toe om, zonder enig rekenwerk, via een eenvoudige tabel de restkracht te bepalen. De methode vraagt alleen het kunnen herkennen van materialen, het op basis van de tabel kunnen bepalen van de wrijvingscoëfficiënt, het kennen van het gewicht van de lading en het aflezen van de restkracht in de hiervoor opgestelde tabel.<sup>2</sup>

### 2 Materiaalkracht (= tegenduwen)

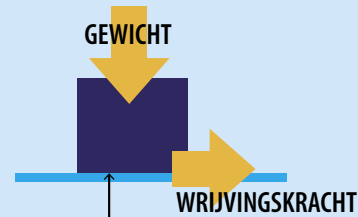
Is de restkracht bepaald, dan is een eerstvolgende tegenkracht de kracht die afkomstig is van de sterkte van de materialen van de laadruimte, waartegen de lading duwt als ze zich wil verplaatsen onder invloed van de transportkrachten. Hoe sterker de materialen hoe hoger de tegenkracht die wordt opgeworpen tegen de transportkracht. In eerste instantie komen hiervoor de wanden van de laadruimte in aanmerking. In tweede instantie de horizontale en verticale obstakels die

### Waarde van de wrijvingskracht

De wrijvingskracht wordt veroorzaakt door het aandrukken van de lading met massa  $m$ , die zelf onderhevig is aan de zwaartekrachtversnelling  $g$ , tegen de laadvloer. De wrijving verzet zich tegen beweging. De grootte van de wrijvingskracht hangt af van de gewichtskracht  $G$  (hierin zit de massa  $m$  en de versnelling  $g$ ) en de aard van de gecombineerde materialen van vloer en lading.

De aard van de gecombineerde materialen van vloer en lading wordt weergegeven in de wrijvingscoëfficiënt (uitgedrukt als  $\mu$ ). Dit is een getal dat meestal kleiner is dan 1.

Wiskundig is de uitdrukking van de wrijvingskracht bijgevolg:  $F_w = \text{wrijvingscoëfficiënt} \times \text{gewichtskracht}$ , of ook  $F_w = \mu \cdot G$ .



Wrijvingsfactor  $\mu$ . bv.  $\mu = 0,3$

Figuur 2: De wrijvingsfactor

De waarden van de wrijvingscoëfficiënt zijn binnen de Europese invloedssfeer vastgelegd in de Europese Norm EN12195-1 voor de meest voorkomende combinaties van laadvloer- en ladingsmaterialen. Enkele courante waarden voor de wrijvingscoëfficiënten volgens EN 12 195-1:2010 zijn:

Lading	Gezaagd hout		Geschaafd hout		Plastieken paletten		Stalen kratten	
<b>Vloermateriaal</b>								
Geproduceerd laminaathout of multiplexhout	0,45	0,6(*)	0,3	0,6(*)	0,2	0,6(*)	0,45	0,6(*)
Gegroefd aluminium	0,4	0,6(*)	0,25	0,6(*)	0,15	0,6(*)	0,3	0,6(*)
Inoxplaat	0,3	0,6(*)	0,2	0,6(*)	0,15	0,6(*)	0,2	0,6(*)
Krimpfolie	0,3	0,6(*)						

(\*) geldt bij gebruik van antislipmatten

Tabel: Waarden voor de wrijvingscoëfficiënten

geplaatst worden tussen de zijwanden enerzijds en tussen de vloer en dak van de laadruimte anderzijds.



Attest conformiteit wanden

### 3 Materiaalsterkte van de verbindingslijnen (= tegentrekken)

Indien geen gebruik kan gemaakt worden van een XL-conform voertuig, zal de restkracht op een andere manier opgevangen moeten worden.

De methode die daarbij vervolgens de voorkeur heeft, is het overbrengen van de restkracht via verbindingslijnen naar de laadvloer of de zijwanden (via rails) van de laadvloer.

De meest voorkomende verbindingslijn is de spanriem. De spanriem kan in verschillende geometrische

combinaties aangebracht worden om de transportkrachten op te vangen:

- ▶ diagonaal sjarren
- ▶ kopsjarren
- ▶ rondsjarren
- ▶ bochtsjarren
- ▶ Kruissjarren

Kenmerkend voor al deze geometrisch combinaties is dat de textielsterkte van het *riem*-gedeelte centraal staat.<sup>3</sup> Elke spanriem is aangeduid met een identificatievignet dat, via de LC-waarde (Lashing Capacity), aangeeft hoeveel trekkracht de spanriem kan verdragen, zonder permanent te vervormen.

Bij het gebruik van deze spanriemen als verbindingslijn dienen de volgende principes gerespecteerd te worden:



Stang met aangeduide waarden voor tegenkracht

### Europese norm voor materiaalkracht

Voor de keuring van de materiaalkracht van de wanden is er een Europese norm EN12 642:2006 beschikbaar.

- ▶ De eerste versie van de norm (2002) had betrekking op voertuigen van de L-versie. De voertuigen, waarvan een prototype succesvol de test doorstond, kon met het kopschot een tegenkracht van 40%, met een maximum van 5.000 daN, opbrengen. Met de zijwanden kon een tegenkracht van 30% van het maximale laadgewicht opgebracht worden. Voor de achterwand was dit dan 25% met een maximum van 3.100 daN.
- ▶ Aan de Europese Norm EN12 642:2006 werd de optie XL-versie toegevoegd. Deze is momenteel nog steeds gangbaar. Een voertuig dat voldoet aan de XL-voorwaarden van de Europese Norm EN 12 642:2006 kan volgende tegenkrachten genereren;
  - ▶ door het kopschot: 50% van het maximale laadgewicht;
  - ▶ door de zijschotten: 40% van het maximale laadgewicht;
  - ▶ door de achterwand: 30% van het maximale laadgewicht.
- ▶ Voor een voertuig dat 27.000 daN kan laden, betekent dit dat in voorwaartse richting 13.500 daN kan opgevangen worden, in zijwaartse richting 10.800 daN en in achterwaartse richting 8.100 daN.

Voor een XL-conforme vrachtwagen met een maximaal laadgewicht van 27.000 daN dat geladen is met een lading van 20.000 daN in de vorm van houten paletten op een houten laadvloer, bedraagt de restkracht in voorwaartse richting, volgens de tabel, 7.000 daN. De materiaalsterkte van het kopschot laat een tegenkracht toe van 13.500 daN. Ruim voldoende dus om de 7.000 daN te neutraliseren.

Hieruit kan afgeleid worden dat bij gebruik van XL-voertuigen, het gebruik van antislipmatten niet noodzakelijk is. De wrijvingsweerstand, aangevuld met de materiaalsterkte van de wanden genereert voldoende tegenkracht om de transportkracht op te vangen.

Hierbij dient nog wel opgemerkt te worden dat de lading zodanig op de laadvloer geplaatst moet worden dat schuiven niet of nauwelijks mogelijk wordt. Schuiven van de lading veroorzaakt immers een impactkracht die vele malen hoger is dan de transport(druk)kracht. Tegen impactkracht zijn ook de wanden van de XL-conforme laadruimte niet bestand.

- ▶ Het blauwe identificatievignet moet aanwezig en afleesbaar zijn op de spanriem. Een afgescheurd vignet maakt de spanriem waardeloos. Het beste is om spanriemen te kopen met een ingenaaid vignet.



Opgestikt vignet

- ▶ De ankerpunten van het voertuig moeten voldoende stevig zijn om de via de spanriem overgebrachte restkrachten op te vangen. De ankerpunten moeten uiteraard ook gekeurd zijn. Nakeuring van zelf aangebrachte ankerpunten is mogelijk.
- ▶ Een spanriem moet steeds aangespannen blijven tijdens het vervoer. Sommige vervormbare lading maakt dit moeilijk. Gebruik van hoekprofielen kan een oplossing zijn.
- ▶ Een spanriem die één ankerpunt aan de lading heeft en één ankerpunt op de laadvloer, mag slecht voor 1 x LC-waarde verrekend worden. Een spanriem die, als gevolg van de toegepaste geometrische configuratie aan de beide zijden met een ankerpunt op de laadvloer of in de beide zijwanden verbonden is, mag verrekend worden aan 2 x LC-waarde, voor de in rekening te brengen tegenkracht.
- ▶ De beschikbare tegenkracht is gebaseerd op de LC-waarde. Indien de spanriem onder een hoek staat opgesteld, zal een gedeelte van LC-waarde niet meer beschikbaar zijn, als gevolg van het natuurkundig gegeven van verdeling van krachten als ze schuin inwerken.
- ▶ Een spanriem als verbindingslijn werkt slechts als de transportkrachten optreden. Als er geen transportkrachten optreden staat er ook geen spanning op de spanriem.



Niet correct aangebrachte spanriem

### 4 De door de spanriem aangebrachte wrijvingskracht

De laatste mogelijke tegenkracht, en meteen ook de minst waardevolle, is het gebruik van hetzelfde instrument (spanriem of ketting), waarmee tegenkracht door de materiaalsterkte van de verbindingslijn werd beoogd. De spanriem werd en wordt nog steeds toegepast op basis van de ratel waarmee men een spankracht in de riem opwekt.

De (lage) opgewekte spankracht in de spanriem wordt omgezet in een (even lage) neerwaartse kracht van de onderliggende lading op de laadvloer. Uiteindelijk wordt

de (lage) neerwaartse kracht omgezet in een (even lage) wrijvingskracht tussen lading en laadvloer.

### Besluit

De methode van 'krachten versus tegenkrachten' laat toe om op eenvoudige wijze snel tot een eerste inzicht te komen in het al dan niet aan de 0,8G en 0,5G voldoen van de ladingzekering.

Stap 1: Het bepalen van de restkracht kan gemakkelijk uitgevoerd worden aan de hand van een tabel.

Stap 2: Het bepalen van het effect van de materiaalsterkte van wanden en obstakels vereist als enige wiskundige berekening het aftrekken van twee cijfers (materiaalsterkte aftrekken van de restkracht).

Stap 3: Het bepalen van het effect van de materiaalsterkte van verbindinglijnen vereist, voor een eerste verificatie, als enige wiskundige berekening het optellen van 80% van de LC-waarden van de verbindinglijnen en raden aftrekken van deze som van de eerder verkregen restwaarde. Voor een nauwkeurige bepaling van de tegenkracht kan ook weer gebruik gemaakt worden van een tabel.

Stap 4: Het bepalen van het effect van het neersjorren van de lading vereist, voor een eerste verificatie, als enige wiskundige berekening het optellen van de STF-waarden van het aantal ingezette spanriemen en het daarna aftrekken van deze som van de eerder verkregen restwaarde.

Voor een nauwkeurige berekening van de beschikbare wrijvingskracht per spanriem kan dan weer gebruikt gemaakt worden van een eenvoudige tabel die rekening houdt met de wrijvingsweerstand en de spanhoek ten opzichte van de laadvloer van de spanriem.

Het uiteindelijke rekenresultaat moet steeds negatief zijn. M.a.w. de som van de tegenkrachten moet steeds groter zijn dan de maximaal optredende transportkracht 0,8G en 0,5G. Deze werkwijze kan toegepast worden op zowel deelladingen als op een totaallading.



Mogelijkheid palen aanbrengen voor tegenkracht

### Waarde van de spanriem

Voor de waarde van de spanriem is de maximaal bereikbare waarde de LC-waarde (of 2 x de LC-waarde). Het krijgen van de juiste waarde vraagt een omslachtige berekening (ingenieurswerk). Dit kan echter omzeild worden door gebruik te maken van tabellen.

Maar er kan ook gebruik gemaakt worden van een nog gemakkelijker vuistregel. Als men bij de berekening in plaats van de LC-waarde, 80% van de LC-waarde neemt, zit men meestal goed.

Een voorbeeld: voor een ladingseenheid van 20.000 daN, geladen op een gewone vrachtwagen en voorzien van ankerpunten, zal bij een wrijvingsweerstand van 0,45 de restkracht 7.000 daN bedragen. Twee spanriemen, met elk een LC-waarde van 5.000 daN, aan de voorzijde van de lading in kruissjorring geplaatst, zullen, met behulp van de vuistregel elk een tegenkracht van 80% van 5000 daN = 4.000 daN, oftewel  $2 \times 4.000 \text{ daN} = 8.000 \text{ daN}$  kunnen opbrengen. Omdat in dit voorbeeld de voorwaartse transportkracht maximaal 7.000 daN bedraagt, voldoet deze wijze van ladingzekering in de voorwaartse richting. Wie hogere trekkrachten wil, kan ook gebruik maken van kettingen en kabels.

### Waarde van de spanriem

De waarde die de ratel van een spanriem kan bereiken staat eveneens aangegeven op het blauwe identificatievignet, en wordt uitgedrukt als STF-waarde. Deze STF-waarde is altijd redelijk laag en varieert merendeels tussen 300 en 500 daN. De door de ratelkracht veroorzaakt wrijvingskracht kan in de praktijk nooit de STF-waarde overschrijden en zal er maximaal ongeveer aan gelijk zijn. De resterende wrijvingskracht wordt beïnvloed door de wrijvingsweerstand (hoeveel procent wordt er van de aangelegde spankracht omgezet in wrijvingskracht) en de hoek waarin de spanriem staat opgesteld ten opzicht van de laadvloer. Bij een hoek van 90°, dus recht naar beneden, is er geen verlies van de aangelegde spankracht. Hoe kleiner de hoek hoe meer verlies optreedt. In de tabel<sup>4</sup> zien we de invloed van zowel wrijvingsweerstand als spanriemhoek op de resterende wrijvingskracht voor een spanriem met STF van 500 daN.

Verder moeten belader en chauffeur natuurlijk op de hoogte zijn van de basisgegevens in het omgaan met krachten, zoals het absoluut vermijden van het ontstaan van impactkrachten. De lading mag zich dan ook maar zeer beperkt verplaatsen als gevolg van de optredende transportkrachten. ■

### Noten

- 1 In het eerste deel van dit artikel gaven de auteurs een berekening van de transportkrachten. Zie *Gevaarlijke Lading* (2014) 3, p. 20 e.v.
- 2 De tabel voor het aflezen van wrijvingsweerstand, massa en daaruitvolgende restkracht is in te zien op de website ([www.gevaarlijkelading.nl/tijdschriftarchief](http://www.gevaarlijkelading.nl/tijdschriftarchief)).
- 3 De ratelkracht is hier niet belangrijk. Daarom staat in dit deel 'riem' cursief.
- 4 Ook deze tabel ('Tegenkracht veroorzaakt door bijkomende wrijvingskracht door neersjorren') is in te zien op de website ([www.gevaarlijkelading.nl/tijdschriftarchief](http://www.gevaarlijkelading.nl/tijdschriftarchief)).

Ing.-lic. Willy van Praet  
MSc. is afgestudeerd  
specialist Gevaarlijke  
Stoffen bij STC en  
verzorgt bedrijfsinterne  
opleidingen ADR en  
Ladingzekering.  
Raf van Gysel is  
advocaat bij Ponet &  
De Vleeschauer te  
Antwerpen.