

TW-G VOERTUIGEN



Versie 1.0

September 2023

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Voorwoord	3
1.2	Afbakening	3
1.3	Begrippenlijst	3
2	Geschiedenis	4
3	Chassis	6
3.1	NEN-EN 1846	6
3.2	Zwaartepunt	6
3.3	Voertuigstabiliteit	6
3.4	ESP	7
3.5	Chassis	9
3.6	Voertuiggewichten	9
3.7	Rijopleidingen	10
3.8	Asconfiguraties	10
3.9	Aandrijflijn	12
3.10	Motorprestaties	13
3.11	Koppeling	15
3.11.1	Koppelomvormer	16
3.12	Transmissie	17
3.13	PTO	19
3.14	Aandrijflijn Pomp	20
3.15	Pomp	21
4	Opbouw	22
4.1	Bluswatertank	22
4.1.1	Tankvolume	22
4.1.2	Constructiewijze	22
4.2	Tankmateriaal	24
4.2.1	GVP	24
4.2.2	HDPE	25
4.2.3	Metaal	25
4.3	Torsie in carrosserie	26
4.4	Bevestiging op chassis	26
4.5	Klotsen	31
4.6	Tankontluchting	34
4.7	Algen	34

1.0 Inleiding

1.1 Voorwoord

Deze handreiking is tot stand gekomen in opdracht van MSO. Dank voor de medewerking bij de totstandkoming hiervan aan:

- dhr. Eddie Scholten en dhr. Jan Roo, VR IJsselland
- dhr. Frans Bakx, VR Midden West Brabant
- dhr. Dr. Ing. Erik Eenkhoorn, Accede bv te Hengelo
- Mercedes Benz Trucks Nederland
- DAF Trucks Nederland
- IFFS te Berlicum

1.2 Afbakening

Binnen deze handreiking wordt enkel watertransport besproken tegen een voertuigtechnische achtergrond, in beeld hierbij zijn chassis, watertank, leidingwerk en pomp. Onderwerpen van repressieve aard zoals schuimblusmiddelen, monitoren, dompelpompen enz. blijven buiten beeld.

Deze handreiking heeft tot doel belanghebbenden, bijvoorbeeld opstellers van PvE's, van technische onderbouwing te voorzien om samenstellen van een PvE te vereenvoudigen. Het is niet de bedoeling om alle onderwerpen uit deze handreiking in een PvE op te nemen; bij enkele onderwerpen wordt geadviseerd een keuze te overwegen, deze zijn wel bedoeld voor vermelding in een PvE.

Daar waar merknamen vermeld zijn, gelieve dit niet te zien in een promotioneel kader dan wel het tegenovergestelde ervan, dit is enkel bedoeld als voorbeeld van een specifieke voertuigeigenschap. Enkele afbeeldingen zijn zonder bronvermelding, bij deze afbeeldingen is, niet duidelijk wie de maker/rechtenhouder is, bijvoorbeeld omdat de afbeelding op diverse websites aan te treffen is. Bij de betreffende afbeeldingen is door de auteur dezer handleiding het uiterste gedaan om de maker/rechtenhouder te achterhalen.

Auteur:

Herman ter Beek B.Eng.

Sr. Projectleider Materieel

Nederlands Instituut Publieke Veiligheid NIPV

Herman.terbeek@NIPV.nl

06-48137605

Eerder gepubliceerd:

- Handreiking Haakarmconfiguratie
- Handreiking Terreinwaardigheid voor Grote Brandweervoertuigen

1.3 Begrippenlijst

- TW-G : TankWagen - Groot, binnen deze handreiking de benaming voor vervoer van bluswater, in grote hoeveelheden en/of over afstand.
- Torsie : In lengterichting verdraaien van een chassis, veroorzaakt door excentrische belading of bodemongelijkheid.
- Zwaartepunt : De fictieve en rekenkundige locatie waarop alle krachten (o.a. zwaartekracht, acceleratie- en remkrachten) aangrijpen. Als zich op deze locatie een ophangpunt bevindt en het voertuig daar middels een kabel aan opgehangen wordt zal het voertuig perfect in evenwicht blijven.
- Slingerschotten: Obstructies in de vorm van dwars- en in lengterichting geplaatste schotten met beperkte vloeistofdoorlaat, welke dwars- en langskrachten beperken

die ontstaan door vloeistofverplaatsing in de tank tijdens rijbewegingen.

Handreiking TW-G

2.0 Geschiedenis

Watertransport kwam bij de brandweer voornamelijk in beeld na afloop van WO2. Bij een meerdere korpsen was het wagenpark gedecimeerd als gevolg van inbeslagname en afvoer door de bezetter dan wel beschadigd / vernietigd bij oorlogshandelingen. Door het Ministerie van Binnenlandse Zaken zijn direct na de bevrijding brandweervoertuigen verstrekt in de vorm van de Austin K2 PM, uitgerust met een gemotoriseerde pomp en een hoeveelheid slangen en straalpijpen; deze voertuigen waren bekend onder de naam Bellewagen, zie onderstaande afbeeldingen:



Afb.: Austin K2 PM "Bellewagen" Bron: Brandweermuseum Hoogezand-Sappemeer

Een bluswatertank ontbrak op deze voertuigen, de behoefte om bluswater mee te nemen naar een brand was echter wel aanwezig. De meest voor de hand liggende oplossing: een dumpchassis uit de oorlog kon vaak goedkoop verworven worden en een plaatselijke carrosseriebouwer werd de opdracht verstrekt voor monteren van een bluswatertank, al dan niet voorzien van een pomp, zie onderstaand voorbeeld van Brandweer Doetinchem:



Afb.: Chevrolet C60L, TS3 LD 800 – T3600 Bron: Brandweer Doetinchem

Dit soort voertuigen verdwenen van het toneel toen gemeentes weer ruimte hadden voor investeringen in grotere brandweervoertuigen, voorzien van eigen bluswatertanks.

In de jaren 90 van de vorige eeuw ontstond er weer behoefte aan watertransportvoertuigen. Toename van natuurbrandrisico en de verbeterde preparatie ervoor, toename van pompcapaciteiten bij gelijk gebleven capaciteit van lokaal bluswaterleidingnetwerk, herinrichting van waterleidingsystemen enz. leidden tot de behoefte aan waterwagens, later bekend onder de benaming TankWagen-Groot (TW-G).

De eenvoudige en goedkope invulling van de behoefte aan watertransport werd gevonden in aanschaf van gebruikte melkwagens (RMO's: Rijdende Melk Opname), doorgaans in capaciteit tussen 12m³ en 20m³, zie onderstaande afbeelding van een 20m³ waterwagen van Brandweer den Burg op Texel.



Afb.: ex-RMO als TW-G voertuig. Bron: Brandweer Texel

In enkele gevallen werd ook gebruik gemaakt van afgevoerde Defensietankwagens, goed voor 21.500 l bluswater, zie onderstaande afbeelding



Afb.: Ex-MinDef tankwagen Bron: Brandweer Texel

In de 21^e eeuw groeit het aantal TW-G voertuigen zienderogen, dit o.a. door oplopende kosten voor brandkranengebruik, veroudering van – vaak gietijzeren - drinkwaterleidingen en beperking van de diameter van drinkwaterleidingen waardoor bluspompen de nominale capaciteit niet halen. Aanschafkosten worden vaak gecompenseerd door wegvallen van kosten voor brandkraangebruik en -onderhoud waardoor investering in TW-G's interessant is. Er is een specifieke markt voor secundaire bluswaterwinning ontstaan ter vervanging van o.a. MSA's met 500m slanglengte (WTS500). TW-G voertuigen maken deel uit van die markt en vereisen specifieke kennis bij het opstellen van PvE's.

TankWagen-Groot voertuigen, hierna TW-G, worden gebruikt voor vervoer van bluswater naar plaats incident indien het beeld ontstaat dat voorraad bluswater in een TS niet toereikend is en opbouwen van secundaire bluswatervoorziening veel tijd in beslag neemt of niet de eerste prioriteit heeft.

TW-G's zijn er met een watervoorraad tussen 10 en 16 ton waarbij de tendens naar grotere capaciteit (≥18t) groeiende is, niet alleen in specifieke capaciteit maar ook in voertuigaantallen.

3.0 Chassis

3.1 NEN-EN 1846

Brandweervoertuigen > 3,0 ton dienen te voldoen aan NEN-EN 1846. Binnen deze norm is in deel 2 een nadere voertuigbeschrijving aan te treffen met daarin de veiligheid- en prestatie-eisen.

In NEN-EN 1846 deel 1 staan in §2.2 de specifieke voertuigbenamingen vermeld, een TW-G past in deze binnen §2.2.12 Overige speciale Voertuigen: brandweervoertuigen ontworpen voor een speciale of specifieke taak. Onder speciale taak wordt vervoer van bluswater gezien.

De benaming “brandweervoertuig voor een speciale of specifieke” taak leidt er ook toe dat kantelhoeken, zie § 5.1.1.2 in NEN-EN 1846-2 niet zonder meer uit de tabel overgenomen hoeven te worden. De voertuigaanbieder dient bij verklaring van afwijkende kantelhoek een risicobeoordeling te produceren, welke aan de opdrachtgever ter beoordeling aangeboden dient te worden.

3.2 Zwaartepunt

De locatie van het zwaartepunt (zie begrippenlijst) wordt bepaald door de leverancier middels het voertuigontwerp en het PvE, dit laatste indien in het PvE opgenomen is:

- Een voorgeschreven maximale lengtemaat
- Een voorgeschreven tankvorm (rond / ovaal / rechthoeking)
- Dat appendages binnen de contouren van de tank opgeborgen dienen te worden, hierover later meer.

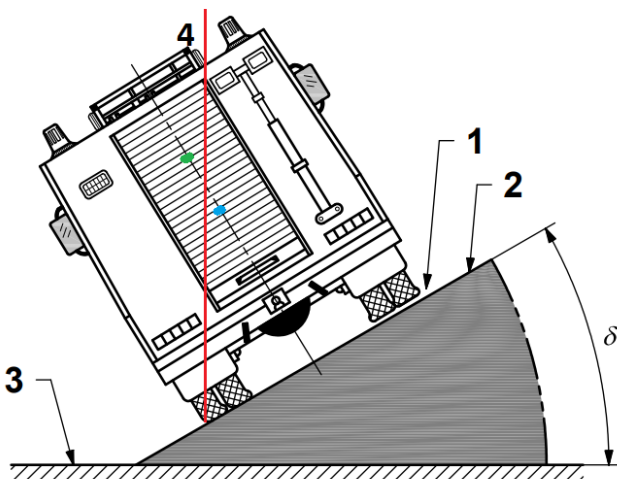
Voor de voertuigstabiliteit en daarmee -veiligheid is het gewenst dat het zwaartepunt zo laag mogelijk gesitueerd dient te zijn. Het aanbrengen van leidingwerk onder de tank is daarmee niet wenselijk.

3.3 Voertuigstabiliteit

Binnen de voertuigtechniek zijn twee stabiliteitsvormen bekend:

- Statische stabiliteit
- Dynamische stabiliteit

De statische stabiliteit is omschreven in Norm NEN-EN 1846-2, hierna een toelichting op de kantelhoekbepaling



Afb.: Kantelhoekmeting. Bron: Norm NEN-EN 1846-2

Toelichting:

- 1 : Verlies van contact band / wegdek
2 : Hellend vlak met kantelhoek δ
3 : Horizontaal

- 4 : Kantellijn
Blauwe punt: Laag zwaartepunt
Groene punt: Hoog zwaartepunt

Indien een voertuig gaat overhellen beweegt het zwaartepunt van het middelpunt van de bocht af in de afbeelding gesimuleerd door een statische kantelhoekbepaling. Zolang het zwaartepunt aan de rechterzijde van de kantellijn blijft (zie blauwe stip), zal het voertuig niet kantelen. Op het moment dat een hoger gesitueerd zwaartepunt door een hellingsvlak en/of overhellend voertuig de kantellijn passeert (zie groene stip) gaat het voertuig aan de rechterzijde het contact tussen band en wegdek verliezen en staat het voertuig op kantelen. Uit bovenstaande twee zwaartepuntlocaties is te herleiden dat voertuigen met een lager zwaartepunt in deze een grotere veiligheidsmarge bezitten dan voertuigen met een hoger zwaartepunt zoals bijvoorbeeld combi-voertuigen. Uit bovenstaande afbeelding is dit te herleiden uit de horizontale afstand tussen groene en blauwe stip tot de kantellijn.

De hoogte van het zwaartepunt kan mede door het voertuigontwerp bepaald worden, bij gelijkblijvend volume is een langere bluswatertank immers lager dan een kortere maar hogere.

Bovenstaande kantelproef wordt uitgevoerd met een stilstaand voertuig, om die reden is hier sprake van statische stabiliteit.

Dynamische stabiliteit wordt grotendeels door de chassisbouwer ingebouwd in het voertuig en wordt voornamelijk gerealiseerd door, binnen haalbare specificaties, een zo laag mogelijk chassis met de juiste stijfheid, voldoende veerweg, montage van torsiestabilisatoren, de bandenkeuze en elektronische hulpmiddelen zoals een Elektronisch Stabiliteits Programma (ESP). Dynamische stabiliteit speelt een rol tijdens rijden.

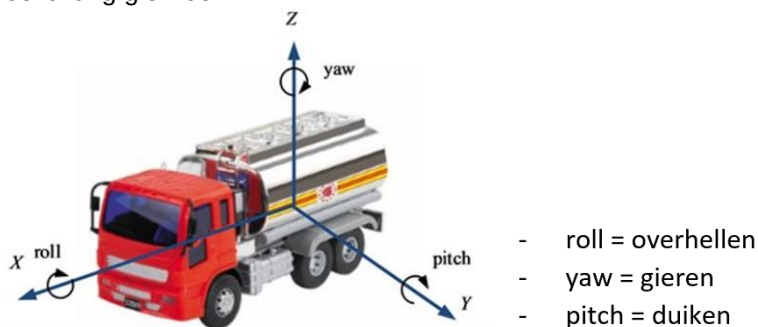
Een zo laag mogelijk chassis is afhankelijk van het totaalgewicht van het voertuig en de gewenste aandrijflijn. Bij het lage chassis spelen onderwerpen als Norm NEN-EN 1846 een rol, met name bij de geëiste bodemvrijheid, dit is mede afhankelijk van de bandenkeuze. De gewenste aandrijflijn wordt ingevuld door aanduiding van voertuigcategorie (1, 2 of 3) waarbij de chassisaanbieder de aandrijflijn invult, mede gebaseerd op PvE-eisen.

De veerweg wordt mede bepaald door de asbelasting, bij luchtgeveerde assen is de veerweg bij beladen of onbeladen voertuig zo goed als gelijk, bij (bladgeveerde) vooras is deze direct afhankelijk van de maximale aslast en -belading. Bij maximale belading dient er nog voldoende veerweg beschikbaar te zijn om lastwisselreacties te kunnen verwerken in de vering, demping en stabilisatoren. Bij onvoldoende veerweg worden lastwisselreacties verwerkt door de banden waarbij de grenzen van voertuigstabiliteit al snel bereikt worden.

3.4 ESP

Elektronische stabiliteitsondersteuning is sinds november 2015 verplicht op alle vrachtwagens, uitgezonderd voertuigen bestemd voor bouwverkeer. Binnen dit systeem worden aan de hand van een aantal parameters (o.a. voertuigsnellheid, gierhoek, toerentallen van de afzonderlijke wielen en verdraaiing stuurwiel) sensorwaarden geproduceerd. Bij het nemen van een bocht worden deze sensorwaarden door het stabiliteitssysteem-management ontvangen, verrekend en geanalyseerd. Indien tijdens analyse blijkt dat sensorwaarden binnen veilige kaders passen volgt er geen verdere actie. Passen èèn of meerdere sensorwaarden niet binnen het veilige kader dan volgt na analyse een remingreep op èèn of meerdere afzonderlijke wielen en op motortoerental, net zo lang tot alle gemeten waarden weer binnen het veilige kader passen en daarmee wordt kantelen of andere disbalans voorkomen dan wel zo veel mogelijk beperkt tot wat technisch en praktisch haalbaar is.

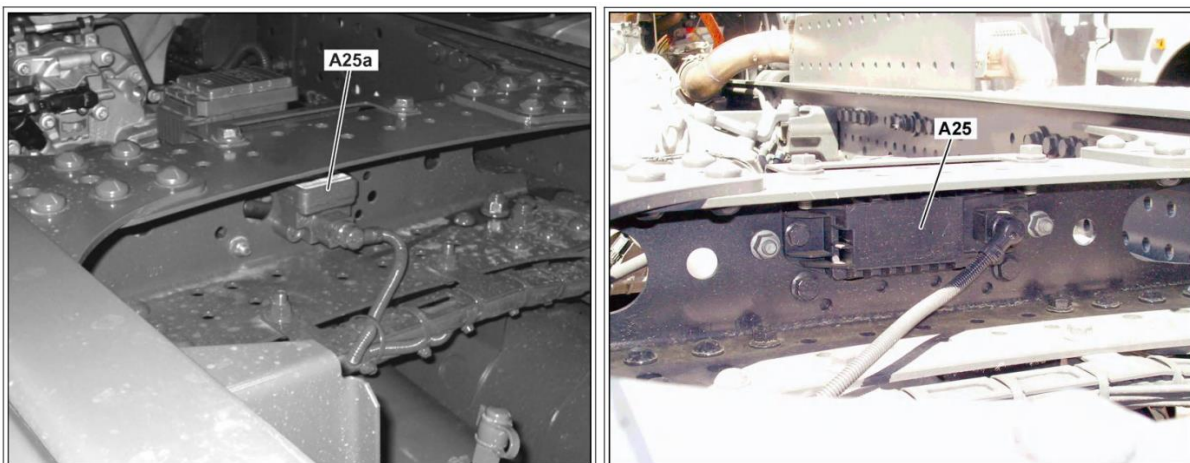
Toelichting gierhoek



Afb.: Voertuigbewegingen Bron: onbekend

Toelichting: dit worden de drie basisrotaties van een voertuig genoemd; deze kunnen in twee richtingen gemaakt worden dus links- en rechtsom. De pijlen hebben hun oorsprong in het zwaartepunt van het voertuig. De gierhoek is de verdraaiing van het voertuig om zijn verticale as (yaw) en wordt in gewone omstandigheden bepaald door stuurwielverdraaiing. In bijzondere omstandigheden (slip) lopen stuurwielverdraaiing en gierhoek uit de pas en wordt de richting van het voertuig niet meer door de chauffeur gecontroleerd en bepaald, in dat geval volgt een ESP-ingreep.

Bij het voertuigontwerp dient rekening gehouden te worden met de relatie tussen gierhoeksensor en zwaartepunt, daar waar dynamische krachten rekenkundig op het voertuig aangrijpen. In de praktijk houdt dit in dat de opbouwer het zwaartepunt zo dicht mogelijk - bij voorkeur er verticaal boven - bij de locatie van de, tijdens chassisproductie aangebrachte, giersensor dient te bepalen om afwijkingen tussen voertuigreacties en sensorwaarden te beperken. De sensor zelf is niet te verplaatsen wegens kalibrering ervan dan wel herprogrammering van het ESP-systeem.

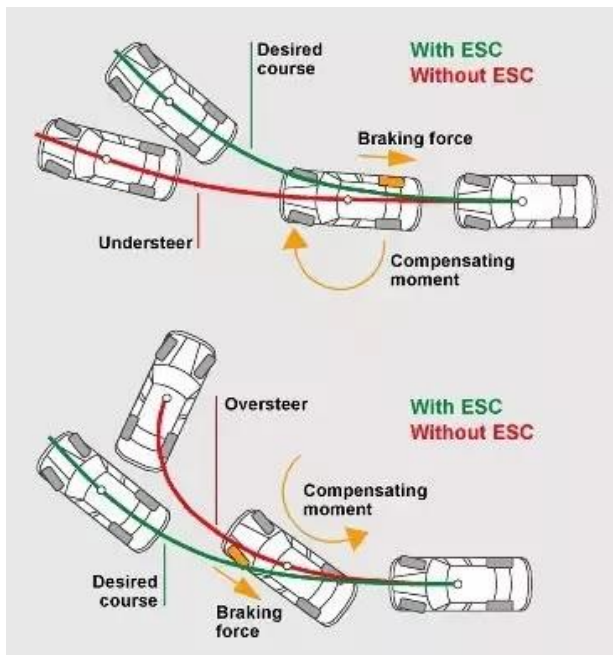


Afbeeldingen: 2 voorbeelden van gierhoeksensoren (A25) op MB Actros chassis. Bron: MB NL

Naast de drie basisrotaties zijn er nog de voertuigbewegingen

- Longitudinaal : snelheid in de X-richting
- Lateraal : snelheid in de Y-richting
- Transversaal : snelheid in de Z-richting

Een combinatie van rotaties en bewegen is gebruikelijk, zonder (voertuig-)snelheid is er geen basisrotatie. Meetwaarden, van o.a. de vier eerder genoemde parameters worden verwerkt in het ESP-management hetgeen al dan niet tot een remingreep op afzonderlijke wielen leidt volgens volgende voorbeelden:



Afb.: Ingrepen van ESP systeem Bron: onbekend

Bovenstaand voorbeeld van individuele remingrepen komt principieel overeen met het werkingsprincipe bij vrachtwagens. Bij vrachtwagens zijn in de logarithmes nog aanpassingen mogelijk om opbouwtype en belading specifiek te verwerken terwijl ook rekening gehouden wordt met aanhangwagens en opleggers. Een tankwagen heeft een andere dynamiek dan een vrachtwagen met kraan en platte laadbak tijdens het nemen van een bocht, ook kunnen logarithmes op beladingsoort worden aangepast, het ESP-systeem dient geprogrammeerd te zijn op vervoer van vloeibare lading.

3.5 Chassis

Het te kiezen chassis wordt primair bepaald door het tankvolume - laadvermogen en daarmee aantal assen - en het inzetgebied. Daarna is de keuze voor motorvermogen, type versnellingsbak, specificaties van de aandrijflijn en vering, cabinevariant enz. deze zullen hierna besproken worden.

3.6 Voertuiggewichten

Zoals hiervoor beschreven worden voertuiggewichten bepaald door volume aan bluswater en voertuiggewicht (chassis + opbouw). De benaming "voertuigmasse" (zie kentekenbewijs) is feitelijk een correctere benaming, omwille van leesbaarheid wordt de benaming voertuiggewicht in deze handreiking gebruikt.

Tot enige tijd geleden werden aslasten aangehouden van 90% t.o.v. de maximale aslasten, voertuigtechnisch gezien is er geen reden meer om aslasten niet tot 100% uit te nutten. Daarnaast kan tankvolume toenemen door toepassing van 10 tons voorassen op chassis', zo kunnen aslasten geoptimaliseerd worden. Ter beeldvorming:

- Vooraslasten, als vermeld op kentekenbewijs zijn: 6,9t, 7,1t, 7,5t, 8,0t, 8,5t, 9,0t, 9,5t en 10t
- Achteraslasten zijn 11,5t voor aangedreven assen
- Aslasten van gestuurde, niet aangedreven assen (voor- of naloopassen) bedragen 7,5t of 8,0t
- Samenstellen van achterassen 19t en bij onderlinge afstand > 1,40m is het 2 x 11,5t in geval van aangedreven assen

Bovenstaande aslasten zijn van toepassing op voor TW-G-toepassing relevante chassis.

Technische aslasten verschillen van wettelijke aslasten. Technische aslasten bij elkaar opgeteld zijn vaak hoger dan het wettelijk voertuiggewicht, het wettelijk voertuiggewicht is echter maatgevend waarbij wettelijke aslasten niet overschreden mogen worden.

Bij ontwerp van het voertuig dient een gewichtsverdeling aangehouden te worden van globaal $\frac{1}{3} : \frac{2}{3}$ op voor- resp. achteras(-sen). Hierop zijn van invloed:

- de afmetingen en uitvoering van de opbouw (tank + subframe)
- de wielbasis (afstand hart vooras – hart laatste as, conform RDW-notificatie)

Doorgaans zijn de voertuigen voorzien van een 3-assig chassis, in 6 x 2 configuratie, een tweede aangedreven as is echter ook gangbaar. Bij de 6 x 2 chassis' komt het totaalgewicht op bijvoorbeeld 28 ton (9t + 11,5t + 7,5t) uit, middels bestelopties kan het totaalgewicht vaak nog iets opgehoogd worden. Aslasten dienen ook in beeld te zijn voor de gewenste stallingslocatie van het voertuig, niet altijd is de stallingsvloer bestand tegen de hoge belasting ervan.

3.7 Rijopleidingen

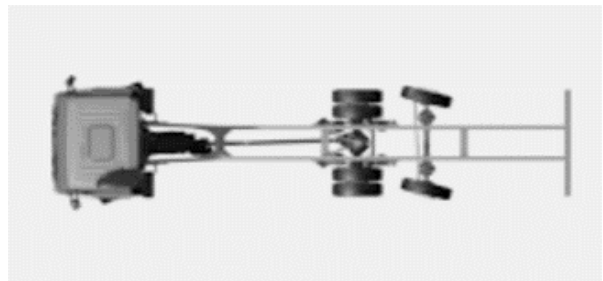
TW-G's zijn bijna altijd grote voertuigen waarbij de aslasten maximaal uitgenut worden. Dit vereist ook bijzondere inzichten van de berijder, een voertuig van 28 ton totaalgewicht en met 400+pk vraagt andere rijcapaciteiten dan een standaard TS. Het gemak waarmee deze voertuigen op snelheid komen en blijven brengt ook het gevaar mee dat het te makkelijk gaat en de berijder het beeld over de combinatie omgeving – snelheid – voertuig niet meer scherp heeft.

3.8 Asconfiguraties

Watertransport kan plaatsvinden op 2-assige voertuigen, doorgaans betreffen het meer-assige voertuigen. Onderstaande asconfiguraties kunnen in beeld komen:



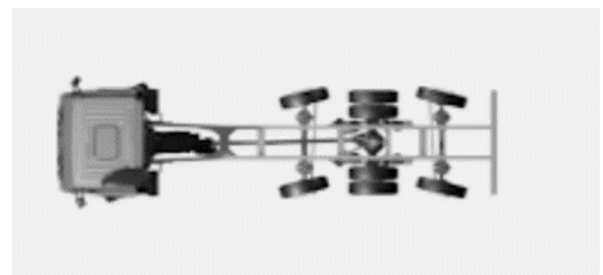
Afb.: 4 x 2 chassis



Afb.: 6 x 2 chassis



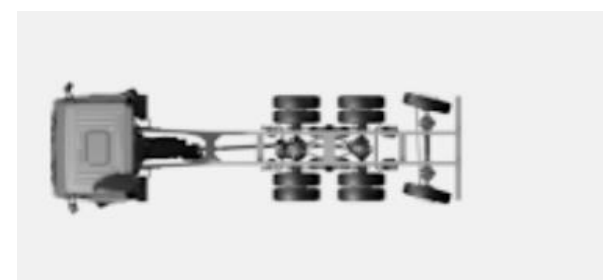
Afb.: 6 x 4 chassis



Afb.: 8 x 2 chassis



Afb.: 8 x 4 chassis



Afb.: 8x4 chassis

Voor de juiste chassiskeuze dienen gebruikseisen goed en duidelijk gespecificeerd te zijn in het PvE, vooraf informatie inwinnen en goede analyse van de verworven informatie ervan zijn dus absoluut noodzakelijk.

Achterassen zijn doorgaans van luchtvering voorzien. Dit biedt de nodige voordelen:

- Het voertuig staat, ongeacht beladingsgraad, altijd horizontaal
- Niet aangedreven assen kunnen gelift worden bij rijden zonder lading

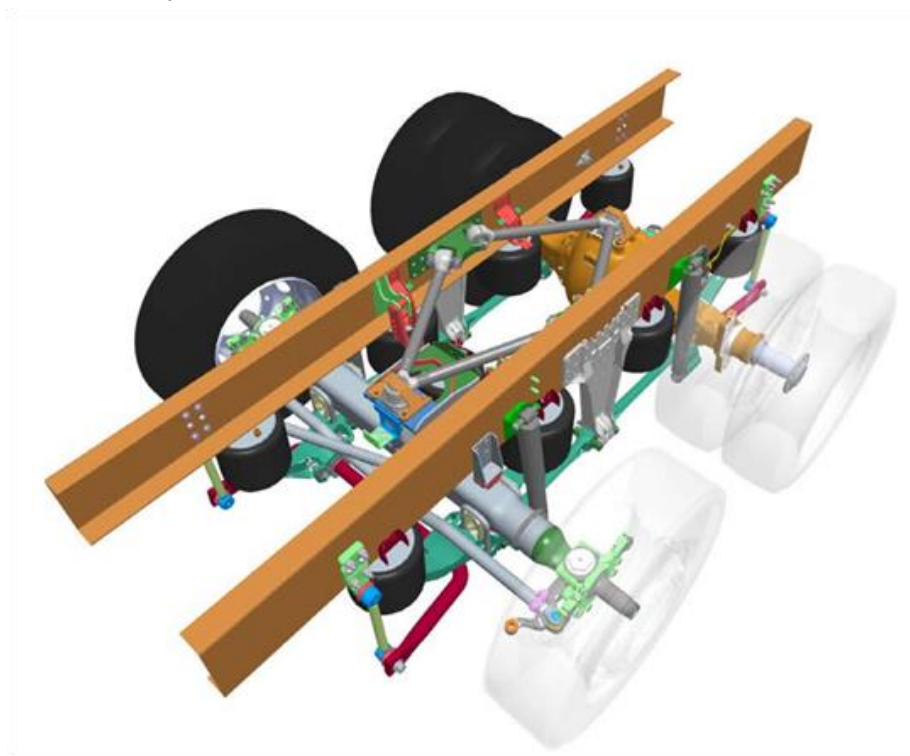
- Het voertuig kan tijdens pompbedrijf aan de achterkant zakken door de vering te ontlasten, bijvoorbeeld bij pompbedrijf
- Tijdens rijden reageert luchtvering op rijnvloeden waardoor stabiliteitsverbetering gerealiseerd wordt
- Bij stilstand op een oneffenheid in het wegdek, bijvoorbeeld een drempel, kan tractieverlies opgeheven worden door ontlasten van de niet aangedreven achteras

Gestuurde achterassen worden niet geleverd i.c.m. bladvering, de benodigde wieluitslag wordt beperkt door de veerbladen. Liften - of ontlasten - van niet aangedreven achterassen is gewenst indien een niet aangedreven as op verhoogde ondergrond staat (verkeersdrempel), hierbij kan de aangedreven as ontlast worden en door gebrek aan bodemdruk tractie verliezen. Door de niet aangedreven as te ontlasten of te liften stijgt de bodemdruk onder de aangedreven as en wordt tractie hersteld.



Afb.: Voor- of naloopas liften, Bron: Volvo Trucks

Voorassen zijn op een TW-G altijd bladgeveerd, luchtvering is op voorassen wel mogelijk maar wordt sterk afgeraden i.v.m. voertuigstabiliteit bij lastwisselingen, in het bijzonder bij deelbelading (gedeeltelijk gevulde bluswatertank).



Afb.: Aangedreven achteras met gestuurde naloopas
Bron: onbekend

Zichtbaar zijn o.a.:

- Chassis langsliggers (bruin)
- 8-balgs luchtvering (zwart)
- Torsiestabilisatoren (rood)
- Reactiestangen (donkergrijs, van langsliggers naar middelpunt as, deze borgen de aslocatie aan de bovenzijde)
- 1 aangedreven as (oranje), 1 gestuurde as (lichtgrijs)
- Stuurmechanisme (spoorstangen, lichtgrijs)

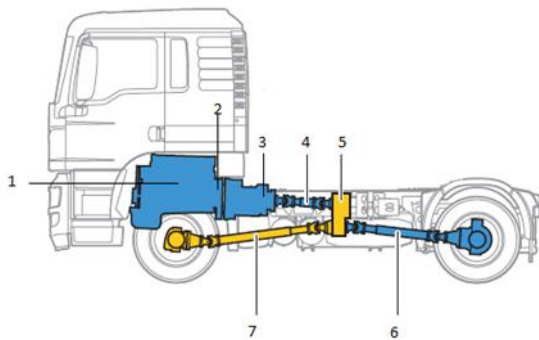
3.9 Aandrijflijn

Regulier wordt een TW-G door èèn of twee achterassen aangedreven. Via versnellingsbak en cardanas worden aandrijfkrachten op achteras(-sen) overgebracht en daarmee op aangedreven wielen.

3.9.1 Hydraulische aandrijving

Een alternatief voor meerdere aangedreven achterassen kan hydraulische voorwielaandrijving zijn, inmiddels ook toegepast op meerdere TW-G's.

Hieronder een afbeelding van een gangbare, conventionele aandrijflijn van een vierwielaangedreven voertuig.



Bron: MAN Truck & Bus

Hierin is:

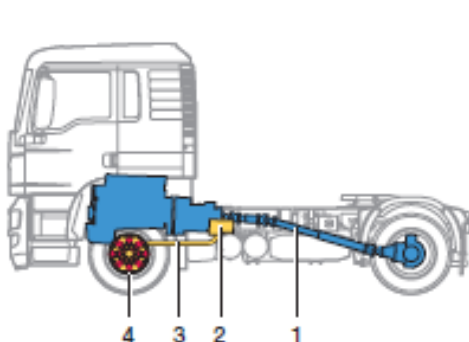
- 1: Aandrijfmotor
- 2: Koppeling
- 3: Versnellingsbak
- 4: Aandrijfvas
- 5: Verdeelbak
- 6: Cardanas naar achteras
- 7: Cardanas naar vooras

Voor het kiezen van de juiste configuratie is het van belang om het inzetgebied te kennen; te onderscheiden in de voorbeelden:

- Zandwegen (Cat. **2** Rural in NEN-EN 1846)
- Bospaden, heidegebied en mul zand (Cat. **3** Off Road in NEN-EN 1846)

In omgeving **2** hoeven de eisen aan terreinwaardigheid niet zo groot te zijn, voldoende aandacht voor tractie is hierbij het voornaamste. In dit geval is hydraulische voorwielaandrijving een interessante optie: Voorwielaandrijving zonder nadelen van traditionele mechanische voorwielaandrijving, zoals hoger chassis, grotere draaicirkel, forse gewichtstoename alsmede behoud van veercomfort.

Hydraulische voorwielaandrijving wordt reeds toegepast bij brandweervoertuigen in Nederland, o.a. op meerdere HV1 voertuigen en op meerdere Mercedes Benz- en DAF HA-voertuigen.



- 1: Cardanas naar de achteras
- 2: PTO aangedreven hydraulische pomp
- 3: Hydraulische leidingen
- 4: Hydraulische wielnaafmotor

Afb.: Vierwielaandrijving met hydraulisch aangedreven vooras. Bron: MAN Truck & Bus

De systeemopbouw is vrij eenvoudig: een PTO drijft een hydraulische pomp aan, welke hydraulische druk via een persleiding naar wielnaafmotoren in beide voorwielen stuurt, in deze wielnaafmotoren wordt de hydraulische druk omgezet in mechanische aandrijfkrachten op de wielen. De aandrijfkrachten zijn reeds beschikbaar bij stilstand, differentiële werking is beschikbaar en het systeem schakelt uit bij $V > \pm 30 \text{ km/h}$ en weer in bij $V < \pm 30 \text{ km/h}$. Het systeem wordt door boardelectronica aangestuurd en bewaakt en per knopdruk geactiveerd. Een goede bandenkeuze vervolmaakt het systeem. Het systeem heeft een vermogensbehoefte welke door de dieselmotor ingevuld wordt, deze is per soort/merk hydraulische aandrijving verschillend. De benodigde velgdiameter bedraagt minimaal 22,5" ¹ ten behoeve van de wielnaafmotoren en dat is ook voldoende voor het realiseren van enige bodemvrijheid. Er zijn meerdere systemen aan hydraulische voorwielaandrijving beschikbaar, indien een keuzemogelijkheid bestaat let bij het maken ervan op te realiseren aandrijfkrachten en benodigd motorvermogen. Uiteraard is een meerprijs van toepassing maar een goede afweging tussen deze meerprijs en de meerprijs van mechanische voorwielaandrijving vermeerderd met de hiervoor genoemde kenmerken van mechanische voorwielaandrijving kan de keuze voor hydraulische voorwielaandrijving in een aantal gevallen een passende zijn.

¹ bandenmaat in inch, 1 inch $\rightarrow$ 2,54 cm

In omgeving 3 (All Terrain) gaan diverse onderwerpen binnen terreinwaardigheid een rol spelen om het voertuig niet te overbelasten dan wel te constateren dat het voertuig niet aan de verwachtingen voldoet inzake terreinwaardigheid. In beeld komen hierbij, naast bodemvrijheid en veerweg:

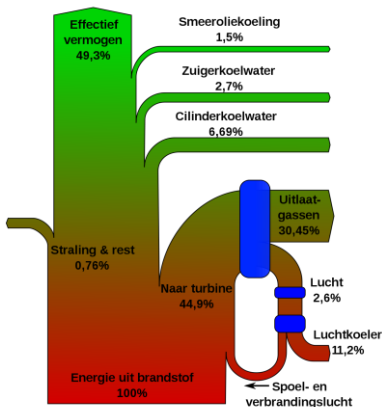
- Motorprestaties en –koeling
- Koppeling
- Versnellingsbak (Overbrengverhoudingen)
- Aandrijfsystemen
- PTO-keuze en pompaandrijving
- Verdeelbak (Overbrengverhoudingen, krachtverdeling en sperinrichting)
- Assen (overbrengverhoudingen differentiële, naafreducties en sperinrichting)
- Bandenkeuze

Voor nadere informatie over terreinwaardigheid wordt verwezen naar de NIPV Handreiking Terreinwaardigheid voor Grote Brandweervoertuigen.

Een TW-G in omgeving 3 is echter niet gangbaar, een voertuig van 27ton totaalgewicht laat in deze omgeving door zijn gewicht sporen na welke jarenlang zichtbaar zullen blijven. Ook maken de voertuigafmetingen manoeuvreren in omgeving 3 niet echt eenvoudig.

3.10 Motorprestaties

Aan de motorprestaties moet aandacht worden besteed met betrekking tot het motorkoppel en koeling. Rijden met veel bluswater vereist veel kracht (in Newtons [N]), deze kracht wordt door de aandrijfmotor opgewekt en via de aandrijflijn en banden omgezet in tractie en daarmee voertuigsnelheid. Er dient aandacht voor koeling te zijn; omdat rijden met veel gewicht en pompbedrijf veel energie vereist wordt deze energie deels omgezet in warmte welke afgevoerd dient te worden. Hier mag nog een tweede warmtebron toegevoegd worden: het uitlaatpakket. Euro 6 motoren hebben van huis uit een intensievere warmtehuishouding dan hun voorgangers.



Afb.: Sankeydiagram Euro 6 dieselmotor. Bron Wikipedia, incl. autorisatie

In bovenstaand diagram zijn de energiestromen af te leiden, vrijkomend uit 100% toegevoerde energie in de vorm van brandstof. Uiteindelijk wordt 49,3% voor de feitelijke aandrijving van het voertuig gebruikt, de overige energie wordt hergebruikt (spoel- en verbrandingslucht via de turbocompressor) dan wel afgevoerd via hete uitlaatgassen, koelsysteem, radiatie en buitenlucht. De grootste warmteafvoer vindt dus plaats via de uitlaatgassen en daarmee het uitlaatfilterpakket en de koelsystemen (de radiator en intercooler). Door de het deels omsluiten van de uitlaatpakketten heeft de opgewarmde koellucht na de radiator en intercooler niet meer de vrije doorgang onder de cabine die het bij een gewone vrachtwagen wel heeft. Dit levert opwarming van de directe omgeving op. Daarnaast worden uitlaatpakketten niet afzonderlijk gekoeld en daarmee staan deze de warmte aan de directe omgeving af, waarmee deze omgeving thermisch zwaarder belast wordt. Het is daarmee wenselijk om bij een offerteaanvraag de aanbieders te laten verklaren hoe hier mee omgegaan wordt. Overigens speelt dit ook bij andere voertuigen maar door hoger energieverbruik en daardoor grotere warmteontwikkeling tijdens rijden met veel gewicht en vraagt dit meer aandacht. Het is zeker niet ondenkbaar dat het uitlaatpakket de ontstekingsbron voor begroeiing onder het voertuig kan zijn.

Strikt genomen levert de motor aandrijfkoppel T [Nm] bij een bepaald toerental n [omw/sec]. Samen vormt dit het motorvermogen P [W of kW]. In formulevorm: $P = 2 \times \pi \times n \times T$ waarbij π voor het getal pi ($\approx 3,142$) staat.

Rekenvoorbeeld:

Toerental (n) : 1200 omw/min $\rightarrow$ 20 omw/sec

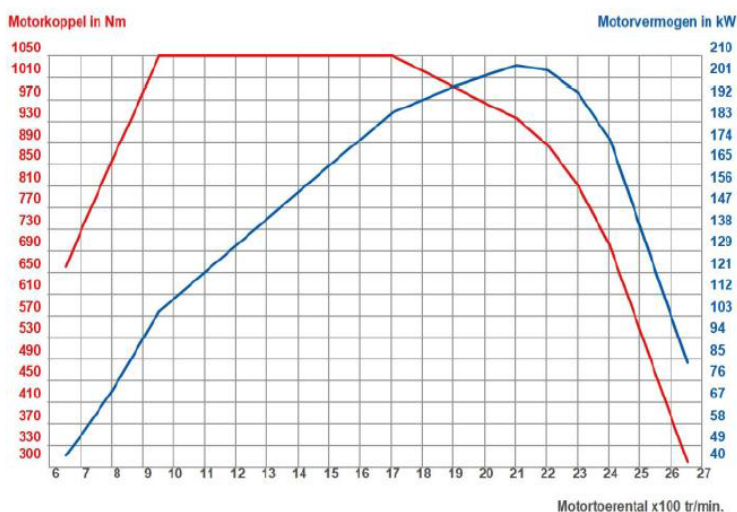
Motorkoppel (T): 1050 Nm

Motorvermogen: ?

Uitwerking:

$$P = 2 \times \pi \times n \times T \rightarrow 2 \times 3,142 \times 20 \times 1050 = 131964 \text{ W} \approx 132 \text{ kW}$$

Als voorbeeld de vermogens- en koppel/toerenkromme in onderstaande grafiek:



Afb. Vermogensgrafiek. Bron: Renault Trucks Nederland

3.11 Koppeling

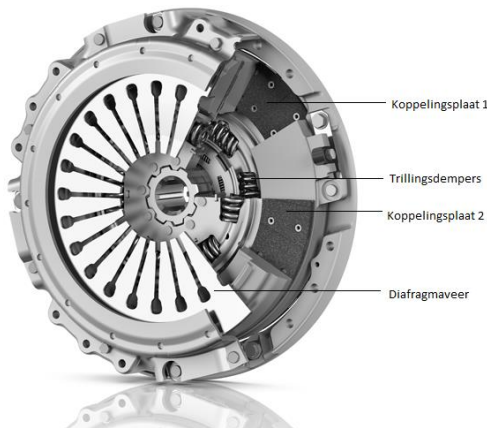
Bij terreingangende voertuigen worden drie types koppelingen toegepast:

- De enkelvoudige plaatkoppeling
- De dubbele plaatkoppeling (in opkomst)
- De vloeistofkoppeling met koppelomvormer

Enkelvoudige plaatkoppeling



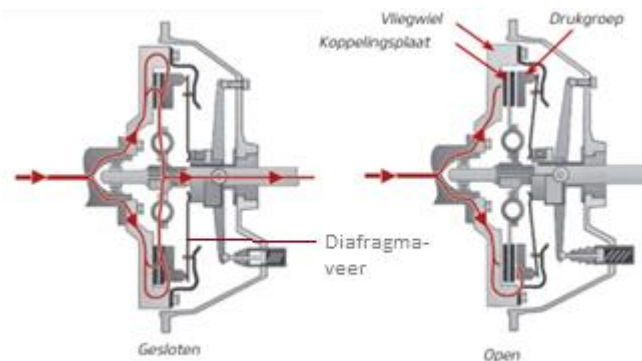
Afb.: Enkelvoudige plaatkoppeling met drukgroep en –lager Bron: ZF Traxon



Afb.: Dubbele plaatkoppeling met drukgroep Bron: ZF

De koppeling verzorgt het overbrengen van de door de motor geproduceerd koppel en toerental naar de aandrijflijn (versnellingsbak) maar kan het overbrengen ervan ook onderbreken. De koppeling bestaat uit een koppelingsplaat, voorzien van frictiemateriaal, een drukgroep en een druklager.

De werking: Bij het tot stand brengen van de verbinding tussen motor en versnellingsbak wordt de diafragmaveer ontlast waardoor de koppelingsplaat tegen het vliegwiel gedrukt wordt. Bij belaste diafragmaveer wordt de koppelingsplaat dus losgekoppeld van het vliegwiel en wordt de aandrijving



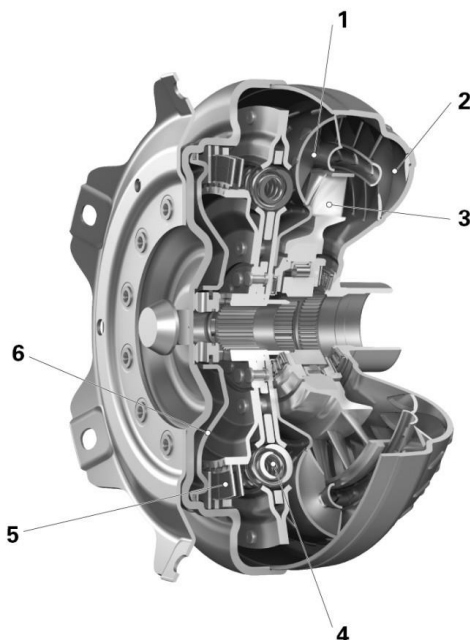
Afb.: Openen en sluiten enkelvoudige plaatkoppeling. Bron.: KIA

onderbroken. Bij terreinwaardige voertuig wordt deze nog toegepast, echter alleen bij automatisch schakelende versnellingsbakken en bij een enkele handgeschakelde versnellingsbak.

Dubbele plaatkoppelingen zijn in opkomst: door een geringere draaiende massa zijn deze sneller te bewegen waardoor schakelmomenten korter worden, dit is bij automatisch schakelende versnellingsbakken een welkom voordeel. Door toepassen van twee koppelingsplaten kan er meer frictiemateriaal toegepast worden hetgeen resulteert in een hoger te verwerken koppel, de kracht wordt immers over een groter frictieoppervlak verdeeld. Daarnaast worden dubbele plaatkoppelingen toegepast bij automatisch schakelende versnellingsbakken welke werken volgens het principe van voorinschakeling van versnellingen, hierover later meer.

Voor comfortabel rijden is een korte schakeltijd essentieel: hoe korter de schakeltijd, hoe korter het onderbreken van de aandrijving en daarmee beperking van het snelheidsverlies tijdens schakelen. Het is aan de voertuigfabrikant hoe hier invulling aan gegeven wordt en beide types koppelingen hebben daarin eigen voor- en nadelen.

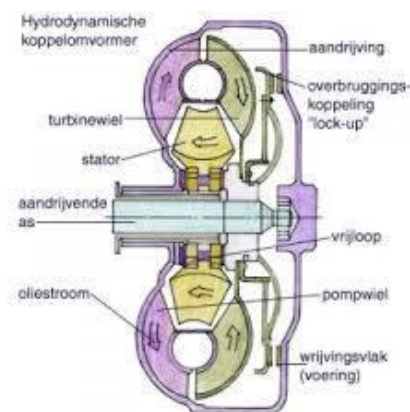
3.11.1 Koppelomvormer



Afb.: Koppelomvormer met lockup. Bron: ZF

Hierin is:

- 1 : Turbine (of turbinewiel)
- 2 : Pomp (of pompwiel)
- 3 : Stator
- 4 : Trillingsdemper
- 5 : Koppelingsvoering
- 6 : Lockup



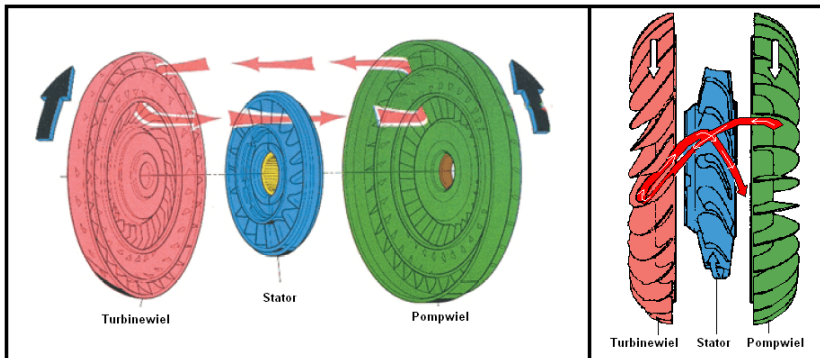
Afb.: Vloeistofstroom in koppelomvormer

Bron: Groenlicht.be

Volautomatisch schakelende versnellingsbakken maken gebruik van koppelomvormers, zoals hieronder afgebeeld. De kern van de koppelomvormer bestaat uit de pomp, de turbine en de stator; de lock-up is er aan toegevoegd. De koppelomvormer functioneert door het op gang brengen van een vloeistofstroom (Automatic Transmission Fluid, ATF-olie).

De oliestroom (rode pijlen in de volgende afbeelding) wordt door de pomp (middels waaiers), welke door de motor aangedreven wordt, op gang gebracht en stroomt richting het turbinewiel. In de turbine bevinden zich ook waaiers, deze staan echter onder een andere hoek dan de waaiers in de pomp. Door deze andere hoek verandert de richting van de vloeistofstroom doordat de vloeistofstroom zich afzet tegen de waaiers en daardoor de turbine aandrijft. De waaiers veranderen de richting van de vloeistofstroom richting de stator waar de vloeistofstroom door de scherpere hoek van de waaiers zich weer op afzet. De stator is voorzien

van een vrijloop, de vloeistofdruk zet zich hierbij af op de blokkeerrichting van de stator en vermeerderd daardoor de kracht op de ingaande as van de versnellingsbak. In omgekeerde richting van de vloeistofstroom, dus indien de turbine harder draait dan de pomp (bij loslaten gaspedaal) staat de stator in de vrijloop en wordt daardoor geen kracht overgebracht door de voertuigsnelheid op de motor. Afremmen op de motor is er hier dus niet bij, tenzij door het versnellingsbakmanagement de lock-up bekrachtigd wordt.



Afb. Krachtoverbrenging koppelvormer. Bron: MVW Autotechniek

De koppelvormer functioneert bij bedrijfswagenchassis' alleen in de eerste twee versnellingen om soepel weggrijpen te realiseren. In de derde versnelling treedt de lock-up in werking. Het doel hiervan is een vaste verbinding tussen motor en versnellingsbak te realiseren om rendementsverliezen door spoelverliezen in de koppelvormer te voorkomen.

Koppelvormers worden doorgaans alleen geleverd in combinatie met automatische versnellingsbakken (uitzondering hierop zijn bijvoorbeeld vrachtwagens ten behoeve van extreem zwaar transport). Doordat er geen starre verbinding tussen motor en versnellingsbak is in die versnellingen waarin dat het meest kritisch is (voertuigsnelheid, rijcomfort en krachtoverbrenging) zijn er korte schakeltijden mogelijk, dit resulteert in weinig snelheidsverlies tijdens schakelen, dit wordt als comfortabel ervaren door voertuigbemanning.

3.12 Transmissie

De versnellingsbak heeft tot doel het motorkoppel te vergroten en over te brengen op de aandrijflijn en daarmee motortoerental en voertuigsnelheid met elkaar in overeenstemming te brengen. Het is nog steeds zo dat een verbrandingsmotor (anders dan bijvoorbeeld een elektrische aandrijfmotor) niet in het gehele toerenspectrum voldoende kracht kan leveren om het voertuig comfortabel in beweging te brengen/houden; de versnellingsbak biedt hier de oplossing in. Middels de versnellingsbak kan het door de motor geleverde koppel vermeerderd worden door de tandwieloverbrengingen zodat de motor in ieder snelheidsbereik in het optimale toereengebied kan functioneren en uitlaatemissies beperkt blijven tot een aanvaardbaar niveau voor nabehandeling in het uitlaatpakket. Voor een voorbeeldberekening voor koppilvermeerdering: zie NIPV Handreiking Terreinwaardigheid voor Grote Brandweervoertuigen.

We kennen, constructief gezien, twee soorten versnellingsbakken:

- Geschakelde versnellingsbakken, al dan niet zelfstandig (geautomatiseerd of gerobotiseerd) schakelend
- Automatische versnellingsbakken

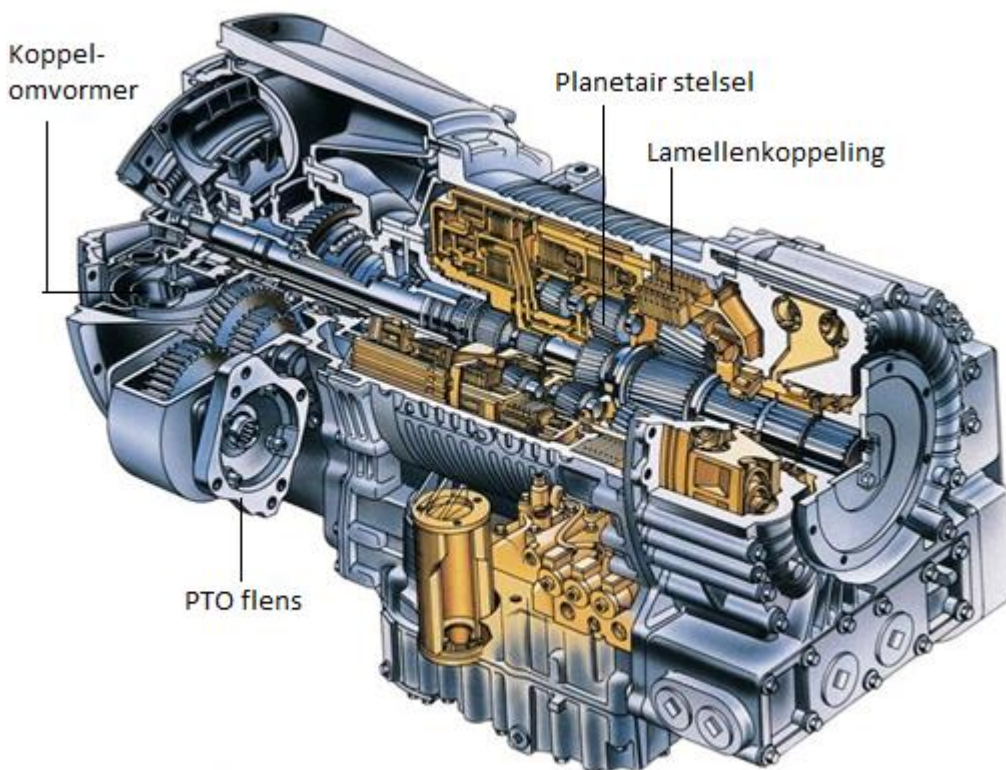
De (hand-)geschakelde versnellingsbak is al sinds het begin van de automobiellindustrie in gebruik, recent is echter door de introductie van geautomatiseerde schakelvoorzieningen en schakelprogrammatuur het een en ander geëvolueerd. Bij de introductie van automatische schakelingen waren de schakelsnelheden nog te laag waardoor bij schakelen het snelheidsverval te groot was en het rijcomfort er onder te lijden had o.a. tegenwoordig is hiervan geen sprake meer door aangepaste schakelprogrammatuur en het toepassen van dubbele plaatkoppelingen. Voordeel hierbij is dat versnellingen al vooraf ingelegd kunnen worden en bij ontkoppelen van èèn helft van een dubbele plaatkoppeling direct geactiveerd zijn. Èèn helft van de dubbele plaatkoppeling bedient hierbij de even versnellingen, de andere helft de oneven versnellingen. De nieuwste ontwikkeling in deze is de GPS-voorziening voor deze versnellingsbakken; door een koppeling met een navigatiesysteem kan het voertuig ter voorbereiding al gaan schakelen voordat een heuvel beklommen dan wel een bocht genomen moet worden hetgeen brandstofbesparing en daarmee CO₂ emissiereductie oplevert.

Bij enkele chassismerken kan het versnellingsbakmanagement geprogrammeerd worden voor vloeistofvervoer, dit biedt bij deelbelading stabiliteitsverbetering door aangepaste schakelkarakteristieken. Lastwisselreacties door waterverplaatsing bij niet volledig gevulde bluswatertank worden in dat geval beperkt door soepeler (langzamer) schakelen van de automatisch schakelende versnellingsbak.

In beginsel is de geschakelde versnellingsbak een veel minder complexe constructie dan de automatische versnellingsbak -hetgeen tot uiting komt in de meerprijs voor automatische versnellingsbakken- zie hiervoor de volgende afbeeldingen:



Afb.: Geschakelde (geautomatiseerde AS-Tronic-) versnellingsbak. Bron: ZF

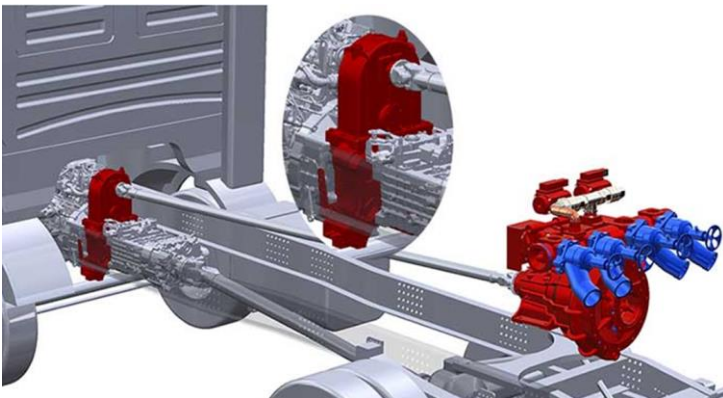


Afb.: Automatische versnellingsbak. Bron: Allison Transmission

Zoals op voorgaande afbeeldingen te zien is, verschilt de constructie tussen beide types versnellingsbakken wezenlijk. De automatische versnellingsbak is voorzien van meerdere planetaire tandwielstelsels die de overbrengverhoudingen vormen. Ten behoeve van keuze van overbrenging zijn ook meerdere sets lamellenkoppelingen aanwezig om schakelen onder last mogelijk te maken. Het geheel wordt elektro-hydraulisch aangestuurd door het versnellingsbak-managementsysteem. Op de voorgaande afbeelding zijn ook nog de koppelomvormer en een sidemount PTO-locatie zichtbaar.

3.13 PTO

Om een vast gemonteerde pomp aan te drijven moet er motorvermogen – en kracht afgenomen worden van de aandrijfmotor. Dit kan naar wens rechtstreeks van de motor of via een afname aan de versnellingsbak.

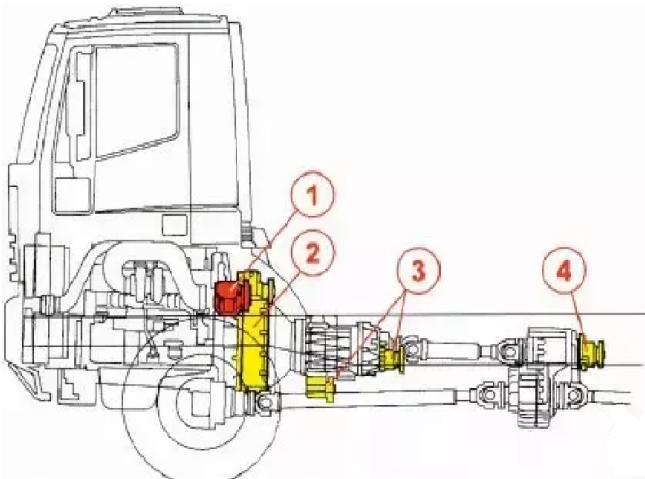


Afb.: Voorbeeld van krachtafname uit aandrijflijn t.b.v. bluspomp. Bron: Kozmaksan TR.



Afb.: PTO aan de versnellingsbak, rearmount. Bron: Kozmaksan TR.

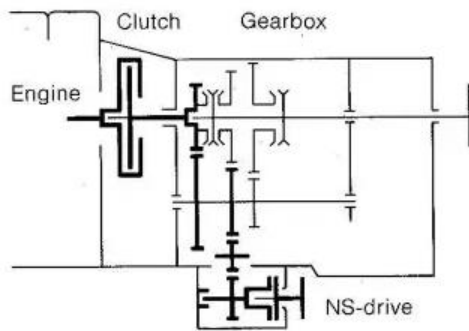
PTO's (Power Take Off) kunnen op meerdere locaties gemonteerd worden, zie onderstaande afbeelding:



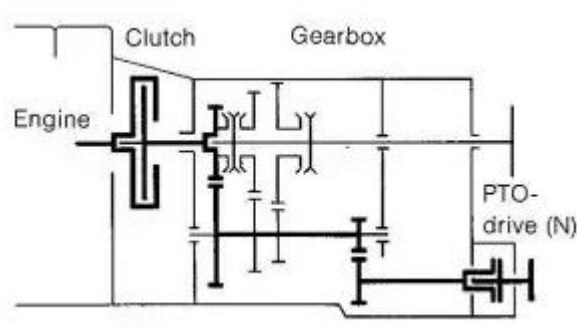
- 1) Motor-PTO
- 2) PTO tussen motor en versnellingsbak
- 3) Aan versnellingsbak, side- of rearmount
- 4) Aan tussen- of verdeelbak, uitsluitend bij 4x4, 6x6 enz.

Afb.: PTO-locaties Bron: Quora

Aandrijfschema's bij side- en rearmount PTO's zijn als volgt:



Afb.: Aandrijfschema sidemount PTO
Bron: Quora



Aandrijfschema rearmount PTO
Bron: Quora

Te zien is dat, na de koppeling, de aandrijfkraften via tandwieloverbrengingen in de versnellingsbak yop de PTO overgebracht worden. Om deze reden wordt deze overbrenging ook "koppelingsafhankelijk" genoemd; bij bediening van koppeling vervalt de aandrijving.

Deze montageplaatsen zijn ook bij automatische versnellingsbakken gebruikelijk, bij inschakelen van PTO wordt de lockup geactiveerd.

Voor de keuze van het geschikte type PTO is, naast de locatie, van belang hoe het over te brengen toerental en koppel is. Ook hier is de onderlinge relatie: $P = 2 \times \pi \times n \times T$.

3.14 Aandrijflijn pomp



Afb.: Aandrijflijn naar pomp. Bron: NIPV

De aandrijflijn naar een vast gemonteerde bluspomp is bij een TW-G langer dan bij een TS. Balancerings van de aandrijflijn vereist daarom meer aandacht, zeker als er meerdere hoeken in de aandrijflijn aanwezig zijn. De afzonderlijke delen van de aandrijflijn dienen, middels balansgewichten, gebalanceerd te zijn, de kruiskoppelingen dienen ook op de voorgeschreven wijze (in fase) gemonteerd te worden. Een niet goed gebalanceerde aandrijflijn zal resoneren met geluidsoverlast (gieren) tot gevolg en uiteindelijk leiden tot mechanische schade. Een balanceer-rapportage aan de voertuigdocumentatie toe laten voegen is daarom wenselijk.

3.15 Pomp

Een TW-G is van een pomp voorzien, vast gemonteerd dan wel een mobiele. De vaste pomp is doorgaans achter op/in het voertuig gemonteerd in een omsluitende kast, een mobiele kan eventueel een positie elders op het voertuig hebben. Bij de keuze voor de capaciteit dient rekening gehouden te worden met de waterbehoefte van de afnemers en gewenste vulsnelheid van de bluswatertank, eventueel de bluswatertank van een ander GW-T-voertuig. Uiteraard dient hier de capaciteit van leidingwerk, zuig-, vul- en persslangen en diameters van bijbehorende koppelingen ook op berekend te zijn.

Het ontwerp van het leidingsysteem heeft eenzelfde opzet als het LD-systeem bij een tankautospuit. In een enkel geval bevinden er zich aan de zijkant tussen voor- en achteras nog aansluitingen t.b.v. vul- of persleidingen. Deze vergroten het gebruiksgemak van het voertuig voor de gebruiker, hebben wel tot gevolg dat de bluswatertank hoger gemonteerd moet worden hetgeen verhoging van zwaartepunt tot gevolg heeft, zie §3.3, de leidingen dienen immers aangebracht te worden onder de tank, eventueel door het subframe heen.

Door een samenstel en -spel van elektrisch bediende afsluiters is een gecombineerd gebruik van pers- en vulleidingen mogelijk waarbij een leiding naar keuze als pers- dan wel vulleiding gebruikt kan worden. E.e.a beperkt volume van- en gewicht aan leidingen.

4.0 Opbouw

4.1 Bluswatertank

Bluswatertanks voor een TW-G zijn bij de brandweer in meerdere varianten bekend, onderscheid kan hierbij gemaakt worden in:

- Constructiewijze
 - ➔ Rond of ovaal
 - ➔ Rechthoekig
- Constructiemateriaal
 - ➔ Metaal
 - ➔ Kunststof

Iedere constructiewijze bezit specifieke eigenschappen deze worden hierna besproken:

4.1.2 Tankvolume

Het tankvolume wordt bepaald door o.a. op incidentlocatie gewenste hoeveelheid extra bluswater, secundaire overwegingen hierbij zijn de mogelijkheid tot pendelen met bluswater en instellen van een waterbuffer op incidentlocatie.

4.1.3 Constructiewijze

We kennen voor TW-G's ronde en ovale uitvoeringen van de bluswatertank alsmede rechthoekige. Ronde en ovale bluswatertanks worden geproduceerd door plaatstaal buisvormig te walsen en de uiteinden in lengterichting naar elkaar te brengen en aan elkaar te lassen.



Afb.: Walsen van tankwand Bron.: ITI Tankbodies

Vervolgens worden langs- en dwarschotten gemonteerd waarna een komvormige afsluiting de voor- en achterzijde van de constructie afdicht met een lasverbinding. Doorgaans is deze tankconstructie al zo stijf dat deze zonder verdere versteviging op een subframeconstructie gemonteerd kan worden waarna montage op een chassis kan volgen. Het subframe neemt torsiëkrachten op welke door o.a. bodemoneffenheden door het chassis doorgegeven worden, hierover later meer. Montage van een tank zonder subframe zou de tankconstructie aan hoge torsiebelasting doen blootstellen waardoor op termijn schade zal ontstaan in de vorm van scheuren op de zwaarst belaste locaties. Dit laatste geldt niet in geval van schommelophanging van de tank, zie § 4.4.



Afb.: TW-G voorzien van ovalen tank. Bron: VR IJsselland, post Hasselt

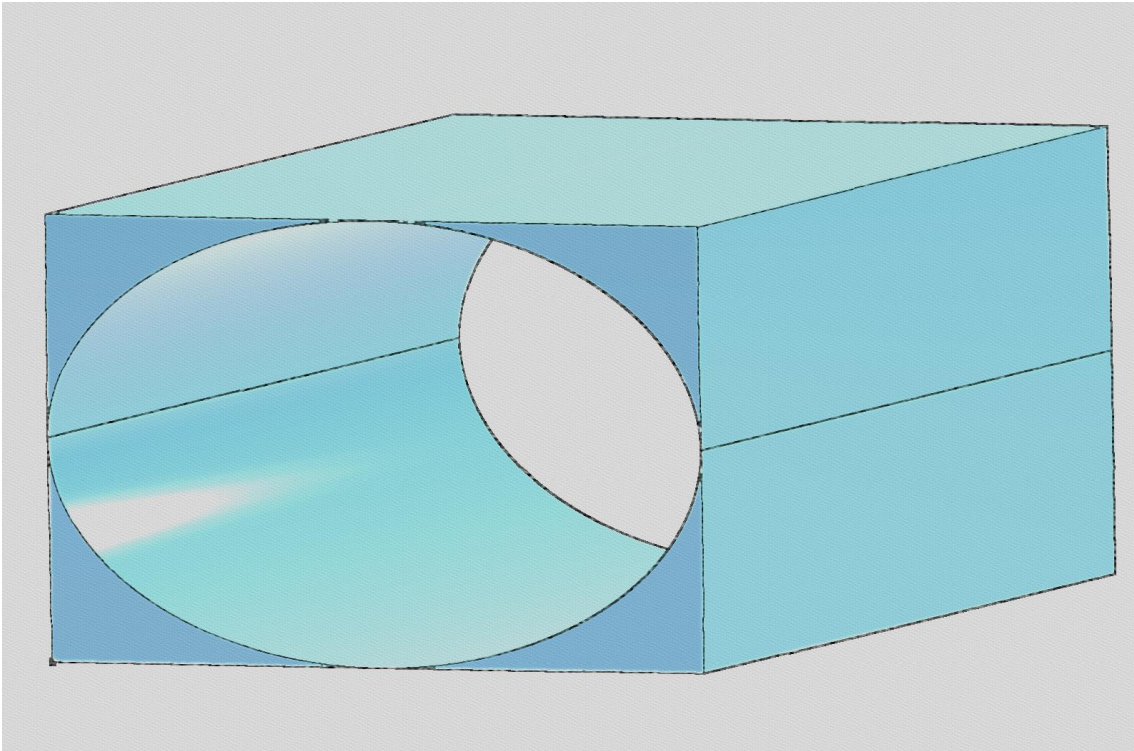
De bluswatertank kan ook in een lichtere constructie samengesteld worden waarbij in- of uitwendig verstevigingsringen aangebracht worden om de stevigheid te waarborgen, zie onderstaande afbeelding voor een voertuig met uitwendige verstevigingsringen:



Afb.: TW-G voorzien van ronde tank met uitwendige versteviging Bron: VR IJsselland, post Deventer

Rechthoekige bluswatertanks worden samengesteld uit prefab delen van kunststof of metaal. De op maat gemaakte plaatdelen worden in de juiste volgorde op de montagelocatie aangebracht en middels lijm-, las-, bout/moer- of blindklinkverbindingen aan elkaar verbonden. Voor de duidelijkheid: kunststof plaatmateriaal kan middels een speciaal lasprocedé ook onderling verbonden worden.

Ronde, ovalen en rechthoekige bluswatertanks kunnen in elk gewenst volume geleverd worden. Ronde en ovalen kunnen voordelen bieden binnen de kaders van productiekosten, ze zijn sneller en daarmee goedkoper te produceren dan rechthoekige. Rechthoekige bieden een hoger volumetrisch rendement op een vrachtwagenchassis, door het ontbreken van de afrondingen in de tankvorm kunnen bluswatertanks lager en/of korter gebouwd worden bij gelijk volume dan ronde of ovalen bluswatertanks, zie de volgende afbeelding:



Afb.: verschil in tankvolume tussen rechthoekige en ovalen tankvorm bij gelijke voertuigbreedte.
Bron: NIPV

4.2 Tankmateriaal

Er zijn 3 materialen gangbaar om watertanks mee te construeren:

- Glasvezelversterkt Polyester
- Metaal (staal, aluminium)
- HDPE

Deze materialen worden hierna nader toegelicht:

4.2.1 GVP

GVP (Glasvezel Versterkt Polyester) bestaat uit glasvezels welke in een kunsthars (polyesterhars) omsloten zijn. Het kan enkel- en meerlaags toegepast worden en al dan niet van een schuimkern voorzien worden.



Afb.: Bewerking van glasvezel met kunsthars

Voor GVP-panelen wordt een mal op maat gemaakt, de glasvezel wordt hierin aangebracht waarna de kunsthars in vloeibare vorm toegevoegd wordt. Deze bestaat uit twee componenten: de kunsthars en een verharder. Deze verharder reageert met de kunsthars en zorgt daarmee voor een temperatuursverhoging

waardoor de kunsthars stijf wordt en uithardt, dit wordt een thermoharder genoemd. Glasvezel borgt de mechanische sterkte.

Als alternatief voor polyester wordt epoxy toegepast. Beide hebben voor- en nadelen, een goede informatievoorziening is daarmee gewenst.

GVP bezit een aantal eigenschappen die de productie van een bluswatertank vereenvoudigen echter is het materiaal bijna niet te recyclen. Daarnaast treden bestanddelen welke de flexibiliteit waarborgen (weekmakers) op termijn uit en gaat het materiaal op mechanisch zwaarbelaste locaties krakeleren met risico op scheurvorming en lekkages tot gevolg.

Enkele GVP producteigenschappen in relatie tot constructies:

- Soortelijk gewicht $\pm 2.000 \text{ kg/m}^3$ (variabel, afhankelijk van toegepaste samenstelling)
- In iedere gewenste kleur leverbaar en in kleur te spuiten
- Niet / nauwelijks recyclebaar
- Verouderingsgevoelig
- Beperkt UV-bestendig m.b.t. kleur en materiaal
- Uitstekende verwerkbaarheid in carrosseriebouw
- Gevoelig voor warmte
- Gevoelig voor algenaangroei
- Verlijmbaar, niet lasbaar

4.2.2 HDPE

HDPE staat voor High Density PolyEtheen (Hoge Dichtheid PolyEtheen). PolyEtheen (voorheen Poly Ethyleen) is de meest toegepaste kunststofsoort en wordt gebruikt voor productie van o.a. PET-flesjes, kunststof verpakkingen en -tassen, bloempotjes, buizen enz.. Door gebruik te maken van een katalysator wordt het materiaal tijdens productie verder verdicht en ontstaat HDPE dat door zijn hogere dichtheid over zodanige producteigenschappen beschikt dat het als constructiemateriaal kan dienen. In basisvorm is HDPE kleurloos/wit, door toevoegen van additieven tijdens productie kan HDPW in iedere gewenste kleur worden geleverd.

Enkele HDPE producteigenschappen in relatie tot constructies:

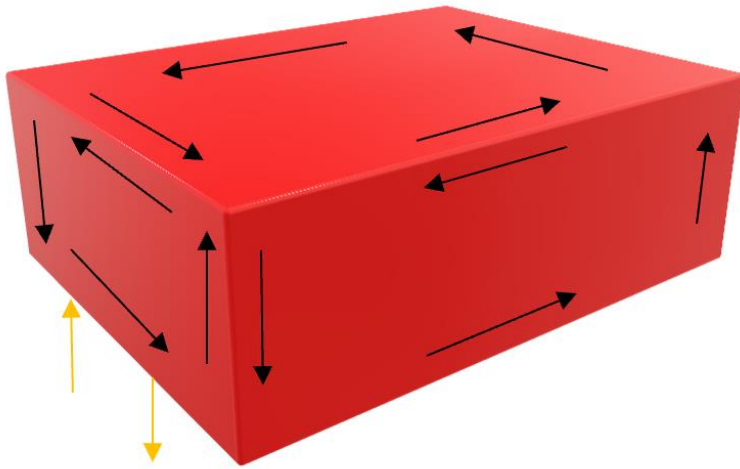
- Volledig belastbaar op kracht en druk bij temperaturen tot 90°
- Goed recyclebaar
- Wordt zacht / vloeibaar bij verwarming en wordt daarom thermoplast genoemd
- Slijtvast
- In iedere gewenste kleur leverbaar, niet in kleur te spuiten
- UV-bestendig (daarmee kleurbestendig)
- Corrosie- en oxidatiebestendig, zo goed als vrij van bacteriële inwerking
- Productieprijns interessant voor toepassing in carrosseriebouw
- Lasbaar
- Onderhoudsarm
- Soortelijk gewicht $\pm 1.100 \text{ kg/m}^3$
- Beperkte algenaangroei

4.2.3 Metaal

Gangbare metaalsoorten in tankbouw zijn aluminium en plaatstaal waarbij plaatstaal het meest gangbaar vanwege de prijs. Metalen tanks zijn eenvoudig te produceren, zie § 4.1.3, te onderhouden en te repareren. De trek- en buigterkte zijn hoger als bij HDPE en GVP, om die reden kan de tank dunwandiger uitgevoerd worden. Een van de nadelen van een metalen bluswatertank betreft de aangroei van algen tegen de binnenwand, zie hiervoor § 4.7.

4.3 Torsie in de Carrosserie

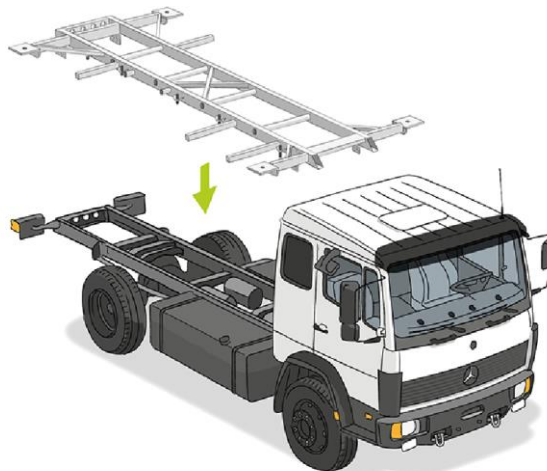
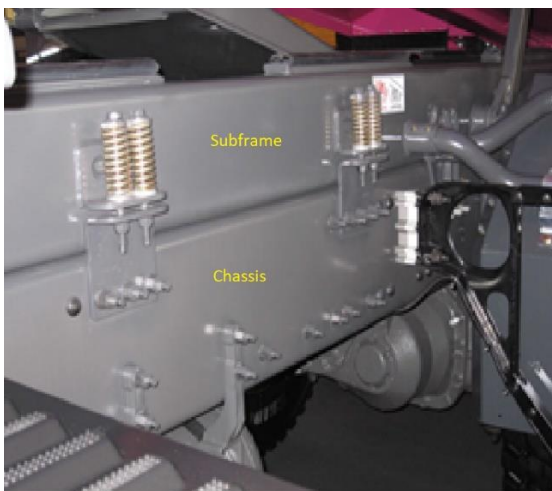
Een TW-G zal een ± 15 -jarige afschrijvingstermijn hebben. Om die reden is het handig over een beeldvorming van de technische levensduur van de tank in beeld te beschikken. Bij ontwerp van de opbouw dient al rekening mee gehouden te worden met tankvorm- en materiaalkeuze. Bij ontwerp van de tank is torsiebelasting van invloed op tankvorm, constructie, materiaalkeuze en ontwerp subframe. Torsie (zie § 4.4) wordt op de tank overgebracht via het subframe en overgedragen op de tankwand. Schematisch wordt dat in onderstaande afbeelding weergegeven: Torsiekrachten zijn in oranje weergegeven zoals die door het chassis op subframe en tankopbouw overgedragen worden. Deze krachten worden in de tankconstructie opgenomen zoals de zwarte pijlen dit weergegeven. Ten dele vindt er opname en verwerking van de krachten plaats door dwars- en langsschotten in de tank, het overgrote deel van de op de tankopbouw uitgeoefende krachten wordt echter verwerkt door de buitenwanden. Onderstaande afbeelding geeft de tankopbouw in zijn meest eenvoudige wijze weer, een complexere tankvorm, bijvoorbeeld bij opbergen van zuigslangen binnen de buitenmaten van de tankopbouw leidt tot een complexer krachtenverloop met eventuele gevolgen ervan op termijn.



Afb.: Verwerking van torsiekrachten in tankopbouw. Bron: NIPV

4.4 Bevestiging op chassis

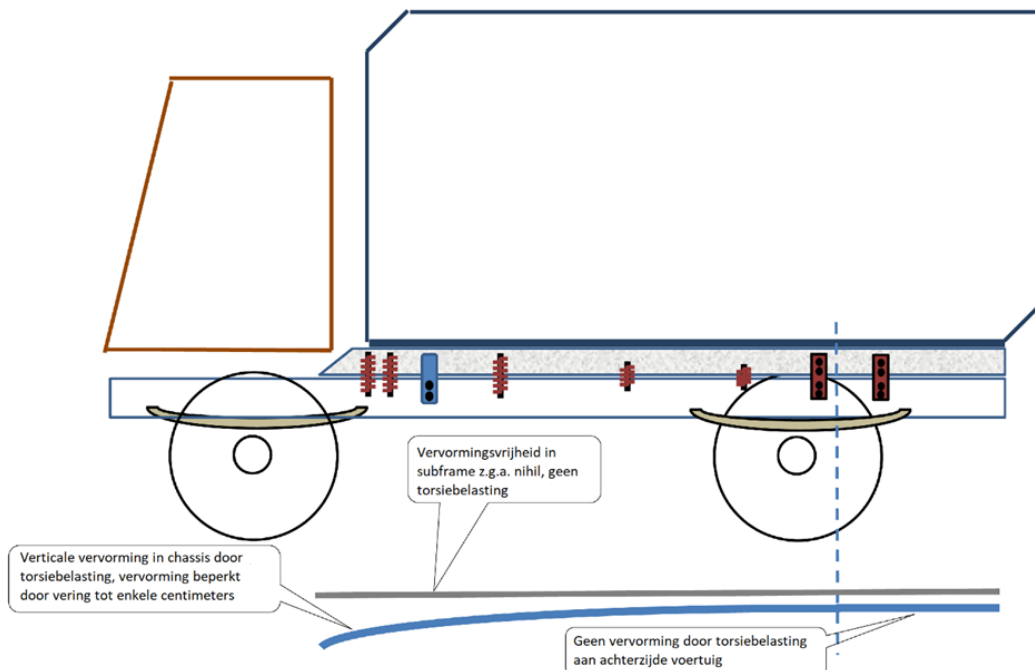
De opbouw (bluswatertank, pomp en overig) wordt op het chassis gemonteerd op een subframe (ook wel hulpframe genaamd), zie onderstaande afbeelding:



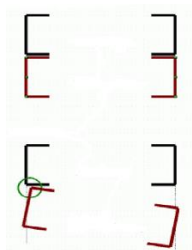
Afb.: Subframe op chassis, bevestiging middels schuifvrije veerbelaste verbinding; bron onbekend

Het subframe maakt het mogelijk om een stijve en vormvaste opbouw te monteren op een flexibel vrachtwagenchassis. Tijdens rijden drukt niet alleen de last van de opbouw op het chassis, het chassis dient ook krachten van buitenaf te verwerken zoals oneffenheden in wegoppervlak. Om het vormvaste subframe op het flexibele chassis te monteren wordt er gebruik gemaakt van meerdere bevestigingsmethodes, voorgeschreven door de chassisfabrikant voor iedere specifieke opbouw middels opbouwrichtlijnen (BAM's: Body Attachment Methods) waar de opbouwfabrikant aan dient te voldoen. De methodieken zijn echter bij alle chassismerken gelijk.

Voorbeeld:

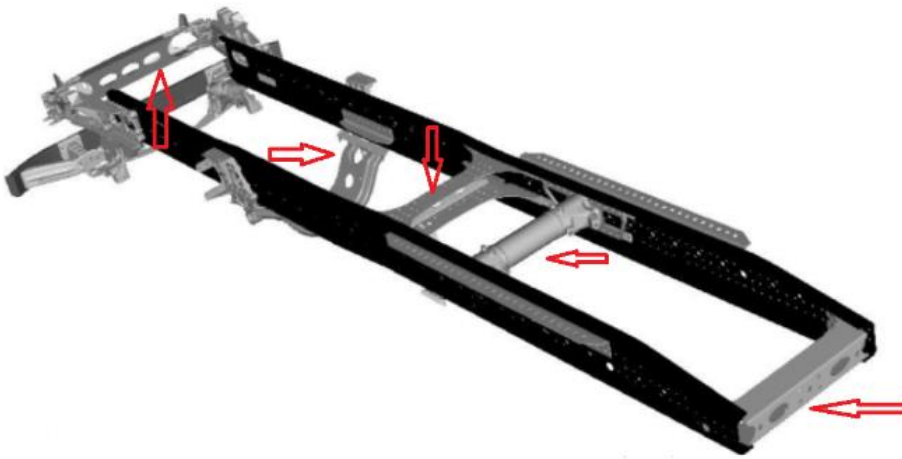


Nadere toelichting: Hierboven een sterk vereenvoudigde voorstelling van een vrachtwagen met opbouw. In de blauwe lijn wordt de vervorming door torsie weergegeven, de grijze lijn erboven geeft de vervorming van het subframe (nihil) weer. Om het subframe toch degelijk op het chassis te monteren en chassisvervorming (zie onderstaande afbeelding) mogelijk te maken worden veerbelaste verbindingen gemonteerd daar waar de meeste vervorming van het chassis plaatsvindt; richting de achterzijde van het voertuig wordt de vervorming minder tot deze aan de achterzijde niet meer optreedt. In die omgeving worden dan ook vaste verbindingen toegepast. Tussen chassis en subframe is een geleideplaat gemonteerd, in de afbeelding in blauw weergegeven. Deze voorkomt zijdelingse verplaatsing van subframe op chassis en draagt er daarmee zorg voor dat het subframe altijd weer op de oorspronkelijke plaats terugkomt. In de praktijk is de meeste vervorming ongeveer ter hoogte van de versnellingsbak, om die reden zijn daar (torsie-)stijve traverses (dwarsverbindingen) tussen de langsliggers in het chassis aanwezig.



Zwart: Subframe, rood: chassis. In groene cirkel: glijden (schuiven) van chassis tegen subframe

Afb.: vervorming van het flexibele chassis t.o.v. vormvast subframe door torsiebelasting. Bron onbekend.

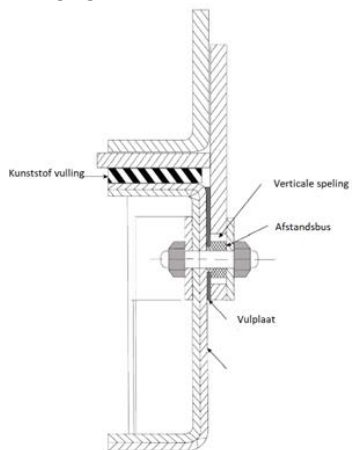


Afb.: Langsliggers (zwarte balken) met traverses (zie rode pijlen) Bron: MB NL

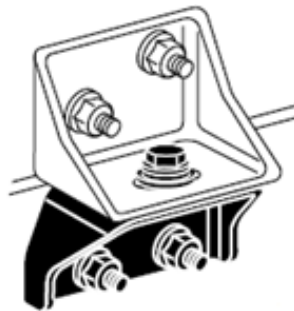


Afb.: Zichtbaar: langs- en dwarsliggers. Aan de buitenzijde van het frame links en rechts de consoles om de opbouw (tank) aan het subframe te bevestigen. Bron: IFFS

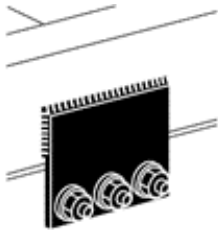
De mogelijkheid tot vervorming (verdraaiing) van het chassis in lengterichting, het torderen wordt geboden door voorgeschreven bevestigingsmethodes, enkele hiervan zijn in voorgaande afbeelding en hierna aangegeven:



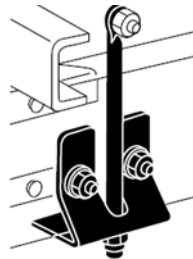
Afb.: geleideplaatbevestiging
(schuifvrij)



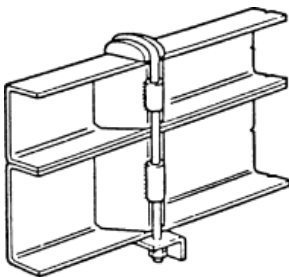
Afb.: Consolebevestiging
(schuifvast)



Afb.: Schetsplaatbevestiging
(schuifvast)



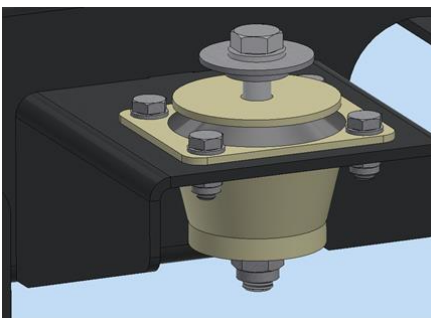
Afb.: Trekstangbevestiging
(schuifvast)



Afb.: Bevestiging met strop
(schuifvast)



Afb.: Veerbelaste consolebevestiging
(schuifvrij)

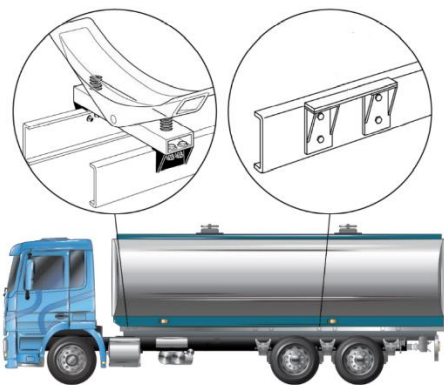


Afb.: Megacone flexibele bevestiging

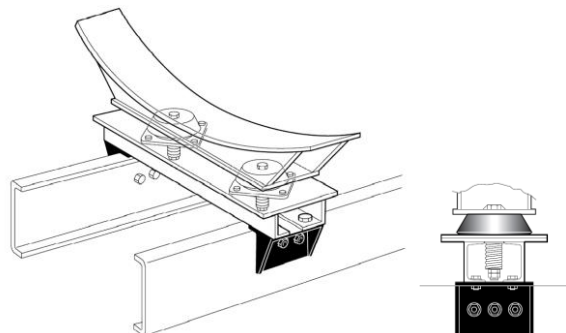
Op de afbeelding van de aandrijflijn op pag. 21 is bij de gele pijl een zg. megacone opbouwbevestiging zichtbaar, zie ook bovenstaande afbeelding. Hierbij wordt de opbouw aan het subframe bevestigd m.b.v. conische kegels welke de opbouw een zekere mate van bewegingsvrijheid toestaan. Megacones functioneren ook als trillingdempers tussen opbouw en chassis.

Vervorming van tankopbouw is bij vrachtwagens ongewenst en ontoelaatbaar maar bijna niet te voorkomen, om die reden zijn er specifieke voorschriften voor tankopbouw. Ook wordt vaak gebruik gemaakt van andere montagetechnieken, ook hier binnen de kaders van de opbouwrichtlijnen van de chassisfabrikant. Hierin kan bijvoorbeeld voorgeschreven zijn dat op bepaalde locaties extra traverses of inwendige chassisverstevingen aangebracht dienen te worden om zijdelingse belastingen te verwerken in het chassis.

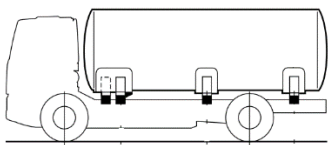
De tankopbouw kan volledig rusten op een subframe maar kan ook een zelfdragende constructie zijn en op een beperkt aantal bevestigingspunten steunen, al dan niet m.b.v. een (gedeeltelijk) subframe. Bij ontbreken van een subframe wordt torsie verwerkt door op het voorste steunpunt van de tank een zijdelingse beweging mogelijk te maken. Dit kan met een schommelconstructie waarbij de zijdelingse beweging veergeremd wordt of met een constructie die rust op twee silentblocks die geringe tankbeweging toelaten. Bij hoge belasting kan een dubbele set ophangpunten toegepast worden, niet alleen vanwege hoge technische belasting maar ook om voor de berijder hinderlijke resonanties te beperken dan wel te voorkomen, zie hiertoe ook de onderstaande afbeelding hiertoe:



Afb.: Schommelend steunpunt. Bron: onbekend



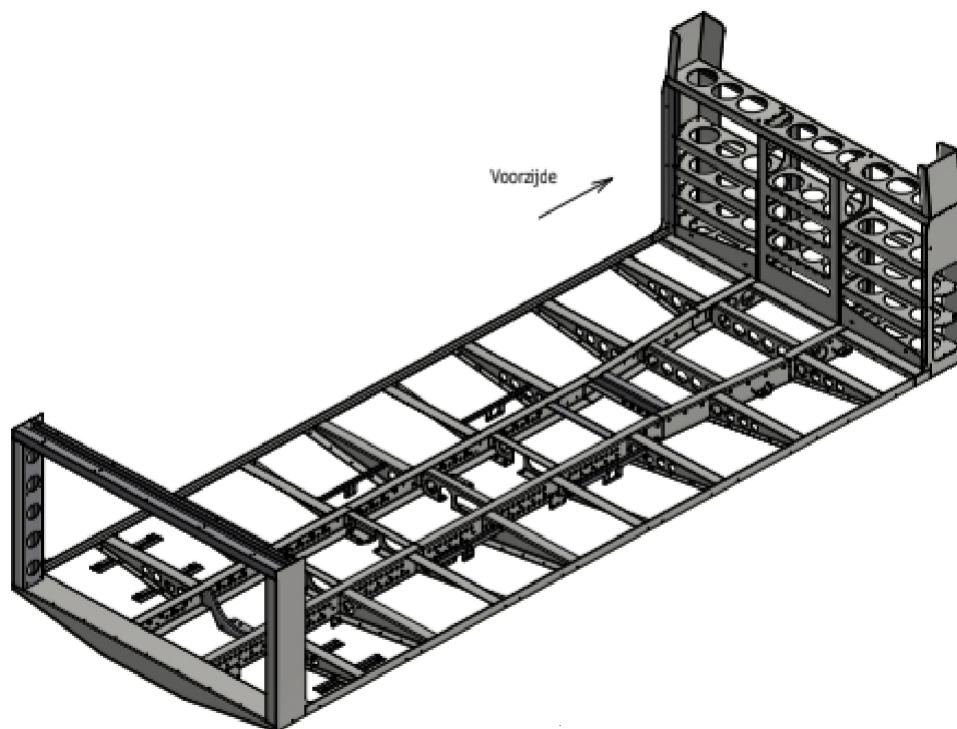
Afb.: Tanksteun op twee silentblocks en silentblock
Bron : DAF Trucks



Afb.: Voorste ophangpunt dubbel uitgevoerd Bron: DAF Trucks

Bovenstaand is van toepassing op ronde, ovaal en rechthoekige tankconstructies, er zijn echter ook tankconstructies waarbij de tank volledig ondersteund dient te worden. Dit is met name het geval bij de tanks welke uit EPDM geconstrueerd zijn. Bij dit materiaal is voor voldoende stevige constructie zo veel materiaal (dikkere wanden) nodig dat de gewichtsfactor een rol gaat spelen en daarmee ook tankvolume verloren kan gaan omdat het GVW eerder bereikt gaat worden.

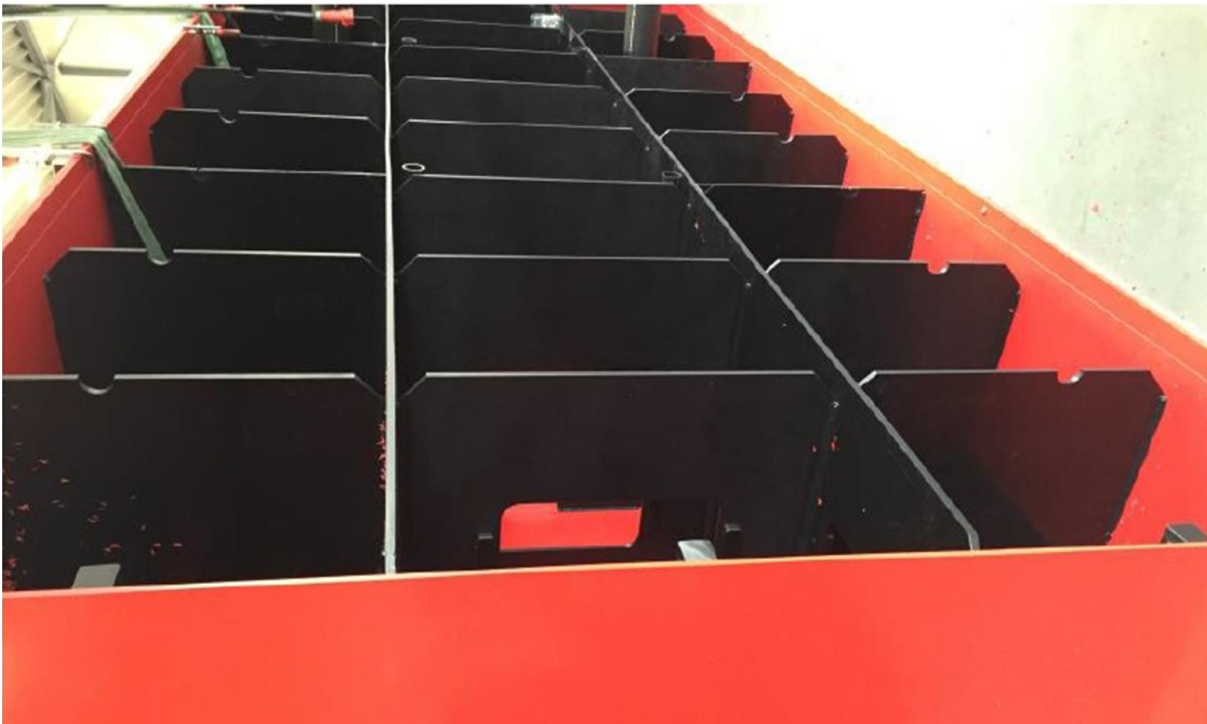
Het subframe wordt op het chassis gemonteerd volgens de opbouwrichtlijnen van de chassisleverancier. Het subframe maakt op een andere wijze deel uit van de dragende constructie voor de bluswatertank, deze rust nu over zijn hele bodemoppervlak op het dragende subframe waardoor de zo licht mogelijke tankconstructie te realiseren is. De tank is aan de onderzijde aan het subframe te bevestigen. Aan de onderzijde van het subframe kunnen nog kasten of verplichte afschermingsconstructies gemonteerd worden. Vanwege een betere gewichtsverdeling en behoud van eenvoud van tankvorm vanwege torsiebestendigheid, zie § 4.3, kan overwogen worden zuigslangen in het kopschot onder te brengen.



Afb.: Volledig dragend subframe, zonder spanrek Bron: IFFS

4.5 Klotsen

Klotsen (sloshing) door water komt alleen bij gedeeltelijk gevulde bluswatertank voor. Bij een volledig gevulde bluswatertank gedraagt water zich als èèn vaste massa, bij een gedeeltelijk gevulde tank gaat water zich, door beschikbare ruimte, dynamisch gedragen tijdens rijden en dat is door een chauffeur goed waar te nemen. Er bestaat verschil tussen dynamisch gedrag bij water tussen een TW-G waarbij de bluswatertank rond of ovaal is ten opzichte van een TW-G met een rechthoekige bluswatertank. Van nature heeft bluswater in een ronde of een ovalen bluswatertank de neiging om bij zijwaartse verplaatsing langs de zijkant van de bluswatertank omhoog te bewegen en langs het plafond aan de andere zijde weer te dalen, een volledige cirkelvormige beweging dus. Bij een rechthoekige tank zal water opzij bewegen en via de rechte wanden terug bewegen. Om de hoeveelheid bewegende watermassa zoveel mogelijk te beperken zijn bluswatertanks gecompartmenteerd door slingerschotten in lengte en breedterichting van de bluswatertank, zie onderstaande afbeelding:



Afb.: Bluswatertank, Bron IFFS.

Zichtbaar: bluswatertank (rood), slingerschotten in dwars- en langs-richting (zwart)

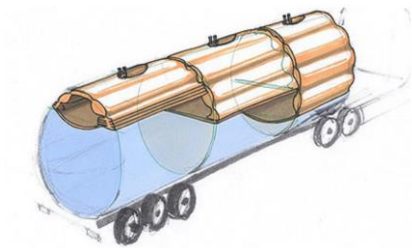
Slingerschotten worden gemonteerd conform NEN-EN 1846-3. Slingerschotten beperken de voor- en zijwaartse waterbewegingen waardoor bluswater zich alleen in een beperkte ruimte vrijelijk kan bewegen, zie voorbeeld onderstaande afbeelding:



Afb.: Beperking van de vloeistofbewegingen, door slingerschotten (midden) of compartimentering (onder)
Bron: onbekend

Slingerschotten zijn ook waterdoorlatend middels inkepingen en afschuining van hoeken, dit om de vrije stroom richting pomp te kunnen waarborgen. Constructief gezien hebben slingerschotten meerwaarde bij het behouden van de vorm van de bluswatertank doordat uitbolling van tankwanden voorkomen wordt, de slingerschotten worden hierbij op trek belast..

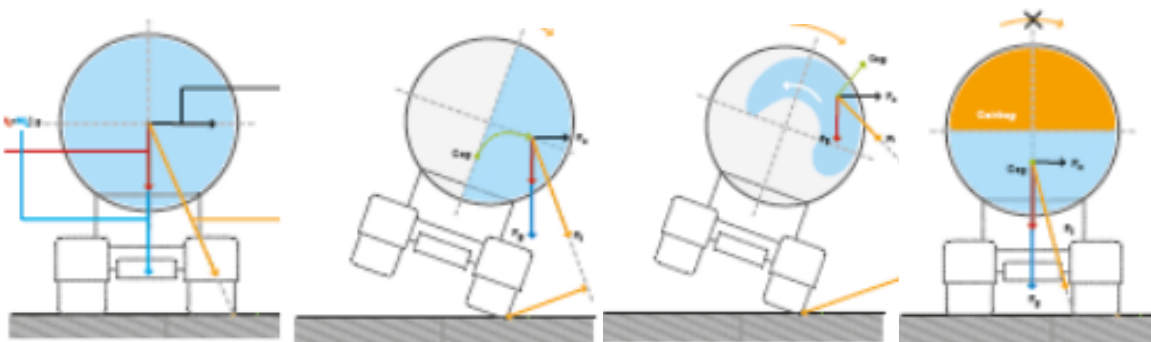
In de omgeving van de vulopening(-en) dienen slingerschotten de kracht van onder druk toegevoerd water te kunnen weerstaan. In het verleden zijn RMO-voertuigen (Rijdende Melk Opname) gebruikt voor TW-G-doeleinden, zie ook pag. 5. Een RMO dient hiervoor te worden aangepast vanwege het beperkte aantal slingerschotten in dwarsrichting in de tank waarbij doorgaans de slingerschotten in lengterichting ontbreken. E.e.a. heeft als achtergrond dat aan melktransport andere eisen worden gesteld dan aan watertransport, dit mede door specifieke eigenschappen van melk waarbij de tank slechts ten dele gevuld is. Een oplossing ter voorkoming van klotsen kan de Cairbag zijn, een opblaasbaar luchtkussen dat waterbeweging voorkomt waardoor er geen zijwaarts gerichte krachten ontstaan, zie de volgende afbeelding:



Afb.: Cairbag. Bron: Accede bv.

De voor vullen van het luchtkussen benodigde lucht kan worden verschaft door kring 4 van het remsysteem dan wel door een systeem-eigen compressor.

Van waterdynamiek in ronde tanks wordt in onderstaande afbeeldingen het krachterspel nader geanalyseerd:



Afb: ladingstoestanden .Bron: Accede bv

A: Volle tank

B: Halfvolle tank
Semi statisch

C: Halfvolle tank
Roll-over golf

D: Halfvolle tank
Gezekerd

-----> gewicht voertuig

-----> centrifugaalkracht

-----> gewicht watermassa

-----> resultante gewichten / centrifugaalkracht

In de stabiele situatie A worden de gewichten van voertuig en lading bij elkaar opgeteld en is de centrifugaalkracht als gevolg van de hoge watermassa maximaal. De resultante loopt in de richting van het buitenste raakvlak van de band, blijft dus binnen de spoorbreedte, het voertuig blijft stabiel. Zie hiervoor ook §3.3 voertuigstabiliteit.

In situatie B treedt de resultante buiten de contouren van het voertuig waardoor deze instabiel is geworden en zal kantelen.

In situatie C verloopt de resultante nog verder buiten de voertuigcontouren, de hoogste mate van instabiliteit wordt dus veroorzaakt door een roll-over watermassa, een overslaande golf.

In situatie D wordt de watermassa gestabiliseerd door het luchtkussen en blijft de resultante ruim binnen de spoorbreedte; hier dus bij halve belading een optimale voertuigstabiliteit.

Met bovenstaande is ook de noodzaak voor aanbrengen van slingerschotten in langsrichting van de tank aangetoond.

Bij rechthoekige tanks ontstaat ook een naar buitenzijde van de bocht gerichte centrifugaalkracht; ook ontstaan er drukgolven in de watermassa welke tussen wanden weerkaatst worden maar ook gedempt kunnen worden. Hiertoe dient de tank boven de slingerschotten met enkele centimeters verhoogd te worden, uitgezonderd de directe omgeving van de ontluchting (zie §4.6); dit laatste zorgt voor een vrije ruimte (lucht) tussen wateroppervlak en tankplafond. Deze vrije ruimte dient met een sponsachtig kunststof materiaal gevuld te worden waardoor vloeistofdynamiek bij voertuigacceleratie, remmen en tijdens nemen van bochten afremt. Hierdoor wordt bewegingsenergie gedempt en daarmee opbouw van drukgolven gedempt, echter niet voorkomen. E.e.a. heeft uiteindelijk tot gevolg dat reactiekrachten op het voertuig beperkt worden en voertuigveiligheid verhoogd wordt doordat risico op kantelen afneemt.

4.6 Tankontluchting

Aan tankontluchting worden meerdere eisen gesteld:

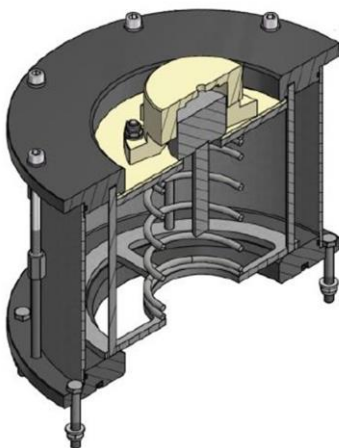
- Ontluchting bij vullen van de bluswatertank
- Beluchting bij waterverbruik uit de bluswatertank
- Afslag bij vullen van de tank en overvulbeveiliging
- Waterverlies voorkomen tijdens rijden

Bij vullen van de bluswatertank dient de in de tank aanwezige lucht met beperkte weerstand afgevoerd te worden, de capaciteit van de ontlufter is hierbij minstens overeenkomstig de maximale vulcapaciteit. Omgekeerd, bij bluswaterverbruik uit de tank, dient de beluchting minimaal gelijk aan het waterverbruik te zijn.

Bij bereiken van het maximale tankvolume dient de ontluchting dit op meerdere manieren te signaleren, de pompbediende dient optisch en akoestisch geïnformeerd te worden om in geval van vullen van de bluswatertank door een ander voertuig de pompbediener van dat voertuig te kunnen informeren bij bereiken van het maximale tankvolume.

In geval van hier functioneren van de automatische afslag dient de ontlufter als overvulbeveiliging, een afvoer met capaciteit overeenkomstig de maximale vulcapaciteit dient geopend te worden om overtollig water af te voeren.

Tankontluchtingen kunnen veerbekrachtigd (evt. tweezijdig) functioneren. Ook zijn er constructies met drijvers in het systeem, al dan niet veerondersteund.



Afb.: Tankontluchting, bron IFFS

4.7 Algen

In stilstaand water vindt op den duur algengroei plaats. Dit heeft verschillende oorzaken; microscopisch klein leven, bv. clustervormige bacteriële aangroei, kan prima gedijen in stilstaand water waarbij de ideale temperatuur in de brandweerstalling de groei nog eens extra stimuleert. Algen gedijen in vrij water maar kunnen zich ook afzetten tegen wanden en slingerschotten, eerst als groene afzetting en daarna als haarvormige massa, vaak ook bron van stank.

Algengroei kan voorkomen worden door toedienen van speciale algenbestrijdingsmiddelen. Met waterstofperoxide (H_2O_2) kan algenaanslag verwijderd worden. Een eenvoudige wijze van voorkomen van algengroei is het inbrengen van een blank stuk koper in de bluswatertank, dit veroorzaakt een minuscule elektrische spanning in water waardoor algengroei onderdrukt wordt dan wel algen afsterven.

