

Handreiking Terreinwaardigheid

HANDREIKING TERREINWAARDIGHEID



Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Principes	4
2 Bodemvrijheid	5
3 Veerweg	10
4 Aandrijving	15
5 Banden	26
6 Aandrijfkrachten	29
7 Gewichtsverdeling	31
8 Bescherming voertuigen	32
9 Dakluiken	35
10 Bluswatertank	36
11 Onderhoud na gebruik	37
12 Overwegingen	38
Colofon	39

Inleiding

Deze handreiking is tot stand gekomen in opdracht van MSO teneinde kennis en inzichten over terreinwaardigheid van voertuigen te stroomlijnen.

Binnen Brandweer Nederland zijn twee documenten in gebruik waarin informatie over de terreinwaardigheid van grotere brandweervoertuigen vastgesteld is:

- Bronnenboek Natuurbrandbestrijding uit 2014, hierin zijn onder meer prestatie- en uitvoeringseisen van TS-sen opgenomen
- Norm NEN-EN 1846. In deze zijn onder meer minimeisen in maatvoeringen en veiligheid opgenomen

Middels deze handreiking heeft de lezer een derde document ter beschikking waarmee een link gelegd kan worden tussen de hierboven genoemde documenten alsmede enig inzicht bereikt kan worden in de onderliggende technieken van terreinwaardigheid bij grotere brandweervoertuigen.

Afbakening:

In deze handreiking wordt terreinwaardigheid alleen gerelateerd aan natuurbrandbestrijding en de directe periferie ervan. Deze handreiking behandelt enkel onderwerpen welke zijn aan terreinwaardigheid van grotere brandweervoertuigen, deze worden verderop in deze handreiking nader gespecificeerd. De handreiking bevat alleen voertuigtechnische informatie, onderwerpen met repressieve achtergrond zoals offensieve en defensieve natuurbrandbestrijdingen, monitoren, blustechnieken e.d. worden in deze handreiking niet inhoudelijk besproken, hiervoor wordt verwezen naar het Bronnenboek Natuurbrandbestrijding.

Daar waar merknamen vermeld zijn, gelieve deze niet te zien in een promotioneel kader dan wel het tegenovergestelde ervan, dit is enkel bedoeld als voorbeeld van een specifieke voertuigeigenschap.

Begrippenlijst

Tractie	: de mate waarin de aandrijfkrachten overgebracht kunnen worden op de ondergrond
Slip	: snelheidsverschil tussen bandomtrek en ondergrond
Wieldruk	: de druk (p in N/cm^2) waarmee het wiel van een voertuig op de ondergrond wordt gedrukt. Deze is afhankelijk van oppervlak (A in cm^2) van het contactvlak band/wegdek en het gewicht (F in N) waarmee het betreffende belast is. Te berekenen met $p = F / A$.
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.

1 Principes

Bij natuurbrandbestrijding is het zaak een voertuig ter beschikking te hebben dat voldoet aan de verwachtingen en de inzet van andere voertuigen niet beperkt tijdens de inzet; het is immers onwenselijk dat de inzet van een bluspeloton tijdens natuurbranden beperkt wordt door tekortkomingen van één van de voertuigen. Om die reden is het wenselijk dat de voertuigen volgens overeenkomstige technische inzichten verworven zijn. Zoals aangegeven bieden de uitgangspunten uit het Bronnenboek en norm EN 1846 een prima basis echter ook ruimte voor veel verschillen in de invulling ervan. Om die reden volgt hierna een beschrijving om op een eenduidige wijze de techniek, welke een voertuig van de nodige terreinwaardigheid voorziet, in kaart te brengen.

Hieronder zijn de drie basisvereisten voor een terreinwaardig voertuig opgesomd:

1 - Bodemvrijheid

2 - Veerweg

3 - Aandrijving

De aan te houden volgorde hierbij is zoals hierboven genoemd en deze wordt in de komende hoofdstukken beschreven. Een korte toelichting hierop: Terreinwaardige, en ook niet-terreinwaardige, voertuigen lopen het eerste vast op contact tussen onderzijde voertuig en ondergrond door beperkte bodemvrijheid dan wel door te scherpe oprij- en afloophoeken.

Over Norm NEN-EN 1846:

In deze staat in deel 1 de gewichtsklassen beschreven volgens:

- 1 – Light : $3t < GLM < 7,5t$
- 2 – Medium : $7,5t < GLM < 16t$
- 3 – Super : $GLM > 16t$

GLM staat voor Gross Laden Mass en geeft het voertuiggewicht inclusief bemanning en bepakking weer. Deze handreiking heeft alleen betrekking op de gewichtsklassen M en S.

Inzetgebieden zijn als volgt in categorieën omschreven:

- Cat. 1 : Urban, stedelijk verkeer
- Cat. 2 : Rural, stedelijk verkeer en beperkte off road inzet
- Cat. 3 : All Terrain, volledig geschikt voor off road-inzet

In deze handreiking komen alleen categorie 2 en 3 in beeld

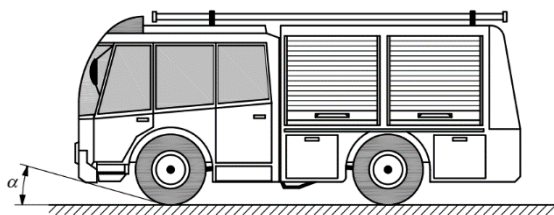
2 Bodemvrijheid

Te weinig bodemvrijheid resulteert in te veel contact tussen voertuig en ondergrond waardoor frictie ontstaat tussen voertuig en ondergrond. Indien deze frictie zodanig toeneemt dat de aandrijfkraften door verlaging van wioldruk onder de wielen (zie volgende hoofdstuk) niet meer overgebracht kunnen worden ontstaat slip en zullen doordraaiende wielen zich ingraven, (zie voor frictie ook hoofdstuk 6: Aandrijfkraften) het voertuig staat dan vast.

Vanuit voertuigtechnisch inzicht is voldoende bodemvrijheid de eerste vereiste om terreinwaardigheid te creëren, niet alleen aan de onderzijde van het voertuig maar ook onder de voor- en achterbumper. Met de hoogte van de bumpers wordt de oprij- en afloophoek bepaald welke voorgeschreven is in norm NEN-EN 1846 deel 2, §3 en §5.2.1.2 (maatvoeringen), zie onderstaande afbeeldingen uit deze norm:

Oprijhoek α

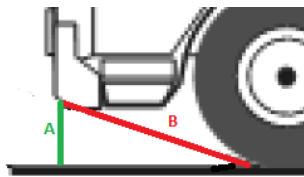
De oprijhoek α wordt gemeten tussen het horizontale wegdek/voorste contactpunt band-wegdek tot onderste vaste punt tussen de denkbeeldige lijn contactpunt band-wegdek en voorbumper (doorgaans is het onderste punt de voorbumper).



Afb.: Oprijhoek α . Bron: Norm NEN-EN 1846-2

De hoek kan ook berekend worden:

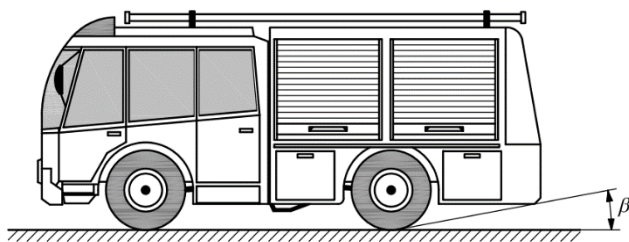
A = afstand onderste vaste punt aan voertuig tot wegdek, **B** = Afstand voorste contactpunt band-wegdek tot onderste vaste punt aan voertuig



Afb.: detailaanzicht uit bovenstaande afbeelding. De formule is: $\sin \alpha = A / B$, op een rekenmachine is hoek α dan te herleiden met de toetsen **INV SIN** of **2nd SIN**.

Afloophoek β

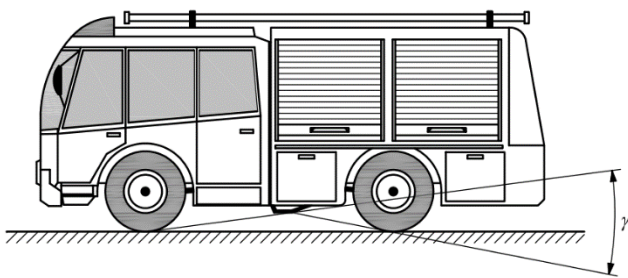
De afloophoek β wordt gemeten tussen het horizontale wegdek/achterste contactpunt band-wegdek en onderste vaste punt tussen de denkbeeldige lijn achterste contactpunt band-wegdek en achterbumper, ook deze kan berekend worden, zie voorbeeld bij oprijhoek.



Afb.: Afrijhoek β . Bron: Norm NEN-EN 1846-2

Tophoek γ

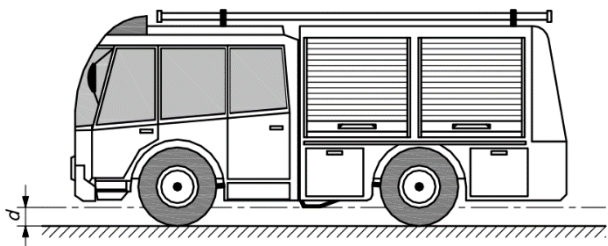
Met de tophoek wordt het supplement van de hoek tussen de denkbeeldige lijnen vanaf achterkant van het contactpunt band-wegdek van het voorwiel bedoeld, respectievelijk de voorkant van het voorste contactpunt band-wegdek van het achterwiel en het snijpuntrakend deel aan het laagste punt aan de onderzijde van het chassis. Daarmee bepaalt deze hoek de marge tussen vastrijden op de onderkant van het voertuig en doorrijden indien in glooiend terrein over de top van een heuveltje wordt gereden.



Afb.: Tophoek γ . Bron: Norm NEN-EN 1846-2

Bodemvrijheid d

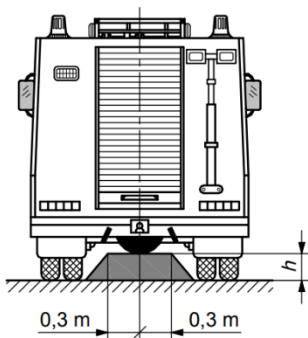
De bodemvrijheid tussen de assen is de afstand tussen het rijvlak en het laagste vaste punt van het chassis, gemeten bij stilstand. De uitmonding van de uitlaat mag hierbij buiten beschouwing gelaten worden.



Afb.: Bodemvrijheid d. Bron Norm NEN-EN 1846-2

Bodemvrijheid onder assen h

De bodemvrijheid onder de assen is de afstand, bepaald door het hoogste punt van een trapezium, met de basis op het rijvlak tussen de binnenkant van de wielen en het bovenzvlak rakend aan het laagste punt tussen de wielen met een breedte van 0,30 m aan weerszijden van de hartlijn van het chassis. Daar waar vering en stabilisatoren (incl. hun bevestiging aan de as) de bodemvrijheid beïnvloeden maken deze ook deel uit van de as.



Afb.: Bodemvrijheid h onder assen. Bron: Norm NEN-EN 1846-2

Opmerkingen:

Vastgestelde waarden van hoeken en afstanden zijn per gewichtsklasse en inzetcategorie af te lezen in tabel 6 in NEN-EN 1846 – 2. Verificatie en metingen dienen plaats te vinden bij een volledig beladen voertuig, de verificatiewijze staat in de norm beschreven.



Afb.: TS-BT met veel bodemvrijheid onder opbouw en assen. Bron: BMT-Oss

Afbeeldingen: TST-NB (Combivoertuig) in verschillende inzetgebieden. Bron: IFV



Afb. A



Afb. B



Afb. C



Afb. D

Bij opstellen van een PVE wordt rekening gehouden met de wijze van repressief optreden en inzetgebieden. Indien repressie bestaat uit defensief optreden dan beperkt zich het inzetgebied doorgaans tot de rand van het bedreigde gebied om daar een stoplijn te creëren. Bij offensief optreden wordt de brand zo dicht mogelijk bij de frontlinie bestreden, o.a. met flankaanvallen. Met deze verschillende methodes van optreden kan bij de aanschaf van voertuigen ook rekening gehouden worden, dit conform de benaming "Rural" en "All Terrain" in NEN-EN 1846-1. Een korte toelichting hierop:

Rural:

Inzetgebied landelijke omgeving, voorbeeld: bovenstaande afbeelding C. Het voertuig is voorzien van aandrijving op alle wielen en met beperkte terreinwaardigheid (uitbreiding van terreinwaardigheid o.a. te bereiken met b.v. verhoging bodemvrijheid, meerdere sperdifferentieels, aangepaste bandenkeuze)

All terrain:

Inzetgebied heide en -bosomgeving. Voertuigen zijn ontworpen, gebouwd en uitgerust om in alle terreinsoorten (diep zand, heide, drassige ondergrond, oneffenheden) te kunnen functioneren met beperking van het risico om vast te rijden in het terrein, voorbeeld: bovenstaande afbeeldingen A, B en D.

Doordat bij brandweervoertuigen gebruik gemaakt wordt van een vrachtwagenchassis is met name de bodemvrijheid onder de assen beperkt. Deze kan eenvoudig vergroot worden door toepassing van enkellucht banden op de achteras (zie bovenstaande afbeelding D) die door een grotere wanghoogte enige extra bodemvrijheid creëren, niet alleen onder de assen maar voor het gehele voertuig. Op de gekozen bandenmaat voor de achteras dient de maat van de voorbanden afgestemd te worden. De hoogtewinst is te berekenen, als voorbeeld de bandenmaat voor het voertuig op voorgaande afb. D, de bandenmaat is 445/65R22,5. Dit staat voor de bandbreedte (445mm), de verhouding bandbreedte/wanghoogte, in dit geval is dit 65% van de bandbreedte) en de velgdiameter in inch (22,5 inch).

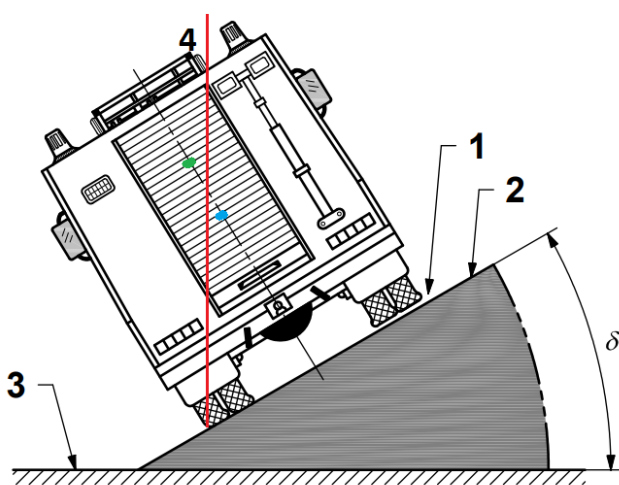
De afstand wegdek > asmiddellijn is dan:

De halve velgdiameter	: 22,5 (inch) x 2,54 x 0,5	= 28,6cm
De wanghoogte	: 44,5 x 0,65	= <u>28,9cm+</u>
De bandstraal	:	= 57.5cm

De bandenmaat van dubbelluchtbanden van een dergelijk voertuig is doorgaans 315/70R22,5, na berekening volgt dat de bandstraal in dit geval 50,7 cm bedraagt waarmee met de keuze voor enkellucht een extra bodemvrijheid van bijna 7cm wordt gerealiseerd. Voordeel wordt behaald door vermindering van rijweerstanden bij rijden door zand, zie voorgaande afbeelding B, hierover later meer. Mogelijk nadeel: Vergroting van bandenmaat, met name verbreding, kan beperkingen opleveren voor de stuurwieluitslag en daarmee vergroting van de draaicirkel. Enig onderzoek vooraf naar het technische haalbare is dan wel op zijn plaats. Ook ontstaat er door meer flexibiliteit in de banden meer "dweilgedrag" tijdens rijden.

De bodemvrijheid als genoemd in NEN-EN 1846 is een minimale maat, deze is middels een PvE-eis te vergroten, geadviseerd wordt om deze voor Cat. 3 (All Terrain, NEN-EN 1846) voertuigen te bepalen op 55 à 60 cm.

Verhogen van bodemvrijheid heeft een bijkomend effect in de vorm van verhoging van het zwaartepunt van het voertuig. Doordat door grotere banden (al dan niet door enkellucht banden) en veerweg-optimalisatie ruimte onder het voertuig gecreëerd wordt, wordt het voertuig verhoogd en daarmee ook het zwaartepunt hetgeen gevolgen heeft voor de voertuigstabiliteit. In NEN-EN 1846-2, § 3.12 wordt hier aandacht aan besteed.



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

Toelichting:

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

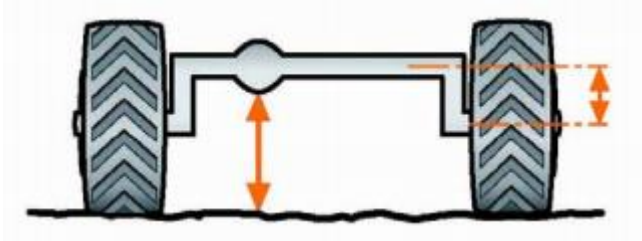
- 4 : Kantellijn
- Blauwe punt: Laag zwaartepunt
- Groene punt: Hoog zwaartepunt

Indien tijdens rijden een voertuig gaat overhellen, bijvoorbeeld door een (te) hoge bochtensnelheid, beweegt het zwaartepunt van het middelpunt van de bocht af. 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 af te leiden dat voertuigen met een lager zwaartepunt in deze een grotere veiligheidsmarge bezitten dan voertuigen met een hoger zwaartepunt zoals combi-voertuigen. Uit bovenstaande afbeelding is dit te herleiden uit de horizontale afstand tussen groene en blauwe stip tot de kantellijn. Hieruit mag worden geconcludeerd dat de kantelgevoeligheid van combi-voertuigen een onderwerp is om terdege rekening mee te houden.

CCFM-voertuigen (TS-BT, zie pag.7) bieden hier een grotere veiligheidsmarge, doordat ze specifiek voor natuurbrandbestrijding ontworpen zijn ontbreekt overige bekapping en is er meer vrijheid om het zwaarste deel van de opbouw, de bluswatertank zo laag mogelijk te construeren. Hierdoor is het constructief gezien ook eenvoudiger om hogere enkellucht banden toe te passen en de veerweg te vergroten om bodemvrijheid te creëren. Hogere bandwangen vervormen echter meer en vergroting van veerwegen staat meer beweging aan het chassis toe waardoor de rijdynamiek weer beïnvloed wordt.

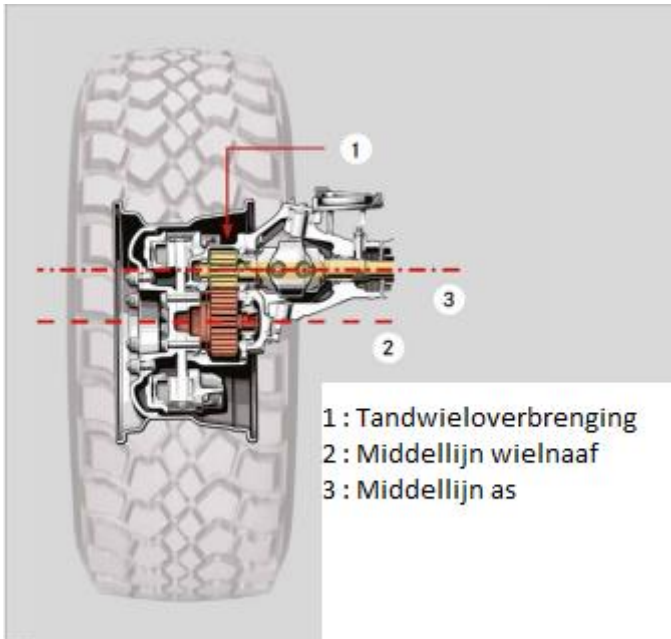
Opm.: De voorgaande afbeeldingen uit norm NEN-EN 1846-2 + A1:2013 zijn geplaatst met toestemming van NEN te Delft.

Bij voertuigen van het merk UNIMOG worden portaalassen toegepast met als doel om extra bodemvrijheid te realiseren, het principe is zoals hierna afgebeeld:



Afb.: Principe portaalas. Bron: Mercedes Benz AG

Aan de wielzijde in de as is een verzet aangebracht om het middendeel van de as omhoog te brengen. De aandrijfkrachten worden vanuit het differentieel naar de wielen middels een tandwieloverbrenging overgebracht, zie onderstaande afbeelding.



Afb.: Aandrijfconstructie Portaalas. Bron: Mercedes Benz AG

3 Veerweg

Voor het kunnen overbrengen van aandrijfkraften door banden op de ondergrond is wioldruk tussen band en ondergrond een vereiste. Hierbij is het zaak dat niet te veel verschil ontstaat tussen wioldruk links en rechts per as. Dit verschil ontstaat bij onevenredige belasting op de wielen per as, onder andere door hoogteverschillen in terrein. Indien hoogteverschil niet opgevangen en verwerkt kan worden door de veren zal wioldruk per as gaan verplaatsen van het ene wiel naar het andere; bij voertuigen met starre assen, en dat zijn nagenoeg bijna alle grote voertuigen, is de vermindering van wioldruk op één wiel bijna evenredig met de toename ervan op het andere wiel aan die as. Te weinig wioldruk resulteert in te weinig tractie en dus slippen, dit wiel zal alle aandrijfkraften van de as opnemen maar niet omzetten in tractie; een sperdifferentieel kan in dit geval tractieverlies beperken, hierover later meer. Vermindering van wioldruk op één wiel resulteert in verhoging van de wioldruk op het andere wiel op dezelfde as; om slippen te voorkomen zal de chauffeur de sperinrichting op die as inschakelen waarbij de aandrijfkraften over beide wielen evenredig verdeeld worden. Indien de aandrijfkraften van het wiel met grip zo groot worden dat de ondergrond deze niet kan verwerken zal ook dit wiel gaan slippen, het voertuig gaat zich ingraven. Over wioldruk later meer. Uit het bovenstaande mag de conclusie getrokken worden dat de veerweg per as essentieel is voor voldoende grip per wiel en daarmee voor terreinwaardigheid.

Veerweg

De veerweg is de afstand van de (rubberen) bumpstop tussen onderzijde van langsliggers (de chassisbalken) en de vering tijdens gewone rijomstandigheden in dit geval is er sprake van ingaande veerweg. In onderstaande afbeelding is de bumpstop boven op de veerbladen aangebracht, deze kan ook aan de onderzijde van de langsliggers gemonteerd zijn. In onderstaand voorbeeld bedraagt de veerweg zo'n 8 cm, duidelijk is echter de afdruk (zie gele pijl) op de onderzijde van de langsliggers te zien. Een uitgaande veerweg treedt op indien de vering ontlast wordt, het wiel zakt ten opzichte van de langsliggers omlaag; in geval van een starre as is er in dit geval sprake van vermindering van de wioldruk, de kans op slippen neemt toe.



Afb.: Veerweg tussen bumpstop en langsligger. Bron: M. Krol, Brandweer Nunspeet.

Bij geringe veerweg is niet alleen het risico op tractieverlies groter doordat veren, en daarmee de wielen, de oneffenheden in het terrein niet meer kunnen volgen. Een te geringe veerweg veroorzaakt bonken van de as tegen de bumpstop en grotere torsiebelastingen op het voertuig doordat de veerkrachten voortijdig worden overgebracht op het chassis,

Torderen van het chassis

Aanliggen van de bumpstop tegen de langsligger door excentrische belasting veroorzaakt torderen van het chassis indien op het wiel uitgeoefende verticale kracht groter is dan hetgeen door vering verwerkt kan worden.

Bedrijfswagenchassis' zijn geconstrueerd op een beperkte torsievrijheid. Bij zwaar belaste voertuigen wordt het chassis verstevigd om torderen van het chassis zoveel mogelijk te beperken. De verstevigingen kunnen bestaan uit:

- Hogere langsliggers
- Meer dwarsbalken (traverses) tussen de langsliggers monteren, eventueel met aangepaste vorm
- Extra verstevigingen (inliners) in de langsliggers monteren; lokaal (op zwaar belaste locaties) of doorlopend (over de volledige lengte van de langsliggers).

Te veel torsievrijheid in een chassis veroorzaakt overmatige mechanische belasting op het hulpraam (subframe) en opbouw met op termijn risico op scheurvorming in de bluswatertank en opbouw delen, niet sluiten of openen van rolluiken en luiken enz. Een praktische en eenvoudig uitvoerbare torsietest (verificatie) is opgenomen in NEN-EN 1846 – 2 in §3.9 cross-axle capability en §5.2.1.3 Dynamic Performances: cross axle capability.



Afb.: Torderen van een chassis. Bron: IFV



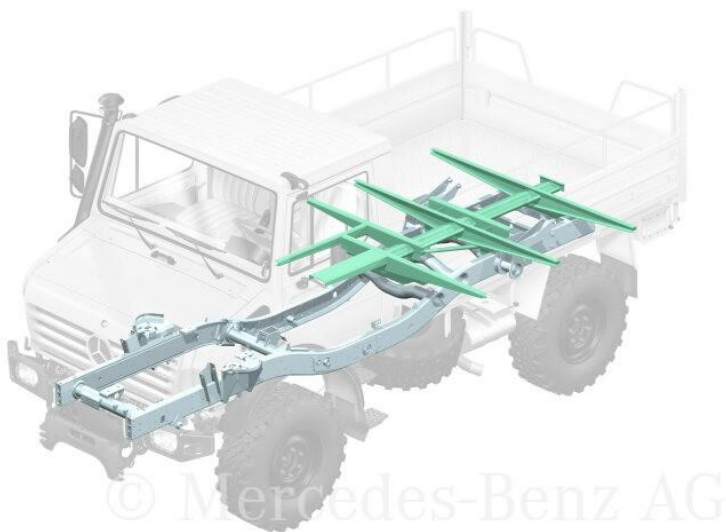
Afb.: Binnenversterking (inliners) in langsliggers Bron: Sutphen Fire Trucks

Traverses worden tussen langsliggers op de locaties aangebracht waar de zwaarste belastingen uitgeoefend worden; dit kunnen torsiegevoelige locaties zijn (doorgaans in de omgeving van de versnellingsbak) maar ook locaties waar grote buigkrachten uitgeoefend worden op het chassis, bijvoorbeeld in de omgeving van de veerbevestigingen, versnellingsbaksteunen, brandstoftank en accubak. Zie hiervoor afbeelding van het 4 x 2 bedrijfswagenchassis op pag. 13.

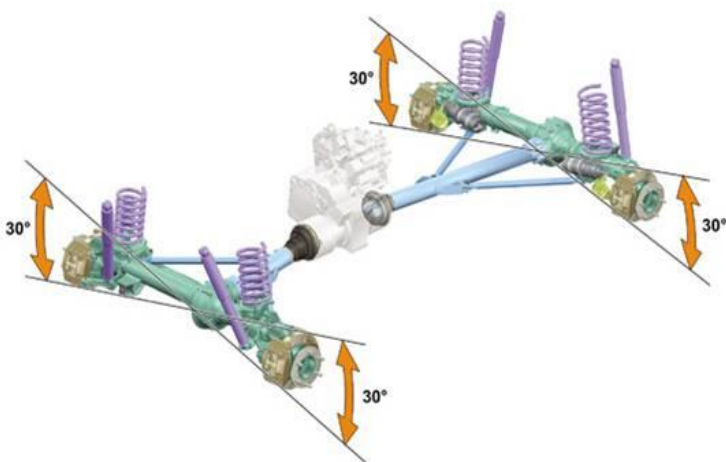
Een manier om de veerweg te vergroten is het toestaan van torsie in het chassis in de vorm van een berekende torsievrijheid. Hierna een voorbeeld van het toepassen van veel torsievrijheid, de UNIMOG:



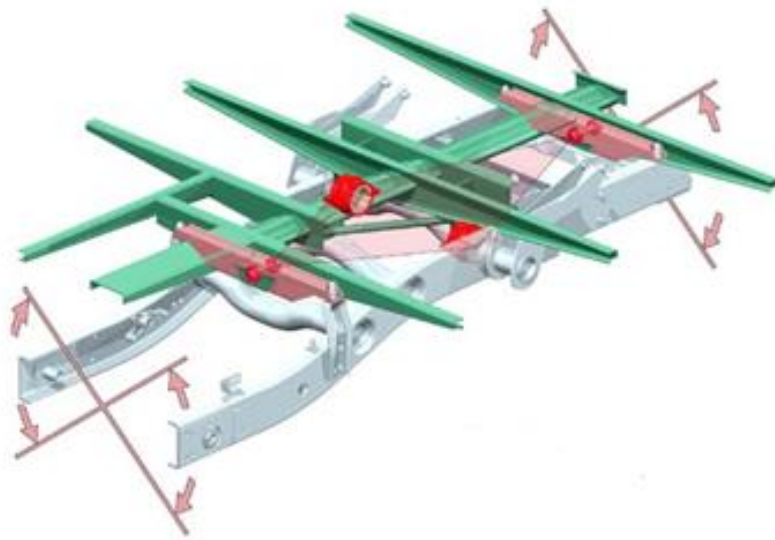
Afb.: UNIMOG, veerwegverlenging door ruime torsievrijheid in chassis. Bron: Mercedes Benz AG



Afb.: chassis van een UNIMOG, langsliggers en traverses in grijs, het subframe (dragende deel voor de laadbak) in groen. Bron: Mercedes Benz AG



Afb.: de veerweg van een UNIMOG, uitgedrukt in graden ashoek. Bron.: Mercedes Benz AG



Afb.: torsie in het chassis. Bron: Mercedes Benz AG

Het chassis van de UNIMOG is geconstrueerd op een grote torsievrijheid. Voorwaarde hierbij is echter de speciale bevestiging van de opbouw middels een dubbele driepuntsophanging (Torsionsrahmen), in voorgaande afbeelding in rood weergegeven) welke ervoor zorgdraagt dat de opbouw een beperkte mechanische belasting ondergaat door torsie in het chassis.

Een andere wijze van het vergroten van de veerweg is het toepassen van onafhankelijke wielophanging. Dit vraagt grote constructieve aanpassingen en wordt in bedrijfswagens, en daarmee ook brandweervoertuigen weinig toegepast. De tendens is echter wel stijgende door het verschijnen van het merk Tatra in Nederland. Tatra past een afwijkende chassisconstructie toe waarbij met name de aandrijflijn totaal afwijkt van gangbare constructies, hierover later meer. Door onafhankelijke wielophanging, mede mogelijk gemaakt door luchtvering toe te passen, kan de veerweg voor grote bedrijfswagentoepassingen bijzonder lang worden waarbij het dragende gedeelte voor de opbouw beperkte mechanische (torsie-)belasting ondergaat. In dit geval blijft de wieldruk gedurende in- en uitgaande veerweg zodanig binnen proporties dat tractie gehandhaafd blijft en slip daardoor alleen in extremiteiten optreedt. Voor de bevestiging van de opbouw wordt gebruik gemaakt van een dragende langsliggerstructuur welke middels traverses boven op de aandrijflijn gemonteerd is. Hiermee wijkt dit chassis ook af van gangbare bedrijfswagenchassis' waar de assen via de vering aan het chassis bevestigd zijn, zie voor beide uitvoeringen de volgende afbeeldingen:



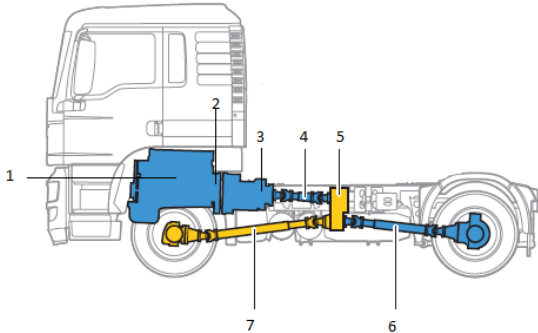
Afb.: 4x2 Bedrijfswagenchassis, de vering en assen zijn rood gemarkeerd. Bron: Daimler Trucks United States



Afb.: Tatra 6x6 bedrijfswagenchassis, de langsliggers t.b.v. opbouwmontage boven op de buisvormige aandrijflijn, de luchtbalgen t.b.v. vering zijn binnen de langsliggerstructuur aangebracht i.p.v. onder of aan de buitenzijde naast langsliggers. De langsliggerstructuur dient hierbij hoofdzakelijk voor het dragen van de opbouw, de torsiekrachten worden verwerkt door de onafhankelijke wielophanging. Voor dit type chassis is het niet ondenkbaar dat een subframe achterwege kan blijven.

4 Aandrijving

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



Bron: MAN Truck & Bus

Hierin is:

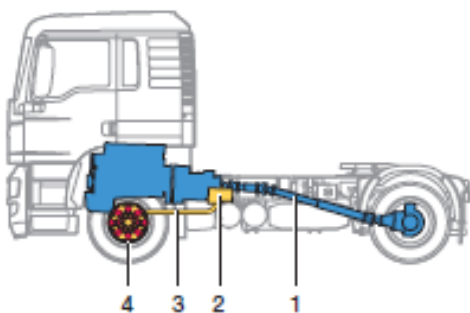
- 1: Aandrijfmotor
- 2: Koppeling
- 3: Versnellingsbak
- 4: Aandrijftras
- 5: Verdeelbak
- 6: Cardanas naar achteras
- 7: Cardanas naar vooras

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

- Bospaden en zandwegen (Cat. **2** Rural in NEN-EN 1846)
- 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: Aandrijving op de vooras zonder de nadelen van traditionele mechanische voorwielaandrijving, zoals hoger chassis, een grotere draaicirkel, grotere 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.



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

Hierin is:

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

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 aandrijfkraften op de wielen. De aandrijfkraften zijn reeds beschikbaar bij stilstand, een differentiële werking is beschikbaar; 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 wordt geactiveerd per knopdruk door de chauffeur. Een goede bandenkeuze vervolmaakt het systeem. Het systeem heeft een vermogensbehoefte welke door de dieselmotor ingevuld moet worden, deze is per soort/merk hydraulische aandrijving verschillend. Indien een voertuig rijdend moet kunnen blussen zal om die reden bij toepassing van hydraulische voorwielaandrijving rekening moeten worden gehouden met extra vermogensafname hiervoor, naast het benodigde vermogen voor de conventionele aandrijving alsmede de bluspomp. De velgdiameter bedraagt minimaal 22" ten behoeve van de wielnaafmotoren en dat is voldoende voor het realiseren van enige bodemvrijheid.

Er zijn meerdere systemen aan hydraulische voorwielaandrijving beschikbaar, let bij het maken van een keuze op te realiseren aandrijfkraften 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.

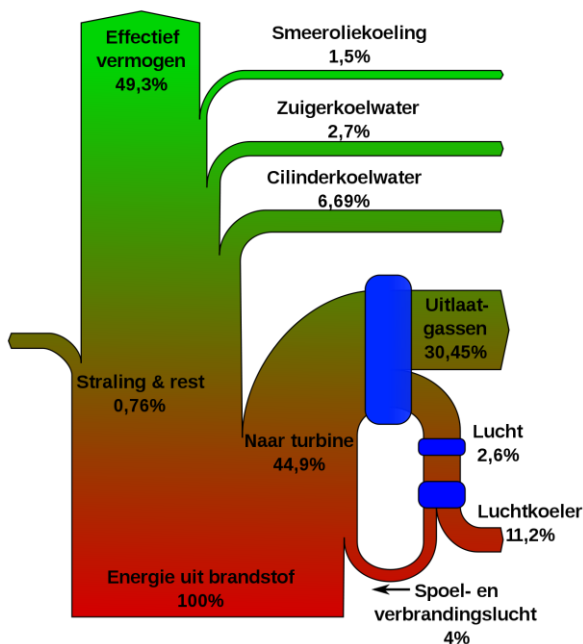
In omgeving 3 gaan diverse onderwerpen binnen terreinwaardigheid een rol spelen om het voertuig niet te overbelasten dan wel te constateren dat het voertuig niet aan de verwachtingen voldoet inzake terreinwaardigheid. In beeld komen hierbij, naast bodemvrijheid en veerweg:

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

Toelichting:

Motorprestaties

Aan de motorprestaties moet aandacht worden besteed met betrekking tot het motorkoppel en koeling. Terreinrijden vereist veel kracht (in Newtons [N]), deze kracht wordt door de aandrijfmotor opgewekt en via de aandrijflijn en banden omgezet in tractie en daarmee voertuigsnellheid. Er dient aandacht voor koeling te zijn; omdat terreinrijden veel energie (brandstof) vereist wordt deze energie ook 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 andere 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 aanwezigheid van een manschappencabine heeft de opgewarmde koellucht na de radiator en intercooler niet meer de vrije doorgang onder de cabine die het bij een korte vrachtwagencabine wel heeft. Dit levert opwarming van de cabinebodem op, voor en achter. Daarnaast worden uitlaatpakketten niet afzonderlijk gekoeld en daarmee staan deze de warmte aan de directe omgeving af, waarmee de cabine vloer van de manschappencabine thermisch zwaarder belast wordt. Het is daarmee wenselijk om bij een offerteaanvraag van een cat. 3 voertuig de aanbieders te laten verklaren hoe hier mee omgegaan wordt. Overigens speelt dit ook bij andere TSsen maar door hoger energieverbruik en daardoor grotere warmteontwikkeling tijdens terreinrijden en vraagt dit meer aandacht. Het is ook niet ondenkbaar dat het uitlaatpakket de ontstekingsbron voor de 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

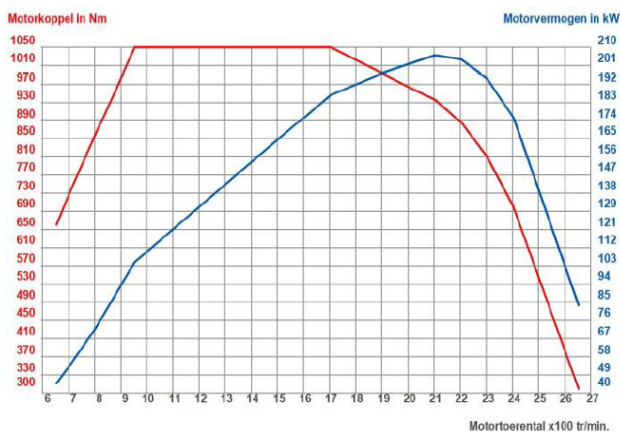
Motorkoppel (T) : 1050 Nm

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

Over het toepassen van informatie uit vermogens- en koppelgrafieken later meer.

Koppeling

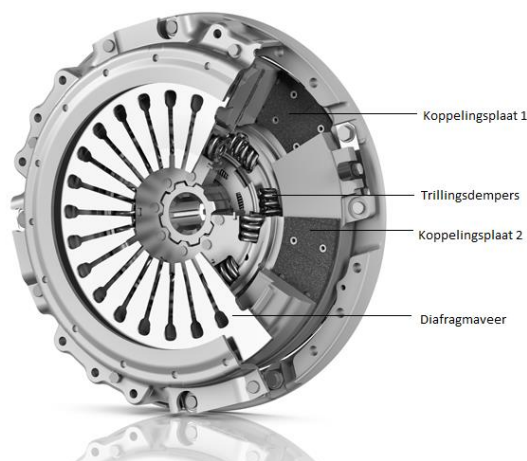
Bij terreingangende voertuigen worden drie types koppelingen toegepast:

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

Enkelvoudige plaatkoppeling



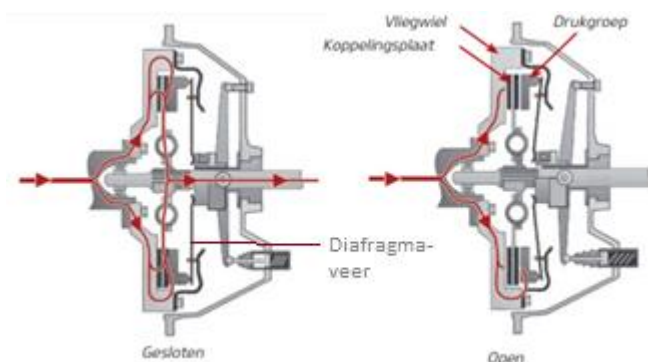
Afb.: Enkelvoudige plaatkoppeling met drukgroep en –lager Bron: ZF Traxon



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 diafragma-veer ontlast waardoor de koppelingsplaat tegen het vliegwiel gedrukt wordt. Bij belaste diafragma-veer wordt de koppelingsplaat dus



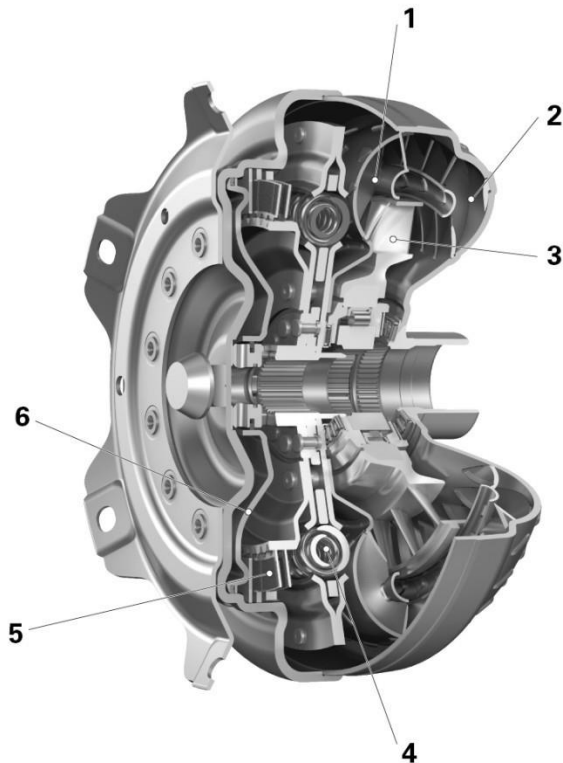
Afb.: Openen en sluiten enkelvoudige plaatkoppeling. Bron.: KIA

losgekoppeld van het vliegwiel en wordt de aandrijving onderbroken. Bij terreinwaardige voertuig wordt deze nog toegepast, echter alleen bij automatisch schakelende versnellingsbakken en bij een enkele handgeschakeld 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 terreinrijden 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.

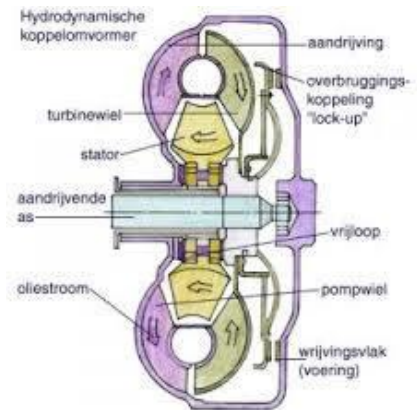
Koppelomvormer



Afb.: Koppelomvormer met lockup. Bron: ZF

Hierin is:

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

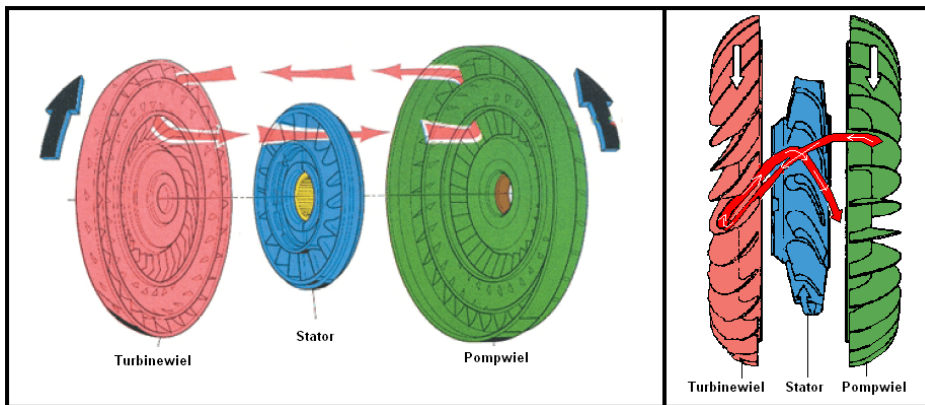


Afb.: Vloeistofstroom in koppelomvormer

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 lockup 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.



Afb. Krachtoverbrenging koppelvormer. Bron: MVW Autotechniek

De koppelvormer functioneert bij bedrijfswagenchassis' alleen in de eerste twee versnellingen om soepel wegrijden te realiseren. In de derde versnelling treedt de lockup 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 bij terreinrijden en dit wordt als comfortabel ervaren door voertuigbemanning, met name bij terreinrijden.

In opkomst zijn de automatisch schakelende versnellingsbakken, ook voor terreinwaardige voertuigen. De bediening van de enkelvoudige en dubbele plaatkoppelingen bij deze versnellingsbakken zijn zodanig in te regelen dat er geen functioneel nadeel meer hoeft te bestaan ten opzichte van koppelvormers/automatische versnellingsbakken. Hiervoor is software ontwikkeld die het mogelijk maakt om (ont-)koppelen zonder of met zeer beperkte slip onder zware mechanische belastingen toe te staan. Om deze reden worden deze ook toegepast bij chassis' welke voor terreinrijden ontworpen zijn.

Versnellingsbak

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 vergroot worden door de tandwieloverbrengingen zodat de motor in ieder snelheidsbereik in het optimale toerengebied kan functioneren en uitlaatemissies beperkt blijven tot een aanvaardbaar niveau voor nabehandeling in het uitlaatkpakket.

We kennen, constructief gezien, twee soorten versnellingsbakken:

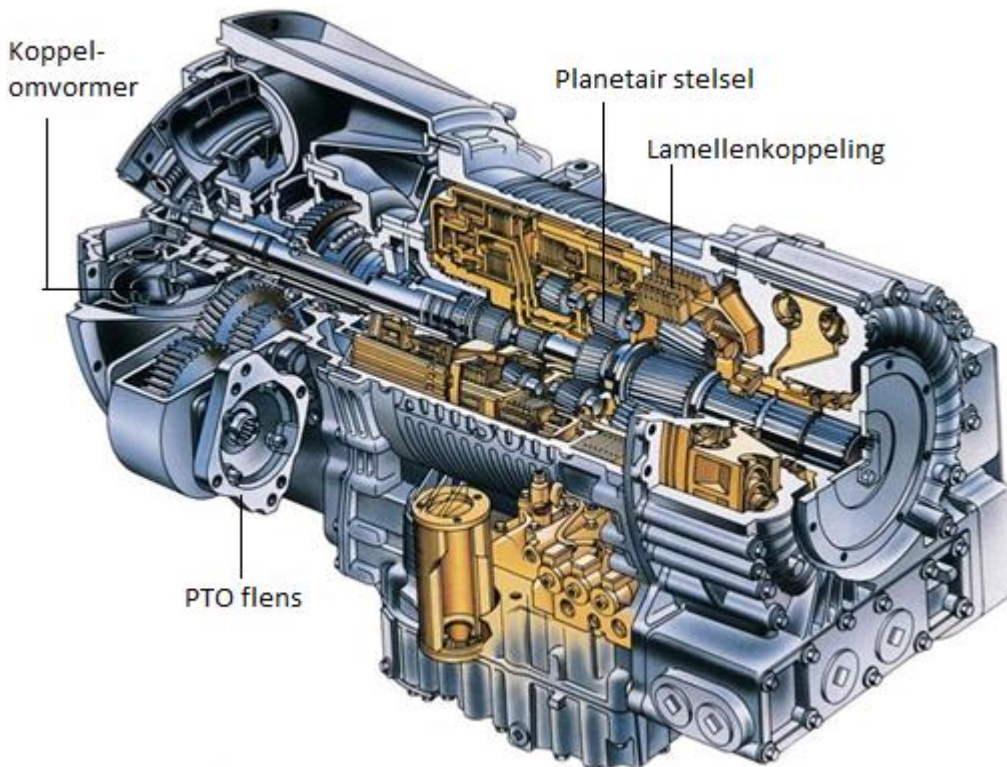
- Geschakelde versnellingsbakken, al dan niet zelfstandig (geautomatiseerd of gerobotiseerd) schakelend
- Automatische versnellingsbakken

De (hand-)geschakelde versnellingsbak is al sinds het begin van de automobiellndustrie 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 o.a. bij terreinrijden het snelheidsverval te groot was en voertuigen tijdens terreinrijden strandden om vervolgens weer opnieuw snelheid op te moeten bouwen, 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. Eèn 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 reductie oplevert, of dit ook tijdens terreinrijden (off road) werkt is nog een vraagteken. 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:



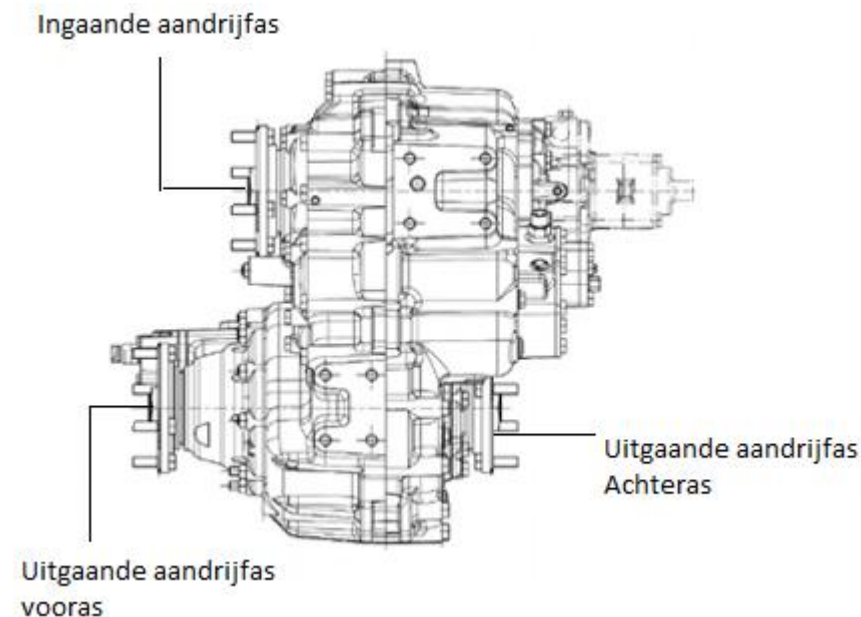
Afb.: Geschakelde (geautomatiseerde AS-Tronic-) versnellingsbak. Bron: ZF



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 de keuze van overbrenging zijn ook meerdere sets lamellenkoppelingen aanwezig om schakelen onder last mogelijk te maken. Het geheel wordt elektro-hydraulisch aangestuurd. Op de bovenstaande afbeelding zijn ook nog de koppelomvormer en een PTO-locatie te zien.

Verdeelbak



Afb.: Verdeelbak. Bron: onbekend

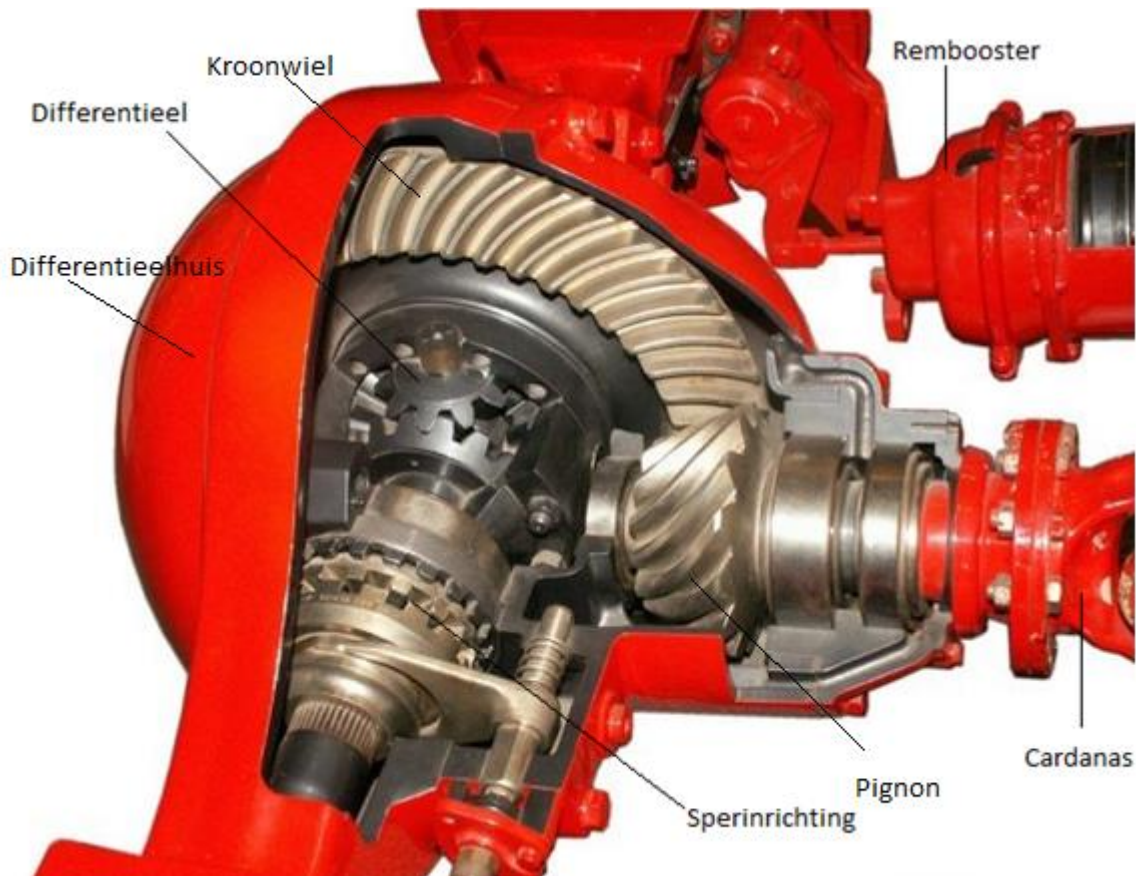
De verdeelbak, ook wel tussenbak of transfer case genoemd, verdeelt bij voertuigen met aangedreven voorassen, de aandrijfkrachten vanaf de versnellingsbak naar de voor- en achteras(-sen). Dit betreft de primaire taak, secundair kan er nog een inschakelbare terreinreductie in de vorm van een extra tandwieloverbrening in de verdeelbak aanwezig zijn; dit ter koppelveermeerdering met een snelheidsreductie tot gevolg. Overbrengverhoudingen in deze kunnen bijvoorbeeld 0,75 : 1 voor verharde wegen zijn en 1,5 : 1 voor terreinrijden.

Daarnaast is er ook nog een differentieel aanwezig om bij ingeschakelde voorwielaandrijving toerentalverschillen tussen de uitgaande assen op te vangen. Deze langssperinrichting bevindt zich ook in de verdeelbak, deze blokkeert de differentieelwerking tussen voor- en achteras waardoor toerentalverschillen in de aandrijflijn naar voor- en achteras niet meer mogelijk zijn. Enkele verdeelbakken zijn voorzien van een PTO-montageflens hetgeen voordelen kan bieden bij TST-NB's welke voorzien worden van een bosbrandpomp.

Bij de keuze voor een aandrijflijn is het belangrijk om het inzetgebied te kennen: wordt er veel in (mul) zand en op heide gereden of blijft het tot bospaden e.d. beperkt? Bij enkele verdeelbakken bestaat de mogelijkheid om vóór aanschaf van het voertuig een verdeling in aandrijfkrachten naar de voor- en achteras te kiezen, dit mogelijk gemaakt door een planetair stelsel in de verdeelbak. Indien de keuzemogelijkheid bestaat zijn de verhoudingen in aandrijfkrachten naar de voor- en achteras bijvoorbeeld 30% - 70% of 50% - 50%. Bij frequent rijden in (mul) zand en heide wordt geadviseerd om een verdeling van 50% - 50% te kiezen, in overige gevallen volstaat de verdeling 30% - 70%. De achtergrond hiervan is dat bij rijden in mul zand bij een onevenredige verdeling van aandrijfkrachten bij voertuigen, zeker bij hoge motorvermogens, eerder leidt tot ingraven van de achteras vanwege grotere toegevoerde aandrijfkrachten. Indien het voertuig hierdoor vastgereden is, is dit zichtbaar door toerentalverschil (vooras/achteras) tussen de doordraaiende wielen. Bij gelijkmatige verdeling van aandrijfkrachten over voor- en achteras(-sen) zijn de veiligheidsmarges in deze groter.

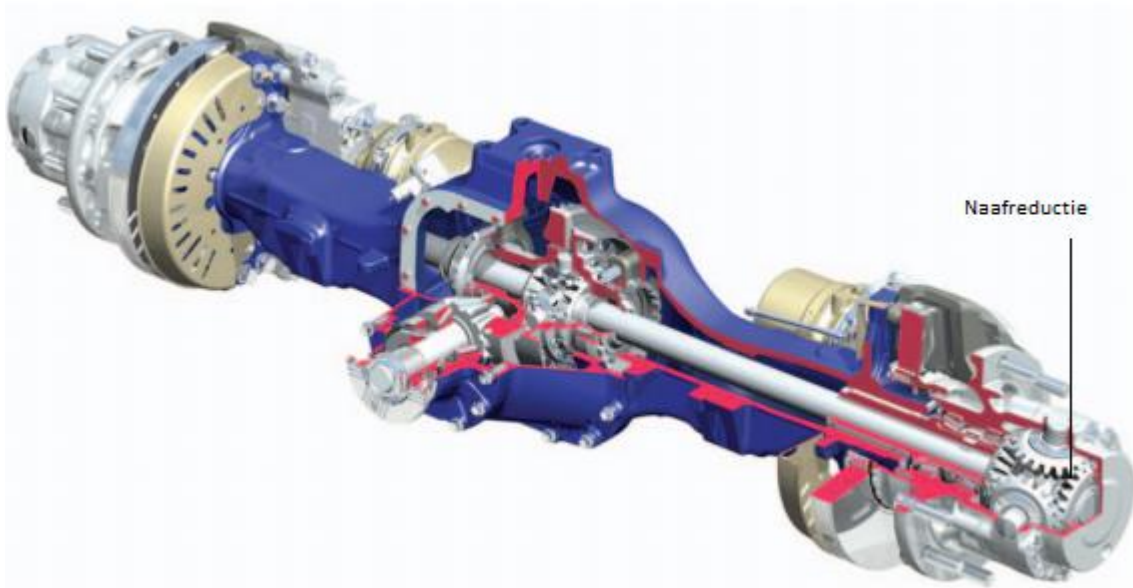
Voor- en achteras

Naast de voertuigdragende functie dienen aangedreven assen zorg te dragen voor verdeling van aandrijfkrachten naar de wielen. Hiertoe is een differentieel gemonteerd dat toerentalverschillen tussen de wielen, ontstaan door radiusverschillen tussen binnen en buitenbochten, kan verwerken. Deze differentieelwerking kan geblokkeerd worden door een sperinrichting welke voorkomt dat bij tractieverlies bij een van de wielen de aandrijfkrachten de weg van de minste weerstand kiezen en naar het doordraaiende wiel gaan waarbij het andere wiel, met grip, niet van aandrijfkrachten wordt voorzien. Hierdoor zal het voertuig zich aan de zijde zonder grip gaan ingraven en is weggrijpen onmogelijk. De sperinrichting is bij vrachtwagenchassis' doorgaans uitgevoerd in de vorm van een klauwkoppeling met blokvertanding, zie de volgende afbeelding. De blokvertanding is ook de reden dat een sperinrichting alleen ingeschakeld mag worden indien er geen toerentalverschillen in tussen in- en uitgaande assen in het differentieel zijn, in de praktijk betekent dit inschakelen bij stilstaand voertuig. De sperinrichting wordt m.b.v. druklucht door de chauffeur ingeschakeld.



Afb.: Differentieel in achteras. Bron: onbekend

Naafreductie



Afb.: Volvo achteras voorzien van naafreductie. Bron: Volvo Trucks

Een manier om extra aandrijfkracht te genereren is het toepassen van naafreductie in de achteras. Hiertoe wordt aan de wielnaaf een extra tandwieloverbrenging gemonteerd.

Naafreducties kunnen worden toegepast om 3 redenen:

- Het verhogen van de aandrijfkrachten aan de wielomtrek
- Het reduceren van de omvang van het differentieelhuis
- Het verlagen van motortoerentallen

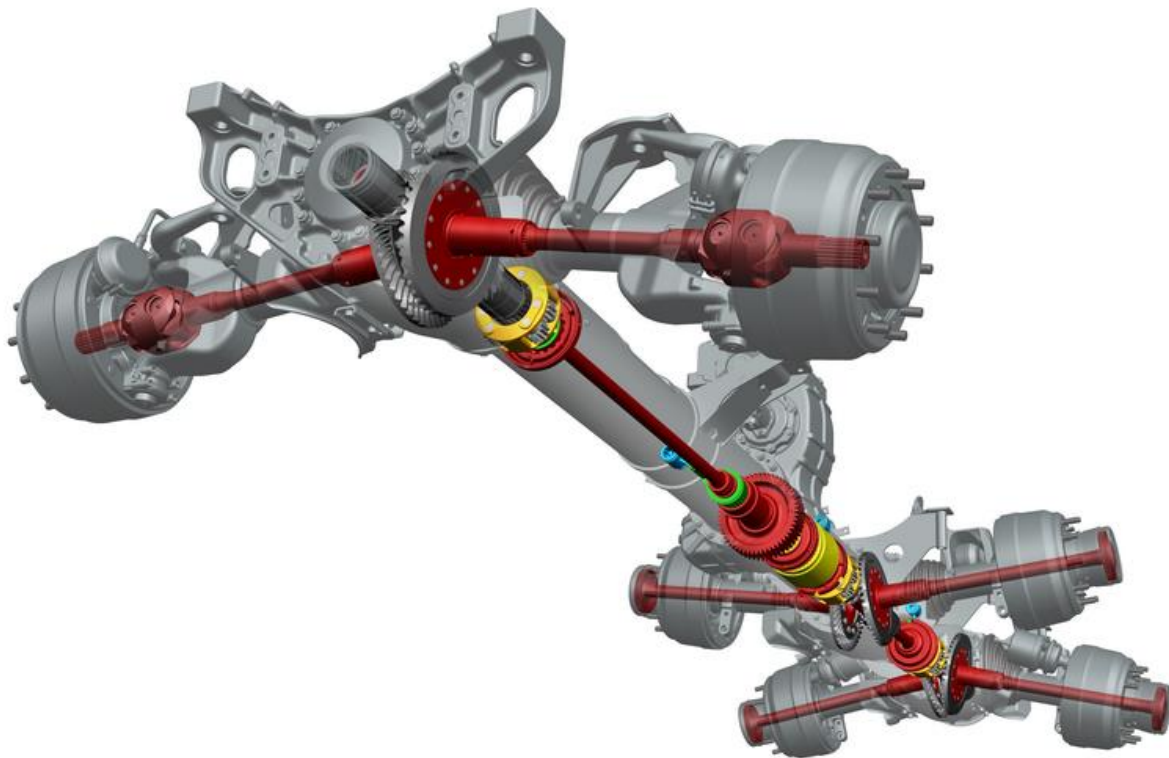
Om aandrijfkrachten aan de wielomtrek te vergroten wordt bij terreingangende voertuigen naafreductie toegepast. Een extra reductie betekent krachtsvermeerdering en dat is zeer welkom bij terreinrijden. De overbrengverhouding bedraagt doorgaans tussen de 1,5 à 2,0 : 1, de aandrijfkrachten worden daarmee met eenzelfde factor verhoogd.

Het kan ook mogelijk worden om door middel van het toepassen van naafreductie de omvang van het differentieelhuis te verkleinen, waardoor de bodemvrijheid onder de as vergroot wordt; dit kan toegepast worden om aan norm NEN-EN 1846 te voldoen. Door toepassen van naafreductie kan de overbrengverhouding in het differentieel zodanig gekozen worden dat het kroonwiel (bepalend voor de omvang van het differentieelhuis) met een kleinere diameter gekozen kan worden; de totale overbrengverhouding in de achteras kan hierdoor nagenoeg gelijk blijven.

Krachtvermeerdering kan ook toegepast worden om toerenreductie te realiseren; bij gelijkblijvende omtrekskrachten aan de wielen kunnen uiteindelijk motortoerentallen gereduceerd worden met verbruiks- en emissiewinsten als resultaat, zelfs bij rendementverlies door een extra tandwielenset (planetair stelsel) in de aandrijflijn.

Afwijkende aandrijflijn

Bij het merk Tatra wordt een afwijkende aandrijflijn toegepast, zie onderstaande afbeelding:



Afb.: Tatra 6x6 aandrijflijn met onafhankelijke wielophanging.

Dit kenmerkt zich door een grote veerweg, draaiende aandrijfcomponenten bevinden – van buitenaf niet zichtbaar – zich in een centrale buis (zg. ruggengraatchassis, toegepast sinds 1923) en in de assen, het toepassen van luchtvering en de torsiearme langsliggers bevinden zich boven op de aandrijflijnstempelen (zie afb. pag.14).

Voor brandweertoeepassingen biedt dit mogelijkheden in terreinvaardigheid door een meer bodemvrijheid onder assen omdat de differentieelhuisen minder prominent deel uit maken van de ashuizen. Daarnaast is de veerweg, door onafhankelijke wielophanging, zowel in- als uitgaand groter, mede door het gebruik van luchtvering. Hierdoor kunnen afzonderlijke wielen oneffenheden in terrein beter volgen hetgeen torsiebelasting op het chassisraam tot een minimum reduceert. Het gevolg van dit laatste is dat er geen wezenlijke torsiebelasting op de opbouw uitgeoefend wordt. Dit maakt het bijvoorbeeld vrij eenvoudig om afwijkende tankconstructies te ontwerpen welke voor een gunstiger zwaartepunt voor blusvoertuigen zorg kunnen dragen.

ADAS

Terreinvoertuigen zijn vrijgesteld van gebruik van een aantal ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), bijvoorbeeld AEBS en ESC; dit om onnodig ingrijpen ervan tijdens rijden in terrein te voorkomen. Ook is in een aantal voertuigen ABS uitschakelbaar.

5 Banden

Banden vormen voor terreinwaardige voertuigen een onderwerp om een goede overweging in te maken. Deze onderwerpen zijn:

Profielkeuze

Enkel- of dubbellucht

Bandaflaatsysteem

Profielkeuze

Bij verwerving van terreinwaardige voertuigen dient de keuze gemaakt te worden voor het profieltype dat het best bij inzetpatroon en –gebied past., dit resulteert doorgaans in een compromis. Een terreinwaardig voertuig is immers van banden te voorzien welke optimaal voldoet maar indien het voertuig 95% van de inzetten op verhard wegdek blijft is de keuze voor een band met terreinprofiel wellicht niet de meest logische. Op de volgende afbeelding A en B is een band te zien met een typisch terreinprofiel, in dit geval gemonteerd op een typisch terreinvoertuig: de UNIMOG. Afbeelding C toont een band met een compromis-profiel, zeer geschikt voor terrein- en straatgebruik.



Afb. A



Afb. B



Afb. C

Bron: Afb. A en B Mercedes Benz AG, afb. C: IFV

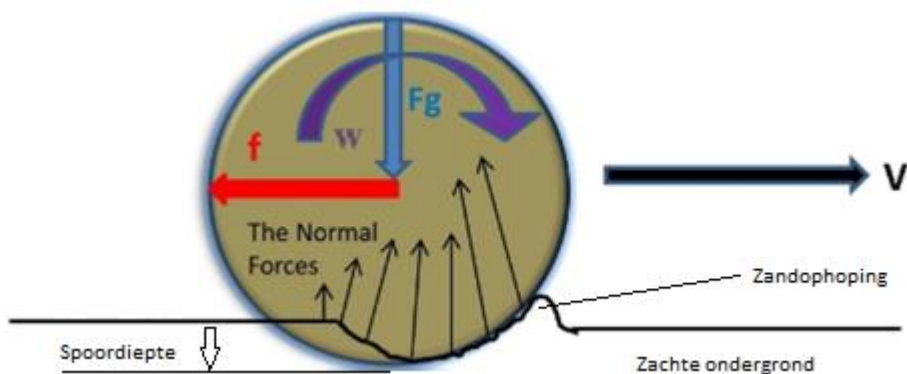
Net als bij de keuze voor enkellucht/dubbellucht dien er een goede afweging m.b.t. de profielkeuze van banden gemaakt te worden. In grote lijnen komen er drie mogelijkheden in beeld:

- All terrain banden, zie afb. A en B
- Banden voor beperkte terreininzet, zie afb. C
- Normaal (straat-)profiel

Er zijn zelfs toepassingen in terreinrijden denkbaar waarbij geen profiel op de banden wenselijk is, dit is afhankelijk van het type zandstructuur in het verzorgingsgebied, profielloos rijden is op de openbare weg echter niet wenselijk. Ook zijn er bandenprofielen beschikbaar welke specifieke voordelen bieden bij rijden in drassig terrein; deze voordelen leveren echter beperkingen op bij rijden op asfalt (beperkte grip, geluidsproductie en overmatige slijtage)

De keuze dient te worden gemaakt op basis van verwacht inzetpatroon, inzetgebied en gewenste voertuigeigenschappen (hoogte, wegligging e.d.). Adviezen van chassisleveranciers /bandenspecialisten kunnen per voertuigtype en verzorgingsgebied daarom verschillen.

Op voorgaande afbeelding A is te zien dat de band in mul zand een diep spoor in de bodem maakt. Dit diepe spoor veroorzaakt een grote rolweerstand, dit is het gevolg van het zg. bulldozeren: voor de band vormt zich een bultje zand waardoor het lijkt alsof het voertuig constant bergop rijdt. De mechanica hierachter is op onderstaande afbeelding te zien:



Bron : Onbekend

Hierin is:

Spoordiepte	: Diepte van het in het terrein achtergelaten spoor
Zandophoping	: Hoeveelheid zand die voor het wiel opgeworpen wordt
V	: Voorwaartse (aandrijf-) kracht van het wiel
f	: Rijweerstand door het ontstaan van de zandophoping
F_g	: Voertuiggewicht dat op het wiel drukt
Normal forces	: Normaalkrachten, de kracht van de ondergrond op het wiel
W	: Hoekverdraaiing van het wiel

Bij rijden op zachte ondergrond zal er een spoor getrokken worden, hiervoor wordt het gewicht F_g van het voertuig onder het wiel omgezet in het trekken van dit spoor en het opwerpen van zand voor het wiel. De mate van zand opwerken is afhankelijk van de structuur van de ondergrond en de bodemdruk (p). De bodemdruk is de relatie tussen het gewicht (F_g , zie voorgaande afbeelding) onder het betreffende wiel en het oppervlak (A) van het contactvlak band/ondergrond, in formulevorm: $p = F_g/A$ [N/cm²]; hierbij geldt: hoe groter de bodemdruk hoe dieper het spoor. Het gevolg hiervan: hoe dieper het spoor, hoe groter de zandophoping voor het wiel. De zandophoping veroorzaakt een rijweerstand (f), in de afbeelding middels de rode pijl weergegeven. Deze rijweerstand werkt tegengesteld aan de voorwaartse (aandrijf-) kracht van het wiel.

Voor de duidelijkheid: we kennen ook het begrip wioldruk, hieronder verstaan we het gewicht per wiel op een wegdek, uitgedrukt in kilo's, dit blijft hier buiten beeld.

In de afbeelding zijn ook de normaalkrachten aangegeven. De normaalkrachten zijn de krachten die de ondergrond op het wiel uitoefent om F_g op te vangen en zo een krachtsevenwicht te realiseren, het voertuig wordt immers "gedragen" door de ondergrond. Op verhard wegdek zou de normaalkracht gesymboliseerd worden door één pijl, in dezelfde grootte als F_g , maar wel in tegengestelde, dus verticale, richting; er is immers een krachtsevenwicht. Door de zandophoping voor het wiel worden vanuit meerdere en richtingen krachten op de band uitgeoefend, zoals in de afbeelding te zien is (Normal forces). Deze krachten zorgen voor meervoudige vervorming van de band op het contactvlak en bandwangen en vormen daarmee een extra rijweerstand (f) bij terreinrijden. Deze rijweerstand neemt ook af door bandenspanning te reduceren waardoor de inwerkhoek van de krachten verkleind worden door minder zandophoping voor de wielen.

Indien de rijweerstand (f) de grootte van de voorwaartse kracht (V) van het wiel benadert, dan gaat het voertuig hierdoor afremmen en uiteindelijk tot stilstand komen. Hierbij geldt nog de mogelijkheid dat de motor voldoende kracht kan produceren om draaien van het wiel in stand te houden maar de voertuigsnelheid afneemt; nu is tractieverlies ontstaan en gaat het wiel slippen c.q. ingraven. Voorwaartse kracht dient nu door de andere wielen overgebracht te worden maar hier neemt, met name op het andere voorwiel de rijweerstand ook toe met het hiervoor omschreven gevolg, de voertuig snelheid kan tot 0 dalen: het voertuig staat vast. Bij niet aangedreven voorwielen is de voorwaartse kracht V aanmerkelijk geringer, deze moet opgebracht worden door de achteras(-sen). De rijweerstand f op de vooras zal eerder de overhand krijgen waardoor de voertuigsnelheid afneemt, uiteindelijk kan het voertuig daardoor tot stilstand komen.

Er zijn twee mogelijkheden om bovenomschreven omstandigheden te beperken:

- A: Voertuigsnelheid verhogen
- B: Bandenspanning verlagen

Ad. A: Dit is in de praktijk niet wenselijk/werkbaar/haalbaar

Ad. B: Door bandenspanning te verlagen

Banden aflaten

Door verlagen van bandenspanning, ook wel banden aflaten genaamd, wordt het contactvlak band/ondergrond vergroot, zie afb. B op de vorige pagina, het gevolg hiervan is dat de bodemdruk afneemt en een minder diep spoor ontstaat.

Bandenspanning wordt verlaagd tot 3,5 à 4 bar waarbij er rekening mee gehouden moet worden dat voertuigsnelheden laag blijven om te voorkomen dat in bochten banden van de velg af rollen.

Banden aflaten kan door een voorziening hiertoe op het voertuig, een tire inflating system; afhankelijk van uitvoering kan dit systeem banden tijdens rijden aflaten en weer op een gewenste druk brengen en te bedienen vanaf het dashboard, zie onderstaande afbeelding links. De aanmerkelijk goedkopere variant is het monteren van een ventielblok waarbij een luchtleiding aan de bandenventielen wordt gekoppeld om de druk op de ingestelde waarde te brengen. Dit is bewerkelijker, vraagt tijd en functioneert alleen bij stilstaand voertuig.



Afb.: Voorbeeld van een centraal aflaatsysteem
Bron: TI Systems



Afb.: Voorbeeld van een aflaatsysteem met ventielenblok en luchtleidingen naar de bandenventielen.
Bron: TI Systems

Enkellucht/dubbellucht

Voor achterassen kan bij een aantal voertuigen gekozen worden voor èèn wiel per as-zijde (enkellucht) of twee wielen per as-zijde (dubbellucht). Vooral bij voertuigen welke zo goed als uitsluitend ingezet worden voor natuurbrandbestijding komt de keuze voor enkellucht voor. Het voordeel is tweeledig:

- vergroting van bodemvrijheid
- rijden in hetzelfde spoor als de voorwielen, waarbij de zandophoping voor de wielen niet meer voorkomt omdat het spoor al ingereden is hetgeen rijweerstand beperkt. In een aantal gevallen kan de voertuigbreedte hierdoor ook beperkt worden.

Nadelen zijn:

- Vergroting van de voertuigdynamic in bochten door verhoging van het zwaartepunt en meer bewegingsvrijheid door hogere, soepelere, bandwangen.
- Dubbelluchtbanden dragen door een groter contactoppervlak band/ondergrond zorg voor een lagere bodemdruk waardoor bandensporen niet zo diep in de bodem drukken en restschade door spoorvorming na inzet in terrein beperkt blijft.

6 Aandrijfkrachten

Door de motor geproduceerde aandrijfkrachten worden via de transmissie overgebracht naar het contactvlak band/ondergrond, bij voldoende tractie beweegt het voertuig dan de gewenste richting op. De hoeveelheid kracht die door het contactvlak op de ondergrond overgebracht kan worden dient in relatie te zijn tot het voertuiggewicht en is te berekenen. Hierbij geldt:

- Te weinig aandrijfkrachten : het voertuig kan stranden door te hoge rijweerstanden
- Te veel aandrijfkrachten : het voertuig heeft eerder kans op tractieverlies door slippende wielen en daarmee risico op stranden

Een goede balans hiertussen is bij terreinrijden dus wenselijk. Het berekenen van aandrijfkrachten kan gedaan worden door de leverancier, bijvoorbeeld in de aanbieding voor het voertuig, maar kan ook vrij eenvoudig zelf gedaan worden.

Benodigd zijn:

- Motorkoppel en -toerental
- Overbrengverhoudingen in versnellingsbak, verdeelbak en aangedreven assen
- Bandenmaat
- Wrijvingscoëfficiënt band/ondergrond

Brandweervoertuig type X, merk Y. Het max. motorkoppel bedraagt 1.500 Nm bij 1.200omw/min; omdat er niet meteen volgas gegeven wordt, is 750Nm de beginwaarde voor de trekkrachtberekening, zie hiervoor bijvoorbeeld de grafiek op pag. 17.

Het voertuig X is voorzien van een zelfstandig schakelende versnellingsbak met enkelvoudige plaatkoppeling, reducties tussen 6,85:1 en 0,75:1. De verdeelbak is voorzien van twee reducties: een wegreductie (0,75:1) en een terreinreductie (1,5:1), de koppelverdeling bedraagt 50% naar vooras, 50% naar achteras. De achterasreductie is 4,5:1, de naafreductie bedraagt 1,5:1. De bandenmaat is 315/70 R 22,5. Het voertuiggewicht 18t waarbij de voorasbelasting 6,0 t bedraagt.

Berekening:

De maximale krachtoverbrenging geschiedt in de eerste versnelling met de (kortste) reductie, het maximale koppel aan de uitgaande as van de versnellingsbak bedraagt dan $750 \text{ Nm} \times 6,85 = 5.138 \text{ Nm}$.

Dit is dus het ingaande koppel aan de verdeelbak. In de verdeelbak is de terreinreductie actief, de reductie hiervan bedraagt 1,5:1. Het te verdelen koppel bedraagt dan $5.138 \times 1,5 = 7.707 \text{ Nm}$.

Dit koppel wordt voor over voor- en achteras verdeeld, ieder voor de helft. De assen worden daarmee met $7.707 \text{ Nm} : 2 = 3.854 \text{ Nm}$ aangedreven.

In de achteras wordt middels differentieelreductie 4,5:1 het aandrijfkoppel vermeerderd naar $3.854 \text{ Nm} \times 4,5 = 17.343 \text{ Nm}$. Daarna vindt in het differentieel de verdeling links/rechts plaats, ieder wiel ontvangt een aandrijfkoppel van $17.343 \text{ Nm} : 2 = 8.672 \text{ Nm}$.

Indien het voertuig is voorzien van een naafreductie wordt de aandrijfkracht nog eens met factor 1,5 vermeerderd; $8.672 \times 1,5 = 13.008 \text{ Nm}$. Dit is aan hart achteras, dit aandrijfkoppel wordt door de wielstraal omgezet naar de uiteindelijke aandrijfkracht aan de bandomtrek. Om deze te berekenen wordt de bandenmaat omgezet in wielstraal:

De velgdiameter is 22,5 inch hetgeen overeenkomt met $2,54 \text{ cm} (1 \text{ inch}) \times 22,5 = 57,2 \text{ cm}$. De straal is de halve diameter en daarmee is de straal van de velg $57,2 : 2 = 28,6 \text{ cm} \approx 0,286 \text{ m}$. De bandwanghoogte is te berekenen middels de bandenmaat: 315 staat voor de loopvlakbreedte en 70 in de bandenmaat geeft aan dat de wanghoogte 70% van de loopvlakbreedte bedraagt. Hiermee is de wanghoogte $315 \times 0,70 \approx 221 \text{ mm} = 0,221 \text{ m}$. De wielstraal is daarmee $0,286 + 0,221 \approx 0,51 \text{ m}$

Het aandrijfkoppel aan hart achteras kan nu omgezet worden naar aandrijfkracht aan de wielomtrek: $13.008 \text{ Nm} : 0,5 \text{ m} = 25.506 \text{ N}$.

Hoeveel er van deze aandrijfkracht overgebracht kan worden naar de ondergrond is afhankelijk van de wioldruk (lees: het gewicht op een wiel), de soort van de ondergrond en keuze van het bandenprofiel. De combinatie van soort ondergrond en bandenprofiel levert een wrijvingscoëfficiënt μ op, voor mul zand is dit $\approx 0,25$. Indien de vooraslast 6,0 t bedraagt, is de last per wiel 3,0 t. De formule voor het berekenen van de maximaal over te brengen kracht is $F = m \cdot g \cdot \mu$, de berekening: $3.000 \cdot 9,81 \cdot 0,25 = 7.358 \text{ N}$.

Er is dus een krachtoverschot aanwezig van $25.506 - 7.358 = 18.148\text{N}$ en dit aan èèn voorwiel. Normaal zou dit wiel gaan slippen maar nu wordt dit overschot in deze omstandigheden voornamelijk gebruikt om de rolweerstand (ontstaan door o.a. bulldozeren, zie toelichting pag. 26) en een eventuele hellingsweerstand te overtreffen. Onder deze omstandigheid is het dus niet handig om te veel gas te geven; de kunst bestaat er voor de chauffeur uit om aan te voelen bij welk motortoerental de wielen door gaan draaien en daar net onder te blijven. Daarnaast bestaat nog de mogelijkheid om een hogere versnelling te kiezen en krachtoverschot om te zetten in voertuigsnelheid.

Dat terreinrijden met een voertuig veel aandrijfkraften vraagt, blijkt ook uit hoog brandstofverbruik en opwarming van de motor, uitlaat en aandrijflijn, en gebrek aan rijwind door de lage snelheden. Aandacht voor koeling is dus op zijn plaats.

Ter vergelijking: De wrijvingscoëfficiënt band/wegdek op asfalt bedraagt $\approx 0,65$; de maximaal overbrengbare kracht op èèn voorwiel bedraagt dan $3.000 * 9,81 * 0,65 = 19.130\text{N}$. Het krachtoverschot is nu $25.506 - 19.130\text{ N} = 4.959\text{N}$; in theorie bestaat nu de kans op slippen, in de praktijk wordt dit geringe overschot voor het grootste deel omgezet in vervorming van de band.

Bij terreingangende blusvoertuigen mag bij voorgaande berekening nooit uitgegaan worden van het maximale motorkoppel uit de motorspecificaties, een deel van het motorkoppel is benodigd voor aandrijving van de pomp via de PTO en daarmee afhankelijk van de gevraagde pompprestaties tijdens de inzet. Indien een voertuig is voorzien van een volautomatische versnellingsbak met koppelomvormer vertoont het koppelverloop in de eerste en tweede versnelling andere kenmerken doordat in die versnellingen de lock-up niet geactiveerd is. In deze vraagt de berekening van de aandrijfkraften maatwerk, de rekenmethodiek blijft echter conform de berekening bij een mechanische versnellingsbak.

7 Gewichtsverdeling

In het voorgaande hoofdstuk kwamen aslasten in beeld binnen het kader van over te brengen aandrijfkraften op de ondergrond. Een correcte verdeling van het voertuiggewicht over voor- en achterassen is daarbij van belang, naast het belang ervan in relatie tot voertuigstabiliteit tijdens rijden. Een over- of onderbelaste vooras beperkt de over te brengen kracht op de voorwielen waarbij een overbelaste vooras kan leiden tot torderen en breuk van steekassen, een onderbelaste vooras leidt tot slip op de voorwielen. Daarnaast wordt voertuigstabiliteit in grote mate beperkt. De ideale gewichtsverdeling bij bedrijfswagens wordt uitgedrukt in de verhouding $\frac{1}{3} : \frac{2}{3}$; van het totale voertuiggewicht wordt $\frac{1}{3}$ door de vooras gedragen en $\frac{2}{3}$ door de achteras(-sen), hierbij is enige marge echter wel voorhanden. Voor speciale voertuigen, zoals CCFM's, is een gewichtsverdeling welke meer naar de verdeling vooras $\frac{1}{2} : \text{achteras } \frac{1}{2}$ neigt gangbaar, hierover dient goed overleg met de voertuigleverancier plaats te vinden.

In het bijzonder bij terreinwaardige brandweervoertuigen kan de gewichtsverdeling kritisch zijn, mede veroorzaakt door de korte wielbasis (afstand tussen hartlijn vooras en hartlijn achteras). Het specifieke ontwerp van, bijvoorbeeld, een TS 4 x 4 levert vaak een hoge achterasbelasting (in combinatie met een hoog gelegen zwaartepunt, zie hiervoor de toelichting op pag.8) en daarbij vaak een lage voorasbelasting op. Oorzaak: het zwaartepunt van de opbouw (met inventaris en bluswatervoorraad tot 4.000kg), bevindt zich bijna altijd direct boven de achteras. Om die reden is het toe laten voegen van een gewichtsberekening aan de voertuigofferte van belang, veel belangrijker is echter de verificatie ervan, voorafgaand aan de oplevering. Wegen van het voertuig dient een vast onderdeel van de voertuigverificatie te zijn, hierbij ook rekening houden met individuele aslast over- en onderschrijdingen, wegen dient dus ook per as te geschieden.

Verificatie dient uitgevoerd te worden met volle bluswatertank, volledige bepakking en (evt. gesimuleerde) bemanning.

Ter overweging: een onjuiste gewichtsverdeling kan remwegverlengend zijn, onderstuur opleveren en bij uitwijkmanoeuvres tot zeer gevaarlijke voertuigreacties (=weggedrag) leiden.

8 Bescherming voertuigen

ROPS

Volgens norm NEN-EN 1846-2 dienen voertuigen uit categorie 3 (all terrain) voorzien te zijn van een Roll Over Protection System (ROPS), tenzij de voertuigfabrikant of –leverancier aantoonbaar maakt dat op basis van door de gebruiker opgegeven gebruiksomstandigheden het risico op kantelen niet significant aanwezig is. In de praktijk houdt een ROPS een complex systeem van buizen in welke binnen en/of buiten de cabine aangebracht zijn. Het doel van het ROPS is om de voertuigbemanning te beschermen tegen het over de kop gaan van het voertuig op steile hellingen. ROPS biedt weinig tot geen bescherming bij kantelen tenzij voertuigsnelheid en/of een obstakel hierbij een rol spelen. ROPS werkt sterk kostenverhogend en beperkt de binnenruimte voor inzittenden.

In ECE R29 is de crashbestendigheid van vrachtwagencabines geregeld. Wat in de jaren '80 zijn intrede vond als Zweedse crashtest is geëvolueerd tot de derde versie van ECE R29 met als gevolg dat de constructie van vrachtwagencabines door de huidige, derde, versie van ECE R29 grofweg met factor 2 verstevigd is ten opzichte van de vorige versie. De testmethodiek is meer praktijkgericht geworden door onder meer een inslagbelasting schuin (± 45) op de zijkant van het cabinedak. E.e.a. resulteert in een aanmerkelijk stijvere cabine en daarmee een betere bescherming. Om deze reden wijzigt in de toekomst het ROPS binnen NEN-EN 1846-2 van een verplichte aanwezigheid (tenzij aantoonbaar overbodig) naar een optie.



Afb.: ROPS in een TS-BT. Bron: IFV

Carterbescherming

Bij een groot aantal terreingangende voertuigen wordt carterbescherming toegepast. Deze heeft tot doel om de onderzijde van motor en versnellingsbak te beschermen tegen zand en inslag door bodemoneffenheden. Er zijn twee versies in gebruik: een glijplaat-versie (meest toegepast) en een open buizenconstructie. Naast de beschermende functie biedt de glijplaat ook mogelijkheid om bij terreinrijden de rijweerstand te verminderen door in sporen of mul zand over de ondergrond te glijden, “happen” in de ondergrond wordt hiermee beperkt /voorkomen. Bij het beschrijven van glijplaten kan worden gelet op:

- Robuustheid, voor vrachtwagenchassis' kan de glijplaat wel enkele mm's dik zijn
- De glijplaat mag de toegang tot de onderzijde van de motor niet verhinderen, de glijplaat dient daarom eenvoudig demontabel of scharnierend aangebracht te zijn
- Zand moet eenvoudig te verwijderen (blazen, spuiten) dan wel zelflossend zijn
- Bij grotere oppervlaktes moet resonantie voorkomen worden
- De glijplaat mag de bodemvrijheid niet beperken en de oploophoek niet verkleinen.

Leidingen

Lucht- en waterleidingen alsmede elektrische kabels en verbindingen dienen beschermd te worden tegen warmte welke door het voertuig zelf geproduceerd wordt en warmte uit de omgeving. Bij terreinrijden wordt veel energie (lees: brandstof) verbruikt welke omgezet wordt in af te voeren warmte. Lage rijsnelheden bij hoog energieverbruik dragen zorg voor opwarming van de omgeving van warme delen waarbij deze warmte niet eenvoudig af te voeren is, o.a. door gebrek aan rijwind. Het voertuig warmt daardoor op diverse locaties op. Voorbeelden hiervan zijn de directe omgeving van het uitlaatpakket en de directe motoromgeving. Toepassing van hitteschilden en ommanteling van lucht- en waterleidingen kunnen, mits goed aangebracht, voldoende bescherming bieden.



Afb.: Ommanteling van bekabeling en leidingen middels rode siliconenmantels. Afb.: IFV

Cabinebescherming

Het kan wenselijk zijn om de voertuigcabine te beschermen bij het rijden tussen bomen en struiken. Voorzieningen zoals afgebeeld op de pagina's 6 en 7 kunnen op verschillende manieren volstaan in de behoefte aan bescherming tegen mechanische weerstanden. Indien te verwachten valt dat bij een inzet over/door struikgewas gereden moet worden en kleine bomen geen obstakel voor blusvoertuigen mogen vormen is een cabinebescherming in de vorm van een bull-bar of een stevige stalen bumper een logischer oplossing dan een voorziening welke enkel takken van de cabine weghoudt. Hierbij dient ook rekening gehouden te worden met een robuuste bescherming van een bumpermonitor.

Nozzles

Nozzles zijn in diverse uitvoeringen leverbaar, elk met een eigen straalbeeld en capaciteit. De meest toegepaste varianten zijn:

- Vlak sproeibeeld
- Kegelvormig sproeibeeld
- Hol kegelvormig sproeibeeld

Nozzles worden voor twee taken gemonteerd:

- A) Oververhitting van banden voorkomen
- B) Bescherming van voertuig

Ad A: Nozzles kunnen gericht worden op de ondergrond voor de banden of op de banden zelf. Over het richten van nozzles zijn twee visies gangbaar: nozzles worden op de hete ondergrond vóór de wielen gericht om deze af te koelen zodat het contactvlak band/ondergrond een lagere temperatuur heeft. Een andere mogelijkheid is het richten van de nozzles op de banden om deze af te koelen.

Het richten van nozzles op de ondergrond vlak voor de banden kan het opdwarmen van asdeeltjes veroorzaken welke aangezogen kunnen worden door de luchtinlaat van de motor. Deze worden opgevangen in het luchtfilter en kunnen deze op den duur verstopen.

Nozzles worden geleverd met verschillende capaciteiten, de meest gangbare, voor afkoelen van de ondergrond voor de wielen en onder het voertuig, hebben een capaciteit van 60 l/min. Lagere capaciteiten zijn ook in gebruik, bijvoorbeeld voor het realiseren van een waterspray voor afblussing van vlammen vóór het voertuig, zie onderstaande afbeelding



Afb.: Nozzles met verschillende capaciteiten en een vlak sproeibeeld. Bron : IFV

Ad B:

De onderzijde van het voertuig dient beschermd te worden tegen opstijgend hitte van uit de ondergrond. Anderzijds straalt het uitlaatpakket onder het voertuig ook zodanig veel energie uit dat bij stilstaand voertuig de ondergrond ontstoken kan worden. Om die reden zijn, zoals eerder gemeld luchtleidingen en elektrische bekabeling reeds van een siliconen bemanteling voorzien. Om verdere bescherming te bieden worden aan de onderzijde van het voertuig nozzles gemonteerd welke voor afkoeling van de omgeving zorgdragen.

Nozzles worden ook in takkenrekken gemonteerd om als cabinebescherming te dienen. Hiervoor wordt het takkenrek aan een persleiding gekoppeld en dient het uit buizen samengestelde takkenrek als watertoevoer voor de nozzles. Deze besproeien dan de buitenzijde van het voertuig met bluswater.

Uitlaatsysteem

Van uitlaatpakketten, met name bij Euro 6 voertuigen, is bekend dat deze thermisch zwaar belast worden en daardoor kan de hoeveelheid uitgestraalde thermische energie behoorlijk oplopen. Om te voorkomen dat de directe omgeving de uitlaatpakketten (roetfilters en katalysatoren) te veel van deze warmte opneemt kunnen deze afgeschermd worden. Te denken valt hierbij aan de onderzijde van manschappencabine's, het kopschot van de opbouw en bekabeling/leidingwerk. Afstand bewaren tot het uitlaatsysteem is ook een optie maar niet altijd te realiseren, gedwongen ventilatie kan ook volstaan, dit als alternatief voor het gebrek aan koelende rijwind. Daarnaast is hittestraling richting ondergrond een risico: te lang stilstaan op één plek kan ondergrond (begroeiing) doen ontsteken. Afscherming van de onderzijde van het uitlaatpakket kan dit voorkomen.

9 Dakluiken

Vrachtwagencabines dienen te voldoen aan richtlijn ECE R29 inzake crashbestendigheid, dit is daarmee ook van toepassing op cabines van brandweervoertuigen, inclusief verlengde- of aangebouwde manschappencabines en in de opbouw geïntegreerde manschappenruimtes. In 2011 is de derde versie hiervan van kracht geworden en in deze is meer aandacht voor de veiligheid van inzittenden dan in de voorgaande versies.

In het Bronnenboek Natuurbrandbestrijding blusmethodiek staat de blusmethodiek waarin het gebruik van dakluiken toegepast wordt beschreven. Dakluiken veroorzaken in principe een verzwakking van de cabinestructuur; verstevigingen aanbrengen rondom de dakluiken en in de cabinestructuur zijn dus noodzakelijk om bij de R29 verificatie aan te tonen dat de cabineconstructie conform regelgeving is. Hiermee is het in beginsel mogelijk om dakblussing toe te blijven passen bij natuurbrandbestrijding.

In onderstaande afbeelding is een verstevigingsstructuur rond dakluiken zichtbaar, met uitlopers naar de bestaande cabinestructuur. Deze verstevigingen zijn ontworpen door een opbouwfabrikant, gecertificeerd door de chassisfabrikant en daarmee past deze constructie binnen een typegoedkeuring van het betreffende chassis.



Afb.: Verstevigingsconstructie t.b.v. dakluiken. Bron: IFV

10 Bluswatertank

Belangrijk voor een goede gewichtsverdeling is de omvang, vorm en locatie van de bluswatertank. Deze kan, constructief gezien, integraal deel uitmaken van de opbouwstructuur of apart geconstrueerd zijn, zoals in de volgende afbeelding:



Afb.: apart geconstrueerde bluswatertank. Bron: IFV

Beide constructiemethoden hebben hun eigen specifieke voordelen, rekening dient echter gehouden te worden met de vorm en locatie van de tank. Bluswatertanks zijn doorgaans gemonteerd in de omgeving waar de grootste torsiebelasting op het voertuig uitgeoefend wordt, waardoor ook de bluswatertanks hiermee belast worden. Hiervoor dient met construeren van de bluswatertank rekening gehouden met de vorm ervan, hoe complexer de vorm/constructie van de bluswatertank, hoe moeilijker het verwerken van torsiebelastingen door de bluswatertank met kans op lekkages op termijn tot gevolg. In bovenstaande afbeelding is aan de zijkant van rechthoekige kunststof bluswatertank een gleuf in langsrichting aangebracht, deze is ter versteviging van de zijwand en werkt daar ook resonantiebeperkend.

Er zijn ook tankconstructies denkbaar welke tot doel hebben om het zwaartepunt van het voertuig richting voorzijde te verplaatsen; deze hebben dan het bovenaanzicht in de vorm van een T. Hierbij dient extra aandacht gevestigd te worden op de torsiebestendigheid, ook over langere termijn.

Het is gangbaar om bluswatertanks met behulp van spanbanden op het voertuig te bevestigen, zie bovenstaande afbeelding. Deze spanbanden dienen periodiek aangetrokken te worden en dienen daartoe eenvoudig bereikbaar te zijn.

11 Onderhoud na gebruik

Hierna volgen enkele aandachtspunten voor licht onderhoud tijdens en na inzet voor terreingående voertuigen

Banden controleren:

- Op druk. Na aflaten van banden voor terreininzet dienen deze weer op de juiste spanning teruggebracht te worden. Dit kan middels het voertuigeigen drukluchtsysteem maar ook met een externe compressor.
- Op beschadiging
- Op stenen in het profiel en tussen dubbellucht banden

Wielen zandvrij maken

Aan de binnenzijde van velgen kan zich tijdens terreinrijden zand en modder ophopen hetgeen onbalans in wielen veroorzaakt indien een voertuig na inzet zich weer met hogere snelheden op de openbare weg begeeft. Vastkoeken door temperatuursverhoging bij remmen versterkt e.e.a.. Zaak is het dus om tijdens het onderhoudsmoment tijdens of na de inzet de velgen schoon te spuiten of te blazen.

Luchtfilters

Bij veel brandweervoertuigen is het luchtfilter onder de cabine gemonteerd. De luchtinlaat bevindt zich doorgaans ook in die omgeving waardoor het voor de hand ligt dat er partikels (zand, asdeeltjes en resten van begroeiing) aangezogen worden. Deze gaan op den duur het filter verstoppen met verlies van motorprestaties en een andere temperatuurhuishouding in de motor tot gevolg. Het verdient daarom aanbeveling om na inzet het luchtfilter schoon te blazen.

Indien bij aanschaf van het voertuig de keuze voor een cycloonfilter mogelijk is, is dit zeker te overwegen. Bij dit filtertype wordt aangezogen lucht in het inlaatkanaal tot een werveling gebracht waarbij mee aangezogen partikels door zwaartekrachtinvloeden uit de werveling worden geslingerd en opgevangen worden in een rubberen sok. Uiteindelijk opent deze sok bij voldoende opgevangen partikels en worden de partikels afgevoerd. Cycloonfilters worden vaker aan de achterwand van de cabine gemonteerd alwaar ze enige inbouwruimte vereisen.

Motor

Zoals reeds eerder gemeld levert de voertuigmotor een aanmerkelijke inspanning en wordt daarmee thermisch zwaar belast. Nacontrole van olie- en koelvloeistofniveau peilen en zo nodig aanvullen alsmede optische controle op lekkages zijn daarom wenselijk.

12 Overwegingen

Overwegingen bij terreinrijden

- Ken de mogelijkheden en beperkingen van het voertuig bij terreinrijden
- Overweeg om het terrein wel of niet te berijden bijvoorbeeld vanwege oneffenheden of drassig terrein
- Overweeg een verkenners voor het voertuig te laten lopen
- Oefening baart kunst
- Langzaam rijden vraagt meer kennis en training van de chauffeur dan rijden met hogere snelheden
- Langdurig langzaam rijden levert een zware mechanische belasting op

Colofon

Kemperbergerweg 783
6861 RW Arnhem

Postbus 7010
6801 HA Arnhem

T 026 3552455
I www.brandweernederland.nl
E info@brandweernederland.nl

Auteur: Herman ter Beek B.Eng.
E Herman.terbeek@IFV.nl
T 06-48137605

Tegenlezers:

Dhr. Mark van Dijk, plv. Cdt. Defensiebrandweer Artillerie SchietKamp ASK, 't Harde
Dhr. Frans Voeselek, Adviseur Techniek Facilitair en Logistiek, Brandweer MWB

Een woord van dank voor het ter beschikking stellen van afbeeldingen aan: Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut NEN, Mercedes Benz Trucks Nederland, MAN Truck & Bus Nederland, Marco van Wijk MVW-Autotechniek

Datum: December 2021
Versie: 1.0