

Connected Automated Transport in industriële zones



Introductie	3
Logistieke integratie	5
Digitale infrastructuur	7
Fysieke infrastructuur	9
Wet- en regelgeving	11
Vooruitblik	13

De eerste commerciële toepassingen van Connected Automated Transport (CAT) op yards zijn een feit – onder andere bij APM Terminals en Qterminals Kramer in de Rotterdamse haven. Een yard is een afgesloten terrein van een logistiek bedrijf en vormt een logische startlocatie voor autonome voertuigen.

Het gebruik van deze voertuigen is hier relatief eenvoudig en veilig: de snelheid is laag (tot 30 km/u), verkeerssituaties zijn beperkt en voorspelbaar, en alle weggebruikers zijn professionals die goed geïnformeerd zijn over werken met autonome voertuigen.

De volgende stap is uitbreiding naar industriële zones. Deze gebieden kennen doorgaans weinig verkeer en nauwelijks voetgangers of fietsers, wat de inzet van autonome voertuigen aantrekkelijk maakt en mogelijkheden biedt om logistieke processen rondom de yard te optimaliseren.

Binnen industriële zones zijn er verschillende soorten routes. Sommige routes zijn voorspelbaar en kort, bijvoorbeeld naar een locatie aan de overkant van de

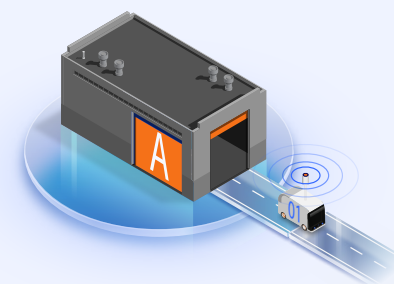
weg. Andere routes zijn complexer en kunnen een lengte van enkele kilometers hebben, met kruisingen, rotondes, verkeerslichten en soms spoorwegovergangen. Zodra voertuigen buiten het hek van de yard op openbare wegen rijden, gelden aanvullende eisen.

Wat is er nodig voor de inzet van Connected Automated Transport?

Dit document biedt een overzicht van wat nodig is om autonome voertuigen te laten opereren op openbare wegen in industriële zones. Het richt zich op alle partijen die werken aan de ontwikkeling van CAT: logistieke organisaties zoals eigenaren van yards, transporteurs en verladers. Daarnaast is de RDW belangrijk voor toelating van voertuigen. Infrastructuurbeheerders (van weg en van spoor) kunnen een rol spelen bij de eisen voor de communicatie tussen voertuig en infrastructuur en navigatiepartijen bij het beschikbaar stellen van actuele digitale kaarten. Daarnaast is het belangrijk dat andere weggebruikers weten waar en wanneer zij autonome voertuigen kunnen tegenkomen.

Dit document behandelt vier belangrijke onderwerpen: logistieke integratie, digitale infrastructuur, fysieke infrastructuur en wet- en regelgeving. Per onderwerp wordt beschreven wat nodig is om autonome voertuigen op korte en lange routes te laten rijden. Ook worden aandachtspunten genoemd om nu al voorbereid te zijn. Tot slot wordt vooruitgeblikt op aanvullende afspraken die nog gemaakt moeten worden. Niet alles is al geregeld, maar samen zetten we stappen in de juiste richting.

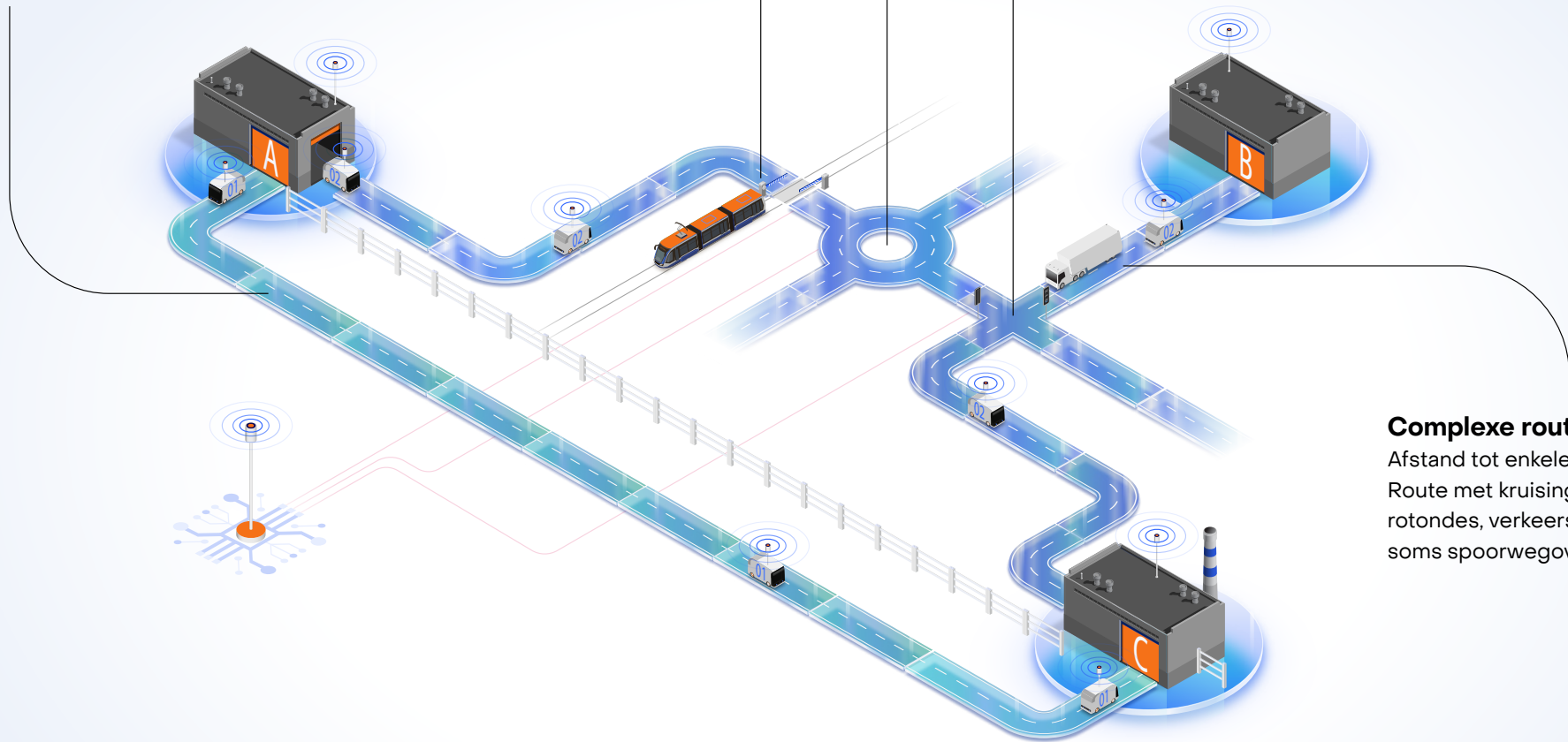
Dit document is tot stand gekomen op basis van interviews met belanghebbenden binnen het TKI HTSM Project CAT4Yards. Meer informatie over het project en over Connected Automated Transport is te vinden op www.tno.nl.



Voorspelbare, korte route

Afstand tot 100 meter

Bestemming aan de overkant
van de weg



04

Complexe route

Afstand tot enkele kilometers
Route met kruisingen,
rotondes, verkeerslichten en
soms spoorweginnengangen

Logistieke integratie

Duidelijke afspraken tussen meerdere organisaties zijn nodig voor het standaardiseren en digitaliseren van processen.

Digitale infrastructuur

Gebruik voor yard en industriële zone dezelfde technologie voor connectiviteit.

Fysieke infrastructuur

In principe zijn er geen aanpassingen vereist. Dialoog tussen OEMs en wegbeheerders belangrijk voor specifieke situaties.

Wet- en regelgeving

Processen voor testen en experimenten zijn complex. Nieuwe en aanvullende wetgeving is in de maak voor testen én commerciële toepassing.

Logistieke integratie

05

Logistieke integratie richt zich op het inpassen van Connected Automated Transport in bestaande logistieke processen. Dit omvat de samenwerking tussen de betrokken organisaties, de uitvoering van het transport en vastleggen van verantwoordelijkheden.

Voorspelbare korte routes

Betrokken organisaties

Naast de transporteur en verzendende partij is er één ontvanger.

Digitaliseren van proces

Het autonome voertuig wordt aangestuurd op basis van digitale informatie. Digitaliseer daarom:

- Het uitwisselen van transport orders/ koppeling met Transport Management Systeem.
- Route tracking/ monitoring.
- Gate-in/ gate-out processen.
- Het aanwijzen van dock/ laad/los locaties.
- De afhandeling van administratie (en eventuele veiligheidsprocedures).



Verantwoordelijkheden

- Bepaal voor de niet-rijtaken van de chauffeur op de laad/ loslocaties of er nog menselijke operators of andere innovaties benodigd zijn.
- Maak afspraken over de control tower voor aansturing en monitoring van het voertuig op het terrein van de ontvangende partij.
- Maak afspraken met betrekking tot AVG en eventuele camerabeelden die het voertuig maakt op het terrein van ontvangende partij.
- Stel een safety case op en voer een veiligheids- en risicoanalyse uit voor alle betrokken partijen.
- Deel en stem veiligheidsprotocol af voor acties van het voertuig bij incidenten en calamiteiten op het terrein van de ontvanger.

Complexe routes

Betrokken organisaties

Naast de transporteur en verzendende partij zijn er één of meerdere ontvangers.

Digitaliseren van proces

- Standaardiseren en digitaliseren van het autonome transport proces in industriële zones voor meer-

dere klanten, zoals gespecificeerd bij de korte route.

Verantwoordelijkheden

Naast de elementen genoemd bij de voorspelbare route:

- Bespreek het delen van kosten/ gezamenlijk investeren in benodigde aanpassingen aan digitale/ fysieke infra of operationele processen.

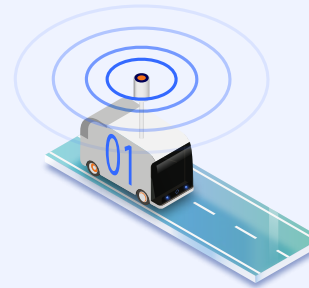
Wat je nu al kan doen

- Begin met het standaardiseren en digitaliseren van processen op de eigen yard.
- Analyseer potentiële routes voor Connected Automated Transport naar klanten/ ontvangers in de industriële zone rondom de eigen yard.
- Er bestaan veel variaties op de hier genoemde punten en verschillende bedrijven kunnen hierbij ook uitgaan van verschillende standaarden en protocollen. Ga daarom in gesprek met deze klanten en partners en verken of de gemaakte keuzes voor de eigen yard moeten veranderen wanneer je met Connected Automated Transport in industriële zones aan de slag wilt gaan.

Het inpassen van autonoom transport in logistieke operaties in industriële zones vraagt om duidelijke afspraken tussen *meerdere* organisaties. Zij moeten verantwoordelijkheden vastleggen en processen standaardiseren en digitaliseren voor efficiënt en betrouwbaar autonoom transport.

Digitale infrastructuur

07



Digitale infrastructuur omvat het volledige digitale ecosysteem dat nodig is om autonome voertuigen aan te sturen en te ondersteunen. Dit omvat **connectiviteit en de communicatie tussen voertuigen onderling, de infrastructuur en andere systemen, zoals Transport Management Systemen (TMS) en Yard Management Systemen (YMS).**

Voorspelbare korte routes

Connectiviteit

- Publiek Mobiel netwerk (4G/5G).
- Back-up netwerk (bijvoorbeeld 2^e SIM, satellietcommunicatie).

Voertuiginformatie en data delen

- Voertuig naar omgeving:
 - Geen aanvullende aandachtspunten ten opzichte van de yard
- Omgeving naar voertuig:
 - Accurate digitale kaart van de omgeving.

Complexe routes

Connectiviteit

- Publiek Mobiel netwerk (4G/5G). Voor complexe routes verwachten we verhoogde eisen voor de bandbreedte en latency (vertraging).
- Back-up netwerk (bijvoorbeeld 2^e SIM, satellietcommunicatie).

Voertuiginformatie en data delen

- Voertuig naar omgeving:
 - Omdat de route langer is, is er potentie om informatie over de omgeving (bijv. kuilen/gaten in het wegdek) te delen met bijvoorbeeld onderhoudspartijen.
 - Eventueel: positie en snelheid van voertuig naar verkeerscentrale wegbeheerder (bijv. voor monitoren doorstroming).
- Omgeving naar voertuig:
 - Accurate digitale kaart van de omgeving
 - Actuele informatie verkeerssituatie (bijv. wegwerkzaamheden) en andere (autonome) weggebruikers.

Wat je nu al kan doen

- Wanneer er op de yard voor een privé netwerk wordt gekozen, is er sprake van een 'hand-over' van privaat naar publiek netwerk, wat kan leiden tot vertraging in communicatie. Kies daarom voor het realiseren van connectiviteit op yard en industriële zone voor dezelfde technologie. Bijvoorbeeld publiek 5G. Een kwalitatief goede overgang van Wifi/ privaat 5G naar publiek 5G is lastiger te maken.
- Óf maak met een netwerkbeheerder afspraken over soepele hand-over wanneer er wel verschillende connectiviteitsvormen zijn.
- Wat betreft voertuiginformatie en data delen zal je voor autonoom transport op de yard ook al moeten zorgen dat er informatie van het voertuig naar de control tower gaat en van de omgeving naar het voertuig.

Bij Connected Automated Transport in de industriële zone is het voor soepele communicatie met het voertuig de voorkeur om voor de yard en de openbare weg dezelfde vorm van connectiviteit te kiezen.

Fysieke infrastructuur

Fysieke infrastructuur omvat alle noodzakelijke aanpassingen aan elementen van de infrastructuur (bijvoorbeeld belijning, rijbanen, verkeerslichten) op openbare wegen om het gebruik van autonome voertuigen mogelijk te maken.

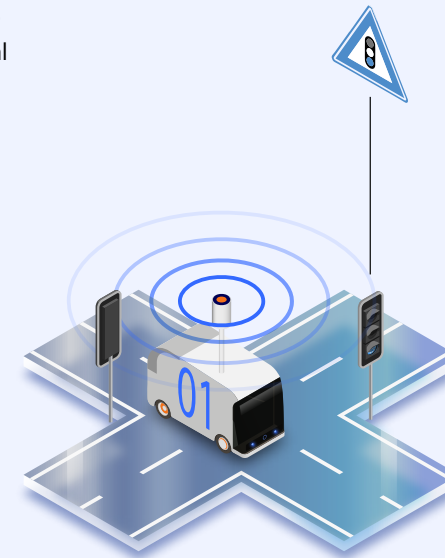
In principe zijn er geen aanpassingen aan de fysieke infrastructuur nodig en moet het voertuig met de omgeving om kunnen gaan. Tegelijkertijd is er nog een debat gaande tussen infrastructuurbeheerders en OEMs over hoe (on)afhankelijk het voertuig moet kunnen rijden, met of zonder (digitale) signalen van de omgeving en infrastructuur.

Een voorbeeld hiervan is hoe voertuigen omgaan met viaducten en tunnels, omdat sensoren soms tegenstrijdige signalen doorgeven.

In specifieke gevallen kan een wegbeheerder aanpassingen overwegen, bijvoorbeeld:

- Extra duidelijke belijning als de situatie onduidelijk is.
- Borden voor andere weggebruikers om duidelijk te maken dat er een autonoom voertuig rondrijdt.

- Dedicated infrastructuur voor autonome voertuigen kan nodig zijn wanneer de snelheid van het CAT-voertuig dusdanig lager is dat doorstroming beperkt wordt, bijvoorbeeld met een eigen rijstrook of passeerstroken. Ook aanpassingen om verkeerstromen beter te regelen zoals het plaatsen van een rotonde of verkeerslichten kunnen bijdragen aan het verminderen van de complexiteit van verkeerssituaties voor autonome voertuigen. Dit geldt alleen bij een minimum aantal autonome voertuigen in een bepaald gebied.



In principe zijn er geen aanpassingen aan de fysieke infrastructuur nodig en moet een autonoom voertuig met de omgeving om kunnen gaan. Tegelijkertijd kunnen aanpassingen door wegbeheerders in specifieke situaties overwogen worden om de doostroming te bevorderen.

Wet- en regelgeving omvat de aandachtspunten voor regels die van toepassing zijn voor toelating van autonome voertuigen op de openbare weg, en verzekeringen en aansprakelijkheid.

Toelating

Op dit moment is het niet toegestaan om autonome voertuigen commercieel op de openbare weg te gebruiken. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (Min IenW) werkt aan nieuwe wetgeving om dit in de toekomst mogelijk te maken. Er zijn verschillende regelingen waarmee de RDW toestemming kan geven voor testen en experimenten. Aanvragers zijn vaak voertuig – of systeemfabrikanten (OEMs). Een aanvraag bevat altijd een risicoanalyse, waarin alle risico's en mitigerende maatregelen nauwkeurig zijn beschreven. Vooraf is niet altijd duidelijk aan welke eisen moet worden voldaan. Als logistieke partij is het verstandig om op de hoogte te zijn van de volgende regelingen en hierover in gesprek te gaan met OEMs:

De Prototyperegeling is bedoeld voor voertuigen met een Automated Driving System in de prototypefase. Deze regeling maakt het mogelijk om data

te verzamelen voor het aantonen van veiligheid. Alleen voertuigen voor personenvervoer (categorie M), goederenvervoer (N) en aanhangwagens (O) komen in aanmerking, terminaltrekkers niet. Een menselijke safety driver is verplicht. De RDW geeft een *tijdelijke nationale individuele goedkeuring* van zes maanden, verlengbaar tot twee jaar. De prehomologatie regeling is nog in ontwikkeling en zal hier ook onder vallen en is gericht op voertuigen (dus niet op terminaltrekkers) die dicht bij typegoedkeuring zitten, maar nog praktijkdata nodig hebben. Ook in deze regeling is een safety driver verplicht.

De Experimenteerwet biedt bedrijven de mogelijkheid om een vergunning aan te vragen bij het Min IenW voor tests met zelfrijdende voertuigen met een bestuurder op afstand. Deze regeling geldt voor alle voertuigtypen inclusief terminaltrekkers. Een menselijke safety driver op afstand is verplicht. De geldigheid wordt in overleg met de RDW bepaald. Omdat meerdere partijen betrokken zijn, zoals Rijkswaterstaat, CBR, Openbaar Ministerie, politie en lokale wegbeheerders, is het proces complexer dan de prototyperegeling. Sinds de invoering in 2019 is deze regeling nog niet gebruikt.

Regeling voertuigen – artikel 3.7.1 is nog in ontwikkeling. Deze regeling moet *voorlopige nationale individuele goedkeuring* mogelijk maken voor voertuigen én terminaltrekkers waarin nieuwe technologieën zijn toegepast en die gereed zijn voor de openbare weg (dus geen prototype meer), maar waarvoor nog geen wetgeving is.

Voertuigverzekering

Het is de aanbeveling om te verkennen of de huidige voertuigverzekering dekkend is voor autonoom transport.

Aansprakelijkheid

Bestaande afspraken voor aansprakelijkheid in goederenvervoer zoals (inter)nationale afspraken via de CMR, algemene vervoerscondities en Fenex-voorwaarden bevatten nog geen bepalingen voor autonoom vervoer. Brancheorganisaties en de overheid moeten indien nodig deze vervoersvoorwaarden aanpassen en geschikt maken voor autonoom transport. Tot die tijd kunnen vervoerders en verladers ervoor kiezen om onderling afspraken te maken over aansprakelijkheid, in afwachting van gestandaardiseerde vervoerscondities.

Op dit moment is het niet toegestaan om met een autonoom voertuig op de openbare weg te rijden in een commerciële logistieke operatie. Nieuwe wetgeving is in de maak die dit in de toekomst mogelijk moet maken.



De uitwerking van CAT in industriële zones is nog in beweging. Aanvullende afspraken en aankomende praktijkproeven moeten zorgen voor de juiste randvoorwaarden voor veilig, betrouwbaar en efficiënt transport.

Logistieke integratie

Er zijn kansen om met nieuwe logistieke concepten aan de slag te gaan door ritten te bundelen en/of een (vloot van) autonome voertuigen met meerdere organisaties te delen.

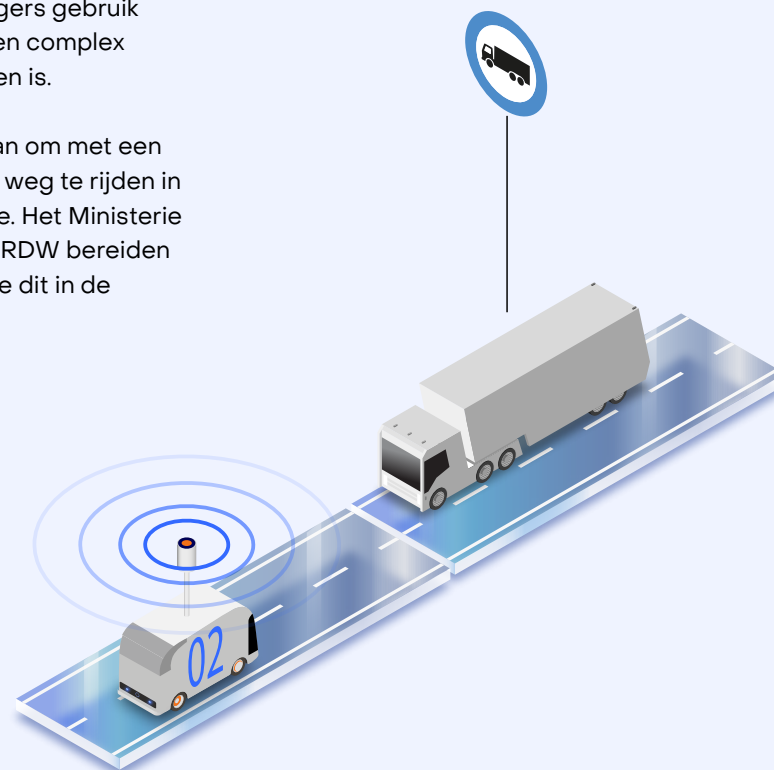
Digitale en fysieke infrastructuur

Welke informatie autonome voertuigen met hun omgeving delen, is nog niet vastgesteld. Betrokken partijen zoals OEMs en wegbeheerders moeten afspraken maken over de noodzaak en specificaties van communicatie tussen voertuigen en publieke infrastructuur, zoals spoorwegovergangen en verkeerslichten. Tegelijkertijd loopt een debat over de mate van onafhankelijkheid van voertuigen: moeten zij volledig zelfstandig kunnen rijden of zijn zij deels afhankelijk van (digitale) signalen vanuit de omgeving en infrastructuur?

Wet- en regelgeving

Voor het testen van nieuwe autonome voertuigen (en terminaltrekkers) kunnen aanvragers gebruik maken van de experimenteerwet, een complex traject wat nog niet eerder doorlopen is.

Op dit moment is het niet toegestaan om met een autonoom voertuig op de openbare weg te rijden in een commerciële logistieke operatie. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en RDW bereiden nieuwe wetgeving en beleid voor die dit in de toekomst mogelijk moet maken.



Zowel in Nederland als in Europa worden onderzoek en praktijkproeven op de openbare weg voorbereid om met Connected Automated Transport bij te dragen aan efficiënte, betrouwbare en toekomstbestendige logistiek.

Colofon

Dit document is tot stand gekomen binnen het TKI HTSM Project CAT4Yards.

CAT4Yards heeft als doel om de eisen, randvoorwaarden en bijbehorende impact van integratie van Connected Automated Transport op yards in kaart te brengen. De overgang van de yard naar de openbare weg heeft aanvullende eisen, die soms ook implicaties hebben voor ontwerpkeuzes op de yard. Om die reden is deze eerste verkenning voor industriële zones uitgevoerd.

Dit document is de uitkomst van interviews met belanghebbenden zoals wegbeheerders, provincies, havenautoriteiten en veiligheidsregio's.

Auteurs:

Evelot Westerink-Duijzer (HZ UAS)
Elisah van Kempen (TNO)

Contact:

elisah.vankempen@tno.nl
www.tno.nl

Alle rechten voorbehouden:

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

CAT4Yards
Januari 2026

Partners



Supporters:



