

# 1 Inhoudsopgave

1	Inhoudsopgave.....	2
2	Colophon.....	3
3	Inleiding.....	4
4	Methodiek.....	4
4.1	Aandachtspunten uit evaluatie Poc.....	4
4.2	Gebruikte bronnen .....	5
4.3	Bepalen van AOI (zoekgebied).....	5
4.4	AHN4.....	6
4.5	Luchtfoto 2022.....	10
4.6	Verwijderen van duplicaten.....	13
4.7	Koppeling aan wegvakken .....	14
4.8	Typering van verkeersdrempels.....	15
4.9	Koppeling aan verkeersborden.....	15
4.10	Leverformaat .....	15
5	Resultaten en discussie .....	17
5.1	Samenvatting van resultaten .....	17
5.2	Typering .....	18
5.3	Correctheid en compleetheid per bron .....	19
6	Conclusie.....	20

## 2 Colophon

Auteur	Organisatie	Versie	Datum	Goedgekeurd
G.J. Schoonderwoerd	NEO	0.1	Apr 2025	Ja
G.J. Schoonderwoerd	NEO	0.2	Mei 2025	

NEO projectnummer: D070

*Voorpagina: door NEO gedetecteerde, getypeerde en geclusterde verkeersdrempels rond straat De Kist, Elst (Gld.) (185979,437023). Op de achtergrond luchtfoto 2022. De uitrit links bestaat uit een deel dat alleen op AHN4, en een deel dat ook op luchtfoto gezien is. In deze omgeving zijn geen BGT-drempels.*

## 3 Inleiding

Om de verkeersveiligheid in Nederland te vergroten bestaat er bij alle wegbeheerders in Nederland de behoefte om wegkarakteristieken met betrekking tot verkeersveiligheid in beeld te brengen. NEO heeft dit in het verleden succesvol uitgevoerd voor bijvoorbeeld voetgangersoversteekplaatsen (VOP's, ook wel zebra's).

Na deze succesvolle signalering van zebra's op landsdekkende schaal heeft NEO in 2024 een proof of concept (POC) uitgevoerd om daarnaast verkeersdrempels te identificeren. Ook deze POC was succesvol. Het Nationaal Dataportaal Wegverkeer (NDW) c.q. de Taskforce verkeersveiligheidsdata (TVV) heeft NEO daarom nu opdracht gegeven om ook verkeersdrempels op landsdekkende schaal te signaleren.

Net als in de POC zijn de luchtfoto 2022 (pixelgrootte 8 cm), zoals beschikbaar gemaakt via Beeldmateriaal (<https://www.beeldmateriaal.nl/>), en AHN4 (Actueel Hoogtebestand Nederland) gebruikt in combinatie met kunstmatige intelligentie ("AI") en andere detectie-algoritmen. De signalering kijkt op details af van de POC. Deze verschillen worden in deze rapportage ook omschreven. Delen van de methodiek die ongewijzigd zijn overgenomen uit de POC, zijn in deze rapportage soms samengevat.

Deze eindrapportage omschrijft de gebruikte bronnen, methodiek en resultaten, en evalueert de resultaten. Binnen deze rapportage worden de termen "drempel" en "verkeersdrempel" door elkaar heen gebruikt. Inhoudelijk is er geen verschil tussen deze twee termen.

De geleverde bestanden en deze rapportage zijn oorspronkelijk geleverd in april 2025, maar zijn beiden geüpdatet en opnieuw geleverd na feedback van Paul Schepers (RWS WVL) in mei 2025. In hoofdstuk 5.3 staat hierover meer informatie.

## 4 Methodiek

### 4.1 Aandachtspunten uit evaluatie POC

Op 16 juli 2024 heeft er via Microsoft Teams een nabespreking van de POC detectie verkeersdrempels plaatsgevonden. Uit dit overleg zijn samenvattend de volgende aandachtspunten gekomen:

1. Op landelijke schaal heeft het de voorkeur om de **geometrie uit de BGT** boven de andere methoden te verkiezen.
2. De **groepering** van verkeersdrempels moet bij landsdekkende productie verder worden verfijnd.
3. In de POC is de volgende logica gebruikt: als een drempel gevonden is in de BGT, luchtfoto én AHN, wordt alleen de geometrie op basis van de luchtfoto gebruikt. Er zijn echter ook gevallen waar een drempel bestaat uit één zijde die te zien is in de luchtfoto, en één zijde die te zien is in AHN.  
In de POC is de **AHN-zijde** in zulke gevallen steeds **weggevalle**n. Bij landsdekkende productie moet dit voorkomen worden.
4. Het heeft meerwaarde om drempels verder te **categoriseren**.

Alle vier bovenstaande punten zijn door NEO meegenomen in de landsdekkende productie.

## 4.2 Gebruikte bronnen

Voor het NWB is het extract van 01-01-2025 gebruikt.

Voor de identificatie van verkeersdrempels wordt gebruik gemaakt van drie bronnen: AHN4 DTM, luchtfoto 2022 en BGT. In de levering wordt voor elke drempel aangegeven in welke bron de drempel gedetecteerd is.

### 4.2.1 AHN4

De AHN4 DTM (Digital Terrain Model, een hoogtemodel waaruit obstakels verwijderd zijn) in rasterformaat, met resolutie 50cm, wordt gebruikt om op basis van een regelset (rule-based) geautomatiseerd verkeersdrempels te identificeren. Uit de DTM wordt de helling berekend.

### 4.2.2 Luchtfoto 2022

Naast AHN4 wordt ook de luchtfoto 2022 van beeldmateriaal (pixelgrootte 8 cm) van Beeldmateriaal (<https://www.beeldmateriaal.nl/>) gebruikt. Op deze luchtfoto wordt een deep learning-model (een vorm van kunstmatige intelligentie) getraind waarmee belijnde drempels gevonden worden. Dit betreft van bovenaf zichtbare drempels, te herkennen aan een witte rand loodrecht op de rijrichting bovenaan de helling van de verkeersdrempel, en afwisselend korte en lange witte lijnen loodrecht op deze bovenlijn, en daarnaast ook de zogeheten punaises.

De luchtfoto van 2022 wordt gebruikt, omdat deze luchtfoto minder blad aan de bomen bevat dan andere luchtfoto's, waardoor verkeersdrempels beter zichtbaar zijn.

### 4.2.3 BGT

Naast AHN4 en de luchtfoto worden drempels die opgenomen zijn in de BGT als derde bron gebruikt. Verkeersdrempels zijn in de BGT opgenomen als wegdeel met 'plus\_functie'="verkeersdrempel". Omdat dit een plus\_functie is, is het niet verplicht deze kolom op te nemen in de BGT. Daarom is deze dataset incompleet. Op lokale schaal en afhankelijk van de bronhouder is dit attribuut dus wel of niet in de BGT ingevoerd.

## 4.3 Bepalen van AOI (zoekgebied)

Voor het identificeren van verkeersdrempels op luchtfoto en AHN is gebruik gemaakt van een zoekgebied. Als leidraad hiervoor zijn BGT-wegdelen gebruikt. De volgende BGT-wegdelen worden niet meegenomen:

1. Wegdelen met een **relatievehoogteligging < 0**; deze zijn ondergronds en dus niet zichtbaar.
2. Wegdelen met een **bgt\_fysiekvoorkomen = onverhard of half verhard**, hierop worden geen drempels verwacht.
3. Wegdelen met **bgt\_functie = baan voor vliegverkeer, parkeervlak, spoorbaan, voetgangersgebied, voetpad, voetpad op trap, ruiterspad of rijbaan autosnelweg**, hierop worden ook geen drempels verwacht.
4. Wegdelen met **eindregistratie!=NULL, bgt\_status!= bestaand, plus\_status=plan en plus\_status=historie**, want deze wegdelen zijn niet actueel.

## 4.4 AHN4

Zoals in de offerte, het plan van aanpak en het voorgaande hoofdstuk omschreven, zijn verkeersdrempels duidelijk te zien in AHN. Andere hoogteverschillen, zoals stoepranden en schuin aflopende wegen (bijvoorbeeld t.b.v. drainage) zijn door de hierboven omschreven resolutie echter ook duidelijk terug te zien. Er moet dus een verder onderscheid gemaakt worden om alleen de verkeersdrempels over te houden.

### 4.4.1 Berekenen van een DTM

De pixelgrootte van het AHN4 DTM is 50 cm. Voor het identificeren van drempels wordt zoals eerder aangegeven gebruik gemaakt van de helling. De helling wordt per pixel berekend door te kijken naar alle naburige pixels. Hierdoor zegt de helling van één pixel feitelijk iets over de helling in een gebied van 9 pixels (de middenpixel en zijn 8 buren): een gebied van 150 bij 150 cm.

In werkelijkheid zijn de hellingen van de eerdergenoemde typen objecten duidelijk anders: een stoeprand is een plotseling hoogteverschil met een hoek van (ongeveer) 90 graden, terwijl de andere hellingen rond wegen een stuk kleiner zijn. Plotselinge hoogteverschillen, bijvoorbeeld stoepranden maar ook drempels, worden dus deels weggemiddeld. Een selectie op basis van helling alleen is daarom onvoldoende.

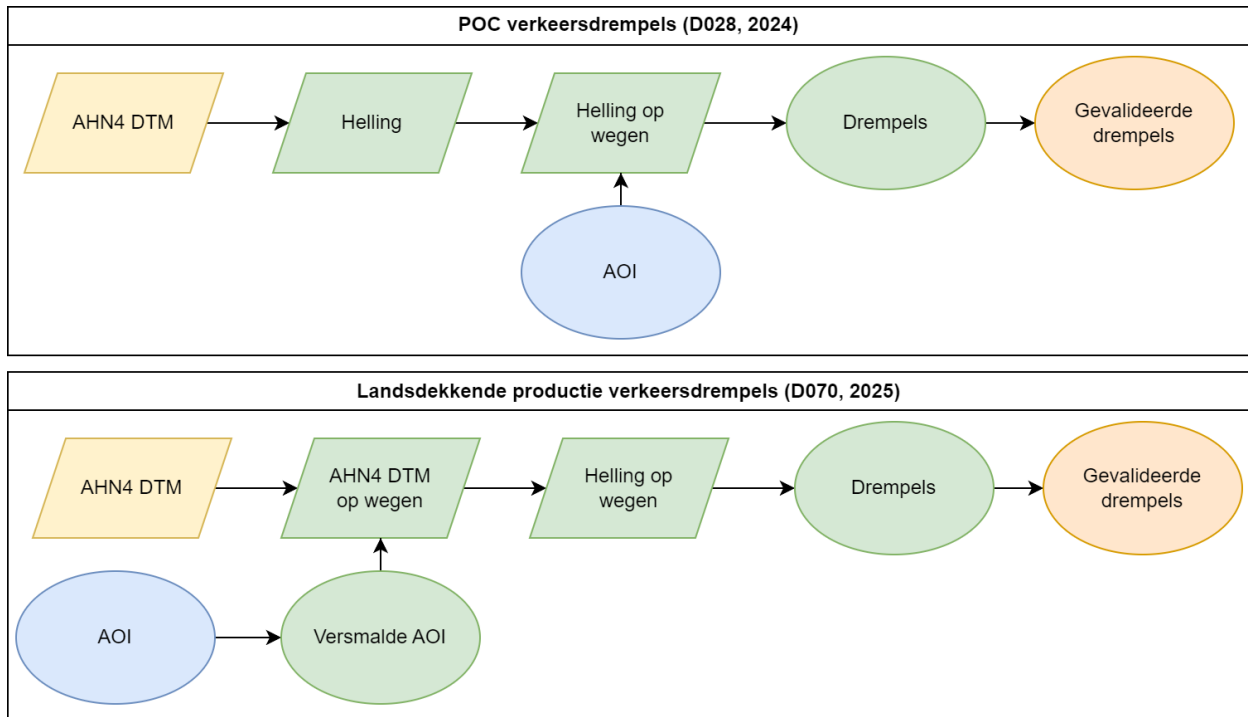
Alle delen van wegen die steiler dan 3.5° (ongeveer 6%) zijn binnen de POC aangemerkt als mogelijke drempels en omgezet in (vereenvoudigde) polygonen.

#### 4.4.1.1 *Veranderingen aan workflow t.o.v. POC*

In de POC werden met behulp van AHN4 relevante drempels gevonden, maar vormde de hoeveelheid false positives (situaties die aanvankelijk als verkeersdrempel gedetecteerd werden, maar in werkelijkheid geen verkeersdrempels zijn, en daarom weggefilterd zijn) een uitdaging. Daarom is de workflow voor de landsdekkende detectie veranderd. Deze verandering is gevisualiseerd in figuur 1.

Door AHN4 DTM eerst bij te snijden op (relevante) delen van de BGT, wordt voorkomen dat stoepranden meegenomen worden in de berekening van de helling. Hierdoor zijn er aanzienlijk minder fout-positieve signalen en nemen de correctheid en compleetheid van de detecties toe. Hoewel de resulterende drempels iets smaller zijn dan de wegen zelf, komen de drempels geometrisch vaak beter overeen met de situatie ter plaatse dan in de POC.

Omdat stoepranden meestal op de rand van wegdelen liggen, is de buitenste 50 cm van de wegdelen uit de BGT niet meegenomen in de analyse.



*Figuur 1: vergelijking van vereenvoudigde AHN-methodiek in de Poc (D028, boven, geleverd in 2024) en de landsdekkende productie (D070, onder, deze levering).*

#### 4.4.2 Filtering op lengte-as

Wegen zijn regelmatig het hoogst op de lengte-as, en lopen af naar de beide zijanten, om ervoor te zorgen dat regenwater goed afgevoerd wordt. Dergelijke hoogteverschillen hebben (in een DTM) soms een vergelijkbare helling. Om deze gevallen zoveel mogelijk weg te filteren, zijn alleen hellende stukken weg die over de lengte-as van de weg heen vallen meegenomen in de analyse.

Uit een kwaliteitscontrole blijkt dat de bovenstaande filtering (op lengte-as van de weg) alleen niet voldoende is. Daarom is er een tweede filterstap toegepast. Hierin wordt niet naar de maximale helling van een wegdeel gekeken, maar naar de helling in de rijrichting.

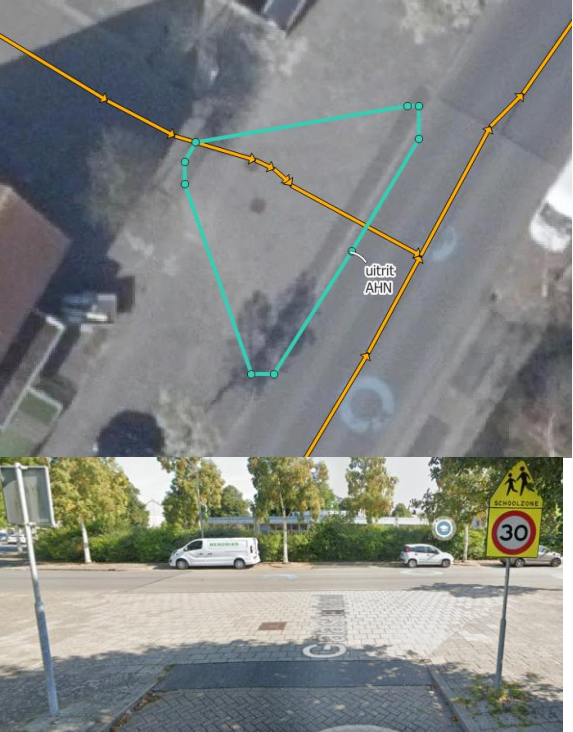
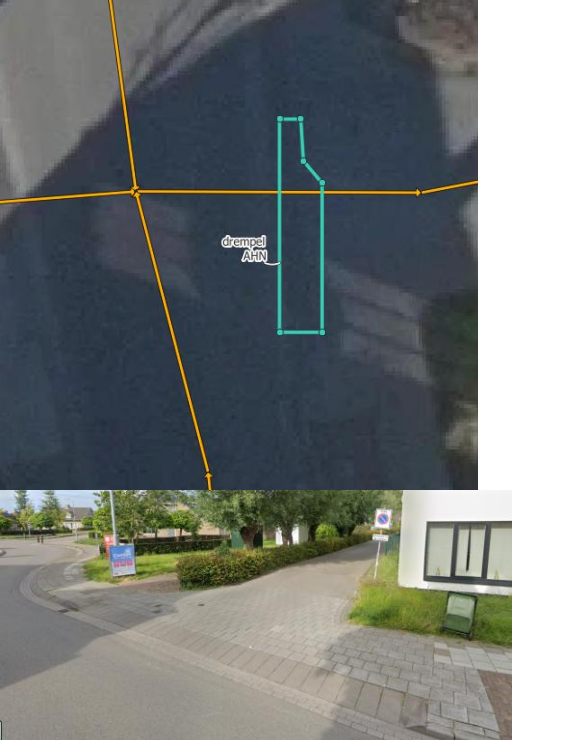
NWB-wegvakken zijn daarvoor opgeknipt in segmenten met een lengte van 1.5 meter. Deze lijnsegmenten worden aan beide uiteinden met 75 cm verlengd, waardoor overlappende lijnsegmenten met een lengte van 3 meter ontstaan. Deze afstand is gekozen uit een afweging op basis van de schaal van een drempel, de resolutie van AHN4, en de hoeveelheid punten. Bij een te kleine tussenafstand wordt de hoeveelheid te evalueren punten onbegrijpbaar, zeker bij een detectie op landsdekkende schaal.

Op het begin- en eindpunt van elk segment wordt de hoogte gemeten en de lengte van het lijnsegment wordt bepaald (3 meter, behalve rond het begin/einde van de lijn). Hieruit wordt de helling gemeten. Lijnsegmenten die steil genoeg zijn (>2.5%) worden vervolgens geclusterd. Als deze clusters te groot worden, betekent dit dat de drempel zich op een heuvel bevindt. Als een drempel niet in een cluster valt, bevindt hij zich op vlak wegdek. Als een drempel in een kleine cluster bevindt, is het waarschijnlijk een terechte drempel.


### 4.4.3 Voorbeelden

Tabel 1 toont zes voorbeelden van terecht in AHN4 geïdentificeerde drempels.

Tabel 1: voorbeelden van verkeersdrempels die op de AHN4 DTM gesignaleerd zijn.

Verkeersdrempel	Locatie	Omschrijving
	<p>Purmerend 126690,501236</p>	<p>Een uitrit van betonblokken, die een stoep oversteekt</p>
	<p>Sluis 15715,370542</p>	<p>Een uitrit van betonnen blokken die geen belijning heeft en in de schaduw ligt</p>

	<p>Emmen 257012,535746</p>	<p>De BGT bevat in Emmen maar een deel van de verkeersdrempels. De ontbrekende zijn in AHN gezien.</p>
	<p>Vlissingen 28269,386397</p>	<p>Een uitrit met betonnen blokken die niet te zien zijn in de luchtfoto's</p>

	<p>Utrecht 137062,456664</p>	<p>Een uitrit bestaande uit betonnen blokken. Doordat ze geen belijning heeft, is ze niet in de luchtfoto te zien.</p>
--	----------------------------------	--

## 4.5 Luchtfoto 2022

### 4.5.1 Bepaling van AOI van trainingsmateriaal


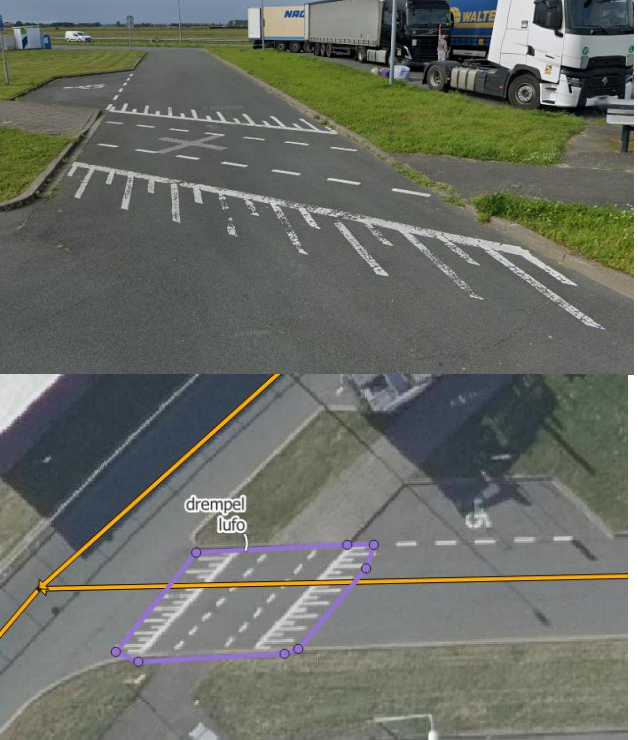
Voor de landsdekkende detectie van verkeersdrempels is het gebruikte Deep Learning-model opnieuw getraind met extra trainingsdata (extra drempels). In de POC van 2024 is een trainingsdataset ontwikkeld van 34 gebieden van 1 bij 1 km. Deze trainingsdata is vervolgens gebruikt om drempels te detecteren in Apeldoorn en Almere. Alle drempels die in 2024 op luchtfoto gedetecteerd zijn, zijn óf door andere bronnen (AHN/BGT), óf handmatig gevalideerd. Ze zijn daarom betrouwbaar genoeg om als trainingsmateriaal gebruikt te worden.

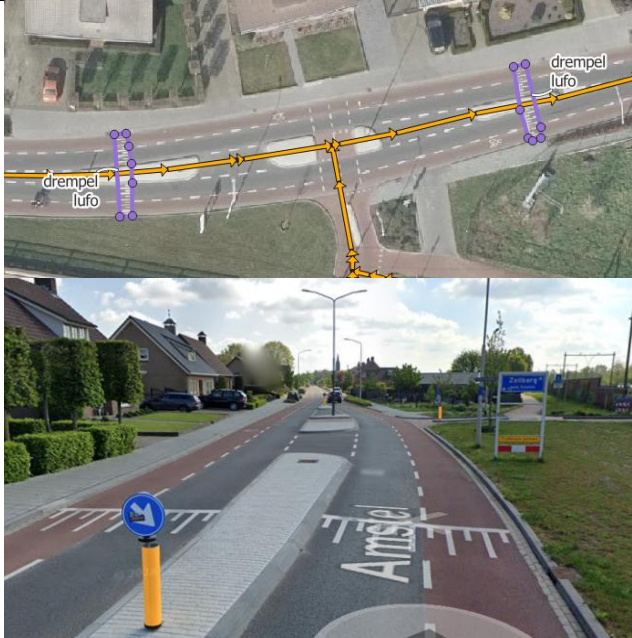
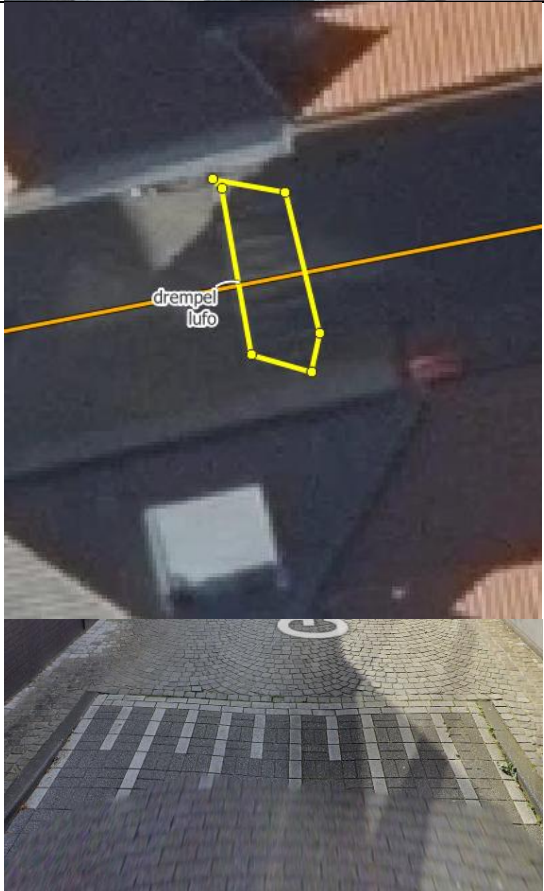
Zowel de 34 gebieden van 1x1 km als de gevalideerde luchtfotodetecties van Almere en Apeldoorn zijn als trainingsdata gebruikt, een dataset van in totaal 14.229 drempels waarvan er 11.387 voor training gebruikt worden en 2.842 voor een (onafhankelijke) validatie-dataset.


### 4.5.2 Voorbeelden

In tabel 2 zijn diverse voorbeelden te zien van verkeersdrempels zoals ze op de luchtfoto gedetecteerd zijn.

Tabel 2: voorbeelden van verkeersdrempels die op de luchtfoto 2022 gesignaleerd zijn.

Verkeersdrempel	Locatie	Omschrijving
	<p>Groningen 236167,583544</p>	
	<p>IJzendijke 30451,371282</p>	<p>Een reguliere drempel op een parkeerplaats naast een snelweg.</p>

	<p>Zeilberg 184126,385012</p>	<p>Een reguliere drempel op een 50-km weg in Zeilberg . Door de grote tussenafstand en tussenliggende kruising met fietspad zijn deze drempels niet volledig samengevoegd.</p>
	<p>Sluis 15644,370531</p>	<p>Een reguliere drempel die zelfs in de schaduw nog correct gedetecteerd is</p>

	<p>Amersfoort 156527,463975</p>	<p>Een plateau (type punaise) dat alleen op luchtfoto gedetecteerd is, omdat de helling onvoldoende is om in de AHN-methodiek geselecteerd te worden.</p>
---	-------------------------------------	---

## 4.6 Verwijderen van duplicaten

Drempels zijn vaak in meerdere bronnen te zien. Overlappende verkeersdrempels worden daarom verwijderd. Bij overlap wordt in eerste instantie alleen de BGT-geometrie behouden. Is er geen BGT-geometrie, wordt de luchtfotogeometrie behouden. In de overige gevallen wordt de AHN-geometrie behouden. Als een drempel bestaat uit bijvoorbeeld een deel dat alleen in AHN, en een ander deel dat alleen op luchtfoto gedetecteerd is, worden beide geometrieën geleverd. Per verkeersdrempel wordt meegeleverd in welke bronnen ze gevonden zijn.

### 4.6.1 Groeperen van hellende delen van drempels en uitritten

Als een verkeersdrempel aan precies één wegvak gekoppeld wordt, wordt er gekeken of er binnen 10 meter nog andere verkeersdrempels aan hetzelfde wegvak gekoppeld zijn. Als dit het geval is, worden de betreffende verkeersdrempels samengevoegd.

26.495 van de 325.340 drempels worden op deze manier gegroepeerd (8,1%).

### 4.6.2 Groeperen van hellende delen van plateaus

Voor een verdere koppeling worden eerst de knopen (nodes) uit het NWB ingelezen. Vervolgens wordt voor elke resterende drempel gekeken of er binnen 10 meter een dergelijke knoop gevonden wordt. Hierop worden alle drempels die aan dezelfde knoop gekoppeld worden, samengevoegd. Als deze combinatie uit tenminste drie drempels bestaat, wordt de koppeling behouden, en krijgt deze groep de classificatie plateau.

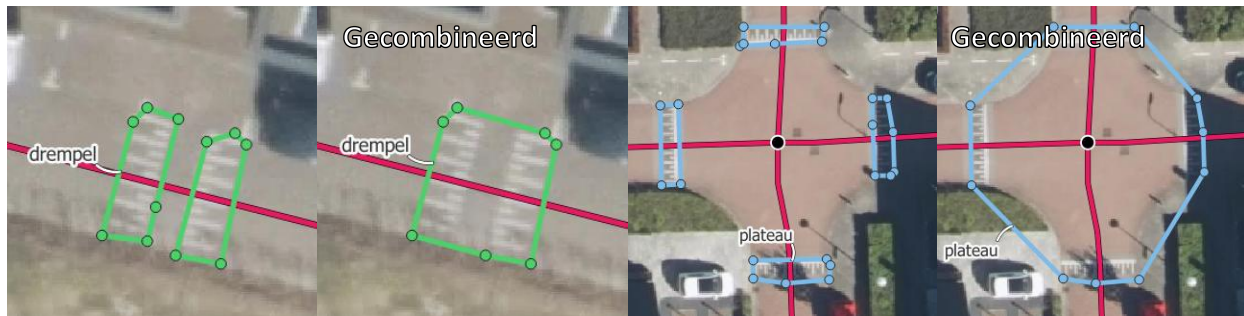
Alle T-splitsingen en kruisingen bestaan immers uit minstens drie takken. Als de combinatie daarentegen uit slechts twee takken bestaat, wordt de koppeling niet behouden, omdat niet duidelijk is of deze drempels wel met elkaar in verband staan. Het is immers mogelijk dat het twee losse drempels in naburige straten betreft.

7.936 van de 325.340 drempels worden op deze manier gegroepeerd (2,4%).

#### 4.6.3 Geometrisch samenvoegen

Drempels die op basis van een gemeenschappelijk wegvak of op basis van een gemeenschappelijke knoop (beide bovenstaande groeperingsmethoden) samengevoegd worden, zijn in eerste instantie multipart geometrieën.

Op basis van de eerder benoemde NDW-definities is het wenselijk als ook het verhoogde deel in het midden van de drempel opgenomen wordt in de geometrie. Om dit te realiseren wordt gebruik gemaakt van de convex hull-methode (“bolle schil”), die als het ware een elastiek spant om de verschillende delen van de drempel. Figuur 2 toont twee voorbeelden hiervan.



Figuur 2: Een reguliere drempel (groen) en een plateau (blauw), voor en na het toevoegen van de convexe huls. Rode lijnen zijn het NWB. De zwarte stip geeft een knoop (node) uit het NWB aan.

#### 4.7 Koppeling aan wegvakken

In 2024 heeft NEO een POC geleverd voor de detectie van verkeersdrempels. Hierin werd de koppeling gemaakt op basis van de afstand van de verkeersdrempel tot nabijgelegen wegvakken en werd daarnaast de oriëntatie van de verkeersdrempel meegenomen. Deze methodiek was op haar beurt afgeleid van de eerdere detectie van zebrapaden, ook door NEO uitgevoerd.

Deze oriëntatie werd berekend op basis van een middellijn. De aanname was hierbij dat drempels meestal dwars op de weg liggen en deze middellijnen dus ongeveer loodrecht op het bijbehorende wegvak liggen.

In de praktijk hebben drempels allerlei vormen, of als het plateaus betreft zelfs sterk niet-rechthoekig van vorm, zeker nu we ze groeperen. Daardoor kan er vaak niet betrouwbaar een lijn loodrecht op de drempel berekend worden.

Er is daarom gekozen om het afleiden van bijbehorende wegvakken te vereenvoudigen: verkeersdrempels worden gekoppeld aan alle relevante wegvakken waarmee ze overlappen, en als ze met geen enkel wegvak overlappen, wordt er binnen drie meter gezocht naar het dichtstbijzijnde wegvak.

In eerste instantie zijn fietspaden uitgesloten van de analyse. Vaak worden deze wel gekoppeld aan (BGT)-drempels, terwijl de drempel niet daadwerkelijk op dat wegvak ligt. Daarom worden alleen drempels die niet aan andere wegvakken gekoppeld worden, aan fietspaden gekoppeld.

#### 4.8 Typering van verkeersdrempels

Op verzoek van Rijkswaterstaat heeft NEO de SWECO-rapportage “Snelheidsremmers in het NWB” (oktober 2023) doorgelezen. Hierin wordt beschreven hoe verkeersdrempels onderverdeeld worden in plateaus, uitritconstructies en reguliere drempels op basis van overlap met NWB-wegvakken, de afstand tot knopen in het NWB, de maximumsnelheid, het type bestrating, de rechthoekige vorm en de positie in een T-vormig kruispunt. NEO heeft eenzelfde methodiek ontwikkeld op basis van deze rapportage. Het is belangrijk om hierbij het volgende op te merken:

- In het Nederlandse verkeersbeeld zijn (door de creativiteit van wegbeheerders) veel niet-standaardsituaties. De methodiek van SWECO presteert over het algemeen goed, maar is gebaseerd op standaardsituaties en aannames. Er zijn dus altijd uitzonderingen, waar de gebruikte regels geen goed resultaat opleveren. De geleverde typering heeft dus zeker geen 100% nauwkeurigheid.
- Één van de factoren waarop drempels beoordeeld worden is de vorm. Drempels die gedetecteerd zijn op luchtfoto en met name AHN zijn soms grilliger van vorm, als gevolg van de resolutie van het bronmateriaal. Hierdoor kan het voorkomen dat een rechthoekige drempel ten onrechte als niet-rechthoekig bestempeld wordt, en daardoor geclassificeerd wordt als uitritconstructie in plaats van reguliere drempel.
- Voor de typering van verkeersdrempels heeft NEO net als SWECO het NWB vereenvoudigd. Voetpaden, busbanen en fietspaden zijn uit het NWB verwijderd. Aangrenzende wegvakken met dezelfde rijrichting, maximumsnelheid en wegbeheerder zijn samengevoegd. Hierbij heeft NEO vastgesteld dat kruisingen van het NWB niet altijd correct op elkaar aansluiten. Met behulp van een *snapping*-algoritme met een tolerantie van 1 cm heeft NEO deze gevallen hersteld.
- De methodiek van het detecteren van de positie van een drempel ten opzichte van T-vormig kruispunt wordt door SWECO niet omschreven. NEO heeft aangrenzende wegvakken met dezelfde straatnaam daarom samengevoegd. Vervolgens is van al deze gecombineerde wegvakken het begin- en eindpunt vastgesteld en is gekeken of de drempel binnen 10 meter van dit begin-/eindpunt van zijn bijbehorende wegvak valt.

#### 4.9 Koppeling aan verkeersborden

NEO heeft net als in eerdere signaleringen, gevonden verkeersdrempels gekoppeld aan relevante verkeersborden. In dit geval is dat verkeersbord J38. Hiervoor is in principe dezelfde methodiek gebruikt als eerder.

Voor de koppeling met wegvak-id, is opnieuw gekozen voor een afstand van 80 meter. Deze afstand is gekozen op basis van een visuele interpretatie van de te koppelen verkeersborden.

#### 4.10 Leverformaat

De levering bestaat uit de volgende bestanden:

1. Een GeoPackage (EPSG:28992) met daarin: een tabel met de locatie van de gevonden verkeersdrempels als polygoneometrie, en een tabel van de wegvaksegmenten en attributen die overeenkomen met de WKD. Deze laatste tabel was geen onderdeel van de offerte of het projectplan, maar is achteraf toegevoegd op verzoek van Bas Bussink (NDW) tijdens de evaluatie op 22 mei 2025.
  - a. Tabel “verkeersdrempels” heeft polygoneometrieën en de volgende kolommen:
    - i. **DrempelID**, een unieke door NEO bepaalde id (tevens PrimaryKey).
    - ii. **WVK\_ID**, het wegvak id uit het NWB (stand 01-01-2024) waaraan de drempel gekoppeld is.
    - iii. **typering**; is de drempel een plateau, uitrit of (reguliere) drempel?
    - iv. **bron**; een lijst van datasets (BGT, lufo, AHN) waarin de drempel gevonden is, in alfabetische volgorde, gescheiden door een komma.
    - v. **verkeersbord\_matches\_WVK**; aantal gevonden verkeersborden type J38 binnen 80 meter, gekoppeld op basis van een gemeenschappelijk wegvak.
    - vi. **verkeersbord\_matches\_any**; aantal gevonden verkeersborden type J38 binnen 10 meter hemelsbreed.
    - vii. **dist\_WVK**; afstand tot het dichtstbijzijnde op basis van wegvak gekoppelde verkeersbord.
    - viii. **dist\_any**; afstand tot het dichtstbijzijnde op basis van afstand gekoppelde verkeersbord.
    - ix. **ndwld\_WVK**; een lijst van ndwld’s van verkeersborden die op basis van wegvak aan de geleverde drempel gekoppeld zijn, gescheiden door een komma.
    - x. **ndwld\_any**; een lijst van ndwld’s van verkeersborden die op basis van afstand aan de geleverde drempel gekoppeld zijn, gescheiden door een komma.
  - b. Tabel “wegvaksegmenten” heeft lijngeometrieën en de volgende kolommen:
    - i. **SegmentID**, een unieke door NEO bepaalde id (tevens PrimaryKey)
    - ii. Alle kolommen uit tabel “verkeersdrempels”;
    - iii. Alle kolommen uit de WKD, met uitzondering van “DREMPELID” (komt al voor in tabel verkeersdrempels).
2. Een levering in WKD-formaat met daarin de volgende velden:
  - a. **WVK\_ID**; het wegvak waarin een verkeersdrempel gevonden is.
  - b. **BEGINDAT**; de datum waarop deze drempel gedetecteerd is. Hier altijd op 1-3-2022 (ingeschatte datum luchtfoto).
  - c. **VAN**; de lijnlengte vanaf het beginpunt van het wegvak waar de drempel zich bevindt, op basis van het middelpunt van de polygon.
  - d. **TOT**; de lijnlengte vanaf het beginpunt van het wegvak waar de drempel zich bevindt, op basis van het middelpunt van de polygon.
  - e. **DREMPELID**; unieke ID van de drempel, overgenomen van kolom DrempelID in de GeoPackage. Niet uniek in dit bestand, want één drempel kan meermaals voorkomen.
  - f. **VERKEERSBRD**; de aanwezigheid van een verkeersbord op basis van een koppeling op basis van wegvak. Indien aanwezig is de waarde hier steeds J38.

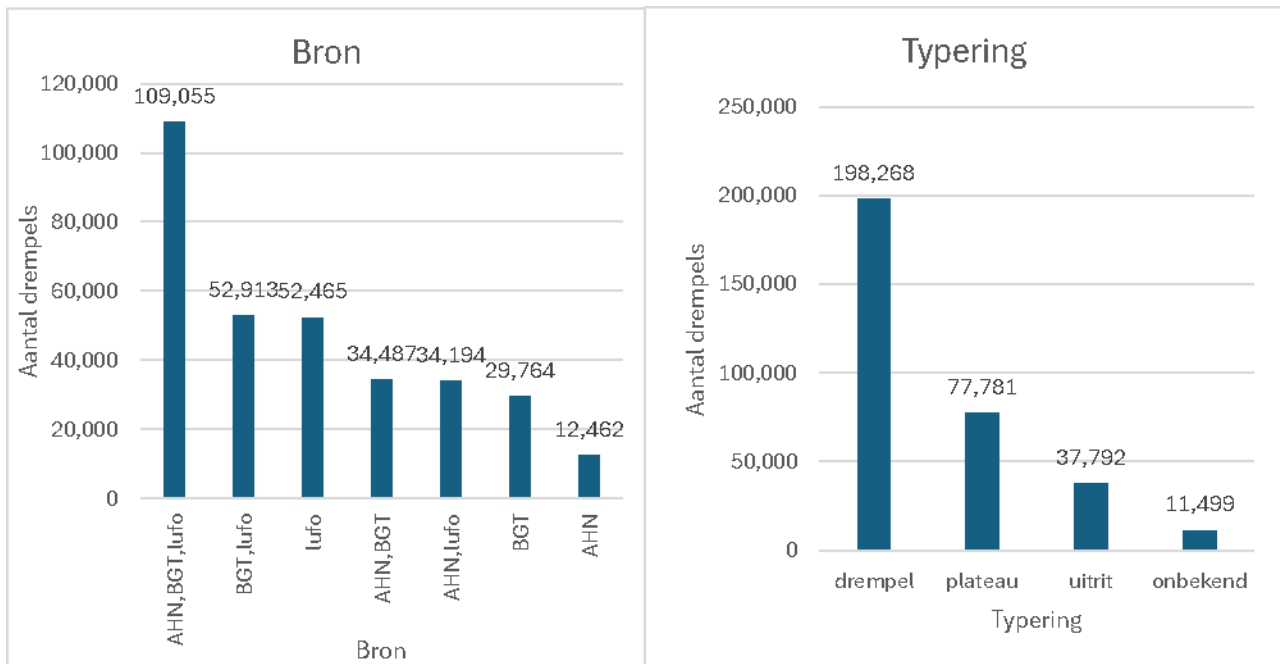
Vergeleken met de Poc is hier kolom “DREMPELID” toegevoegd en is de compleetheid van kolom(men VAN en) TOT verbeterd. Waar in de POC bij reguliere afstand van het middelpunt van de drempel tot het wegvak gebruikt werd en bij reguliere drempels alleen VAN gevuld werd, wordt nu de volledige drempel gebruikt en ook TOT ingevuld.

Een plateau dat bestaat uit vier samenkomende wegvakken bestaat in de WKD uit vier regels, elk met een ander WVK\_ID, maar met dezelfde DREMPELID. Als er een verkeersbord aan de drempel gekoppeld is, staat deze in de WKD alleen bij het bijbehorende wegvak.

## 5 Resultaten en discussie

### 5.1 Samenvatting van resultaten

In totaal zijn er 325.340 verkeersdrempels gevonden in Nederland. De onderverdeling per combinatie van bronnen is opgenomen in figuur 3 en 4. In de volgende paragrafen zijn diverse verdere statistieken opgenomen.



Figuur 3: Aantal gedetecteerde verkeersdrempels in Nederland, geteld per combinatie van bronnen (links) en per type (rechts).

### 5.1.1 Compleetheid per brontype

Van deze 325.340 verkeersdrempels zijn:

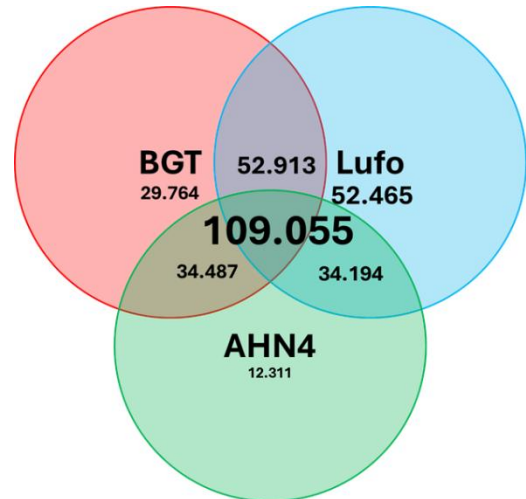
- 226.219 drempels (72,0%) **wel** te zien in de BGT,
- 248.627 drempels (79,1%) **wel** te zien in de luchtfoto,
- 190.198 drempels (60,5%) **wel** te zien in AHN4.

109.055 drempels (34,7%) komen voor in alle drie bronnen.

### 5.1.2 Meerwaarde per brontype

Van de 325.340 verkeersdrempels zijn:

- 99.121 drempels (28,1%) **niet** te zien in de BGT, en komen alleen in de luchtfoto en/of AHN naar boven.
- 29.764 drempels (9,5%) **alleen** te zien in de BGT, en komen niet in de luchtfoto en/of AHN naar boven. Het gebruikte BGT-extract (2025) is nieuwer dan de luchtfoto (2022) en AHN4. Het is daarom mogelijk dat deze drempels in de andere bronnen nog niet bestonden.
- 52.465 drempels (16,7%) **alleen** te zien in de luchtfoto.
- 12.462 drempels (4,0%) **alleen** te zien in AHN.



Figuur 4: detectie van verkeersdrempels, onderverdeeld per bron, weergegeven als GANTT-chart.

### 5.1.3 Vergelijking met de POC

Ruim een kwart van de verkeersdrempels (28,1%) is niet in de BGT te zien. In de POC was dit percentage een stuk lager: 10,2%. Vergeleken met de POC is het percentage alleen-AHN-drempels vrijwel verdubbeld, van 2,0% naar 4,0%. Dit valt te verklaren door de verbeterde methodiek, waardoor ook minder drempels onterecht weggefilterd zijn. Nog groter is het verschil bij de luchtfoto: van 4% naar ruim 16%, een verviervoudiging. Blijkbaar is de BGT in het proefgebied van de Poc (gemeenten Apeldoorn en Almere) completer dan gemiddeld in Nederland.

## 5.2 Typering

Van de 325.340 gesignaleerde verkeersdrempels is van 11.499 drempels geen typering bekend. Deze verkeersdrempels konden niet gekoppeld worden aan een wegvak. Daardoor kon de afstand tot de kruising niet betrouwbaar berekend worden, en kon geen typering gemaakt worden. Deze verkeersdrempels zijn door de ontbrekende wegvakkoppeling ook geen onderdeel van de WKD.

Van de resterende drempels is iets meer dan de helft (198.268 stuks, 63,1%) een reguliere drempel. Ongeveer een kwart van de drempels is een plateau (77.781 stuks, 24,7%). Hierbij is het belangrijk om te vermelden dat het hele plateau hier als een enkele drempel gerekend wordt, hoewel hij bestaat uit tenminste drie hellende delen. Iets meer dan tien procent (37.792 drempels, 12,0%) van de verkeersdrempels heeft de typering uitrit gekregen.

### 5.3 Correctheid en compleetheid per bron

Om de correctheid van het eindproduct te garanderen, zijn er tijdens het proces diverse controles uitgevoerd. Alle geleverde alleen-AHN-drempels zijn handmatig gecontroleerd. Dit is ook gedaan voor alle alleen-luchtfoto-drempels die niet vlak bij een kruising liggen. Van drempels die alleen in de BGT liggen, wordt verondersteld dat ze altijd correct zijn.

In de conclusie van de POC werd opgemerkt dat het met de (op dat moment) huidige methodiek relatief kostbaar is om AHN-drempels te gebruiken, omdat er veel handmatige controle vereist is. Door de in deze rapportage omschreven toegepaste verbeteringen, werd dit toch haalbaar.

De recent door Rijkswaterstaat vereiste kwaliteitsrapportage helpt verder om de kwaliteit van het geleverde product te garanderen, en is ook voor deze levering ingevuld en meegeleverd.

#### 5.3.1 AQLT-kwaliteitscontrole

Vóór levering is er een kwaliteitscontrole uitgevoerd middels de ANSI ASQ Z1.4-standaard. Meer informatie over deze methode is hier te vinden: <https://asq.org/quality-resources/z14-z19>. Voor deze controle is inspectieniveau II en een AQL van 4% gebruikt.

In lijn met deze standaard is voor deze controle een steekproef gedaan van 800 drempels. Van elk van deze verkeersdrempels is gecontroleerd of deze daadwerkelijk bestaan. Dit is beoordeeld op basis van zichtbaarheid op de luchtfoto, AHN en Google Streetview. Van BGT-drempels die niet zichtbaar zijn is verondersteld dat deze inmiddels wel bestaan.

In deze steekproef zijn elf fouten gevonden: 8 luchtfoto-drempels die in werkelijkheid geen drempels waren, en drie BGT-drempels waarvan de classificatie fout lijkt. Het maximumaantal toegestane fouten binnen een steekproef van 800 is bij deze kwaliteitseisen 21, en de levering wordt daarom goedgekeurd.

Een andere manier om naar kwaliteit te kijken is het berekenen van de correctheid. Hiervoor wordt de hoeveelheid correcte drempels binnen de steekproef gedeeld door het totaal aantal drempels in de steekproef. De correctheid van deze levering is volgens deze steekproef  $789/800=98,6\%$ .

#### 5.3.2 Kwaliteitscontrole Rijkswaterstaat

Naast de door NEO uitgevoerde kwaliteitscontrole, heeft ook Paul Schepers (RWS WV) op 7 mei 2025 een kwaliteitscontrole uitgevoerd op de eerste versie van de levering. Uit deze steekproef kwam een volledigheid van 88% (164/188), wat lager is dan door NEO verwacht werd. De correctheid was 100%: "Er zijn geen objecten herkend die er [niet] waren, ofewel er zijn geen false positives geconstateerd." Voor de typering is door RWS een correctheid van 94% vastgesteld.

#### 5.3.3 Herlevering door NEO

NEO heeft onderzocht wat de oorzaak is van de 22 ontbrekende verkeersdrempels en heeft vastgesteld dat 7 hiervan onterecht weggevallen zijn in de postprocessing. Ze zijn dus in eerste instantie wel gedetecteerd, maar per abuis verdwenen tijdens de verdere verwerking. Dit bleek vaker misgegaan te zijn.

NEO heeft daarom een herlevering gedaan waarin ruim 10.000 eerder ontbrekende drempels toegevoegd zijn (ongeveer 3.5% van het totaal): van 314.408 naar 325.340 verkeersdrempels. Een herhaling van dezelfde kwaliteitscontrole zou nu een volledigheid opleveren van  $(164+7)/186=91,9\%$ .

Bij deze herlevering zijn ook de statistieken in hoofdstuk 5.1 en 5.2 geüpdatet, en is ook de leverstructuur uitgebreid.

## 6 Conclusie

Na een succesvolle POC heeft NEO nu ook op landelijke schaal verkeersdrempels gedetecteerd. Opnieuw is gebruik gemaakt van de AHN4 DTM en de luchtfoto 2022. Beide detectiemethoden zijn vergeleken met de POC verder verbeterd. NEO heeft aangetoond dat met name de AHN-methodiek dusdanig is verbeterd, dat signalering op landsdekkende schaal nu mogelijk is.

In totaal heeft NEO 325.340 verkeersdrempels gesignaleerd. Als gevolg van de verbeteringen aan de methodiek is het percentage drempels dat niet in de BGT staat een stuk groter dan in de POC: 28,1% nu tegenover 10,2% in de POC.

Vergeleken met de POC heeft NEO echter niet alleen de detectie, maar ook de verwerking van de verkeersdrempels verbeterd. Verkeersdrempels die niet in de BGT staan worden nu waar mogelijk geclusterd en geometrisch samengevoegd, waardoor het hoge en vlakke middenstuk van de verkeersdrempel toegevoegd wordt aan de gedetecteerde hellende delen. Verder heeft NEO de verkeersdrempels nu ook getypeerd als plateau, uitrit en reguliere drempel. Door de verbeteringen aan de clustering is tenslotte ook de WKD verbeterd: bij alle drempels is nu niet alleen de VAN-, maar ook de TOT-kolom gevuld.

In de toekomst zou NEO deze levering kunnen actualiseren. Inmiddels is AHN5 in grote delen van Nederland beschikbaar, en momenteel wordt ook de nieuwe luchtfoto 8cm ingewonnen. Vergeleken met eerdere jaren (2023, 2024) is de verwachting dat deze nieuwe luchtfoto 2025 weer meer bladvrij is, waardoor hij erg geschikt is voor de detectie van verkeersdrempels, ook onder bomen.