



Rapport nr. 2024-R-25-NL

Effectevaluatie historische en dynamische gevaarlijke puntenlijst

Eindrapport



Vlaanderen
is mobiliteit &
openbare werken

Rapportnummer	2024-R-25-NL
Wettelijk depot	D/2024/0779/54
Opdrachtgever	Departement Mobiliteit & Openbare Werken, Afdeling Beleid, Vlaamse Overheid
Publicatiedatum	30/11/2024
Auteur	Evi Dons
Verantwoordelijke uitgever	Karin Genoe

Inzichten of standpunten in dit rapport zijn niet noodzakelijk deze van de opdrachtgever.

Overname van informatie uit dit rapport is toegestaan mits expliciete bronvermelding:

Dons, E. (2024). Effectevaluatie historische en dynamische gevaarlijke puntenlijst – Eindrapport, Brussel: Vias institute

This report includes a summary in English.

Inhoud

Tabellen- en figurenlijst	4
Samenvatting	6
Summary	7
1 Inleiding	8
1.1 Context	8
1.2 Onderzoeksvragen	9
2 Methodiek	10
2.1 Onderzoeksdesign	10
2.1.1 Algemeen opzet	10
2.1.2 Voor-en-na-studie	10
2.1.3 Empirical Bayes methode	12
2.1.4 Sensitiviteitsanalyses	13
2.2 Data	13
2.2.1 Lijst van gevaarlijke punten	13
2.2.2 Letselongevallen	17
2.2.3 Andere (weg)kenmerken	18
2.3 Software	19
3 Resultaten	21
3.1 Descriptieve analyse	21
3.1.1 Kenmerken van de gevaarlijke punten	21
3.1.2 Ongevallen en slachtoffers op de gevaarlijke punten	24
3.2 Impact op (ernst van) ongevallen	27
3.2.1 Programma gevaarlijke punten	27
3.2.2 Historische lijst van gevaarlijke punten	36
3.2.3 Dynamische lijst gevaarlijke punten	42
4 Discussie	47
5 Conclusies en aanbevelingen	50
5.1 Conclusies	50
5.2 Aanbevelingen	50
Referenties	52

Tabellen- en figurenlijst

Tabel 1	Aantal gevaarlijke punten in de onderzoeksgroepen per jaar waarin ze aangepast zijn (jaar van afronding/uitvoering werken).	21
Tabel 2	Kenmerken van de gevaarlijke punten in de onderzoeksgroepen.	21
Tabel 3	Oplossingsmatrix programma gevaarlijke punten (historische en dynamische lijst)	23
Tabel 4	Oplossingsmatrix historische lijst gevaarlijke punten	23
Tabel 5	Oplossingsmatrix dynamische lijst gevaarlijke punten	23
Tabel 6	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten.	28
Tabel 7	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten per type verkeersdeelnemer.	28
Tabel 8	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar kenmerken van de locatie.	29
Tabel 9	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar type aanpak.	30
Tabel 10	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting.	32
Tabel 11	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting (combinatie van maatregelen).	32
Tabel 12	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting en type verkeersdeelnemer.	33
Tabel 13	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten met gebruik van een alternatieve vergelijkingsgroep, namelijk alle letselongevallen in Vlaanderen.	34
Tabel 14	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten met ongevallen binnen een straal van 100 meter van een gevaarlijk punt in plaats van 50 meter.	34
Tabel 15	Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar jaar van herinrichting.	35
Tabel 16	Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten	36
Tabel 17	Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten per type verkeersdeelnemer.	37
Tabel 18	Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar kenmerken van de locatie.	38
Tabel 19	Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar type aanpak.	39
Tabel 20	Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting.	39
Tabel 21	Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar prioriteitscore.	40
Tabel 22	Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen op korte, middellange en lange termijn.	40
Tabel 23	Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten met gebruik van een alternatieve vergelijkingsgroep, namelijk alle letselongevallen in Vlaanderen.	41
Tabel 24	Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten.	42
Tabel 25	Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten per type verkeersdeelnemer.	43
Tabel 26	Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar kenmerken van de locatie.	44
Tabel 27	Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar type aanpak.	45
Tabel 28	Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting.	45
Tabel 29	Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar prioriteitscore	46
Tabel 30	Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten met gebruik van een alternatieve vergelijkingsgroep, namelijk alle letselongevallen in Vlaanderen.	46
Figuur 1	Illustratie van het onderzoeksopzet van de voor-en-na-studie met vergelijkingsgroep. Een combinatie van het verwacht en gemeten aantal letselongevallen in de voor-periode wordt vergeleken met het aantal letselongevallen in de na-periode om de directe impact van de herinrichting van gevaarlijke punten na te gaan.	10
Figuur 2	Stroomdiagram van de selectie van locaties in de onderzoeksgroep. Drie datasets waren beschikbaar bij aanvang van de analyses (aangeduid met een donkerblauw vak): de volledige	

	historische lijst (met en zonder aanpak), een lijst met reeds aangepakte gevaarlijke punten van de dynamische lijsten (2018-2022), een lijst met nog niet aangepakte gevaarlijke punten van de dynamische lijsten (2018-2022). De cursieve getallen verwijzen naar ingrepen op punten op de dynamische lijst die niet reeds opgenomen zijn in de historische lijst. _____	16
Figuur 3	Kaart met de historische lijst van gevaarlijke punten (structurele ingreep = groenblauw; kleine ingreep = donkerblauw; geen ingreep/na 2021 = rood) _____	16
Figuur 4	Kaart met de dynamische lijst van gevaarlijke punten (structurele ingreep = groenblauw; kleine ingreep = donkerblauw; geen ingreep/na 2021 = rood) _____	17
Figuur 5	Een ongeval (rode marker op de figuur) binnen een straal van 50 meter of 100 meter van een gevaarlijk punt (links) of gevaarlijk wegsegment (rechts) wordt gelinkt aan dat gevaarlijk punt. _____	18
Figuur 6	Tijdslijn van type ingrepen met aanduiding van het aantal afgeronde ingrepen per jaar. _____	24
Figuur 7	Evolutie van het aantal letselongevallen en het aantal doden en zwaargewonden op de gevaarlijke punten van de historische lijst en in heel Vlaanderen (vergelijking ten opzichte van het jaar 2002) (linkse as) en het aantal aangepakte gevaarlijke punten per jaar (rechtse as). _	25
Figuur 8	Evolutie van het aantal letselongevallen en het aantal doden en zwaargewonden op de gevaarlijke punten van de dynamische lijst en in heel Vlaanderen (vergelijking ten opzichte van het jaar 2014) (linkse as) en het aantal aangepakte gevaarlijke punten per jaar (rechtse as). _	25
Figuur 9	Botsingsmatrix met letselongevallen in de voor-periode (op ongevallenniveau). _____	26
Figuur 10	Botsingsmatrix met letselongevallen in de na-periode (op ongevallenniveau). _____	26
Figuur 11	Geschatte verandering in het aantal ongevallen en slachtoffers op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van het programma gevaarlijke punten. Luik (a) toont de impact op het aantal letselongevallen voor elk individueel gevaarlijk punt via een funnel-plot, de verticale rode lijn duidt de effectiviteitsindex aan na meta-analyse; luik (b) toont de resultaten na meta-analyse. _____	27
Figuur 12	Geschatte verandering in het aantal slachtoffers met actieve/kwetsbare en gemotoriseerde modi op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van het programma gevaarlijke punten. _____	28
Figuur 13	Geschatte verandering in het aantal ongevallen op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van het programma gevaarlijke punten naar type herinrichting. _____	31
Figuur 14	Geschatte verandering in het aantal ongevallen en slachtoffers op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van de historische lijst van gevaarlijke punten. Luik (a) toont de impact op het aantal letselongevallen voor elk individueel gevaarlijk punt via een funnel-plot, de verticale rode lijn duidt de effectiviteitsindex aan na meta-analyse; luik (b) toont de resultaten na meta-analyse. _____	36
Figuur 15	Geschatte verandering in het aantal ongevallen en slachtoffers op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van de dynamische lijst van gevaarlijke punten. Luik (a) toont de impact op het aantal letselongevallen voor elk individueel gevaarlijk punt via een funnel-plot, de verticale rode lijn duidt de effectiviteitsindex aan na meta-analyse; luik (b) toont de resultaten na meta-analyse. _____	42

Samenvatting

Doelstelling en methodes

Sinds 2002 investeert de Vlaamse overheid in het wegwerken van 800 locaties met een hoog aantal ongevallen. Deze historische lijst van gevaarlijke punten is quasi volledig afgewerkt waarbij elke aangepaste locatie aangepakt is met een ingreep op maat. Sinds 2018 wordt jaarlijks een dynamische lijst met gevaarlijke locaties opgemaakt die zo'n 200 tot 300 locaties telt – het is de bedoeling dat met deze lijst sneller kan ingegrepen worden op ongevallen 'hotspots'.

De huidige studie onderzoekt de effectiviteit van een programma dat gevaarlijke wegvakken of kruispunten aanpakt. Er wordt een eindevaluatie uitgevoerd van de impact van de historische lijst van gevaarlijke punten, en een tussentijdse evaluatie van de dynamische lijst. Internationaal onderzoek laat zien dat de maatregel kan leiden tot gemiddeld circa 25% minder letselongevallen op de betreffende locaties.

De evaluatiestudie hanteert een voor-na studieopzet waarbij per gevaarlijk punt het aantal ongevallen drie jaar voor een aanpassing vergeleken wordt met het aantal ongevallen tot drie jaar erna. De internationaal aanvaarde Empirical Bayes methode wordt gebruikt omdat deze rekening houdt met vertekende factoren zoals trendeffecten, het stochastisch karakter van ongevallen en regressie naar het gemiddelde. Met een meta-analyse van de individuele effecten per gevaarlijk punt wordt de globale effectiviteit van het programma geschat.

Resultaten

Het programma gevaarlijke punten leidt tot een substantiële daling in het aantal letselongevallen met 24,1%. Er is een gelijkaardig effect voor meer ernstige en lichtere ongevallen. Het zijn vooral de gemotoriseerde weggebruikers die profiteren (-26,3%), maar ook voor kwetsbare weggebruikers wordt het veiliger (-17,3%). Gevaarlijke punten buiten de bebouwde kom kennen een sterkere reductie in letselongevallen (-26,8%). Een structurele herinrichting van een gevaarlijk punt is effectiever dan een kleine ingreep of quick win, maar voor het eerst is aangetoond dat ook de kleine ingrepen een reële impact hebben op de verkeersveiligheid met een reductie van 19,0% ten opzichte van 27,0% bij een structurele ingreep. De meest effectieve maatregelen zijn het plaatsen van afschermende constructies (-42,2%), het voorzien van een tunnel of brug (-39,4%), het aanleggen of vernieuwen van een rotonde (-33,4%), het nemen van circulatiemaatregelen (-33,3%) en het voorzien van vrijliggende fietspaden (-29,5%). Het plaatsen van afschermende constructies en het nemen van circulatiemaatregelen zijn vaak kleine en goedkope ingrepen die dus desondanks effectief blijken. De historische lijst blijkt effectiever dan de dynamische lijst, maar de dynamische lijst zet vooral in op quick wins en een duidelijke tendens met afnemende effectiviteit over de tijd is (nog) niet zichtbaar.

Conclusies

Het aanwijzen, analyseren en vervolgens remediëren van gevaarlijke kruispunten en wegvakken in het kader van de historische en dynamische lijst heeft een positieve impact gehad op de verkeersveiligheid. Dit garandeert echter geen gelijkaardige effecten in de toekomst. Een steeds groter aandeel van verkeersslachtoffers valt buiten de hotspots. Toch bewijst de evaluatie van de dynamische lijst dat er nog steeds winst te behalen valt met een ingreep, en voor gemeenten en bovenlokale wegbeheerders is het een jaarlijkse call-to-action om op basis van objectieve data nog aanwezige gevaarlijke punten weg te werken.

Summary

Background, aims and methods

Since 2002, the Flemish government has invested in treating 800 locations with a high number of crashes. This historical blackspot treatment programme has been almost completed, with all adapted locations being tackled with a tailor-made intervention. Since 2018, a new approach with an annual dynamic list of dangerous locations has been introduced, containing around 200 to 300 locations - the intention of this list is to be able to intervene more quickly in crash 'hotspots'.

The current study investigates the effectiveness of the blackspot treatment programme in Flanders, Belgium. A final evaluation of the historical list of dangerous locations is carried out, and an interim evaluation of the dynamic list. Previous research shows that blackspot management can lead to an average of around 25% fewer injury crashes at the locations concerned.

The evaluation study uses a before-after study design in which the number of crashes per blackspot three years before an intervention is compared with the number of crashes up to three years afterwards. The Empirical Bayes method is applied because it takes into account confounding factors such as trend effects, the stochastic nature of crashes and regression to the mean. The total effectiveness of the programme is estimated with a meta-analysis of the individual effects per blackspot.

Results

The blackspot treatment programme leads to a substantial reduction in the number of injury crashes by 24.1% (crash modification factor = 0.76 [0.71, 0.82]). There is a similar effect for more serious and minor crashes. It is mainly motorised road users who benefit (-26.3%), but there is also a decrease for vulnerable road users (-17.3%). Blackspots outside built-up areas experience a stronger reduction in injury crashes (-26.8%). A structural redesign of a blackspot is more effective than a minor intervention or quick win, but for the first time it has been demonstrated that quick wins also have a real impact on road safety with a statistically significant decrease of 19.0% compared to 27.0% for a more structural intervention. The most effective measures are placing crash barriers or concrete protective structures (-42.2%), building a tunnel or bridge (-39.4%), constructing or renewing a roundabout (-33.4%), changing the circulation (-33.3%) and building segregated cycling infrastructure (-29.5%). Placing crash barriers or changing the circulation are usually minor and inexpensive interventions that still prove effective. The historical list seems more effective than the dynamic list, but the dynamic list has a higher share of quick wins, and a clear trend of decreasing effectiveness over time is not (yet) visible.

Conclusions

The identification, analysis and subsequent remediation of blackspots in Flanders has had a positive impact on road safety. However, this does not guarantee similar effects in the future. An increasing share of road casualties falls outside the hotspots. Nevertheless, the evaluation of the dynamic list proves that currently there is still profit to be gained from an intervention, and for municipalities and supra-local road authorities the annual list is a call-to-action to eliminate any remaining dangerous spots based on objective crash data.

1 Inleiding

1.1 Context

De Vlaamse overheid zet in op meer veiligheid in het verkeer. De actieve weggebruiker krijgt in dat beleid een prominente plaats. Toch is er nog veel werk aan de winkel met 270 verkeersdoden, waarvan 88 fietsers en 41 voetgangers in 2023 (cijfers Statbel (Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium)). Het Verkeersveiligheidsplan Vlaanderen 2021-2025, dat richting geeft aan het beleid, stelt onder andere te streven naar een verkeersveiligheidsbeleid dat sterker gestuurd wordt vanuit en ondersteund wordt door onderzoek. Dit leidde tot de huidige evaluatiestudie die de effectiviteit van het programma gevaarlijke punten nagaat.

Opmaak van de historische en dynamische lijst van gevaarlijke punten

In 2002 besliste de Vlaamse overheid om 800 gevaarlijke punten via 809 projecten weg te werken. Deze historische lijst van gevaarlijke punten, of zwarte punten, werd opgemaakt op basis van de beschikbare gelokaliseerde ongevallengegevens met een prioriteitscore van minstens 15. De prioriteitscore van een gevaarlijk punt werd berekend op basis van het totaal aantal letselongevallen op die locatie over een periode van 3 jaar. Hierbij werd de 5 – 3 – 1 score gehanteerd (5 voor een dodelijk slachtoffer – 3 voor een zwaargewond slachtoffer – 1 voor een lichtgewond slachtoffer). Bij de samenstelling van de lijst werd bijkomend een verhogingscoëfficiënt toegepast van 1,5 op ongevallenlocaties met fietsslachtoffers.

Daarnaast startte de Vlaamse overheid in 2018 met een nieuwe aanpak voor de gevaarlijke punten. Door jaarlijks een dynamische lijst met gevaarlijke punten op te maken en voor de aanpak van deze punten ook met 'quick wins' te werken, wil de overheid gevaarlijke punten sneller aanpakken. De jaarlijkse dynamische lijst wordt opgemaakt op basis van de meest recent beschikbare gelokaliseerde ongevallengegevens en geeft een overzicht van de gevaarlijke punten langs gewestwegen in Vlaanderen die een prioriteitscore van minstens 15 hebben. De prioriteitscore van een gevaarlijk punt wordt berekend op basis van het totaal aantal letselongevallen over een periode van 3 jaar; concreet: de lijst van 2018 steunt op ongevallendata van 2014-2015-2016. Sinds 2019 wordt hierbij een hogere wegingsfactor toegekend aan de betrokken kwetsbare weggebruikers, namelijk 1,7. Elk jaar belanden ongeveer 300 punten op de dynamische lijst; sommige punten komen in meerdere jaren terug.

Aanpak van punten op de gevaarlijke puntenlijst

Het vaststellen van gevaarlijke punten is een eerste stap, vervolgens moeten die punten één per één bestudeerd en indien nodig aangepakt worden. Er wordt steeds een locatie-specifieke oplossing voorgesteld. Dat is niet altijd eenvoudig omdat vele verschillende oorzaken aan de basis van een ongeval kunnen liggen, zoals infrastructuur, maar ook gedrag, omgeving, enzovoort.

Historische lijst:

- De meeste punten zijn ondertussen op het terrein aangepakt; enkele zijn nog in uitvoering.
- Voor 20 tot 25% van de gevaarlijke punten werd niet gekozen voor een grondige infrastructurele aanpak (zoals een rotonde of ondertunneling), maar voor een kleine ingreep (zoals wegmarkeringen of verkeerslichten).

Dynamische lijst:

- De eerste jaarlijkse dynamische lijst was er in 2018. Er is nu een centrale opvolglijst met alle punten die ooit op de dynamische lijst hebben gestaan.
- Een aantal punten worden jaarlijks geïdentificeerd als geen link te hebben met infrastructuur – zij worden niet verder beschouwd.
- Er wordt getracht om snel een oplossing te kunnen bieden aan gevaarlijke punten via quick wins. Ongeveer 85% van de punten wordt aangepakt via een quick win.

Sommige punten zijn aangepakt met een dubbele aanpak: op deze locaties vonden meerdere ingrepen plaats overheen de beschouwde tijdsperiode. Soms komt een punt dat reeds aangepakt werd in het kader van de historische lijst terug op de dynamische lijst.

Evaluatiestudies naar effectiviteit van ingrepen

Er werden in het verleden reeds beperkte effectevaluatiestudies van de historische lijst van gevaarlijke punten uitgevoerd:

1. Studie van De Pauw et al. (2012)
In 2011 gebeurde er reeds een tussentijdse evaluatie van de historische gevaarlijke puntenlijst in Vlaanderen waarbij 134 punten geëvalueerd werden. Deze analyse toonde een daling in het aantal ongevallen met doden en zwaargewonden van 40% tot 52%. Er werd ook een significante daling vastgesteld in het aantal letselongevallen: afhankelijk van de gebruikte vergelijkingsgroep bedroeg de daling 24% of 27%. Kleine ingrepen (i.e. quick wins) waren niet inbegrepen in deze evaluatie.
2. Beperkte analyse van het Rekenhof (2022)
Voor de audit van het Rekenhof werd aan het Departement MOW gevraagd om de prioriteitscores te berekenen van alle projecten die al waren afgewerkt, waarbij de prioriteitscore steeds gebaseerd werd op het aantal ongevallen tussen 2017 en 2019. Het Rekenhof vergeleek de prioriteitscore '2017-2019' met de prioriteitscore bij de start. Op die manier werden 711 punten vergeleken, inclusief kleine ingrepen. De reductie van de prioriteitscores was zeer aanzienlijk, namelijk 76,6%. Deze analyse van het Rekenhof is een ruwe vergelijking van de data en geen wetenschappelijke analyse (er werd niet gecontroleerd voor vertekende factoren).

Ook in het Europese project SafetyCube (Ziakopoulos & Papadimitriou, 2017) werden in de internationale literatuur statistisch significante dalingen gevonden in het aantal letselongevallen als gevolg van de aanpak van gevaarlijke punten.

Op basis van deze voorgaande studies kan voorlopig geconcludeerd worden dat inzetten op gevaarlijke punten werkt.

1.2 Onderzoeksvragen

Het departement Mobiliteit en Openbare Werken van de Vlaamse overheid vraagt om een evaluatiestudie die nagaat wat de impact van het gevaarlijke punten programma is (geweest) op de verkeersveiligheid. Enerzijds is er de eindevaluatie van de historische gevaarlijke puntenlijst op vlak van verkeersveiligheidseffecten, anderzijds een tussentijdse effectevaluatie van de dynamische werking (sinds 2018) en de verkeersveiligheidseffecten van de reeds aangepaste gevaarlijke punten.

De hoofdtak van het huidige onderzoek luidt aldus: "Een evaluatie van de mate waarin het programma gevaarlijke punten heeft bijgedragen, en nog steeds bijdraagt, aan een verhoogde verkeersveiligheid."

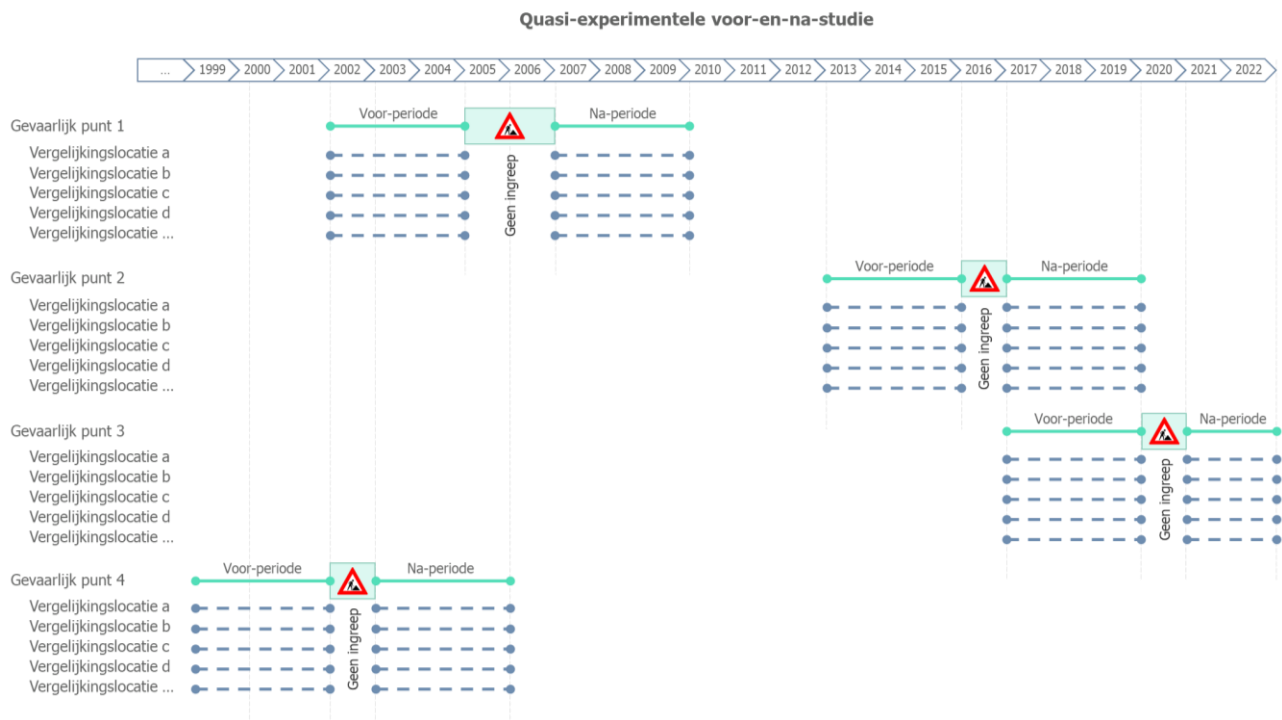
Voor beide evaluaties wenst de opdrachtgever verder een zicht te krijgen op de effecten van de gekozen ingreep (met aandacht voor bepaalde type-oplossingen) ter verhoging van de verkeersveiligheid op de locatie van het gevaarlijk punt. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen kleinere ingrepen (of quick wins) en de grotere meer structurele ingrepen. Bijkomend gaat aandacht uit naar gevaarlijke punten die aangepakt werden met een dubbele aanpak. Ook het type weginfrastructuur, voor en na, dient bij de evaluaties telkens mee beschouwd te worden om de eventuele invloed hiervan te kunnen inschatten.

2 Methodiek

2.1 Onderzoeksdesign

2.1.1 Algemeen opzet

Het onderzoek wordt opgezet als een voor-en-na-studie in een quasi-experimenteel onderzoeksdesign (Figuur 1): de evolutie in letselongevallen op gevaarlijke punten met een herinrichting (voorgesteld als gevaarlijk punt 1 t.e.m. 4 in Figuur 1) wordt vergeleken met de evolutie op punten waar geen herinrichting plaatsvond (vergelijkingslocatie a, b, c, d, ...). De statistische analyse houdt hierbij rekening met mogelijke vertekende factoren, vb. de algemene verkeersveiligheid kan erop vooruit gegaan zijn; het aantal verkeersslachtoffers op een locatie was door toeval hoog drie jaar voor het opmaken van de lijst; of de punten waar voor de herinrichting (deels toevallig) meer ongevallen gebeurden, zijn eerst aangepakt en de volgorde werd dus niet 'at random' geselecteerd. Een generieke analyse gaat de impact van het gevaarlijke punten programma in zijn totaliteit na; analyses in subgroepen kunnen uitspraken doen over een hogere of lagere effectiviteit in bepaalde groepen (naar ernst, vervoermiddel, kenmerken van de locatie, type aanpak, type herinrichting). De historische gevaarlijke puntenlijst en de dynamische lijst worden zowel samen als afzonderlijk geanalyseerd. Punten die heringericht zijn tot en met 2021 worden meegenomen in de analyse; er moet namelijk ongevallendata beschikbaar zijn na afronding van de ingreep.



Figuur 1 Illustratie van het onderzoeksopzet van de voor-en-na-studie met vergelijkgroep. Een combinatie van het verwacht en gemeten aantal letselongevallen in de voor-periode wordt vergeleken met het aantal letselongevallen in de na-periode om de directe impact van de herinrichting van gevaarlijke punten na te gaan.

2.1.2 Voor-en-na-studie

Vrijwel alle onderzoeken die de effecten van verkeersveiligheidsmaatregelen evalueren, zijn observationeel. De huidige studie hanteert een eerder quasi-experimentele aanpak: enerzijds zijn de aangepakte gevaarlijke punten niet volledig willekeurig geselecteerd uit de lijst van gevaarlijke punten (indien volledig willekeurig betreft het een experimentele studie), anderzijds berust de volgorde van aanpak wel op een heel aantal toevallige elementen (politiek draagvlak, jaarlijkse budgetbeperkingen, lokale factoren). Gevaarlijke punten

met de hoogste prioriteitscore werden niet bewust prioritair behandeld – alle punten zijn ‘voldoende’ gevaarlijk en bij allen zijn aanpassingen gewenst en bovendien urgent. Een vaak gehanteerd studiedesign binnen observationele studies is de voor-en-na-studie met vergelijkingsgroep (Elvik, 2002). Het grootste gevaar voor de validiteit van voor-en-na-studies is dat er onvoldoende rekening gehouden wordt met vertekenende factoren. Dit zijn factoren, andere dan de bestudeerde ingreep zelf, die evoluties in het aantal ongevallen kunnen beïnvloeden. Studies die onvoldoende corrigeren voor vertekenende factoren overschatten gewoonlijk de impact van maatregelen op de verkeersveiligheid (Elvik, 2002).

Belangrijke vertekenende factoren bij het evalueren van een verkeersveiligheidsmaatregel zijn:

- ▶ **Stochastisch karakter van verkeersongevallen:**
Verkeersongevallen zijn tot op zekere hoogte toevallige gebeurtenissen, hetgeen betekent dat het aantal ongevallen op een bepaalde locatie sterk kan schommelen, ook zonder toewijsbare redenen. Omwille van dit random element is het aangewezen om met statistische methodes te werken om de significantie van veranderingen te toetsen.
- ▶ **Lange termijn trendeffecten:**
De verkeersveiligheid kan in zijn geheel verbeteren (of verslechteren) door andere factoren, zoals andere verkeersveiligheidsmaatregelen, veranderingen in de attitudes, veranderingen in het registratieniveau van verkeersongevallen, effecten van het weer, veranderingen in het verkeersvolume of veranderingen in de eigenschappen van voertuigen. Om hiervoor te corrigeren is het noodzakelijk om een vergelijkingsgroep op te nemen in het onderzoeksdesign. Dit zijn gevaarlijke punten waar nog geen maatregelen werden geïmplementeerd maar die verder zo vergelijkbaar mogelijk zijn.
- ▶ **Regressie naar het gemiddelde:**
Regressie naar het gemiddelde is een statistisch fenomeen dat beschrijft hoe variabelen die veel hoger of lager zijn dan het gemiddelde vaak veel dichter bij het gemiddelde liggen wanneer ze een tweede keer gemeten worden. Regressie naar het gemiddelde is te wijten aan natuurlijke variatie of toeval. Regressie naar het gemiddelde kan optreden in verkeersveiligheidsonderzoek omdat de maatregelen die geëvalueerd worden vaak werden ingevoerd op plaatsen waar er voordien veel ongevallen gebeurden. Dit betekent dat deze locaties een vertekende steekproef vormen van de volledige populatie en dat locaties waar het aantal ongevallen toevallig *overschat* werd een grotere kans hadden geselecteerd te worden dan locaties waar dit aantal *onderschat* werd. Regressie naar het gemiddelde houdt in dit geval in dat er bij de locaties waar het aantal ongevallen in de voormeting toevallig overschat werd, in de nameting een vermindering verwacht wordt die puur te wijten is aan de “meetfout” tijdens de voormeting. Specifiek bij een gevaarlijke punten programma blijkt dit effect aanwezig te zijn en is correctie belangrijk (Elvik, 2002). Om te corrigeren voor regressie naar het gemiddelde is het gebruik van een Empirical Bayes-methode aangewezen. In deze methode wordt in de voormeting het aantal geobserveerde ongevallen gecombineerd met een verwachte waarde. Het idee van deze combinatie is dat het resulterende getal de werkelijke onveiligheid van de locatie in kwestie zo goed mogelijk aanduidt en dus zo min mogelijk wordt beïnvloed door toevallige elementen.
- ▶ **Veranderingen in verkeersvolume:**
Tussen de voor-en-na-periode kan het verkeersvolume gewijzigd zijn, bijvoorbeeld een groei in lijn met de groei van de economie. Een wijziging van verkeersvolume kan een invloed hebben op het ongevallenaantal. In Elvik (2002) wordt echter aangegeven dat het niet aangewezen is om expliciet te controleren voor het verkeersvolume indien de vergelijkingsgroep (en de ongevallenaantallen) voldoende groot is. Aan de hand van de vergelijkingsgroep wordt namelijk al gecorrigeerd voor een verandering in verkeersvolume, nogmaals corrigeren zou leiden tot een dubbeltelling. Ingrepen die een duidelijke directe impact hebben op het lokale verkeersvolume, vb. vermindering van rijstroken of omleiden van verkeer, kunnen op basis van de huidige dataset niet geïdentificeerd worden. Op de meeste gevaarlijke punten zijn er verkeerstellingen uitgevoerd vóór een ingreep, na uitvoering is er echter geen informatie over het volume.

Voor elk gevaarlijk punt wordt een **unieke voor-en-na-periode** gedefinieerd. We willen in eerste instantie zicht krijgen op de directe verkeersveiligheidswinst, d.w.z. de eerste jaren na aanpak. Concreet vergelijken we de ongevallen en slachtoffers 3 jaar voor het jaar van aanpak, met een periode tot 3 jaar na aanpak (standaard voorzien we een periode van 3 jaar, enkel voor gevaarlijke punten die later aangepakt zijn, is deze periode

korter)¹. We volgen eenzelfde aanpak voor de historische gevaarlijke puntenlijst en de dynamische lijst. De 3 jaren voor de aanpak zijn dus niet dezelfde jaren als de jaren op basis waarvan de prioriteitscore berekend is. Bijkomend gaan we na hoe de verkeersveiligheid evolueert op middellange en lange termijn (enkel van toepassing op de historische lijst; middellange termijn bedraagt 4-6 jaar na aanpak; lange termijn bedraagt 7-9 jaar na aanpak), met de nodige omzichtigheid op vlak van interpretatie.

De **onderzoeksgroep** bestaat uit locaties aangepakt in het gevaarlijke puntenprogramma (historische en dynamische lijst). In deze studie bestaat de onderzoeksgroep uit bijna 1000 locaties waar reeds een ingreep of herinrichting plaatsvond. De **vergelijkingsgroep** bestaat uit zeer vergelijkbare locaties waar (nog) geen aanpassingen gebeurd zijn. Een goede vergelijkingsgroep definiëren is een uitdaging omdat gevaarlijke punten net geselecteerd zijn omdat er initieel de meeste ongevallen gebeurden. Vergelijkbare locaties wat betreft typologie, zouden intrinsiek eerder veiliger kunnen zijn. Daarom kiezen we ervoor om als vergelijkingsgroep locaties te gebruiken die eveneens opgenomen zijn in de historische of dynamische gevaarlijke puntenlijst, maar die nog niet of pas na 2021 heringericht zijn, naar analogie met de methode zoals gebruikt in De Pauw et al. (2012). In de huidige studie wordt de vergelijkingsgroep aangepast per gevaarlijk punt. Een gevaarlijk punt uit de historische lijst aangepakt in bijvoorbeeld 2010, zal een vergelijkingsgroep hebben bestaande uit punten uit de historische of dynamische lijst die nog niet aangepakt zijn in 2013 (jaar van herinrichting +3 jaar) of vroeger. Punten uit de historische lijst die pas aangepast zijn in bijvoorbeeld 2017 zullen een kleinere vergelijkingsgroep hebben dan het eerder vermelde punt aangepakt in 2010, namelijk punten uit de historische en de dynamische lijst nog niet aangepast in 2018, 2019 of 2020. Voor punten uit de dynamische lijst hanteren we een zelfde werkwijze. We streven steeds naar een vergelijkingsgroep van minimaal een 100-tal locaties. Hierbij veronderstellen we dat de punten met de hoogste prioriteitscore niet noodzakelijk vroeger/snelser zijn aangepakt – in de eerdere tussentijdse effectevaluatie van de historische gevaarlijke puntenlijst bleek dit een geldige veronderstelling (De Pauw et al., 2012). In de huidige analyse kunnen punten dus zowel tot de onderzoeksgroep als de vergelijkingsgroep behoren, wat de vergelijkbaarheid van de locaties uiteraard groot maakt. In een sensitiviteitsanalyse wordt ook een alternatieve vergelijkingsgroep getest (zie 2.1.4).

2.1.3 Empirical Bayes methode

Een statistische methode die geschikt is voor voor-en-na-studies en die rekening kan houden met de vertekenende factoren, is de Empirical Bayes (EB) methode. De methode wordt hier kort toegelicht, voor een gedetailleerde beschrijving van de EB methode wordt verwezen naar Hauer (1997).

De EB methode start met het berekenen van een afzonderlijk verkeersveiligheidseffect voor elke onderzoekslocatie. Dit effect noemen we de **crash modification factor (CMF)**. De CMF wordt geschat via onderstaande formule. Het aantal ongevallen op de onderzoekslocatie tijdens de periode na het invoeren van de maatregel wordt gedeeld door het aantal ongevallen op de onderzoekslocatie tijdens de periode voor het invoeren van de maatregel. Is dit quotiënt groter dan 1, dan is er een stijging in het aantal ongevallen; bij een waarde kleiner dan 1 is het aantal ongevallen gedaald. Om te corrigeren voor een mogelijke regressie naar het gemiddelde wordt het aantal ongevallen gedeeltelijk gebaseerd op een verwachte waarde (en niet enkel de geobserveerde waarde). Het verwachte aantal ongevallen voor en na op een onderzoekslocatie wordt geschat met behulp van het aantal ongevallen op vergelijkbare locaties. De getallen, aangeduid met $E(\hat{\delta}_{NA}|O_{NA})$ en $E(\hat{\delta}_{VOOR}|O_{VOOR})$ in onderstaande formule, worden geschat via de EB methode op basis van het geobserveerd aantal ongevallen (O_{VOOR} en O_{NA}) en het verwachte aantal ongevallen ($\hat{O}_{VOOR}$ en $\hat{O}_{NA}$). Om de effecten van andere maatregelen en evoluties te onderscheiden, wordt de ratio van de geschatte aantallen ongevallen op de onderzoekslocatie gedeeld door de algemene verkeersveiligheidstrend die wordt uitgedrukt als de ratio van het aantal ongevallen op de vergelijkingslocaties in de na-periode (V_{NA}) en het aantal ongevallen op deze locaties in de voor-periode (V_{VOOR}).

$$CMF = \frac{E(\hat{\delta}_{NA}|O_{NA}) / E(\hat{\delta}_{VOOR}|O_{VOOR})}{V_{NA} / V_{VOOR}}$$

¹ De periode van 3 jaar (in plaats van een kortere periode) zorgt enerzijds voor een accuratere inschatting van weinig voorkomende letselongevallen; anderzijds kozen ook meerdere voorgaande voor-en-na-studies voor een periode van 3 jaar omdat deze periode representatief kan verondersteld worden voor de korte termijn of directe impact.

Een CMF kleiner dan 1 toont dat het aantal ongevallen op de locatie in kwestie sterker verminderd (of minder sterk gestegen) is dan je op basis van de algemene trend zou verwachten. Dit wil zeggen dat de kans op een ongeval kleiner geworden is. Bij elke CMF schatten we ook de standaardfout die aangeeft hoe groot het betrouwbaarheidsinterval rond de CMF is. Des te kleiner de standaardfout des te nauwkeuriger de CMF. CMF's die op basis van veel ongevallen geschat zijn, hebben een kleinere standaardfout (en dus ook een smaller betrouwbaarheidsinterval) dan CMF's die slechts op weinig ongevallen gebaseerd zijn. In de huidige studie hanteren we een 95% betrouwbaarheidsinterval – dit wil zeggen dat er 95% kans is dat het werkelijke effect binnen deze grenzen ligt. Indien het betrouwbaarheidsinterval de waarde 1 niet bevat, beschouwen we het resultaat als statistisch significant. Bij een niet-statistisch significant resultaat kan er effectief geen impact zijn van de ingreep, maar kan ook de statistische kracht onvoldoende zijn door een te kleine steekproef waardoor een mogelijk echt effect niet gedetecteerd wordt.

Om tot een algemene conclusie te komen over het effect van het programma gevaarlijke punten (of respectievelijk de historische en/of dynamische lijst) wordt een **meta-analyse** van de gevonden effecten uitgevoerd. Het resultaat is een globale effectiviteitsindex. In een meta-analyse worden normaalgesproken resultaten uit verschillende studies samengevat. De techniek schikt zich echter ook om effecten van verschillende locaties samen te vatten (Nuyts & Cuyvers, 2003). In feite is een meta-analyse niet meer dan een gewogen gemiddelde van alle CMF's. De weging hangt daarbij af van de standaardfout: CMF's met een kleine standaardfout krijgen een hoger gewicht dan die met een grote standaardfout.

Eerst analyseren we alle CMF's samen voor een "overall effect". Vervolgens groeperen we de CMF's naargelang de kenmerken van de locatie, het type aanpak en het type ingreep, en berekenen we afzonderlijke CMF's voor verschillende types verkeersdeelnemers.

2.1.4 Sensitiviteitsanalyses

Om de robuustheid van de resultaten na te gaan, worden een aantal **sensitiviteitsanalyses** uitgevoerd. In een sensitiviteitsanalyse wordt onderzocht in welke mate het resultaat van een analyse wordt beïnvloed door een verandering van methode, van waarden, variabelen of uitgangspunten. Hiertoe worden een aantal scenario's naast elkaar gelegd. In de sensitiviteitsanalyse vergelijken we telkens de impact van een ingreep op een gevaarlijk punt op het aantal letselongevallen in verschillende scenario's.

Als eerste wordt een alternatieve vergelijkingsgroep getest bij het corrigeren voor de algemene trend. Deze alternatieve vergelijkingsgroep is de algemene ongevallentrend in Vlaanderen, dit is het totaal aantal letselongevallen en slachtoffers in het verkeer in Vlaanderen per jaar en naar ernst. Vervolgens wordt in een tweede sensitiviteitsanalyse getest of het hanteren van een grotere zone rondom gevaarlijke punten of wegvakken voor het toewijzen van ongevallen aan dat gevaarlijk punt een impact heeft op de effectschatting. Uiteindelijk bekijken we of de grootte van het effect afhankelijk is van het jaar van de ingreep.

2.2 Data

2.2.1 Lijst van gevaarlijke punten

2.2.1.1 Minimaal benodigde dataset

De documentatie van ingrepen die hebben plaatsgevonden op gevaarlijke punten bleek niet altijd compleet. Vooral bij de oudere ingrepen werden aanpassingen niet altijd volledig en systematisch toegevoegd aan de databank met gevaarlijke punten. Bij aanvang van het project werd daarom een lijst opgesteld van variabelen die minimaal noodzakelijk zijn voordat een punt kan opgenomen worden in de huidige analyse. Deze lijst geldt zowel voor de punten op de historische lijst als op de dynamische lijst. Voor deze minimaal benodigde dataset werd gestreefd naar een volledigheid van 90%; er werd dus rekening gehouden met een uitval tot 10% van de punten waarvoor de hoogst noodzakelijke gegevens niet met zekerheid konden teruggevonden worden. Met deze dataset beantwoorden we de vraag: "Welke ingreep, waar en wanneer?"

De minimaal benodigde dataset voor alle punten op de historische en dynamische lijst bevat de volgende variabelen:

Identificatiecode	Unieke identificatiecode overgenomen vanuit de oorspronkelijke lijsten met gevaarlijke punten. Vanuit de identificatiecode kan afgeleid worden of een punt behoort tot de historische of de dynamische lijst van gevaarlijke punten.
Locatie (x en y coördinaten)	Er was bij de opdrachtgever onzekerheid over de kwaliteit van deze data, vooral in de historische lijst. Bij een visuele en steekproefsgewijze controle kwam dit eveneens naar boven. De historische lijst bevatte een beschrijving van de maatregel en informatie over de kruisende straten. Deze info werd gebruikt om de juistheid van de coördinaten systematisch te evalueren. De kruisende straten werden automatisch gegeocodeerd (omzetten van straatnamen naar breedtegraad/lengtegraad). De punten waarbij de oorspronkelijke coördinaten afweken van de gegenereerde coördinaten (>100m verschil; 39% van de punten) werden één per één bestudeerd (via luchtfoto's, afbeeldingen op straatniveau, en in combinatie met de beschrijving van de ingreep). Indien nodig, werden de oorspronkelijke coördinaten bijgesteld. Bij blijvende onzekerheid werd informatie uit de dossiers van het punt gehaald en/of werden de lokale afdelingen van AWW geconsulteerd.
Datum (of jaar) afronding/uitvoering werken	Voor sommige punten ontbrak informatie over het moment van de uitgevoerde aanpassingen. Vooral voor kleine ingrepen op punten uit de historische lijst was deze informatie nog niet aanwezig bij de start van de evaluatie. Lokale afdelingen van AWW werd gevraagd om deze informatie aan te vullen. Indien geen informatie over de opleverdatum (datum openstelling voor verkeer) gevonden werd, werden luchtfoto's en afbeeldingen op straatniveau geconsulteerd om deze informatie aan te vullen. Dit was niet in alle gevallen mogelijk: een aanpassing aan een lichtenregeling is bijvoorbeeld niet zichtbaar op foto's.
Datum (of jaar) start werken 'in uitvoering'	Deze informatie was standaard niet aanwezig in de oorspronkelijke dataset. Ook in de dossiers bij AWW werd deze informatie vroeger niet standaard bijgehouden. Bij visuele inspectie (via luchtfoto's, afbeeldingen op straatniveau) werd indien mogelijk het jaar van de start van werken aangevuld. Ook andere informatie werd sporadisch geconsulteerd (vb. fiches wegenwerken op de website van AWW, websites van lokale besturen, persartikels), vooral voor recentere ingrepen. Wanneer er niet met zekerheid een jaar van aanvang van de werken kon bepaald worden, werd er voor structurele ingrepen een startdatum van eindjaar-2 verondersteld; voor kleine ingrepen werd eindjaar-1 gebruikt.
Type aanpak	- o Structurele ingreep (= een grondige infrastructurele aanpak, zoals een rotonde of ondertunneling) - o Kleine ingreep/'quick win' (= een ingreep met een beperkte infrastructurele impact, zoals wegmarkeringen of verkeerslichten (zonder afzonderlijke infrastructuraanbesteding, maar via de lopende (onderhouds)contracten van de territoriale afdelingen)) - o Geen ingreep
Type herinrichting / aanpassing / oplossing	De huidige categorisering uit KIM (Knelpunten en Ingrepen Management, AWW) werd toegepast op alle gevaarlijke punten in het kader van de huidige analyse. Enkele categorieën uit KIM bleken niet relevant voor de verkeersveiligheid en werden uitgesloten zoals een fietsenstalling of een Hoppinzuil. De categorie 'rotonde' werd toegevoegd als afzonderlijke categorie. In de meeste gevallen zijn verschillende maatregelen tegelijkertijd genomen – er zullen dus meestal meerdere labels geplakt worden op een aanpassing van een gevaarlijk punt. Deze indeling was grotendeels aanwezig in de dynamische lijst van gevaarlijke punten. In de historische lijst was meestal een korte niet-gestandaardiseerde beschrijving van de maatregel aanwezig, maar voor het huidige project werd een extra variabele aangemaakt met KIM-categorieën.

	Categorieën: ▪ Horizontale signalisatie ▪ Verticale signalisatie/bebakening ▪ Infrastructuurwerken (weg): nieuwbouw of verbouwing van wegen en kunstwerken ▪ Ronde (aanleg/vernieuwing) ▪ Kunstwerk (brug, tunnel) ▪ Structureel onderhoud ▪ Oversteekvoorzieningen ▪ Verlichting (openbare verlichting, punctuele verlichting: verlichte voetgangersoversteekplaats / fietsoversteekplaats (VVOP/VFOP)) ▪ VRI of verkeersregelininstallatie (plaatsen/aanpassen) ○ (gedeeltelijk) conflictvrij / klassiek / geen info beschikbaar ▪ Afscherpende constructies ▪ Fietsinfrastructuur: aanliggend (aanleg/vernieuwing) ▪ Fietsinfrastructuur: vrijliggend (aanleg/vernieuwing) ▪ Handhaving (trajectcontrole, snelheidscamera, roodlichtcamera...) ▪ Snelheidsregime ▪ Voorrangsregeling ▪ Circulatiemaatregelen ▪ Straatmeubilair (omegabeugels, paaltjes...) ▪ Verbeteren zichtbaarheid ▪ Verwijderen obstakel(s)
--	--

2.2.1.2 Aanvullende data uit dossiers

Naast de minimaal benodigde data die noodzakelijk is voor elk gevaarlijk punt in de analyse, zijn er ook extra variabelen gedefinieerd. Deze data afkomstig uit de dossiers maken interessante analyses in subcategorieën mogelijk, maar zijn meestal niet beschikbaar voor alle punten:

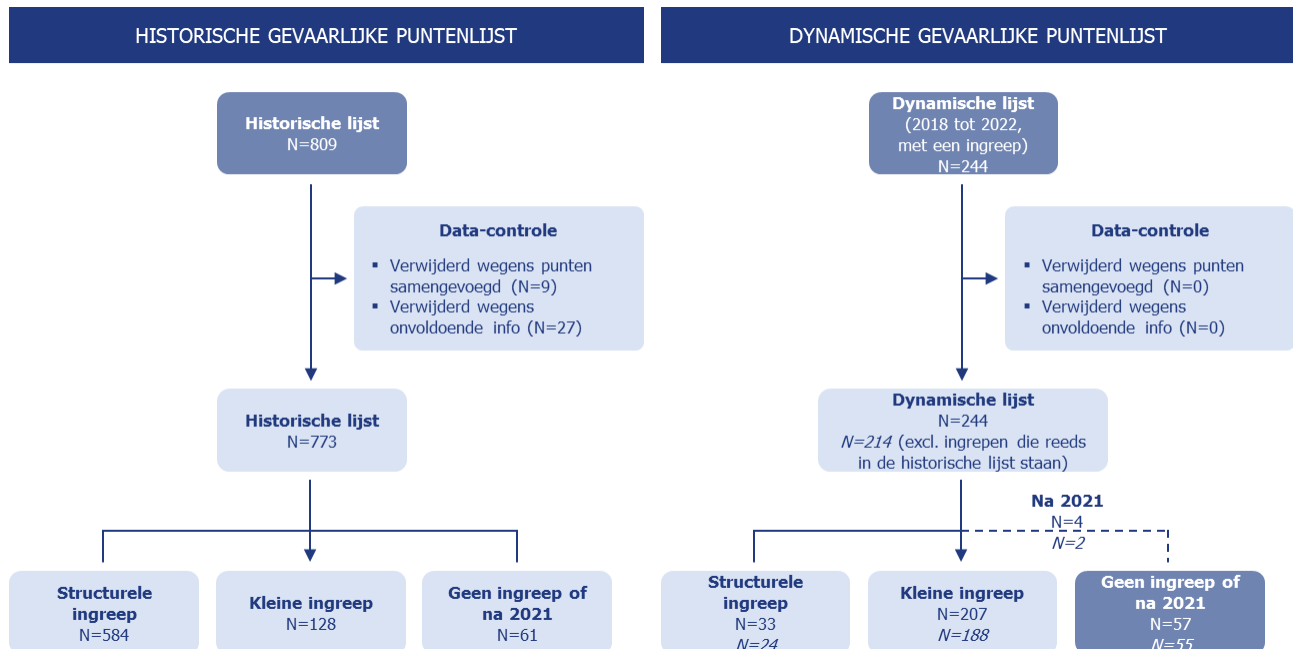
- Verkeerstellingen: Vonden plaats na identificatie als gevaarlijk punt, maar voor de herinrichting. Er werd meestal gebruik gemaakt van visuele tellingen. Tellingen gebeurden in de regel op 1 weekdag, tijdens de ochtendspits (7-9u) en de avondspits (16-18u).
De volgende afgeleide variabelen werden gebruikt voor de huidige studie: Personenauto-equivalent (PAE) tijdens een gemiddeld spitsuur op de drukste tak van het kruispunt; aantal kwetsbare weggebruikers ((brom)fietzers en voetgangers) op het kruispunt per uur (som van alle takken).
- Type (kruis)punt: Gecodeerd op basis van informatie uit de terreinfiches van elk punt, i.e. de situatie voor de herinrichting. De gebruikte categorieën zijn: wegvak, kruispunt met 3 takken, kruispunt met 4 takken, kruispunt met meer dan 4 takken, rotonde.
- Gewogen prioriteitscore vóór aanpak: De score op de gevaarlijke puntenlijst (historische lijst: eenmalige score; dynamische lijst: gemiddelde score indien meerdere scores beschikbaar).
- Kostprijs van elk project: Uitgedrukt in euro. Meestal betreft het een kostenraming, exclusief BTW.

2.2.1.3 Selectie van locaties

Alle gevaarlijke punten op de historische lijst en/of dynamische lijst worden verder meegenomen in de analyse, als en slechts als de minimaal benodigde data beschikbaar is, zoals hierboven beschreven. Figuur 2 geeft middels een stroomdiagram weer hoeveel onderzoekslocaties uiteindelijk meegenomen worden vanop de historische en de dynamische lijst. Gevaarlijke punten of wegvakken waar geen ingreep heeft plaatsgevonden, of waar de ingreep pas na 2021 werd afgerond, kunnen als vergelijkingsgroep gebruikt worden.

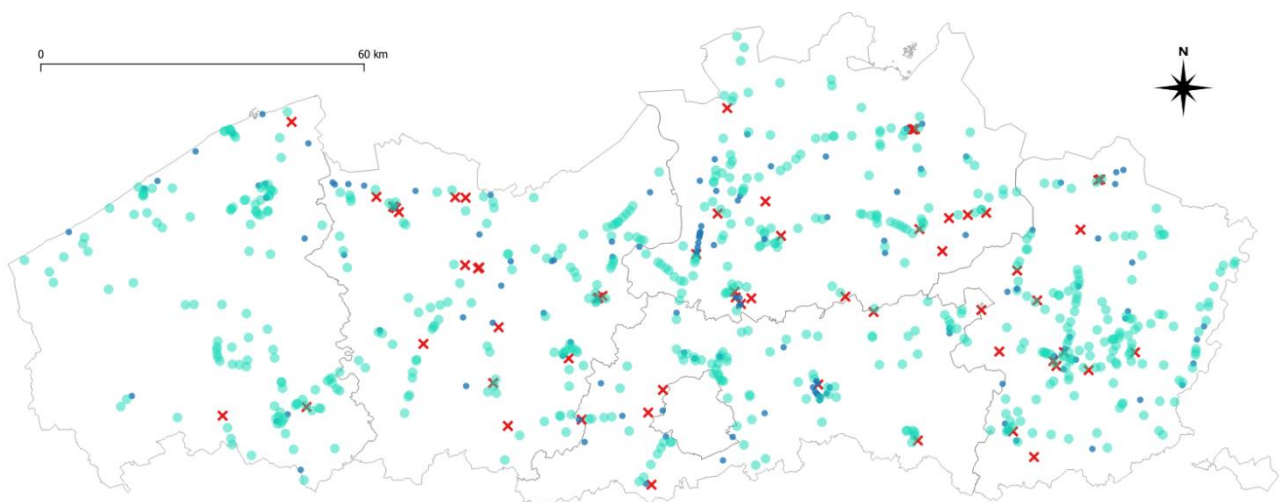
Zoals blijkt uit Figuur 2 was voor 773 gevaarlijke punten van de historische lijst de minimaal benodigde data beschikbaar; in de dynamische lijst was dit voor 244 punten het geval (waarvan er 30 op identieke wijze in de historische lijst zijn opgenomen). Hiermee wordt de vooropgestelde volledigheid van 90% gehaald. Wanneer verderop de effectiviteit van het programma gevaarlijke punten wordt nagegaan (d.i. de combinatie van de historische en de dynamische lijst), is het belangrijk om de identieke ingrepen/punten slechts eenmaal op te nemen in de dataset – daarom worden de aantallen ook vermeld op de figuur (*cursief* gedrukt).

584 punten van de historische lijst en 33 punten van de dynamische lijst hebben een structurele ingreep ondergaan (tot en met 2021). 128 punten van de historische lijst en 207 punten van de dynamische lijst hebben een kleine ingreep of quick win ondergaan (tot en met 2021). In totaal zorgt dit voor 924 unieke gevaarlijke punten op de gecombineerde lijst van historische en dynamische gevaarlijke punten: deze punten vormen de onderzoeksgroep. De eindevaluatie van de historische lijst kan steunen op een onderzoeksgroep van 712 gevaarlijke punten met een herinrichting of aanpassing. Voor de analyse van de dynamische lijst kan er uiteindelijk gebruik gemaakt worden van 240 gevaarlijke punten met een herinrichting of aanpassing.

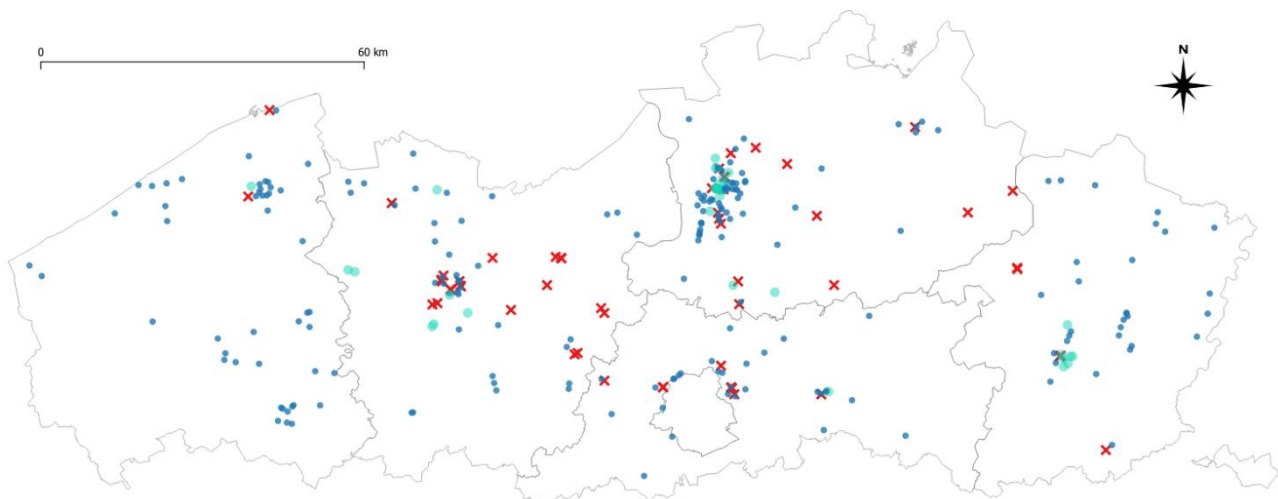


Figuur 2 Stroomdiagram van de selectie van locaties in de onderzoeksgroep. Drie datasets waren beschikbaar bij aanvang van de analyses (aangeduid met een donkerblauw vak): de volledige historische lijst (met en zonder aanpak), een lijst met reeds aangepakte gevaarlijke punten van de dynamische lijsten (2018-2022), een lijst met nog niet aangepakte gevaarlijke punten van de dynamische lijsten (2018-2022). De cursieve getallen verwijzen naar ingrepen op punten op de dynamische lijst die niet reeds opgenomen zijn in de historische lijst.

De gevaarlijke punten die opgenomen worden in de analyse liggen verspreid over Vlaanderen, zowel wat betreft de historische lijst (Figuur 3) als de dynamische lijst (Figuur 4). Op de kaarten wordt goed zichtbaar dat de historische lijst vooral bestaat uit punten met een structurele ingreep, terwijl punten op de dynamische lijst vaker via een quick win worden aangepakt.



Figuur 3 Kaart met de historische lijst van gevaarlijke punten (structurele ingreep = groenblauw; kleine ingreep = donkerblauw; geen ingreep/na 2021 = rood)



Figuur 4 Kaart met de dynamische lijst van gevaarlijke punten (structurele ingreep = groenblauw; kleine ingreep = donkerblauw; geen ingreep/na 2021 = rood)

Bijzondere aandacht gaat uit naar een groep van gevaarlijke punten waar meer dan 1 keer een ingreep plaatsvond doorheen de tijd. We benoemen dit als punten met een **dubbele aanpak**. Het betreft 38 locaties waar deze dubbele aanpak geïdentificeerd kon worden:

- ▶ 34 locaties eenmaal aangepakt in het kader van de historische en eenmaal in de dynamische lijst;
- ▶ 3 locaties tweemaal aangepakt in het kader van de historische lijst;
- ▶ 1 locatie tweemaal aangepakt in het kader van de dynamische lijst.

Waar er initieel vanuit gegaan werd dat dit eerst een snel uit te voeren en kleine ingreep was, gevolgd door een meer structurele aanpassing, blijkt dit niet uit de analyse. Op 3 locaties is tweemaal een structurele ingreep uitgevoerd. Op 28 locaties was er eerst een structurele ingreep, gevolgd door een kleine ingreep – waarschijnlijk omdat nog een beperkte bijsturing nodig bleek. Er is slechts 1 locatie waar eerst een kleine ingreep plaatsvond, om vervolgens een structurele ingreep door te voeren. En ten slotte zijn er 6 locaties waar tweemaal een kleine ingreep plaatsvond.

Een exploratieve analyse van de dubbele aanpak volgt de volgende methodiek: de effectiviteit van ingreep 1 (d.i. de eerste ingreep in de tijd) wordt berekend en vervolgens vergeleken met de effectiviteit van ingreep 2. Is er nog een effect waarneembaar van ingreep 2? Is ingreep 2 misschien effectiever dan ingreep 1? Door het kleine aantal gevallen is het niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen verschillende types aanpak en de volgorde ervan (klein - structureel; klein - klein; structureel - structureel; structureel - klein).

2.2.2 Letselongevallen

Gelocaliseerde letselongevallen zijn verzameld voor de periode 1999 tot en met 2022² (geregistreerd door de politie en aangeleverd door het departement Mobiliteit & Openbare Werken). Dit dekt voor een grote meerderheid van gevaarlijke punten een periode van drie jaar voor en drie jaar na de aanpak. Extra variabelen in deze dataset zijn de ernst van het ongeval (doden 30 dagen³, zwaargewonden, lichtgewonden), type en aantal betrokken verkeersdeelnemers (voetganger, fietser, bromfietser, motorfietser, personenwagen, lichte vrachtwagen, vrachtwagen, bus, andere). Wat betreft de verkeersdeelnemers groeperen we slachtoffers volgens actieve/kwetsbare verkeersdeelnemers (voetganger, fietser, bromfietser), gemotoriseerd verkeer (motorfietser, personenwagen, lichte vrachtwagen, vrachtwagen, bus) en zwaar verkeer (lichte vrachtwagen, vrachtwagen, bus). Om de groepen voldoende groot te houden, worden doden 30 dagen en zwaargewonden steeds samen geanalyseerd. Enkel de slachtoffers met letsel worden opgenomen in de analyse – betrokkenen zonder verwondingen worden niet geanalyseerd.

² 2022 was het meest recente jaar met ongevalgegevens op het moment van de analyses.

³ Doden 30 dagen = het aantal doden ter plaatse én het aantal personen dat sterft in de 30 dagen na een verkeersongeval.

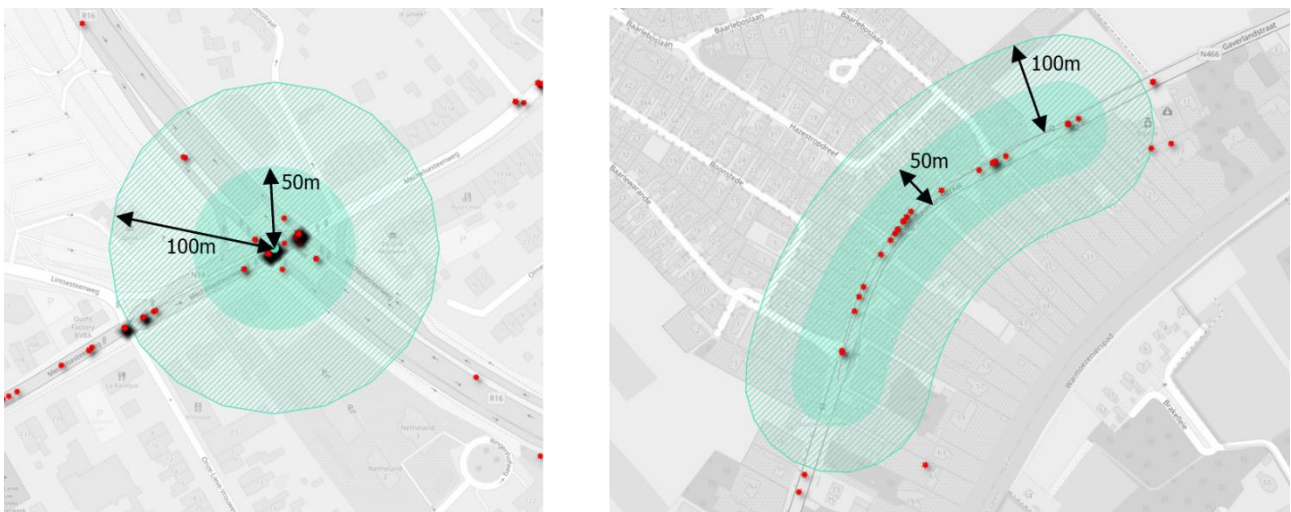
De eerste jaren van de dataset, specifiek tot en met 2001, zijn er minder ongevallen met een geolocatie. Dit komt doordat tijdens die periode enkel ongevallen op gewestwegen gegeocodeerd werden. Omdat de gevaarlijke punten van de historische lijst bijna uitsluitend op gewestwegen gelegen zijn, verwachten we weinig of geen impact op de analyse.

Over de tijd hebben kleine veranderingen in de ongevallenregistraties plaatsgevonden. In 2017 werd bijvoorbeeld fiets verder opgesplitst naar een gewone fiets of een elektrische fiets / speed pedelec. De impact voor de huidige analyse wordt beperkt door te groeperen. Zo worden elektrische fietsen samengevoegd met klassieke fietsen.

Ongevallen met enkel materiële schade worden niet opgenomen in de analyses omdat deze data niet systematisch verzameld worden – de meest complete gegevens zijn beschikbaar via de beroepsvereniging van de verzekeringsondernemingen Assuralia, maar de geografische locatie van een ongeval is daar onbekend en/of kan niet publiek gedeeld worden.

Ongevallen worden vervolgens geografisch gelinkt aan gevaarlijke punten of wegvakken (Figuur 5). Er is gekozen voor een bufferzone rondom het punt of wegsegment met een straal van 50 meter.

- ▶ Er kan een beperkte afwijking zitten op de exacte locatie van een ongeval zoals geregistreerd door de politie; de buffer mag dus niet te klein zijn.
- ▶ De locatie van het gevaarlijk punt werd in het kader van de huidige studie grondig gecheckt (zie paragraaf 2.2.1.1); de foutenmarge zal hier zeer beperkt zijn.
- ▶ Een steekproefsgewijze check leert dat een buffer met straal van 50 meter de meeste gevaarlijke punten het best beschrijft – een grotere buffer met een straal van bijvoorbeeld 100 meter overlapt in een stedelijke context snel met naburige kruispunten.
- ▶ De keuze van buffergrootte hypothekeert de vergelijkbaarheid met voorgaande studies niet (mogelijke impact op de grootte van het betrouwbaarheidsinterval, maar geen impact op de effectschatting verwacht – dit zal nagegaan worden in deze studie middels een sensitiviteitsanalyse). De Pauw et al. (2012) hanteerden bijvoorbeeld een buffer met straal van 100 meter.



Figuur 5 Een ongeval (rode marker op de figuur) binnen een straal van 50 meter of 100 meter van een gevaarlijk punt (links) of gevaarlijk wegsegment (rechts) wordt gelinkt aan dat gevaarlijk punt.

2.2.3 Andere (weg)kenmerken

2.2.3.1 Wegcategorie

Wegcategorie is een classificatie van de wegen op basis van de grootte van de weg, welke ook een indicatie geeft over het verkeersvolume. We gebruiken de wegcategorie zoals gedefinieerd in het Ruimtelijk

Structuurplan Vlaanderen, in afwachting van goedkeuring van de nieuwe wegcategorisering. De classificatie ziet er als volgt uit:

- Hoofdwegen
- Primaire wegen (Primaire wegen type I, Primaire wegen type II)
- Secundaire wegen (Secundaire wegen type 1, Secundaire wegen type 2, Secundaire wegen type 3, Secundaire wegen type 4)
- Lokale wegen (Lokale wegen type 1, Lokale wegen type 2, Lokale wegen type 3)

Een wegcategorie wordt toegekend aan elk punt. De wegcategorie van het gevaarlijk wegvak of het type weg dat aansluit op het gevaarlijk kruispunt, zal voor een deel mee de drukte en de inrichting van een locatie bepalen. Bij een kruispunt komt het vaak voor dat wegen van verschillende categorieën aansluiten op het kruispunt. We hebben er daarom voor gekozen om een kruispunt in te delen op basis van de tak met de hoogste categorie. Concreet wordt er binnen een buffer met een straal van 50 meter rond het punt gezocht naar de weg met de hoogste wegcategorie en die categorie wordt toegekend aan het kruispunt.

2.2.3.2 Toegelaten snelheid

De snelheidslimiet op een wegsegment is afkomstig van OpenStreetMap (versie juli 2024). Op gevaarlijke kruispunten wordt de snelheidslimiet op de tak met de hoogste snelheid geselecteerd.

2.2.3.3 Aanwezigheid middenberm

Een middenberm scheidt de rijrichtingen, meestal over een langere afstand, maar soms ook in aanloop naar een kruispunt (middeneiland). 'Middenberm' wordt afgeleid van de morfologische wegklasse zoals geregistreerd in het Wegenregister.

2.2.3.4 Aantal rijstroken

Het aantal rijstroken voor gemotoriseerd verkeer per rijrichting is eveneens afkomstig uit het Wegenregister. Het is een numerieke variabele die wordt gehercodeerd in drie groepen: 1, 2, of meer dan 2 rijstroken. In geval van een kruispunt wordt de weg met de meeste rijstroken als hoofdweg beschouwd en wordt dat aantal toegewezen.

2.2.3.5 Bebouwde kom

Binnen/buiten de bebouwde kom is een attribuut dat geregistreerd is in de databank met de beheersegmenten van de genummerde wegen in Vlaanderen. Wanneer een gevaarlijk punt nabij (<30 meter) een segment met label 'binnen bebouwde kom' gelegen is, wordt dit gevaarlijk punt beschouwd als binnen de bebouwde kom te liggen.

2.2.3.6 Stedelijkheidsgraad

Op basis van de statistische sectoren is het Vlaamse Gewest ingedeeld in drie ruimtelijke types: verstedelijkt, randstedelijk of landelijk. De toestand in 2022 wordt beschouwd. Elk gevaarlijk punt wordt gelokaliseerd binnen een statistische sector waarvan de urbanisatiegraad wordt overgenomen.

2.2.3.7 Provincie

Elk gevaarlijk punt in de dataset wordt toegewezen aan exact één van de vijf Vlaamse provincies (Antwerpen, Limburg, Oost-Vlaanderen, Vlaams-Brabant, West-Vlaanderen). Provincie is een categorische variabele.

2.3 Software

De databewerkingen, analyses en visualisaties zijn uitgevoerd in R (versie 4.0.4) en QGIS (versie 3.28). R is een programmeertaal voor grafieken en statistische analyses (R Core Team, 2021). QGIS is een desktop geografisch informatiesysteem waarmee ruimtelijke data bekeken, bewerkt, en geanalyseerd kan worden (QGIS.org, 2024).

De statistische analyses zijn uitgevoerd in R via scripts. Dit verzekert de traceerbaarheid en transparantie van resultaten, en zorgt ervoor dat processen geautomatiseerd kunnen worden. Dit laatste was in deze studie erg nuttig om de CMF's per gevaarlijk punt te berekenen, en hier vervolgens een meta-analyse op uit te voeren. Deze operatie werd vervolgens eenvoudig herhaald voor analyses in subgroepen (vb. enkel ongevallen met lichtgewonden, enkel structurele ingrepen, enkel ingrepen binnen de bebouwde kom) of voor sensitiviteitsanalyses.

3 Resultaten

3.1 Descriptieve analyse

3.1.1 Kenmerken van de gevaarlijke punten

Zoals reeds weergegeven in Figuur 2 bestaat de historische lijst van gevaarlijke punten uit 712 locaties: dit zijn de locaties die aangepast zijn voor 2022 én waarvoor de minimaal benodigde data voorhanden zijn. Voor de dynamische lijst kunnen er zo 240 gevaarlijke locaties opgenomen worden in de analyse. De gecombineerde lijst bestaat uit 924 unieke ingrepen. Tabel 1 toont de onderzoekslocaties naar jaar van afronding/uitvoering werken.

Tabel 1 Aantal gevaarlijke punten in de onderzoeksgroepen per jaar waarin ze aangepast zijn (jaar van afronding/uitvoering werken).

Programma gevaarlijke punten (historische en dynamische lijst) (n=924)	2001 1	2002 3	2003 4	2004 9	2005 31	2006 68	2007 79	2008 91	2009 60	2010 70	2011 54	2012 29	2013 29	2014 26	2015 33	2016 15	2017 36	2018 63	2019 77	2020 74	2021 72
Historische lijst gevaarlijke punten (n=712)	2001 1	2002 3	2003 4	2004 9	2005 31	2006 68	2007 79	2008 91	2009 60	2010 70	2011 54	2012 29	2013 29	2014 25	2015 29	2016 14	2017 25	2018 28	2019 29	2020 21	2021 13
Dynamische lijst gevaarlijke punten (n=240)														2014 1	2015 5	2016 1	2017 14	2018 39	2019 58	2020 60	2021 62

Tabel 2 geeft de karakteristieken weer van de gevaarlijke punten. Gevaarlijke punten waarbij de hoofdweg een snelweg betreft, zijn vaak op- en afritconstructies waarbij de aansluiting op het onderliggende wegennet aangepast werd. Locaties met een snelheidslimiet van 30 km/u en 100 km/u zijn niet afzonderlijk opgenomen omdat deze groepen te klein zijn om verder te analyseren ('NA of andere snelheid' in Tabel 2). Ter hoogte van een kruispunt worden richtingen vaak tijdelijk van elkaar gescheiden (middeneiland) – in dat geval wordt de locatie opgenomen als 'met gescheiden rijbaan'; meer dan 80% van de punten heeft op die manier gescheiden rijbanen. Punten op de dynamische lijst liggen vaker in verstedelijkte gebieden dan punten op de historische lijst. Voor de meerderheid van de punten op de historische lijst zijn verkeerstellingen uitgevoerd; voor de dynamische lijst zijn tellingen voor de meeste punten ontbrekend. Daar waar er geteld is in het kader van de dynamische lijst zijn de intensiteiten hoger, zowel van de kwetsbare weggebruikers als van de andere weggebruikers.

Tabel 2 Kenmerken van de gevaarlijke punten in de onderzoeksgroepen.

Kenmerk	Categorieën	Programma gevaarlijke punten (historische en dynamische lijst) (n=924)	Historische lijst gevaarlijke punten (n=712)	Dynamische lijst gevaarlijke punten (n=240)
Type (kruis)punt voor de herinrichting	Wegvak	57 (6,2%)	24 (3,4%)	33 (13,8%)
	3 takken	205 (22,2%)	158 (22,2%)	50 (20,8%)
	4 takken	547 (59,2%)	440 (61,8%)	124 (51,7%)
	Meer dan 4 takken	98 (10,6%)	77 (10,8%)	29 (12,1%)
	Rotonde	17 (1,8%)	13 (1,8%)	4 (1,7%)
Wegcategorie (hoofdweg)	Snelweg	56 (6,1%)	31 (4,4%)	29 (12,1%)
	Primaire weg	314 (34,0%)	245 (34,4%)	84 (35,0%)
	Secundaire weg	390 (42,2%)	318 (44,7%)	80 (33,3%)
	Lokale weg	164 (17,7%)	118 (16,6%)	47 (19,6%)
Snelheidslimiet (hoofdweg)	120 km/u	51 (5,5%)	38 (5,3%)	16 (6,7%)
	90 km/u	166 (18,0%)	133 (18,7%)	41 (17,1%)

	70 km/u	416 (45,0%)	328 (46,1%)	98 (40,8%)
	50 km/u	247 (26,7%)	187 (26,3%)	66 (27,5%)
	<i>NA of andere snelheid</i>	44 (4,8%)	26 (3,7%)	19 (7,9%)
Gescheiden rijbaan (hoofdweg)	Geen gescheiden rijbaan	179 (19,4%)	136 (19,1%)	44 (18,3%)
	Met gescheiden rijbaan	743 (80,4%)	575 (80,8%)	195 (81,2%)
	<i>NA</i>	2 (0,2%)	1 (0,1%)	1 (0,4%)
Aantal rijstroken (hoofdweg)	Meer dan 2 rijstroken	347 (37,6%)	248 (34,8%)	118 (49,2%)
	2 rijstroken	441 (47,7%)	347 (48,7%)	102 (42,5%)
	1 rijstrook	131 (14,2%)	113 (15,9%)	19 (7,9%)
	<i>NA</i>	5 (0,5%)	4 (0,6%)	1 (0,4%)
Bebouwde kom	Binnen bebouwde kom	305 (33,0%)	207 (29,1%)	109 (45,4%)
	Buiten bebouwde kom	619 (67,0%)	505 (70,9%)	131 (54,6%)
Stedelijkheidsgraad	Verstedelijkt	376 (40,7%)	258 (36,2%)	135 (56,2%)
	Randstedelijk	249 (26,9%)	203 (28,5%)	52 (21,7%)
	Landelijk	299 (32,4%)	251 (35,3%)	53 (22,1%)
Aanwezigheid kwetsbare weggebruikers (verkeerstelling voor de herinrichting)	Groot aantal kwetsbare weggebruikers (>112 per uur)	230 (24,9%)	192 (27,0%)	48 (20,0%)
	Gemiddeld tot beperkt aantal kwetsbare weggebruikers (tussen 34 en 112 per uur)	231 (25,0%)	215 (30,2%)	18 (7,5%)
	Weinig of geen kwetsbare weggebruikers (<34 per uur)	217 (23,5%)	209 (29,4%)	9 (3,8%)
	<i>NA</i>	246 (26,6%)	96 (13,5%)	165 (68,8%)
PAE op drukste tak tijdens spitsuur (verkeerstelling voor de herinrichting)	Hoge PAE (>1000 per uur)	225 (24,4%)	191 (26,8%)	44 (18,3%)
	Gemiddelde PAE (tussen 600 en 1000 per uur)	280 (30,3%)	257 (36,1%)	26 (10,8%)
	Lage PAE (<600 per uur)	188 (20,3%)	185 (26,0%)	3 (1,3%)
	<i>NA</i>	231 (25,0%)	79 (11,1%)	167 (69,6%)
Provincie	Antwerpen	236 (25,5%)	165 (23,2%)	81 (33,8%)
	Limburg	206 (22,3%)	174 (24,4%)	37 (15,4%)
	Oost-Vlaanderen	170 (18,4%)	133 (18,7%)	44 (18,3%)
	Vlaams-Brabant	136 (14,7%)	111 (15,6%)	30 (12,5%)
	West-Vlaanderen	176 (19,0%)	129 (18,1%)	48 (20,0%)

Tabel 3, 4 en 5 geven een overzicht van het type gevaarlijk punt voor er een aanpassing heeft plaatsgevonden, gecombineerd met het type aanpassing dat vervolgens werd uitgevoerd. Op één gevaarlijk punt kunnen meerdere deelingrepen uitgevoerd zijn, bijvoorbeeld infrastructuurwerken met de aanleg van een vrijliggend fietspad en een oversteekvoorziening. Er kan opgemerkt worden dat sommige groepen te klein zijn om de effectiviteit van de maatregel na te gaan.

De meeste gevaarlijke punten zijn gelegen op kruispunten met vier takken. De meest frequente ingreep op deze punten zijn infrastructuurwerken met plaatsing of aanpassing van de verkeerslichten. Ook kruispunten met drie takken komen relatief vaak voor. Ook daar zijn grondige infrastructuurwerken de meest uitgevoerde ingreep, maar het betreft iets vaker kruispunten die voorrangsgeregeld zijn. Iets meer dan 10% van alle gevaarlijke punten betreffen complexe kruispunten met meer dan vier takken. Op dit soort kruispunten wordt relatief vaker gekozen voor circulatiemaatregelen waarbij bijvoorbeeld een tak wordt afgesloten. Andere ingrepen die vaak toegepast worden: het aanbrengen van horizontale of verticale signalisatie, aanleggen van een vrijliggend fietspad, en aanleggen of aanpassen van oversteekvoorzieningen. Ingrenen die zelden uitgevoerd of zelden geregistreerd worden, zijn het verbeteren van de zichtbaarheid en het verwijderen van obstakels.

Combinaties van ingrepen die het vaakst voorkomen zijn:

- ▶ grondige infrastructuurwerken met de plaatsing of aanpassing van de verkeerslichten;
- ▶ grondige infrastructuurwerken met horizontale en/of verticale signalisatie;
- ▶ horizontale signalisatie met verkeerslichten;
- ▶ grondige infrastructuurwerken op een kruispunt met voorangsregeling;
- ▶ grondige infrastructuurwerken met vrijliggende fietspaden.

Bij een vergelijking tussen de historische en de dynamische lijst valt op dat punten op de dynamische lijst vaker wegvakken zijn (o.a. op snelwegen), en relatief minder vaak kruispunten, ook al zijn het merendeel van de locaties nog steeds kruispunten. Het aandeel complexe kruispunten met meer dan vier takken is niet gedaald in de dynamische versus de historische lijst. Mogelijk zijn dit punten waar ook de oplossing complex is en waar de uitvoering van ingrepen op zich laat wachten.

Tabel 3 Oplossingsmatrix programma gevaarlijke punten (historische en dynamische lijst)

INGREEP TYPE PUNT		Horizontale signalisatie	Verticale signalisatie	Infrastructuur- werken (weg)	Rotonde	Kunstwerk (brug, tunnel)	Structureel onderhoud	Oversteek- voorzieningen	Verlichting	VRI (plaatsen / aanpassen)	Afgeschermde constructies	Fietsinfra: aanliggend	Fietsinfra: vrijliggend	Handhaving	Snelheidsregime	Voorrangregeling	Circulatie- maatregelen	Straatmeubilair	Verbeteren zichtbaarheid	Verwijderen obstakel(s)
		296	244	577	94	50	21	131	17	467	53	20	153	26	26	176	86	60	13	4
Wegvak	57	19	18	25	1	1	2	6	0	1	10	0	6	3	7	2	6	5	1	0
Kruispunt 3 T	205	64	76	137	25	7	7	43	6	68	15	3	40	4	6	66	25	14	3	2
Kruispunt 4 T	547	176	128	338	44	38	8	71	11	329	24	14	85	18	8	96	39	33	7	2
Kruispunt 4+ T	98	31	21	65	9	4	4	10	0	67	4	1	13	1	5	12	16	7	1	0
Rotonde	17	6	1	12	15	0	0	1	0	2	0	2	9	0	0	0	0	1	1	0

T = takken van een kruispunt

Tabel 4 Oplossingsmatrix historische lijst gevaarlijke punten

INGREEP TYPE PUNT		Horizontale signalisatie	Verticale signalisatie	Infrastructuur- werken (weg)	Rotonde	Kunstwerk (brug, tunnel)	Structureel onderhoud	Oversteek- voorzieningen	Verlichting	VRI (plaatsen / aanpassen)	Afgeschermde constructies	Fietsinfra: aanliggend	Fietsinfra: vrijliggend	Handhaving	Snelheidsregime	Voorrangregeling	Circulatie- maatregelen	Straatmeubilair	Verbeteren zichtbaarheid	Verwijderen obstakel(s)
		233	220	534	89	47	18	114	15	357	46	12	142	16	11	171	71	53	7	2
Wegvak	24	8	9	17	1	1	0	4	0	0	5	0	4	1	1	2	5	3	0	0
Kruispunt 3 T	158	51	71	128	24	6	6	38	5	53	13	2	35	1	2	65	19	11	1	2
Kruispunt 4 T	440	145	118	322	44	36	8	64	10	250	24	9	83	13	5	94	33	32	5	0
Kruispunt 4+ T	77	25	21	55	9	4	4	7	0	52	4	0	12	1	3	10	14	7	0	0
Rotonde	13	4	1	12	11	0	0	1	0	2	0	1	8	0	0	0	0	0	1	0

T = takken van een kruispunt

Tabel 5 Oplossingsmatrix dynamische lijst gevaarlijke punten

INGREEP TYPE PUNT		Horizontale signalisatie	Verticale signalisatie	Infrastructuur- werken (weg)	Rotonde	Kunstwerk (brug, tunnel)	Structureel onderhoud	Oversteek- voorzieningen	Verlichting	VRI (plaatsen / aanpassen)	Afgeschermde constructies	Fietsinfra: aanliggend	Fietsinfra: vrijliggend	Handhaving	Snelheidsregime	Voorrangregeling	Circulatie- maatregelen	Straatmeubilair	Verbeteren zichtbaarheid	Verwijderen obstakel(s)
		73	28	58	6	7	4	21	3	127	11	8	13	10	15	7	18	7	7	2
Wegvak	33	11	9	8	0	0	2	2	0	1	5	0	2	2	6	0	1	2	1	0
Kruispunt 3 T	50	14	6	12	1	2	1	6	1	16	2	1	5	3	4	2	6	3	2	0
Kruispunt 4 T	124	36	12	25	1	5	0	10	2	89	3	5	4	5	3	3	9	1	3	2
Kruispunt 4+ T	29	10	1	13	0	0	1	3	0	21	1	1	1	0	2	2	2	0	1	0
Rotonde	4	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0

T = takken van een kruispunt

Figuur 6 geeft een tijdslijn weer met meer informatie over wanneer voor welke ingrepen gekozen werd. Zo is er in recente jaren vaker een aanpassing aan verkeerslichten gebeurd, en ook circulatiemaatregelen lijken nu vaker genomen te worden. Aanpassingen aan de horizontale signalisatie en het snelheidsregime komen eveneens relatief vaker voor, ofwel werd dit in de beginperiode niet altijd goed geregistreerd. De meeste rotondes werden aangelegd of aangepast tussen 2006 en 2013.

Verwijderen obstakel(s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
Verbeteren zichtbaarheid	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	3	1	2
Straatmeubilair	0	0	2	2	3	2	6	8	7	9	3	3	0	1	1	1	1	2	1	3	5
Circulatiemaatregelen	0	0	1	1	4	1	4	4	4	5	9	2	3	2	8	3	8	8	4	8	7
Voorrangsregeling	0	0	1	3	10	14	22	25	18	14	6	16	3	8	8	5	7	2	5	9	0
Snelheidsregime	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	0	0	2	3	3	1	6	4
Handhaving	0	3	1	0	3	1	0	1	1	2	2	0	0	1	2	0	0	2	2	1	4
Fietsinfra: vrijliggend (aanleg/vernieuwing)	0	0	0	1	5	8	15	15	15	16	10	7	9	7	8	5	5	4	11	5	7
Fietsinfra: aanliggend (aanleg/vernieuwing)	0	0	0	1	0	4	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	0
Afscherpende constructies	0	0	1	0	1	1	1	2	2	2	7	0	5	3	5	3	3	9	4	4	0
VRI (plaatsen/aanpassen)	1	1	1	4	16	49	39	42	28	35	33	7	15	12	9	6	17	33	39	35	45
Verlichting	0	0	0	1	2	0	4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Oversteekvoorzieningen	0	0	1	3	3	6	17	22	11	10	2	8	5	4	4	1	5	4	6	14	5
Structureel onderhoud	0	0	0	0	0	0	2	0	1	4	0	1	1	1	1	2	1	3	1	0	3
Kunstwerk (brug, tunnel)	0	0	0	0	0	1	2	3	2	3	8	2	5	3	4	1	2	5	2	4	3
Rotonde	0	0	0	1	1	5	16	12	8	13	7	5	7	2	3	0	2	6	2	2	2
Infrastructuurwerken (weg)	0	0	1	5	22	45	64	77	45	56	47	25	21	17	21	11	20	23	28	32	17
Verticale signalisatie/bebakening	0	0	1	3	11	20	26	36	22	20	18	10	9	7	6	4	8	9	19	7	8
Horizontale signalisatie	0	0	1	5	9	18	22	29	22	25	23	10	9	4	10	7	9	21	26	19	27
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

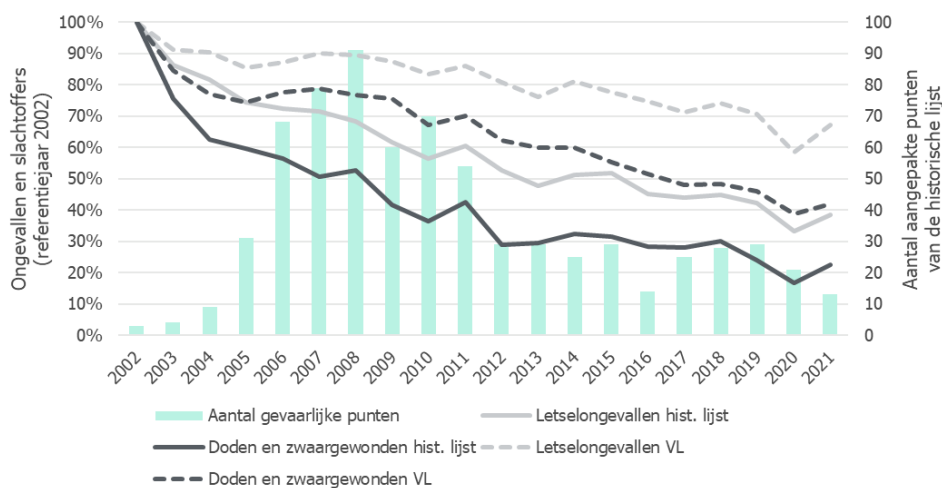
Figuur 6 Tijdslijn van type ingrepen met aanduiding van het aantal afgeronde ingrepen per jaar.

3.1.2 Ongevallen en slachtoffers op de gevaarlijke punten

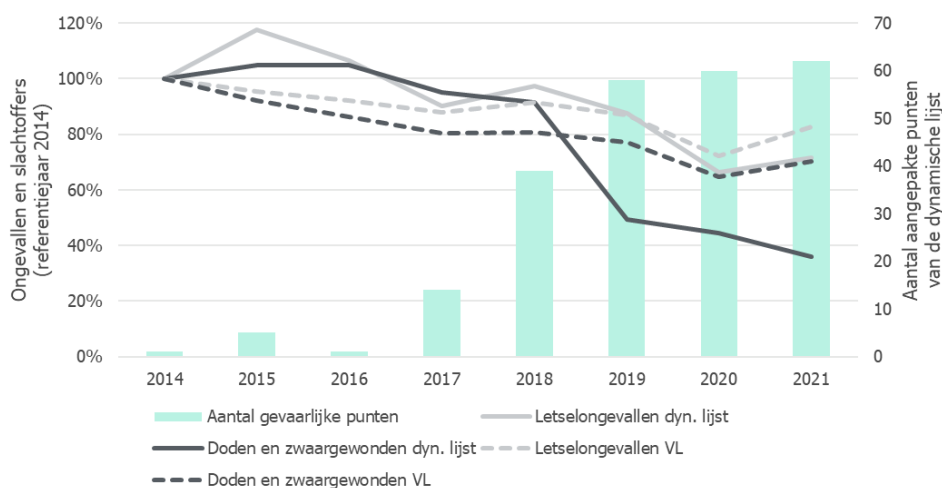
Op de 712 punten van de historische lijst die tussen 2001 en 2021 aangepakt zijn, gebeurden in het jaar 2000 nog 2078 letselongevallen met 598 doden en zwaargewonden. In 2022 waren er op diezelfde punten nog 681 letselongevallen met 58 doden en zwaargewonden. Dit is een zeer grote reductie die suggereert dat de aanpak van gevaarlijke punten op de historische lijst zeer effectief is. Echter is over dezelfde periode overal in Vlaanderen het aantal ongevallen gedaald – het is de vraag welk aandeel effectief toe te schrijven valt aan de herinrichting van gevaarlijke punten.

Op Figuur 7 is de evolutie van het aantal ongevallen op de gevaarlijke punten van de historische lijst voorgesteld. Wat opvalt, is dat het aantal ongevallen en het aantal doden en zwaargewonden onmiddellijk sterk dalen op de gevaarlijke punten nog voor er specifieke maatregelen op maat genomen zijn. Enerzijds speelt de sterkere aandacht voor handhaving begin jaren 2000 een rol, met het stijgend aantal roodlicht- en snelheidscamera's dat langs gewestwegen geplaatst werd, in uitvoering van een verscherpt handhavingsbeleid; deze werden niet (steeds) als infrastructuurmaatregel geregistreerd in het kader van de gevaarlijke puntenaanpak (en dus niet in de analyse opgenomen). Anderzijds kan het wijzen op de aanwezigheid van regressie naar het gemiddelde in de dataset: er zijn in de historische lijst punten opgenomen die toevallig veel ongevallen kenden in de voor-periode en op die manier op de lijst beland zijn. Kort erna gebeuren er dan minder ongevallen door statistisch toeval. In een volgend hoofdstuk, bij de statistische analyse van de effectiviteit van het programma gevaarlijke punten, wordt dit effect weg gefilterd via de Empirical Bayes methode. Ook bij de dynamische lijst lijkt dit effect te spelen rond het jaar 2018/2019 (Figuur 8). In 2019 is er een sterke daling aanwezig in het aantal doden en zwaargewonden op de gevaarlijke punten van de dynamische lijst: in 2018 zijn er heel wat gevaarlijke punten aangepakt, en dit lijkt een onmiddellijk effect te hebben op het aantal doden en zwaargewonden.

Ongevallen nabij de gevaarlijke punten zijn inbegrepen in het absoluut aantal ongevallen in Vlaanderen. Van alle letselongevallen in Vlaanderen vond in 2002 ongeveer 6% en in 2022 ongeveer 3% plaats op een gevaarlijk punt van de historische lijst. Dit aandeel is gelijkaardig voor zwaargewonden en doden. Wat betreft de 240 aangepaste locaties van de dynamische lijst vond ongeveer 2% van alle letselongevallen in Vlaanderen plaats op deze locaties.



Figuur 7 Evolutie van het aantal letselongevallen en het aantal doden en zwaargewonden op de gevaarlijke punten van de historische lijst en in heel Vlaanderen (vergelijking ten opzichte van het jaar 2002) (linkse as) en het aantal aangepakte gevaarlijke punten per jaar (rechtse as).



Figuur 8 Evolutie van het aantal letselongevallen en het aantal doden en zwaargewonden op de gevaarlijke punten van de dynamische lijst en in heel Vlaanderen (vergelijking ten opzichte van het jaar 2014) (linkse as) en het aantal aangepakte gevaarlijke punten per jaar (rechtse as).

Per gevaarlijk punt kan er een vergelijking gemaakt worden tussen het aantal letselongevallen in de voorperiode en de na-periode (meestal 3 jaar voor en 3 jaar na de ingreep). Zonder enige statistische correctie, en dus ook zonder correctie voor de algemene ongevallentrend, zijn er gemiddeld 2,23 letselongevallen per jaar per gevaarlijk punt voor de herinrichting en 1,34 letselongevallen per jaar per gevaarlijk punt na de herinrichting (historische en dynamische lijst gecombineerd).

Figuren 9 en 10 geven weer welke verkeersdeelnemers met elkaar in aanrijding komen. Een vergelijking tussen de periode voor aanpak en na aanpak lijkt te wijzen op een kleiner aandeel aanrijdingen tussen personenwagens, en een hoger aandeel voor aanrijdingen tussen een personenwagen en kwetsbare weggebruikers. Deze laatste vaststelling moet ook gezien worden in het licht van het feit dat we steeds meer fietsen volgens het Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen (Janssens et al., 2023). In absolute aantallen komen de auto-auto aanrijdingen het vaakst voor, zowel in de voor-periode als de na-periode. Voor zo goed als alle aanrijdingen is er een daling in absoluut aantal, enkel eenzijdige fiets- en bromfietsongevallen nemen zeer licht toe.

VOORPERIODE	Auto	Fiets	Bromfiets	Motorfiets	Lichte vracht	Vrachtwagen	Autobus	Voetganger	Andere	Onbekend
Eenzijdig	6,1%	0,5%	0,3%	0,6%	0,3%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Auto	37,3%	14,4%	7,2%	4,1%	6,7%	4,5%	1,0%	3,1%	0,8%	0,8%
Fiets		1,2%	1,0%	0,2%	1,1%	1,3%	0,3%	0,4%	0,0%	0,2%
Bromfiets			0,1%	0,1%	0,7%	0,3%	0,0%	0,2%	0,0%	0,1%
Motorfiets				0,0%	0,3%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%
Lichte vrachtwagen					0,3%	0,4%	0,1%	0,3%	0,1%	0,0%
Vrachtwagen						0,3%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
Autobus							0,0%	0,2%	0,0%	0,0%
Voetganger								0,0%	0,1%	0,0%
Andere									0,1%	0,0%
Onbekend										0,1%

Figuur 9 Botsingsmatrix met letselongevallen in de voor-periode (op ongevallenniveau).

NA PERIODE	Auto	Fiets	Bromfiets	Motorfiets	Lichte vracht	Vrachtwagen	Autobus	Voetganger	Andere	Onbekend
Eenzijdig	7,1%	1,0%	0,6%	0,6%	0,3%	0,2%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
Auto	32,5%	15,8%	7,6%	4,0%	6,1%	3,8%	0,8%	3,4%	1,0%	0,8%
Fiets		1,4%	1,3%	0,3%	1,8%	1,0%	0,4%	0,5%	0,2%	0,3%
Bromfiets			0,2%	0,1%	0,8%	0,4%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
Motorfiets				0,0%	0,4%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%
Lichte vrachtwagen					0,3%	0,6%	0,1%	0,3%	0,1%	0,1%
Vrachtwagen						0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%
Autobus							0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
Voetganger								0,0%	0,1%	0,1%
Andere									0,1%	0,0%
Onbekend										0,1%

Figuur 10 Botsingsmatrix met letselongevallen in de na-periode (op ongevallenniveau).

3.2 Impact op (ernst van) ongevallen

In eerste instantie wordt de impact van het volledige programma gevaarlijke punten op de verkeersveiligheid besproken, dit wil zeggen dat aangepakte gevaarlijke locaties van de historische lijst en de dynamische lijst samen worden geëvalueerd. Zo kan de vraag worden beantwoord: "Is het zinvol voor de verkeersveiligheid om locaties met de meeste ongevallen aan te pakken?".

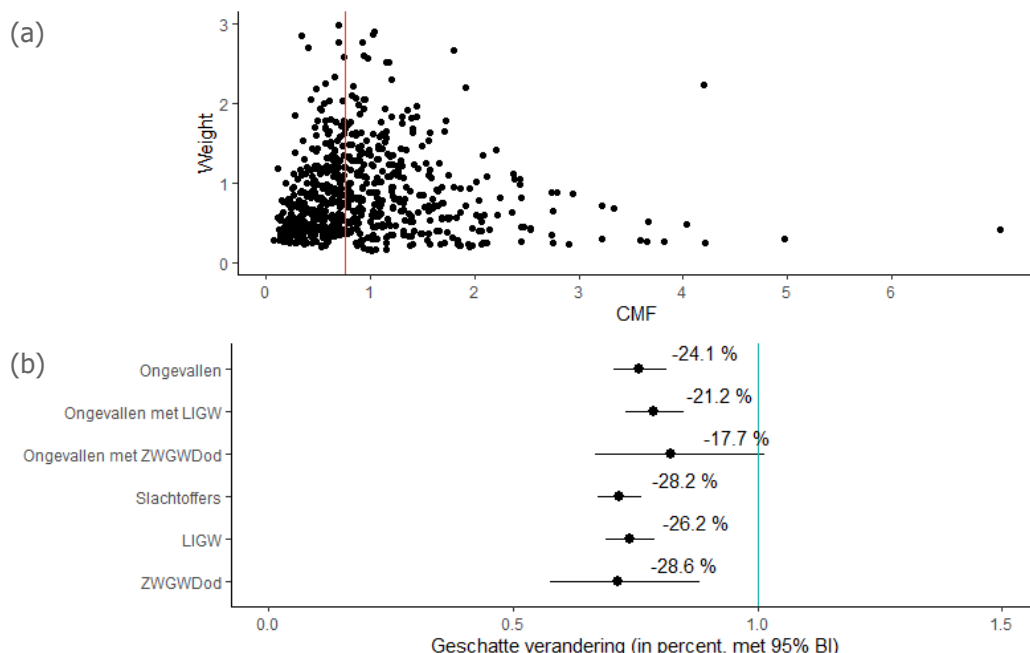
Vervolgens wordt een opsplitsing gemaakt tussen de historische lijst van gevaarlijke punten, en de nieuwere dynamische lijst. Voor de historische lijst is dit een eindevaluatie; voor de dynamische lijst gaat het over een tussentijdse analyse aangezien dit programma op dit moment nog verdergezet wordt.

3.2.1 Programma gevaarlijke punten

3.2.1.1 Totaal effect

De identificatie en vervolgens aanpak van gevaarlijke punten in Vlaanderen zorgt voor een daling in letselongevallen met 24,1% (Figuur 11). Dit is statistisch de beste schatting die gemaakt kan worden op basis van in totaal 924 gevaarlijke punten, en na correctie voor mogelijk vertekende factoren. Het effect is statistisch significant (95% significantieniveau). De effectiviteit zoals weergegeven in Tabel 6 wordt uitgedrukt in een effectiviteitsindex of crash modification factor: een index lager dan 1 geeft aan dat het aantal ongevallen daalde in de periode nadat de werken waren uitgevoerd in vergelijking met de periode voor de werken. Een index hoger dan 1 wijst op een stijging in het aantal ongevallen. Wanneer het betrouwbaarheidsinterval de waarde 1 bevat, is het effect niet statistisch significant op een 95% significantieniveau.

Het effect op het aantal slachtoffers is iets groter dan op het aantal ongevallen, namelijk -28,2%. Gemiddeld zijn er dus minder gewonden of doden per ongeval. Er is geen duidelijke tendens in de ernst van ongevallen: zowel de lichtere (enkel lichtgewonden) als zware (minstens een zwaargewond of dodelijk slachtoffer) ongevallen kennen een daling van eenzelfde grootteorde. De onzekerheid op de schatting is groter bij (ongevallen met) doden en zwaargewonden door een lagere prevalentie.



Figuur 11 Geschatte verandering in het aantal ongevallen en slachtoffers op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van het programma gevaarlijke punten. Luik (a) toont de impact op het aantal letselongevallen voor elk individueel gevaarlijk punt via een funnel-plot, de verticale rode lijn duidt de effectiviteitsindex aan na meta-analyse; luik (b) toont de resultaten na meta-analyse.

(CMF = Crash Modification Factor; Weight = gewicht van elk gevaarlijk punt in de meta-analyse; 95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval; LIGW = lichtgewonden; ZWGWDod = zwaargewonden en doden binnen 30 dagen)

Tabel 6 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten.

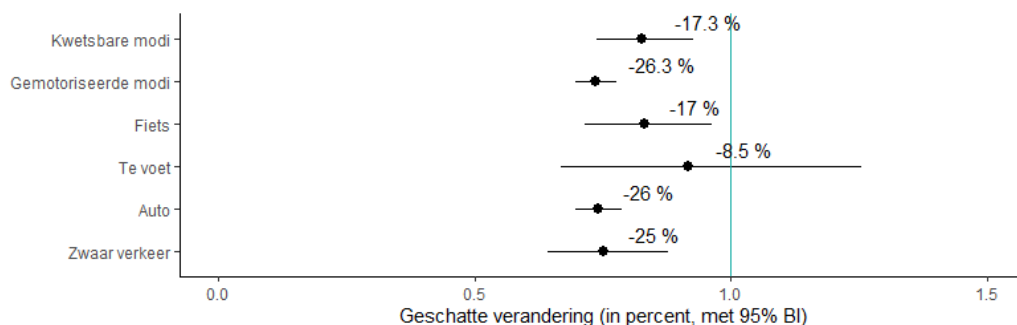
Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Alle letselongevallen	924	0,76 [0,71; 0,82]*
Ongevallen met lichtgewonden	924	0,79 [0,73; 0,85]*
Ongevallen met zwaargewonden of doden	924	0,82 [0,67; 1,01]
Slachtoffers	924	0,72 [0,67; 0,76]*
Lichtgewonden	924	0,74 [0,69; 0,79]*
Zwaargewonden of doden	924	0,71 [0,58; 0,88]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.1.2 Type verkeersdeelnemer

Het aanpakken van gevaarlijke punten zorgt voor een daling in het aantal slachtoffers bij actieve/kwetsbare verkeersdeelnemers met 17,3%, en eveneens een daling voor weggebruikers onderweg met gemotoriseerde modi met 26,3% (Figuur 12, Tabel 7). Er is dus een grotere daling bij de gemotoriseerde modi. Ook bij individuele modi (voetganger, fietser, personenwagen, zwaar verkeer) is er telkens een daling in het aantal slachtoffers terug te vinden. Hier is de onzekerheid echter groter door een kleiner aantal slachtoffers opgenomen in de politiestatistieken (minder dan 0,5 gekwetste voetganger per gevaarlijk punt in de voor- en na-periode). Voor voetgangers zorgt dit voor een niet-significant effect.

De analyse naar type verkeersdeelnemer is gebeurd op slachtofferniveau. Wanneer een maatregel een gelijke impact heeft op het aantal ongevallen (op ongevallenniveau) bij kwetsbare en gemotoriseerde weggebruikers, is de impact op slachtoffers in gemotoriseerde modi mogelijk groter omdat er in een wagen meerdere personen kunnen zitten – dit kan ondanks de grote aandacht voor kwetsbare weggebruikers bij een herinrichting het kleinere effect verklaren.



Figuur 12 Geschatte verandering in het aantal slachtoffers met actieve/kwetsbare en gemotoriseerde modi op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van het programma gevaarlijke punten. (Actieve/kwetsbare modi = voetganger, fietser, bromfietser; Gemotoriseerde modi = motorfietser, personenwagen, lichte vrachtwagen, vrachtwagen, bus; Zwaar verkeer = lichte vrachtwagen, vrachtwagen, bus)

Tabel 7 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten per type verkeersdeelnemer.

Kenmerk	Categorieën	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Verkeersdeelnemer (groep)	Kwetsbare modi	924	0,83 [0,74; 0,93]*
	Gemotoriseerde modi	924	0,74 [0,70; 0,78]*
Verkeersdeelnemer (individuele modi)	Fiets	924	0,83 [0,72; 0,96]*
	Te voet	924	0,92 [0,67; 1,25]
	Auto	924	0,74 [0,70; 0,79]*
	Zwaar verkeer	924	0,75 [0,64; 0,88]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.1.3 Kenmerken van de locatie

Op welke locaties is het programma gevaarlijke punten het meest effectief en zorgt de uitgevoerde ingreep voor de grootste daling in het aantal letselongevallen (Tabel 8)?

Ingrepen die plaatsvinden op gevaarlijke wegvakken zorgen voor de grootste daling in aantal letselongevallen met 32,7%. Ook ingrepen op kruispunten met drie (-21,7%), vier (-23,1%) of meer dan vier (-29,4%) takken blijken effectief. Ingrepen op gevaarlijke punten die reeds als rotonde waren ingericht, zorgen maar beperkt voor een lager aantal letselongevallen. Het gaat hierbij vooral om rotondes binnen de bebouwde kom en in verstedelijkt gebied waar het fietspad vrijliggend wordt gemaakt. Echter betreft het een analyse van slechts 17 locaties waardoor de resultaten eerder onzeker en niet statistisch significant zijn.

Een opsplitsing naar wegcategorie zorgt niet voor opvallende resultaten: op alle typen wegen kunnen ingrepen in het kader van het programma gevaarlijke punten effectief zijn. Een gelijkaardig resultaat is er bij een opsplitsing naar snelheidslimiet – de analyse suggereert het grootste effect op wegen met een huidige snelheidslimiet van 90 km/u. De aan- of afwezigheid van een middenberm en het aantal rijstroken op de hoofdtak zorgen niet voor onderscheidende resultaten.

Voor ingrepen die plaatsvinden op gevaarlijke punten buiten de bebouwde kom lijkt er een sterkere afname in het aantal letselongevallen (-26,8%) dan voor punten binnen de bebouwde kom (-19,6%). Voor beide groepen is de daling statistisch significant en dus effectief.

Bij een uitsplitsing naar stedelijkheidsgraad zijn er geen grote verschillen waar te nemen. Zowel in verstedelijkte regio's (-21,7%), als in randstedelijke gebieden (-27,9%) en landelijke gebieden (-25,1%) kan een aanpak van gevaarlijke punten effectief zijn.

Een herinrichting van gevaarlijke punten met een groot aantal kwetsbare weggebruikers is niet meer of minder effectief dan een herinrichting van locaties met minder kwetsbare weggebruikers. Zeker de laatste jaren is er bij het selecteren van maatregelen meer aandacht voor de kwetsbare/actieve weggebruiker – toch blijkt dit (nog) niet uit deze analyse. Op ongeveer 1 op 4 locaties werd er geen verkeerstelling van kwetsbare weggebruikers uitgevoerd, deze punten werden dan ook niet opgenomen in deze deelanalyse. Wat betreft de voertuigintensiteit suggereren de resultaten een licht groter effect voor locaties met een lagere intensiteit op de drukste tak; op heel drukke plaatsen is de daling in letselongevallen iets beperkter.

De effectiviteit van het gevaarlijke punten programma lijkt gelijkaardig in alle Vlaamse provincies. Enkel in de provincie Vlaams-Brabant is het resultaat net niet statistisch significant, maar dit heeft vermoedelijk te maken met de iets kleinere groep van gevaarlijke punten.

Tabel 8 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar kenmerken van de locatie.

Kenmerk	Categorieën	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Type (kruis)punt voor de herinrichting	Wegvak	57	0,67 [0,50; 0,91]*
	3 takken	205	0,78 [0,65; 0,94]*
	4 takken	547	0,77 [0,70; 0,84]*
	Meer dan 4 takken	98	0,71 [0,58; 0,86]*
	Rotonde	17	0,86 [0,54; 1,38]
Wegcategorie (hoofdweg)	Snelweg	56	0,72 [0,52; 0,98]*
	Primaire weg	314	0,74 [0,66; 0,83]*
	Secundaire weg	390	0,79 [0,70; 0,89]*
	Lokale weg	164	0,74 [0,62; 0,88]*
Snelheidslimiet (hoofdweg)	120 km/u	51	0,77 [0,57; 1,05]
	90 km/u	166	0,73 [0,62; 0,85]*
	70 km/u	416	0,76 [0,68; 0,85]*
	50 km/u	247	0,77 [0,68; 0,89]*
Gescheiden rijbaan (hoofdweg)	Geen gescheiden rijbaan	179	0,80 [0,66; 0,97]*
	Met gescheiden rijbaan	743	0,75 [0,70; 0,82]*
Aantal rijstroken (hoofdweg)	Meer dan 2 rijstroken	347	0,78 [0,71; 0,87]*
	2 rijstroken	441	0,73 [0,65; 0,82]*
	1 rijstrook	131	0,76 [0,60; 0,96]*
Bebouwde kom	Binnen bebouwde kom	305	0,80 [0,72; 0,90]*
	Buiten bebouwde kom	619	0,73 [0,67; 0,80]*

Stedelijkheidsgraad	Verstedelijk	376	0,78 [0,71; 0,87]*
	Randstedelijk	249	0,72 [0,62; 0,83]*
	Landelijk	299	0,75 [0,65; 0,87]*
Aanwezigheid kwetsbare weggebruikers (verkeerstelling voor de herinrichting)	Groot aantal kwetsbare weggebruikers (>112 per uur)	230	0,82 [0,72; 0,93]*
	Gemiddeld tot beperkt aantal kwetsbare weggebruikers (tussen 34 en 112 per uur)	231	0,72 [0,62; 0,84]*
	Weinig of geen kwetsbare weggebruikers (<34 per uur)	217	0,80 [0,67; 0,94]*
PAE op drukste tak tijdens spitsuur (verkeerstelling voor de herinrichting)	Hoge PAE (>1000 per uur)	225	0,82 [0,72; 0,94]*
	Gemiddelde PAE (tussen 600 en 1000 per uur)	280	0,75 [0,66; 0,86]*
	Lage PAE (<600 per uur)	188	0,73 [0,60; 0,88]*
Provincie	Antwerpen	236	0,77 [0,67; 0,87]*
	Limburg	206	0,75 [0,64; 0,89]*
	Oost-Vlaanderen	170	0,74 [0,62; 0,87]*
	Vlaams-Brabant	136	0,82 [0,66; 1,01]
	West-Vlaanderen	176	0,74 [0,63; 0,88]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.1.4 Type aanpak

Gevaarlijke punten waar een structurele ingreep is gebeurd, hebben een grotere effectiviteit (-27,0%) dan punten waar slechts een kleine ingreep heeft plaatsgevonden (-19,0%) (Tabel 9). Dit effect is er voor ongevallen van elke ernst. Maar belangrijk is dat ook kleine ingrepen effectief zijn: een snel uit te voeren kleine ingreep op een locatie die als gevaarlijk punt wordt geïdentificeerd, zal reeds zorgen voor een daling in het aantal en de ernst van ongevallen.

Voor een subset van bijna uitsluitend structurele ingrepen was een kostenraming beschikbaar. Daaruit blijkt dat de 50% duurste ingrepen effectiever zijn dan de 50% goedkoopste ingrepen: -32,2% t.o.v. -25,4%. Uiteraard hangt deze indeling nauw samen met de grootte van de ingreep en betreffen dure ingrepen bijna altijd grondige infrastructuurwerken. De kostenraming is echter onzeker en zegt niet noodzakelijk iets over de uiteindelijke kostprijs.

Achtendertig gevaarlijke punten zijn aangepakt middels een dubbele ingreep. De resultaten suggereren (niet statistisch significant) dat de eerste ingreep in de tijd geen tot maar een kleine impact heeft gehad van gemiddeld -5,8%, ook al betreft dit in de meeste gevallen een structurele ingreep. Na de eerste ingreep bleven de ongevallenaantallen bijgevolg hoog op deze punten, waardoor ze in bijna alle gevallen ook op de dynamische lijst werden opgenomen, van waaruit dan een tweede, meestal kleine, ingreep werd opgestart die wel effectiever bleek (-22,5%). Mogelijk was de eerste ingreep onvoldoende afgestemd op de lokale ongevallenproblematiek en had zelfs een structurele ingreep op deze locaties weinig impact.

Tabel 9 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar type aanpak.

Type aanpak	Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Structurele ingreep	Alle letselongevallen	608	0,73 [0,67; 0,80]*
	Ongevallen met lichtgewonden	608	0,76 [0,69; 0,84]*
	Ongevallen met zwaargewonden of doden	608	0,80 [0,63; 1,03]
Kleine ingreep	Alle letselongevallen	316	0,81 [0,72; 0,91]*
	Ongevallen met lichtgewonden	316	0,84 [0,74; 0,95]*
	Ongevallen met zwaargewonden of doden	316	0,87 [0,60; 1,26]
Dubbele ingreep	Eerste ingreep (alle letselongevallen)	38	0,94 [0,72; 1,22]
	Tweede ingreep (alle letselongevallen)	38	0,77 [0,57; 1,06]

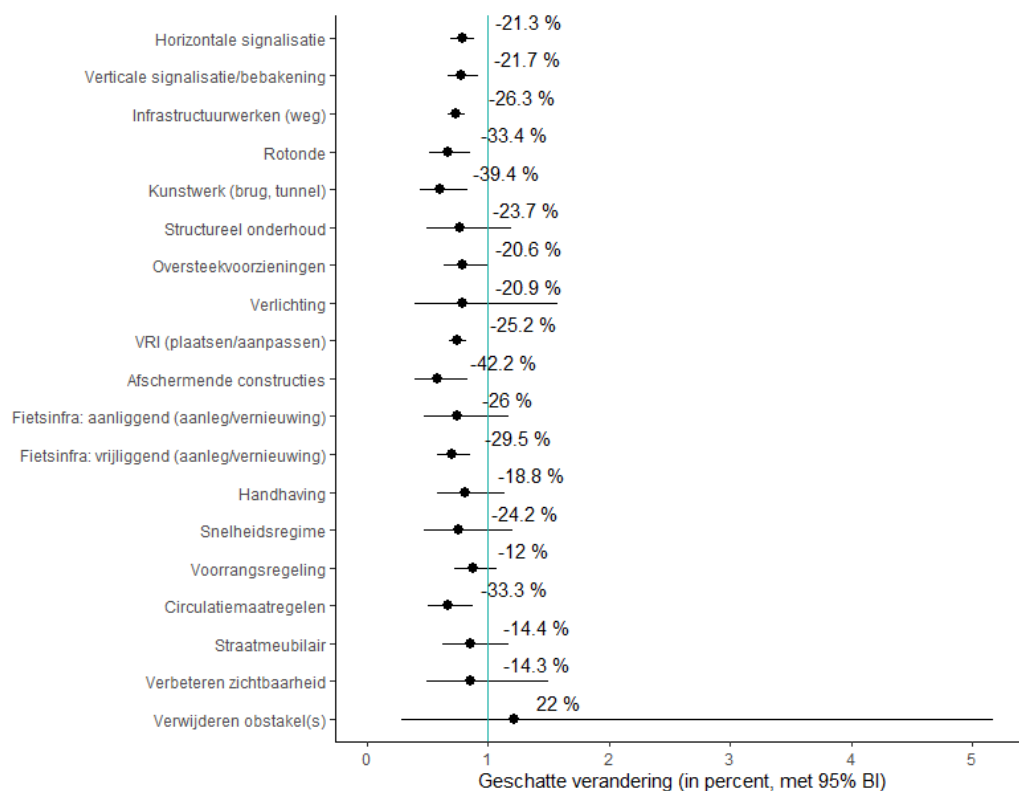
* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.1.5 Type herinrichting

Aan elk gevaarlijk punt werden één of meer labels toegekend die een beschrijving geven van de herinrichting/aanpassing die er plaatsvond. In totaal werden 19 labels onderscheiden. Vier ingrepen hebben een geschatte effectiviteit van meer dan 30% wat betreft de reductie in letselongevallen (Figuur 13, Tabel 10). De meest effectieve maatregelen zijn het plaatsen van afschermende constructies⁴ (-42,2%), het voorzien van een tunnel of brug (-39,4%), het aanleggen of vernieuwen van een rotonde (-33,4%), het nemen van circulatiemaatregelen⁵ (-33,3%) en het voorzien van vrijliggende fietspaden (-29,5%).

Een aantal maatregelen komen minder vaak voor en dit resulteert in een breder betrouwbaarheidsinterval. Desalniettemin zorgt bijna elke individuele ingreep voor een daling in het aantal letselongevallen op basis van de statistisch beste schatting die kan gemaakt worden. Geen enkele maatregel toont een statistisch significante wijziging in ongevallen met doden en zwaargewonden, maar de centrale effectschatting is wel voor alle maatregelen negatief en voorspelt dus een daling in ongevallen met doden en zwaargewonden.

In de praktijk wordt maar af en toe slechts één type aanpassing uitgevoerd aan een gevaarlijk punt. Het aanpassen van de verkeerslichtenregeling of het plaatsen van een snelheidscamera zijn voorbeelden van aanpassingen waar vaak slechts één maatregel wordt genomen. Meestal betreft de herinrichting echter infrastructuurwerken waarbij ook de horizontale of verticale signalisatie wordt aangepast, of waarbij bijvoorbeeld vrijliggende fietspaden of een oversteekplaats worden voorzien. Dankzij de labels kan statistisch benaderd worden wat de impact is wanneer minimaal een bepaalde maatregel genomen wordt. De categorie snelheidsregime omvat steeds een verlaging van de snelheidslimiet, maar de snelheidslimiet vóór en na loopt uiteen tussen de gevaarlijke punten (soms van 90 km/u naar 70 km/u, soms van 70 km/u naar 50 km/u).



Figuur 13 Geschatte verandering in het aantal ongevallen op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van het programma gevaarlijke punten naar type herinrichting.

⁴ Plaatsen van vangrails of betonnen afschermende constructies.

⁵ Wijzigen van de verkeerscirculatie in de omgeving, bijvoorbeeld invoeren van éénrichtingsverkeer, het afsluiten van een tak van een kruispunt, of rechts-in rechts-uit wat kruisen van een weg onmogelijk maakt.

Tabel 10 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting.

Type herinrichting	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Horizontale signalisatie	296	0,79 [0,70; 0,89]*
Verticale signalisatie/bebakening	244	0,78 [0,67; 0,92]*
Infrastructuurwerken (weg)	577	0,74 [0,67; 0,81]*
Rotonde	94	0,67 [0,52; 0,85]*
Kunstwerk (brug, tunnel)	50	0,61 [0,44; 0,83]*
Structureel onderhoud	21	0,76 [0,49; 1,19]
Oversteekvoorzieningen	131	0,79 [0,63; 1,00]*
Verlichting	17	0,79 [0,40; 1,58]
VRI (plaatsen/aanpassen)	467	0,75 [0,68; 0,82]*
Afscherpende constructies	53	0,58 [0,40; 0,83]*
Fietsinfrastructuur: aanliggend (aanleg/vernieuwing)	20	0,74 [0,47; 1,17]
Fietsinfrastructuur: vrijliggend (aanleg/vernieuwing)	153	0,71 [0,58; 0,86]*
Handhaving	26	0,81 [0,58; 1,14]
Snelheidsregime	26	0,76 [0,48; 1,21]
Vorrangsregeling	176	0,88 [0,72; 1,07]
Circulatiemaatregelen	86	0,67 [0,51; 0,88]*
Straatmeubilair (omegabeugels, paaltjes...)	60	0,86 [0,62; 1,17]
Verbeteren zichtbaarheid	13	0,86 [0,49; 1,50]
Verwijderen obstakel(s)	4	1,22 [0,29; 5,18]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

Combinaties van maatregelen

Tien combinaties van maatregelen die interessant zijn omdat ze vaker samen voorkomen, worden samengevat in Tabel 11. Een aantal combinaties van maatregelen blijkt bijzonder effectief. Verschillende combinaties met circulatiemaatregelen hebben een groot reducerend effect op het aantal letselongevallen; vooral de combinatie met afscherpende constructies is erg effectief (-57,5%).

Tabel 11 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting (combinatie van maatregelen).

Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
VRI met infrastructuurwerken (weg)	287	0,75 [0,66; 0,85]*
VRI met circulatiemaatregelen	31	0,62 [0,42; 0,93]*
VRI met vrijliggende fietspaden	56	0,72 [0,54; 0,97]*
VRI met oversteekvoorzieningen	20	0,74 [0,46; 1,19]
Rotonde met kunstwerk	15	0,65 [0,36; 1,19]
Infrastructuurwerken (weg) met circulatiemaatregelen	56	0,68 [0,48; 0,95]*
Circulatiemaatregelen met afscherpende constructies	17	0,43 [0,21; 0,86]*
Oversteekvoorzieningen met vrijliggende fietspaden	28	0,76 [0,46; 1,26]
Oversteekvoorzieningen met verlichting	16	0,86 [0,42; 1,74]
Oversteekvoorzieningen met straatmeubilair	18	0,91 [0,47; 1,76]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

Kruispunttypes en kenmerken van de locatie

De meest opvallende resultaten wat betreft aanpassingen op verschillende kruispunttypes zijn:

- ▶ Het aanleggen van een nieuwe rotonde (-38,7%) is effectiever dan het aanpassen van een bestaande rotonde (-14,1%). Binnen het programma gevaarlijke punten betrof het in 79 gevallen de aanleg van een nieuwe rotonde, terwijl er maar in 15 gevallen een bestaande rotonde werd aangepast. In 2 gevallen werd een rotonde verwijderd en vervangen door verkeerslichten.
- ▶ Het aanleggen of aanpassen van een rotonde is effectiever buiten de bebouwde kom (-36,3%) dan binnen de bebouwde kom (-28,6%).

- ▶ Indien nieuwe of aangepaste verkeerslichten een (gedeeltelijk) conflictvrije regeling volgen, gebeuren er na de aanpassing 27,2% minder letselongevallen (n=235). Wordt een klassieke VRI voorzien, is de geschatte daling slechts 17,5% (n=81; niet statistisch significant). Voor VRI's waar deze info niet beschikbaar is (n=151), wordt een daling van 25,2% ingeschat.
- ▶ Het voorzien van een kunstwerk (brug of tunnel) is efficiënter buiten de bebouwde kom (-47,6%) dan binnen de bebouwde kom (-14,2%). De meeste kunstwerken zijn aangelegd buiten de bebouwde kom (39 van de 50).

Maatregelen en impact op verschillende verkeersdeelnemers

Een verdere analyse van de impact van aanpassingen op verschillende verkeersdeelnemers, leidt tot volgende conclusies (Tabel 12):

- ▶ Het aanleggen of aanpassen van een rotonde is veel effectiever voor gemotoriseerde modi (-45,6%) dan voor kwetsbare modi (-24,3%).
- ▶ Aanpassingen aan een voorrangsgeregeld kruispunt zorgen maar voor een beperkte daling in het aantal slachtoffers (-10,8% voor kwetsbare modi; -14,9% voor gemotoriseerde modi). Het aantal letselongevallen daalt er met 12,0%.
- ▶ Aanpassingen bij een verkeerslichtengeregeld kruispunt zijn iets effectiever voor gemotoriseerde modi (-25,9%) dan voor kwetsbare modi (-20,1%).
- ▶ Het nemen van circulatiemaatregelen is voor alle verkeersdeelnemers één van de meest effectieve maatregelen.
- ▶ Zowel de aanleg of vernieuwing van een vrijliggend als aanliggend fietspad lijkt voor kwetsbare modi een effectieve maatregel, echter zijn de resultaten niet statistisch significant en dus onzeker. We zouden verwachten dat een vrijliggend fietspad voor een grotere reductie in letselongevallen zorgt dan een aanliggend fietspad. We moeten hierbij echter voor ogen houden dat een vrijliggend fietspad er ook kan voor zorgen dat het meer fietsers aantrekt.
- ▶ Het voorzien van een vrijliggend fietspad is effectiever buiten de bebouwde kom (-33,9%) dan binnen de bebouwde kom (-20,3%), zowel op plaatsen met veel kwetsbare weggebruikers als op locaties met minder kwetsbare weggebruikers. Locaties met weinig kwetsbare weggebruikers bevinden zich hoofdzakelijk buiten de bebouwde kom.

Tabel 12 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting en type verkeersdeelnemer.

Type herinrichting	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - Kwetsbare modi	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - Gemotoriseerde modi
Horizontale signalisatie	296	0,87 [0,72; 1,05]	0,75 [0,68; 0,83]*
Verticale signalisatie/bebakening	244	0,90 [0,70; 1,16]	0,75 [0,66; 0,85]*
Infrastructuurwerken (weg)	577	0,82 [0,70; 0,95]*	0,69 [0,64; 0,75]*
Rotonde	94	0,76 [0,52; 1,10]	0,54 [0,44; 0,67]*
Kunstwerk (brug, tunnel)	50	0,77 [0,45; 1,32]	0,55 [0,43; 0,70]*
Structureel onderhoud	21	0,77 [0,33; 1,82]	0,81 [0,59; 1,11]
Oversteekvoorzieningen	131	0,93 [0,66; 1,30]	0,73 [0,61; 0,89]*
Verlichting	17	1,26 [0,39; 4,10]	0,62 [0,34; 1,14]
VRI (plaatsen/aanpassen)	467	0,80 [0,69; 0,93]*	0,74 [0,69; 0,79]*
Afschermende constructies	53	0,75 [0,40; 1,41]	0,57 [0,42; 0,76]*
Fietsinfrastructuur: aanliggend (aanleg/vernieuwing)	20	0,65 [0,34; 1,21]	0,72 [0,51; 1,02]
Fietsinfrastructuur: vrijliggend (aanleg/vernieuwing)	153	0,82 [0,59; 1,13]	0,62 [0,53; 0,73]*
Handhaving	26	0,91 [0,48; 1,73]	0,83 [0,66; 1,05]
Snelheidsregime	26	1,21 [0,56; 2,63]	0,61 [0,42; 0,89]*
Vorrangsregeling	176	0,89 [0,67; 1,19]	0,85 [0,72; 1,01]
Circulatiemaatregelen	86	0,73 [0,48; 1,10]	0,62 [0,49; 0,77]*
Straatmeubilair (omegabeugels, paaltjes...)	60	0,95 [0,61; 1,47]	0,80 [0,61; 1,04]
Verbeteren zichtbaarheid	13	0,92 [0,42; 2,01]	0,70 [0,44; 1,12]
Verwijderen obstakel(s)	4	0,74 [0,05; 11,40]	1,28 [0,41; 4,00]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.1.6 Sensitiviteitsanalyses

In de sensitiviteitsanalyse vergelijken we telkens de schatting die in de voorafgaande sectie gepresenteerd werd (het globaal effect van het programma gevaarlijke punten) met de effect-schattingen wanneer andere methodologische keuzes gemaakt worden.

Waar de hoofdanalyse steunt op nog niet aangepaste gevaarlijke punten als vergelijkingsgroep, kan ook een **alternatieve vergelijkingsgroep** gebruikt worden om te corrigeren voor de algemene ongevallentrend in Vlaanderen. Deze alternatieve vergelijkingsgroep bestaat uit alle letselongevallen in Vlaanderen. Zoals weergegeven in Tabel 13 zijn de resultaten maar beperkt verschillend van de resultaten uit de hoofdanalyse. Bijvoorbeeld, de globale effectiviteit van aanpassingen in het kader van het programma gevaarlijke punten is -26,7% voor letselongevallen wanneer er gebruik gemaakt wordt van de alternatieve vergelijkingsgroep, tegenover -24,1% in de hoofdanalyse. De vergelijkbaarheid van de resultaten valt vermoedelijk te verklaren doordat de initiële vergelijkingsgroep ook reeds minimaal een 100-tal locaties telt en dus representatief geacht wordt voor alle ongevallen in Vlaanderen. Deze sensitiviteitsanalyse bevestigt de robuustheid van de resultaten, waarbij de hoofdanalyse over het algemeen een iets conservatievere schatting geeft.

Tabel 13 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten met gebruik van een alternatieve vergelijkingsgroep, namelijk alle letselongevallen in Vlaanderen.

Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - <i>Sensitiviteitsanalyse</i>	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - <i>Hoofdanalyse (zie Tabel 6)</i>
Alle letselongevallen	924	0,73 [0,68; 0,79]*	0,76 [0,71; 0,82]*
Ongevallen met lichtgewonden	924	0,76 [0,70; 0,82]*	0,79 [0,73; 0,85]*
Ongevallen met zwaargewonden of doden	924	0,83 [0,68; 1,03]	0,82 [0,67; 1,01]
Slachtoffers	924	0,68 [0,64; 0,73]*	0,72 [0,67; 0,76]*
Lichtgewonden	924	0,70 [0,66; 0,75]*	0,74 [0,69; 0,79]*
Zwaargewonden of doden	924	0,70 [0,57; 0,87]*	0,71 [0,58; 0,88]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

In de evaluatiestudie is de assumptie gemaakt dat **ongevallen binnen een straal van 50 meter** van een gevaarlijk punt toegewezen worden aan dat gevaarlijk punt. Deze beslissing is gebaseerd op eerdere studies en zorgt voor een gestandaardiseerde aanpak. Echter is het mogelijk om de perimeter groter of kleiner te veronderstellen. Bij wijze van sensitiviteitsanalyse wordt de straal uitgebreid naar 100 meter. We verwachten dat het betrouwbaarheidsinterval iets kleiner zal worden (een grotere diameter zorgt voor meer ongevallen die geïnccludeerd worden, en dus een preciezere inschatting). Echter mag de zone niet te groot worden omdat in dat geval de ongevallen die in de analyse zitten niet meer verklaard kunnen worden door aanpassingen op het gevaarlijk punt. Uit de resultaten blijkt dat de effectiviteit 4 procentpunt lager is, dit wil zeggen dat de geschatte daling in aantal letselongevallen kleiner is dan in het basisscenario (-20,0% i.p.v. -24,1%) (Tabel 14). De verandering is beperkt. We besluiten hieruit dat wat betreft deze parameter, het resultaat robuust is.

Tabel 14 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten met ongevallen binnen een straal van 100 meter van een gevaarlijk punt in plaats van 50 meter.

Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - <i>Sensitiviteitsanalyse</i>	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - <i>Hoofdanalyse (zie Tabel 6)</i>
Alle letselongevallen	924	0,80 [0,75; 0,85]*	0,76 [0,71; 0,82]*
Ongevallen met lichtgewonden	924	0,82 [0,77; 0,88]*	0,79 [0,73; 0,85]*
Ongevallen met zwaargewonden of doden	924	0,83 [0,69; 1,00]*	0,82 [0,67; 1,01]
Slachtoffers	924	0,76 [0,72; 0,80]*	0,72 [0,67; 0,76]*
Lichtgewonden	924	0,78 [0,73; 0,82]*	0,74 [0,69; 0,79]*
Zwaargewonden of doden	924	0,75 [0,63; 0,91]*	0,71 [0,58; 0,88]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

De analyse van het gevaarlijke punten programma omvat een periode van ingrepen van meer dan 20 jaar. De voor-en-na-periode van 3 jaar wordt per gevaarlijk punt gespecificeerd waarbij de veronderstelling wordt gemaakt dat een ingreep in 2001 een gelijkaardig effect heeft als eenzelfde ingreep in 2021. Om deze veronderstelling te testen, wordt de effectiviteit van het gevaarlijke punten programma op het aantal letselongevallen opgedeeld in groepen van ongeveer 5 jaar. De resultaten tonen geen grote verschillen of trends in effectiviteit tussen de jaren (Tabel 15).

Tabel 15 Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten op letselongevallen naar jaar van herinrichting.

Jaar einde ingreep	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Jaar 2001-2006	116	0,77 [0,64; 0,93]*
Jaar 2007-2011	354	0,73 [0,65; 0,82]*
Jaar 2012-2016	132	0,78 [0,64; 0,96]*
Jaar 2017-2021	322	0,78 [0,69; 0,88]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

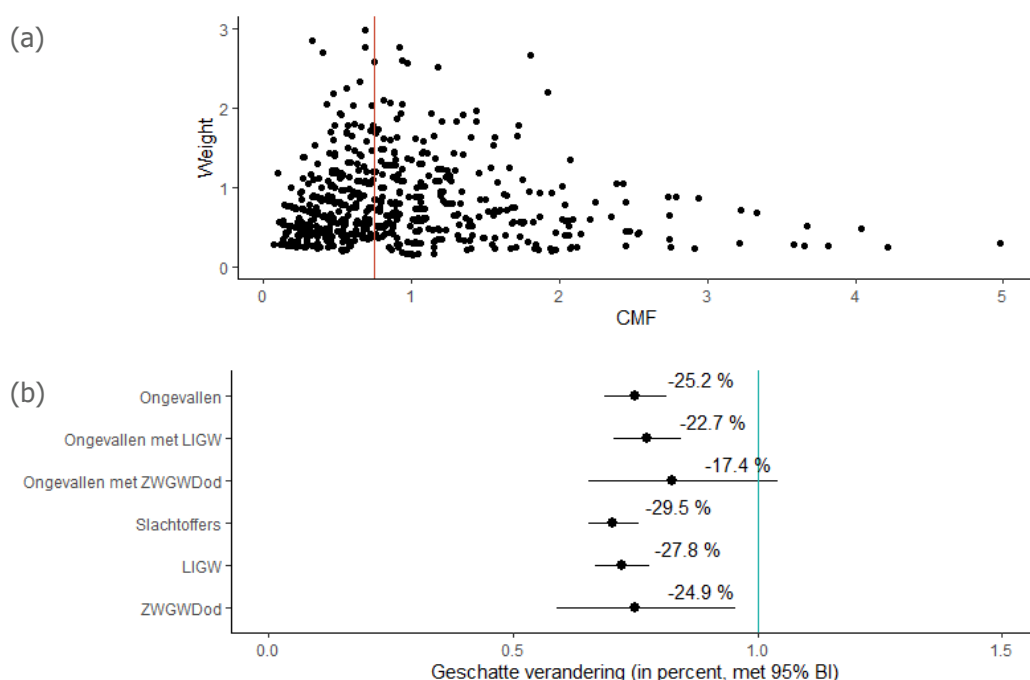
3.2.2 Historische lijst van gevaarlijke punten

3.2.2.1 Totaal effect

Een meta-analyse van 712 gevaarlijke punten op de historische lijst toont een daling in het aantal letselongevallen met 25,2% met een betrouwbaarheidsinterval van [-31,2%; -18,6%] (Figuur 14, Tabel 16). In het geval van ongevallen met zwaargewonden of doden en ongevallen met lichtgewonden, worden dalingen met respectievelijk 17,4% en 22,7% gevonden.

Wanneer er gekeken wordt naar het aantal slachtoffers in plaats van het aantal ongevallen, worden er eveneens significante dalingen gevonden die zelfs nog iets sterker zijn.

De dalingen in ongevallen en slachtoffers zijn sterker dan wanneer het volledige programma gevaarlijke punten beschouwd wordt: ingrepen in het kader van de historische lijst blijken dus effectiever dan de ingrepen van de historische lijst en de dynamische lijst gecombineerd (maar waarbij de dynamische lijst meer inzet op quick wins – zie verder).



Figuur 14 Geschatte verandering in het aantal ongevallen en slachtoffers op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van de historische lijst van gevaarlijke punten. Luik (a) toont de impact op het aantal letselongevallen voor elk individueel gevaarlijk punt via een funnel-plot, de verticale rode lijn duidt de effectiviteitsindex aan na meta-analyse; luik (b) toont de resultaten na meta-analyse.

(CMF = Crash Modification Factor; Weight = gewicht van elk gevaarlijk punt in de meta-analyse; 95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval; LIGW = lichtgewonden; ZWGWDod = zwaargewonden en doden binnen 30 dagen)

Tabel 16 Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten

Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Alle letselongevallen	712	0,75 [0,69; 0,81]*
Ongevallen met lichtgewonden	712	0,77 [0,71; 0,85]*
Ongevallen met zwaargewonden of doden	712	0,83 [0,66; 1,04]
Slachtoffers	712	0,70 [0,66; 0,76]*
Lichtgewonden	712	0,72 [0,67; 0,78]*
Zwaargewonden of doden	712	0,75 [0,59; 0,95]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.2.2 Type verkeersdeelnemer

Naast de totale effectiviteit, is het ook interessant om een onderscheid te maken in de effectiviteit naar betrokken weggebruikers. In deze analyse wordt gekeken op slachtofferniveau. De meeste slachtoffers zijn gewonde of overleden automobilisten. Op basis van de locaties uit de historische lijst met gevaarlijke punten, kan besloten worden dat er een daling is in het aantal slachtoffers bij actieve/kwetsbare verkeersdeelnemers met 18,3%, alsook een daling voor de gemotoriseerde modi met 28,5% (Tabel 17). Alle individuele modi tonen een daling in het aantal slachtoffers; deze daling is echter groter voor slachtoffers in personenwagens en voor zwaar verkeer.

Tabel 17 Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten per type verkeersdeelnemer.

Kenmerk	Categorieën	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Verkeersdeelnemer (groep)	Kwetsbare modi	712	0,82 [0,71; 0,94]*
	Gemotoriseerde modi	712	0,72 [0,67; 0,76]*
Verkeersdeelnemer (individuele modi)	Fiets	712	0,81 [0,67; 0,98]*
	Te voet	712	0,93 [0,63; 1,37]
	Auto	712	0,73 [0,68; 0,78]*
	Zwaar verkeer	712	0,72 [0,60; 0,87]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.2.3 Kenmerken van de locatie

De effectiviteit wordt vervolgens berekend voor subgroepen van onderzoekslocaties met bepaalde karakteristieken. Tabel 18 geeft de resultaten van deze analyses voor alle letselongevallen, waarbij gebruik werd gemaakt van de vergelijkingsgroep bestaande uit nog niet aangepaste gevaarlijke punten. Deze tabel geeft per categorie de overkoepelende effectiviteitsindex en het 95% betrouwbaarheidsinterval. Ook het aantal locaties per categorie wordt weergegeven: naarmate dit getal hoger is, neemt de betrouwbaarheid van het geschatte effect toe.

Ingrepen die plaatsvinden op gevaarlijke wegvakken zorgen voor de grootste daling in aantal letselongevallen met 35,1%, maar door de kleine groep kan dit effect niet met 95% betrouwbaarheid vastgesteld worden. Ingrepen op kruispunten met drie (-21,3%), vier (-24,6%) of meer dan vier (-30,9%) takken blijken effectief. Ingrepen op gevaarlijke punten die reeds als rotonde waren ingericht zorgen niet voor een lager aantal letselongevallen – deze groep is echter klein en het resultaat is niet statistisch significant.

Bij een onderscheid naar de wegcategorie op de hoofdweg wordt een significant resultaat gevonden voor drie van de vier categorieën. Locaties met een primaire weg vertonen een daling in het aantal letselongevallen van gemiddeld 29,7%. Locaties met secundaire wegen vertonen een daling van 21,0% en lokale wegen 22,9%. Op aansluitingen met snelwegen wordt geen statistisch significant effect geïdentificeerd ten gevolge van het kleinere aantal punten. Een gelijkaardig resultaat is er bij een opsplitsing naar snelheidslimiet.

Aanpassingen op locaties buiten de bebouwde kom (-27,4%) blijken effectiever dan aanpassingen op locaties binnen de bebouwde kom (-20,3%). Voor beide groepen wordt een sterk statistisch significant effect gevonden; ingrepen zijn dus zowel binnen als buiten de bebouwde kom effectief.

Ingrepen in randstedelijke gebieden (-28,8%) blijken het meest effectief, maar worden kort gevolgd door ingrepen in landelijke gebieden (-26,1%) en in verstedelijkte gebieden (-22,5%). De drie groepen bevatten ongeveer evenveel locaties en de effectiviteitsindex is in alle gevallen statistisch significant.

Voor meer dan 86% van de gevaarlijke punten op de historische lijst zijn verkeerstellingen uitgevoerd voor aanvang van de werken. Op basis van deze data blijkt een herinrichting van gevaarlijke punten met een groot aantal kwetsbare weggebruikers niet meer of minder effectief dan een herinrichting van locaties met minder kwetsbare weggebruikers. Wat betreft de voertuigintensiteit suggereren de resultaten een licht groter effect voor locaties met een lagere intensiteit op de drukste tak; op heel drukke plaatsen is de daling in letselongevallen iets beperkter.

Provinciale effecten zijn niet waarneembaar, uitgezonderd een iets kleiner en niet statistisch significant effect voor de provincie Vlaams-Brabant. Voor alle andere provincies worden reducties gevonden in het aantal letselongevallen ten gevolge van de herinrichting van gevaarlijke punten van de historische lijst.

Tabel 18 Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar kenmerken van de locatie.

Kenmerk	Categorieën	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Type (kruis)punt voor de herinrichting	Wegvak	24	0,65 [0,39; 1,09]
	3 takken	158	0,79 [0,64; 0,97]*
	4 takken	440	0,75 [0,68; 0,84]*
	Meer dan 4 takken	77	0,69 [0,55; 0,87]*
	Rotonde	13	0,78 [0,45; 1,37]
Wegcategorie (hoofdweg)	Snelweg ⁶	31	0,75 [0,48; 1,16]
	Primaire weg	245	0,70 [0,62; 0,80]*
	Secundaire weg	318	0,79 [0,69; 0,90]*
	Lokale weg	118	0,77 [0,62; 0,97]*
Snelheidslimiet (hoofdweg)	120 km/u	38	0,81 [0,57; 1,16]
	90 km/u	133	0,73 [0,61; 0,87]*
	70 km/u	328	0,72 [0,64; 0,82]*
	50 km/u	187	0,78 [0,66; 0,92]*
Bebouwde kom	Binnen bebouwde kom	207	0,80 [0,69; 0,92]*
	Buiten bebouwde kom	505	0,73 [0,66; 0,80]*
Stedelijkheidsgraad	Verstedelijkt	258	0,77 [0,69; 0,88]*
	Randstedelijk	203	0,71 [0,60; 0,84]*
	Landelijk	251	0,74 [0,63; 0,87]*
Aanwezigheid kwetsbare weggebruikers (verkeerstelling voor de herinrichting)	Groot aantal kwetsbare weggebruikers (>112 per uur)	192	0,78 [0,68; 0,90]*
	Gemiddeld tot beperkt aantal kwetsbare weggebruikers (tussen 34 en 112 per uur)	215	0,71 [0,61; 0,83]*
	Weinig of geen kwetsbare weggebruikers (<34 per uur)	209	0,79 [0,67; 0,94]*
PAE op drukste tak tijdens spitsuur (verkeerstelling voor de herinrichting)	Hoge PAE (>1000 per uur)	191	0,78 [0,68; 0,90]*
	Gemiddelde PAE (tussen 600 en 1000 per uur)	257	0,74 [0,65; 0,85]*
	Lage PAE (<600 per uur)	185	0,73 [0,60; 0,89]*
Provincie	Antwerpen	165	0,72 [0,61; 0,84]*
	Limburg	174	0,74 [0,62; 0,88]*
	Oost-Vlaanderen	133	0,74 [0,61; 0,89]*
	Vlaams-Brabant	111	0,83 [0,66; 1,06]
	West-Vlaanderen	129	0,76 [0,63; 0,93]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.2.4 Type aanpak

De 712 gevaarlijke punten op de historische lijst kunnen onderverdeeld worden naar type aanpak. De meeste punten werden aangepakt met een structurele ingreep ($n=584$; 82% van alle aangepakte gevaarlijke punten). Zoals verwacht, is er een grotere impact van structurele ingrepen op het aantal ongevallen en dit voor ongevallen van elke ernst (Tabel 19). Voor kleine ingrepen worden er gemiddeld gesproken ook dalingen vastgesteld, maar de dalingen zijn minder groot en niet statistisch significant.

⁶ Het betreft hier steeds aanpassingen van kruispunten waarbij op- en afritten van autosnelwegen samenkomen met een onderliggende gewestweg.

Tabel 19 Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar type aanpak.

Type aanpak	Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Structurele ingreep	Alle letselongevallen	584	0,72 [0,65; 0,79]*
	Ongevallen met lichtgewonden	584	0,75 [0,67; 0,82]*
	Ongevallen met zwaargewonden of doden	584	0,80 [0,62; 1,04]
Kleine ingreep	Alle letselongevallen	128	0,88 [0,73; 1,06]
	Ongevallen met lichtgewonden	128	0,90 [0,73; 1,09]
	Ongevallen met zwaargewonden of doden	128	0,94 [0,54; 1,63]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.2.5 Type herinrichting

Bij het maken van een onderscheid naar type herinrichting volgens de 19 categorieën, worden voor verschillende ingrepen significante dalingen gevonden (Tabel 20). De ingrepen met het grootste effect zijn het voorzien van een tunnel of brug (-46,5%), het plaatsen van afschermende constructies (-41,7%), het aanleggen of vernieuwen van een rotonde (-35,9%) en het nemen van circulatiemaatregelen (-32,0%). Ook het aanleggen of vernieuwen van vrijliggende fietspaden heeft een grote effectiviteit, namelijk -30,2%.

Het uitvoeren van infrastructuurwerken in zijn algemeenheid blijkt effectief, met een verwachte daling in het aantal letselongevallen met 28,0%. Op kruispunten blijkt het plaatsen of aanpassen van de verkeerslichten een goede manier om het aantal letselongevallen te verminderen (-26,4%). Kruispunten die ingericht zijn met volledig of gedeeltelijk conflictvrije VRI's (n=188) blijken effectiever dan kruispunten met een klassieke VRI (n=81): -27,8% t.o.v. -17,5%. Zoals verwacht op basis van voorgaande studies zien we een sterkere daling bij (deels) conflictvrije VRI's (Dons et al., 2022). Voor 88 kruispunten met VRI werd de signaalregeling niet gespecificeerd. Dit betreft een verdere opsplitsing van de categorie VRI in Tabel 20.

Voor een aantal types herinrichtingen is het aantal locaties te beperkt om conclusies aan vast te hangen. Er kan dus voor een aantal maatregelen niet vastgesteld worden of ze een positieve impact, geen impact of een negatieve impact hebben op de verkeersveiligheid.

Tabel 20 Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting.

Type herinrichting	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Horizontale signalisatie	233	0,79 [0,68; 0,91]*
Verticale signalisatie/bebakening	220	0,80 [0,68; 0,95]*
Infrastructuurwerken (weg)	534	0,72 [0,65; 0,80]*
Rotonde	89	0,64 [0,49; 0,83]*
Kunstwerk (brug, tunnel)	47	0,54 [0,38; 0,75]*
Structureel onderhoud	18	0,74 [0,46; 1,18]
Oversteekvoorzieningen	114	0,78 [0,61; 1,00]*
Verlichting	15	0,83 [0,39; 1,74]
VRI (plaatsen/aanpassen)	357	0,74 [0,66; 0,82]*
Afschermende constructies	46	0,58 [0,39; 0,87]*
Fietsinfrastructuur: aanliggend (aanleg/vernieuwing)	12	0,77 [0,44; 1,36]
Fietsinfrastructuur: vrijliggend (aanleg/vernieuwing)	142	0,70 [0,57; 0,86]*
Handhaving	16	0,84 [0,55; 1,29]
Snelheidsregime	11	0,77 [0,36; 1,61]
Voorrangregeling	171	0,88 [0,72; 1,08]
Circulatiemaatregelen	71	0,68 [0,50; 0,92]*
Straatmeubilair (omegabeugels, paaltjes...)	53	0,80 [0,56; 1,13]
Verbeteren zichtbaarheid	7	1,06 [0,51; 2,18]
Verwijderen obstakel(s)	2	1,28 [0,12; 14,00]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.2.6 Prioriteitscore

Om een punt te identificeren als gevaarlijk punt werd in 2002 een prioriteitscore berekend op basis van de beschikbare gelokaliseerde ongevalgegevens over een periode van 3 jaar. Een punt werd een gevaarlijk punt bij een minimale score van 15 en minstens 3 letselongevallen. Hierbij werd de 5 – 3 – 1 score gehanteerd (5 voor een dodelijk slachtoffer – 3 voor een zwaargewond slachtoffer – 1 voor een lichtgewond slachtoffer). Bij de samenstelling van de lijst werd wel bijkomend een verhogingscoëfficiënt toegepast van 1,5 op ongevallenlocaties met fietsslachtoffers.

De resultaten van een analyse waarbij de effectiviteit van de herinrichting geassocieerd wordt aan de hoogte van de score, lijkt te suggereren dat de effectiviteit van de aanpak groter is naarmate de prioriteitscore hoger is (Tabel 21). Gevaarlijke punten van de historische lijst met een prioriteitscore van 35 of hoger kennen daardoor een reductie in letselongevallen van 31,4%.

Tabel 21 Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar prioriteitscore.

Prioriteitscore	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
15-21	179	0,79 [0,65; 0,96]*
22-26	189	0,83 [0,70; 0,99]*
27-34	151	0,72 [0,60; 0,87]*
>34	172	0,69 [0,60; 0,79]*
Niet beschikbaar	21	0,91 [0,44; 1,86]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.2.7 Lange termijn impact

De na-periode in de hoofdanalyses werd standaard gezet op 3 jaar: er wordt dus een vergelijking gemaakt tussen de ongevallen in de periode 3 jaar voor herinrichting versus de ongevallen 3 jaar na herinrichting. Dit zorgt ervoor dat ook relatief recent heringerichte punten kunnen meegenomen worden in de analyse.

Wat is echter het effect op langere termijn na de herinrichting? We beschouwen hierbij de middellange termijn (4 tot 6 jaar na ingreep) en de lange termijn (7 tot 9 jaar na ingreep). Deze analyse kon slechts plaatsvinden bij ingrepen die gebeurden tot en met 2013. Dit gaat over 528 gevaarlijke punten van de historische lijst. De voor-periode blijft telkens behouden tot 3 jaar voor de ingreep.

Uit de analyse blijkt dat de effectiviteit van de initiële maatregel toeneemt naarmate de tijd vordert (Tabel 22). Waar er op korte termijn nog een impact is op het aantal letselongevallen van -24,7%, verhoogt dit naar -28,5% op middellange termijn en -33,5% op lange termijn. Een mogelijke verklaring is dat de onderzoekslocaties niet noodzakelijk nog veiliger worden (er vinden namelijk geen extra ingrepen plaats), maar dat de vergelijkingslocaties doorheen de tijd in verhouding in minder sterke mate veiliger zijn geworden.

Tabel 22 Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen op korte, middellange en lange termijn.

Tijdsvenster	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Korte termijn: 1-3 jaar na ingreep	528	0,75 [0,68; 0,83]*
Middellange termijn: 4-6 jaar na ingreep	528	0,71 [0,65; 0,79]*
Lange termijn: 7-9 jaar na ingreep	528	0,66 [0,60; 0,73]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.2.8 Sensitiviteitsanalyses

Naar analogie met de sensitiviteitsanalyse uitgevoerd op de combinatie van de historische en dynamische lijst, wordt de hoofdanalyse herhaald met een alternatieve vergelijkingsgroep. Deze alternatieve vergelijkingsgroep is de algemene ongevaltrend in Vlaanderen. De sensitiviteitsanalyse vindt een effectiviteit van de aanpak van gevaarlijke punten op de historische lijst van -26,1%, in vergelijking met -25,2% in de hoofdanalyse (Tabel

23). Voor letselongevallen en slachtoffers geeft de hoofdanalyse meestal een iets conservatievere schatting dan de sensitiviteitsanalyse; het verschil is echter heel klein en dus is de hoofdanalyse robuust.

Tabel 23 Effectiviteit van de historische lijst van gevaarlijke punten met gebruik van een alternatieve vergelijkingsgroep, namelijk alle letselongevallen in Vlaanderen.

Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - <i>Sensitiviteitsanalyse</i>	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - <i>Hoofdanalyse (zie Tabel 16)</i>
Alle letselongevallen	712	0,74 [0,68; 0,80]*	0,75 [0,69; 0,81]*
Ongevallen met lichtgewonden	712	0,76 [0,69; 0,83]*	0,77 [0,71; 0,85]*
Ongevallen met zwaargewonden of doden	712	0,84 [0,67; 1,06]	0,83 [0,66; 1,04]
Slachtoffers	712	0,69 [0,65; 0,75]*	0,70 [0,66; 0,76]*
Lichtgewonden	712	0,71 [0,66; 0,77]*	0,72 [0,67; 0,78]*
Zwaargewonden of doden	712	0,75 [0,59; 0,95]*	0,75 [0,59; 0,95]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

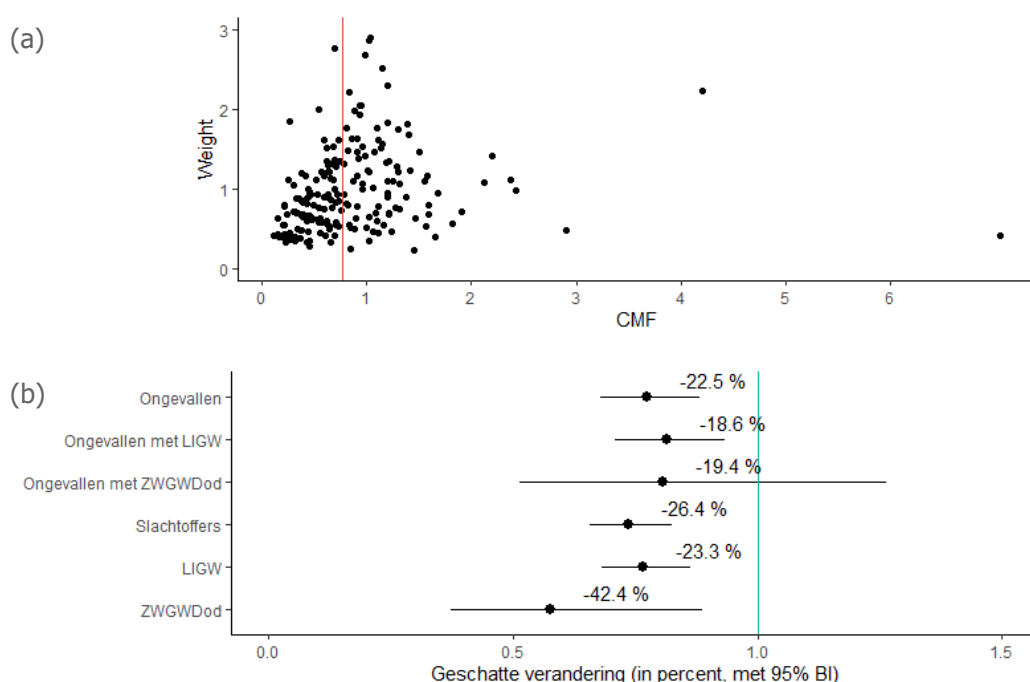
3.2.3 Dynamische lijst gevaarlijke punten

3.2.3.1 Totaal effect

De 240 gevaarlijke punten op de dynamische lijst tonen na meta-analyse een daling in het aantal letselongevallen van 22,5% met een betrouwbaarheidsinterval van [-32,0%; -11,8%] (Figuur 15, Tabel 24). In het geval van ongevallen met zwaargewonden of doden en ongevallen met lichtgewonden, worden dalingen met respectievelijk 19,4% en 18,6% gevonden.

Wanneer er gekeken wordt naar het aantal slachtoffers in plaats van het aantal ongevallen, worden er eveneens significante dalingen gevonden.

De dalingen in ongevallen en slachtoffers zijn minder sterk dan wanneer het volledige programma gevaarlijke punten beschouwd wordt: ingrepen in het kader van de dynamische lijst blijken dus minder effectief dan de ingrepen van de historische lijst (maar waarbij de dynamische lijst meer inzet op quick wins – zie verder). Een uitzondering hierop vormen de (ongevallen met) zwaargewonden en doden die sterker gedaald zijn op de locaties van de dynamische lijst.



Figuur 15 Geschatte verandering in het aantal ongevallen en slachtoffers op gevaarlijke punten die aangepakt zijn in het kader van de dynamische lijst van gevaarlijke punten. Luik (a) toont de impact op het aantal letselongevallen voor elk individueel gevaarlijk punt via een funnel-plot, de verticale rode lijn duidt de effectiviteitsindex aan na meta-analyse; luik (b) toont de resultaten na meta-analyse.

(CMF = Crash Modification Factor; Weight = gewicht van elk gevaarlijk punt in de meta-analyse; 95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval; LIGW = lichtgewonden; ZWGWDod = zwaargewonden en doden binnen 30 dagen)

Tabel 24 Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten.

Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Alle letselongevallen	240	0,77 [0,68; 0,88]*
Ongevallen met lichtgewonden	240	0,81 [0,71; 0,93]*
Ongevallen met zwaargewonden of doden	240	0,81 [0,51; 1,26]
Slachtoffers	240	0,74 [0,66; 0,82]*
Lichtgewonden	240	0,77 [0,68; 0,86]*
Zwaargewonden of doden	240	0,58 [0,37; 0,89]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.3.2 Type verkeersdeelnemer

In plaats van de effectiviteit voor alle verkeersdeelnemers samen te analyseren, kan een onderscheid gemaakt worden naar type verkeersdeelnemer: hebben de maatregelen vooral gezorgd voor een reductie van slachtoffers onderweg met gemotoriseerde modi of profiteren ook de kwetsbare weggebruikers? Op basis van de locaties uit de dynamische lijst met gevaarlijke punten, kan besloten worden dat er een daling is in het aantal slachtoffers met actieve/kwetsbare vervoersmodi met 16,9%, alsook voor weggebruikers onderweg met gemotoriseerde modi met 21,8% (Tabel 25). Alle individuele modi tonen een daling in het aantal slachtoffers; deze daling is echter groter voor slachtoffers met personenwagens.

We kunnen opmerken dat in vergelijking met de historische lijst, de effectiviteit van de dynamische lijst minder groot is voor gemotoriseerde modi, terwijl de effectiviteit voor kwetsbare modi op hetzelfde niveau is gebleven. Dit zou te maken kunnen hebben met de verhoogde aandacht voor kwetsbare weggebruikers in recente jaren.

Tabel 25 Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten per type verkeersdeelnemer.

Kenmerk	Categorieën	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Verkeersdeelnemer (groep)	Kwetsbare modi	240	0,83 [0,69; 1,00]*
	Gemotoriseerde modi	240	0,78 [0,71; 0,86]*
Verkeersdeelnemer (individuele modi)	Fiets	240	0,85 [0,67; 1,07]
	Te voet	240	0,91 [0,55; 1,51]
	Auto	240	0,76 [0,69; 0,85]*
	Zwaar verkeer	240	0,83 [0,63; 1,09]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.3.3 Kenmerken van de locatie

De effectiviteit wordt vervolgens berekend voor subgroepen van onderzoekslocaties met bepaalde karakteristieken. Tabel 26 geeft de resultaten van deze analyses voor alle letselongevallen, waarbij gebruik werd gemaakt van de vergelijkingsgroep bestaande uit nog niet aangepaste gevaarlijke punten. Deze tabel geeft per categorie de overkoepelende effectiviteitsindex en het 95% betrouwbaarheidsinterval. Ook het aantal locaties per categorie wordt weergegeven: naarmate dit getal hoger is, neemt de betrouwbaarheid van het geschatte effect toe.

Ingrepen die plaatsvinden op gevaarlijke wegvakken zorgen voor de grootste daling in het aantal letselongevallen met 31,3%; dit effect is niet statistisch significant. Ingrepen op kruispunten met drie (-21,9%), vier (-19,4%) of meer dan vier (-29,5%) takken lijken effectief. Ingrepen op gevaarlijke punten die reeds als rotonde waren ingericht, zorgen niet onmiddellijk voor een lager aantal letselongevallen – deze groep is echter klein en het resultaat is niet statistisch significant.

Investerings in het kader van de dynamische lijst van gevaarlijke punten lijken op wegen van alle wegcategorieën effectief – echter niet alle categorieën zijn statistisch significant. Een gelijkaardig resultaat is er bij een opsplitsing naar snelheidslimiet.

Aanpassingen op locaties buiten de bebouwde kom (-25,6%) blijken effectiever dan aanpassingen op locaties binnen de bebouwde kom (-19,8%) – het resultaat is statistisch significant en in overeenstemming met de bevindingen uit de historische lijst en lijkt dus een zeer robuust resultaat.

Ingrepen in randstedelijke gebieden (-26,1%) lijken het meest effectief, maar worden kort gevolgd door ingrepen in verstedelijkte gebieden (-21,7%) en in landelijke gebieden (-21,5%). In de dynamische lijst van gevaarlijke punten zijn opvallend meer punten in verstedelijkte gebieden aangepakt.

Slechts voor een minderheid van 31% van de gevaarlijke punten op de dynamische lijst zijn verkeerstellingen uitgevoerd voor aanvang van de werken; dit zijn althans de tellingen die in het kader van de huidige analyse konden teruggevonden worden. Op basis van deze data blijkt een herinrichting van gevaarlijke punten met een groot aantal kwetsbare weggebruikers niet meer of minder effectief dan een herinrichting van locaties met minder kwetsbare weggebruikers. Geen enkele groep geeft statistisch significante resultaten wegens de lage aantallen. Hetzelfde geldt wanneer de verkeersintensiteit op de drukste tak wordt beschouwd.

Provinciale effecten zijn niet opvallend. Voor alle provincies worden dalingen gevonden in het aantal letselongevallen ten gevolge van de herinrichting van gevaarlijke punten van de dynamische lijst. De dalingen zijn niet altijd statistisch significant – vooral onder invloed van de kleinere steekproef – maar de trend lijkt eenduidig. In tegenstelling tot de historische lijst, zien we hier geen lagere effectiviteit van maatregelen in de provincie Vlaams-Brabant.

Tabel 26 Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar kenmerken van de locatie.

Kenmerk	Categorieën	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Type (kruis)punt voor de herinrichting	Wegvak	33	0,69 [0,47; 0,99]*
	3 takken	50	0,78 [0,56; 1,09]
	4 takken	124	0,81 [0,68; 0,96]*
	Meer dan 4 takken	29	0,70 [0,51; 0,97]*
	Rotonde	4	1,10 [0,46; 2,66]
Wegcategorie (hoofdweg)	Snelweg	29	0,70 [0,47; 1,05]
	Primaire weg	84	0,84 [0,68; 1,03]
	Secundaire weg	80	0,79 [0,63; 0,99]*
	Lokale weg	47	0,68 [0,51; 0,91]*
Snelheidslimiet (hoofdweg)	120 km/u	16	0,67 [0,38; 1,18]
	90 km/u	41	0,68 [0,49; 0,95]*
	70 km/u	98	0,85 [0,69; 1,03]
	50 km/u	66	0,76 [0,60; 0,97]*
Bebouwde kom	Binnen bebouwde kom	109	0,80 [0,67; 0,96]*
	Buiten bebouwde kom	131	0,74 [0,62; 0,90]*
Stedelijkheidsgraad	Verstedelijkt	135	0,78 [0,67; 0,92]*
	Randstedelijk	52	0,74 [0,55; 1,00]*
	Landelijk	53	0,79 [0,57; 1,09]
Aanwezigheid kwetsbare weggebruikers (verkeerstelling voor de herinrichting)	Groot aantal kwetsbare weggebruikers (>112 per uur)	48	0,86 [0,67; 1,09]
	Gemiddeld tot beperkt aantal kwetsbare weggebruikers (tussen 34 en 112 per uur)	18	0,73 [0,43; 1,26]
	Weinig of geen kwetsbare weggebruikers (<34 per uur)	9	0,96 [0,51; 1,81]
PAE op drukste tak tijdens spitsuur (verkeerstelling voor de herinrichting)	Hoge PAE (>1000 per uur)	44	0,91 [0,70; 1,17]
	Gemiddelde PAE (tussen 600 en 1000 per uur)	26	0,78 [0,53; 1,15]
	Lage PAE (<600 per uur)	3	0,43 [0,11; 1,78]
Provincie	Antwerpen	81	0,82 [0,67; 1,00]*
	Limburg	37	0,80 [0,55; 1,17]
	Oost-Vlaanderen	44	0,73 [0,54; 0,98]*
	Vlaams-Brabant	30	0,79 [0,54; 1,17]
	West-Vlaanderen	48	0,70 [0,51; 0,96]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.3.4 Type aanpak

De 240 gevaarlijke punten op de dynamische lijst kunnen onderverdeeld worden naar type aanpak. De meeste punten werden aangepakt met een kleine ingreep, de zogenaamde quick win ($n=207$; 86% van alle aangepakte gevaarlijke punten). Voor structurele ingrepen worden er gemiddeld gesproken dalingen vastgesteld, maar die zijn niet statistisch significant, vermoedelijk door het kleine aantal onderzoekslocaties. De quick wins zorgen voor een statistisch significante daling in het aantal letselongevallen met 24,1% en in het aantal ongevallen met zwaargewonden en doden met 20,3% (Tabel 27).

Tabel 27 Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar type aanpak.

Type aanpak	Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Structurele ingreep	Alle letselongevallen	33	0,87 [0,62; 1,22]
	Ongevallen met lichtgewonden	33	0,91 [0,64; 1,30]
	Ongevallen met zwaargewonden of doden	33	0,88 [0,23; 3,31]
Kleine ingreep	Alle letselongevallen	207	0,76 [0,66; 0,87]*
	Ongevallen met lichtgewonden	207	0,80 [0,69; 0,93]*
	Ongevallen met zwaargewonden of doden	207	0,80 [0,49; 1,29]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

3.2.3.5 Type herinrichting

Slechts enkele ingrepen leiden tot een statistisch significante daling in het aantal letselongevallen (Tabel 28). De reden dat ze statistisch significant zijn, is enerzijds omdat de effectgrootte voldoende groot is, of anderzijds omdat het aantal locaties voldoende hoog is en het betrouwbaarheidsinterval hierdoor smaller is. Wanneer er los van significantie naar de grootte van het effect wordt gekeken, suggereren de resultaten dat het aanbrengen van verlichting⁷ (-48,5%; $n=3$), het plaatsen van afschermende constructies (-48,3%; $n=11$) en het nemen van circulatiemaatregelen (-43,8%; $n=18$), het meest effectief zijn. Door het beperkt aantal onderzoekslocaties moeten de resultaten met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden en kan er beter teruggevallen worden op de analyse van de gecombineerde dynamische en historische lijst.

Aangezien in de dynamische gevaarlijke puntenlijst een beperkt aantal locaties op autosnelwegen werd aangepakt, staan we even stil bij de type herinrichting die hiervoor het meest frequent gebruikt werd. De meest voorkomende getroffen maatregelen op gevaarlijke punten op snelwegen zijn: aanpassing van het snelheidsregime, horizontale signalisatie, verticale signalisatie/bebakening, infrastructuurwerken (weg) en het plaatsen van afschermende constructies. Dit zijn stuk voor stuk ingrepen die redelijk effectief zijn, en dat is dan ook in lijn met de positieve impact van de aanpak van gevaarlijke punten op een snelweg (zie tabel 26 hierboven). Op basis van de beschikbare informatie is het niet altijd duidelijk of een maatregel betrekking heeft op beide rijrichtingen; mogelijk worden ongevallen maar in één rijrichting beïnvloed. De effectiviteit van een maatregel op snelwegen wordt mogelijk onderschat door ongevallen in beide rijrichtingen mee te nemen.

Tabel 28 Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar type herinrichting.

Type herinrichting	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Horizontale signalisatie	73	0,79 [0,63; 1,00]*
Verticale signalisatie/bebakening	28	0,69 [0,45; 1,06]
Infrastructuurwerken (weg)	58	0,82 [0,63; 1,07]
Rotonde	6	1,01 [0,46; 2,22]
Kunstwerk (brug, tunnel)	7	1,16 [0,55; 2,45]
Structureel onderhoud	4	0,97 [0,36; 2,62]
Oversteekvoorzieningen	21	0,88 [0,52; 1,48]
Verlichting	3	0,52 [0,11; 2,46]
VRI (plaatsen/aanpassen)	127	0,76 [0,64; 0,90]*
Afschermende constructies	11	0,52 [0,23; 1,17]
Fietsinfrastructuur: aanliggend (aanleg/vernieuwing)	8	0,69 [0,32; 1,48]
Fietsinfrastructuur: vrijliggend (aanleg/vernieuwing)	13	0,76 [0,42; 1,36]
Handhaving	10	0,77 [0,44; 1,33]
Snelheidsregime	15	0,75 [0,41; 1,37]
Voorrangsregeling	7	0,87 [0,33; 2,34]
Circulatiemaatregelen	18	0,56 [0,32; 1,00]*
Straatmeubilair (omegabeugels, paaltjes...)	7	1,21 [0,56; 2,61]
Verbeteren zichtbaarheid	7	0,74 [0,35; 1,59]
Verwijderen obstakel(s)	2	1,19 [0,19; 7,28]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

⁷ Aanbrengen van openbare verlichting (OV) of punctuele verlichting bij oversteekplaatsen van fietsers (VFOP), voetgangers (VVOP), ...

3.2.3.6 Prioriteitscore

In 2018 startte de Vlaamse overheid met een nieuwe aanpak van gevaarlijke punten, met name de dynamische lijst van gevaarlijke punten. Momenteel wordt jaarlijks een prioriteitscore berekend en punten met een score van 15 of hoger worden op de lijst met gevaarlijke punten geplaatst. Net zoals bij de historische lijst wordt gebruik gemaakt van de meest recente gelokaliseerde ongevalgegevens over een periode van 3 jaar. Sinds 2019 wordt een hogere wegingsfactor van 1,7 toegekend aan kwetsbare weggebruikers.

Een analyse waarbij de effectiviteit van de herinrichting geassocieerd wordt met de hoogte van de score toont geen verband (Tabel 29). Ook het aantal keer waarop een zelfde punt op de dynamische lijst terecht komt, lijkt geen verband te hebben met de effectiviteit van een maatregel.

Tabel 29 Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten op letselongevallen naar prioriteitscore

Kenmerk	Categorieën	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval]
Prioriteitscore #	15-18	114	0,76 [0,61; 0,95]*
	19-22	57	0,80 [0,61; 1,06]
	23-26	26	0,75 [0,54; 1,04]
	>26	43	0,78 [0,61; 1,01]
Aantal jaren op de dynamische lijst	1	81	0,83 [0,64; 1,08]
	2	53	0,68 [0,51; 0,91]*
	3	44	0,79 [0,59; 1,07]
	4	36	0,82 [0,61; 1,11]
	5	26	0,75 [0,56; 1,02]

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

Gemiddelde score indien meerdere scores beschikbaar overheen de jaren

3.2.3.7 Sensitiviteitsanalyses

Net zoals de sensitiviteitsanalyse die uitgevoerd werd op de combinatie van de historische en dynamische lijst, wordt de hoofdanalyse herhaald met een alternatieve vergelijkingsgroep. Deze alternatieve vergelijkingsgroep is de algemene ongevaltend in Vlaanderen. De sensitiviteitsanalyse vindt een effectiviteit van de aanpak van gevaarlijke punten op de dynamische lijst van -28,8%, in vergelijking met -22,5% in de hoofdanalyse (Tabel 30). Voor letselongevallen en slachtoffers geeft de hoofdanalyse meestal een conservatievere schatting dan de sensitiviteitsanalyse. Het verschil tussen de hoofdanalyse en de sensitiviteitsanalyse is hier groter dan in voorgaande sensitiviteitsanalyses bij de historische lijst en de combinatie van de historische en dynamische lijst. Dit kan verklaard worden door het kleiner aantal onderzoekslocaties (wat leidt tot een breder betrouwbaarheidsinterval en een minder stabiel gemiddeld effect) en het kleiner aantal vergelijgingslocaties (in de hoofdanalyse).

Tabel 30 Effectiviteit van de dynamische lijst van gevaarlijke punten met gebruik van een alternatieve vergelijkingsgroep, namelijk alle letselongevallen in Vlaanderen.

Uitkomstvariabele	Aantal locaties	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - <i>Sensitiviteitsanalyse</i>	Effectiviteitsindex [betrouwbaarheidsinterval] - <i>Hoofdanalyse (zie Tabel 24)</i>
Alle letselongevallen	240	0,71 [0,63; 0,81]*	0,77 [0,68; 0,88]*
Ongevallen met lichtgewonden	240	0,74 [0,64; 0,84]*	0,81 [0,71; 0,93]*
Ongevallen met zwaargewonden of doden	240	0,84 [0,54; 1,31]	0,81 [0,51; 1,26]
Slachtoffers	240	0,65 [0,58; 0,73]*	0,74 [0,66; 0,82]*
Lichtgewonden	240	0,68 [0,60; 0,76]*	0,77 [0,68; 0,86]*
Zwaargewonden of doden	240	0,55 [0,36; 0,85]*	0,58 [0,37; 0,89]*

* Statistisch significant ($p \leq 0,05$)

4 Discussie

Effectiviteit van het programma gevaarlijke punten

Een programma om gevaarlijke punten aan te pakken, start met een screeningsproces om problematische locaties met disproportioneel veel (bijna-)ongevallen op een wegennetwerk op te sporen, zogenaamde 'hotspots' of 'zwarte punten'. Vervolgens wordt elke locatie afzonderlijk verder onderzocht door verkeersveiligheidsexperts. Zij bepalen de best mogelijke maatregelen om deze vervolgens door de wegbeheerder te laten toepassen. Door deze gerichte aanpak op maat van elk punt wordt verwacht dat de verkeersveiligheid verbetert.

Een effectevaluatie kan op objectieve wijze vaststellen of er inderdaad een daling in het aantal ongevallen heeft plaatsgevonden. Dit is echter niet vaak bestudeerd in de internationale literatuur. Elvik identificeerde de analyse van De Pauw et al. uit 2014 in Vlaanderen als de meest recente internationale publicatie van afdoende kwaliteit (Elvik, 2023). Studies focussen vaker op de ingrepen die uiteindelijk worden uitgevoerd en niet op het programma gevaarlijke punten, wat eigenlijk de primaire maatregel is. In de huidige studie ambieerden we beide evaluaties: enerzijds een evaluatie van het volledige programma gevaarlijke punten, en anderzijds een identificatie van type maatregelen die het meest effectief zijn.

Er zijn nog meer evaluatiestudies van een gevaarlijke punten programma uitgevoerd, maar die zijn vaak van onvoldoende kwaliteit. Zo wordt er meestal geen rekening gehouden met vertekenende factoren zoals regressie naar het gemiddelde (Elvik, 1997). Elvik stelde vast dat met hoe meer (noodzakelijke) factoren rekening wordt gehouden in een analyse, hoe kleiner het gevonden effect meestal is. Ruwe voor-en-na-studies die geen rekening houden met vertekenende factoren, vinden meestal een reductie in ongevallen rond 50-90%. In Vlaanderen vergeleken Poelmans en Van Den Bossche (2010) ongevallen geregistreerd door lokale politiezones nabij 220 kruispunten van de historische lijst van gevaarlijke punten voor en na de herinrichting: zij vonden een reductie van 80% in slachtoffers. Een gelijkaardige studie van het Rekenhof vond op basis van een verkennende analyse van 711 punten van de historische lijst een reductie in prioriteitscore van 76,6% (Rekenhof, 2022). Beide studies geven zelf aan dat er onvoldoende rekening wordt gehouden met vertekenende factoren en dus ligt de werkelijke reductie vermoedelijk lager. Ook in Brussel is er in 2019 een evaluatie uitgevoerd van 30 ZACA's (Zone à concentration d'accidents) – de studie besluit dat de ZACA's die het voorwerp uitmaakten van zelfs een gedeeltelijke of kleine interventie, een aanzienlijke vermindering kenden van zowel het aantal ongevallen, als van de ernst (Bruxelles Mobilité, 2021).

Ondanks het beperkt aantal kwaliteitsvolle studies die een programma gevaarlijke punten evalueren (nationaal en internationaal), zijn de analyses in deze studies adequaat en de resultaten consistent. Het aanpakken van locaties met een hoog aantal ongevallen heeft over het algemeen een positief effect op de verkeersveiligheid (Elvik, 2023; Ziakopoulos & Papadimitriou, 2017). Meta-analyses met evaluaties uit verschillende landen schatten een reductie in het aantal letselongevallen van 24% tot 28%. Deze bevinding sluit niet uit dat op een individueel gevaarlijk punt het mogelijk is dat er geen effect wordt waargenomen na een herinrichting, of in een uitzonderlijk geval zelfs een negatief effect.

Een vaak geciteerde Vlaamse studie die eveneens is opgenomen in de hierboven vermelde meta-analyse, is de studie van De Pauw et al. uit 2014 (De Pauw et al., 2014). Deze studie evalueerde 134 structurele ingrepen op kruispunten van op de historische lijst. Er werd een significante daling in het aantal letselongevallen vastgesteld van 24% tot 27%, afhankelijk van de gebruikte vergelijkingsgroep. Ongevallen met doden en zwaargewonden werden gereduceerd met 40% tot 52%. Er was een daling in het aantal slachtoffers voor elk type weggebruiker. Een verdere opsplitsing naar kenmerken van een locatie en type aanpassing was niet echt mogelijk en de resultaten bleken niet robuust door de te kleine dataset.

De best mogelijke schatting uit de huidige studie, die rekening houdt met mogelijk vertekenende factoren, vindt een reductie in letselongevallen van 24,1% en in slachtoffers van 28,2%. De analyse is gebaseerd op een grote verzameling van 924 gevaarlijke punten of wegvakken. Deze schatting is in lijn met de voorgaande (inter)nationale studies. We vinden een daling voor alle weggebruikers, maar die daling is groter voor het gemotoriseerd verkeer. Een belangrijke verklaring is dat bij het terugdringen van het aantal ongevallen, het aantal slachtoffers sterker zal dalen bij gemotoriseerde modi omdat er in een wagen meerdere personen kunnen zitten.

Een opsplitsing van de ongevallen naar ernst geeft geen eenduidige resultaten in de huidige analyse. Wel is er zowel voor lichte als ernstige ongevallen een positief effect van het programma gevaarlijke punten, met

gelijkaardige dalingen in beide groepen. We observeren geen sterkere daling voor doden en zwaargewonden zoals in de studie van De Pauw et al. (2014); een uitzondering hierop is een daling van 42,4% in het aantal doden en zwaargewonden bij de gevaarlijke punten op de dynamische lijst. Mogelijk is het grotere aandeel snelwegen en wegen met een hogere snelheidslimiet op de dynamische lijst in vergelijking met de historische lijst hiervoor verantwoordelijk. Ook in de analyse van De Pauw et al. was het aandeel wegen met een snelheidslimiet van 120 of 90 km/u hoger dan in de huidige analyse.

Wat in de voorgaande studies grotendeels ontbrak, was een analyse naar het type herinrichting dat effectief is binnen een gevaarlijk punten programma. Dit is geen evidente analyse omdat er op eenzelfde locatie meestal een combinatie aan maatregelen wordt genomen en geen twee punten kennen eenzelfde problematiek. Maatregelen zijn ook zeer divers; denk aan de plaatsing van verkeersborden, het verlagen van de snelheidslimiet, infrastructuurmaatregelen, handhaving via camera's, enzovoort. Door in de huidige studie te werken met labels kan één gevaarlijk punt in één of meerdere sub-analyses opgenomen worden. Op basis hiervan vinden we de grootste effectiviteit bij het plaatsen van afschermende constructies (-42,0%), het voorzien van een tunnel of brug (-39,3%), het aanleggen of vernieuwen van een rotonde (-34,1%), het nemen van circulatiemaatregelen (-33,1%) en het voorzien van vrijliggende fietspaden (-29,5%). Kruispunten uitgerust met (deels) conflictvrije VRI's kennen een sterkere daling in het aantal letselongevallen dan kruispunten uitgerust met een klassieke VRI. Dit resultaat is in lijn met een eerdere evaluatie van het Actieplan Verkeerslichten (Dons et al., 2022) en ondersteunt de inspanningen voor meer maximaal conflictvrije kruispunten.

Structurele ingrepen (-27,0%) blijken effectiever dan kleine ingrepen (-19,0%) – dit is nooit eerder geëvalueerd, maar is volgens de verwachtingen gezien de voorgaande analyse over het type maatregelen dat het meest effectief is. Het is ook belangrijk om te benadrukken dat kleine ingrepen wel degelijk effectief zijn. Wanneer er op korte termijn op een gevaarlijk punt een kleine ingreep / quick win kan genomen worden, moet dit niet nagelaten worden. Het betreft meestal een goedkopere ingreep, die gemiddeld toch zorgt voor een reductie in alle letselongevallen met 19,0%. Voorbeelden van zeer effectieve herinrichtingen die meestal gedefinieerd worden als kleine ingreep zijn het plaatsen van afschermende constructies (zorgen voor vergevingsgezinde wegen) en het nemen van circulatiemaatregelen. Ook het omvormen tot een conflictvrije verkeerslichtenregeling kan vaak beschouwd worden als een kostenefficiënte kleine maatregel.

De aanpak van punten op de historische lijst (-25,2% in letselongevallen) bleek effectiever dan de aanpak van punten op de dynamische lijst (-22,5% in letselongevallen). Beide effecten zijn statistisch significant. Omdat er meer kleine ingrepen op de dynamische lijst staan en meer structurele ingrepen op de historische lijst, is dit resultaat verwacht. Kleine ingrepen lijken effectiever op de dynamische lijst dan op de historische lijst, maar dit kan ook een onecht resultaat zijn omdat de effectschatting voor een kleine ingreep niet statistisch significant is bij de historische lijst. Hetzelfde geldt voor structurele ingrepen op de dynamische lijst, te verklaren door het te kleine aantal onderzoekslocaties.

Beperkingen van de analyse

De vergelijkingsgroep in het statistisch model kan op vele manieren samengesteld worden. Dit heeft mogelijk een impact op het resultaat. Soms worden vergelijkingslocaties niet nader gedefinieerd (vb. in de aanpak verkeersongevallenconcentraties in Nederland). Een manier om de onzekerheid hieromtrent te verkleinen, is om de analyse te herhalen met verschillende vergelijkingsgroepen. Dit is wat er gedaan is in de huidige studie: de hoofdanalyse steunt op de nog niet-aangepakte gevaarlijke punten, een sensitiviteitsanalyse gebruikt alle letselongevallen in Vlaanderen om te corrigeren voor de algemene trend. De resultaten zijn zeer vergelijkbaar wat bevestigt dat de analyse robuust is. In de hoofdanalyse bestond de vergelijkingsgroep uiteindelijk steeds uit minimaal 93 locaties.

Een tweede punt van discussie is de mogelijke migratie van ongevallen. We houden hier geen rekening mee in de huidige analyse, tenzij indirect via de vergelijkingsgroep die corrigeert voor de algemene trends. Migratie van ongevallen of onveiligheid is het verschijnsel waarbij het aantal ongevallen in de (directe) omgeving – ook wel het invloedsgebied genoemd – toeneemt als gevolg van de maatregel op de gevaarlijke situatie of in het behandelde gebied (SWOV, 2010). De winst door de maatregel kan daardoor weer (deels) teniet worden gedaan. De effecten binnen een eventueel invloedsgebied dienen dan ook in de evaluatie te worden betrokken. Een toegepast voorbeeld in Vlaanderen zou kunnen zijn: hoe meer conflictvrije verkeerslichten, hoe veiliger die kruispunten worden. Maar bestuurders verwachten dit ook op andere kruispunten en zijn minder voorzichtig/aandachtig op die andere kruispunten, met meer ongevallen tot gevolg. Echter, Elvik (1997) besluit

dat het onduidelijk is hoe groot het probleem van migratie van ongevallen is, en het is zelfs niet duidelijk of het een echt probleem is – het is momenteel enkel gebaseerd op hypothesen. Door de controverse hierover en de moeilijkheid om dit in rekening te brengen, wordt er voor dit mogelijke effect niet gecorrigeerd in de huidige analyse.

Ten slotte zijn ook mogelijke veranderingen in het verkeersvolume op een aangepakt gevaarlijk punt niet meegenomen in de analyse. Het betreft hier enkel veranderingen in volume op het gevaarlijk punt zelf, bijvoorbeeld door omleiding van het verkeer of door een reductie in aantal rijstroken. Veranderingen in verkeerstromen worden zelden betrouwbaar gemeten – ook in de huidige studie waren er (beperkte) verkeerstellingen vóór een herinrichting, maar ná invoering van de maatregel was er geen informatie beschikbaar. Algemene trends in verkeersvolume in heel Vlaanderen worden wel opgenomen in de analyse via de vergelijkingsgroep.

Programma gevaarlijke punten in de toekomst

Het feit dat het programma gevaarlijke punten tot nu toe heeft geleid tot gunstige resultaten voor de verkeersveiligheid, betekent niet noodzakelijk dat dergelijke effecten ook in de toekomst nog zullen kunnen bereikt worden. Het Nederlandse onderzoeksinstituut SWOV argumenteert dat de aanpak van gevaarlijke punten zijn limieten kent (SWOV, 2010). In Nederland is het aantal gevaarlijke punten de laatste decennia fors gedaald, en wordt er geopperd dat de aanpak geen substantiële bijdrage meer kan leveren aan een verdere daling van het aantal gewonden. Ook in Noorwegen bij onderzoeksinstituut TØI is er eenzelfde teneur: na 50 jaar wegwerken van gevaarlijke punten lijkt het laaghangend fruit geplukt. Het ontbreken van recente evaluatiestudies in de internationale literatuur suggereert eveneens dat een gevaarlijke punten programma geen prioritaire maatregel meer is in nationale verkeersveiligheidsprogramma's (Elvik, 2023). Een steeds groter deel van de ongevallen en slachtoffers valt buiten de verkeersonveilige locaties (SWOV, 2010). Ook in Vlaanderen zien we dat het aandeel ongevallen op de gevaarlijke punten van de historische lijst versus ongevallen in heel Vlaanderen stelselmatig afneemt van ongeveer 6% in 2002 tot ongeveer 3% in 2022. Ongeveer 2% van alle letselongevallen in Vlaanderen vindt plaats op een gevaarlijk punt op de dynamische lijst, ondanks de hogere wegingsfactor voor kwetsbare weggebruikers waardoor punten sneller op de lijst met gevaarlijke punten belanden dan voorheen op de historische lijst. Een proactieve benadering van gevaarlijke situaties volgens de Safe System approach lijkt veelbelovend en mogelijk effectiever.

Op basis van de huidige evaluatie van de effectiviteit van het gevaarlijke punten programma in Vlaanderen in functie van het jaar van de aanpassing, bleek nog niet dat recentere ingrepen minder effectief zijn. Wel is het aantal locaties op de dynamische lijst kleiner dan het aantal locaties op de oorspronkelijke historische lijst. Ook is de gemiddelde prioriteitscore lager, al is een echte vergelijking niet mogelijk door de gewijzigde berekeningswijze. Ingrepen op locaties met een hogere prioriteitscore lijken iets effectiever wanneer we de historische lijst beschouwen, in de dynamische lijst is de effectiviteit van maatregelen eerder gelijkblijvend. Maar bij gelijkblijvende effectiviteit (vb. -24,1% in aantal letselongevallen) zal er op locaties met initieel meer ongevallen (en dus een hogere score) een grotere reductie optreden in het absoluut aantal ongevallen; het valt dus zeker te verantwoorden om daar prioriteit aan te geven. Een heel aantal punten staan herhaaldelijk op de jaarlijkse dynamische lijsten – het kan zijn dat een punt zelfs na aanpak nog steeds op de recentere lijsten staat, wat niet noodzakelijk impliceert dat er geen verbetering heeft plaatsgevonden, maar wel dat er nog steeds (te) veel ongevallen gebeuren. Soms zorgt een ingreep voor minder ernstige ongevallen, maar niet noodzakelijk voor minder ongevallen: bijvoorbeeld conflicten tussen gemotoriseerd verkeer en actieve weggebruikers kunnen volledig uitgesloten worden door een conflictvrije verkeerslichtenregeling, maar dat kan leiden tot meer conflicten tussen actieve weggebruikers onderling (vb. vierkant groen). Uit de huidige analyse blijkt alvast dat de maatregelen op aangepakte punten die al vaker op de dynamische lijst hebben gestaan, niet meer of minder effectief zijn dan de maatregelen op punten die slechts éénmaal op de dynamische lijst voorkomen. Omgekeerd betekent dit ook dat punten die dus maar één- of tweemaal opgenomen zijn op een dynamische lijst, toch ook niet genegeerd moeten worden.

In Vlaanderen is er sinds 2002 een leerproces doorlopen bij het remediëren van gevaarlijke punten. Zo is er meer aandacht gekomen voor actieve en kwetsbare weggebruikers, zowel bij de selectie (cfr. wegingsfactor van 1,7) als bij de aanpak. Maar de opgedane kennis heeft niet enkel invloed gehad op de gevaarlijke punten zelf. Doorheen het proces zijn heel wat vademecums, ontwerprichtlijnen, werkprocedures, checklists, etc. ontwikkeld waardoor wegen en kruispunten nu veiliger worden ontworpen. Ook bij wegbeheerders en studie bureaus in Vlaanderen is veel kennis opgebouwd die elders op het wegennet kan ingezet worden. Dit wordt weerspiegeld in de algemene dalende ongevallentrend in Vlaanderen over een periode van >20 jaar.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Een analyse van het programma gevaarlijke punten, bestaande uit 924 punten van de historische en dynamische lijst, vindt een significante daling in aantal letselongevallen met 24,1%. Deze daling is volledig toe te schrijven aan de aanpassingen die doorgevoerd zijn op de gevaarlijke punten, aangezien andere invloedsfactoren werden geëlimineerd in de analyse. Op slachtofferniveau is er een daling van 28,2% in het aantal verkeersslachtoffers door de aanpak van gevaarlijke punten. Zwaargewonde en dodelijke slachtoffers kennen een daling van 28,6%. De reductie in slachtoffers is het grootst bij het gemotoriseerd verkeer en kleiner, maar nog steeds statistisch significant, bij de kwetsbare weggebruikers en specifiek de fietsers.

Gevaarlijke punten buiten de bebouwde kom en op wegen met een huidige snelheidslimiet van 90 km/u kennen de grootste daling in aantal letselongevallen. Verder bleken locatiekenmerken niet erg bepalend voor de effectiviteit van een ingreep.

Een structurele herinrichting van een gevaarlijk punt is effectiever dan een kleine ingreep of quick win. Een kleine ingreep is echter ook wel degelijk effectief: er is een statistisch significante daling van het aantal letselongevallen met 19,0% ten opzichte van 27,0% bij een structurele ingreep. Het is voor het eerst dat de effectiviteit van een quick win wetenschappelijk kan aangetoond worden. Een analyse van 38 punten met een dubbele aanpak suggereert dat bij deze punten de eerste ingreep tot drie jaar na aanpak weinig impact had waardoor de ongevallenaantallen hoog bleven en een tweede ingreep noodzakelijk, maar dan wel effectief bleek.

De effectiviteit van het aanwijzen, analyseren en vervolgens remediëren van gevaarlijke punten hangt ook af van het type herinrichting. De grootste impact is er bij het plaatsen van afschermende constructies (-42,2%), het voorzien van een tunnel of brug (-39,4%), het aanleggen of vernieuwen van een rotonde (-33,4%), het nemen van circulatiemaatregelen (-33,3%) en het voorzien van vrijliggende fietspaden (-29,5%). Verschillende combinaties van maatregelen hebben een groot reducerend effect op het aantal letselongevallen; bijvoorbeeld de combinatie van circulatiemaatregelen met afschermende constructies is erg effectief (-57,5%).

Alle analyses zijn uitgevoerd voor het globale programma gevaarlijke punten, d.i. de combinatie van de historische lijst en de dynamische lijst van gevaarlijke punten. Afzonderlijke analyses geven inzicht in de effectiviteit van de historische lijst (eindevaluatie) en de dynamische lijst (tussentijdse evaluatie). De historische lijst lijkt effectiever dan de dynamische lijst, maar de dynamische lijst zet vooral in op quick wins en een duidelijke tendens met afnemende effectiviteit over de tijd is (nog) niet zichtbaar.

5.2 Aanbevelingen

Naar aanleiding van de huidige studie kunnen een aantal voorstellen gedaan worden op welke manier de bevindingen kunnen vertaald worden naar toekomstig beleid of onderzoek.

Het is belangrijk dat de registratie van basisdata verder verbetert om toekomstige analyses en evaluatiestudies te vergemakkelijken, maar ook om continue monitoring mogelijk te maken. Specifiek doelen we op de inventarisatie van ingrepen die plaatsvinden op een bepaalde locatie: welke ingreep, waar en wanneer? De KIM-tool die recent geïntroduceerd werd, en waarvan de data nuttig bleek bij de analyse van de dynamische lijsten van gevaarlijke punten, lijkt beterschap te brengen. Systematisch bepaalde details registreren van een type ingreep is een meerwaarde, zoals de graad van conflictvrijheid van een VRI, de aanwezigheid van een bypass (binnen of buiten VRI), en organisatie van de fietsinfrastructuur op rotondes. Extra data kan analyses verder verrijken zoals bijvoorbeeld de kostprijs van een maatregel of verkeerstellingen. Er wordt aanbevolen om ook na uitvoering van een maatregel verkeerstellingen te doen om de impact op de verkeersstromen na te gaan. Er moet evenwel opgepast worden met simpele tussentijdse evaluaties van het aantal ongevallen voor en na een maatregel: het geschatte effect zal een overschatting zijn van het werkelijke effect wanneer er niet statistisch gecorrigeerd wordt voor vertekende factoren. Ook aantallen ongevallen op een individuele locatie evalueren is moeilijk omdat ongevallen vele oorzaken kennen, deels onderhevig zijn aan toeval en klein zijn in aantal.

De best mogelijke inschatting uit deze studie concludeert dat een structurele ingreep over het algemeen effectiever is dan een kleine ingreep (-27,0% t.o.v. -19,0%), maar dat beiden een statistisch significante daling in letselongevallen kennen. Bij de 38 punten met dubbele aanpak bleek de eerste, meestal structurele, aanpak onvoldoende (-5,8%, niet statistisch significant door het kleine aantal punten) en een tweede maatregel was noodzakelijk die vervolgens wel effectief bleek (-22,5%). Quick wins hebben als voordeel dat ze sneller geïmplementeerd kunnen worden en zo al sneller slachtoffers kunnen voorkomen. Quick wins zijn meestal ook goedkoper, maar desondanks toch impactvol. Een quick win kan bovendien ingezet worden als semi-permanente maatregel die eventueel later bijgestuurd wordt, of om een duurdere en meer definitieve maatregel eerst te testen. Er kan geen algemeen besluit geformuleerd worden of een punt na een aanpak via quick win nog voldoende potentieel heeft op verbetering om een geplande structurele ingreep, inclusief kostprijs, te verantwoorden. Dit zal afhangen van de lokale ongevallenproblematiek en het antwoord dat een kleine ingreep daarop kan bieden.

De huidige studie betreft een *effectevaluatie*. Het kan nuttig zijn om ook een *procesevaluatie* uit te voeren van de historische en/of dynamische lijst van gevaarlijke punten. Bij een procesevaluatie kan bijvoorbeeld onderzocht worden waarom bepaalde gevaarlijke punten sneller aangepakt worden dan andere; welke dossiers lang aanslepen; wat de dynamiek is van de dynamische lijst (Welke punten verdwijnen van de lijst? Wat zijn recurrente punten?); welke factoren beïnvloeden de keuze voor een bepaalde maatregel (politiek draagvlak, budget, tijdstrends); ...

Een gevaarlijk punten programma is reactief en niet proactief: ongevallen 'moeten' eerst gebeuren voordat er actie ondernomen wordt. Een proactieve aanpak is dan te verkiezen, waarbij de nadruk ligt op het voorkomen van ongevallen. Hier wordt soms naar verwezen met de term 'grijze' punten. Dat zijn plekken waar ernstige incidenten voorlopig uitbleven, maar waar de kans op een ongeval reëel is. Echter, een steeds kleiner percentage van alle ongevallen gebeurt op ongevallen 'hotspots': de winst die daar nog te halen valt, wordt kleiner. In Nederland en Noorwegen is het gevaarlijke punten programma door voorgaande redenen geen topprioriteit meer en bestaan er effectievere maatregelen om de verkeersveiligheid te verhogen, bijvoorbeeld door te focussen op vaak voorkomende ongevallensituaties of langere ongevalsgevoelige trajecten. Het is echter aan te raden om in Vlaanderen de strategie rond gevaarlijke punten voorlopig niet volledig te verlaten. De dynamische lijst bewijst dat er nog steeds winst te behalen valt, en voor gemeenten en bovenlokale wegbeheerders is het een jaarlijkse call-to-action om op basis van objectieve data nog aanwezige gevaarlijke punten snel te remediëren.

Referenties

- Bruxelles Mobilité. (2021). *Plan d'Actions régional de Sécurité routière 2021-2030* (p. 152) [Action plan]. <https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/2022-01/Plan%20d%27actions%20r%C3%A9gional%20de%20s%C3%A9curit%C3%A9%20routi%C3%A8re%202021-2030.pdf>
- De Pauw, E., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E., & Wets, G. (2012). *Het programma voor de herinrichting van de gevaarlijke punten op gewestwegen in Vlaanderen: Een effectevaluatie*. (No. RA-MOW-2011-021; Steunpunt Mobiliteit & Openbare Werken).
- De Pauw, E., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E., & Wets, G. (2014). Safety effects of an extensive black spot treatment programme in Flanders-Belgium. *Accident Analysis & Prevention*, 66, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.01.019>
- Dons, E., Schoeters, A., Develtere, A., & Martensen, H. (2022). *Evaluatie "Actieplan verkeerslichten" naar verkeersveiligheidseffecten* (Eindrapport Nos. 2022-R18-NL; pp. 1–35). Vias institute. <https://www.vias.be/nl/onderzoek/onze-publicaties/evaluatie-actieplan-verkeerslichten-naar-verkeersveiligheidseffecten/>
- Elvik, R. (1997). Evaluations of road accident blackspot treatment: A case of the iron law of evaluation studies? *Accident Analysis & Prevention*, 29(2), 191–199. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(96\)00070-X](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(96)00070-X)
- Elvik, R. (2002). The importance of confounding in observational before-and-after studies of road safety measures. *Accident Analysis & Prevention*, 34(5), 631–635. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00062-8)
- Elvik, R. (2023). *Trafikksikkerhetshåndboken / 1.10 Utbedring av spesielt ulykkesbelastede steder*. <https://www.tshandbok.no/del-2/1-vegutforming-og-vegutstyr/doc626/>
- Hauer, E. (1997). *Observational Before/After Studies in Road Safety: Estimating the Effect of Highway and Traffic Engineering Measures on Road Safety*. Emerald Publishing.
- Janssens, D., Ectors, W., & Paul, R. (2023). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag 6 (2021-2022)—Analyserapport: Vlaanderen*.
- Nuyts, E., & Cuyvers, E. (2003). *Effectiviteitsmeting bij Voor-Na studies met een vergelijkingsgroep* (pp. 46–46).
- Poelmans, W., & Van Den Bossche, J. (2010, May 31). *Wegwerken van gevaarlijke punten en wegvakken in Vlaanderen: Monitoring en evaluatie*. Vlaams Congres Verkeersveiligheid, Brugge.
- Rekenhof. (2022). *Aanpak van gevaarlijke punten voor een betere verkeersveiligheid* (No. D/2022/1128/28).
- SWOV. (2010). *Factsheet: De aanpak van verkeersonveilige locaties* (pp. 1–6). <https://swov.nl/nl/publicatie/de-aanpak-van-verkeersonveilige-locaties>
- Ziakopoulos, A., & Papadimitriou, E. (2017). *High risk site treatment* (European Road Safety Decision Support System, Developed by the H2020 Project SafetyCube). www.roadsafety-dss.eu



Vias institute

Haachtsesteenweg 1405
1130 Brussel

+32 2 244 15 11

info@vias.be

www.vias.be