

Smooth Traffic Management



Opdrachtgever: Antea Group

Instelling: Hogeschool Inholland

Plaats & datum: Delft, 25/01/2018

Auteurs: Sjoerd de Boer
Rowena Evers
Fabian Koch
Niels Langeveld
Saskia Tromp

Smooth Traffic Management

Opdrachtgevers

Antea Group
Marijke Frielink
Marieke de Haan-Brinkhuis
Annelies Otten

Green Junior begeleider

Nick Pruijn

Instelling

Hogeschool Inholland
Rotterdamseweg 141
2628 AL Delft

Studenten

Sjoerd de Boer
Rowena Evers
Fabian Koch
Niels Langeveld
Saskia Tromp

Datum en plaats

25 januari 2018, Delft

Versie

2



VOORWOORD

Voor u ligt het eindrapport ‘Smooth Traffic Management’. Dit onderzoek is uitgevoerd in Delft en richt zich op het verbeteren van de leefomgeving door het beïnvloeden van verkeer. Het rapport is geschreven in het kader van het project Green Juniors bij Hogeschool Inholland Delft en is uitgevoerd in opdracht van Antea Group. Wij zijn bezig geweest met dit onderzoek in de periode van 31 augustus 2017 tot en met 16 januari 2018.

Met begeleiding van Nick Pruijn en Joost van der Maat vanuit Hogeschool Inholland en begeleiding vanuit Antea Group door Marijke Frielink, Annelies Otten en Marieke de Haan, hebben wij de opdracht concreet gemaakt en onderzoeksvragen voor het onderzoek bedacht. Dit onderzoek was verdeeld in een inventarisatiefase en analysefase, waarna wij de onderzoeksvragen hebben kunnen beantwoorden. Tijdens het plaatsvinden van het onderzoek hebben wij bij problemen altijd onze begeleiders kunnen raadplegen voor ondersteuning of informatie.

Wij bedanken onze begeleiders voor de ondersteuning en prettige begeleiding bij dit project. Ook bedanken wij de experts die deel hebben genomen aan de expertmeeting bij Antea Group. Door de medewerking van deze personen hebben we het onderzoek kunnen voltooien nadat we waren vastgelopen.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Fabian Koch
Niels Langeveld
Rowena Evers
Saskia Tromp
Sjoerd de Boer

Delft, 8 januari 2018

INHOUD

Voorwoord	IV
Samenvatting.....	VII
1. Inleiding	9
1.1 Probleemstelling	9
1.2 Doelstelling	9
1.3 Opbouw	10
2. Literatuuronderzoek.....	11
2.1 Geluid	11
2.1.1 Gevolgen	12
2.1.2 Gevoelige groepen	16
2.1.3 Factoren geluidsproductie	17
2.1.4 Spreiding	19
2.1.5 Samenvatting	20
2.2 Luchtverontreiniging.....	21
2.2.1 Uitlaatemissies	21
2.2.2 Verdampingsemissies.....	24
2.2.3 Slijtage-emissies	25
2.2.4 Opwervelend stof.....	25
2.2.5 Hoeveelheden schadelijke stof	25
2.2.6 Stoffen en de gezondheidseffecten	27
2.2.7 Gevoelige groepen en zonering	30
2.2.8 Samenvatting	31
2.3 Veiligheid	32
2.3.1 Subjectieve verkeersonveiligheid	33
2.3.2 Objectieve verkeersonveiligheid.....	35
2.3.3 Gevoelige groepen	38
2.3.4 Verkeersongelukken Delft.....	38
2.3.5 Samenvatting	40

2.4 Gevoelige locaties (inventarisatie)	41
2.4.1 Onderwijsgebouwen	43
2.4.2 Kinderdagverblijven	45
2.4.3 Psychiatrische inrichtingen, zieken- en verzorgingstehuizen	46
2.4.4 Natuur als gevoelig object.....	47
2.4.5. Wildlife	57
2.4.6. SAMENVATTING	64
3. Resultaten.....	65
3.1. Verspreiding van binnenkomend verkeer in Delft.....	65
3.2. Voorbeeldroute in OmniTRANS	70
4. Discussie	74
5. Conclusie	77
6. Aanbevelingen	80
Verwijzingen	82
Bijlagen	89
Bijlage 1: Adressen & locaties.....	89
Bijlage 1: Kinderdagverblijven.....	89
Bijlage 1: Basisscholen	92
Bijlage 1: Voortgezet onderwijs	94
Bijlage 1: Middelbaar en hoger onderwijs	95
Bijlage 1: Zorginstellingen	96
Bijlage 2: Routesimulaties.....	95
Route 1: Begin beatrixlaan richting afrit TU Delft.....	95
Bijlage 3: expertmeeting.....	99

SAMENVATTING

Verstedelijking zet zich steeds verder door en met de toenemende drukte in de stad neemt ook het autogebruik toe. Deze toename van autoverkeer zorgt voor extra druk op de veiligheid en gezondheid voor mens en natuur. Om de negatieve impact van verkeer te mitigeren kan gekeken worden naar strengere eisen aan hinder en uitstoot. Antea Group ziet een andere kans om de leefomgeving te verbeteren. Met het concept Smooth Traffic Management (STM) wordt gewerkt aan het verminderen van de negatieve verkeerseffecten rond 'gevoelige locaties' door bestuurders middels een navigatiesysteem een alternatieve, omgevingsbewuste route aan te bieden.

Er is aandacht besteed aan diverse parameters die invloed hebben op hoe routes omgevingsbewust kunnen worden gemaakt (geluid, lucht, veiligheid en natuur). Deze parameters zijn gebruikt om effecten op gevoelige locaties te bekijken. De gevoelige locaties waar rekening mee gehouden is zijn: onderwijsinstellingen, kinderdagverblijven, ziekenhuizen, psychiatrische inrichtingen en zorginstellingen. In dit onderzoek is Delft als casusgebied aangewezen om de locaties in kaart te brengen en verschillende routes te simuleren.

Op het gebied van geluid wordt 30% van de overlast door wegverkeer veroorzaakt. Deze overlast bestaat bijvoorbeeld uit slaapverstoring. Doelgroepen waar STM vooral rekening mee houdt zijn kinderen, ouderen en chronisch zieken, omdat zij de meeste kans hebben op verstoring of ziekten.

Luchtverontreiniging als gevolg van wegverkeer heeft een erg negatief effect op de gehele leefomgeving. Door luchtvervuiling ontstaan vooral ziekten aan de luchtwegen, doordat bijvoorbeeld fijnstof of stikstofoxiden in de longen komen.

Veiligheid is in het kader van STM erg belangrijk, omdat de milieubewuste routes over het algemeen langer zijn dan de routes die de meeste mensen nemen. Er is een verschil tussen objectieve en subjectieve verkeersveiligheid. In Delft gebeuren de meeste ongelukken op kruispunten. Dit is een belangrijk gegeven voor STM, omdat de milieubewustere routes over het algemeen over meer kruispunten gaan dan de meest gebruikelijke routes. Daardoor kan het zijn dat een milieubewustere route meer kans geeft op een ongeluk.

Natuur kan een gevoelig object zijn, maar ook een parameter die kansen biedt voor het omgeving bewuster maken van een route. Vooral op het gebied van wildlife is natuur een gevoelig object. Verschillende diersoorten ondervinden hinder van wegverkeer en kunnen hierdoor in gevaar komen of een gevaar vormen voor weggebruikers. Flora kan gevoelig zijn voor de emissies die wegverkeer veroorzaakt. Flora kan daarentegen ook zorgen voor een vermindering van de emissies, doordat deze worden opgenomen. Daarnaast heeft flora een positieve invloed op het welzijn van mensen, de luchtkwaliteit en de temperatuur in de stad.

Na afweging van de parameters zijn voorbeeldroutes in het verkeersmodel OmniTRANS gemaakt. Door een weerstand aan gevoelige locaties of wegen toe te kennen, wordt deze vermeden bij het simuleren van een route. Na de simulatie geeft het programma aan hoeveel langer de nieuwe route is, hoeveel auto's er minder rijden op de weg waar een weerstand aan is gegeven, wat de verschillen in emissies van PM₁₀ en CO₂ zijn en op welke wegen meer autoverkeer wordt verwacht.

Na een eerste simulatie met een route in Delft werd de weg met weerstand duidelijk vermeden door het model. De uitstoot op de vermeden route werd gereduceerd. Elders kwamen meer auto's (vooral

op snelwegen). De nieuwe route had in totaal een hogere emissie-uitstoot, maar kwam wel langs minder gevoelige locaties. Echter, deze route zou niet geaccepteerd worden volgens het model dat berekent hoeveel tijd mensen bereid zijn om extra te rijden voor een milieubewustere route.

Concluderend kan gesteld worden dat het huidige model er niet voor zorgt dat emissies dalen wanneer automobilisten de milieubewuste route gebruiken (ze stijgen juist), maar wel dat het mogelijk is om gevoelige locaties op deze manier te vermijden. De afweging tussen het lokale of het algemene belang moet nu genomen worden op basis van de resultaten.

1. INLEIDING

In dit rapport wordt de praktische toepasbaarheid van het concept Smooth Traffic Management onderzocht aan de hand van een literatuurstudie, waarvan de gegevens zijn uitgewerkt in een verkeersmodel.

1.1 PROBLEEMSTELLING

Begin 2000 werd het punt bereikt waarbij er in Nederland meer mensen in het stedelijk gebied wonen dan op het platteland (ANP, 2006). Omdat de verstedelijking doorzet is de verwachting dat in 2050 ruim 70% van de Nederlanders in het stedelijk gebied woont (Coevert, 2012). Door de verwachte welvaartsstijging zal het autogebruik tussen 2020 en 2040 nog eens met 14 tot 68% toenemen, afhankelijk van de economische groei (Mobiliteit & RO; Plus, 2011). Deze toenemende verkeersintensiteit legt, vooral in de grote steden, extra druk op de veiligheid en gezondheid van mens en natuur.

1.2 DOELSTELLING

Een maatregel om de negatieve impact van verkeer te mitigeren is door strengere eisen aan de vormen van hinder en uitstoot te stellen. Met een zuinigere motor, elektrisch vervoer, ander asfalt en roetfilters kom je een eind, maar er zijn meer manieren de leefomgeving te ontdoen van de schadelijke verkeerseffecten. Zo is vanuit ingenieurs- en adviesbureau Antea Group het concept Smooth Traffic Management (STM) in het leven geroepen. Het idee van dit concept is het verminderen van de negatieve verkeerseffecten rond 'gevoelige locaties' door bestuurders middels een navigatiesysteem een alternatieve, omgevingsbewuste route aan te bieden.

Deze doelstelling is vertaald naar de centrale vraag van dit onderzoek:

'Op welke manier kunnen omgevingsbewuste routes worden ingezet om gevoelige locaties te ontlasten van schadelijke milieueffecten, veroorzaakt door (intensief) verkeer in de stedelijke omgeving?'

Om tot een duidelijk antwoord op deze vraag te komen zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- 1) *Welke verkeersparameters zijn relevant voor Smooth Traffic Management?*
- 2) *In hoeverre hebben de verkeersparameters schadelijke effecten op gevoelige locaties binnen Delft?*
- 3) *Hoeveel reistijd zijn mensen (procentueel gezien) bereid op te geven om een omgevingsbewuste route te rijden?*
- 4) *In hoeverre weegt de gewonnen kwaliteit bij de gevoelige locaties op tegen de bijkomende negatieve maatschappelijke effecten van de omgevingsbewuste route?*
- 5) *In hoeverre zijn de omgevingsbewuste routes op basis van de kwaliteitenafweging en de gebruikerseisen geschikt om aan de gebruikers aan te bieden?*

1.3 OPBOUW

In dit onderzoek zijn de gevoelige locaties, negatieve impact van verkeer en bereidheid van gebruikers nader bekeken. In deze inventarisatie is voor het overzicht, aan het einde van iedere parameter een korte samenvatting gegeven van de negatieve effecten. Deze locaties en effecten zijn gecombineerd om een geschikte zonering rond de locaties te bepalen waar de navigatie rekening mee moet houden. Vervolgens is aan de hand van een casusgebied (Delft) een analyse uitgevoerd van de effecten van verschillende omgevingsbewuste routes op het milieu en de bereidwilligheid van gebruikers om ook voor deze route te kiezen. Dit mondt uit in een advies voor de effectiviteit en haalbaarheid van STM in de praktijk.

2. LITERATUURONDERZOEK

Van de verschillende parameters is onderzocht wat hiervan de effecten zijn op de volksgezondheid. Vervolgens is een inventarisatie gemaakt van de vooraf vastgestelde gevoelige locaties. Voor de gevoelige locatie 'natuur' is onderzocht wat de effecten van de parameters op de natuur zijn.

2.1 GELUID

Geluid heeft na luchtverontreiniging, de meest schadelijke gevolgen voor de gezondheid. Aangezien verkeer een van de belangrijkste bronnen is van omgevingsgeluid (30% van de totale geluidshinder) (VGGM, 2016) is het van belang de schadelijke gevolgen hiervan op gevoelige locaties te verminderen. De totale jaarlijkse kosten als gevolg van verkeerslawaaai zijn voor de EU geschat op €40 miljard (Aalbers, 2008).

In de huidige Wet milieubeheer en Wet geluidhinder zijn normen opgenomen voor geluidsbelasting op de gevel van woningen. Overdag wordt 50 decibel (dB) als streefwaarde en 65 dB als maximumwaarde gehanteerd. Voor de avond (19:00-23:00) en nacht (23:00-07:00) vindt een correctie van respectievelijke 5 á 10 dB plaats om te compenseren voor extra hinder die men gedurende die periodes ondervindt (Rijkswaterstaat, 2016).

Om op eenduidige wijze over geluidsbelasting te communiceren, wordt L_{den} veelal als maatstaf gebruikt. Dit is een berekening uit de waardes van geluidsbelasting gedurende de dag, avond en nacht, waarbij rekening wordt gehouden met de verschillen in duur van de periodes en het verschil in toegestane waardes (Rijkswaterstaat, 2016).

Naast absolute waardes, heeft de mate van geluidsoverlast ook te maken met de manier waarop het geluid door mensen wordt ervaren (RIVM, 2017). De mate van ergerlijkheid van geluid is afhankelijk van een aantal parameters (Tabel 1) (Groen, 2015).

Tabel 1: Parameters ter bepaling van de hinderlijkheid (Groen, 2015).

Parameters	Waardering
Hedonische waarde	Over het algemeen wordt geluid, afkomstig van verkeer als onprettig ervaren, waardoor het extra hinderlijk is.
Vermijdbaarheid	Zeker in gevoelige objecten zoals woningen, scholen en verzorgingstehuizen, is verkeerslawaaai slecht te vermijden; je moet op de locatie blijven.
Beheersbaarheid	Afgezien van het sluiten van ramen, heb je geen directe invloed op het geluid van auto's die langsrijden. Deze onmacht maakt dat het geluid minder te tolereren is.
Voorspelbaarheid	Hoewel auto's iedere dag langsrijden, blijven de exacte momenten inconsistent. Hierdoor valt de overlast meer op.
Houding t.o.v. bron	De meeste mensen hebben geen positieve associatie met verkeer, waardoor ze het geluid als extra kwalijk ervaren.
Persoonlijk voordeel	Mensen die zelf belang hebben bij het autogebruik, hebben een tolerantere houding ten opzichte van verkeersgeluid dan mensen die hier geen eigen voordeel van hebben.
Andere hinderbronnen	Afhankelijk van ander geluid, kan verkeerslawaaai overstemd worden.



2.1.1 GEVOLGEN

Verkeerslawaaï is niet alleen storend, maar kan ook grote gezondheidseffecten hebben. De World Health Organization (WHO) heeft in Europa een grootschalig onderzoek gedaan naar de blootstelling aan omgevingsgeluid en de risico's hiervan (World Health Organization, 2011). De gevolgen van verkeerslawaaï zijn op te delen in hinder en gezondheidsaspecten. Hinder is subjectief te noemen en is daarom lastig betrouwbaar te kwantificeren. De serieuzere gevolgen voor de volksgezondheid worden in dit hoofdstuk verder uitgelicht en dienen als onderbouwing voor maatschappelijke kosten en zoneringsmaatregelen in STM.

HINDER

In hinder kan verder onderscheid worden gemaakt tussen 'normale' en ernstige hinder, waarbij ook duidelijke fysieke klachten optreden. Uit Europa zijn de volgende cijfers naar voren gekomen:

- 18 miljoen volwassenen ondervinden hinder aan verkeerslawaaï;
- 9 miljoen volwassenen ondervinden ernstige hinder en hebben hier fysieke klachten van. (RIVM, 2014)

GEZONDHEIDSPROBLEMEN

Onder gezondheidsproblemen worden zowel fysieke als mentale klachten verstaan. Deze worden gekwantificeerd aan de hand van disability-adjusted life-years (DALYs). Dit houdt in dat het aantal gezonde levensjaren, jaarlijks met het genoemde aantal DALYs afneemt (World Health Organization, 2011). Binnen de meewerkende landen van de Europese Unie, levert dit de volgende cijfers op:

- 903.000 jaar door slaapverstoring;
- 587.000 jaar door ergernis;
- 61.000 jaar door cardiovasculaire ziektes (problemen met hart en bloedvaten);
- 45.000 jaar door cognitieve verstoring bij kinderen;
- 22.000 jaar door tinnitus. (World Health Organization, 2011)

Hoewel DALYs een goede maat zijn om inzicht te krijgen in de ernst van de gevolgen van verkeerslawaaï, dient wel nuance aangebracht te worden tussen verschillende blootstellingsniveaus en mate van ergernis. Voor de berekening van DALYs is alleen rekening gehouden met personen die aangaven ernstig gehinderd te zijn door verkeerslawaaï (Tabel 2). Afgaand op de resultaten van personen die soms verstoord worden, kunnen de effecten nog veel verder reiken (Fig. 1).

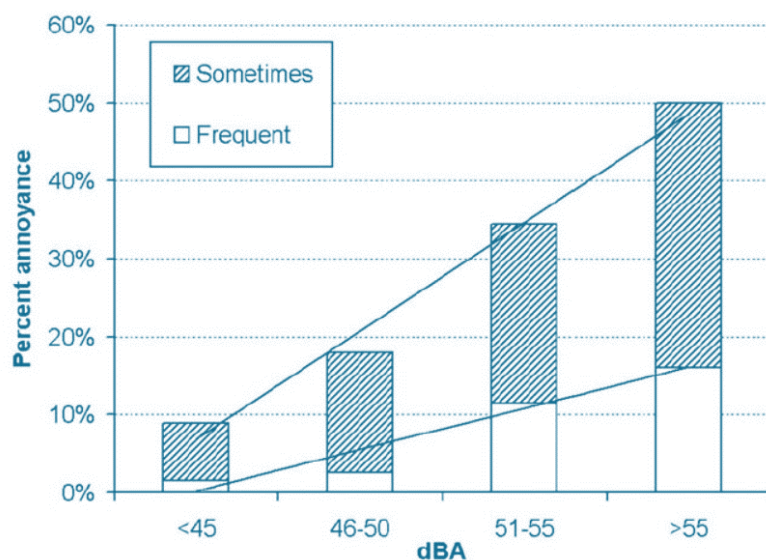


2.1 Geluid

Tabel 2: DALYs voor sterk verstoorde nachtrust in de EU als gevolg van verkeerslawaaï (gewogen op Disability Weight (DW) als ernst van de gezondheidsklacht) (World Health Organization, 2011).

Blootstellings- categorie L_{night} (dB(A))	Percentage van de populatie blootgesteld	Percentage van de populatie ernstig verstoord in de slaap	Aantal gevallen per miljoen	DALYs verloren in de stedelijke populatie		
				DW = 0.04	DW = 0.07	DW = 0.10
< 45	44	NA	NA	NA	NA	NA
45-49	20	4.5	8 906	101 526	177 670	253 814
50-54	20	6.6	13 266	151 230	264 652	278 074
55-59	10	9.6	9 556	108 937	190 640	272 342
60-64	5	13.2	6 611	75 365	131 888	188 412
65 -69	1	17.6	1 763	10 099	35 174	50 248
Total	100		40 102	457 156	800 023	1 142 890

DW = Disability weight (ernst van
gezondheidsklachten tussen 0 = gezond
en 1 = dood)



Figuur 1: Percentage verstoringen door verkeerslawaaï (G. Bluhm; E. Nordling; N. Berglind, 2004).

Uit de resultaten (Tabel 2, Tabel 3 & Fig. 1), blijkt dat al bij minder dan 45 dB hinder wordt ondervonden van verkeerslawaaï en vanaf 45 dB significante schade optreedt. Zeker voor gevoelige groepen van de bevolking is een vermindering van de geluidsproductie van belang (Tabel 3).

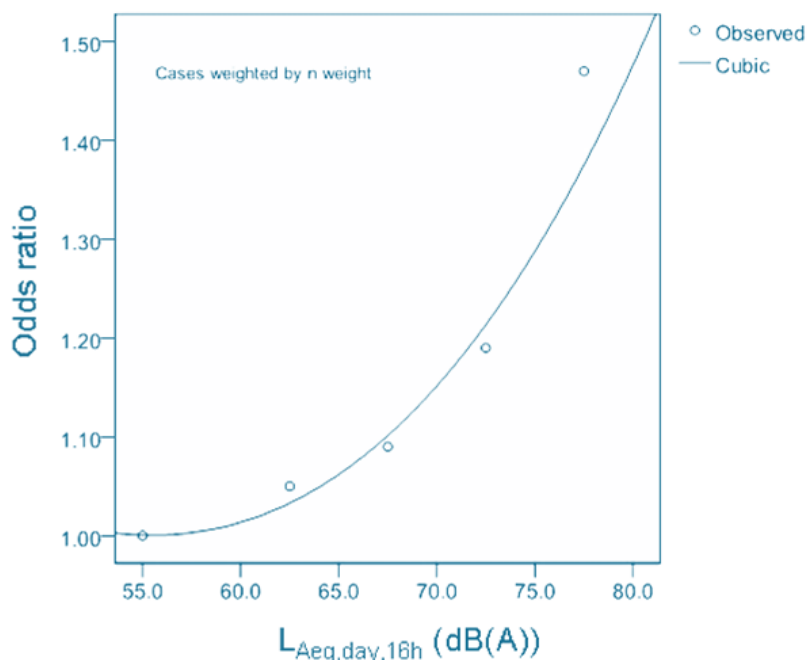


2.1 Geluid

Tabel 3: Relatie tussen nachtelijke geluidsbelasting en gezondheidseffecten (World Health Organization, 2011).

$L_{\text{night, buiten}}$	Geconstateerde gezondheidsproblemen binnen de populatie
$< 30 \text{ dB(A)}$	Hoewel individuele gevoeligheid en omstandigheden verschillen, kunnen er op dit niveau nog geen biologische effecten geconstateerd worden.
$30 - 40 \text{ dB(A)}$	Een aantal effecten nemen zichtbaar toe: lichamelijke bewegingen, ontwakingen en persoonlijk aangegeven slaapverstoringen. De intensiteit van het effect hangt af van de soort bron en de frequentie van geluid. Gevoelige groepen (bijvoorbeeld kinderen, chronisch zieken en ouderen) zijn vatbaarder. De effecten zijn echter zelfs in het slechtste geval, bescheiden.
$40 - 55 \text{ dB(A)}$	Negatieve gezondheidseffecten worden bij de blootgestelde doelgroep waargenomen. Veel mensen hebben hun levens aan moeten passen om met het nachtelijke lawaai om te gaan. Gevoelige groepen worden sterker beïnvloed.
$> 55 \text{ dB(A)}$	De situatie wordt als een toenemend gevaar gezien voor de volksgezondheid. Negatieve gezondheidseffecten duiken regelmatig op en een aanzienlijk deel van de populatie is zwaar geërgerd en verstoord in de slaap. Er is bewijs dat het risico op cardiovasculaire ziektes toeneemt.

Voor serieuze fysieke gevolgen ligt de grens boven de 55 dB. Vanaf deze waarde neemt het risico op cardiovasculaire ziektes zoals hartinfarcten echter wel exponentieel toe (Fig. 2). Bij dit soort resultaten moet wel rekening worden gehouden dat de gevolgen van hinder niet direct zichtbaar zijn. De uitkomsten van dit onderzoek zijn dan ook doorgerekend over langere termijnen (jaren).

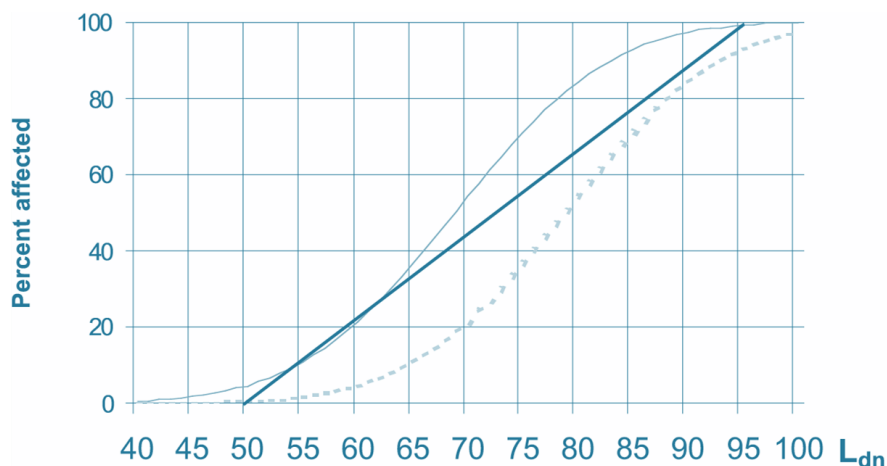


Figuur 2: Relatie tussen verkeerslawaai en hartinfarcten (World Health Organization, 2011).



2.1 Geluid

De inschatting van kinderen die vanwege verkeerslawaaï last krijgen van leerproblemen (getest op lezen en onthouden) ligt op een iets lager blootstellingsniveau. Vanaf ~50 dBA treden hier al zichtbare gevolgen op (Fig. 3). De rechte lijn kan gezien worden als referentie tussen geen effect op 50 dBA en extreme verstoring vanaf 95 dBA. De solide gebogen lijn geeft het ware effect het best weer. Hierbij dient wel gezegd te worden dat de resultaten van een test voor vliegverkeer afkomstig zijn, waarbij in vergelijking met wegverkeer, de voorspelbaarheid en intensiteit van het geluid voor enige afwijking kunnen zorgen. Verder is de inschatting van 45.000 DALYs aan de veilige kant, aangezien de effecten op lange termijn en mogelijke extra kosten voor scholing hier nog niet in zijn meegerekend (World Health Organization, 2011).



Figuur 3: Inschatting van de effecten van blootstelling aan kinderen (World Health Organization, 2011).



2.1 Geluid

2.1.2 GEVOELIGE GROEPEN

Veel studies wijzen ouderen, kinderen en zieken aan als gevoelige groepen voor geluidseffecten. Wat het verschil is tussen een gezonde volwassene en deze doelgroepen is echter nog onderbelicht. Toch zijn een aantal conclusies te trekken over de gevoeligheid van verschillende groepen (Kamp & Davies, 2013).

KINDEREN

- Kinderen worden minder snel wakker door nachtelijk geluid, maar tonen wel meer fysieke gevolgen zoals een verhoogde bloeddruk.
- Hinderlijkheid van omgevingsgeluid wordt door kinderen als minder ernstig beoordeeld dan door volwassenen.
- Directe effecten van verkeerslawaaï op schoolkinderen beperken zich tot leessnelheid en rekenvaardigheid. Verrassend genoeg is hier nog geen effect op begrijpend lezen en onthouden. Mogelijk is dit wel een indirect gevolg van verkeerslawaaï wat de nachtrust verstoort en daarmee voor hyperactiviteit en gedragsproblemen zorgt. Voor de beeldvorming van dit probleem kan gesteld worden dat kinderen met een aandacht stoornis in een stille omgeving even goed presteren als normale kinderen in een luidruchtige omgeving.

OUDEREN

- Concreet bewijs voor toegenomen risico op slaapverstoring door ouderen ontbreekt.
- Hinderlijkheid van omgevingsgeluid wordt door ouderen als minder ernstig beoordeeld dan door volwassenen.
- Geen betrouwbaar verband is aanwezig tussen leeftijd en toenemende bloeddruk door geluidsoverlast.
- Door een algemene verminderde gezondheid kunnen ouderen wel gevoeliger zijn voor cardiovasculaire ziektes ten gevolge van geluidsoverlast.

CHRONISCH ZIEKEN

- Chronisch zieken laten een verhoogd risico zien voor cardiovasculaire ziektes ten gevolge van geluidsoverlast.

(Kamp & Davies, 2013)



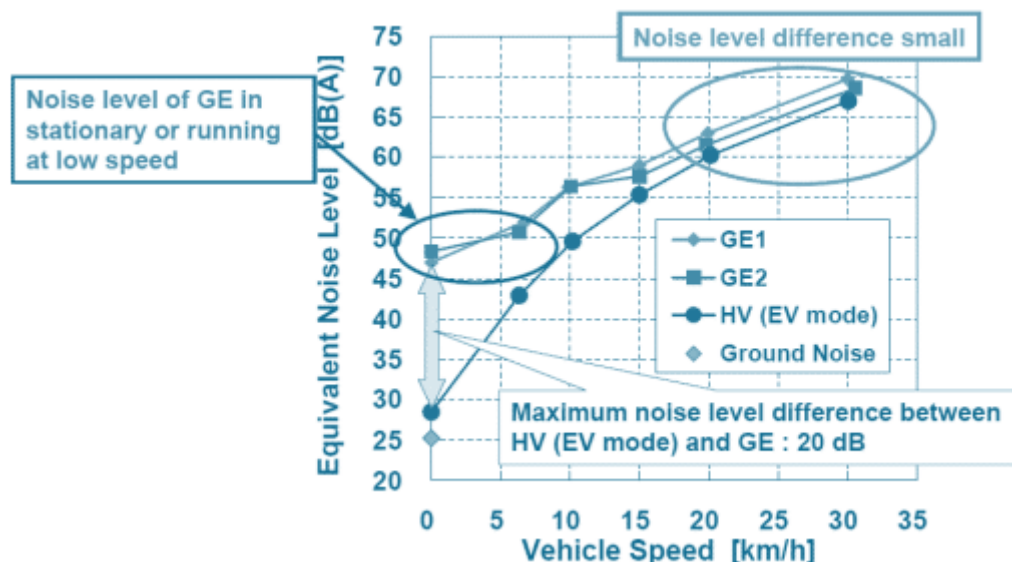
2.1 Geluid

2.1.3 FACTOREN GELUIDSPRODUCTIE

Om een goed advies te kunnen geven over reductie van de schadelijke effecten van wegverkeerslawaai is een uitwerking van geluidsproductie en de daarmee samenhangende factoren noodzakelijk. De paar belangrijkste factoren die invloed hebben op de uiteindelijke geluidsdruk zijn:

- Motorgeluid;
- Bandengeluid;
- Geluidsabsorptie wegdek;
- Verkeersdruk;
- Rijsnelheid;
- Geluidsschermen;
- Isolatie gebouwen.

Motorgeluid wordt vaak aangedragen als veroorzaker van geluidsoverlast op 30 km/u wegen in woonwijken. Uit de onderstaande test het SWOV blijkt echter dat het verschil tussen bandengeluid en geluid veroorzaakt door een verbrandingsmotor, boven de 20 km/u zeer klein is (Fig. 4) (Schoon & Huijskens, 2011).

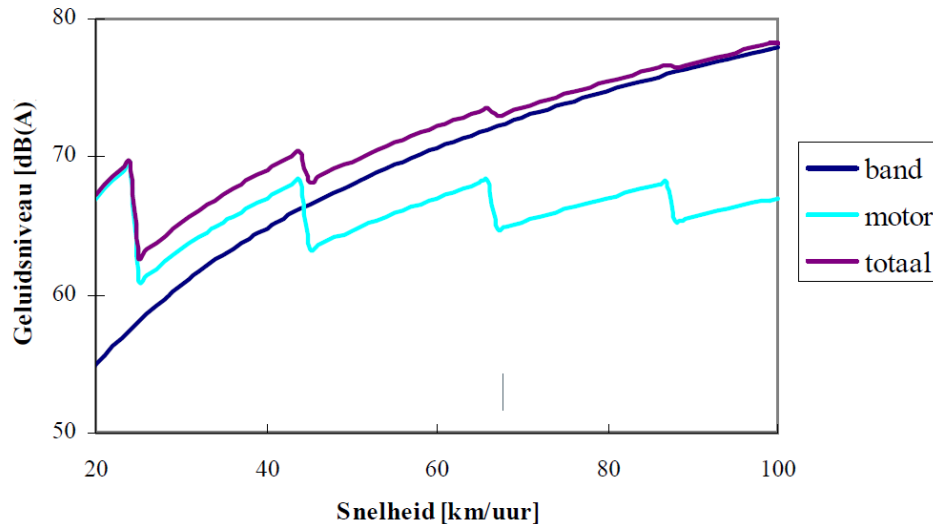


Figuur 4: Verschil tussen motor- en bandengeluid, getest met brandstof (GE1&2)- en elektrische (HV) motor (Schoon & Huijskens, 2011).

Natuurlijk moet naast de geluidsproductie tijdens het rijden ook aandacht worden besteed aan het optrekken na bochten en verkeersdrempels. Bij het accelereren, wat op 30 km/u wegen met verkeersdrempels veelvuldig voorkomt, is het verschil tussen motorgeluid en bandengeluid zichtbaar tot boven 40 km/u (Fig. 5). Een goede doorstroming lijkt van groot belang om verstoring door verkeerslawaai tegen te gaan.



2.1 Geluid



Figuur 5: Indicatie van geluidsproductie bij acceleratie (Leeuwen & Kok, 2003)

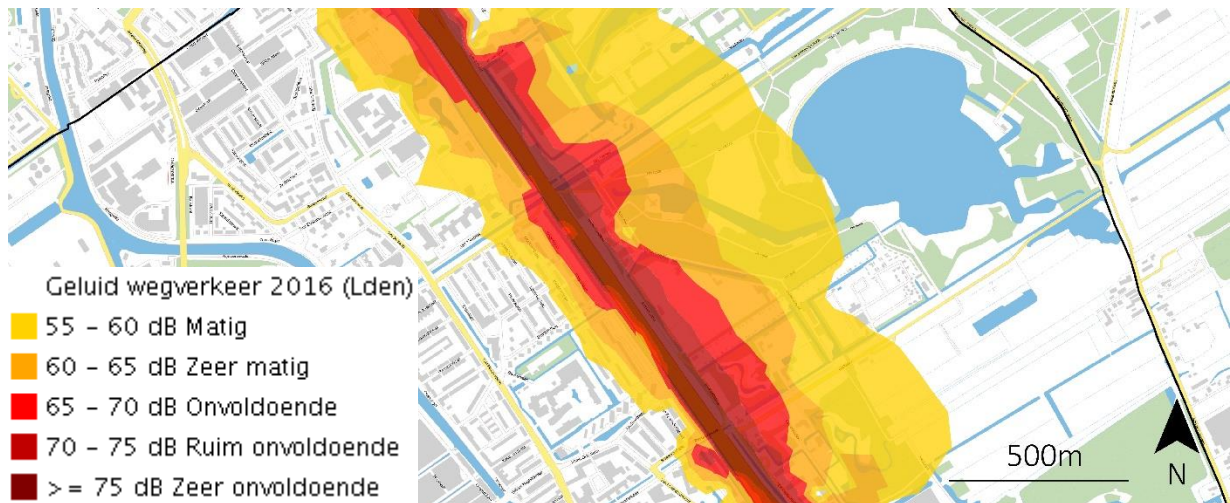
In de nacht kan het geluid van autoverkeer, zeker bij het optrekken, voor verstoring van de nachtrust zorgen. In de richtlijnen zoals deze in de wet staan aangegeven, wordt gewerkt met gemiddelde waarden over een langere tijdsperiode. In het geval dat slechts een paar auto's langsrijden in de nacht, mag de L_{den} waarde wel laag zijn, maar kunnen mensen toch verstoord worden door de plotselinge toename van geluid. Aangezien mensen 's nachts als wakker kunnen worden van geluiden tussen de 30 en 40 dB (Tabel 3), mag aangenomen worden dat de geluidsproductie in straten met veel verkeersdrempels, en daarmee veel optrekken (Fig. 5), behoorlijke gevolgen heeft op de nachtrust.



2.1 Geluid

2.1.4 SPREIDING

Om in de analyse te kunnen bepalen tot op welke afstand hinder door verkeerslawaaï mee moet worden genomen in het verkeersmodel, is hier globaal de spreiding van geluid in open en bebouwde omgeving weergegeven (Fig. 6). In open gebied zal het geluid veel verder dragen dan wanneer er een rij bebouwing langs de weg aanwezig is, die als geluidsscherm kan functioneren voor woningen daar achter. Wanneer natuur wordt meegenomen als gevoelige locatie, dient hierom rekening gehouden te worden met een wijdere zonering.



Figuur 6: Kaart geluidscontouren L_{den} langs de A13 in Delft (RIVM, 2016).

Afgeleid van de gerapporteerde geluidscontouren van de RIVM (Fig. 6) zou, zeer gesimplificeerd, gesteld kunnen worden dat verkeersgeluid met 5 dB afneemt per rij bebouwing. In open gebieden valt op dat de afname in dB het grootst is bij hoge waardes. Zo lijkt de geluidsdruk van 70-75 dB na slechts ~50 m al met 5 dB te zijn afgenomen, maar is bij lagere waardes van 55-60 dB ruim 250 meter nodig voor een reductie van eenzelfde 5 dB.



2.1.5 SAMENVATTING

Ruim 30% van de geluidshinder wordt veroorzaakt door wegverkeer, wat naar schatting jaarlijks binnen Europa voor ruim €40 miljoen aan kosten met zich meebrengt. Vanuit de wetgeving zijn regels opgesteld voor geluidsproductie. De streefwaarde is vastgesteld op 50 dB, met een maximum van 65 dB. Voor de avond en nacht wordt een reductie van respectievelijk 5 en 10 dB gehanteerd. Als gekeken wordt naar de gevolgen van verkeerslawaaï, is echter al een (bescheiden) negatief effect waarneembaar vanaf waardes van 30-40 dB. Boven deze waardes treden sterkere effecten op met serieuzere gezondheidsproblemen.

In Europa leidt verkeerslawaaï bij 18 miljoen mensen tot hinder en 9 miljoen mensen geven aan ernstig gehinderd te zijn. De belangrijkste gemeten effecten van verkeersgeluid zijn slaapverstoring en hinder, maar ook cardiovasculaire ziektes, cognitieve stoornissen en tinnitus kunnen tot de gevolgen worden gerekend.

Gevoelige doelgroepen die uit de literatuur naar voren komen zijn kinderen, ouderen en chronisch zieken.

- Kinderen worden over het algemeen minder gehinderd door verkeerslawaaï, maar zijn wel vatbaarder voor lichamelijk schadelijke effecten zoals een verhoogde bloeddruk.
- Ouderen geven aan minder gehinderd te zijn door verkeerslawaaï en er is geen concreet bewijs dat deze doelgroep vatbaarder is voor gezondheidseffecten als slaapverstoring. Wel kunnen zij mogelijk gevoeliger zijn voor cardiovasculaire ziektes vanwege een algemeen verminderde gezondheid.
- Chronisch zieken laten ook een verhoogd risico zien voor cardiovasculaire ziektes.

Geluidsproductie van auto's is onder de 40 km/u toe te schrijven aan motorgeluid, pas boven de 45 km/u voert het bandengeluid duidelijk de boventoon. Met de ontwikkeling van elektrische auto's kan de geluidsproductie in 30 km-zones, waar auto's veel optrekken, nog aanzienlijk verminderd worden.

Voor het bepalen van contouren rond gevoelige locaties moet rekening worden gehouden met de spreiding van geluid. Woonblokken en andere bebouwing kan worden gezien als een geluidsscherm voor achtergelegen locaties, waardoor een kleinere zonering kan worden gehanteerd dan voor open (natuur) gebied.



2.2 LUCHTVERONTREINIGING

Een belangrijke parameter die wordt meegenomen in dit onderzoek is *luchtverontreiniging als gevolg van voertuigemissies*. De luchtverontreiniging vanuit de transportsector (met dit begrip doelen we uitsluitend op het wegverkeer) heeft een zodanige negatieve invloed op volksgezondheid dat deze beslist moet worden meegenomen als parameter. Uit recent onderzoek blijkt dat stedelijke luchtvervuiling tot ongeveer hetzelfde gezondheidsrisico leidt als dat van partners van rokers. Hoek et al. (2002) vonden voor Nederland een ruwweg tweemaal verhoogd risico voor vroegtijdig overlijden aan cardiovasculaire -en longaandoeningen voor mensen die dichterbij dan 100 meter van een snelweg of dichterbij dan 50 meter van een drukke stadsweg wonen (Dings & Haffmans, 2002).

Om erachter te komen welke verontreinigende stoffen waar vandaan komen en welke gezondheidseffecten ze hebben, worden de vier categorieën emissies vanuit de transportsector nader bekeken. De vier categorieën emissies vanuit de transportsector zijn de volgende:

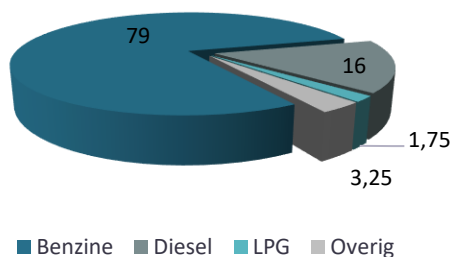
- de uitlaatemissies (uitlaatgassen) (paragraaf 2.2.1);
- de verdampingemissies (paragraaf 2.2.2);
- de slijtage-emissies (paragraaf 2.2.3);
- het opwervelend stof (paragraaf 2.2.4).

Deze vier emissiesoorten worden elk gekenmerkt door bepaalde emissiestoffen. Vanwege de verschillende aard van deze stoffen veroorzaken ze verschillende lichamelijke klachten en hebben daarmee elk een eigen invloed op de volksgezondheid (zie paragrafen 2.2.5 t/m 2.2.7).

2.2.1 UITLAATEMISSIES

Allereerst is de meest bekende vorm van voertuigemissie nader bekeken. Uitlaatemissies zijn door het brandstofverbrandingsproces van motorvoertuigen ontstane, gasvormige afvalstoffen die via de uitlaatpijp in de leefomgeving terecht komen. Omdat motorvoertuigen op verschillende brandstoffen rijden, zijn ook verschillen in de samenstelling van de uitlaatgassen aanwezig. De meeste motorvoertuigen rijden op benzine of diesel (Fig. 7). Het ontstaan van en de samenstelling van de uitlaatemissies van deze twee brandstofsoorten wordt daarom geanalyseerd.

Samenstelling Nederlandse motorvoertuigen (totaal 8.222.974 auto's) naar brandstofsoort in 2016

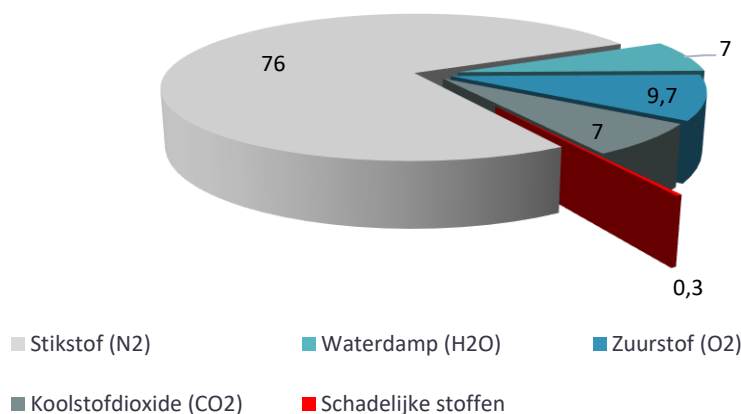


Figuur 7: Samenstelling naar brandstofsoort (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2016).

DIESELMOTOREMISSIE

Diesel heeft een lage zelfontbrandingstemperatuur en daarom een apart verbrandingsproces. De diesel ontbrandt vanzelf nadat de brandstof wordt ingespoten. Dieselmotoremissie bestaat uit gasen en vaste deeltjes (Fig. 8). De uitlaatgasen die voortkomen uit het verbrandingsproces van diesel bestaan voor bijna driekwart uit het niet schadelijke stikstof (N). Verder bestaat de emissie vooral uit koolstofdioxide (CO₂) en waterdamp (H₂O).

Samenstelling dieselmotoremissie



Figuur 8. Samenstelling dieselmotoremissie (NGK, 2017).

Dankzij het inzetten van (SCR-)katalysatoren en het toepassen van uitlaatgasrecirculatie (CBS, 2015) bestaat nog slechts 0,3 procent van de uitlaatgasen uit schadelijke stoffen en gasen. Door onvolledige verbranding is een deel van de schadelijke gasen en stoffen gewoonweg niet verbrande brandstof, wat in de vorm van verschillende koolwaterstofsamenstellingen (C_xH_y) de uitlaatpijp verlaat. Ook vormt de ongewenste stof koolmonoxide (CO) zich bij onvolledige verbranding. De stikstofoxiden (NO_x) ontstaan juist bij hoge verbrandingstemperaturen door de reactie tussen stikstof (N₂) en zuurstof (O₂).

Een aantal van de schadelijke stoffen wordt uitgestoten als vaste deeltjes. Dit wordt fijnstof genoemd. Het fijnstof dat direct vrijkomt bij uitlaatgasemissies heeft een diameter kleiner dan 2,5 micrometer (PM_{2,5}) (Dings & Haffmans, 2002), PM₁₀ wordt indirect in de atmosfeer tot secundair fijnstof gevormd door verschillende uitlaatgasen. Een beruchte vorm van fijnstof bij dieselmotoren is dieselroet. De roetdeeltjes bestaan voornamelijk uit elementair koolstof (EC) wat vrijkomt bij onvolledige verbranding. De koolstof hecht zich aan verschillende schadelijke stoffen (Fig. 9). Deze mengeling van schadelijke stoffen aan het roetdeeltje bestaat onder andere uit zware metalen (arsen, seleen, beryllium, chroom), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en polychloorbifenylen (pcb's) (Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 2009).



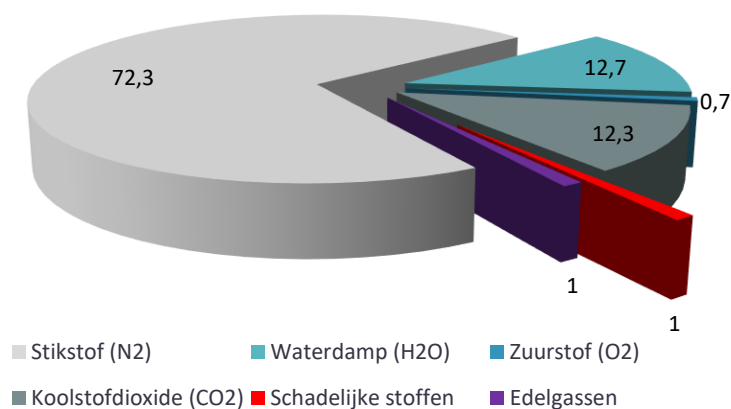
Figuur 9. Samenstelling van een roetdeeltje (Milieudefensie).

Door het inzetten van roetfilters in dieselloertuigen zijn de fijnstofemissies tussen 1990 en 2013, ondanks een toename van het verkeer, meer dan gehalveerd (CBS, 2015).

BENZINEMOTOREMISSIES

Benzine wordt net als diesel uit aardolie gewonnen. Om deze reden bestaan de emissies van beide brandstofmotoren uit min of meer dezelfde stoffen en gassen (Fig. 10).

Samenstelling benzinemotoremissie



Figuur 10. Samenstelling benzinemotoremissie (NGK, 2017).



2.2 Luchtverontreiniging

Ook bij de verbrandingsmotoren met benzine als brandstof bestaan de emissies voornamelijk uit stikstof, waterdamp en koolstofdioxide. Zuurstof maakt een kleiner deel uit van de uitstoot door het verschil in verbrandingsmethode.

De benzinemotor stoot weinig luchtverontreinigende emissies uit. Dit komt door de steeds strengere emissiewetgeving in combinatie met de driewegkatalysator die eind jaren tachtig verscheen. In de driewegkatalysator vinden drie processen tegelijkertijd plaats: koolmonoxide oxideert tot koolstofdioxide; koolwaterstoffen tot koolstofdioxide en water, en de stikstofoxiden worden gereduceerd tot stikstof (Joustra & Mesters, 1996). Het aandeel schadelijke stoffen is door deze maatregelen slechts een procent. De schadelijke stoffen en gassen bestaan uit zwaveldioxide (SO_2), koolwaterstoffen (C_xH_y), koolmonoxide (CO) en meerdere soorten stikstofoxiden (NO_x). Driekwart van deze emissies komt vrij in de eerste minuten na de koude start. In deze fase is de katalysator nog niet warm (Verbeek & Kampman, 2012).

KATALYSATOREMISSIE

Hoewel bij het verbrandingsproces van de brandstoffen geen ammoniak (NH_3) vrijkomt, is het verkeer wel een grote bron van ammoniakuitstoot. Dat het verkeer evengoed ammoniak uitstoot, komt door het gebruik van de driewegkatalysator. Bij het gebruik van een SCR-katalysator, welke in zo goed als alle benzine en dieselauto's zijn geïnstalleerd, wordt een ammoniakconcentraat in het uitlaatgas verneveld (ANWB, 2011). Hierdoor worden de schadelijke stikstofoxiden omgezet in water en stikstof.

Uit Duits onderzoek blijkt de driewegkatalysator hiermee goed voor een ammoniakuitstoot van 20 tot 50 mg per kilometer. Het aantal benzineauto's maal het gemiddeld aantal jaarlijkse kilometers komt neer op een landelijke uitstoot van 3 miljoen kilo per jaar. Sinds een aantal jaar worden dieselauto's, vrachtverkeer en landbouwvoertuigen uitgerust met een driewegkatalysator (Rotgers, 2014).

Ammoniak vormt samen met zwaveldioxide en stikstofoxiden de verschillende anorganische secundaire stoffen. Deze stoffen, voornamelijk sulfaat- (SO_4), nitraat- (NO_3) en ammonium- (NH_4)-aerosol, vormen 40 à 50% van de Nederlandse fijnstofconcentratie (Planbureau voor de Leefomgeving, 2015).

2.2.2 VERDAMPINGSEMISSIES

Verdampingsemissies zijn brandstofdampen die anders dan via de uitlaat uit het brandstofsysteem weglekken. Omdat de brandstoffen voor motorvoertuigen in meer en mindere mate vluchtig zijn, ontsnappen kleine hoeveelheden brandstofdamp uit de tank en de motor, zelfs wanneer het voertuig stilstaat (Kampman, Vermeulen, & Dings, 2001). De brandstofdampen vallen onder de noemer vluchtige organische stoffen (VOS). VOS zijn over het algemeen laag in concentratie in de buitenlucht, maar rond drukke wegen en in steden zijn de VOS, als gevolg van voertuigemissies, vaak verhoogd (Scheffers, Maas, Siegert, & Wielaard, 2009). VOS reageren in de buitenlucht met stikstofoxiden en vormen daarbij het gas ozon.



2.2 Luchtverontreiniging

De normen voor de verdampingsemissies worden steeds verder aangescherpt. Deze normen worden voornamelijk behaald door toepassing van koolstoffilters in personenauto's. Met deze filters zijn eind vorige eeuw de verdampingsemissies met circa 25% teruggebracht (Kampman, Vermeulen, & Dings, 2001).

2.2.3 SLIJTAGE-EMISSIONS

Bij het gebruik van voertuigen slijten onderdelen. Van de banden en de motor, maar ook het wegdek slijt door gebruik. Alle afgesleten deeltjes vallen ook onder de noemer fijnstof. Vanwege het hoge aantal slijtagebronnen is het materiaal waar deze deeltjes uit bestaat divers en is de hoeveelheid deeltjes aanzienlijk. Geschat wordt dat ongeveer een derde van het fijnstof een gevolg is van slijtage. Het wegverkeer vormt daarmee zeer waarschijnlijk een belangrijke bron voor het aantal zware metalen wat als fijnstof in de leefomgeving eindigt (PBL; TNO; RIVM; ECN, 2010).

Door de steeds strengere emissienormen en de toepassing van roetfilters vormen de slijtage-emissies tegenwoordig doorgaans een vergelijkbaar of zelfs groter aandeel bij moderne voertuigen (Verbeek & Kampman, 2012).

2.2.4 OPWERVELEND STOF

Wanneer verkeer over het wegdek rijdt, wervelen de stoffen die op de bodem liggen op. Deze stofdeeltjes zijn dermate klein dat ze onder de noemer fijnstof vallen. Een deel van dit opwervelend fijnstof is vrijgekomen bij de uitlaatemissies en slijtage-emissies als gevolg van het verkeer. Andere stoffen hoeven niet per se een antropogene basis te hebben. Zo is in de kustgebieden meer zeezoutaerosol onderdeel van het opwervelend fijnstof. Ook het algemeen voorkomende bodemstof, bestaande uit silicium, aluminium, calcium, ijzer en kalium, komt niet van (indirecte) menselijke bronnen.

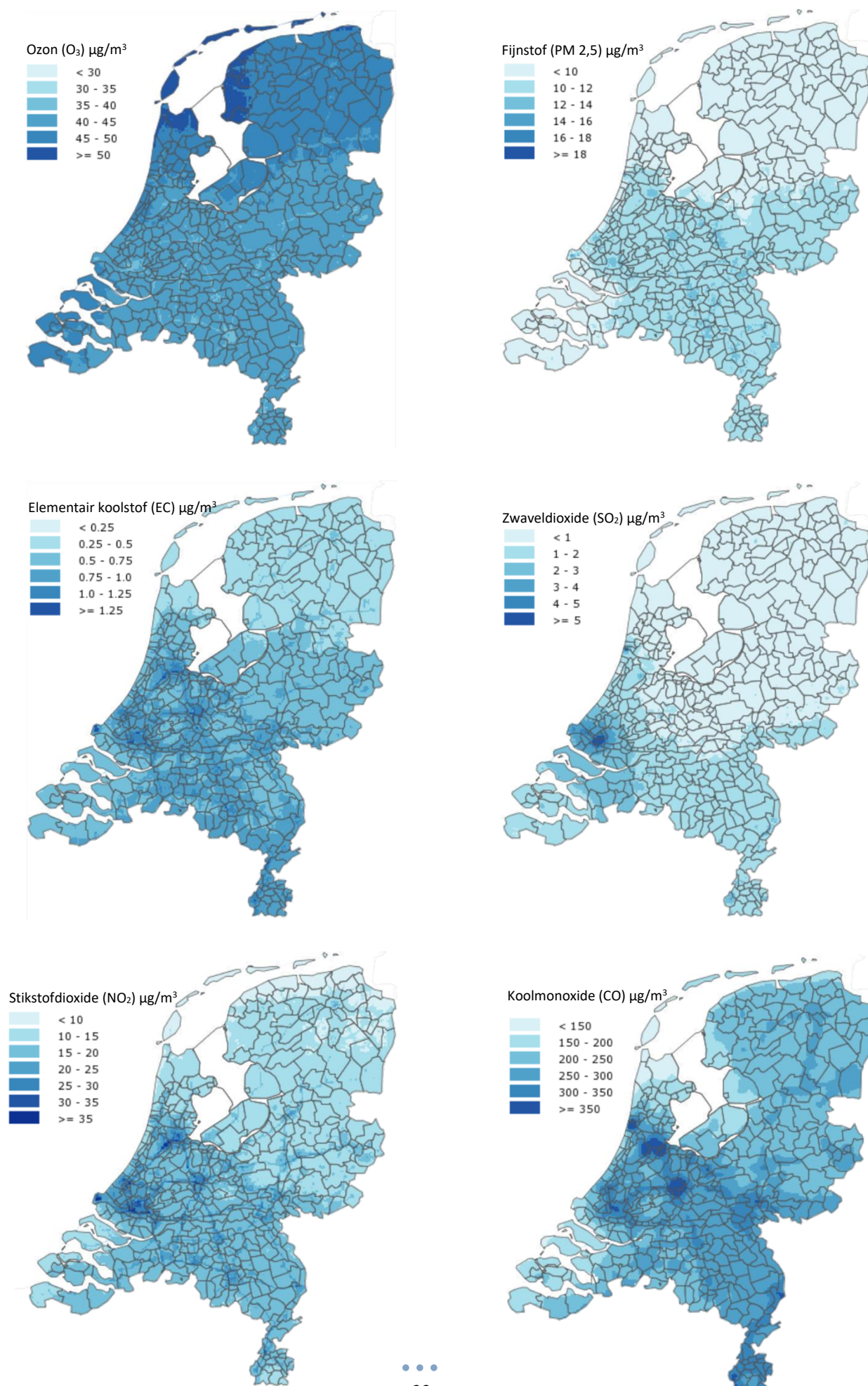
2.2.5 HOEVEELHEDEN SCHADELIJKE STOF

Verkeer draagt een aanzienlijk deel bij aan de totale emissies van koolmonoxide (68%), stikstofoxiden (62%), VOS (exclusief methaan; 23%) en fijnstof (27%). De bijdrage aan de totale emissie van zwaveldioxide is ongeveer 2 procent. Verkeer is verder verantwoordelijk voor 20% van de landelijke uitstoot van koolstofdioxide (Compendium voor de Leefomgeving, 2016).

Op de volgende pagina worden de concentratiekaarten van Nederland in 2016 voor een aantal van deze stoffen weergegeven. Omdat elementair koolstof (EC) een goede indicator is voor de verspreiding van fijnstof (als onderdeel van de uitlaatemissies) door wegeverkeer wordt de concentratie ervan ook genoemd (Fig. 11) (PBL; TNO; RIVM; ECN, 2010).



2.2 Luchtverontreiniging



Figuur 11. Kaarten van de gemiddelde stofconcentratie in Nederland in 2016 (RIVM, 2017).

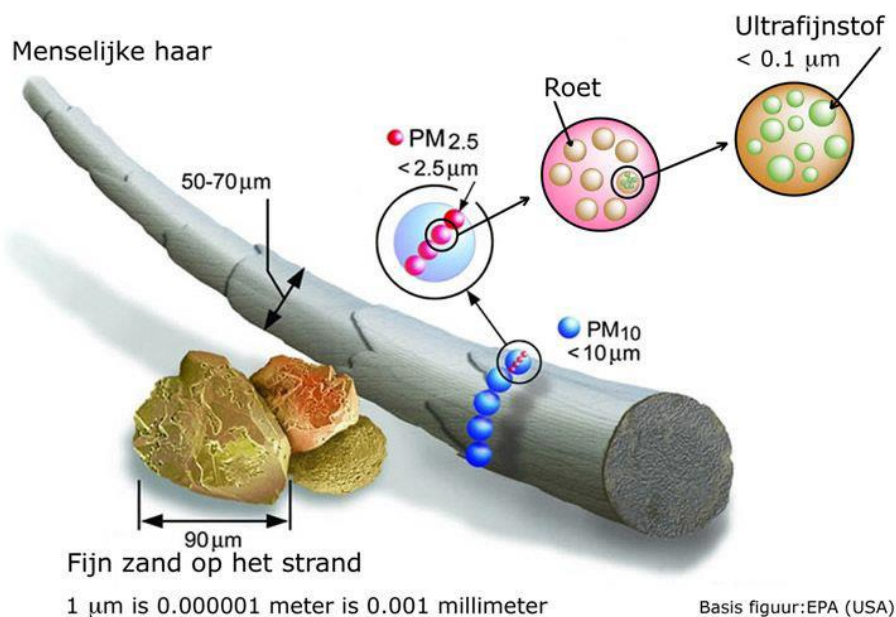
2.2.6 STOFFEN EN DE GEZONDHEIDSEFFECTEN

In de voorgaande paragrafen zijn de schadelijke stoffen en gassen welke vrijkomen als voertuigemissies in beeld gebracht en is hun achtergrond wat verduidelijkt. In deze paragraaf wordt naar de eigenschappen en gezondheidseffecten van de stoffen en gassen gekeken. Uit onderzoek blijkt dat blootstelling aan uitlaatgassen verschillende, ernstige lichamelijke klachten kan veroorzaken.

De **stikstofoxiden** zijn de gasvormige oxiden van stikstof. Ze worden met NO_x afgekort, omdat meerdere mogelijke verbindingen bestaan. Wanneer stikstofoxide (NO) in de atmosfeer terecht komt oxideert het verder tot stikstofdioxide (NO_2) (NGK, 2000) of vormt het met andere stoffen ozon. Stikstofdioxide wordt in diverse studies in verband gebracht met luchtwegaandoeningen, verminderde longfunctie en reactie op allergenen (Dings & Haffmans, 2002). Aan de gemiddelde concentratie van stikstofdioxide in de lucht draagt het verkeer binnen de Nederlandse grenzen momenteel voor 40% bij (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2015).

Fijnstof bestaat uit verschillende vaste deeltjes die in de lucht zweven. Als we het hebben over fijnstof wordt onderscheid gemaakt naar de grootte van deze deeltjes (Fig. 12).

- PM_{10} : deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 micrometer;
- $\text{PM}_{2,5}$: deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 micrometer;
- $\text{PM}_{0,1}$: deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 0,1 micrometer (ultra-fijnstof).



Figuur 12. Soorten fijnstof op basis van grootte (RIVM, sd).

Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire deeltjes. Primaire fijnstofdeeltjes belanden in de lucht na verbranding, wrijving en verdamping. Secundaire fijnstofdeeltjes ontstaan door chemische reacties in de lucht.



2.2 Luchtverontreiniging

Fijnstof bestaat vooral uit anorganisch secundair aerosol, koolstof, zeezout, bodemstof en metalen (RIVM, 2013). Het is niet duidelijk wat het effect is van de chemische samenstellingen op de ernst van de negatieve gezondheidseffecten. Wel speelt de grootte van de deeltjes hier een belangrijke rol in. Hoe kleiner de deeltjes hoe groter de schadelijke gezondheidseffecten.

Fijnstof met een diameter van 10 micrometer (PM_{10}) wordt in de neus vastgehouden en uitgescheiden via het slijmvlies. $PM_{2,5}$ deeltjes dringen niet door tot in de bloedbaan, maar dringen wel door tot diep in de longen. Fijnstof dat onder de grootte $PM_{0,1}$ valt, het ultrafijnstof, dringt diep de longen in en komt daarmee zelfs in de bloedbaan terecht (Milieudefensie, 2017). Aan de emissies van $PM_{2,5}$ draagt het verkeer circa 40% bij, aan die van ultrafijnstof ($PM_{0,1}$) meer dan 90% (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2015).

Voor blootstelling aan fijnstof lijkt geen veilige ondergrens aangegeven te zijn. Hoe klein de blootstelling ook is, een meetbaar schadelijk effect op de gezondheid is altijd aanwezig (World Health Organisation Europe, 2005). Deze schadelijke effecten zijn: luchtwegklachten, een verhoogde kans op een hartinfarct vanwege het sneller stollen van het bloed (Dings & Haffmans, 2002), verergerde slagaderverkalking en een verhoogde bloeddruk als gevolg van het minder elastisch worden van de bloedvaten (Hartstichting, 2015).

Koolwaterstoffen bestaan uitsluitend uit koolstof (C) en waterstof (H). De voertuigemissies bevatten nooit koolwaterstoffen op zich, maar bestaan uit verschillende koolwaterstofverbindingen. Deze ontstane verbindingen zijn onder te verdelen in de aromatische koolwaterstoffen en de onverzadigde koolwaterstoffen.

De aromatische koolwaterstoffen staan bekend als kankerverwekkend, irriteren de slijmvliesen en worden in verband gebracht met bossterfte (NGK, 2000). Stoffen met meerdere aromatische systemen worden de polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) genoemd. Bij omgevingstemperatuur slaan deze gassen neer op deeltjes in de lucht en zijn daarmee een bron van secundair fijnstof (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2015).

Onder invloed van zonlicht vormen de onverzadigde koolwaterstoffen in combinatie met stikstofdioxide ozon. Hoewel ozon in de hogere lagen van de atmosfeer een wenselijke stof is omdat het schadelijke straling van de zon blokkeert, is het de onderste lagen van de atmosfeer een schadelijke stof. Bij warm weer met weinig wind kan veel ozon in de lucht ontstaan, met name in de namiddag en vroege avond. Dit wordt ook wel 'zomersmog' genoemd (NGK, 2000).

Ozon (O_3) leidt tot luchtwegaandoeningen en een verminderde longfunctie. Ozon vermindert verder de longcapaciteit bij astmapatiënten en verhoogt hun medicijngebruik. Ozon is met name vaak in verband gebracht met de ontwikkeling van astma bij kinderen (Dings & Haffmans, 2002). Uit recent onderzoek is gebleken dat ozon niet alleen astmatische klachten verergert, maar ook kan veroorzaken. Het bleek dat in gebieden met hoge ozonconcentraties het bedrijven van sport het astmarisico bij kinderen flink verhoogt (McConnel et al., 2002).



2.2 Luchtverontreiniging

Koolmonoxide is een van de meest dodelijke gassen. Het is kleur-, reuk- en smaakloos. Zodra koolmonoxide wordt ingeademd en in de bloedbaan terecht komt, zorgt het gas ervoor dat de rode bloedlichaampjes geen zuurstof meer kunnen binden. Een concentratie van 1,28 % koolmonoxide in de luchtwegen leidt binnen twee minuten tot een verstikkingsdood.

In de atmosfeer komt koolmonoxide slechts in geringe mate voor. Koolmonoxide oxideert in de atmosfeer namelijk verder tot kooldioxide. Toch veroorzaken koolmonoxideconcentraties van 150 parts per million (ppm) in de lucht al lichamelijke klachten als misselijkheid, duizeligheid en braken. Vanaf 400 ppm leidt het gas tot bewusteloosheid, hersenschade en zelfs de dood. Over een langere tijdsperiode kunnen kinderen en zieke mensen al problemen oplopen bij een concentratie van 50 ppm (NGK, 2000).

Vanwege het reeds ingezette beleid voor koolmonoxide daalt de verkeersuitstoot ervan in een hoog tempo. De totale gezondheidseffecten zijn daarom, zeker in de toekomst, gering (Dings & Haffmans, 2002).

Zwavedioxide (SO_2) wordt door zowel diesel- als benzinemotoren uitgestoten, zij het beide in zeer geringe mate. Zwavedioxide en de bijbehorende reactiestoffen zijn veelal goed wateroplosbaar en reactief. Om deze reden hebben de stoffen een irriterende en corrosieve werking op de huid, maar met name op de ogen en op de bovenste luchtwegen. Zwavedioxide kan ontstekingsreacties veroorzaken door in de bovenste luchtwegen luchtwegvernauwing te veroorzaken. Daardoor kan blootstelling aan relatief lage concentraties al dodelijk zijn. De ernst van de effecten varieert met onder andere lichamelijke inspanning, kwetsbaarheid van de blootgestelde personen, aanwezigheid van (stof)deeltjes en de luchtvochtigheid. In geval van herstel na kortdurende hoge blootstelling bestaat de kans op chronische effecten op de luchtwegen. (Adviesraad gevaarlijke stoffen, 2006)

Vanwege het reeds ingezette beleid voor zwavedioxide daalt de verkeersuitstoot ervan in een hoog tempo. De totale gezondheidseffecten zijn daarom, zeker in de toekomst, gering (Dings & Haffmans, 2002).

VOS hebben uiteenlopende gezondheidseffecten. Van vrij onschuldig tot hinderlijk, schadelijk, giftig of kankerverwekkend (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2015). Ook vormen een aantal van de VOS ozon wanneer ze reageren met stikstofoxiden.

Koolstofdioxide (CO_2) wordt in grote concentraties door het verkeer uitgestoten. Koolstofdioxide heeft niet direct schadelijke gevolgen voor mens en dier. Wel is het een sterk broeikasgas wat bijdraagt aan de opwarming van de aarde en alle problemen van dien.



2.2.7 GEVOELIGE GROEPEN EN ZONERING

Door de blootstelling aan de concentraties luchtvervuiling die in Nederland voorkomen, leeft de gemiddelde Nederlander gemiddeld een jaar korter (Milieudefensie, 2017). Uit talloze onderzoeken komt naar voren dat voor de gezondheidseffecten van min of meer alle schadelijke stoffen een aantal groepen mensen standaard risico lopen. Deze risicogroepen bestaan uit kinderen, ouderen en mensen met hart-, vaat- en/of longaandoeningen. Een risicogroep die in iets mindere mate wordt genoemd zijn zwangere vrouwen. TNO en Erasmus MC hebben onderzocht dat luchtverontreiniging schadelijke effecten heeft op zwangere vrouwen en het geboortegewicht van hun baby's (Milieudefensie, 2017).

In het kader van de Europese NEC-richtlijn zijn voor de schadelijke stoffen emissiedoelstellingen geformuleerd. De nationale omgevingsconcentraties worden uitgedrukt in de berekende gemiddelde waarden. Deze waarden worden getoetst aan de hand van vastgestelde streef- en grenswaarden. De gevaarlijke stoffen mogen binnen een bepaald tijds kader de vastgestelde grenzen niet overschrijden.

In mei 2012 zijn nieuwe emissiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen (zwaveldioxide, stikstofoxiden, ammoniak en vluchtige organische stoffen) voor 2020 (en daarna) afgesproken. Met deze nieuwe doelstellingen wordt het secundair aerosol bestreden. Ook is nu voor het eerst een emissiedoelstelling voor de fijnere fractie van fijnstof ($PM_{2,5}$) afgesproken (Compendium voor de Leefomgeving, 2013).



2.2.8 SAMENVATTING

Concluderend kan gesteld worden dat het wegverkeer bijdraagt aan de uitstoot van vier soorten emissies; de uitlaatemissies (uitlaatgassen), de verdampingemissies, de slijtage-emissies en het opwervend stof op straat. Vanwege de verscheidenheid in herkomst bestaan de emissies uit zeer verschillende stoffen, waarvan een aantal erg schadelijk zijn voor de volksgezondheid. Stikstofoxiden, fijnstof, koolwaterstoffen, ozon, koolmonoxide, zwaveldioxide en koolstofdioxide zijn de meest schadelijke. Een aantal van deze stoffen ontstaat direct bij het emissieproces, dit zijn de primaire stoffen. Andere stoffen worden pas later in de atmosfeer gevormd. Dit zijn de secundaire stoffen.

De vreemde eend in de bijt is fijnstof, een secundaire stof. Fijnstof ontstaat als een roetdeeltje. Het roetdeeltje hecht zich vervolgens aan een groot aantal verschillende, meestal schadelijke, stoffen welke deels worden uitgestoten door het wegverkeer. Ondanks de mengeling van schadelijke stoffen aan het roetdeeltje (zware metalen, PAK's en polychloorbifenylen), is de schadelijkheid van fijnstof voor een groot deel afhankelijk van de grootte van de fijnstofdeeltjes. De kleinste deeltjes komen namelijk in de bloedbaan terecht en zijn hiermee een groot gezondheidsrisico.

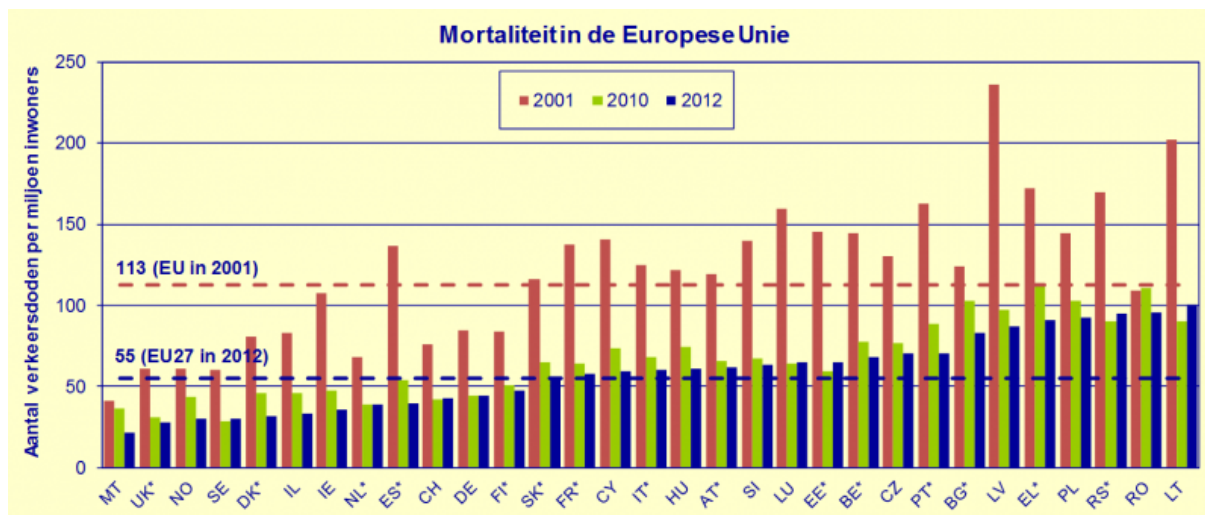
Alle schadelijke stoffen uit het wegverkeer hebben veelal schadelijke effecten op de volksgezondheid, geuit in de vorm van cardiovasculaire -en longaandoeningen. Risicogroepen zijn kinderen, ouderen en mensen die al te kampen hebben met cardiovasculaire -en longaandoeningen.



2.3 Veiligheid

2.3 VEILIGHEID

Op het gebied van veiligheid behoorde Nederland tot de top vier op Europees niveau. Tegenwoordig staat Nederland op de achtste plek (Fig. 13) (G. Jost, 2013). Veiligheid is voor mensen het belangrijkste aspect in verkeer (Fig. 14) (ANWB, 2015). Daarom is het in het kader van STM belangrijk om een goed beeld te hebben van de huidige veiligheid van verkeer in de stad en hoe het eventueel verbeterd kan worden. In dit hoofdstuk wordt daarom de parameter 'veiligheid' nader bekeken. Hierbij wordt gekeken naar de objectieve en subjectieve perceptie van verkeersveiligheid en naar cijfers met betrekking tot verkeersongevallen.

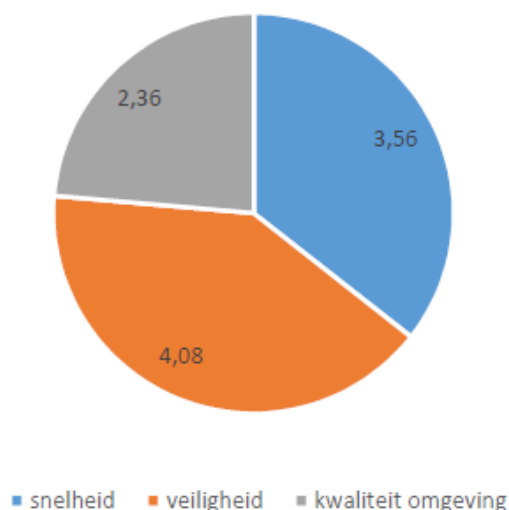


Figuur 73. Verkeersdoden op Europees continent per land. (G. Jost, 2013).

SUBJECTIEVE EN OBJECTIEVE VEILIGHEID

Verkeersveiligheid wordt gedefinieerd als de afwezigheid van gevaar in verkeer. Maar de kans op een ongeluk in het verkeer is altijd aanwezig. Omdat veel mensen deze gedachte constant in het hoofd houden, voelt het verkeer soms gevaarlijker dan dat het werkelijk is. Om deze reden wordt verkeersveiligheid vanuit twee perspectieven bekeken, vanuit de objectieve en vanuit de subjectieve verkeersveiligheid. Subjectieve verkeersveiligheid komt overeen met de persoonlijke gevoelens van mensen die gebaseerd zijn op ervaringen, waarnemingen en mediaberichten. Objectieve verkeersveiligheid wordt vastgesteld op het aantal ongevallen en de gevolgen, schade en slachtoffers.

wat vindt u het belangrijkste bij het oplossen
van de verkeersproblemen?



Figuur 14. Gevoelsmatig wenst men dat veiligheid het belangrijkste aspect is (10 punten verdeeld over 3 aspecten) (ANWB, 2015).



2.3.1 SUBJECTIEVE VERKEERSONVEILIGHEID

Subjectieve onveiligheid wordt opgedeeld in acuut (angst/ schrik tijdens verkeersdeelname) en chronisch (ook zorgen over verkeer bij geen deelname). Uit onderzoek blijkt tevens dat mensen die het gevoel hebben dat verkeer onveilig is, zelf ook meer fouten maken tijdens het deelnemen aan verkeer (Taylor, 2007). Echter blijkt uit hetzelfde onderzoek dat ze geen groter risico vormen voor ongelukken, mogelijk doordat ze onbewust drukke of moeilijke kruispunten vermijden.

Veranderingen met betrekking tot subjectieve verkeersveiligheid worden doorgaans breed geaccepteerd. Als men het gevoel heeft dat gevaarlijk gedrag wordt vertoond en daardoor een maatregel vanuit de overheid komt, zoals strengere alcoholcontrole, wordt deze maatregel omarmt door de mensen (Zandvliet, 2009).

Over het algemeen wordt tijdens verkeersdeelname een veilige situatie ervaren door de verkeersdeelnemers. Mensen voelen zich pas angstig als sprake is van een acute dreiging, zoals een (verwachte) botsing of als de situatie onhandelbaar wordt (mist, gladheid) (Wegman, 1980).

Verder is er ook nog het aspect van gedragsadaptatie. Dit houdt in dat de verkeersdeelnemer zijn gedrag aanpast aan hoe veilig of onveilig de situatie is. Hoe onveiliger de situatie, hoe veiliger mensen deelnemen aan het verkeer. Hetzelfde geldt andersom. Gedragsadaptatie verschilt sterk per persoon en daardoor is soms nauwelijks een veiligheidswinst te behalen bij aanpassingen van een situatie. Ook geeft het aan dat het in theorie mogelijk is dat iemand zeer onveilig gaat rijden in een volledig veilige omgeving. Daardoor is een volledig veilig gevoel in het verkeer onwenselijk (Vlakveld, 2009).

Meerdere onderzoeken zijn gedaan naar het gevoel van mensen in het verkeer. Zo is in een enquête-onderzoek van de ANWB (ANWB, 2015) over verkeer in de stad (en de veiligheid) aangetoond, dat mensen zich het meest ergeren aan medeweggebruikers die zich niet houden aan de verkeersregels. Een aantal van deze resultaten is hieronder weergegeven. Ook wordt in de resultaten uit het onderzoek van Wegman bevestigd dat mensen over het algemeen relaxt zijn of zeer weinig stress ervaren tijdens deelname aan het verkeer.

De deelnemers van ANWB's enquête-onderzoek komen voor 51% uit de stad, 43% uit een dorp en 6% komt uit het buitengebied. Ook staat erin wat de reismotieven zijn om naar het centrum van een stad (in dit onderzoek: Rotterdam, Helmond en Utrecht) af te reizen. Dit zijn:

1. Winkelen (57,9%);
2. Uitgaan (13,1%);
3. Werk (12,1%);
4. Anders (8,5%) (boodschappen, zorg, diensten, bibliotheek).

In de resultaten van de enquête zijn twee subjectieve gevoelspunten toegekend waar mensen zich aan ergeren of een onveilig gevoel van krijgen, per type verkeersdeelnemer.



2.3 Veiligheid

Voetgangers

- overal tussendoor lopen
- onverwacht stilstaan, lopen waar het niet mag.

Bestuurders van brommers/bromfietsen/bromscooters

- overal tussendoor rijden
- te hard rijden

Motorrijders

- te hard rijden
- onverwachte (slinger)bewegingen

Ov-bestuurders

- omvang en dominant rijgedrag.
- te hard rijden

Fietsers

- overal tussendoor fietsen
- op de stoep fietsen

Automobilisten

- parkeren waar het niet mag
- te hard rijden

Bestuurders van een scootmobiel

- te hard rijden
- onverwachte (slinger)bewegingen

De resultaten van de enquête geven verder als conclusies dat te veel verschillende type weggebruikers door elkaar rijden, te veel weggebruikers de regels niet volgen en dat te veel weggebruikers tegelijkertijd aanwezig zijn. De investeringen in verkeer moeten volgens de deelnemers gestoken worden in:

1. Veiligheid;
2. Doorstroming;
3. Kwaliteit van de leefomgeving.

Het meenemen van subjectieve veiligheid in plaats van objectieve veiligheid, bij het inrichten of bedenken van beleid (en voor dit onderzoek, routes) blijkt lastig. Zo is er in de gemeente Den Haag een evaluatie over geweest door het team Subjectieve verkeersonveiligheid. Hierin zijn snelheidscontroles uitgevoerd in een straat die onveilig aanvoelde met betrekking tot verkeer. Het aantal snelheidsovertreders liep drastisch terug, echter nam het gevoel van onveiligheid toe (Zandvliet, 2009).



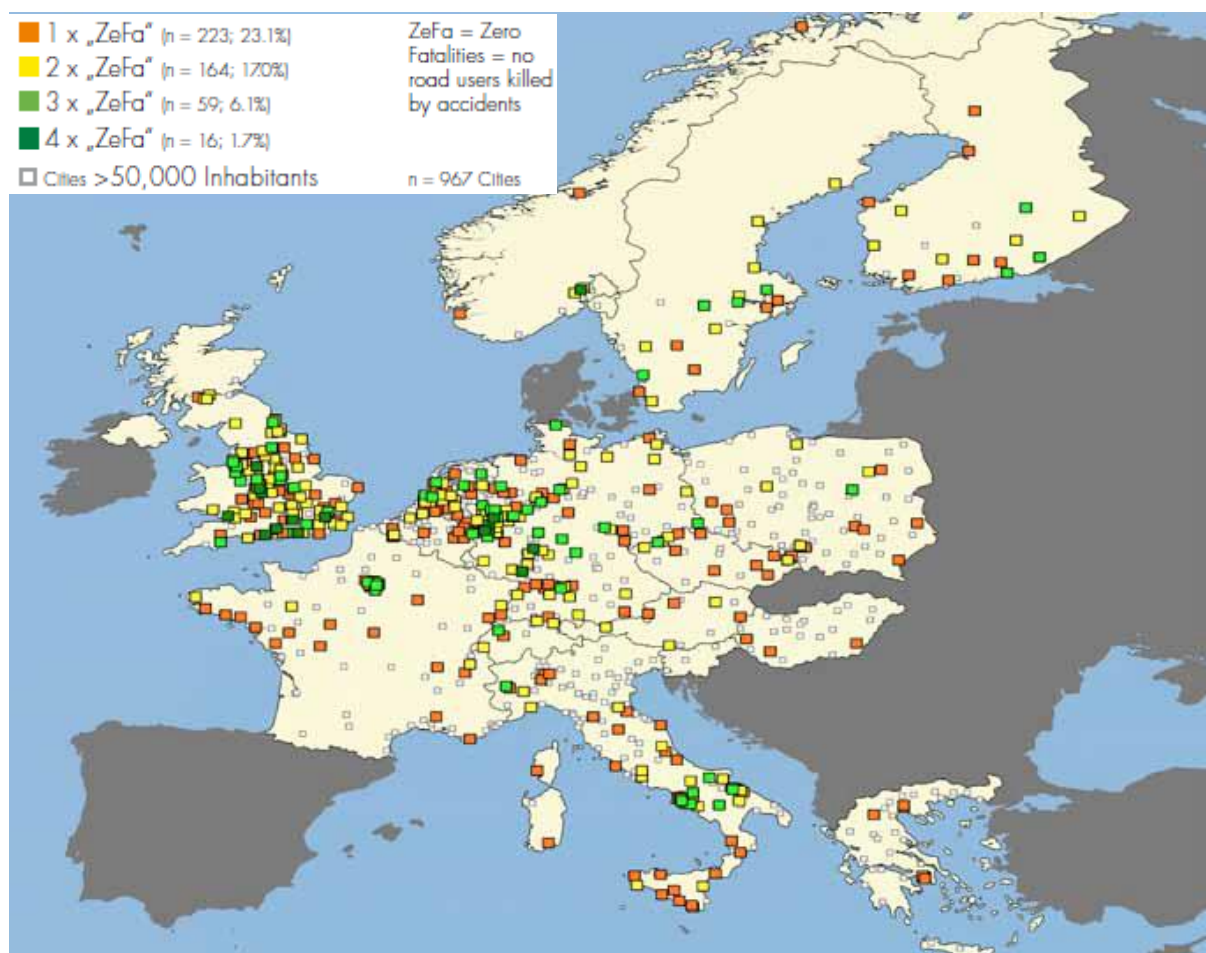
2.3 Veiligheid

ZELFRIJDENDE AUTO PARADOX

Uit onderzoek van TU Delft, waar 510 mensen aan meewerkten, blijkt dat verongelukken door zelfrijdende auto's ruim viermaal erger wordt ervaren dan met een gewone auto. Hierbij werd geen directe vraag gesteld, maar verschillende scenario's werden voorgelegd. Ook blijkt uit dit onderzoek dat 65% van de mensen een voorkeur geeft aan zelfrijdende auto's boven het huidige transportsysteem. (Overakker, 2017) De paradox hiervan is dus dat zelfrijdende auto's grote potentie hebben met betrekking tot meer verkeersveiligheid, maar het toch lastig is om maatschappelijke acceptatie te krijgen omdat mensen het als onveiliger ervaren.

2.3.2 OBJECTIEVE VERKEERSONVEILIGHEID

Bij objectieve veiligheid wordt cijfermatig vastgesteld welke verkeerssituaties het gevaarlijkst zijn en op welke wegentypen de meeste ongelukken gebeuren. In het begin van dit hoofdstuk werd al genoemd dat Nederland er, met betrekking tot de hoeveelheid verkeersongelukken, in Europees verband relatief goed voor staat (Fig. 15). Echter is het niet zo vreemd dat mensen zich in de stad, waar 49,4% van Nederland woont, zich toch onveilig kunnen voelen in het verkeer. Cijfers onderbouwen namelijk dat 60% van de ongelukken plaatsvinden in stedelijk gebied (DEKRA, 2014).



Figuur 15. Steden met >50.000 inwoners waar geen doden zijn gevallen tussen 2009 en 2012 (DEKRA, 2014). (1 ZeFa = 1 jaar zonder dodelijk ongeval)



In Nederland is er weinig onderzoek gedaan naar het verband tussen infrastructuur en veiligheid. Er zijn wel studies naar snelheid versus ongelukken, een studie hiervan vindt plaats in regio Den Haag, deze staat verderop beschreven. Volgens een onderzoek naar de herkomst van ongelukken uit 2013, verricht door RTL, vindt 46% van alle ongevallen plaats op kruispunten (RTL, 2013). Dit komt met name doordat veel verschillende type weggebruikers (fietzers, scooters, auto's) door elkaar rijden, er veel conflictbewegingen zijn (één gaat rechtdoor, ander rechtsaf) en doordat wegen van verschillende snelheden bij elkaar komen, een voorbeeld hiervan is hieronder weergegeven (Fig. 16).



Vanuit een studie naar snelheid met betrekking tot verkeersongelukken in Den Haag zijn de volgende cijfers naar voren gekomen. In een periode van negen jaar, zijn in Den Haag ruim 1600 verkeersslachtoffers gevallen (Tabel 4). In Den Haag centrum zijn in deze periode 12 doden gevallen. In andere delen van Den Haag vielen als gevolg van ongevallen met motorvoertuigen 22 doden. De overige cijfers zijn ernstig gewonden.

Tabel 4. Motorische ongevallen Den Haag in een periode van 9 jaar (Reurings, 2010).

	Den Haag 1999-2008	Den Haag Centrum 1999-2008
Snelheidslimiet	Aantal slachtoffers M	Aantal slachtoffers M
Woonerf	8	2
30 km/uur	218	58
50 km/uur	1331	374
60 km/uur	9	-
70 km/uur	8	-
80 km/uur	-	-
100/120 km/uur	51	-
Onbekend	8	-
Totaal	1633	434



2.3 Veiligheid

Geconcludeerd kan worden dat 50 km/u wegen verreweg de onveiligste type weg is (Tabel 4). Echter is Den Haag een stad met veel inwoners en een stad waar dus veel 30 en 50 km/u wegen liggen. Als hier dieper naar gekeken wordt kan je de tabel indelen op de hoeveelheid slachtoffers per kilometer van een bepaald weg-type (Tabel 5). Als er gekeken wordt naar de wegen met redelijk formaat (Reurings, 2010) in Den Haag (meer dan 20km), blijven woonerf, 30 en 50 km/u over.

Tabel 5. Totale kilometers en slachtofferdichtheid per type weg (Reurings, 2010).

Type weg	Den Haag kilometers per wegtype	Slachtoffer- dichtheid	Den Haag Centrum kilometers per wegtype	Slachtofferdichtheid
Woonerf	39	0,20	4	2,0
30 km/uur	422	0,52	65	0,9
50 km/uur	786	1,69	151	2,47
60 km/uur	11	0,81	-	-
70 km/uur	6	1,33	-	-
80 km/uur	3	-	-	-
100/120 km/uur	51	1,00	-	-
Totaal	1318		220	

Wanneer er gekeken wordt naar de wegtypen waar de slachtofferdichtheid het hoogst is, komen in het centrum 30 km/u en 50 km/u naar boven. Over de hele gemeente van Den Haag hebben de snelweg en 50 km/u weg vooral een hoge slachtofferdichtheid. Ook de 70 km/u wegen hebben een hoge slachtofferdichtheid, het aantal kilometers van dit wegtype is echter verwaarloosbaar. Ondanks dat er minder kilometers in het centrum van de stad zijn, is er een zeer hoge slachtofferdichtheid in het centrum van de stad. Om deze reden heeft de gemeente twee methodes laten onderzoeken om te kijken of de verkeersveiligheid vergroot kan worden.

Het ene model bestond uit Betalen voor Mobiliteit (ABvM), waarin de gebruiker meer betaald wanneer hij/zij gebruik maakt van gemotoriseerd vervoer, hieruit bleek dat dit waarschijnlijk geen positief effect heeft op verkeersveiligheid (Schermers, 2009). Mogelijk komt dit omdat mensen zich dan meer op gemotoriseerde tweewielers zouden voortbewegen (Schermers, 2009).

De tweede methode is het Verkeers Circulatie Plan (VCP) waarbij korte wegen (< 7.5km) omgevormd worden voor fietsers, waardoor auto's om de stad heen moeten rijden en de binnenstad deels autovrij wordt. Hierdoor zou autoverbruik verminderd moeten worden en het aantal fietsers toenemen.

Echter blijkt uit het model van DHV Consultancy and Engineering dat geen effect aanwezig is op autogebruik en daarmee ook niet op verkeersveiligheid (Reurings, 2010).

Om toch een beeld te krijgen van wat er gebeurt met de verkeersveiligheid als het motorisch verkeer afneemt met 10% en fietsverkeer toeneemt met 5%, is in het onderzoek, naast de originele uitkomst van het VCP, met cijfers geschoven. Hieruit blijkt dat 3% minder gewonden vallen over een periode van 10 jaar.

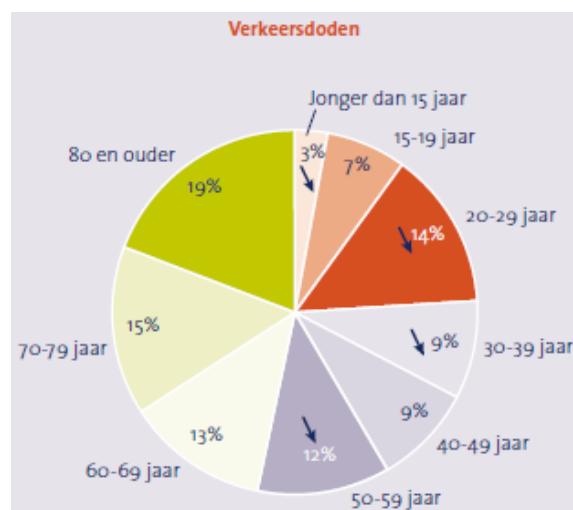


2.3 Veiligheid

2.3.3 GEVOELIGE GROEPEN

Kinderen (< 15) worden gezien als een gevoelige groep binnen de Nederlandse maatschappij. Het aantal slachtoffers onder kinderen is echter zo ver gereduceerd sinds de jaren 80, dat de minste hoeveelheid doden in het verkeer kinderen zijn (Fig. 17). Uit onderzoek blijkt dat het niet duidelijk is wat de oorzaak hiervan is, de verkeersdruk neemt toe maar aantal gewonden/doden onder kinderen neemt af. Mogelijk spelen kinderen minder buiten en draagt de moderne opbouw (Duurzaam en Veilig methode) van wijken hieraan bij (Rijk, 2008).

Ouderen (> 60) zijn met 47% van de doden in het verkeer, het meest kwetsbaar. Dit komt door vier factoren. De eerste factor is lichamelijke kwetsbaarheid. Hierdoor hebben ouderen een grotere kans om te overlijden aan verwondingen dan jongere verkeersdeelnemers (Weijermars, 2016). Ten tweede hebben ouderen functiestoornissen waardoor hun vaardigheid achter het stuur afneemt (SWOV, 2017). Zieken (m.b.t. ziekenhuizen) worden niet meegenomen bij veiligheid, omdat ervan uitgegaan wordt dat deze groep in principe niet deelneemt aan het verkeer.



Figuur 17. Verkeersdoden in leeftijdscategorie in % (W. Weijermars, 2016)

De derde factor is afstand. In het algemeen is het zo dat automobilisten die veel rijden, een lager risico hebben op een ongeval dan automobilisten die weinig rijden (Davidse, 2007). Als laatste kiezen ouderen er vaak voor om snelwegen te vermijden, terwijl juist de grootste hoeveelheid ongelukken gebeuren op 30 en 50 km/u wegen.

2.3.4 VERKEERSONGELUKKEN DELFT

Als gekeken wordt naar het casusgebied Delft voor STM, komen de cijfers uit de literatuur op de voorgaande pagina's overeen met de ongelukken die voorkomen in Delft. Namelijk dat de meeste ongelukken gebeuren op Kruispunten. Deze ongelukken zijn op basis van een website waar alleen ongelukken weergegeven zijn die gemeld zijn bij Rijkswaterstaat. (Pont, 2017)

Op de locaties waar de meeste ongelukken plaatsvinden komen ook de meeste (contrasterende) verkeersstromen voor (Fig. 18). Door rood rijden, geen voorrang verlenen of niet genoeg afstand houden zijn de meest voorkomende oorzaken op deze kruispunten.

Op 10 van de 11 locaties welke op de kaart zijn weergegeven, hebben ongevallen plaatsgevonden op of bij kruisingen (met een minimum van 10 ongevallen waar minimaal één gewonde is gevallen in de afgelopen 10 jaar). De overige locatie is de gehele Prinses Beatrixlaan met 26 ongevallen waar niet precies van weergegeven is waar de ongelukken gebeurd zijn. Wel dat ze voornamelijk met afstand tussen twee vervoersmiddelen te maken hebben gehad.



2.3 Veiligheid

Verder is er nog één locatie die afwijkt met betrekking tot verkeersveiligheid. En daarom is deze niet op de kaart weergegeven. Dit komt namelijk door een bewegende paal op het wegdek tussen de Oude Langendijk en Nieuwe Langendijk waar 13 voertuigen tegenaan zijn gereden.



Figuur 18. Delft, verkeersongelukken met minimaal 1 gewonde in de laatste 10 jaar weergegeven met een witte cirkel en zwarte rand. (Google Maps, 2017).

Legenda figuur 18

Nr	Locatie Ongelukken	N-ongelukken
1	Kruising Kruithuisweg, Tanthofdreef en Voorhofdreef	10
2	Kruising Kruithuisweg, Buitenhofdreef	24
3	Kruising Pr Beatrixlaan, Alexander Fleminglaan	19
4	Kruising Vrijebanselaan, Brasserskade	20
5	Kruising Vrijebanselaan, Insulindeweg, Curacaostraat	11
6	Kruising Westlandseweg, Krakeelpolder	17
7	Kruising Buitenhofdreef, Martinus Nijhofflaan	12
8	Kruising Buitenhofdreef, Vrijheidslaandreef	10
9	Kruising Zuidwal, Kethelstraat, Westvest	26
10	Kruising Voorhofdreef, Jan Campertlaan	11
11	Kruising Afrit A13, Kruithuisweg, N470	17



2.3 Veiligheid

2.3.5 SAMENVATTING

Op het gebied van subjectieve veiligheid blijkt dat men veiligheid en snelheid het belangrijkste onderdeel van het verkeer (80%) zijn, de omgeving wordt maar door 20% van de mensen belangrijk gevonden. Subjectieve veiligheid gebruiken als onderdeel van beleid blijkt lastig te zijn. Dit komt doordat men zich onveiliger kan voelen als beleid verandert (zoals vaker snelheidscontroles uitvoeren) terwijl de werkelijke veiligheid juist toeneemt.

Objectieve veiligheid is meetbaar in ongelukken en slachtoffers (hoeveelheid/type). Uit politiegegevens blijkt dat de helft van de ongelukken in het verkeer vindt plaats op kruispunten, dit is ook zo bij de gemeente Delft. De hoogste slachtoffer dichtheid in steden is op 30 en 50 km/u wegen. Ouderen vormen het grootste deel van de slachtoffers (47%), deze groep is daarom het meest kwetsbaar.

Als oplossing voor verkeersveiligheid zijn er methodes onderzocht zoals de binnenstad vrij maken van auto's of betalen voor het gebruiken van een auto in stedelijke omgeving. Als de binnenstad ontweken moet worden zal de verkeersveiligheid niet toenemen omdat mensen meer om de binnenstad zullen rijden waardoor de hoeveelheid verkeer niet afneemt.

Wanneer een verkeerssituatie heel veilig is in de gedachten van de verkeersdeelnemer, zal de verkeersdeelnemer onveiliger rijden. Om deze reden is het niet wenselijk dat een verkeerssituatie niet volledig veilig is.



2.4 Gevoelige locaties

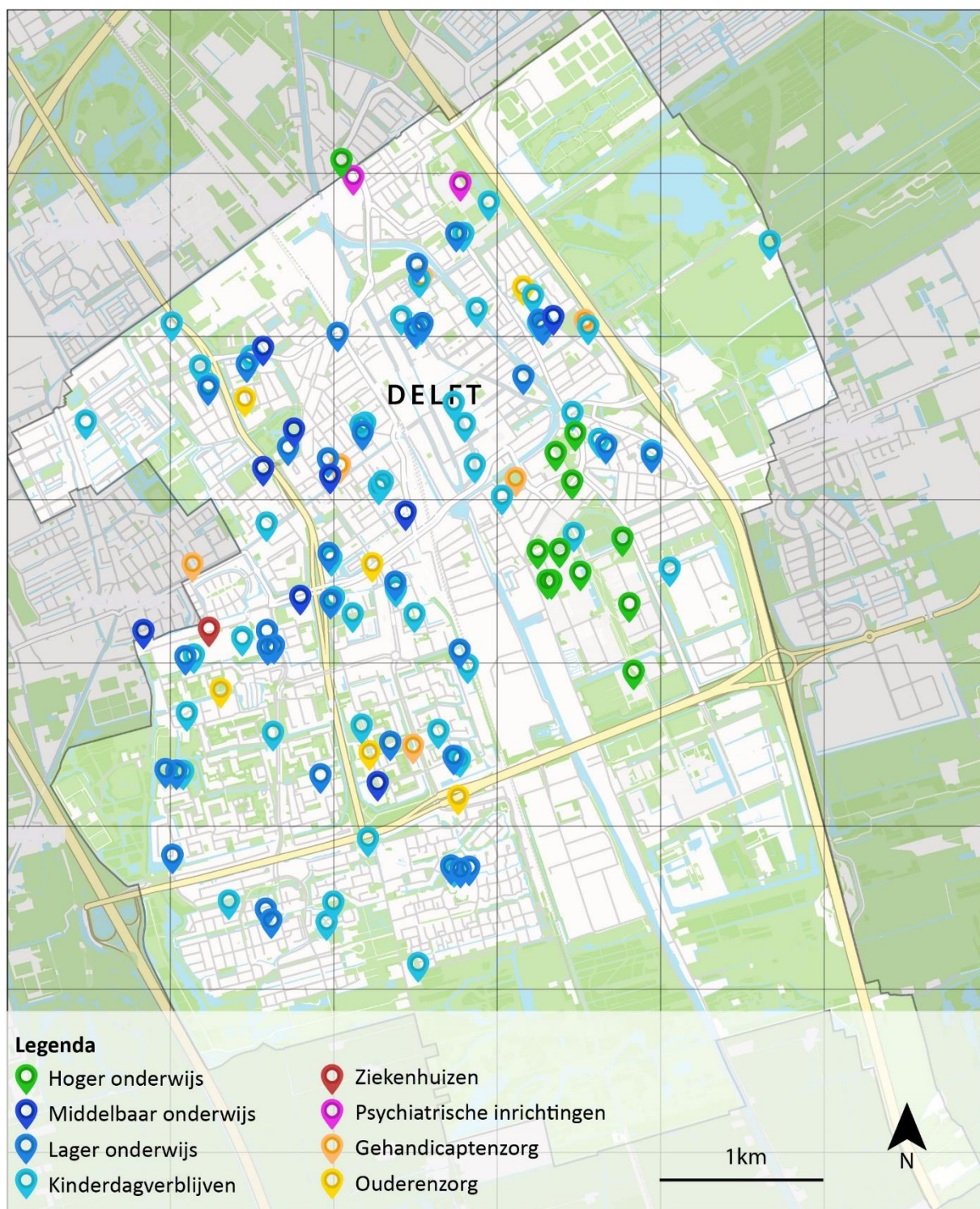
2.4 GEVOELIGE LOCATIES (INVENTARISATIE)

Van de onderzochte parameters geluid luchtverontreiniging en veiligheid, blijkt dat een aantal risicogroepen bestaan. Een risicogroep bestaat uit een groep mensen die gekenmerkt wordt door een of meerdere bepaalde eigenschappen waardoor ze kwetsbaarder voor de parameter zijn dan gemiddeld. De risicogroepen van de onderzochte parameters zijn kinderen, ouderen en mensen met hart-, vaat- of longaandoeningen. Een risicogroep die in iets mindere mate wordt genoemd zijn zwangere vrouwen.

Omdat bepaalde locaties in de stedelijke omgeving bestaan waarin deze risicogroepen in gemiddelde hogere mate aanwezig zijn, zijn deze zogenoemde gevoelige locaties voor het casusgebied in kaart gebracht (Fig. 19). De gevoelige locaties zijn educatieve instellingen, kinderdagverblijven, ziekenhuizen, psychiatrische inrichtingen, gehandicaptenzorg en ouderenzorg.



2.4 Gevoelige locaties



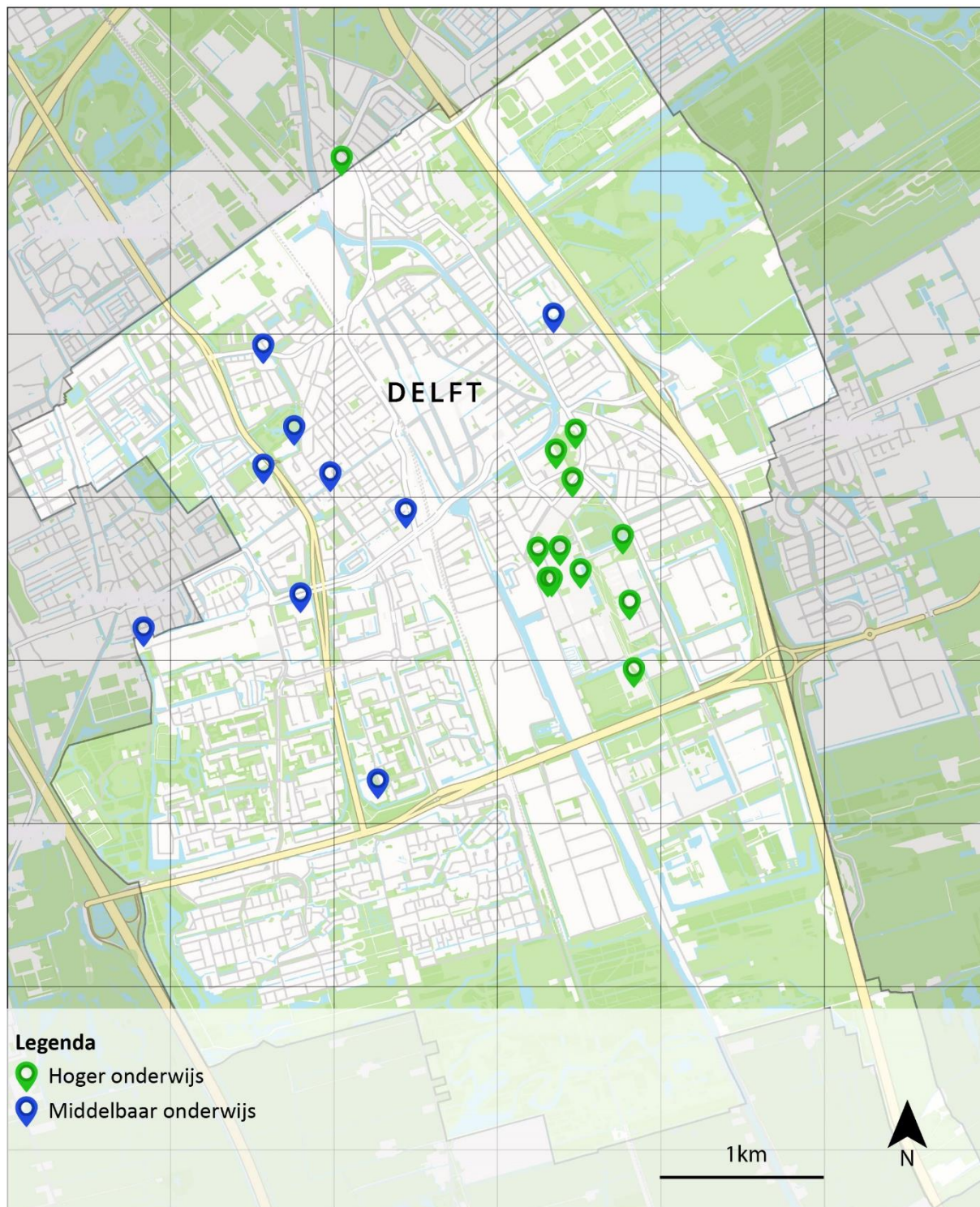
Figuur 19. Gevoelige locaties Delft.



2.4 Gevoelige locaties

2.4.1 ONDERWIJSGEBOUWEN

Onder de onderwijsgebouwen vallen lager, middelbaar en hoger onderwijs (Fig. 20 & 21)



Figuur 20. Middelbaar- en hoger onderwijs Delft (Gemeente Delft, z.j.).



2.4 Gevoelige locaties



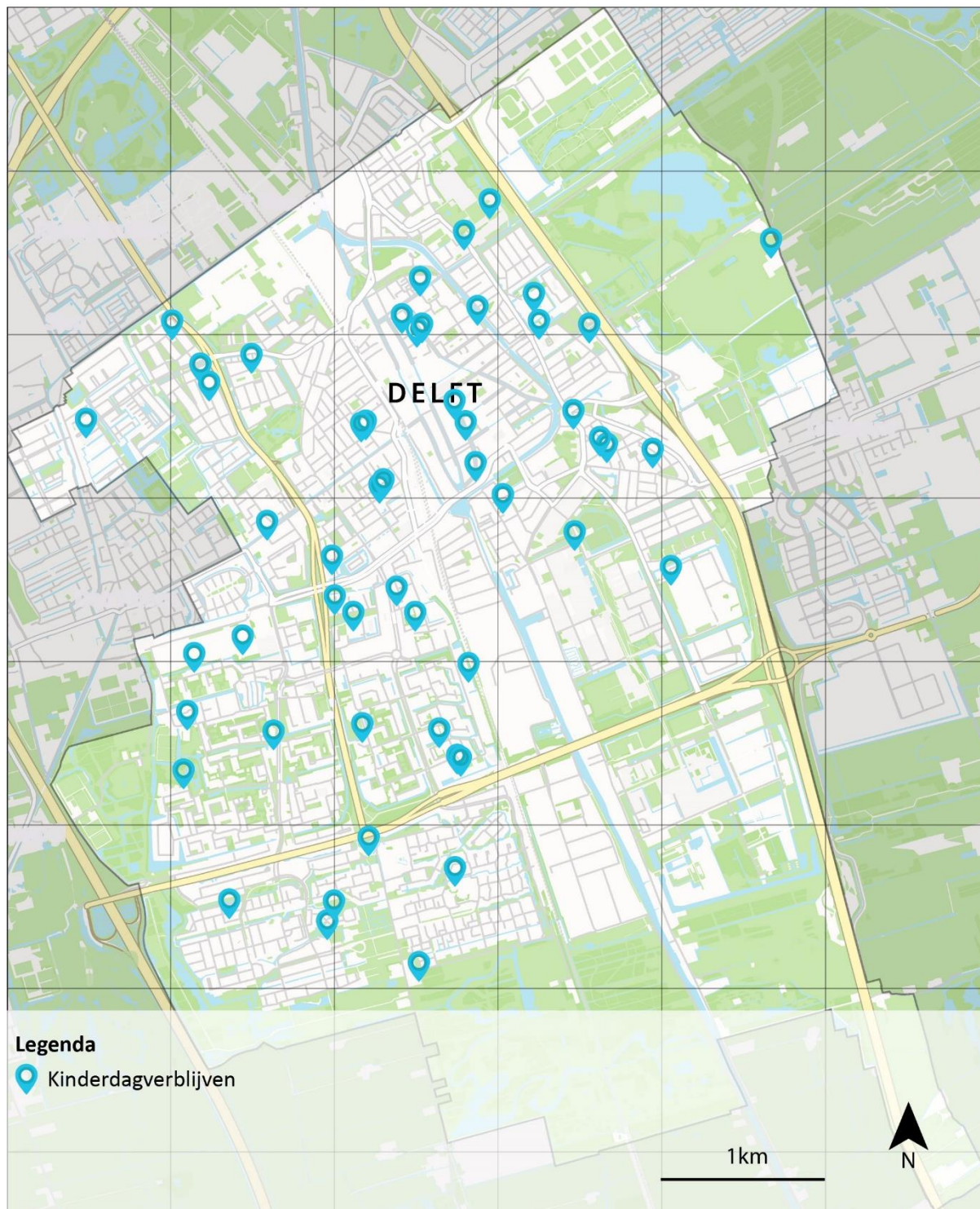
Figuur 21. Basisscholen Delft (Gemeente Delft, z.j.).



2.4 Gevoelige locaties

2.4.2 KINDERDAGVERBLIJVEN

In de gemeente Delft staan in het landelijke register 55 kinderdagverblijven vermeld (Fig. 22).



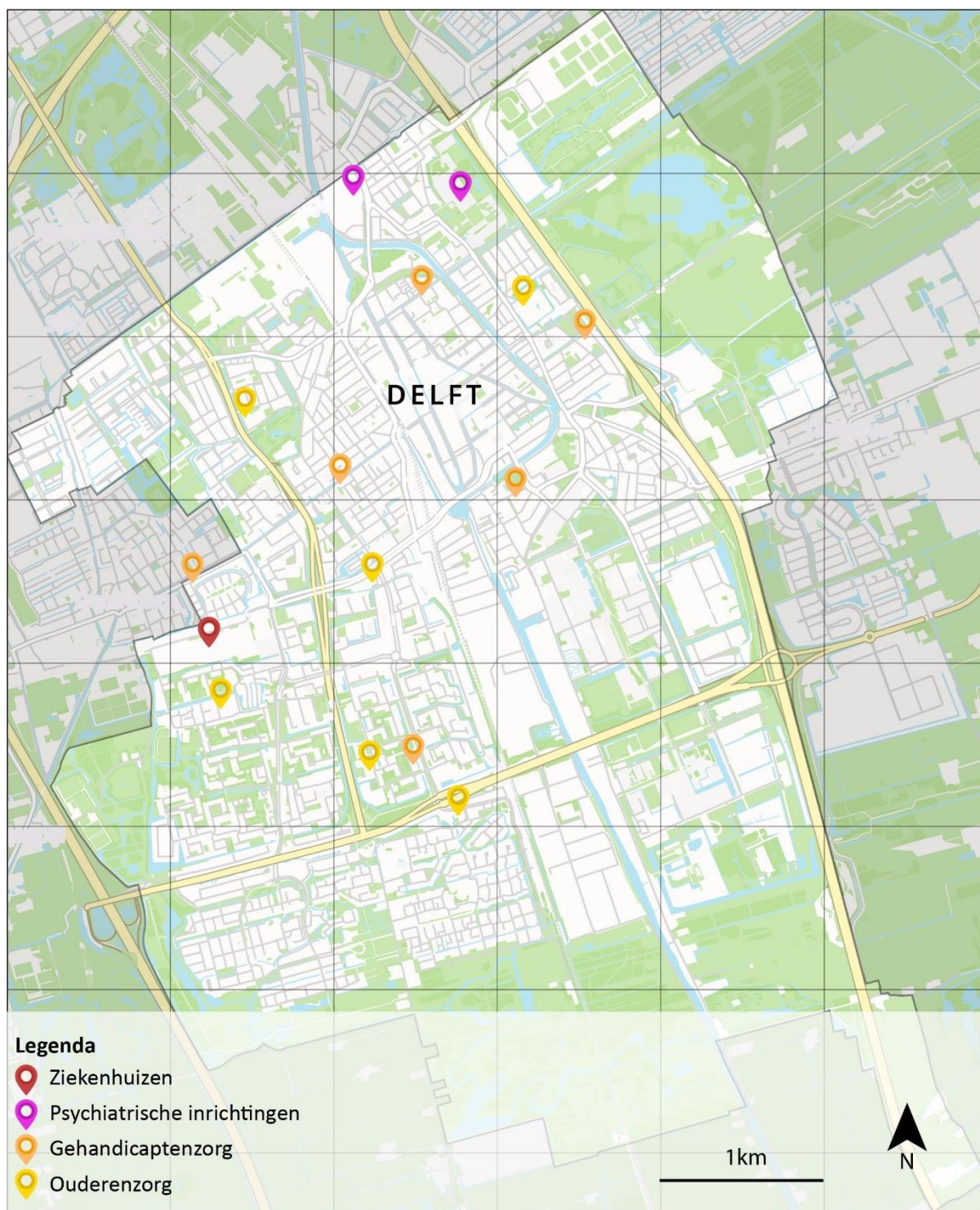
Figuur 22. Kinderdagverblijven Delft (Beste kinderdagverblijf, 2017).



2.4 Gevoelige locaties

2.4.3 PSYCHIATRISCHE INRICHTINGEN, ZIEKEN- EN VERZORGINGSTEHUIZEN

Voor de zorginstellingen zijn het ziekenhuis, ouderen- en gehandicaptenzorg en de twee psychiatrische inrichtingen in kaart gebracht (Fig. 23).



Figuur 23. Psychiatrische inrichtingen, zieken- en verzorgingstehuizen Delft.



2.4 Gevoelige locaties - natuur

Binnen dit project wordt natuur gezien als een kans om de omgevingsbewuste routes op af te stemmen. Door natuur te gebruiken als parameter om mensen op een bewustere manier van A naar B te krijgen, kan het de druk op het verkeersnetwerk binnen de stedelijke omgeving verlichten. Echter, natuur is ook een gevoelig object. De navigatiesystemen moeten bijvoorbeeld rekening houden met de effecten van de uitstoot uit auto's die een natuurgebied en de daarin levende dieren kunnen vervuilen/verstoren. Daarnaast kunnen de parameters licht en geluid ook verstorend werken voor de natuur.

In deze paragraaf wordt per parameter beschreven welke (negatieve) effecten verkeer op natuurgebieden en diersoorten heeft. Daarnaast wordt beschreven hoe de natuur kan dienen als parameter bij het ontwikkelen van omgevingsbewuste routes in nieuwe navigatiesystemen.

2.4.4 NATUUR ALS GEVOELIG OBJECT

Natuur neemt een belangrijke plaats in de samenleving in. Mensen komen er om tot rust te komen en voor dieren is het een leefomgeving. Natuur heeft in Nederland zwaar te lijden onder de komst van de auto en de daarbij behorende verkeersnetwerken.

Deze paragraaf behandelt hoe de parameters licht en geluid de flora negatief beïnvloeden. Tevens komt in deze paragraaf naar voren wat de algemene effecten zijn van de parameters op dieren, onder het kopje 'wildlife'.

LICHT

De invloed van kunstmatige lichtbronnen heeft gevolgen voor flora. In deze paragraaf wordt een korte beschrijving gegeven op welke manier deze vorm van licht invloed heeft op flora in het algemeen.

Licht zorgt ervoor dat planten voedingsstoffen kunnen produceren door middel van fotosynthese. Ook kunstmatige lichtbronnen dragen bij aan de fotosynthese. Deze bronnen komen van bijvoorbeeld wegverlichting. Licht heeft alleen invloed op de groeisnelheid van de planten. Licht dat qua spectrum het meest in de buurt komt van gewoon zonlicht zorgt voor meer groei dan geen licht. Sommige bomen die elke nacht kunstmatig worden verlicht, behouden hun bladeren in de winter (Platform Lichthinder, 2011), wat nadelige gevolgen zoals verdroging van de boom kan veroorzaken (Naturetoday, z.j.). Er wordt onderzoek gedaan door onder andere Wageningen University & Research, NIOO-KNAW, FLORON, SOVON en RAVON op het gebied van effecten van licht op natuur. Het lijkt erop dat bewegende verlichting van voertuigen geen significant effect heeft, maar lantaarnpalen wel. Ook de kleur van het licht maakt hierbij verschil, zoals al eerder is genoemd (Licht op Natuur, 2013).

GELUID EN TRILLINGEN

Geluid heeft geen effecten op de flora, maar de flora kan wel het geluid zelf verminderen. Daarnaast hebben trillingen van verkeer ook geen invloed op flora.



LUCHTVERVUILING

Vooraf NO_2 uitstoot heeft effect op flora. Deze stoffen kunnen via natte of droge depositie in het systeem terechtkomen. Hierdoor wordt de bodem verrijkt of kan verzuring (door NH_3) optreden. Door verzuring komen nitraten en mogelijke zware metalen vrij. Voedingsstoffen die planten gebruiken kunnen vrijkomen en wegspoelen (Milieumonitoring Stadsregio Rotterdam, 2017).

Doormiddel van de Programmatistische Aanpak Stikstof wordt geprobeerd om de hoeveelheid stikstof en ammoniak in de lucht te laten dalen, waardoor de ontwikkeling van gevoelige natuurgebieden verbeterd kan worden en ook de instandhoudingsdoelstellingen bereikt worden (Platform Natuur in de Gemeente, 2015). Daarnaast moeten economische ontwikkelingen mogelijk blijven.

Het probleem met stikstof is dat er per plantensoort een bepaalde maximum en minimumhoeveelheid is waarbij de plant goed groeit. In veel gebieden wordt de maximumhoeveelheid (de kritische depositiewaarde) overschreden, en er zijn habitattypen die gevoelig zijn voor een overdosis stikstof. Met de AERIUS-scenario tool kan opgezocht worden welk effect een ontwikkeling (zoals de uitbreiding van een veebedrijf) op de stikstofwaarde in de omgeving heeft. Deze tool geeft echter geen informatie over verkeer.

TOEPASSING GROENE ELEMENTEN IN OMGEVINGSBEWUSTE ROUTE

Natuur in de vorm van planten speelt een belangrijke rol bij het ontwikkelen van omgevingsbewuste routes in Nederland. Vragen als: 'Waar en hoe kan natuur de negatieve effecten van verkeer goed opvangen?' en 'Hoe kan het huidige straatbeeld veranderd worden om meer emissies op te vangen?' worden hier gesteld. In deze paragraaf komt aan bod hoe groene elementen in het algemeen als buffer functioneren en emissies uit de lucht filteren. Daarnaast is er aandacht voor het wegvangen van geluid doormiddel van groene elementen.

NATUUR ALS LUCHTFILTER

Uit onderzoek is gebleken dat de groene zones in stedelijke gebieden onvoldoende reductie van fijnstof teweeg brengen om het hele probleem aan te pakken. De groene elementen dragen wel bij aan de reductie van een deel van de vervuiling bij 'Hotspots'. Dit zijn zones die dichtbij de grenswaarden voor vervuiling zitten (Groene Ruimte, 2015).

Beplanting kan dus dienen als luchtfilter, vooral om het aandeel fijnstof, vluchtige organische stoffen en stikstofdioxide (NO_2) te verlagen. De deeltjes kunnen op drie manieren deponeren (Rijksinstituut voor Volksgezondheid (RIVM), 2011):

- Neerslaan: het deeltje daalt neer op het groen door het eigen gewicht
- Impactatie: het deeltje komt stromend langs het groene element en blijft eraan hangen
- Brownse beweging (diffusie): Door luchtstroming komen deeltjes af en toe tegen elkaar aan, waardoor de deeltjes het groene element kunnen raken en daaraan blijven hangen.



2.4 Gevoelige locaties - natuur

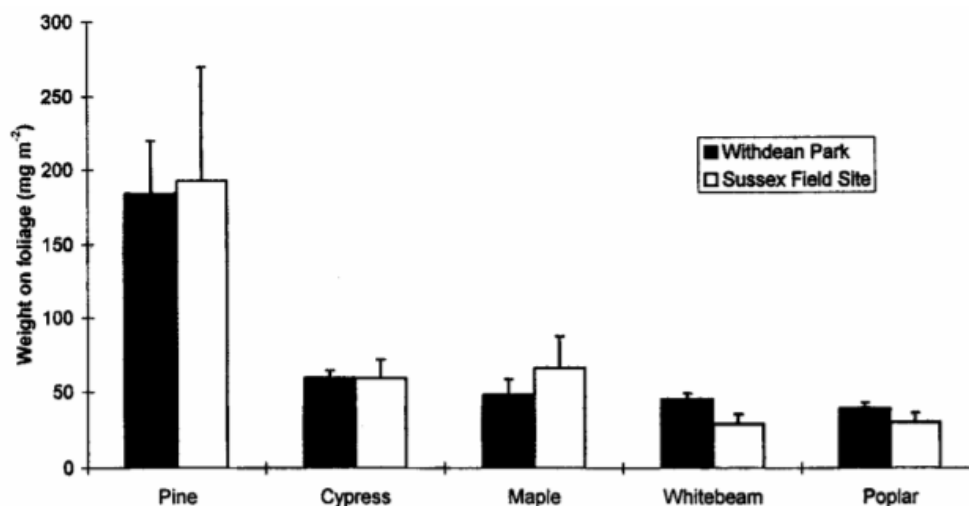
De deeltjes die vrijkomen hebben verschillende kenmerken, zoals de grootte. Verschillende plantengroepen zijn geschikt om emissies op te nemen:

1. Bomen

De huidmondjes van bomen kunnen stikstofoxide, ammoniak, ozon, zwaveldioxide en vluchtige organische stoffen opnemen. Fijnstof kan worden onderverdeeld op basis van deeltjesgrootte. Hierover wordt in het hoofdstuk over Luchtkwaliteit meer uitgelegd. Flora kan $PM_{0,1}$ door de huidmondjes opnemen. PM_{10} en $PM_{2,5}$ zijn hiervoor te groot. Deze kunnen neerdalen op het blad en dan worden afgespoeld naar de bodem (GroenBlauweNetwerken, 2011).

Brede bladeren van loofbomen zijn waarschijnlijk het meest effectief voor de afvangst van NO_x (Pronk, 2008), maar dit moet nog verder worden onderzocht. Uit onderzoek is gebleken dat dennenbomen (Fig. 24) meer fijnstof afvangen dan loofbomen (Groene Ruimte, 2015). Dit komt doordat de meeste naaldbomen het gehele jaar door naalden hebben en dus fijnstof kunnen afvangen. Loofbomen hebben dit niet, en kunnen alleen in de zomer hun bladeren gebruiken (Pronk, 2008).

Een belangrijk feit is dat een onregelmatige vegetatie-opbouw voor meer turbulentie in de lucht zorgt, hetgeen weer leidt tot meer contactmomenten tussen het fijnstof en het blad. De ruwheid van het blad is hierbij belangrijk; hoe ruwer het blad, hoe meer fijnstof erop afgevangen kan worden. Dennenbomen hebben een wasachtig laagje op de naalden, wat ook zorgt voor goede afvangst van stoffen in de lucht. Loofboomsoorten die waarschijnlijk relatief veel fijnstof afvangen zijn: gewone esdoorn, vogelkers en zachte berk. Dit komt door het micro-reliëf in de oppervlakte van het blad van deze soorten (Oosterbaan, A. et al, 2006).



Figuur 24. Opname PM_{10} bij diverse soorten naaldbomen. (Oosterbaan, 2006).



2. Heesters

Heesters zijn kleiner dan bomen en vangen dus minder fijnstof af, maar zijn van belang op plaatsen waar bijvoorbeeld weinig ruimte is. Soorten die op basis van de bladkenmerken veel fijnstof afvangen zijn: rode kamperfoelie, framboos, wilde lijsterbes en sleedoorn (Oosterbaan, 2006).

3. Mos en vetplanten/sedum

Nat mos kan fijnstof opnemen als het nat is, droog mos doet dit niet. Per vierkante meter mos kan tot wel 20 gram fijnstof per jaar worden afgevangen. Daarnaast kan mos ook stikstof, fosfaat, calcium en een aantal andere stoffen opnemen (Groene Ruimte, 2015).

AANDACHTSPUNTEN BIJ HET GEBRUIK VAN GROEN IN DE STAD

De aanleg van groen in de stad resulteert in veel voordelen, zoals het zuiveren van de lucht, geluidsabsorptie (tussen de 2,5-3 dB), het reduceren van de hittestress in de stad, energiebesparing voor gebouwen en het levert gezondheidsvoordelen op voor mensen (GroenBlauweNetwerken, 2005). Echter, er zijn ook zaken waar rekening mee gehouden dient te worden bij het aanleggen van groene elementen. Als het groen op een ondoordachte plaats wordt aangebracht, kan dit tot nadelige gevolgen leiden voor onder andere de luchtkwaliteit.

De concentratie van emissies in een straat wordt vooral bepaald door de factoren verkeersintensiteit, verkeerssamenstelling, rijsnelheid, locatie van emissies en de hoeveelheid schone lucht die door eens straat waait (Rijksinstituut voor Volksgezondheid (RIVM), 2011).



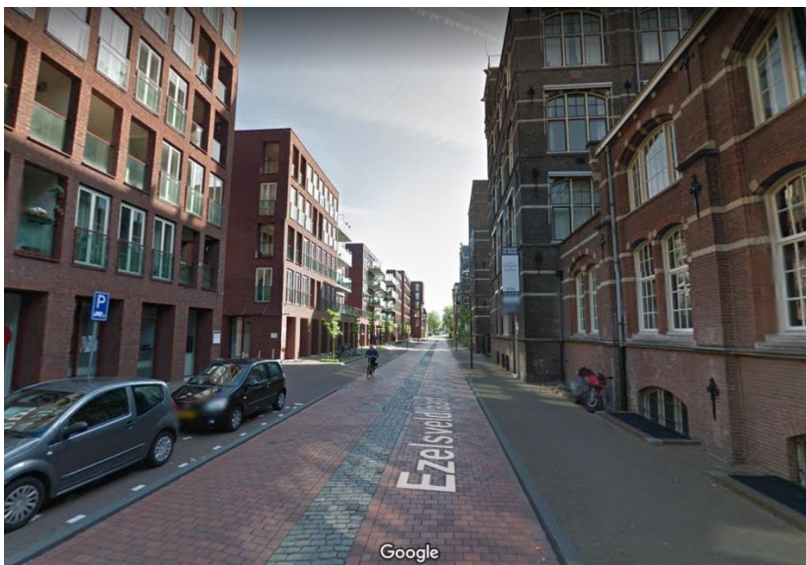
2.4 Gevoelige locaties - natuur

Er worden twee typen straten onderscheiden (Fig. 25 & 26).

- Vrij liggende weg;
- Weg tussen bebouwing in stedelijke omgeving (street canyon), met of zonder bomen.



Figuur 25. Vrijliggende weg, hier heeft de wind vrij spel (De Gelderlander, 2017).

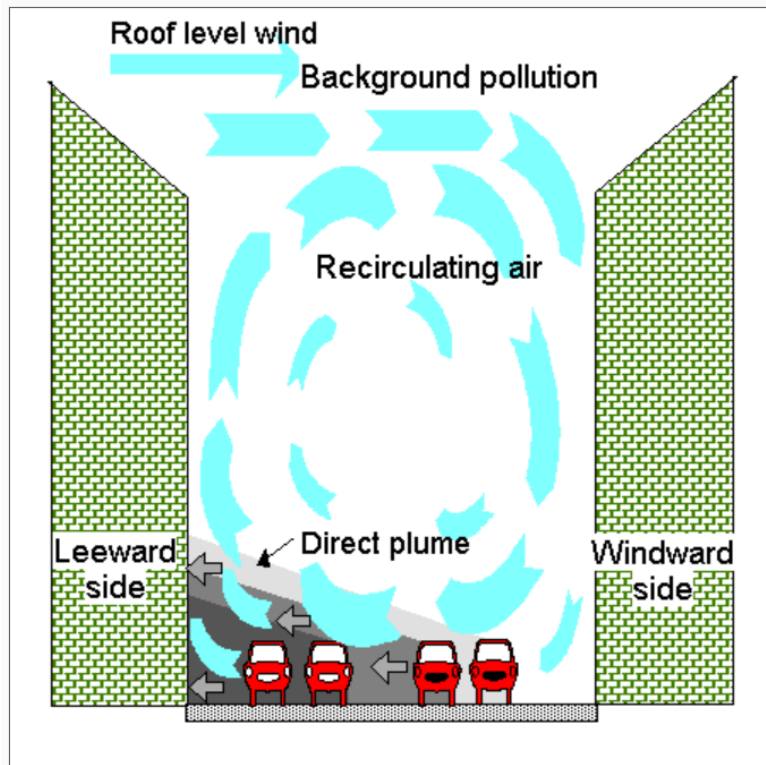


Figuur 26. Bebouwing die de straat compleet insluit en hoger is dan de breedte van de straat (Google Maps, 2017).

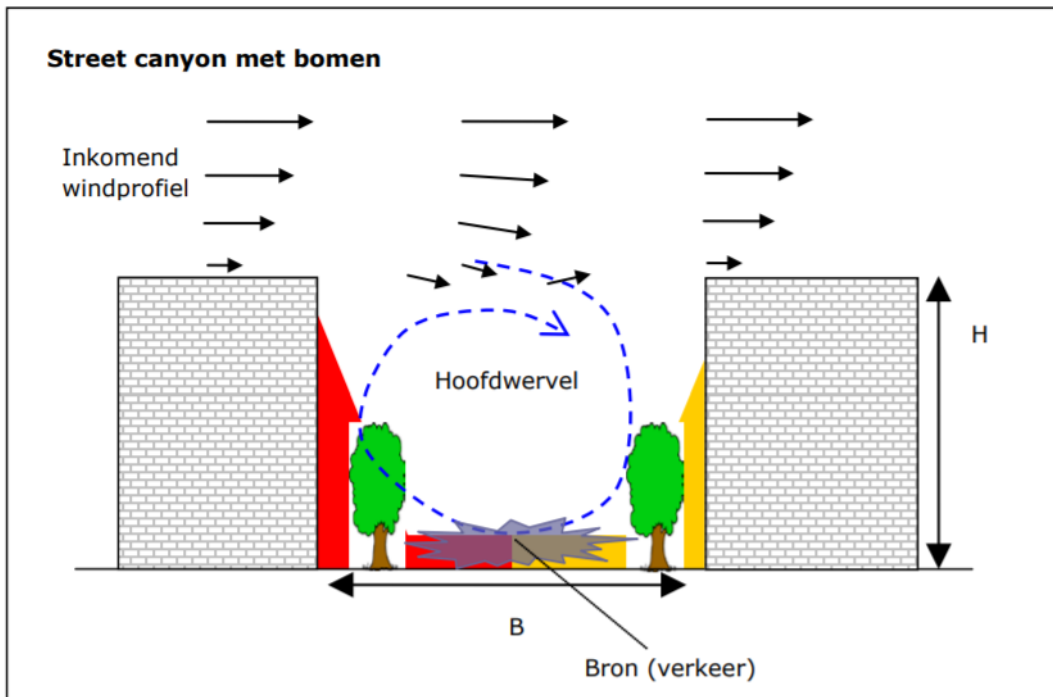


2.4 Gevoelige locaties - natuur

Binnen de street canyon wordt lucht tussen de gebouwen geblazen (Fig. 27 & 28). De kant waar de wind als eerste in waait heeft een lagere concentratie dan de kant waar de wind naartoe wordt gebracht. Na een bepaalde tijd wordt de lucht met emissies weer uit de straat geblazen als er geen blokkades zijn.



Figuur 27. Luchtstroom in een street canyon (Ho, 2013).



Figuur 28. Street canyon met bomen die beperkend werken op de afvoer van vervuilde lucht (Rijksinstituut voor Volksgezondheid (RIVM), 2011).



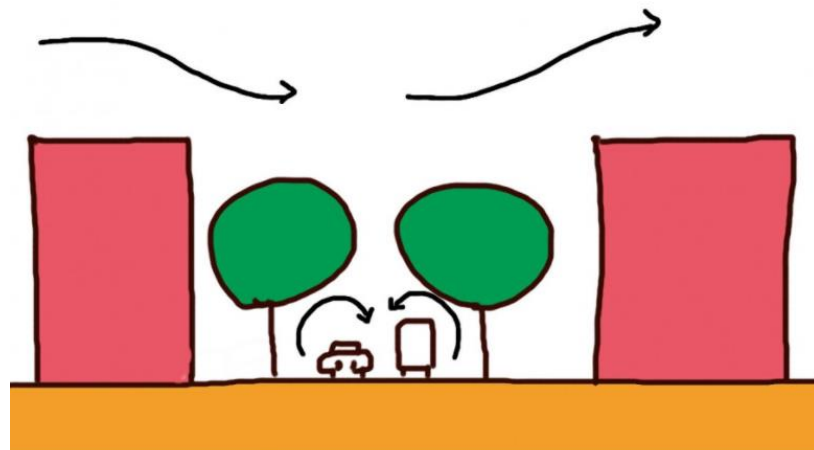
2.4 Gevoelige locaties - natuur

Het effect van bomen en andere beplanting op de luchtstroom in een straat kan erg negatieve gevolgen hebben op de luchtdoorstroming (Fig. 29 & 30). Dit is vooral een gevolg van het 'groene tunneleffect': de beplanting groeit als een tunnel over de straat (met een gesloten kronendak) en blokkeert de vrijkomende emissies, welke dus meer in de straat blijven hangen (Pronk, 2008).

Het is dus van belang om met verschillende dingen rekening te houden om het 'groene tunneleffect' te vermijden of de gevolgen zo klein mogelijk te laten. Het kronendak mag niet gesloten zijn, de bomen moeten voldoende ver uit elkaar staan, soorten met (half) open kronen hebben de voorkeur en de bomen moeten oud kunnen worden zodat ze meer verontreinigingen kunnen afvangen (De Groene Stad, 2017). Daarnaast moet de beplanting zoveel stoffen opnemen dat de eventuele negatieve effecten teniet gedaan worden (Rijksinstituut voor Volksgezondheid (RIVM), 2011).



Figuur 29. Praktijkvoorbeeld van groene tunnel effect (Kuypers, 2007).



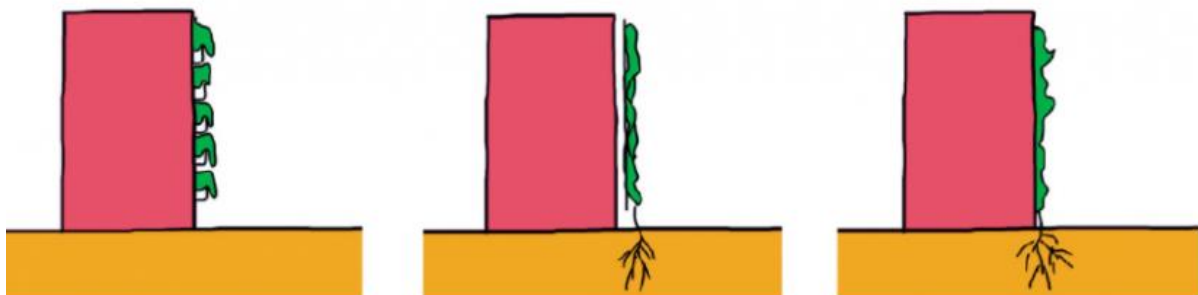
Figuur 30. Schematische weergave van het 'groene tunnel effect'. De grote bomen belemmeren de afvoer van vervuilde lucht (GroenBlauweNetwerken, 2011).



IMPLEMENTATIE BIJ STM

Het is belangrijk om rekening te houden met de open of gesloten straten bij STM, omdat het doel is om minder vervuilende stoffen in de stedelijke omgeving te krijgen. Routes moeten dus rekening houden met waar groene zones zijn en welke locaties juist gekozen of beter gemeden kunnen worden op grond van het wel of niet kunnen optreden van het groene tunnel effect of waar de lucht geblokkeerd zou kunnen worden.

Gevelbeplanting in straten kan hierbij een positief effect hebben: geen blokkade van wind (Fig. 31) en dus geen groene tunnel effect, maar wel is groen aanwezig dat ervoor zorgt dat de luchtverontreiniging afneemt. De navigatiesystemen met omgevingsbewuste routes zouden hier dus rekening mee kunnen houden.



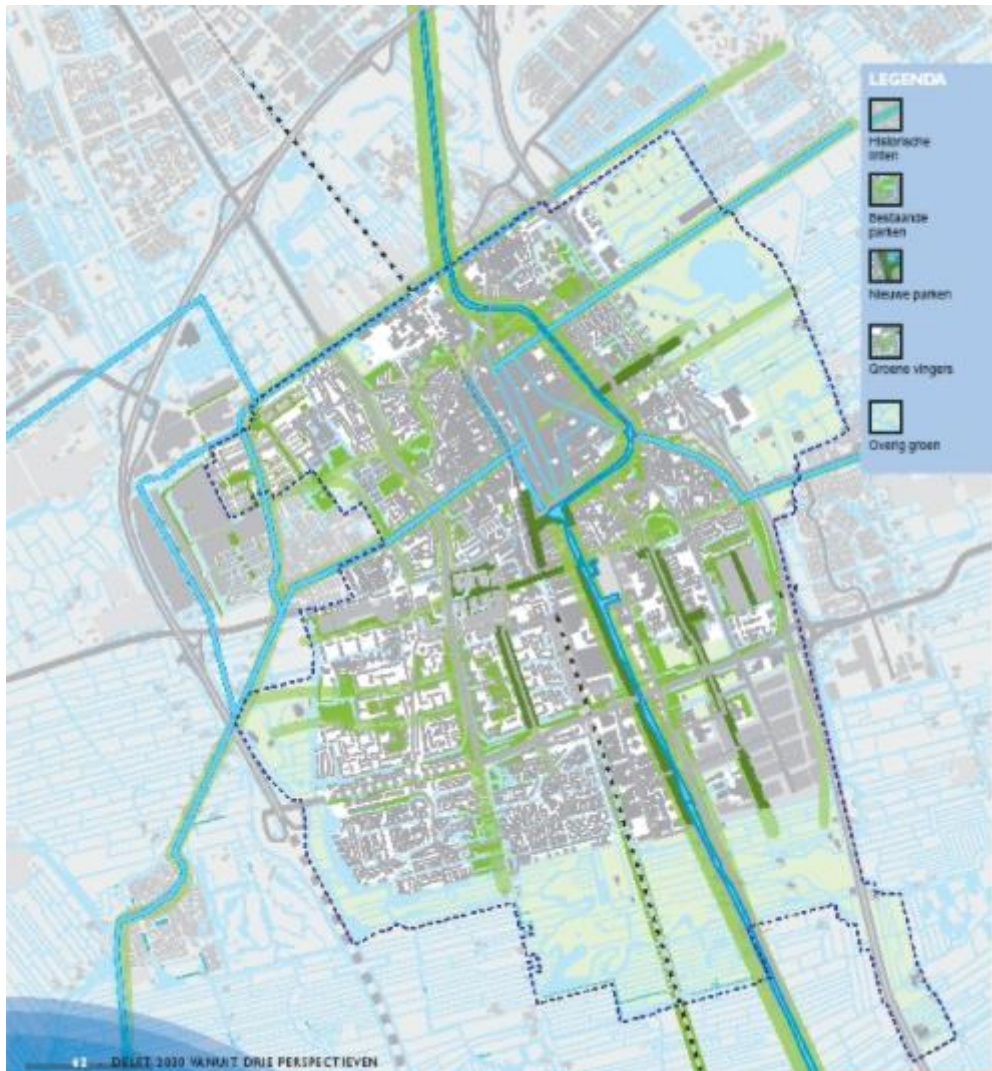
Figuur 31. Er is geen blokkade waar luchtverontreiniging onder kan blijven hangen bij het gebruik van groene gevels (of groene sedumdaken) (GroenBlauweNetwerken, 2005).



GEBIEDSSPECIFIEK DEEL: GROENE ZONES IN DELFT

In Delft wordt veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van de groene ruimte. De gemeente erkent het feit dat het aanleggen van veel groen belangrijk is. Omdat Delft een 'compacte stad' beleid hanteert, is er veel bebouwing binnen een beperkt oppervlak. Het is een uitdaging om hier ruimte voor groen te vinden. Daarom zijn de groene gevels extra geschikt om auto's langs te laten rijden en dan fijnstof af te vangen (Kuypers, 2007).

De gemeente heeft plannen voor groen- blauwe netwerken in de stad (Fig. 32). Deze netwerken kunnen gebruikt worden bij de implementatie van STM.

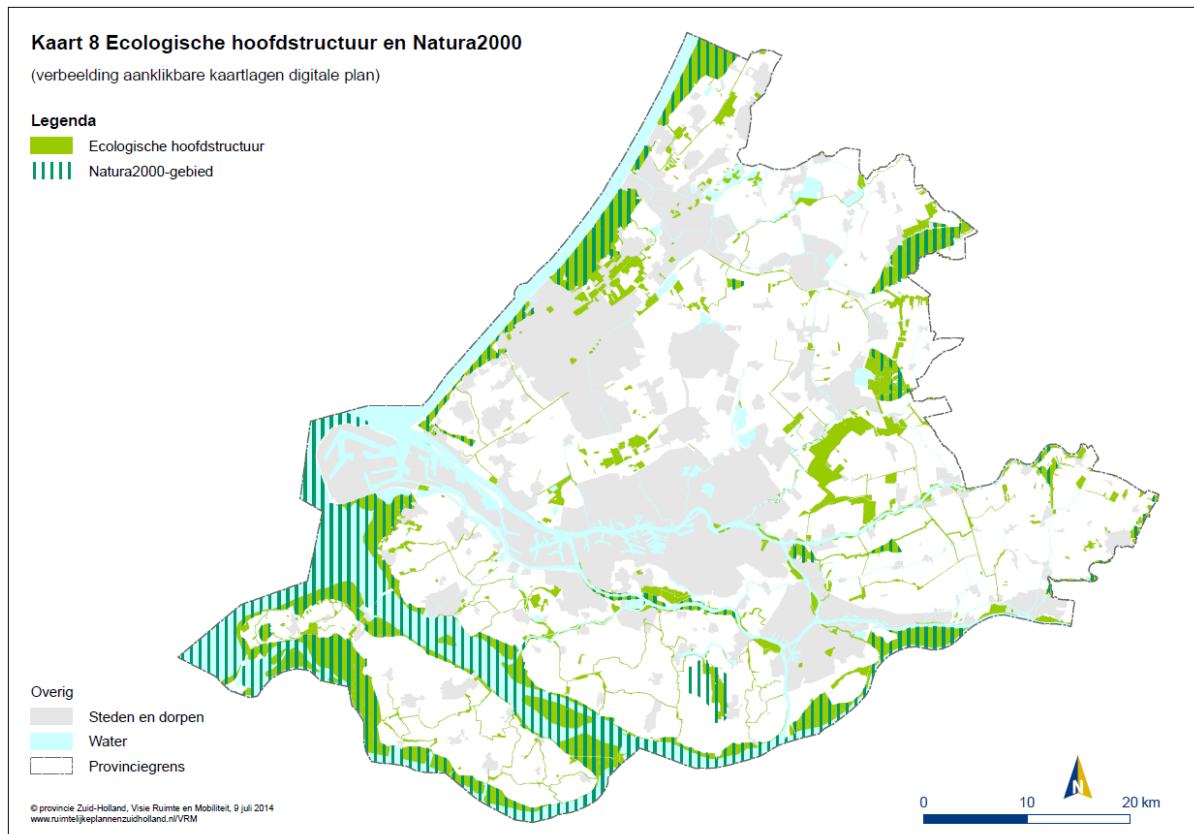


Figuur 32. Beleid gemeente Delft voor groene verbindingen en zones (Gemeente Delft, 2010).



2.4 Gevoelige locaties - natuur

De flora helpt ook bij het opbergen van water. Dit is in Delft dus erg belangrijk door de hoeveelheid gebouwen en de versterking. In de stad zelf zijn belangrijke groene gebieden zoals de Delftse Hout, het Arboretum/heempark, diverse openbare parken en het nog aan te leggen park op het nieuwe treinstation. In de omgeving zijn Natura2000 gebieden en gebieden die bij het Natuur Netwerk Nederland (voormalige ecologische hoofdstructuur/EHS) horen (Fig. 33).



Figuur 33. Groene netwerk in Zuid-Holland. In de buurt van Delft liggen ze voornamelijk aan de zuidkant (PAL voor de Leefomgeving, 2015)



2.4.5. WILDLIFE

Rijkswaterstaat (RWS) van Noord-Nederland heeft onderzoek gedaan naar de omvang van de faunaverkeersslachtoffers op Rijkswegen. Het onderzoek is gebaseerd op verzamelde gegevens tussen 1982 en 1988. In totaal zijn in dat tijdsbestek 25.917 dieren gevonden. Dit aantal bestaat uit 68 verschillende vogelsoorten en 22 zoogdiersoorten. Binnen het kader dat vastgesteld is voor het te onderzoeken gebied in Delft valt één Rijksweg, dit is de A13. Daarnaast liggen de N470 en de N473 binnen het gebied. Zoals te lezen zijn motorvoertuigen een fysieke bedreiging voor verschillende diersoorten (aanrijding met wild), maar ook de verschillende soorten emissies (geluid, lucht en licht) hebben effect op verschillende diersoorten. Veel diersoorten leven niet alleen in onbewoonde of beboste gebieden, maar ook in de bebouwde kom. Verschillende soorten worden dan ook beschermd door de Wet natuurbescherming. Deze wet is ingegaan op 1 januari 2017 en vervangt daarmee de Flora- en Faunawet, de Boswet en de Natuurbeschermingswet 1998. De provincie bepaalt wat wel en niet mag in hun gebied en de daarbij behorende natuur, echter ligt dit wel vast in het Beleidskader Wet natuurbescherming (Wnb) (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2017) (Ministerie van Economische Zaken, 2017) (Smit, Brandjes, & Meijer, 1998).

In Nederland bestaat een netwerk van zowel bestaande als nieuw aan te leggen natuurgebieden onder de naam Natuurnetwerk Nederland (NNN). In het NNN zijn gebieden tot natuurparels benoemd. In deze gebieden komen in geconcentreerde mate de verschillende aandachtsoorten voor of deze gebieden hebben dan wel de potentie om deze te huisvesten. Deze verantwoordelijkheid ligt uiteindelijk bij de provincie (Rijksoverheid, 2017).

In de Natura 2000 staan de bestaande beschermde natuurgebieden van Nederland. Binnen de gemeente Delft zijn geen natura 2000 gebieden aangewezen (Ministerie van Economische Zaken, 2017) (Rijksoverheid, 2017).

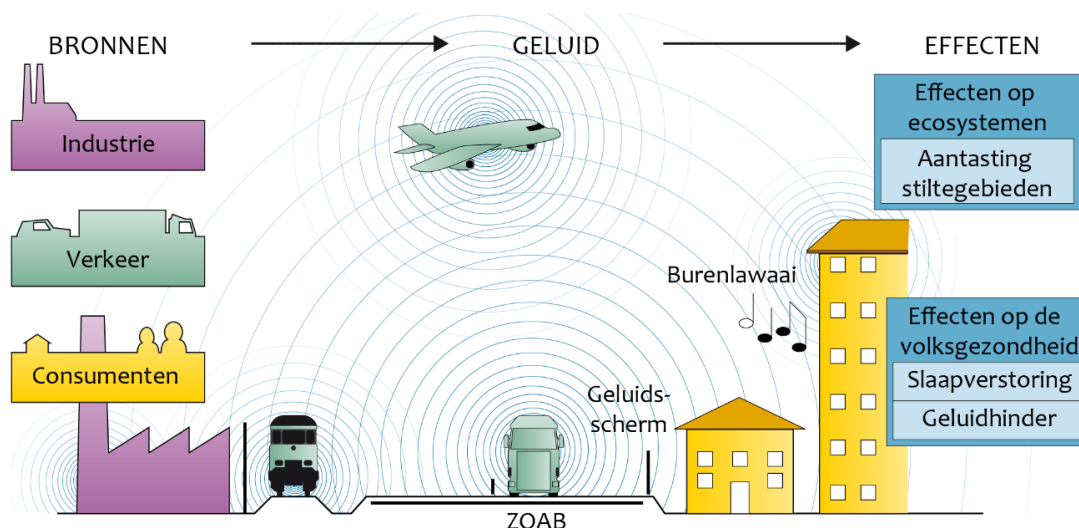


ALGEMENE EFFECTEN PARAMETERS OP WILDLIFE

Onderstaand is per parameter beschreven wat de algemene effecten zijn op verschillende diersoorten. Het effect van licht is hierin meegenomen.

GELUID

Om de geluidsbepaling en effecten te kunnen berekenen is bij onderzoeken van geluid op mensen gewerkt met de geluidscontour dB(A), uitgedrukt in een getalwaarde. Wanneer uit onderzoeken naar voren komt dat negatieve effecten bestaan van geluid op mensen, kunnen ook negatieve effecten op diersoorten verwacht worden. Echter de A in de getalswaarde is afgestemd op het menselijke gehoor. Tauw, een Europees advies- en ingenieursbureau, heeft een nieuwe methode ontwikkeld om de effecten van (omgeving)geluid op vogels beter in kaart te brengen. Deze methode is voor alle vogelsoorten te gebruiken. De methode is uitermate geschikt om de effecten van constante continue geluiden, zoals wegverkeerslawaai, te voorspellen. De frequentie van verkeersgeluid heeft een ander karakter dan het geluid dat vogels produceren. Het geluid van de vogels is, ondanks de hoogte van het geluidsniveau van het verkeer, nog waar te nemen in dezelfde omgeving als het verkeersgeluid (Tursic, Jeurink, Oudega, & Mulken, 2012) (Tursic, Jeurink, & Mulken, 2013).



Figuur 34. Oorzaken en effecten van geluid op ecosystemen en volksgezondheid (CLO, 2008).

Ondanks de reeds genomen maatregelen, zoals geluidsschermen welke geplaatst zijn langs snelwegen, is de geluidshinder van voornamelijk wegverkeer toegenomen. Daarnaast is de rust en stilte aangetast in natuurgebieden door de toename van geluidshinder van het wegverkeer en het wegennet wat steeds verder uitbreidt (Fig. 34). Een verkennende studie naar de effecten van infrastructuur en wegverkeer op natuur staat beschreven in een RIVM-rapport. De effecten zijn berekend met een speciaal model vanuit de Natuurplanner. Hierin wordt rekening gehouden met de barrièrewerking van infrastructuur. Een dergelijke barrière is voor sommige dieren, zoals de adder, een absolute barrière. Daarnaast is een ander model, het EMPARA-model, gebruikt voor de berekening van geluidsindicatoren. Uit resultaten van dit onderzoek blijkt dat door de ontsnippering van het wegennet in Nederland de totale geluidsbelasting afneemt, wat een positief effect heeft op zowel de natuur- als woongebieden.



2.4 Gevoelige locaties - natuur

Echter lijken de effecten beperkt op nationaal schaalniveau. Aanvullende maatregelen zijn nodig, zoals stiller asfalt en lagere rijsnelheden, om een algehele geluidsbelasting te krijgen welke minder dan 40 dB(A) is (CLO, 2008) (Geurs, et al., 2002)

LUCHTVERVUILING

In paragraaf 2.2 zijn de verschillende voertuigemissies weergegeven. Zwaveldioxide (SO_2) heeft in hoge concentraties negatieve effecten op dieren en planten. Deze stof draagt bij aan een verzuring van het ecosysteem. Dit zorgt voor een verandering in de waterkwaliteit, de bodemchemie en biodiversiteitverlies. Verzwakking van de ecosysteemresistentie tegen ziekten, koude, stormen, droogte en insecten kunnen veroorzaakt worden door de verzuring van het ecosysteem. Door het verkeer is de SO_2 -uitstoot in steden en straten 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger. De scheepvaart en de raffinaderijen zorgen voor de grootste uitstoot. Echter is sinds 1998 de Europese luchtkwaliteitsdoelstellingen niet meer overschreden (CLO, 2013).

Zoals eerder besproken bevatten de voertuigemissies op zich nooit koolwaterstoffen, maar bestaan uit verschillende koolstofwaterstofverbindingen. Deze zijn onder te verdelen in aromatische koolwaterstoffen en onverzadigde koolwaterstoffen.

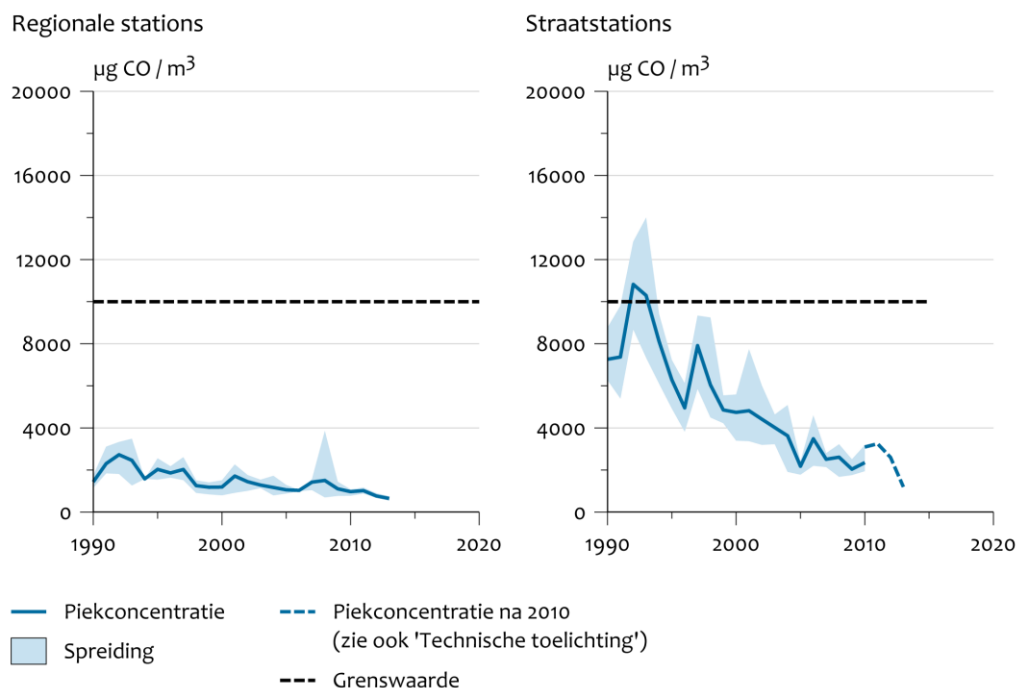
In een onderzoek naar de gezondheidseffecten van fijnstof zijn dieren blootgesteld aan fijnstof. De gebruikte fijnstof komt van locaties met veel wegverkeer en weinig wegverkeer. Uit dit onderzoek bleek hoe meer slijtage metalen aanwezig waren in het stof, hoe meer ontstekingen te zien waren in de longen (RIVM, 2016).

Uit de combinatie van onverzadigde koolwaterstoffen en stikstofdioxide ontstaat ozon (O_3) (§2.2). Wanneer dit als smog in de lucht ontstaat hebben dieren hier last van. De effecten van smog op dieren is vergelijkbaar met het effect op mensen. Dit houdt in dat het ook bij dieren de longcapaciteit en de longelasticiteit minder wordt (Gezondheid en Ziekte, 2017).

Koolmonoxide(CO) is in vrijwel alle gevallen alleen gevaarlijk in afgesloten ruimten. In de buitenlucht is verkeer de grootste veroorzaker van CO -emissie (49%). Sinds tientallen jaren is een daling te zien in de CO -concentraties in de buitenlucht (Fig. 35). De oorzaak van deze daling is de verbeterde efficiëntie in emissiecontroletechnieken bij motorvoertuigen, door aangescherpte Europese emissie-eisen. Ondanks deze daling is de hoogste concentratie te zien op plaatsen met onder andere een hoge verkeersintensiteit. Bij proefdieronderzoek is gebleken dat de effecten van CO op de enzymen, welke giftige stoffen afbreken in het lichaam, pas gebeurd bij hoge concentraties (COHb 15-20%) (Ticheler, 2008) (CLO, 2014).



2.4 Gevoelige locaties - natuur



Figuur 35. Daling in CO in de lucht bij regionale stations en straatstations (CLO, 2014).

De effecten van stikstofoxiden zijn te vergelijken met die van O_3 , beide stoffen hebben de meeste effecten op de longen. Het grootste verschil is dat O_3 een sterkere oxiderende werking heeft. De concentraties in de buitenlucht zijn te klein voor acute effecten. Chronische effecten kunnen optreden na herhaalde blootstelling bij concentraties welke dichterbij de concentraties van de buitenlucht liggen. Biochemische veranderingen bij dieren zijn waargenomen vanaf 0,8 ppm/ 1.500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pas vanaf 5 ppm/9.400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ treden longfunctiestoornissen op. Wel moet rekening gehouden worden met aanzienlijke verschillen in gevoeligheid tussen verschillende diersoorten (Tabel 6) (Boutsma & Scholte, 1996).

Tabel 6. Toxische concentraties NO_2 bij proefdieren en mens (Boutsma & Scholte, 1996).

Soort	Acuut	Toxische concentraties van NO_2
Rat	LC50	88 ppm / 4 uur
Konijn	LC50	315 ppm / 15 minuten
Cavia	LC50	30 ppm / 1 uur
Hamster	LC50	36 ppm / 48 uur
Mens	LCL0	200 ppm / 1 minuut

LC50 = Concentratie met 50% sterfte

LCL0 = Concentratie nét geen sterfte

VOS reageert in de buitenlucht met NO_x tot O_3 , wat eerder is beschreven in paragraaf 2.2.2.



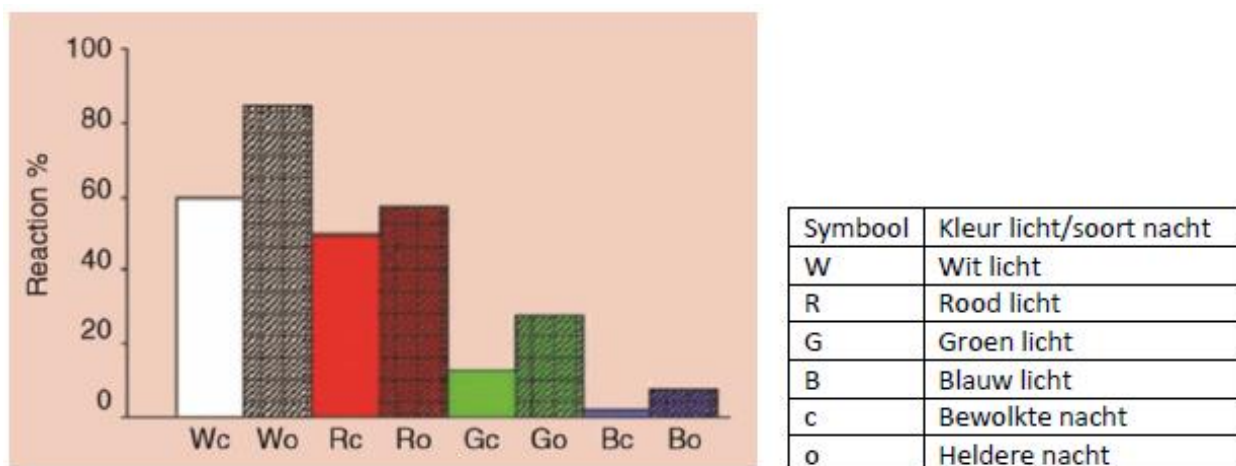
LICHTVERVUILING

De plaatsen waar mensen wonen worden 's nachts steeds meer en beter verlicht, wat positief is voor de humane leefomgeving. Steeds meer onderzoek wordt gedaan naar de effecten van deze verlichting op dieren. In Arnhem is onderzoek gedaan naar de effecten van lichtvervuiling in vier verschillende stadsparken. In dit onderzoek zijn de verschillende flora en fauna in de parken in kaart gebracht, maar ook de verschillende doelsoorten. Uit dit onderzoek bleek dat lantaarnpalen welke slecht afgeschermd zijn, zorgen voor onnodige verlichting van de lucht. Vliegende dieren, zoals vleermuizen, kunnen hier hinder van ondervinden. Speciale armaturen om strooilicht tegen te gaan of lampen met een specifieke kleur kunnen de effecten op dieren verminderen en/of tegengaan (Leeuwen F. v., 2015).

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) heeft onderzoek gedaan naar het effect van verschillende lichtsterktes op vogels. Deze onderzoeken vonden plaats rondom gasproductie installaties, zowel in de zee als op het land. Sommige vogels, zoals zangvogels, steltlopers en sommige eenden ondervinden negatieve effecten, met name tijdens de herftsmigratie. Dit komt omdat de meeste vogels in de nacht gaan vliegen. Tijdens het onderzoek werd opgemerkt dat deze vogels rond het platform bleven cirkelen. Enkele minuten nadat het licht was uitgeschakeld waren, de op dat moment duizenden, vogels weer verder gevlogen. Verdere oorzaken van het rondcirkelen rond de installatie kon niet gevonden worden. Na de resultaten is het NAM verder gaan onderzoeken of de kleur van het licht verdere invloed kan hebben. Uit dat vervolgonderzoek kwam dat door het rode deel uit het spectrum het geomagnetische kompas van vogels in de war wordt gebracht. De omgeving rondom een gasproductie installatie is anders dan die van een stad of dorp. Het effect van licht of vliegende dieren is wel duidelijk naar voren gekomen in het onderzoek (Laar, 2007).

Tijdens een onderzoek in 2013 op boorplatforms zijn de effecten van de lichtkleuren wit, rood, groen en blauw onderzocht. Uit dit onderzoek blijkt dat wit licht méér effect heeft dan rood. De kleuren groen en blauw trekken ook vogels aan, maar in veel mindere mate dan wit en rood (Tabel 8) (Laar, 2007) (Marquenie, Donners, Poot, Steckel, & Wit, 2013).

Tabel 8. Verschil in reactie op verschillende lichtkleuren bij vogels op boorplatform (Marquenie et al., 2013).





2.4 Gevoelige locaties - natuur

Eigenlijk alle organismen hebben zich aangepast op de dagelijkse, maandelijkse en jaarlijkse cyclus van de zon. Daaruit kan worden geconcludeerd dat (zon)licht net zo belangrijk is als water of voedingsstoffen. Bij alle onderzoeken, zowel in het laboratorium als in het veld, kwam naar voren dat licht in het algemeen effect heeft op de groei, hormoonregulatie, biologische klok, activiteit, aantrekkingskracht tot licht, oriëntatie, voortplanting en verspreiding. Sommige amfibieën, zoals padden en salamanders, worden fysiek aangetrokken tot lichtbronnen. Om deze reden kunnen deze dieren dan eerder verkeersslachtoffer worden of ten prooi vallen aan roofdieren (Musters, Snelder, & Vos, 2009) (Leeuwen F. v., 2015).

VEILIGHEID

Zoals eerder genoemd worden jaarlijks vele diersoorten slachtoffer van wegverkeer. Een aanrijding met klein wild heeft over het algemeen weinig impact op de verkeersveiligheid. Wel komt het regelmatig voor dat bestuurders impulsief uitwijken en daarmee zichzelf en/of andere weggebruikers in gevaar brengen. Een aanrijding met groot wild, zoals herten, reeën en wilde zwijnen, kan echter wel gevolgen hebben voor de verkeersveiligheid. Zo kan de impact bij een dergelijke aanrijding vrij groot zijn op het voertuig en de inzittenden. De schade bij een uitwijkmanoeuvre is nog groter, omdat de bestuurder vaak tegen een boom of tegen een tegenligger botst. In 2013 hebben in totaal in Nederland 102.160 verkeersongevallen plaatsgevonden waarvan 6.300 geregistreerde aanrijdingen plaats tussen auto's en treinen met wild. De aanrijdingen met wild komt daarmee op ruim 6% van de totaal aantal verkeersongevallen. Ondanks dat een bestuurder in Nederland verplicht is een aanrijding met wild bij de politie te melden, geschat wordt dat het werkelijke aantal hoger ligt omdat niet iedereen zich hieraan houdt. Na een melding wordt faunabeheer ingeschakeld om het gewonde dan wel overleden dier op te sporen. Daarnaast komen jaarlijks gemiddeld twee personen om het leven bij een dergelijk ongeval. Wegen waarbij de kans groot is dat wild over kan steken worden aangeduid met een J27 bord (Fig. 36) (Wildbeheereenheid Susteren/Greatheide, sd) (Kenniscentrum Reeën, 2005) (Zijlema, sd) (SWOV, 2017).



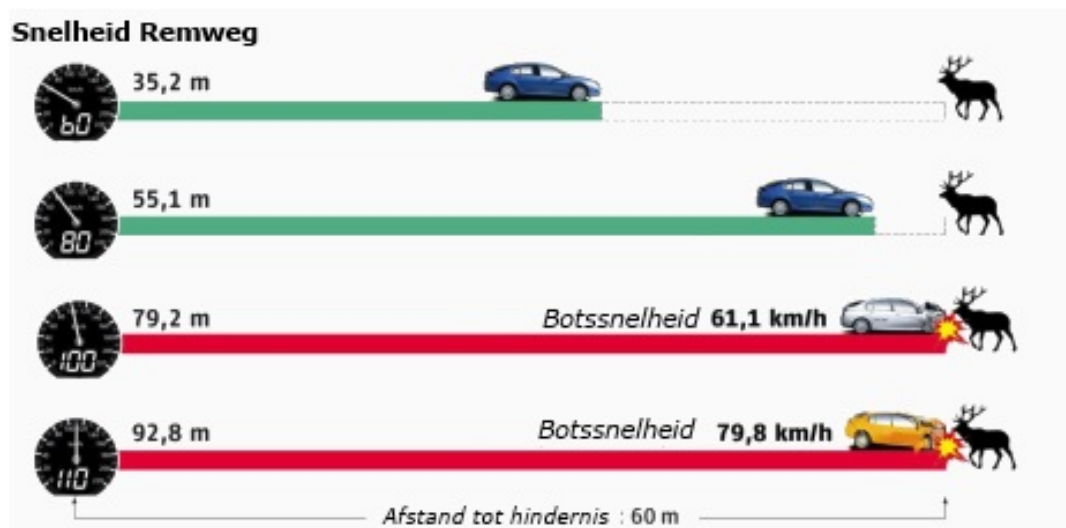
Figuur 36. Verkeersbord J27 – Groot wild.



2.4 Gevoelige locaties - natuur

Van de weggebruiker wordt verwacht dat deze zijn snelheid aanpast en extra oplet. Uit onderzoek van het ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club) blijkt dat het overgrote deel van dergelijke aanrijdingen plaatsvindt tussen 19:00 uur en 07:00 uur met piekwaarden tussen 06:00 en 08:00 uur en tussen 22:00 en 24:00 uur. Het risico op een aanrijding in stedelijk gebied is kleiner dan op een landweg of snelweg, maar het risico is wel aanwezig. In Duitsland is een onderzoek gedaan naar de verschillende snelheden en de daarbij behorende remweg op de confrontatie met wild. Op een afstand van 60 meter en een snelheid van 60 tot 80 km/h heeft de weggebruiker nog voldoende tijd en afstand om te remmen en een botsing te voorkomen (Fig. 37) (Kenniscentrum Reeën, 2005) (Groot Bruinderink, et al., 2010).

Van de weggebruiker wordt verwacht dat deze zijn snelheid aanpast en extra oplet. Uit onderzoek van het ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club) blijkt dat het overgrote deel van dergelijke aanrijdingen plaatsvindt tussen 19:00 uur en 07:00 uur. Het risico op een aanrijding in stedelijk gebied is kleiner dan op een landweg of snelweg, maar het risico is wel aanwezig. In Duitsland is een onderzoek gedaan naar de verschillende snelheden en de daarbij behorende remweg op de confrontatie met wild. Op een afstand van 60 meter en een snelheid van 60 tot 80 km/h heeft de weggebruiker nog voldoende tijd en afstand om te remmen en een botsing te voorkomen (Fig. 38) (Kenniscentrum Reeën, 2005).



Figuur 37. Resultaten onderzoek ADAC aanrijding met wild (Kenniscentrum Reeën, 2005).



2.4.6. SAMENVATTING

NATUUR

Natuur kan gebruikt worden om mensen op een bewustere manier aan het verkeer te laten deelnemen. Echter, het kan ook gezien worden als gevoelig object. Dit heeft vooral te maken met de stikstof die wordt uitgestoten en die neerdaalt in natuurgebieden. Door de depositie wordt de bodem voedselrijker, wat resulteert in meer woekerende soorten en minder biodiversiteit.

De natuur kan toegepast worden bij het creëren van omgevingsbewuste routes. Dit kan bijvoorbeeld doordat bepaalde soorten vegetatie relatief veel fijnstof afvangen. Daarnaast zorgt vegetatie voor een reductie van geluid van motorvoertuigen, luchtzuivering, reductie van hittestress, energiebesparing bij gebouwen en het is gezond voor de bevolking.

Bij de implementatie van natuur moet rekening gehouden worden met de fenomenen street canyon en groene tunnel effect. Het is van belang dat de vegetatie de luchtstroom in een straat niet belemmert. Wanneer dit wel het geval is, kunnen emissies zich ophopen en kan er een zeer ongezond luchtklimaat ontstaan. Gevelbeplanting kan hierbij de oplossing zijn. Daarnaast kunnen de Groenblauwe netwerken in Delft gebruikt worden bij de toepassing van STM.

WILDLIFE

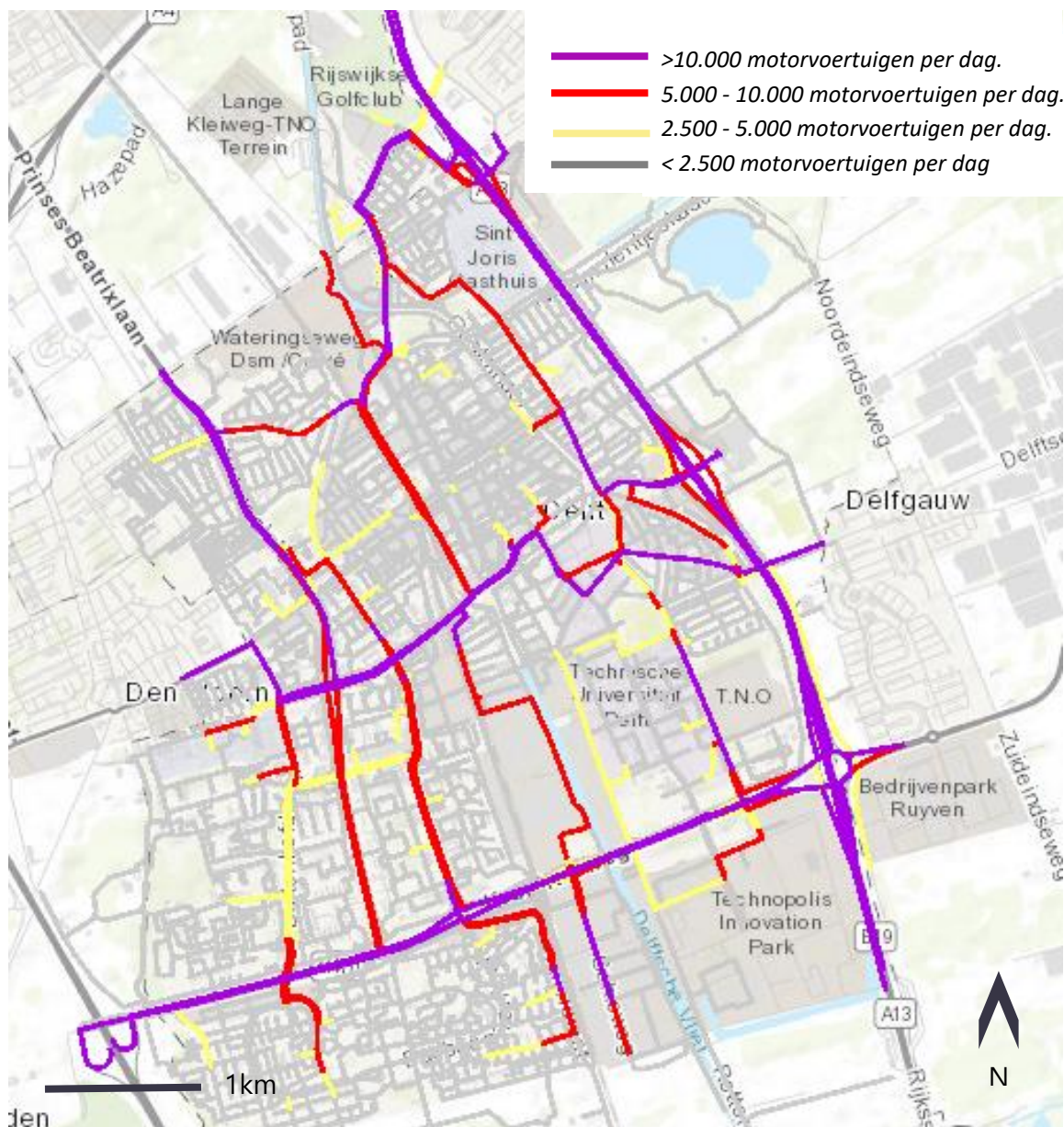
In bovenstaande stuk zijn de effecten van de verschillende parameters (geluid, lucht en licht) op wildlife in kaart gebracht door middel van literatuurstudie. Uit de gebruikte bronnen blijkt dat geluid geproduceerd door wegverkeer geen verstoring geeft op vogels. Luchtvervuiling heeft zowel direct als indirect effect op de gezondheid en leefomgeving van verschillende diersoorten. De gevonden literatuur over de effecten van licht op dieren is voornamelijk gericht op vaste lichtbronnen zoals lantarenpalen. In hoeverre autoverlichting, welke niet constant is, bijdraagt aan dergelijke effecten is niet duidelijk. Daarnaast is beschreven dat wegen met het J27, vooral tussen 19:00 en 07:00 uur, een negatieve invloed kunnen hebben op de veiligheid.

3. RESULTATEN

Aan de hand van het literatuuronderzoek en de inventarisatie is gewerkt aan de simulaties van mogelijke STM routes (Bijlage 2). In dit hoofdstuk is gekeken naar de verspreiding van binnenkomend wegverkeer in Delft. Daarnaast is een voorbeeldroute beschreven met daarbij een alternatieve route.

3.1. VERSPREIDING VAN BINNENKOMEND VERKEER IN DELFT

Wegverkeer in Delft heeft vooral een hoge verkeersintensiteit bij ontsluitingswegen (Fig. 38). Hier is gekeken waar wegverkeer, die Delft binnen rijdt, zich naartoe beweegt. Zichtbaar wordt dat veel van de gevoelige objecten het einddoel zijn of juist al worden vermeden.



Figuur 38: Verkeersintensiteit Delft.

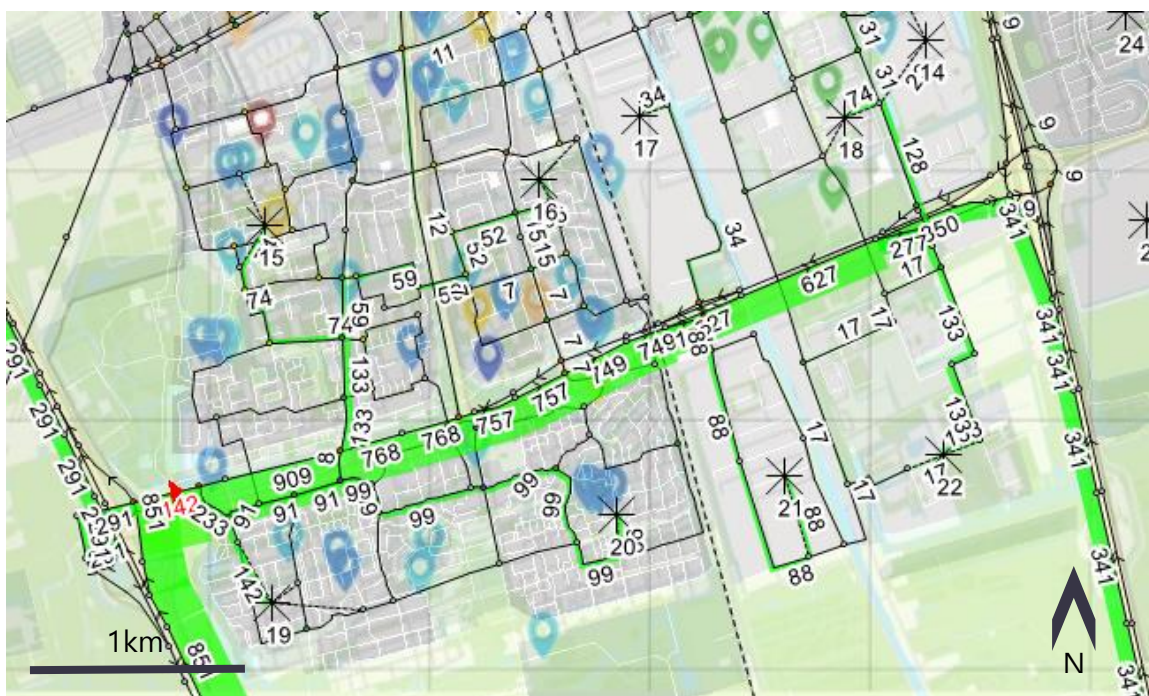
This map illustrates the spatial distribution of the 10 most common plant species within the Del Norte River watershed. The river network is highlighted in green, and the surrounding land area is divided into a grid of cells. Each cell contains a number representing the species distribution. The map includes a scale bar (1 km) and a north arrow.

Vanaf Den Hoorn verspreidt het wegverkeer zich vanaf de Woudseweg en de Buitenwatersloot naar het centrum van de stad (Fig. 40).



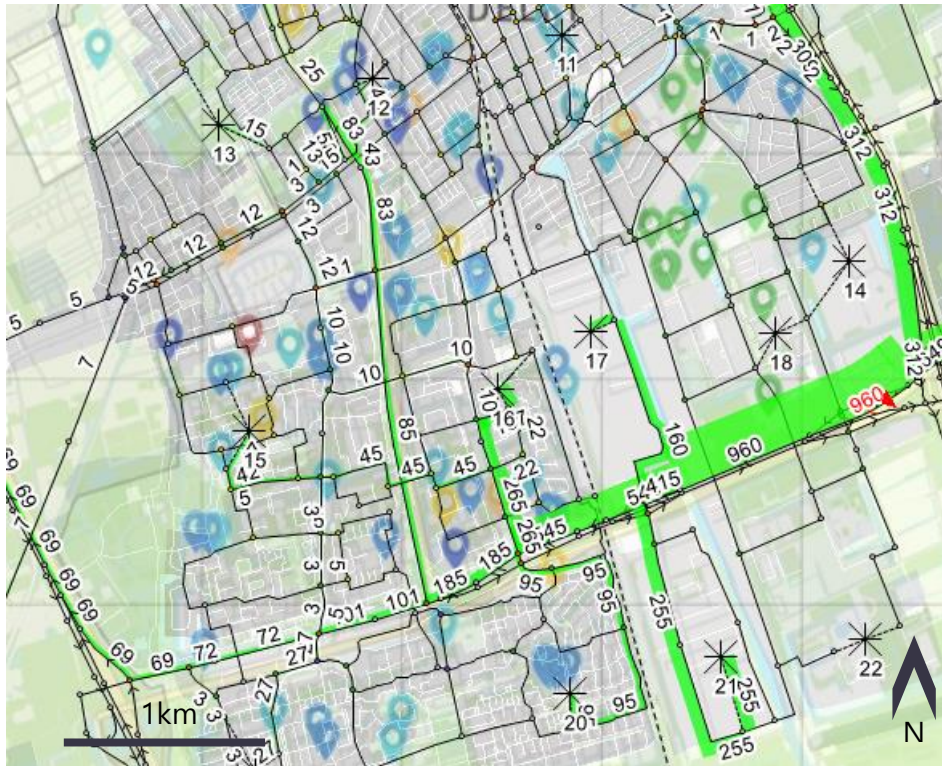
Figuur 40: Verspreiding van wegverkeer vanaf Den Hoorn

Wanneer wegverkeer vanaf afrit Den Hoorn (A4) Delft binnen komt rijden verspreidt dit zich grotendeels over de TU-wijk, Reinier de Graafweg en omgeving en in de Tanthof-wijken (Fig. 41).



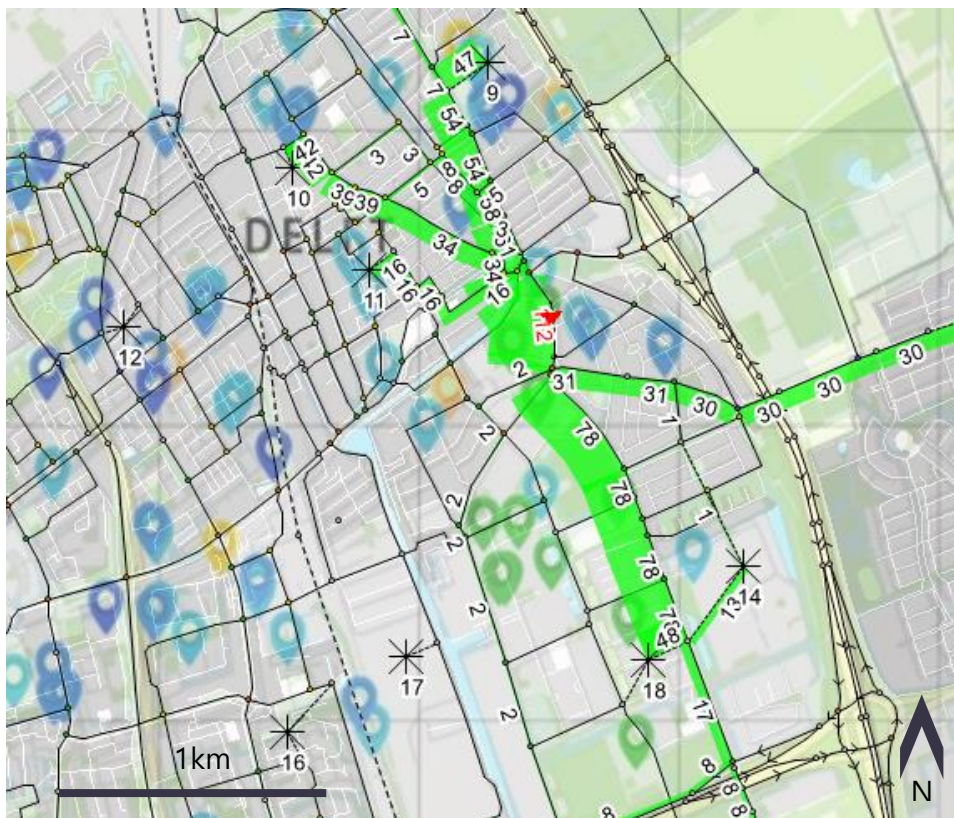
Figuur 41: Verspreiding van wegverkeer vanaf afrit A4 richting Kruithuisweg

Wegverkeer dat Delft binnen komt rijden vanaf de afslag Delft Zuid, heeft als bestemming vooral de woonwijken Tanthof en Voorhof. Ook verspreid een deel richting de TU-wijk (Fig. 42).



Figuur 42: Verspreiding van wegverkeer vanaf afslag Delft Zuid

Wanneer wegverkeer vanaf de N473 richting Delft rijdt, verplaatsen zij zich via de Julianalaan (rode pijltje) voornamelijk richting de TU-wijk, Delfgauw en naar Vrijenban (Fig. 43).



Figuur 43: Verspreiding wegverkeer vanaf de N473

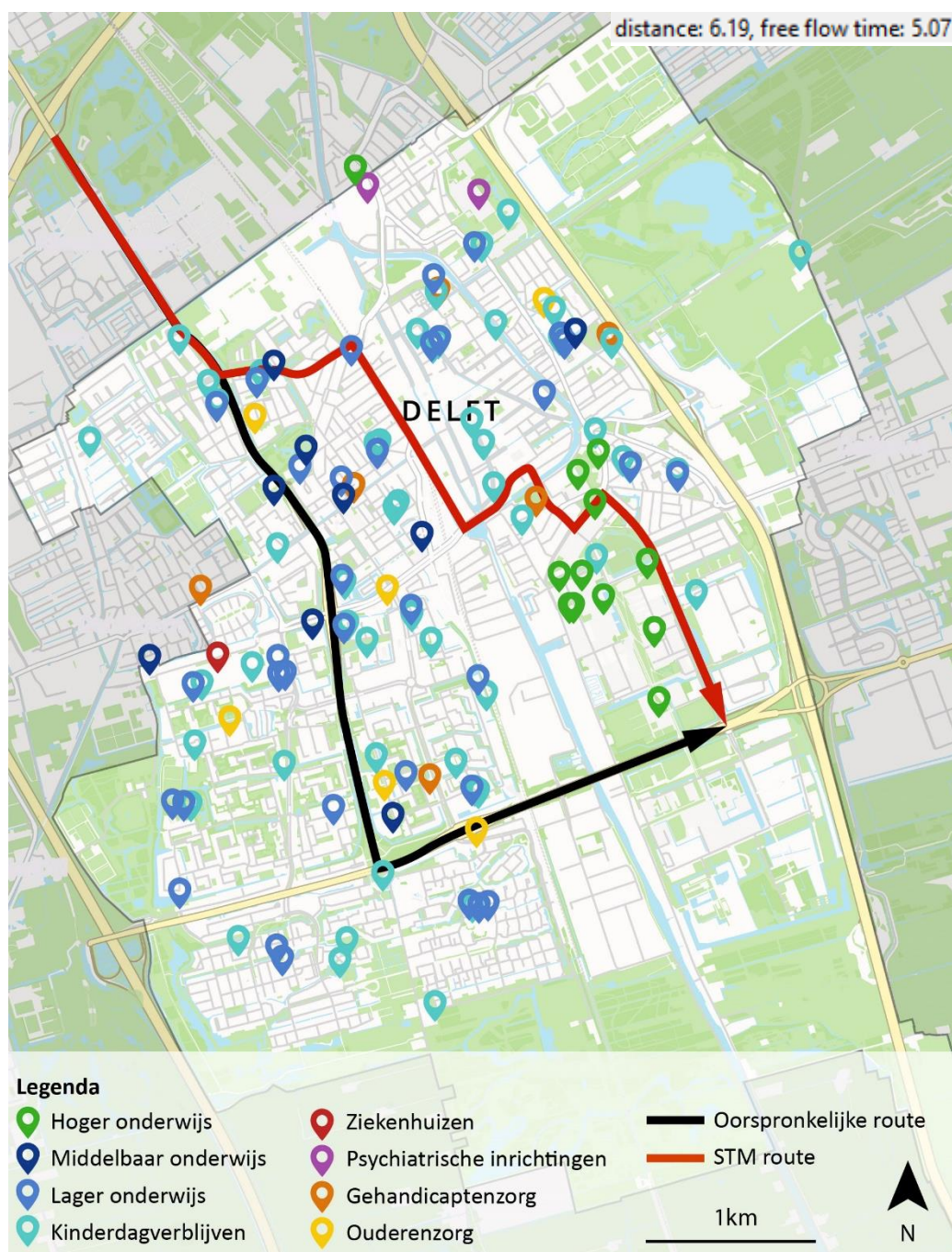
Als laatste drukke toegangsweg is gekeken naar verspreiding van auto's vanaf afrit Delft Noord (Fig. 44). Zoals te zien vormen de gevoelige locaties in Vrijenban juist een bestemming voor het verkeer. Hierdoor zijn omleidingen eigenlijk niet mogelijk.



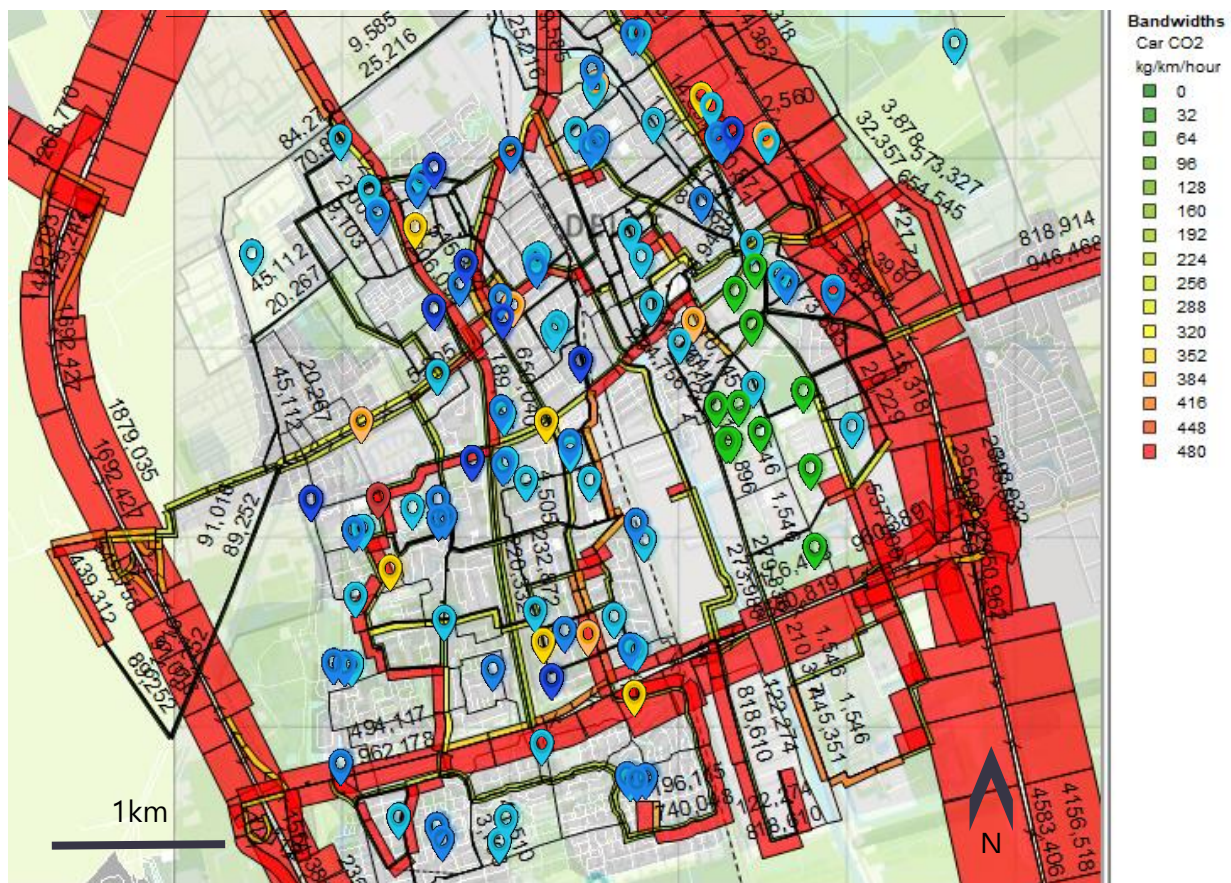
Figuur 44: Verspreiding wegverkeer vanaf afrit Delft Noord

3.2. VOORBEELDRUTE IN OMNITRANS

In hoofdstuk 2 zijn alle gevoelige locaties binnen Delft in kaart gebracht met verschillende kleuren en deze kaart is in OmniTRANS gezet. Hierna is gekeken naar de hoeveelheid auto's op wegen in Delft. De Prinses Beatrixlaan ligt direct langs 13 gevoelige locaties en er rijden aan weerszijden in totaal 839 auto's tijdens de ochtendspits. Door deze twee gegevens samen is gekozen voor de route van de Prinses Beatrixlaan naar afslag Kruithuisweg (Fig. 45). Van begin Prinses Beatrixlaan naar afslag Kruithuisweg naar TU kost 5 minuut 7 sec volgens het model. Aan deze weg wordt een zogenoemde 'weerstand' toegevoegd die het aantal auto's op een bepaalde weg reduceert omdat de weg minder aantrekkelijk wordt. Doordat het daardoor meer tijd kost om een bepaalde route af te leggen zal een alternatieve route naar voren komen.



Figuur 45. Eerste routesimulatie in OmniTRANS (originele route)



Figuur 46. CO₂ overzicht bij weerstand 0.3

Met een weerstand van 0.3 wordt dezelfde route 8 min 25 sec. Dat is een verschil van 3 minuten en 18 seconden. Desondanks blijft de oorspronkelijke route nog steeds de snelste route. Daarom is het volgens het model in OmniTRANS niet waard om via een andere route om te rijden in dit scenario. In dit scenario is langs de Prinses Beatrixlaan een uitstoot van: CO₂ 91,3 in gram per km per uur (Fig. 46). PM₁₀ was hier 11 gram per km per uur.

Bij een weerstand van 3.0 komt een alternatieve route tot stand en deze loopt door het centrum van de stad. De oorspronkelijke route is nu dus langzamer dan de route door het centrum. Op de alternatieve route is op bijvoorbeeld de Phoenixstraat een stijging te zien van het aantal auto's, van totaal 89 naar 171. De CO₂-uitstoot stijgt hierbij over de alternatieve wegen, maar er worden 7 gevoelige locaties gepasseerd, in tegenstelling tot de 13 op de oorspronkelijke (Fig. 47). Deze route is met 10 minuten bijna 5 minuten langer. Mensen zijn volgens het model van Nick Pruijn niet bereid om deze alternatieve route te nemen. Dit komt omdat de tijd van de alternatieve route, met het idee dat daarmee een positief effect op het lokale milieu merkbaar is, de tijd die men bereid is om te rijden overschrijdt (Tabel 9).



Figuur 47. Alternatieve route die OmniTRANS bood (STM route)

Ook de verkeersveiligheid verandert; op de originele route komen de auto's over 8 kruispunten, terwijl de STM-route over 16 kruispunten voert. Een verdubbeling van het aantal kruispunten heeft een significante negatieve invloed op de verkeersveiligheid. Bij hoofdwegen is bovendien meer rekening gehouden met geluid en trilling. Gevoelige bouwwerken zoals woningen zijn op grotere afstand geplaatst om deze effecten te mitigeren.

Tabel 9. Geaccepteerde omrijdtijd bij een reistijd van 5 minuten

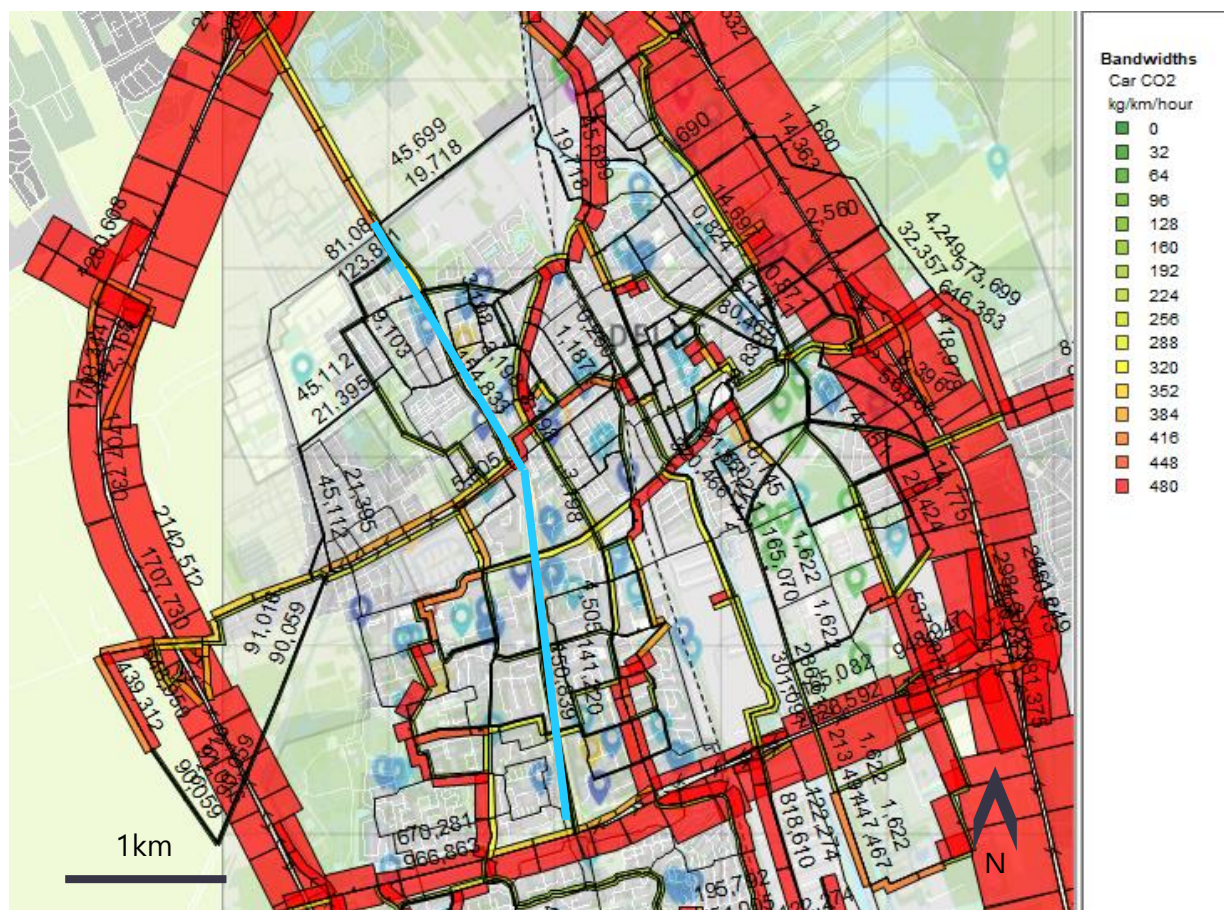
Logaritmisch model		Parameters	
		b0	-2.307
		b1	0.035
Reistijd	5	<-- Invullen	
Geaccepteerde omrijdtijd	2.584787		

Bij een weerstand van 3.0 is het aantal auto's op de Prinses Beatrixlaan gedaald naar 158 en daarmee is ook de uitstoot gedaald (Tabel 10). De uitstoot rond de Prinses Beatrixlaan werd gereduceerd naar 66,3 CO₂ gram per km per uur. De concentratie PM₁₀ nam af naar 8 gram per km per uur.

Tabel 10: Verschil in uitstoot bij een alternatieve route voor de Prinses Beatrixlaan

Stofgroep	Uitstoot (mg) (huidig)	Uitstoot (mg) (STM route)	Winst (mg)
CO ₂	1929,7	363,40	1566,3
VOS	117,46	22,12	95,34
No _x	167,8	31,60	136,2
PM ₁₀	5,87	1,11	4,76

Op de CO₂ overzichtskaart met weerstand 3.0 is te zien dat de Prinses Beatrixweg (blauwe lijn) met een weerstand van 3.0 schoon blijft in termen van CO₂-uitstoot (Fig. 48). Uit het model blijkt dat het wegverkeer vooral rijdt via de snelwegen A4 en A13 en via de andere grotere wegen door Delft, er is slechts een kleine toename van wegverkeer op de tweebaanswegen in Delft.



Figuur 48. CO₂ in kg/km/uur bij een weerstand van 3

Naarmate de weerstand verder omhoog wordt gebracht, naar 3.5, gaat de reistijd naar beneden. Dit is een kantelpunt bij het verhogen van de weerstand, waarop de reistijd op de betreffende weg minder wordt. Wanneer een zeer hoge weerstand (>30) wordt toegevoegd zullen alle auto's een deel van de Prinses Beatrixlaan ontwijken en komt wel de alternatieve route naar voren.

4. DISCUSSIE

Antea Group ziet met het STM-concept kans om de kwaliteit van de leefomgeving te verbeteren. De gedachte is dat via een navigatiesysteem een alternatieve, milieubewustere route aan de verkeersdeelnemers aan te bieden, worden negatieve verkeerseffecten op bepaalde locaties verminderd. Om de uitvoerbaarheid van dit concept te kunnen bepalen, stond in dit onderzoek de volgende vraag centraal.

‘Op welke manier kunnen omgevingsbewuste routes worden ingezet om gevoelige locaties te ontlasten van schadelijke milieueffecten, veroorzaakt door (intensief) verkeer in de stedelijke omgeving?’

Bij dit onderzoek zijn een aantal discussiepunten te noemen welke hieronder worden gegeven.

MATERIAAL & METHODE

Het programma OmniTRANS heeft beperkte functionaliteit voor het onderzoek doordat de studenten niet voldoende kennis en ervaring met het programma hebben, om hier optimaal gebruik van te kunnen maken. De studenten hebben hierdoor het verkeersmodel niet kunnen optimaliseren, zo zijn belangrijke gegevens zoals een zone (met bepaalde weerstand om de gevoelige locatie) niet in het model toegepast. Dit heeft invloed op de resultaten van de simulatie. Zo zijn bijvoorbeeld niet alle gevoelige locaties ontweken bij de simulatie over de Phoenixstraat en is er maar één route gesimuleerd in het verslag doordat simulaties op andere routes geen alternatieven weergaven.

Met de versie van OmniTRANS die voor dit project is gebruikt, kan alleen gekeken worden naar verkeer binnen Delft. Veel mensen die gebruik maken van navigatie zullen echter van buiten de stad komen en een langere reistijd hebben en daarom bereid zijn verder om te rijden. Zo blijkt uit het model dat mensen vanaf een reistijd van 12 minuten al bereid zijn deze 5 minuten extra om te rijden. Daarnaast kon niet gekeken worden naar mogelijke alternatieve routes tussen verschillende steden.

RESULTATEN VAN GELUIDSHINDER

Veel resultaten qua geluidsmetingen zijn op verschillende schaalniveaus gedaan en daarmee niet altijd even goed met elkaar te vergelijken. Zo is het grootste deel van het onderzoek naar schadelijke effecten van geluid op Europees niveau berekend (Aalbers, 2008). Mogelijk wijkt Nederland af door dichtere bebouwing, of worden juist meer maatregelen getroffen om schadelijke effecten te verminderen.

Hinder is een lastig aspect om mee te nemen. De mate van hinder is afhankelijk van gevoelsmatige factoren en daarmee niet goed in wetenschappelijke context te beoordelen.

Uit onderzoek van de WHO valt op te maken dat slaapverstoring en ergernis verreweg de belangrijkste gevolgen zijn van geluidsoverlast (92%) (World Health Organization, 2011). De vraag is in hoeverre dit inderdaad bijdraagt aan een verminderde gezondheid.

De effecten van blootstelling op kinderen zijn slechts een inschatting. De gevolgen uit onderzoek van Noise and Health (Kamp & Davies, 2013) zijn gebaseerd op geluid afkomstig van vliegverkeer, wat mogelijk een ander effect heeft dan geluid afkomstig van wegverkeer.

RESULTATEN VAN LUCHTKWALITEIT

Voor veel luchtverontreinigende stoffen uitgestoten door het wegverkeer, zijn er weinig of incomplete wetenschappelijke gegevens met betrekking tot gezondheidsschade beschikbaar. Zo is het niet duidelijk wat het effect is van de chemische samenstellingen en de deeltjesgrootte van fijnstof op de ernst van de negatieve gezondheidseffecten (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2015). Dit maakt het lastig de stoffen een bepaalde waarde te geven voor hun schadelijkheid. Ook is er weinig kennis over de concentratie en verspreiding van stoffen op lokaal niveau. Deze twee punten maken het niet mogelijk is een nauwkeurige, op cijfers gebaseerde, voor en na-situatie van de kwaliteit van de leefomgeving te schetsen.

RESULTATEN VAN VEILIGHEID

Veiligheid kent weinig, maar belangrijke discussiepunten die invloed hebben op de resultaten. Deze punten komen voort uit het verschil tussen objectieve en subjectieve veiligheid. Mensen denken dat snelheid vaak onveiliger is, maar een snelweg is vaker veiliger dan een 50 km/h weg met veel kruispunten (Davidse, 2007). Het tweede discussiepunt is dat ook zijn kinderen minder kwetsbaar in het verkeer (in realiteit) dan andere gevoelige groepen (Weijermars, 2016).

RESULTATEN VAN NATUUR

In de literatuur over de effecten van geluid op dieren zijn alleen bronnen gevonden over de effecten op vogels. Wat het exacte effect is op andere diersoorten is niet duidelijk. Daarnaast geeft een bron van Compendium voor de Leefomgeving (CLO, 2008) aan dat de rust en stilte in natuurgebieden wordt aangetast door het geluid van het wegverkeer. Er staat echter niet aangegeven op welke manier dit effect heeft op de dieren welke in deze natuurgebieden leven. In het onderzoek van het RIVM (Geurs, et al., 2002) is met name naar het barrière-effect van het wegnnet op barrière gevoelige dieren gekeken. In ditzelfde onderzoek wordt bij de geluidsbelasting gesproken over het verstorend effect van 40 dB op natuur- en stiltegebieden, maar niet wat deze versturende effecten zijn. In het onderzoek van Tauw (Tursic, Jeurink, Oudega, & Mulken, 2012) staat aangegeven dat dB is afgestemd op het menselijke gehoor. Het RIVM gebruikt wél de deze getalwaarde om het effect ervan uit te drukken op natuur. Omdat dB algemeen gebruikt wordt ligt het voorhanden dat deze maatstaf gebruikt wordt.

Slechts geringe wetenschappelijk literatuur is gevonden over de effecten van luchtverontreiniging op dieren. Zo is door het RIVM (RIVM, 2016) een onderzoek gedaan naar de effecten van fijnstof, hierover is geen bevestigende bron gevonden. Zo ook over de effecten van ozon, zwaveldioxide en stikstofoxiden op dieren is slechts één bron gevonden waarbij de vraag reist in hoeverre de gevonden informatie betrouwbaar is.

Verschillende onderzoek zijn gedaan naar de effecten van licht op dieren. Echter is in al deze onderzoeken gebruik gemaakt van vaste lichtbronnen (Leeuwen F. v., 2015) (Laar, 2007) (Marquenie, Donners, Poot, Steckel, & Wit, 2013). Onduidelijk is in hoeverre deze resultaten vertaald kunnen worden naar een niet constante lichtbron zoals dat van de koplampen van een voorbijrijdend voertuig.

RESULTATEN

Wegen zoals de Princes Beatrixlaan zijn er op berekend om veel verkeer te verwerken en functioneren als doorgaande weg. Daarnaast is wettelijk vastgesteld dat woningen en andere gebouwen langs deze wegen op een grotere afstand moeten staan. De routes die met OmniTRANS zijn berekend, leiden het verkeer meer over kleinere wegen door de stad, waar de blootstelling aan verkeerseffecten groter is. Dit hangt samen met de afweging tussen het mijden van aangewezen gevoelige locaties en de negatieve impact van verkeer op andere plekken als gevolg van STM.

Delft heeft een goede infrastructuur en is daarom misschien niet de beste stad om als casus voor STM-routes te gebruiken. Door het gebrek aan verkeerskundige problemen, is de alternatieve route niet optimaal. Op basis van de verspreiding van auto's vanuit de toegangswegen rond Delft, zijn meerdere STM-routes gesimuleerd. Het bleek echter dat de kennis van studenten m.b.t. OmniTRANS onvoldoende was om alternatieve routes op kleinere schaal te simuleren. De routes bleven zelfs bij extreem hoge weerstanden onveranderd.

Wij hebben nu de resultaten voor STM-routes gevonden, maar er zien ook alternatieven om routes te simuleren. Een voorbeeld hiervan is de ecoroute, waar men brandstof bespaart en minder schadelijke stoffen uitstoot (TN, 2009).

5. CONCLUSIE

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de deelvragen, waarmee een antwoord op de hoofdvraag is geformuleerd.

HOOFDVRAAG

‘Op welke manier kunnen omgevingsbewuste routes worden ingezet om gevoelige locaties te ontlasten van schadelijke milieueffecten, veroorzaakt door (intensief) verkeer in de stedelijke omgeving?’

Uit het literatuuronderzoek en routesimulaties in Delft zijn een aantal conclusies te trekken. Zo blijkt dat de meest schadelijke parameters niet als meest belangrijk worden gezien door inwoners. Bij de communicatie naar de eindgebruiker kan hier rekening mee worden gehouden om een zo groot mogelijk draagvlak te creëren.

Een ander belangrijk punt voor het stimuleren van de omgevingsbewuste route is het (negatieve) verschil in reistijd. Afhankelijk van de totale reistijd zonder gebruik te maken van STM, zijn mensen bereid om 4.7 minuten om te rijden bij een oorspronkelijke tijd van 10 minuten, 6.8 min. bij 20 min. en 10.1 minuten bij een reistijd van een uur.

Door aan gevoelige locaties of wegen langs gevoelige locaties een waarde te koppelen, kan in een navigatiesysteem de optie worden toegevoegd voor de gebruiker om in plaats van de snelste of de kortste route, de meest omgevingsbewuste route te nemen.

DEELVRAGEN

1) Welke verkeersparameters zijn relevant voor Smooth Traffic Management?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is in eerste instantie een literatuurstudie gedaan naar de schadelijke effecten van het verkeer. De schadelijke effecten van het verkeer worden veroorzaakt door de verkeersparameters *geluidsproductie*, *uitstoot van luchtverontreinigende stoffen* en *verkeersveiligheid*. Deze parameters hebben negatieve effecten op de volksgezondheid en verminderen daarmee, grotendeels lokaal, de kwaliteit van de leefomgeving.

Negatieve gevolgen van verkeersveiligheid worden, in tegenstelling tot de minder merkbare gevolgen van lucht- en geluidseffecten, direct waargenomen (bij een verkeersongeluk). Dit is waarschijnlijk de reden waarom verkeersveiligheid als belangrijkste parameter wordt beoordeeld door de bevolking. De helft van de verkeersongelukken vindt plaats op kruispunten. De slachtofferdichtheid blijkt het hoogst te zijn op de 30 en 50km/u wegen. Ouderen vormen het grootste deel van de slachtoffers (47%), deze groep wordt daarom als meest kwetsbaar gezien.

2) *In hoeverre hebben de verkeersparameters schadelijke effecten op gevoelige locaties binnen Delft?*

Van een aantal groepen mensen is bekend geworden dat zij meer dan gemiddeld negatieve gezondheidseffecten ondervinden van de genoemde verkeersparameters. Deze 'risicogroepen' bestaan uit kinderen, ouderen en mensen met cardiovasculaire -en longaandoeningen. Locaties waar deze groepen veel voorkomen zijn als gevoelige locaties bestempeld, en zouden idealiter gemedend moeten worden. De gevoelige locaties zijn onderwijsinstellingen, kinderdagverblijven, ziekenhuizen en zorginstellingen.

Omdat er niet specifiek naar elke individuele locatie is gekeken kan er niet veel worden geconcludeerd betreffende de schadelijke effecten. Bekend is dat de aanwezige risicogroepen meer dan gemiddeld negatieve gezondheidseffecten ondervinden van de genoemde verkeersparameters en er qua gezondheid op vooruit gaan wanneer het wegverkeer langs hun locatie wordt omgeleid. Deze verandering is een opzichzelfstaand, positief resultaat, maar kan niet met absolute getallen onderbouwd worden vanwege het tekort aan specifieke meetgegevens voor de parameters.

3) *Hoeveel reistijd zijn mensen (procentueel gezien) bereid op te geven om een omgevingsbewuste route te rijden.*

In voorgaand onderzoek is een formule opgesteld die deze vraag kan beantwoorden. Met deze formule kan de maximale extra reistijd die men bereid is te nemen worden berekend op basis van de oorspronkelijke reistijd. Zo blijkt dat bij een reistijd van 10 minuten, mensen bereid zijn 4,7 minuten extra te rijden. Bij een oorspronkelijke reistijd van 30 minuten zijn mensen bereid 8 minuten extra te rijden. Deze trend zet zich door: er zit een maximum aan de totale tijd die mensen bereid zijn om te rijden.

4) *In hoeverre weegt de gewonnen kwaliteit bij de gevoelige locaties op tegen de bijkomende negatieve maatschappelijke effecten van de omgevingsbewuste route?*

Binnen het project STM is dit een vraagstuk waar geen sluitend antwoord op gegeven kan worden. Een afweging moet gemaakt worden tussen het belang van de gevoelige locaties en het belang van de gehele stad (of zelfs land). Er bestaat een kans dat de auto's die de gevoelige locaties ontwijken, waardoor er op lokale schaal een daling in uitstoot te zien is, zich verplaatsen naar wegen welke dichterbij woonhuizen liggen. Bij deze wegen kan vervolgens een toename geconstateerd worden in uitstoot. Dit kan gezien worden als een verplaatsing van het probleem, wat een vraagstuk is wat op politiek en/of gemeentelijk niveau uitgevochten moet worden.

5) *In hoeverre zijn de omgevingsbewuste routes op basis van de kwaliteitenafweging en de gebruikerseisen geschikt om aan de gebruikers aan te bieden?*

Binnen dit project is de Prinses Beatrixlaan gebruikt als onderzoekstraject, omdat deze weg een relatief hoge verkeersintensiteit (500+ voertuigen in de spits) kent, en langs een relatief hoog aantal gevoelige locaties komt.

Wanneer een hogere weerstand aan de Prinses Beatrixlaan wordt toegekend, waardoor de weg onaantrekkelijker wordt voor verkeersdeelnemers, is de verwachting dat het meeste wegverkeer zich verplaatst naar de snelwegen rondom Delft. In plaats daarvan werd door OmniTRANS een alternatieve route gesimuleerd welke door Delft zelf gaat, en daarmee langs meer huizenblokken dan de oorspronkelijke route komt. De plaatselijke uitstoot bij gevoelige locaties neemt daarmee af, maar tegelijkertijd neemt de uitstoot in de omgeving bij woningblokken toe. Wanneer naar de uitstoot wordt gekeken voor heel Delft is tevens een kleine toename te zien, doordat de alternatieve route langer is, er maar 50 gereden mag worden (in plaats van 70 op de Prinses Beatrixlaan) en op deze route meer bochten/kruisingen liggen. Met de toename in het aantal kruispunten waar men langs gestuurd wordt, ontstaat tevens een verhoogd risico voor de verkeersveiligheid.

6. AANBEVELINGEN

Op basis van dit onderzoek kunnen een aantal aanbevelingen worden gedaan voor het concept STM. De aanbevelingen hebben betrekking op de implementatie van de hoofdvraag en op vervolgonderzoek.

Implementatie hoofdvraag

1. De effectiviteit van STM kan worden verbeterd door op grotere schaal het verkeer te beïnvloeden. Binnen steden is er weinig ruimte, terwijl er in het buitengebied een route gekozen kan worden die verder van de gevoelige locaties, en woningen af ligt. In het buitengebied wordt dan rekening gehouden met de congestiegevoeligheid van wegen, waardoor een grotere winst op het gebied van de verkeersparameters kan worden behaald.

Vervolgonderzoek

Inventarisatie

1. Om het STM-concept op een betrouwbare manier in te kunnen zetten, moeten specifiekere meetgegevens per locatie worden verzameld. De concentraties gevaarlijke stoffen uit het verkeer (stikstofoxiden, fijnstof, koolwaterstoffen, ozon en koolstofdioxiden) moeten worden gemeten, waarbij rekening moet worden gehouden met de mate van verspreiding van deze stoffen. Ook zal de minimale blootstelling die als schadelijk voor de gezondheid wordt geacht, per stof goed in beeld moeten zijn om realistische conclusies te kunnen trekken.
2. Voor geluid zal het precieze decibelgehalte per locatie moeten worden gemeten. Cijfers van de minimale blootstelling die als schadelijk voor de gezondheid wordt geacht, zijn al bekend voor verkeersgeluid.
3. Bij toekomstige studies moet het effect van de verkeersparameters op woningen mee worden genomen (woningdichtheid, bouwjaar, isolatie, afstand tot de weg, etc.).

Analyse

1. Bij toekomstig onderzoek moet kritischer gekeken worden naar verkeersmodellen, zodat het best passende model bij STM gebruikt kan worden. Er kan nagevraagd worden met welk verkeersmodel de betreffende stad of gemeente zelf werkt, zodat met hetzelfde model het onderzoek gedaan kan worden. Op deze manier wordt de samenwerking met de gemeente bevorderd.

Realisatie & stimulatie

1. Om inzicht te krijgen in de bereidheid van mensen om voor een alternatieve route te kiezen, kan gekeken worden naar het gebruik van ecoroutes die nu al door bijvoorbeeld TomTom aangeboden worden. Bij ecoroutes bespaart men brandstof en stoot hierbij ook minder schadelijke stoffen uit.
2. Hoewel de milieuverontreinigingen een sterkere negatieve invloed hebben op de volksgezondheid, wordt verkeersveiligheid door de bevolking als belangrijker ervaren. Door op het gevoel van verkeersveiligheid in te spelen kan de bereidheid onder toekomstige gebruikers worden gestimuleerd.
3. Om verschillende mogelijkheden voor gedragsbeïnvloeding in te kunnen zetten om zo het gebruik van het STM-concept te stimuleren, is het raadzaam de resultaten van het onderzoek van Nine Engering naar gedragsbeïnvloeding te gebruiken bij de realisatie.
4. Een goede vervolgstap voor STM zou een pilot zijn om te onderzoeken op welke schaal en met welke insteek de STM-routes het best kunnen worden gebruikt.

VERWIJZINGEN

- Aalbers, B. (2008, 02 29). *Verkeerslawaaï slecht voor gezondheid*. Opgehaald van logistiek.nl: <http://www.logistiek.nl/distributie/nieuws/2008/2/verkeerslawaaï-slecht-voor-de-gezondheid-10147270>
- Adviesraad gevaarlijke stoffen. (2006). *Zwavedioxide en zwaveltrioxide*. Den Haag: Adviesraad gevaarlijke stoffen.
- ANP. (2006, 04 18). *Meer mensen in de stad dan op het platteland*. Opgehaald van volkskrant.nl: <https://www.volkskrant.nl/binnenland/meer-mensen-in-stad-dan-op-platteland~a767483/>
- ANWB. (2011). *ANWB*. Opgehaald van members.upc.nl: http://members.upc.nl/h.hoftern9/hoofdstukken/scr_adblue/index_scr.html
- ANWB. (2015). *Verkeer in de stad*. Den Haag: Awareness adviesbureau voor beleidsmarketing. Opgeroepen op september 28, 2017, van https://www.anwb.nl/binaries/content/assets/anwb/pdf/belangenbehartiging/verkeer/verkeer-in-de-stad/onderzoeksrapportage_verkeer_in_de_stad.pdf
- Beste kinderdagverblijf. (2017). *kinderdagverblijf delft*. Opgeroepen op 10 14, 2017, van beste-kinderdagverblijven.nl: <http://www.beste-kinderdagverblijf.nl/kinderdagverblijven-delft/>
- Boutsma, E., & Scholte, F. (1996). *Chemische feitelijkheden*. Den Haag: Beta Publishers. Opgehaald van <http://www.chemischefeitelijkheden.nl/Uploads/Magazines/h079-Stikstofdioxide.pdf>
- CBS. (2015). *Transport en mobiliteit*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2016). *Jaarmonitor Wegvoertuigen: Aantallen*. CBS.
- CLO. (2008, 5 30). *Geluid: oorzaken en effecten*. Opgeroepen op 10 12, 2017, van clo.nl: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0285-geluidhinder-bronnen-en-beleid>
- CLO. (2013, 5 17). *Zwavedioxide in lucht, 1990 - 2012*. Opgehaald van clo.nl: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0441-zwavedioxide>
- CLO. (2014, 10 9). *Koolmonoxide in lucht, 1990-2013*. Opgehaald van clo.nl: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0465-koolmonoxide>
- Coevert, A. (2012, 02 28). *Interactieve kaart: in 2050 woont 70 procent van de mensen in de stad*. Opgehaald van nrc.nl: <https://www.nrc.nl/nieuws/2012/02/28/in-2050-woont-70-procent-van-de-mensen-in-de-stad-a1447273>
- Compendium voor de Leefomgeving. (2013). *Compendium voor de Leefomgeving*. Opgehaald van <http://www.clo.nl>: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0529-fotochemische-luchtverontreiniging-beleid>
- Compendium voor de Leefomgeving. (2016). *Compendium voor de Leefomgeving*. Opgehaald van www.clo.nl: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl012928-emissies-naar-lucht-door-verkeer-en-vervoer>
- Compendium voor de Leefomgeving. (2017, 9 4). *Emissies en voertuigkilometers per wegtype, 2016*. Opgehaald van [compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.clo.nl/indicatoren/nl0132-emissies-per-wegtype?ond=20897): <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0132-emissies-per-wegtype?ond=20897>

- Davidse, R. J. (2007). *Assisting the older driver; Intersection design and in-car devices to improve the safety of the older driver*. Rijksuniversiteit Groningen. Leidschendam: SWOV. Opgeroepen op oktober 12, 2017
- De Gelderlander. (2017, 3 25). *Weg bijna af, nu nog de bruggen*. Opgehaald van degelderlander.nl: <https://www.gelderlander.nl/liemers/weg-bijna-af-nu-nog-de-bruggen~acd7402a/>
- De Groene Stad. (2017, 3 3). *Waar of niet waar? Kunnen bomen een negatief effect hebben op de luchtkwaliteit?* Opgehaald van degroenestad.nl: <http://degroenestad.nl/waar-of-niet-waar-kunnen-bomen-een-negatief-effect-hebben-op-de-luchtkwaliteit-een-expert-aan-het-woord-jelle-hiemstra-van-wageningen-university-research-wageningen-plant-research/>
- DEKRA. (2014). *European Road Safety Report*. Stuttgart: DEKRA Automobil GmbH. Opgeroepen op oktober 10, 2017, van http://www.dekra.de/c/document_library/get_file?uuid=8a56419a-08a3-48bc-9b0e-b9c88342d8d7&groupId=10100
- Dings, J., & Haffmans, J. (2002). *De effecten van verkeersuitstoot en -geluid op de volksgezondheid*. Delft: CE.
- G. Bluhm; E. Nordling; N. Berglind. (2004). *Road traffic noise and annoyance-an increasing environmental health problem*. Wolters Kluwer. Opgehaald van <http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2004;volume=6;issue=24;spage=43;epage=49;aulast=Bluhm>
- G. Jost, R. A. (2013). *Back on track to reach the EU 2020 Road Safety Target? : 7th road safety Performance Index PIN report*. (ISBN 978-90-76024-38-7 ed.). Brussel: European Transport Safety Council (ETSC). Opgeroepen op oktober 10, 2017
- Gemeente Delft. (2010). *Ruimtelijke opzet*. Opgehaald van planviewer.nl: https://www.planviewer.nl/imro/files/NL.IMRO.0503.BP0015-2001/t_NL.IMRO.0503.BP0015-2001_4.2.html
- Gemeente Delft. (z.j.). *Onderwijs en studeren*. Opgeroepen op 10 14, 2017, van delft.nl: https://www.delft.nl/Inwoners/Onderwijs_en_studeren
- Geurs, K., Schoemakers, A., Dassen, A., Hoffmans, W., Timmermans, W., Alkemade, J., & Wee, G. v. (2002). *Ontsnippering van natuurgebieden: effecten op natuur, mobiliteit, bereikbaarheid, verkeersveiligheid en geluid*. Bilthoven: RIVM. Opgehaald van <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/408764001.pdf>
- Gezondheid en Ziekte. (2017, 10 13). *Effect van fotochemische sog*. Opgehaald van gezond.win: <http://www.gezond.win/Volksgezondheid-Veiligheid/Milieuhygi%C3%ABne/Effect-van-fotochemische-smog-.html>
- Google Maps. (2017, 10 13). *Google maps*. Opgehaald van <https://www.google.nl/maps/@52.0093733,4.3665886,3a,75y,51.61h,96.06t/data=!3m6!1e1!3m4!1sGzpwXvQ9SdPuxaeZwfbgrw!2e0!7i13312!8i6656?hl=nl>
- Groen, M. (2015, 10). *Hoor- en Werkcolleges Lucht en Geluid*. Opgeroepen op 2017, van blackboard.inholland.nl: https://blackboard.inholland.nl/bbcswebdav/pid-2553653-dt-content-rid-4515864_1/courses/AGR-DLF-MILCOMPJ2BL1-2015-08-001/hinder2015bb.pdf
- GroenBlauweNetwerken. (2005). *Groene Gevels*. Opgehaald van groenblauwenetwerken.com: <http://www.groenblauwenetwerken.com/measures/green-facades/>

- GroenBlauweNetwerken. (2011). *Verontreinigingen*. Opgehaald van groenblauwenetwerken.nl: <http://www.groenblauwenetwerken.com/air/>
- Groene Ruimte. (2015). *Dossier Groen als Luchtfilter*. Opgehaald van groeneruimte.nl: https://www.groeneruimte.nl/dossiers/groen_en_luchtkwaliteit/home.html
- Groot Bruinderink, G., Lammertsma, D., Goedhart, P., Buist, W., Wegman, R., & Spek, G. (2010). *Factoren bij aanrijdingen met wilde hoefdieren op de Veluwe*. Wageningen: Alterra Wageningen UR. Opgehaald van <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/139302>
- Hartstichting. (2015). *Effecten van fijnstof op de gezondheid*. Opgehaald van [www.hartstichting.nl](http://www.hartstichting.nl/risicofactoren/fijnstof): <https://www.hartstichting.nl/risicofactoren/fijnstof>
- Ho, A. W. (2013). *Characterizing Potential Urban Street Canyons in Downtown Vancouver*. Opgehaald van <http://ibis.geog.ubc.ca>: <http://ibis.geog.ubc.ca/courses/geob370/students/class13/bho/>
- Joustra, A. H., & Mesters, C. M. (1996). Auto-uitlaatgaskatalysatoren. *Chemische Feitelikheden*, 1-11.
- Kamp, I. v., & Davies, H. (2013). *Noise and health in vulnerable groups: A review*. Noise Health. Opgeroepen op 10 10, 2017, van <http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2013;volume=15;issue=64;spage=153;epage=159;aulast=van>
- Kampman, B., Vermeulen, J., & Dings, J. (2001). *Benzine, diesel en LPG: balanceren tussen milieu en economie*. Delft: CE.
- Kenniscentrum Reeën. (2005). *Overstekend wild*. Opgehaald van www.over-reeen.nl: <http://www.over-reeen.nl/Samenleven/Kruisende-wegen/Overstekend-wild>
- Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. (2015). *De lucht klaren*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Kuypers, V. &. (2007). *Groen voor Lucht*. Wageningen: Wageningen UR.
- Laar, F. v. (2007). *Green lights to birds*. Assen: Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM). Opgehaald van http://www.waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Energie/pdf/green_light_to_birdsNAM.pdf
- Leeuwen, F. v. (2015). *Het effect van lichtvervuiling op de flora en fauna in de Arnhemse stadsparken*. Arnhem: Milieudefensie. Opgehaald van <https://milieudefensie.nl/lokaal/arnhem/achtergrondinformatie/eindrapportlichthinderonderzoek.pdf>
- Leeuwen, J. v., & Kok, A. (2003). *Geluid en Het Nieuwe Rijden: Quick scan door de literatuur naar het effect op geluid*. Den Haag: DGMR. Opgehaald van <https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKEwjno72s-uXWAhWB5RoKHWvFC1EQFghcMAG&url=http%3A%2F%2Fpublicaties.minienm.nl%2Fdownload-bijlage%2F14558%2Fgeluid-en-het-nieuwe-rijden-quick-scan-door-de-literatuur-naar-het-effect-op-g>
- Licht op Natuur. (2013). *home*. Opgehaald van [lichtopnatuur.org](http://www.lichtopnatuur.org/): <http://www.lichtopnatuur.org/>
- Marquenie, J., Donners, M., Poot, H., Steckel, W., & Wit, B. d. (2013). Bird-friendly light sources. *IEEE Industry Applications Magazine*, 56 - 62. Opgehaald van

- https://www.researchgate.net/publication/260626775_Bird-Friendly_Light_Sources_Adapting_the_Spectral_Composition_of_Artificial_Lighting
- Milieudefensie. (2017). *Milieudefensie*. Opgehaald van milieudefensie.nl: <https://milieudefensie.nl/luchtkwaliteit/hoe-vervuild-is-de-lucht-in-mijn-sstraat>
- Milieudefensie. (sd). *Samen voor gezonde lucht: Roet, de gevaarlijkste luchtvervuiler*. Opgehaald van Milieudefensie.nl: <https://milieudefensie.nl/publicaties/factsheets/informatieblad-roet-de-gevaarlijkste-luchtvervuiler>
- Ministerie van Economische Zaken. (2017, 10 12). *De effectenindicator soorten: een korte kennismaking*. Opgehaald van synbiosys.alterra.nl: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/effectenindicatorsoorten2016.aspx?subj=soorten>
- Ministerie van Economische Zaken. (2017, 12 10). *Natura 2000*. Opgehaald van synbiosys.alterra.nl: https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?zoek_gebiedsnaam_n2k=Delft
- Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. (2009). *Dossier Fijnstof (dieselemissie)*. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Opgehaald van arboportaal.nl: <https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/dieselmoremissie>
- Mobiliteit & RO; Plus. (2011, 12 16). *Toekomstbeeld: meer met de auto, minder met de fiets*. Opgehaald van verkeersnet.nl: <https://www.verkeersnet.nl/6475/toekomstbeeld-meer-met-de-auto-minder-met-de-fiets/>
- Musters, C., Snelder, D., & Vos, P. (2009). *The effects of coloured light on nature*. Leiden: Institute of Environmental Sciences, Leiden University. Opgehaald van <https://openaccess.leidenuniv.nl/bitstream/handle/1887/20596/Coloured%20Light%20&%20Nature.pdf?sequence=2>
- Naturetoday. (z.j.). *Bladval*. Opgeroepen op 10 15, 2017, van naturetoday.com: <https://www.naturetoday.com/intl/nl/observations/natuurkalender/about-de-natuurkalender/background-information/plant-phenology/leaf-fall>
- NGK. (2000). *Uitlaatgassen en schadelijke stoffen*. Opgehaald van www.ngk.nl: <https://www.ngk.de/nl/techniek-in-detail/lambdasondes/grondbeginselen-van-de-kennis-over-uitlaatgassen/uitlaatgassen-en-schadelijke-stoffen/>
- NGK. (2017). *Uitlaatgassen en schadelijke stoffen*. Opgehaald van <https://www.ngk.de/>: <https://www.ngk.de/nl/techniek-in-detail/lambdasondes/grondbeginselen-van-de-kennis-over-uitlaatgassen/uitlaatgassen-en-schadelijke-stoffen/>
- Oosterbaan, A. &. (2006). *Kleine landschapselementen als invangers van fijn stof en ammoniak*. Wageningen: Alterra.
- Overakker, B. (2017, oktober 9). *Ongeluk door zelfrijdende auto als erger ervaren*. Opgeroepen op oktober 11, 2017, van TU Delft: <https://www.tudelft.nl/2017/tu-delft/ongeluk-door-zelfrijdende-auto-als-erger-ervaren/>
- PAL voor de Leefomgeving. (2015, 3 2). *Natuurlijk verder met een sterk GroenBlauw netwerk*. Opgehaald van docplayer.nl: <http://docplayer.nl/24881-Natuurlijk-verder-met-een-sterk-groenblauw-netwerk.html>

- PBL; TNO; RIVM; ECN. (2010). *Beleidsgericht onderzoeksprogramma fijnstof*. Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2015, 03 25). *Waar komt al dat fijnstof vandaan?* Opgehaald van Planbureau voor de Leefomgeving: <http://www.pbl.nl/vraag-en-antwoord/waar-komt-al-dat-fijn-stof-vandaan>
- Pont, J. D. (2017, oktober 11). *Ongelukken staan hier*. Opgehaald van Ongelukken staan hier: ongelukken.staanhier.nl
- Pronk, A. (2008). *Bomen en planten voor een betere luchtkwaliteit*. Wageningen: Wageningen UR.
- Reurings, M. (2010). *Verkeersveiligheids effecten van het Haagse verkeerscirculatieplan*. Leidschendam: SWOV. Opgeroepen op oktober 3, 2017
- Rijk, A. (2008). *Verkeersveiligheid van Kinderen*. Leidschendam: SWOV.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2017, 10 12). *Wet natuurbescherming*. Opgehaald van [rvo.nl: https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/beschermde-planten-dieren-en-natuur/wet-natuurbescherming?ns_source=google&ns_mchannel=cpc&ns_campaign={campaign}&ns_linkname={adgroup}&gclid=EAlalQobChMIiL7pj4XU1gIVtxbTCh26tQbvEAAYASAAEgLfNvD_BwE](https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/beschermde-planten-dieren-en-natuur/wet-natuurbescherming?ns_source=google&ns_mchannel=cpc&ns_campaign={campaign}&ns_linkname={adgroup}&gclid=EAlalQobChMIiL7pj4XU1gIVtxbTCh26tQbvEAAYASAAEgLfNvD_BwE)
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid (RIVM). (2011). *Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit*. Ministerie van volksgezondheid, welzijn en sport.
- Rijkswaterstaat. (2016, 09 20). *Nalevingsverslaggeluidproductieplafondsrijkswegen 2015*. Opgehaald van [rijksoverheid.nl: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/geluidsoverlast/documenten/jaarverslagen/2016/12/12/nalevingsverslag-geluidproductieplafonds-rijkswegen-2015](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/geluidsoverlast/documenten/jaarverslagen/2016/12/12/nalevingsverslag-geluidproductieplafonds-rijkswegen-2015)
- Rijksoverheid. (2017, 10 12). *Natuurnetwerk Nederland*. Opgehaald van [rijksoverheid.nl: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/natuur-en-biodiversiteit/natuurnetwerk-nederland](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/natuur-en-biodiversiteit/natuurnetwerk-nederland)
- RIVM. (2013, 03 19). *Stof: hoe en wat*. Opgehaald van <http://www.rivm.nl/>: http://www.rivm.nl/Onderwerpen/F/Fijn_stof/Stof_hoe_en_wat
- RIVM. (2014, 12 12). *Hinder en gezondheidseffecten door Europees verkeerslawaaï*. Opgehaald van [rivm.nl: http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Nieuwsberichten/2014/Hinder_en_gezondheidseffecten_door_Europees_verkeerslawaaï](http://www.rivm.nl/)
- RIVM. (2016). *Atlas Leefomgeving*. Opgeroepen op 10 10, 2017, van [atlasleefomgeving.nl: https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=alo_kijken_10681&layers=0124e4b5-66a6-3912-8c4a-7665b3a465a6,1,0.8;04c2690c-6a8e-3894-9977-c3b9072f7c96,1,0.8;&x=136239&y=453261&zoom=8&rotation=0&baselayer=992](https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=alo_kijken_10681&layers=0124e4b5-66a6-3912-8c4a-7665b3a465a6,1,0.8;04c2690c-6a8e-3894-9977-c3b9072f7c96,1,0.8;&x=136239&y=453261&zoom=8&rotation=0&baselayer=992)
- RIVM. (2016, 10 20). *Fijn stof door slijtage schaadt gezondheid*. Opgeroepen op 10 13, 2017, van [rivm.nl: http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Nieuwsberichten/2013/Fijn_stof_door_slijtage_schaadt_gezondheid](http://www.rivm.nl/)
- RIVM. (2017, 10). *Geluid*. Opgehaald van [rivm.nl: http://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/Geluid](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/Geluid)

- RIVM. (sd). *Hoe schoon is onze lucht*. Opgehaald van <http://www.rivm.nl/>:
<http://www.rivm.nl/media/milieu-en-leefomgeving/hoeschoonisonzelucht/>
- Rotgers, G. (2014). Stikstofdepositie De grote onbekende. *V-focus*, 26-28.
- RTL . (2013, april 19). *Helpt verkeersslachtoffers valt op kruispunt*. Opgehaald van ANWB:
<https://www.anwb.nl/verkeer/nieuws/nederland/2013/april/helpt-verkeersslachtoffers-valt-op-kruispunt>
- Scheffers, T., Maas, J., Siegert, H., & Wielaard, P. (2009). *Dossier Vluchtige organische stoffen*.
- Schermers, G. R. (2009). *Verkeersveiligheidseffecten van de invoering van Anders Betalen voor Mobiliteit*. Leidschendam: SWOV.
- Schoon, C., & Huijskens, C. (2011). *Verkeersveiligheidsconsequenties elektrisch aangedreven voertuigen*. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV). Opgehaald van <https://www.swov.nl/sites/default/files/publicaties/rapport/r-2011-11.pdf>
- Smit, G., Brandjes, G., & Meijer, A. (1998). *Faunaverkeersslachtoffers rijkswegen Noord-Nederland*. Culemborg: Bureau Waardenburg bv. Opgehaald van
<http://publicaties.minienm.nl/documenten/faunaverkeersslachtoffers-rijkswegen-noord-nederland>
- SWOV. (2017, 5 2). *Ongevallen*. Opgehaald van cognos.swov.nl:
https://cognos.swov.nl/ibmcognos/cgi-bin/cognos.cgi?b_action=powerPlayService&m_encoding=UTF-8&BZ=1AAAB7Ep8~1h42n1P0U7DMAz8maQDCU1usq70oQ9tE9iQaKHdD2SbWyZCItJs30_6TQw0geXYzunuLAdNNW1WVS2Xlh1cb3EpbihjO8645FkScynITPI4AZHnkPAkngsWzzPPuQ1GrczqYvGSrRYpZQ_b3jg0
- SWOV. (2017, oktober 12). *Ouderen in het verkeer*. Opgehaald van SWOV:
<https://www.swov.nl/feiten-cijfers/factsheet/ouderen-het-verkeer>
- Taylor, J. D. (2007). Driving fear and driving skills: Comparison between fearful and control samples using standardised on-road assessment. In M. Craske, *Behaviour Research and Therapy* (4 ed., Vol. 45, pp. 805-818). California, USA: Elsevier. Opgeroepen op oktober 11, 2017
- Ticheler, M. (2008, 2). *Koolmonoxide*. Opgehaald van [leefmilieu.nl](http://www.leefmilieu.nl/):
http://www.leefmilieu.nl/sites/www3.leefmilieu.nl/files/imported/pdf_s/MGM_2008-02_koolmonoxide.pdf
- Tursic, A., Jeurink, N., Oudega, H., & Mulken, J.-P. v. (2012, 3). Nieuwe methode effectbepaling geluid op vogels. *Geluid*, pp. 22 - 25. Opgehaald van
http://www.tauw.nl/fileadmin/downloads/bu_industry/Tursic_e.a._2012_-_Vogels_en_geluid_-_Toets_Oktober_2012.pdf
- Verbeek, R., & Kampman, B. (2012). *Brandstoffen voor het wegverkeer*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- VGGM. (2016, 11). *Factsheet 6. Geluid*. Opgehaald van [vggm.nl](http://www.vggm.nl/):
http://www.vggm.nl/ufc/file2/hgm_internet_sites/unknown/00fee4ecee346195488c455664d86495/pu/06_Factsheet_GGW_Geluid.pdf

- Vlakveld, W. (2009). *Subjectieve verkeersveiligheid, wat is het en wat kunnen we ermee?* Den Haag: SWOV.
- Wegman, J. k. (1980). *Vooronderzoek Demonstratieproject herindeling en herinrichting van stedelijke gebieden (in de gemeenten Eindhoven en Rijswijk)*. Leidschendam: SWOV. Opgeroepen op september 28, 2017
- Weijermars, W. K. (2016). *Monitor verkeersveiligheid 2016*. Leidschendam: SWOV.
- Wildbeheereenheid Susteren/Greatheide. (sd). *Aanrijdingen met wild aansprakelijkheid*. Opgehaald van wbesusterengreatheide.nl: <https://wbesusterengraetheide.nl/wildbeheereenheid-susterengraetheide/aanrijdingen-met-wild-aansprakelijkheid/>
- World Health Organisation Europe. (2005). *Particulate matter air pollution: how it harms health*. Berlijn, Kopenhagen, Rome: WHO.
- World Health Organization. (2011). *Burden of disease from environmental noise*. WHO; JRC. Copenhagen: World Health Organization. Opgeroepen op 10 09, 2017, van http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888.pdf?ua=1
- Zandvliet, R. (2009). Delft: Dienst Verkeer en Scheepvaart DVS. Opgeroepen op oktober 11, 2017
- Zandvliet, R. (2009). *Periodiek Regionaal Onderzoek Verkeersveiligheid PROV 2007*. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. Delft: Dienst Verkeer en Scheepvaart DVS.
- Zijlema, F. (sd). *Aanrijding met een hert*. Opgehaald van anwb.nl: <https://www.anwb.nl/verkeer/veiligheid/aanrijding-met-een-hert>

BIJLAGEN

BIJLAGE 1: ADRESSEN & LOCATIES

BIJLAGE 1: KINDERDAGVERBLIJVEN

['t Knuffeltje](#) (Kinderdagverblijf)

Hendrick de Keyserweg 6, 2612KE Delft

['t Spant](#) (Kinderdagverblijf)

Sandinoweg 84, 2622DZ Delft

[Berend Botje](#) (Kinderdagverblijf)

Poptahof Noord 448 B, 2624RZ Delft

[De Kleine Prins](#) (Kinderdagverblijf)

Nassaulaan 54 56, 2628GJ Delft

[Dikkertje Dap](#) (Kinderdagverblijf)

Sri Lankapad 1, 2622LZ Delft

[Floddertje](#) (Kinderdagverblijf)

Adama van Scheltemaplein 97, 2624PJ Delft

[Hansje Stoffel](#) (Kinderdagverblijf)

De Meesterstraat 2, 2613XB Delft

[Het Elfje](#) (Kinderdagverblijf)

Camerlingstraat 2, 2614BE Delft

[Het Muizenhuis](#) (Kinderdagverblijf)

Nassaulaan 2B, 2628GH Delft

[Holland Kinderopvang](#) (Kinderdagverblijf)

Hugo de Grootstraat 59, 2613VN Delft

[Holland Kinderopvang](#) (Kinderdagverblijf)

Hugo de Grootstraat 51, 2613VN Delft

[Holland Kinderopvang Hugo de](#)

[Groot](#) (Kinderdagverblijf)

Hugo de Grootstraat 55, 2613VN Delft

[Jan & Alleman](#) (Kinderdagverblijf)

Paardenmarkt 83 85, 2611PD Delft

[Joriaantje](#) (Kinderdagverblijf)

Sint Jorisweg 2, 2612GA Delft

[KDV Bloesemboom](#) (Kinderdagverblijf)

Sasboutstraat 3, 2614CN Delft

[KDV De Aap uit de Mouw](#) (Kinderdagverblijf)

Rotterdamseweg 51a, 2628AJ Delft

[KDV Maria](#) (Kinderdagverblijf)

[Kindercentrum Kiekeboe](#) (Kinderdagverblijf)

Cubalaan 1A, 2622AM Delft

[Kindercentrum Knotz](#) (Kinderdagverblijf)

Vulcanusweg 267, 2624AV Delft

[Kindercentrum Ziezo Delftse](#)

[Montessorischool](#) (Kinderdagverblijf)

Jacoba van Beierenlaan 166, 2613JK Delft

[KinderOntwikkelingsCentrum Carpe](#)

[Diem](#) (Kinderdagverblijf)

Achterom 25, 2611PL Delft

[Kinderopvang Bam!](#) (Kinderdagverblijf)

Palmyraplaats 2, 2624NN Delft

[Kindertuin](#) (Kinderdagverblijf)

Pijperring 1a, 2625EC Delft

[Knorretje](#) (Kinderdagverblijf)

Klein Delfgauw 65, 2616LC Delft

[Les Enfants](#) (Kinderdagverblijf)

Abtswoude 19c, 2626NC Delft

[Marie](#) (Kinderdagverblijf)

Raam 20A, 2611LT Delft

[Melktanthofje](#) (Kinderdagverblijf)

Lepelaarstraat 1, 2623NW Delft

[Merijn](#) (Kinderdagverblijf)
Molstraat 58a, 2611EN Delft

[Merijn, loc. Brabantse](#)
[Turfmarkt](#) (Kinderdagverblijf)
Brabantse Turfmarkt 9, 2611CK Delft

[Mierennest](#) (Kinderdagverblijf)
Raamstraat 67, 2613RW Delft

[Mini Max](#) (Kinderdagverblijf)
Voorstraat 30, 2611JR Delft

[Minimax](#) (Kinderdagverblijf)
Colijnlaan 2, 2613VZ Delft

[Open Hoek](#) (Kinderdagverblijf)
Van Alkemadestraat 4, 2614EP Delft

[Pareltje](#) (Kinderdagverblijf)
Kristalweg 107, 2614SH Delft

[Peutercentrum Do-Re-Mi](#) (Kinderdagverblijf)
Frederik van Eedenlaan 12, 2624VH Delft

[Peutercentrum Klavertje](#)
[Vier](#) (Kinderdagverblijf)
Van Rijslaan 10, 2625KX Delft

[Pinokkio](#) (Kinderdagverblijf)
Frederik van Eedenlaan 12, 2624VH Delft

[Pippeloentje](#) (Kinderdagverblijf)
Herculesweg 10 12, 2624VM Delft

[Plukkebol, locatie](#)
[Raamstraat](#) (Kinderdagverblijf)
Raamstraat 65, 2613RW Delft

[Plukkebol, locatie Van](#)
[Embdenstraat](#) (Kinderdagverblijf)
Van Embdenstraat 2, 2628ZE Delft

[Reki](#) (Kinderdagverblijf)
Kluizenaarsbocht 2, 2614GT Delft

[Ronde Kring](#) (Kinderdagverblijf)
Aan 't Verlaat 30, 2612XZ Delft

[Roots](#) (Kinderdagverblijf)
Brahmslaan 42, 2625BW Delft

[Schatkist](#) (Kinderdagverblijf)
Verwersdijk 21, 2611ND Delft

[Schatkist](#) (Kinderdagverblijf)
Nieuwe Langendijk 46, 2611VL Delft

[True Colors Delft](#) (Kinderdagverblijf)
Jaffalaan 9, 2628BX Delft

[Ukkepuk](#) (Kinderdagverblijf)
Van Miereveltlaan 20, 2612XE Delft

[Villa Duimelot B.V.](#) (Kinderdagverblijf)
Reinier de Graafweg 1A, 2625AD Delft

[Villa Hugo](#) (Kinderdagverblijf)
Hugo de Grootstraat 59, 2613VN Delft

[Villa Knotz](#) (Kinderdagverblijf)
Buitenhofdreef 268, 2625RE Delft

[Vlinderstruik](#) (Kinderdagverblijf)
Lodewijk van Deysselhof 165, 2624WP Delft

[Wiskids](#) (Kinderdagverblijf)
Voorstraat 58, 2611JS Delft

[Woezelhuis](#) (Kinderdagverblijf)
Simonsstraat 111, 2628TG Delft

[Zeeparel](#) (Kinderdagverblijf)
Kristalweg 107, 2614SH Delft

Zo kinderopvang aan de
Julianalaan (Kinderdagverblijf)
Julianalaan 63, 2628BC Delft

Bron:<https://www.landelijkregisterkinderopvang.nl/pp/zoeken/KdvZoekResultaten.jsf?currentPage=0&verantwoordelijkeGemeente=503&zoekHistorischeNaam=false&zoekStatusSoort=Ingeschreven>

BIJLAGE 1: BASISSCHOLEN

De Schatkaart

Kristalweg 107
2614 SH Delft

Librijn

Postbus 121
2600 AC Delft

Montessorischool Jan Vermeer

Maria Duystlaan 2
2612 SR Delft

Montessorischool Jan Vermeer

Raam 20
2611 LT Delft

**Simon Carmiggelschool openbare
basisschool**

Fuutlaan 13
2623 MX Delft

Eglantier Tanthof

Derde Werelddreef 29
2622 HB Delft

Eglantier Voorhof

Ina Boudier-Bakkerstraat 2
2624 NX Delft

Freinetschool Delft

locatie Hugo de Groot
Loevesteinplaats 8
2613 LE Delft

Locatie Margriet
De Vriesstraat 1
2613 CA Delft

Locatie de Libel
Van Slingelandtstraat 4
2613 TT Delft

Parkschool

Poptahof Noord 448
2624 RZ Delft

Delftse Daltonschool

Van Rijslaan 8
2625 KX Delft

Laurentius Stichting

Burgemeestersrand 59
2625 NV Delft

Titus Brandsmaschool

Van Rijslaan 6
2625 KX Delft

R.K. basisschool Bernadette Maria

Aan 't Verlaat 30
2612 XZ Delft.

Gabriëlschool

locatie Michiel ten Hovestraat
Michiel ten Hovestraat 9
2613 VX Delft

locatie Harnaschpolder
Kristalweg 107
2614 SH Delft

Cornelis Musiusschool

Prins Mauritsstraat 37
2628 SR Delft

Jenaplanschool De Oostpoort

Oosteinde 6
2611 SN Delft

De Bonte Pael

Bikolaan 113
2622 EE Delft

Rooms-Katholieke Basisschool De Regenboog

Kraanvogelstraat 2
2623 MZ Delft

Mgr.Bekkersschool voor Basisonderwijs

Frederik van Eedenlaan 12
2624 VH Delft

SCO Delft e.o.

Vulcanusweg 263-G
2624 AV DELFT

Basisschool De Ark

Lepelaarstraat 1
2623 NW Delft

Basisschool De Bron

Angolastraat 3
2622 EA Delft

Max Havelaarschool

Voorstraat 30
2611JR Delft

De Horizon

Locatie Brahmslaan
Brahmslaan 42
2625 BW Delft

Locatie Poptahof Noord
Poptahof Noord 448a
2624 RZ Delft

Het Mozaïek

Locatie Voordijkshoorn
Van Alkemadestraat 2
2614 EP Delft

Locatie Hof van Delft
Caspar Fagelstraat 65
2613 GV Delft

Rembrandtschool

Rooseveltlaan 49
2625 GM Delft

Prins Mauritschool

Nassaulaan 54
2628 GJ Delft

Delftsche Schoolvereniging

Koningsplein 83
2611 XG Delft

Delftse Montessorischool

Jacoba van Beierenlaan 166
2613 JK Delft

Vrijeschool Widar

De Meesterstraat 2
2613 XB Delft

Librijn (voorheen De Bouwsteen)

Griegstraat 2
2625 AN Delft

Laurentiuschool

Griegstraat 2
2625 AN Delft

Herman Broerenschool

Locatie VSO Delft:
Clara van Sparwoudestraat 1
2612 SP DELFT

Locatie SO Delft:
Clara van Sparwoudestraat 6
2612 SP DELFT

Locatie SO/VSO Westland:
Verhagenplein 9
2671 HS NAALDWIJK

Locatie VSO Westerhonk:
Tuinlaan 20
2681 JC MONSTER

Maurice Maeterlinckschool

Buitenhofdreef 10
2625 XR Delft

**Strandwacht Jeugdformaat Delft (afdeling
daghulp voor kinderen)**

Griegstraat 4
2625 AN Delft

Bron: [https://www.delft.nl/Inwoners/Onderwijs
en studeren/Basisonderwijs](https://www.delft.nl/Inwoners/Onderwijs_en_studeren/Basisonderwijs)

BIJLAGE 1: VOORTGEZET ONDERWIJS

Grotius College

Juniusstraat 8
Postbus 470 2600 AL Delft

V. Bleyswijckstraat 72
Postbus 470 2600 AL Delft

Aart. V.d. Leeuwlaan 12
Postbus 470 2600 AL Delft

Maria Duystlaan 4
Postbus 470 2600 AL Delft
Locatie 2: Krakeelpolderweg 1

Christelijk Lyceum Delft

Molenhuispad 1
2614 GE Delft

Obrechtstraat 48
2625 XN Delft

Van Bleyswijckstraat 72
2613 RT Delft

Stanilas

Westplantsoen 71
2613 GK Delft

Reinier de Graafpad 1
2625 DT Delft

Laurentius

Kappeijne van de Coppellostraat 28
2613 XP Delft

Herman Broerencollege

Clara van Sparwoudestraat 1
2612 SP Delft

Pleysier College

J.J. Slauerhofflaan 275
2624 JZ Delft

Bron: [https://www.delft.nl/Inwoners/Onderwijs en studeren/Voortgezet onderwijs](https://www.delft.nl/Inwoners/Onderwijs_en_studeren/Voortgezet_onderwijs)

BIJLAGE 1: MIDDELBAAR EN HOGER ONDERWIJS

ROC Mondriaan

Brasserskade 1
2612 CA Delft

TU Delft Botanica

Julianalaan 67
2628 BC Delft

TU Science Centre

Mijnbouwstraat 120
2628 RX Delft

TU Bouwkunde

Julianalaan 134
2628 BL Delft

TU Delft Library

Prometheusplein 1
2628 ZC Delft

TU Delft CiTG

Stevinweg 1
2628 CN Delft

TU Delft

Mekelweg 10
2628 CD Delft

TU Delft Werktuigbouwkunde

Mekelweg 2
2628 CD Delft

TU Delft Techniek, Bestuur en Management

Jaffalaan 5
2628 BX Delft

Haagse Hogeschool

Rotterdamseweg 137
2628 AL Delft

Hogeschool Inholland

Rotterdamseweg 141
2628 AL Delft

Wellantcollege

Rotterdamseweg 141
2628 AL Delft

Bron: www.maps.google.com

BIJLAGE 1: ZORGINSTELLINGEN

Reinier de Graaf ziekenhuis

Reinier de Graafweg 5
2625 AD Delft

Pieter van Foreest verzorgingstehuis

Cort van der Lindenstraat 245
2613 LC Delft

Aart van der Leeuwlaan 904
2624 LW Delft

Vorrinkplein 99
2624 DS Delft

Chopinlaan 9
2625 TD Delft

Beukenlaan 2
2612 VC Delft

Reinier de Graafweg 5
2625 AD Delft

Ipse de Bruggen, Kinderdienstencentrum

Kind en Zo

Paardenmarkt 84
2611 PD Delft

Frank van Borselenstraat 2
2613 NL Delft

Roland Holstlaan 1087
2624 KL Delft

GGZ Delfland

Brasserskade 19
2612 CA Delft

Sint Jorisweg 2
2612 GA Delft

Thomashuis 'de Oliemolen'

Buitenwatersloot 411
2614 LD Delft

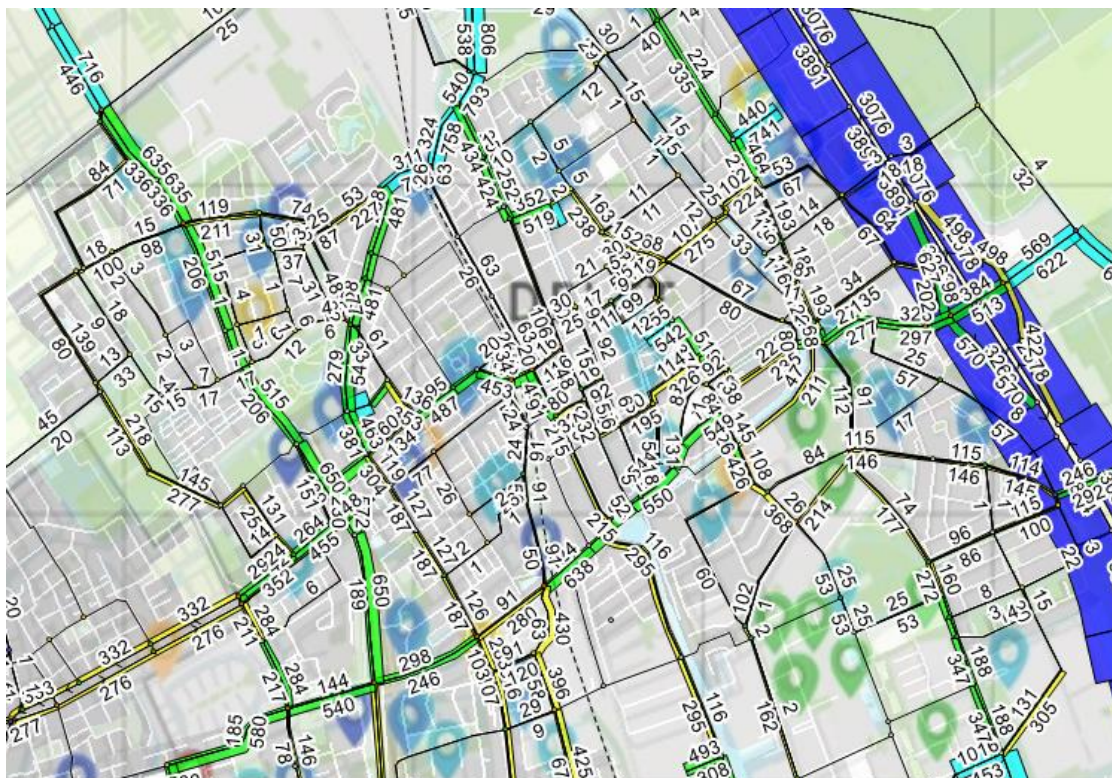
Thomashuis Delft Centrum

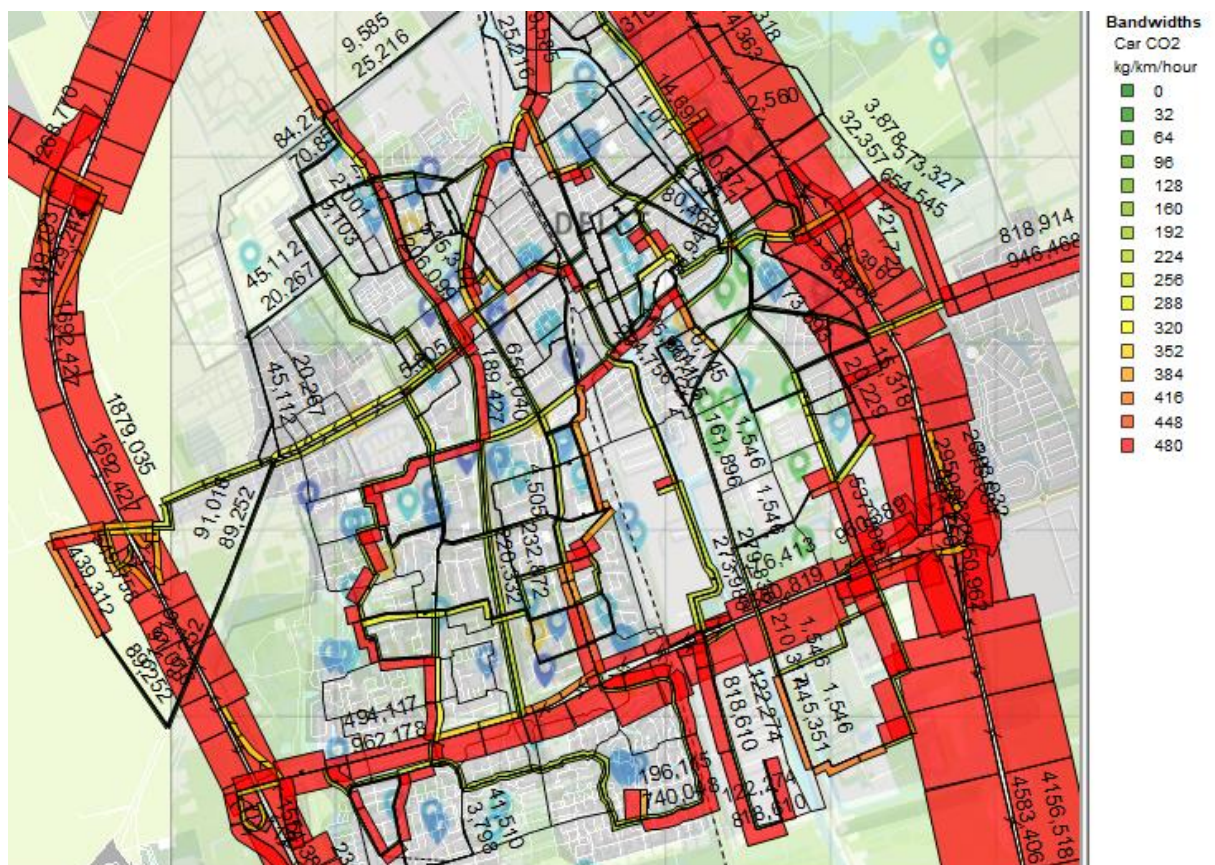
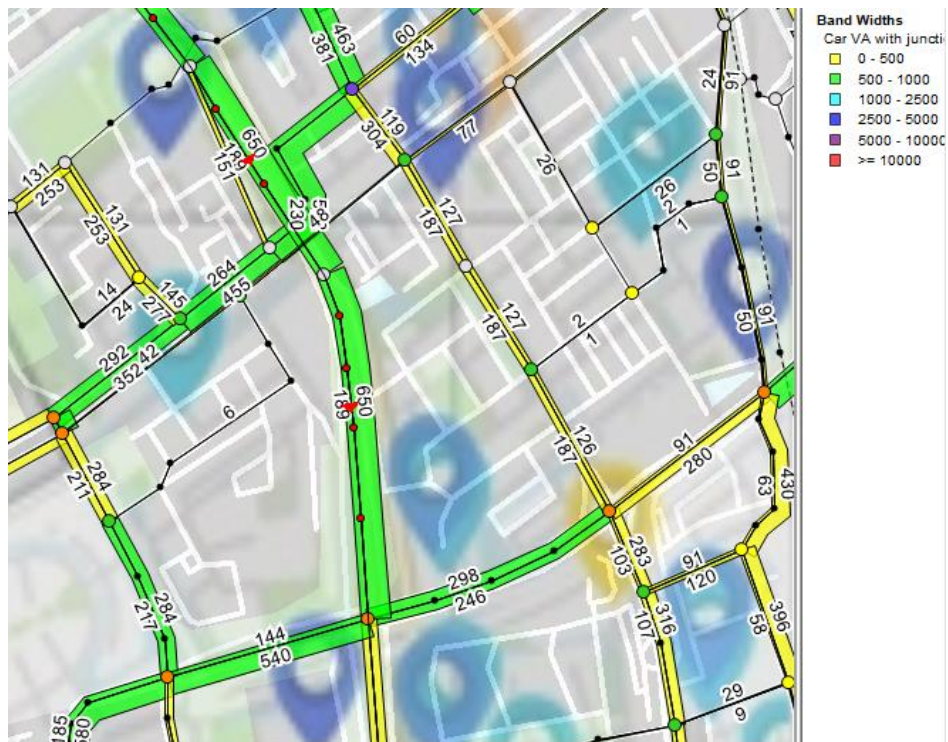
Mijnbouwstraat 25
2628 RV Delft

Bron: www.maps.google.nl &
www.zorgkaartnederland.nl

BIJLAGE 2: ROUTESIMULATIES

ROUTE 1: BEGIN BEATRIXLAAN RICHTING AFRIT TU DELFT.

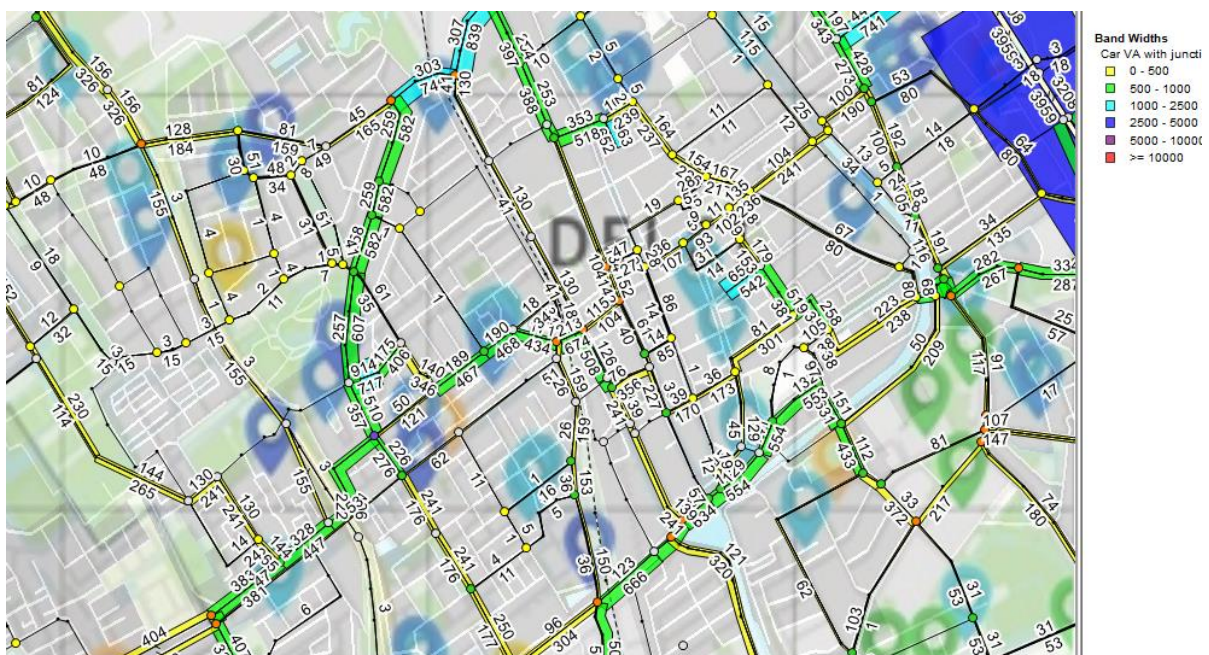


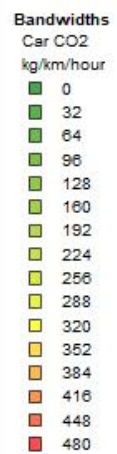
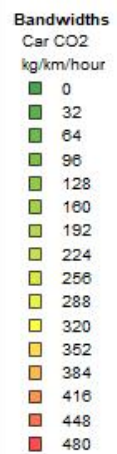


ROUTE 1: ALTERNATIEF

5 min meer reistijd

500 meter minder reisafstand





Vragen:

- Beeld: alternatieve route in met minder uitstoot op lokaal niveau

Stellingen

- Wenselijkheid locaties, extra factoren (afstand van wegen en andere wegeigenschappen)
- Het belang van gevoelige locaties is groter dan die van de hele stad
 - Politiek gevoelig. Meer belangen dan milieubelangen. Hoe belangrijk zijn die locaties dan?
Bijv: tijdens openingstijden van scholen zou je dit in kunnen voeren (Antea).
 - Wil je het verplaatsen naar een minder geschikte locatie? Politieke afwegingen gaan over meer dan gevoelige locaties.
 - Dit gaat slechts over inwoners van de stad met kleine marges. Veel mensen rijden juist door andere steden, zijn ze alsnog bereid om te rijden voor de belangen van anderen?
Evt. Beloningssysteem met kortingen vanuit de Gemeente.
 - Andere vertrektijden voorstellen op basis van drukte en te mijden locaties.
 - Scholen worden gekoppeld aan veiligheid, andere locaties hebben andere belangrijke factoren. Zo hebben woningen vooral last van lucht en geluid.
- Binnen STM is milieu belangrijker dan veiligheid
 - Hangt af van de gevoelige locatie, bij woningen uitstoot, bij scholen bijvoorbeeld veiligheid. Vooral milieu meenemen omdat dit makkelijker te verwerken in het model omdat het niet subjectief is.
 - Milieu is voor de lange adem, veiligheid is belangrijker omdat de gevolgen extremer zichtbaar zijn. Ongevallencijfers worden niet goed bijgehouden. Nu werken ze met mogelijke gevarenindicatoren aan de hand waarvan risico's ingeschat worden op een objectief meetbaar iets.
 - Wat vindt de gebruiker belangrijk om om te rijden? Milieueffecten of een veiligere route?
 - Flitsmeister ongevallen, inzichtelijk maken waar gevaar zit om mensen zo ver te krijgen om een alternatieve route te nemen. Óf alternatieve route nemen vs meer alert rijden na meldingen.
- Er is behoefte aan een slim navigatiesysteem dat rekening houdt met gevoelige locaties
 - Vanuit verkeer wil je mensen bepaalde routes laten rijden. Vanuit Smart Mobility gaat het niet alleen om routes, maar ook andere manieren van reizen.
 - Er is zeker behoefte aan het beïnvloeden van gebruikers, zowel voor manier van reizen als verschillende routes, snelheden etc.
 - Hoe veel mensen nemen nu een eco-route en hoe veel zijn bereid om deze STM route te nemen?

- In de praktijk is het concept STM haalbaar
 - Wel haalbaar, maar heel klein beginnen. Vanuit één punt of op één omgevingsaspect.
 - “Meten is weten” -> nu niet richten op getallen, deze kunnen anders zijn in 5 jaar, maar eerder letten op het systeem in het algemeen of het werkt überhaupt (STM). Zet een concept neer, kijk of het werkt in grote lijnen, ga dan pas letten op de cijfers.
 - “Kan je een gebruiker zijn bedrag wel beïnvloeden?” – gemeente delft
 - Discussiepunt: welke gevoelige locatie is nu belangrijker dan de ander? Een school is alleen “gevoelig” tijdens breng en ophaal tijden qua veiligheid bijvoorbeeld. Nu ligt de focus op dichte bebouwing langs belangrijke wegen.
 - Belang van gevoelige locaties; brengen we alle oversteekbewegingen etc. in kaart of kijken we in algemenere zin naar bijv. afstand tot de weg en drukte op die weg. – Delft
 - Voor nu: kijken naar woningblokken, niet naar belang van weerstanden per locatie.

Conclusie

- De hoeveelheid winst is niet meetbaar, maar er is wel vast te stellen dat er een positief effect is.
- Op zoek gaan naar eigen/maatschappelijk belang om mensen te stimuleren de STM route te laten nemen.
- Pilot beginnen met één locatie, onderscheid tussen één locatie koste wat kost mijden en een binnen alle redelijkheid om te zien wat het effect is.
- STM mag niet leiden tot opstoppen op andere plekken.
- Krijg je nu echt verschillende routes of zijn er bepaalde routes die altijd hetzelfde blijven?

Discussie/advies

- Kijken met een dynamisch model om verschil in drukte en tijdstippen te vergelijken.
- Met een select link kun je inzichtelijk maken waar verkeer vandaan komt en waar het heen gaat.
- Stimuleren van gebruikers voor verschillende routes, psychologische paragraaf.
- Hoe ver kunnen we gaan met prikkels en in hoeverre kunnen we daarmee andere routes laten rijden?
- Specifiek per doelgroep en locatie kijken naar beloningen voor gedrag.

- Stelling 1: Het belang van gevoelige locaties is groter dan die van de hele stad.
 - Wat is precies een gevoelige locatie? Willen we als stad die belangen hoger zetten. Ligt eigenlijk bij de politiek.
Je vraagt van iemand die misschien geen belang heeft bij de stad om rekening te houden met die inwoners. Dit zijn belangen van de gebruikers.
Proces voor de reis is ook van invloed, zoals reis plannen, hoe laat vertrekken, ov nemen wel of niet.
 - Politieke discussie wanneer omwonende vachtverkeer willen weren. Dit moet per situatie bekeken worden.
 - Scholen os vooral gericht op veiligheid, doorgaand verkeer wordt geweerd. Hier zit ook de tijd in, in de ochtend en middag komen ouders hun kinderen halen en brengen, over het algemeen met de auto. Vanuit de gemeente wordt het doorgaande verkeer zoveel mogelijk geremd rond deze locaties, maar dan komen er juist opstoppen door de ouders.
Voor de gemeente Delft zijn woningen een gevoelige locatie op het gebied van Lucht en geluid.
 - Wellicht een punten systeem vanuit de gemeente voor mensen die de gewenste route nemen.

- Stelling 2: Binnen STM is milieu belangrijker dan veiligheid.
 - Milieu is vooral gericht op de lange termijn, veiligheid is op maatschappelijk niveau veel belangrijker, stel je wordt aangereden en komt te overlijden of raakt verlamd kost dat ook veel voor de maatschappij. Veiligheid kan je niet loslaten bij verkeersmodellen. Net als alcohol in het verkeer. Denk ook na over de toepassing, je kan daarbij ook kiezen de snelste route, de kortste route etc.
 - Als een optie is: kies voor de veilige route of kies voor een milieubewuste route, wat wordt dan gekozen?
Veiligheid wordt door de burgers over het algemeen als het meest belangrijkst ervaren. Bij veiligheid is een gezamenlijk belang.
Zijn mensen er gevoelig voor als verteld wordt dat je langs een school rijden en dat dat voor lokale uitstoot zorgt.
 - Meldingen via de app (bijvoorbeeld flitsmeister) laten zien hoeveel ongelukken er op die weg zijn geweest. App zegt tegen jou dat er ergens een auto met pech staat, dus real live inspelen/crowdsourcing voor bijv u nadert een school/ andere gevoelige locatie, wilt u de veilige route nemen?
 - Elektrische auto's geven gelijk feedback op jouw gedrag, zoals als je te hard rijdt dat de auto aangeeft dat je stroom snel omlaag gaat = gedragstrigger
 - Neem de gedragsontwikkelingen mee in een verkeersmodel.

- Stelling 3: Er is behoefte aan een slim navigatiesysteem dat rekening houdt met gevoelige locaties.
 - Global warming potential, → op klimaat gericht. Kijken welke stof is het meest schadelijk : milieu/mensen.
 - We zien de ontwikkeling dat het niet alleen gaat om een route aan te bieden, maar juist gedragsverandering, slim navigatiesysteem kijkt ook naar.
 - Er is behoefte om weggebruikers te sturen. Er zijn nu veel meer technologische ontwikkelingen. Rand van de stad overstappunt. De keuze van de route is maar één onderdeel.

- Belang van de reiziger en de bewoners,. Mee eens dat je iets moet doen met de gevoelige locaties. Dus niet alleen kijken naar de doorstroom, maar ook de bewoners meenemen. (Afweging wie zijn belang is hoger? Van de gehele stad of de gevoelige locaties.
wanneer je een beloningssysteem toevoegt maak je het voor de gebruiker aantrekkelijk en belangrijk.
Kijken naar hoeveel de ECO route gebruikt wordt. (minder brandstof is ook positief/beloning voor de reiziger.). Kijken naar het onderzoek van Nine hoe je dat kan toevoegen in het systeem.
 - Technisch is het mogelijk om geluid en uitstoot te verwerken en of daar behoefte aan is : ja.
 - Vanuit de gemeente wordt de uitstoot berekend over 10 jaar.
- Stelling 4: In de praktijk is het concept STM haalbaar.
- Het moet in kleine stapjes gebeuren, dat we ons nu alleen richten op bijvoorbeeld fijnstof.
 - Je hoeft niet alles met precieze cijfers uit te rekenen, maar meer naar het systeem kijken en een verwachting uitspreken.
 - Zolang de alternatieve route de meest bewuste route *lijkt* dan kan je dat neerzetten, achteraf kan je nog aan de parameters draaien. Je moet niet alles stukberekenen. Wanneer er verbetering is, voeg je al iets toe.
 - Je wilt toetsen of de gebruiker zijn gedrag aan wil passen. Is wel een sleutel in dit systeem.
 - Delft kijkt naar veiligheid en uitstoot voor specifieke locaties. De intensiteit van de bebouwing speelt hierin een belangrijke rol. Vanuit den haag richting TU willen we eigenlijk bij Delft zuid eraf, maar ze gaan bij centrum delft eraf. Delft zuid is dan wat meer omrijden, maar wel wenselijk vanuit de gemeente.
 - Hoeveelheid verkeer langs woningen en de afstand van de weg tot aan de woningen (vanuit gemeente Delft).
 - Een woningblok als gevoelige locatie aanwijzen.
 - *Selected link, dan zie je waar voertuigen vandaan komen en waar ze heen gaan.
 - Advies : de pilot met 1 locatie proberen met 1 alternatieve route, maar wel binnen de bandbreedte van de weggebruikers.
 - Dynamisch model, zijn er verschillende routes, is de milieurote áltijd de beste keuze, welke route komt er altijd er als beste uit? Ongeachte verschillende situaties zoals weer (neerslag, zeewind etc). Beïnvloeding van de gebruikers ook heel belangrijk, financiële prikkel, of puntensysteem. Wat past per doelgroep daar het beste bij. Hoe groot is de trigger?
 - Eerst laten zien dat het model werkt. Wanneer je zon proef doet. Moet je iets doen met bewustwording.
 - Limburg: belonen in het verkeer. De doelgroep is wijkbewoners, als je niet sneller reed dan 30 dan ging er een euro in een collectief potje vanuit de gemeente voor bijvoorbeeld een speeltuin in de wijk.
Goed kijken wat je doelgroep is, bijvoorbeeld de TU (bijvoorbeeld gratis koffie). Wie is de dominante groep?