



**IFCO Funderingsexpertise BV**

**Limaweg 17  
2743 CB Waddinxveen**

**Tel: (0182) 646 646  
E-mail: mail@ifco.nl  
Web: www.ifco.nl**

PROGNOSE TRILLINGEN DOOR VERKEER OVER EEN VERKEERSDREMPEL.						
PROJECT: 30 KM/H GEBIED SCHIL DORDRECHT.						
<b>Revisie informatie:</b>						
Rev.	Status	Datum	Opgesteld door		Gecontroleerd door	
A	definitief	09-02-2018	P.A.M. Baarendse		Ir. T.K. Muller; J. Forman	
B	definitief	08-03-2018	P.A.M. Baarendse		Ir. T.K. Muller; J. Forman	
C	definitief	20-12-2018	P.A.M. Baarendse		J. Forman	

**Opdrachtgever: Gemeente Dordrecht  
Afdeling Stadsontwikkeling  
Postbus 8  
3300 AA Dordrecht**

**Referentie: R17AD002.001\_C.PB\_prognose.docx**

## **INHOUDSOPGAVE:**

<b>1</b>	<b>INLEIDING.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>BESCHIKBARE INFORMATIE.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PROJECTLOCATIE EN BELENDINGEN.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DREMPELS.....</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>BEOORDELING TRILLINGSHINDER.....</b>	<b>4</b>
5.1	SBR-RICHTLIJN A.....	4
5.2	SBR-RICHTLIJN B.....	6
<b>6</b>	<b>PROGNOSE TRILLINGEN.....</b>	<b>7</b>
6.1	ALGEMEEN.....	7
6.2	OPZET TRILLINGSPROGNOSE.....	7
6.3	UITGANGSPUNTEN.....	8
6.4	BODEMOPBOUW.....	8
6.5	TRILLINGSPROGNOSE.....	9
6.6	OPMERKINGEN.....	10
<b>7</b>	<b>PROGNOSE TRILLINGEN PER LOCATIE.....</b>	<b>11</b>
7.1	LOCATIE 1.....	11
7.2	LOCATIE 2.....	11
7.3	LOCATIE 3.....	11
7.4	LOCATIE 4.....	11
7.5	LOCATIE 5.....	12
7.6	LOCATIE 6.....	12
7.7	LOCATIE 7.....	12
7.8	LOCATIE 8.....	12
7.9	LOCATIE 9.....	12
7.10	LOCATIE 10.....	12
7.11	LOCATIE 11.....	13
7.12	LOCATIE 12.....	13
7.13	LOCATIE 13.....	13
7.14	LOCATIE 14.....	13
7.15	LOCATIE 15.....	13
7.16	LOCATIE 16.....	13
<b>8</b>	<b>SAMENVATTING EN CONCLUSIES.....</b>	<b>14</b>
	<b>BIJLAGEN.....</b>	<b>15</b>

## **1 Inleiding.**

4RISK en IFCO Funderingsexpertise hebben opdracht ontvangen van Gemeente Dordrecht om ten behoeve van het project “30 km/h gebied Schil” te Dordrecht een prognose te geven van de trillingen, welke mogelijk worden veroorzaakt door verkeer over een verkeersdrempel.

Voor het betreffende project wordt door 4Risk en IFCO middels het opstellen van een risicoanalyse en een trillingsprognose inzichtelijk gemaakt wat de invloed van trillingen op belendingen is bij de aanleg van verkeersdrempels op 16 locaties in De Schil in Dordrecht.

Onderhavige rapportage betreft de trillingsprognose. Hierin worden op basis van de IFCO-database en een door IFCO ontwikkeld empirisch rekenmodel de maximum trillingen bepaald, welke worden veroorzaakt door rijdend verkeer over een verkeersdrempel. Er zijn vooraf geen trillingsmetingen uitgevoerd op een vergelijkbare locatie in Dordrecht.

Het doel van de trillingsprognose is om per locatie aan te geven vanaf welke afstand tussen belending en verkeersdrempel de trillingen naar verwachting voldoen aan SBR-richtlijn A (schade aan gebouwen), waardoor de kans op het ontstaan van trillingschade aanvaardbaar klein is.

Gemeten trillingen in een gebouw kunnen ook worden getoetst aan SBR-richtlijn B (hinder voor personen). Het voorspellen van deze trillingen middels een prognose is zeer lastig uitvoerbaar, omdat hier relatief veel factoren een rol spelen. Deze leveren een te grote bandbreedte op en geven daardoor een onvoldoende betrouwbaar beeld van de te verwachte daadwerkelijke trillingen. Wanneer op een vergelijkbare locatie en onder gelijkwaardige omstandigheden een trillingsmeting wordt uitgevoerd conform SBR-richtlijn B, kunnen deze resultaten worden gebruikt om een voorspelling te doen van de trillingen op verschillende afstanden.

## **2 Beschikbare informatie.**

Voor het opstellen van de trillingsprognose wordt gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- [1] Document “20171012 Drempels.pdf” van Ingenieursbureau Drechtsteden met daarin een overzicht van de 12 locaties van de drempels;
- [2] Document “20171012 Overzichttekening.pdf” van Ingenieursbureau Drechtsteden met daarin op kaart aangegeven de 12 locaties van de drempels;
- [3] Sonderingen Hallincqlaan 30 te Dordrecht;
- [4] Sonderingen Nicolaas Maessingel 125A te Dordrecht;
- [5] Sonderingen Vrieseweg 80 te Dordrecht;
- [7] Diverse sonderingen van het projectgebied welke zijn verkregen uit het DINOloket;
- [8] Funderingsgegevens 12 locaties 19<sup>e</sup>-eeuwse Schil te Dordrecht;
- [9] Inventarisatie bouwkundige staat belendingen door 4Risk;
- [10] Gegevens monumentale status belendingen middels diverse websites en middels inventarisatie bouwkundige staat belendingen door 4Risk;
- [11] Document “120 - inventarisatie monumenten en beeldbepalende panden” van de gemeente Dordrecht;
- [12] Resultaten van gemeten verkeersintensiteiten Schil in 2012 en 2017 van de gemeente Dordrecht;
- [13] Document “Sinusdrempels” van Gemeente Dordrecht met daarin een overzicht van de 16 locaties voor de drempels.

### 3 Projectlocatie en belendingen.

De 16 locaties die momenteel in aanmerking komen voor de aanleg van een verkeersdrempel zijn gelegen in De Schil in Dordrecht.

De belendingen op onderstaande adressen bevinden zich op de kortste afstand tot de drempellocaties:

- Locatie 1: Albert Cuypsingel 310, 312 & 351, 353
- Locatie 2: Albert Cuypsingel 296 & 309-317
- Locatie 3: Albert Cuypsingel 276, 278, 280 & 285, 287, 289
- Locatie 4: Nicolaas Maessingel 240A, 242, 242A & 229-239, 241
- Locatie 5: Nicolaas Maessingel 214, 216 & 207, 209-209C
- Locatie 6: Ferdinand Bolsingel 160-164 & 173, 175, 179
- Locatie 7: Ferdinand Bolsingel 126-128 & 131, 133
- Locatie 8: Samuel van Hoogstratensingel 96, 98 & 99
- Locatie 9: Samuel van Hoogstratensingel 80, 82 & 87
- Locatie 10: Samuel van Hoogstratensingel 71
- Locatie 11: Sint Jorisweg 76 & 57, 59
- Locatie 12: Sint Jorisweg 26, 28, 30 & 15, 17, 21
- Locatie 13: Groenedijk 52, 54
- Locatie 14: Groenedijk 33 & Hallinghof 9
- Locatie 15: Hallincqlaan 14, 16 & 7, 9, 11
- Locatie 16: Stooplaan 24, 26, 28 & 15, 17, 19

In de trillingsprognose worden de te verwachte trillingen door verkeer over een drempel getoetst aan de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A. Voor het bepalen van de toelaatbare trillingswaarden dienen de belendingen te worden ingedeeld in een bepaalde categorie bouwwerk, zie ook hoofdstuk 5. Wanneer een pand zich in een redelijke tot goede bouwkundige staat bevindt, wordt deze geplaatst in categorie 2. Belendingen in een slechte bouwkundige staat en/of belendingen met een monumentaal karakter worden geplaatst in categorie 3.

Op 6 november 2017 en in november/december 2018 zijn door 4Risk en de gemeente Dordrecht de belendingen nabij de 16 drempellocaties visueel geïnspecteerd om een indruk te krijgen van het type belending en de bouwkundige staat ervan.

Volgens de beschikbare informatie bevinden zich in het gebied enkele monumentale panden.

Via Gemeente Dordrecht en via internet is informatie verkregen over de funderingswijze van de belendingen.

### 4 Drempels.

In het onderhavige geval wordt de zogenaamde sinusdrempel beschouwd. Er wordt van uitgegaan dat de drempels over de gehele breedte van de weg worden toegepast.

Het betreft een sinusdrempel 30. Deze drempel heeft een hoogte van 0,08 m en een lengte van 3,50 m. De drempels zijn niet onderheid.



## 5 Beoordeling trillingshinder.

### 5.1 SBR-richtlijn A.

Met betrekking tot het aspect “schade aan gebouwen” worden de trillingen beoordeeld aan de hand van SBR-richtlijn A.

SBR-richtlijn A onderscheidt de volgende categorieën bouwwerken:

- Cat. 1: in goede staat verkerende gebouwen van beton of hout, dan wel gebouwen waarin onderdelen zijn verwerkt van beton of hout. Constructies van metselwerk, geen gebouw zijnde, vallen ook in deze categorie.
- Cat. 2: gebouwen van metselwerk in goede staat of gebouwen waarin gemetselde onderdelen in goede staat voorkomen.
- Cat. 3: oude en monumentale gebouwen met een grote cultuurhistorische waarde, dan wel gebouwen van metselwerk in slechte staat of gebouwen waarin gemetselde onderdelen in slechte staat voorkomen. Omstandigheden die duiden op een slechte bouwkundige staat zijn bijvoorbeeld: reeds aanwezige forse scheur- of kiervorming, sterke vervormingen, verzakkingen en scheefstand.

De funderingswijze van een gebouw of constructie is niet van invloed op de indeling ervan in een bepaalde categorie van SBR-richtlijn A.

In onderhavige trillingsprognose wordt uitgegaan van panden in categorie 2 en 3.

SBR-richtlijn A onderscheidt een drietal meetprocedures die in omvang verschillen. Het zijn:

- De indicatieve meting. Hierbij wordt gemeten in 1 meetpunt in een stijf deel van de draagconstructie op begane grondniveau, ter plaatse van de kortste afstand tot de trillingsbron. De meting wordt in drie richtingen (x, y en z) uitgevoerd.
- De beperkte meting. Hierbij wordt gemeten in 2 meetpunten. Het eerste meetpunt komt overeen met dat van de indicatieve meting. Het tweede meetpunt wordt gekozen op de bovenste verdieping in een stijf deel recht boven het eerste meetpunt. Ter plaatse van het eerste meetpunt wordt gemeten in drie richtingen (x, y en z), ter plaatse van het tweede meetpunt in twee richtingen (x en y).
- De uitgebreide meting. Hierbij wordt gemeten in stijve punten van de draagconstructie die horizontale of verticale hart-op-hart afstanden van maximaal 10 m uit elkaar liggen. Op de begane grond wordt in 3 richtingen (x, y en z) gemeten, op de bovenverdiepingen in 2 richtingen (x en y). Bovendien dient te worden gemeten in 1 richting in het midden van enkele overspanningen van kolommen, vloeren en wanden die tot de draagconstructie behoren. Eventueel mag, indien goed gemotiveerd, met minder meetpunten worden volstaan, mits minimaal 4 à 6 meetpunten worden toegepast.

Volgens SBR-richtlijn A is de kans op trillings schade aanvaardbaar klein (< 1 %) in het geval de trillingen kleiner zijn dan de uit de richtlijn af te leiden toelaatbare waarden. Wanneer in een gebouw op meer meetpunten wordt gemeten, mogen ter plaatse van de meetpunten hogere trillingen worden toegelaten, omdat bij toepassing van meer meetpunten de kans kleiner wordt dat elders in het gebouw hogere trillingen optreden. Op grond van deze filosofie mogen bij uitvoering van een uitgebreide trillingsmeting de hoogste trillingen worden toegelaten en bij uitvoering van een indicatieve meting de laagste.

In het algemeen worden ter controle van de optredende trillingen indicatieve trillingsmetingen uitgevoerd aan de draagconstructie van een gebouw op de begane grond.

Trillingen veroorzaakt door wegverkeer (over een drempel) zijn herhaald kortdurende trillingen. Meer dan 15 jaar meetervaring heeft geleerd dat trillingen veroorzaakt door verkeer gemiddeld veelal een frequentie bezitten van circa 10 Hz.

In onderstaande tabel 5-1 wordt aangegeven welke herhaald kortdurende trillingen volgens SBR-richtlijn A toelaatbaar zijn, uitgaande van een indicatieve trillingsmeting.

<b>TABEL 5-1 : SBR-richtlijn A : Toelaatbare herhaalde kortdurende trillingen in mm/s aan de draagconstructie op de begane grond bij een indicatieve trillingsmeting</b>							
Onderdeel	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 1	8,33	9,38	10,42	11,46	12,50	13,54	14,58
categorie 2	2,08	2,60	3,13	3,65	4,17	4,69	5,21
categorie 3	1,25	1,51	1,77	2,03	2,29	2,55	2,81
fundering (verdichting zand)	15,92	10,61	7,96	6,37	5,31	4,55	3,98

Uitgaande van een frequentie van 10 Hz is volgens tabel 5-1, bij uitvoering van een indicatieve meting aan een gebouw in categorie 2 een maximum trilling toelaatbaar van 2,08 mm/s. Bij een gebouw in categorie 3 is dat 1,25 mm/s.

Wanneer bij het uitvoeren van een indicatieve meting de trillingen voldoen aan SBR-richtlijn A, bestaat in het algemeen het minste risico op trillingschade. In het geval bij een indicatieve meting de trillingen niet voldoen aan de richtlijn, verdient het overweging om een uitgebreide meting uit te voeren, waardoor overeenkomstig SBR-richtlijn A 60 % hogere trillingen toegelaten mogen worden. Conform de SBR-richtlijn blijft in dat geval de kans op trillingschade < 1 %. Bij het uitvoeren van een beperkte meting zijn slechts 14 % hogere trillingen toelaatbaar.

In onderstaande tabel 5-2 wordt aangegeven welke herhaald kortdurende trillingen volgens SBR-richtlijn A toelaatbaar zijn, uitgaande van een uitgebreide trillingsmeting.

<b>TABEL 5-2 : SBR-richtlijn A : Toelaatbare herhaalde kortdurende trillingen in mm/s aan de draagconstructie op de begane grond bij een uitgebreide trillingsmeting</b>							
Onderdeel	1-10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz
categorie 1	13,33	15,00	16,67	18,33	20,00	21,67	23,33
categorie 2	3,33	4,17	5,00	5,83	6,67	7,50	8,33
categorie 3	2,00	2,42	2,83	3,25	3,67	4,09	4,50
fundering (verdichting zand)	15,92	10,61	7,96	6,37	5,31	4,55	3,98

Uitgaande van een frequentie van 10 Hz is volgens tabel 5-2, bij uitvoering van een uitgebreide meting aan een gebouw in categorie 2 een maximum trilling toelaatbaar van 3,33 mm/s. Bij een gebouw in categorie 3 is dat 2,00 mm/s.

Wanneer de trillingen voldoen aan de waarden uit SBR-richtlijn A, is het onwaarschijnlijk dat als gevolg van trillingen schade optreedt. Dit wil niet zeggen dat bij overschrijding van de grenswaarden er zeker wel schade optreedt. Indien schade door trillingen ontstaat, is dit in het algemeen zogenaamde cosmetische schade. Hieronder wordt verstaan haarscheurtjes in pleister-, tegel- en metselwerk, alsmede naadvorming langs kozijnen en plafonds, etc. De kans op constructieve trillingschade is in het algemeen zeer gering.

## 5.2 SBR-richtlijn B.

Met betrekking tot het aspect “hinder voor personen” worden trillingen beoordeeld aan de hand van SBR-richtlijn B. In SBR-richtlijn B wordt onderscheid gemaakt in de duur van de periode waarin de trillingen voorkomen, te weten een lange en een korte periode. Wanneer sprake is van een lange periode wordt tevens onderscheid gemaakt in gebouwfuncties, dag- en nachtperioden, type trillingen en bestaande of nieuwe situaties.

In onderstaande tabel 5-3 worden de streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen gegeven over lange perioden in gebouwen, uitgaande van een nieuwe situatie (nieuwe drempel).

TABEL 5-3 : Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen voor nieuwe situaties gedurende een lange periode						
Gebouwfunctie	dag & avond (7:00 uur - 19:00 uur - 23:00 uur)			nacht (23:00 uur - 7:00 uur)		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1. Gezondheidszorg	0,10	0,40	0,05	0,10	0,20	0,05
2. Wonen	0,10	0,40	0,05	0,10	0,20	0,05
3. Onderwijs en kantoor	0,15	0,60	0,07	0,15	0,60	0,07
4. Bijeenkomst	0,15	0,60	0,07	0,15	0,60	0,07
5. Kritische werkruimte	0,10	0,10	----	0,10	0,10	----

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte ( $v_{\text{eff, max}}$ ) [dimensieloos].

A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte ( $v_{\text{eff, max}}$ ) [dimensieloos].

A3 = streefwaarde voor de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde ( $v_{\text{per}}$ ) [dimensieloos].

Volgens SBR-richtlijn B mogen de trillingen voor personen in het algemeen als toelaatbaar worden beschouwd als wordt voldaan aan één van de volgende twee voorwaarden:

1. De  $v_{\text{eff, max}}$  in een ruimte moet kleiner zijn dan A1.
2. De  $v_{\text{eff, max}}$  in een ruimte moet kleiner zijn dan A2, waarbij  $v_{\text{per}}$  kleiner is dan A3.

De beoordeling van trillingen met betrekking tot hinder is een gecompliceerde materie. Onder bepaalde omstandigheden kunnen trillingen als hinderlijk worden aangemerkt, zodra zij door de mens worden opgemerkt. In andere situaties zal pas sprake zijn van hinder als de trillingen een zodanige sterkte hebben dat zij bepaalde werkzaamheden verstoren of bemoeilijken. Ook gewenning speelt een rol bij de acceptatie van een bepaalde trillingssterkte.

Omdat grenswaarden voor trillingshinder niet scherp gedefinieerd kunnen worden, wordt in SBR-richtlijn B gesproken over streefwaarden. Als de trillingssterkte onder deze streefwaarden blijft, mag verwacht worden dat er in de meeste situaties geen hinder zal optreden.

Bij trillingsmetingen conform SBR-richtlijn B wordt bij voorkeur op vloervelden in een gebouw gemeten. Deze meetlocaties wijken af van de meetlocaties bij metingen conform SBR-richtlijn A.

## 6 Prognose trillingen.

### 6.1 Algemeen.

Door wegverkeer over een drempel kunnen trillingen worden opgewekt die zich via de bodem voortplanten en waarvan de grootte afneemt bij toename van de afstand tot de weg waarvan het verkeer gebruik maakt. Deze trillingen worden in een gedempte vorm doorgegeven aan een gebouw, dat daardoor wordt blootgesteld aan een zekere mate van trillingsbelasting.

IFCO is sinds 1988 jaarlijks betrokken bij meerdere trillingsmetingen op diverse locaties verspreid over Nederland. De resultaten van de trillingsmetingen zijn gerangschikt naar het type trillingsbron en de afstand tussen het meetpunt en de trillingsbron, waarna uit deze gegevens een relatie tussen de afstand van de trillingsbron tot het meetpunt en de snelheidsamplitude van de trilling is afgeleid. Dit is vertaald naar verschillende IFCO-prognosegrafieken.

Uit de metingen is gebleken dat trillingen door verkeer over een drempel een vrij grote bandbreedte hebben. Dit heeft te maken met het feit dat de grootte van de trillingen in het gebouw onder meer afhangen van:

- De constructie en zwaarte van het gebouw.
- De funderingswijze van het gebouw.
- De bodemopbouw ter plaatse van de drempel en het gebouw.
- De snelheid en zwaarte van het verkeer.
- De hoogte en helling van de drempel.
- De vlakheid en soort verharding van de weg.

### 6.2 Opzet trillingsprognose.

Aangezien voor het onderhavige project (nog) geen trillingsmetingen konden worden uitgevoerd op een vergelijkbare locatie, wordt ten behoeve van de trillingsprognose de IFCO-prognosegrafiek voor verkeer over een drempel als basis beschouwd. Deze prognosegrafiek bevat diverse resultaten van trillingsmetingen aan gebouwen bij verkeer over een verkeersdrempel. Deze grafiek betreft een gemiddelde, waarin verschillende typen voertuigen, gebouwen en drempels zijn opgenomen.

Voor het bepalen van de te verwachten trillingen door verkeer over een drempel wordt bovengenoemde grafiek als basis gehanteerd. Hierbij wordt de invloed van de volgende factoren (indien bekend) beschouwd:

1. Type en bouwkundige staat belendingen.
2. Funderingswijze belendingen.
3. Bodemopbouw.

Door de invloed van bovengenoemde factoren toe te passen op de IFCO-prognosegrafiek wordt per locatie aangegeven op welke afstand tussen de drempel en de belendingen de maximum te verwachten trillingen voldoen aan de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A, uitgaande van de waarden die horen bij een indicatieve trillingsmeting. Dit wordt gedaan voor gebouwen in categorie 2 en gebouwen in categorie 3.

Hierbij zijn met name de funderingswijze en bouwkundige staat van de panden van belang.

Opgemerkt wordt dat de kans op het ontstaan van zettingen ter plaatse van belendingen met deze wijze van prognosticeren niet kan worden vastgesteld.



### 6.3 Uitgangspunten.

De trillingsprognose geldt voor gemetselde/betonnen gebouwen van 2 à 4 bouwlagen. Wanneer een gebouw hoger is, is de gemiddelde belasting op de ondergrond per eenheid van oppervlakte groter. Dat betekent dat bij levering van dezelfde hoeveelheid energie de trillingen in het gebouw kleiner zijn dan uit de prognose volgt. Wanneer een gebouw lager is, is de gemiddelde belasting op de ondergrond per eenheid van oppervlakte kleiner. Dat betekent dat bij levering van dezelfde hoeveelheid energie de trillingen in het gebouw groter zijn dan uit de prognose volgt. Uit de inventarisatie blijkt dat de belendingen bestaan uit 2 à 4 bouwlagen.

De te verwachten trillingen gelden voor een stijf onderdeel van het gebouw ter hoogte van de begane grondverdieping.

Bij trillingen door wegverkeer over niet onderheide drempels zijn de trillingen aan/in een gebouw op palen in het algemeen lager dan aan/in een gebouw op staal.

Er wordt uitgegaan van een gemiddeld verkeersbeeld, dus zowel personenverkeer als vrachtverkeer. Er wordt van uitgegaan dat het verkeer niet harder rijdt dan 50 km/u. Deze uitgangspunten komen redelijk goed overeen met het door de gemeente uitgevoerde onderzoek naar verkeersintensiteiten in 2012 en 2017.

De trillingsprognose waarover wordt gerapporteerd is een zogenaamde “best guess”, wat betekent dat een zo goed mogelijke inschatting van de trillingen wordt gegeven op basis van de IFCO-prognosegrafiek.

### 6.4 Bodemopbouw.

Op basis van de beschikbaar gestelde sonderingen kan de bodemopbouw in het hele gebied als volgt worden beschreven:

- Het maaiveld (weghoogte) bevindt zich op ongeveer NAP +0,5 à -1,0 m.
- Van NAP +0,5 à -1,0 m tot NAP -2,0 m is een topzandlaag aanwezig (soms met puin en klei).
- Van NAP -2,0 m tot NAP -12,0 à -13,0 m zijn slappe klei- en veenlagen aanwezig.
- Vanaf NAP -12,0 à -13,0 m is een (vast) zandpakket aanwezig.

De beschikbare sonderingen zijn voor een groot deel gemaakt ter plaatse van of nabij de te beschouwen locaties. Uit de sonderingen blijkt dat de bodemopbouw voor de 16 locaties vrijwel gelijk is.

Gelet op de bodemopbouw zullen de trillingen die ontstaan door de drempels voornamelijk via de topzandlaag worden doorgegeven aan de belendingen.

## 6.5 Trillingsprognose.

Voor het opstellen van een prognose van de trillingen die worden veroorzaakt door het rijden van verkeer over een drempel, wordt de IFCO-prognosegrafiek voor drempels als basis beschouwd.

Voor panden gefundeerd op palen wordt een factor van 0,8 toegepast op de prognoselijijn.

Voor panden gefundeerd op staal wordt een factor van 1,3 toegepast op de prognoselijijn.

Panden in een redelijke tot goede bouwkundige staat worden geplaatst in categorie 2 van SBR-richtlijn A. Panden in een slechte bouwkundige staat en panden met een monumentale status worden geplaatst in categorie 3 van SBR-richtlijn A.

In onderstaande tabellen 6-1 en 6-2 worden de absolute waarden van de maximum trillingen (in mm/s) aan gebouwen vermeld, die in de praktijk worden verwacht bij passerend verkeer over een drempel. Hierbij is onderscheid gemaakt in gebouwen die zijn gefundeerd op palen en gebouwen die zijn gefundeerd op staal. In de kolom behorend bij factor 1,0 worden de te verwachten trillingen volgens de standaard IFCO-prognosegrafiek voor drempels vermeld. In bijlage I wordt de betreffende prognosegrafiek toegevoegd.

TABEL 6-1 : Prognose maximum trillingen bij verkeer over een drempel, uitgaande van gebouwen gefundeerd op palen				
factor →	1,0	0,8	Voldoet aan SBR-richtlijn A	
Afstand uit drempel [m] ↓	Verwachte maximum trillingen [mm/s] ↓		Categorie 2	Categorie 3
<b>1,5</b>	2,60	<b>2,08</b>	ja	nee
2,5	2,10	1,70	ja	nee
<b>5,0</b>	1,60	<b>1,25</b>	ja	<b>ja</b>
10,0	1,15	0,95	ja	ja
16,0	0,95	0,75	ja	ja
20,0	0,90	0,70	ja	ja
30,0	0,70	0,55	ja	ja

TABEL 6-2 : Prognose maximum trillingen bij verkeer over een drempel, uitgaande van gebouwen gefundeerd op staal				
factor →	1,0	1,3	Voldoet aan SBR-richtlijn A	
Afstand uit drempel [m] ↓	Verwachte maximum trillingen [mm/s] ↓		Categorie 2	Categorie 3
1,5	2,60	3,40	nee	nee
2,5	2,10	2,75	nee	nee
<b>5,0</b>	1,60	<b>2,08</b>	<b>ja</b>	nee
10,0	1,15	1,50	ja	nee
<b>16,0</b>	0,95	<b>1,25</b>	ja	<b>ja</b>
20,0	0,90	1,15	ja	ja
30,0	0,70	0,90	ja	ja

In onderstaande tabel 6-3 wordt op basis van de prognose kort samengevat op welke afstand uit de drempel de te verwachten maximum trillingen voldoen aan de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A.

<b>TABEL 6-3 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, uitgaande van een gebouw in categorie 2 en 3</b>		
	Categorie 2	Categorie 3
Fundering op palen	1,5 m	5,0 m
Fundering op staal	5,0 m	16,0 m

## 6.6 Opmerkingen.

- Een aantal van de beschouwde belendingen is geplaatst in categorie 3, omdat deze een monumentale status hebben. Het feit dat een pand wordt geplaatst in categorie 3 betekent niet automatisch dat de kans op schade groter is dan bij een pand in categorie 2. Het betreft slechts een extra veiligheid om schade zoveel mogelijk te voorkomen. In de praktijk is de bouwkundige staat van een monumentaal pand regelmatig gelijkwaardig aan de bouwkundige staat van een pand dat is geplaatst in categorie 2.
- In de prognose is onderscheid gemaakt in panden gefundeerd op palen en panden gefundeerd op staal. De staat van de fundering (goed of slecht) is vrijwel niet van invloed op de overdracht van trillingen naar een gebouw, zolang de fundering nog is aangesloten op de constructie van het gebouw. Een slechte fundering kan wel de oorzaak zijn van eventuele zichtbare (zettings)schade aan een gebouw. In dat geval wordt het betreffende gebouw veelal geplaatst in categorie 3.
- In de prognose is uitgegaan van de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A behorende bij een indicatieve meting. Dit zijn de strengste waarden. Wanneer wordt uitgegaan van de waarden behorende bij een uitgebreide meting, zal de afstand waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A ongeveer met een factor 3 kleiner zijn. Conform de richtlijn blijft in dat geval de kans op trillingschade aanvaardbaar klein (< 1 %).
- De IFCO-prognosegrafiek voor drempels is enigszins conservatief is opgesteld. De kans is derhalve aanwezig dat de trillingen in de praktijk lager uitvallen dan genoemd in de prognose.

## 7 Prognose trillingen per locatie.

Navolgend wordt per locatie op basis van de trillingsprognose en de inventarisatie van de belendingen aangegeven vanaf welke afstand van de drempel tot de gebouwen de trillingen naar verwachting voldoen aan de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A, uitgaande van een indicatieve meting.

Volgens SBR-richtlijn A is de kans op trillingsschade aan gebouwen aanvaardbaar klein (< 1 %) in het geval de trillingen voldoen aan de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A.

### 7.1 Locatie 1.

<b>TABEL 7-1 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 1</b>			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Albert Cuypsingel 310, 312	palen	3	5,0 m
Albert Cuypsingel 351, 353	palen	2	1,5 m

### 7.2 Locatie 2.

<b>TABEL 7-2 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 2</b>			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Albert Cuypsingel 296	palen	2	1,5 m
Albert Cuypsingel 309-317	palen	2	1,5 m

### 7.3 Locatie 3.

<b>TABEL 7-3 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 3</b>			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Albert Cuypsingel 276, 278, 280	palen	3	5,0 m
Albert Cuypsingel 285, 287	palen	2	1,5 m
Albert Cuypsingel 289	palen	3	5,0 m

### 7.4 Locatie 4.

<b>TABEL 7-4 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 4</b>			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
N. Maessingel 240A-242, 244	onbekend/palen	2	1,5 m
N. Maessingel 229-233, 241	palen	2	1,5 m

### 7.5 Locatie 5.

TABEL 7-5 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 5			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
N. Maessingel 214, 216	palen	3	5,0 m
N. Maessingel 207	palen	3	5,0 m
N. Maessingel 209	palen	2	1,5 m

### 7.6 Locatie 6.

TABEL 7-6 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 6			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
F. Bolsingel 160, 164	palen	2	1,5 m
F. Bolsingel 173, 175, 179	staal	2	5,0 m

### 7.7 Locatie 7.

TABEL 7-7 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 7			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
F. Bolsingel 126, 128	palen	2	1,5 m
F. Bolsingel 131, 133	palen	2	1,5 m

### 7.8 Locatie 8.

TABEL 7-8 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 8			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
S. van Hoogstratensingel 96, 98	palen	2	1,5 m
S. van Hoogstratensingel 99	palen	3	5,0 m

### 7.9 Locatie 9.

TABEL 7-9 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 9			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
S. van Hoogstratensingel 80, 82	onbekend/staal	2	5,0 m
S. van Hoogstratensingel 87	palen	3	5,0 m

### 7.10 Locatie 10.

TABEL 7-10 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 10			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
S. van Hoogstratensingel 71	palen	2	1,5 m

### 7.11 Locatie 11.

TABEL 7-11 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 11			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Sint Jorisweg 76	onbekend/palen	3	5,0 m
Sint Jorisweg 57, 59	palen	2	1,5 m

### 7.12 Locatie 12.

TABEL 7-12 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 12			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Sint Jorisweg 26, 28, 30	palen	2	1,5 m
Sint Jorisweg 15, 17, 21	palen	2	1,5 m

### 7.13 Locatie 13.

TABEL 7-13 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 13			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Groenedijk 52, 54	palen	2	1,5 m

### 7.14 Locatie 14.

TABEL 7-14 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 14			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Groenedijk 33	palen	2	1,5 m
Hallincqhof 9	onbekend/palen	3	5,0 m

### 7.15 Locatie 15.

TABEL 7-15 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 15			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Hallincqlaan 14, 16	staal	3	16,0 m
Hallincqlaan 7, 9, 11	palen	2	1,5 m

### 7.16 Locatie 16.

TABEL 7-16 : Afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A, locatie 16			
Adres	Funderingswijze	Categorie gebouw	Afstand
Stooplaan 24, 26, 28	palen	2	1,5 m
Stooplaan 15, 17, 19	palen	2	1,5 m

## 8 Samenvatting en conclusies.

Voor het project “30 km/h gebied Schil” te Dordrecht heeft IFCO een trillingsprognose opgesteld van de te verwachten maximum trillingen, welke worden veroorzaakt door verkeer over een verkeersdrempel. Dit is gedaan voor een 16-tal locaties in het betreffende gebied.

De hoogte van de maximum trillingen aan gebouwen veroorzaakt door passerend verkeer is afhankelijk van diverse factoren. Er dient derhalve rekening te worden gehouden met enige variatie in hoogte van trillingen en afstanden waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A.

Voor het onderhavige project zijn vooraf geen trillingsmetingen uitgevoerd op een vergelijkbare locatie. De prognose is derhalve gebaseerd op de IFCO-prognosegrafiek. Deze grafiek komt voort uit een database met meetresultaten van door IFCO uitgevoerde trillingsmetingen bij verkeer over een drempel. Op basis van de beschikbare gegevens is voor het onderhavige project zo goed mogelijk een prognose gegeven van de te verwachte maximum trillingen.

Uit de prognose volgt voor de locaties 1 t/m 14 en 16 dat op een afstand van 1,5 à 5,0 m uit de drempel de trillingen naar verwachting voldoen aan de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A.

Uit de prognose volgt voor locatie 15 dat op een afstand van 1,5 à 16,0 m uit de drempel de trillingen naar verwachting voldoen aan de toelaatbare waarden uit SBR-richtlijn A. De afstand van 16,0 m geldt voor de panden aan de Hallincqulaan 14 en 16, omdat deze volgens opgave zijn gefundeerd op staal en worden geplaatst in categorie 3 van SBR-richtlijn A. De bouwkundige staat van deze panden is op het oog redelijk tot goed. Op basis daarvan zouden ze geplaatst mogen worden in categorie 2 en geldt een afstand van 5,0 m waarbij wordt voldaan aan SBR-richtlijn A. Omdat het gemeentelijke monumenten betreft, worden de panden echter geplaatst in categorie 3.

Volgens SBR-richtlijn A is het optreden van schade als gevolg van trillingen onwaarschijnlijk, indien wordt voldaan aan de grenswaarden. Overschrijding van de grenswaarden leidt echter niet direct tot schade.

Op basis van de risicoanalyse en trillingsprognose heeft de aanleg van sinusdrempels op de 16 beschouwde locaties naar verwachting geen negatieve invloed met betrekking tot trillingsschade aan gebouwen.

Toetsing van de trillingen aan SBR-richtlijn B (hinder voor personen) is niet in deze rapportage opgenomen, omdat er vooraf geen trillingsmetingen zijn uitgevoerd op een vergelijkbare locatie.

Waddinxveen, 20 december 2018,



P.A.M. Baarendse  
IFCO Funderingsexpertise BV

## **Bijlagen.**

- I. IFCO-prognosegrafiek.



## BIJLAGE I

IFCO-prognosegrafiek.

IFCO prognosegrafiek // Relatie verkeerstrillingen - afstand / SBR-A. (17AD002.001.PB.sgp)

