

MER SLOEWEG

TECHNISCH DEELRAPPORT - TRILLINGEN

Uitgave

Het Technisch Deelrapport Trillingen is een uitgave van de Provincie Zeeland

Inhoud en Productie

Provincie Zeeland

Resource Analysis, Antwerpen (B)

Print

Provincie Zeeland

Realisatie

Lievens Communicatie, Middelburg

Middelburg, november 2007

Informatiepunt Sloeweg (N62): 0118 65 51 91

www.zeeland.nl/sloeweg

INHOUD

0	Voorwoord / Beleidssamenvatting	iii
1.	Inleiding.....	1
1.1	Doelstelling rapport	1
1.2	Leeswijzer	1
2.	Methodiek.....	2
2.1	Richtlijnen voor het aspect trillingen	2
2.2	Toetsingscriteria / onderzoeksparameters.....	2
2.3	Afbakening van het werkveld	3
2.3.1	Geografische afbakening.....	3
2.3.2	Inhoudelijke afbakening.....	4
2.4	Gegevensinventarisatie en –verwerking	5
2.5	Beschrijving trillingsbron én -overdracht.....	6
2.6	Rekenmodel trillingen	7
2.7	Uitgangspunten voor de studie	10
3.	Beleid-, wet- en regelgeving.....	11
4.	Huidige situatie 2005 en autonome ontwikkeling 2020	14
5.	Beschrijving Effecten.....	17
5.1	Resultaten	17
5.2	Vergelijking alternatieven met Nul-alternatief	19
5.3	Invloed van Westerschelde Container Terminal	21
6.	Overzicht	23
7.	Reducerende maatregelen	24
8.	Leemten in kennis en evaluatieprogramma	25
8.1	Leemten in kennis en informatie	25
8.2	Aanzet evaluatieprogramma	25
	Referentielijst.....	26
	Verklarende woordenlijst.....	27

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 2-1: Markering secties met mobiliteitsgegevens in studiegebied.....	3
Figuur 2-2: Plangebied met locaties postcodes	4
Figuur 2-3: Rekenresultaat trillingshinder ter hoogte van sectie 20 (Sloeweg).....	9

TABELLEN

Tabel 2-1: Effecten en criteria voor de discipline trillingen.....	2
Tabel 2-2: Mobiliteitsgegevens voor de verschillende wegsegmenten tijdens dagperiode	5
Tabel 2-3: Mobiliteitsgegevens voor de verschillende wegsegmenten tijdens nachtperiode	6
Tabel 3-1: Gebouwtipes volgens SBR-richtlijn.....	12
Tabel 3-2: SBR Criteria voor bestaande situatie.....	12
Tabel 3-3: SBR Criteria voor nieuwe situatie	12
Tabel 4-1: Hinderafstand [m] voor bestaande toestand en autonome ontwikkeling.....	14
Tabel 4-2: Hinderoppervlakte [are] voor bestaande toestand en autonome ontwikkeling	15
Tabel 4-3: Aantal woningen binnen hinderafstand voor bestaande toestand en autonome ontwikkeling tijdens dagperiode	16
Tabel 5-1: Hinderafstand [m] voor de verschillende alternatieven.....	17
Tabel 5-2: Hinderoppervlakte [are] voor de verschillende alternatieven.....	18
Tabel 5-3: Aantal woningen binnen hinderafstand voor de verschillende alternatieven tijdens de dagperiode	19
Tabel 5-4: Variatie hinderoppervlakte (%) ten opzichte van nulalternatief en evaluatie.....	19
Tabel 5-5: Variatie hinderoppervlakte [are] ten opzichte van het Nul-alternatief voor dag- en nachtperiode	20
Tabel 5-6: Variatie aantal gehinderde woningen ten opzichte van het Nul-alternatief en evaluatie	20
Tabel 5-7: Intensiteitsverschillen mét en zonder WCT	21
Tabel 5-8: Hinderafstand [m] voor autonome ontwikkeling mét en zonder WCT	21
Tabel 5-9: Hinderoppervlakte [are] mét en zonder WCT	21
Tabel 6-1: Vergelijking van de verschillende alternatieven en varianten.....	23

0 VOORWOORD / BELEIDSSAMENVATTING

Een rijdend voertuig is een bron van trillingen voor de omgeving. Oneffenheden in het wegdek genereren krachten op de wielen en het wegdek. Deze krachten zijn een bron van trillingen, die zich voorplanten in alle richtingen. Deze trillingen zetten zich ook verder in de gebouwen die langs deze wegen staan. Onder bepaalde omstandigheden kunnen deze trillingen in de woning waargenomen worden en zelfs als hinderlijk ervaren worden.

In het technisch deelrapport Trillingen wordt een beschrijving gegeven van:

- de huidige situatie;
- de situatie na autonome ontwikkelingen;
- de te verwachten effecten van de alternatieven en varianten voor het aspect trillingen in het plangebied en studiegebied van de Sloeweg.

Waar nodig worden verzachtende maatregelen voorgesteld en de effecten ervan beschreven.

De Commissie MER geeft geen specifieke aanbevelingen voor het aspect trillingen. Ook bestaat er géén relevante wetgeving ten aanzien van trillingen. De overheid moet echter zo zorgvuldig mogelijk handelen om overlast of nadeel voor bewoners te voorkomen, of zoveel mogelijk te beperken. Daarom wordt in dit MER de hoeveelheid oppervlakte en het aantal woningen bepaald dat volgens de streefwaarde van de SBR (Stichting Bouw Research)-richtlijn last heeft van trillingen.

Het rekenmodel bepaalt de te verwachten waarneembare trillingen. Het rekenmodel is semi-empirisch, waarbij de grootte van de bron bepaald is op basis van een groot aantal historische metingen. Het model is niet gekalibreerd op de site in kwestie omdat er geen metingen ter plaatse zijn gedaan.

In 2020 neemt de globale verkeersintensiteit van middelzwaar en zwaar verkeer met zo'n 68 procent toe ten opzichte van de situatie in 2005, zowel overdag als 's nachts. Voor licht verkeer bedraagt de toename ongeveer 33%. Dit heeft zijn weerslag op de trillingshinder. Voor wegen met een totale intensiteit groter of gelijk aan 120 eenheden per uur voor zwaar en middelzwaar vervoer samen, nemen de hinderafstanden aanzienlijk toe.

Voor de wegen waar dit al in de bestaande toestand het geval was, neemt deze hinderafstand niet meer toe. Die blijft dezelfde. Dit komt doordat men veronderstelt dat de intensiteiten zich gelijkmatig verdelen over de tijdspanne. Bovendien is de beoordeling gebaseerd op tijdvensters van 30 seconden, waarbij enkel de maximum trillingswaarde wordt weerhouden. Of tijdens die 30 seconden meerdere vrachtwagens voorbijkomen, die elk eenzelfde trillingsniveau genereren, wordt bij de beoordeling volgens SBR niet meegeteld.

Voor de bestaande toestand is de hinderoppervlakte tijdens de nachtperiode ongeveer de helft kleiner dan overdag. De totale gehinderde oppervlakte neemt bij autonome ontwikkeling in 2020 overdag af met twaalf procent en neemt 's nachts toe met 32 procent. Het feit dat er overdag géén substantiële verandering is, komt door het verzadigings-effect, waarbij méér verkeer géén aanleiding is voor een grotere hinderafstand volgens SBR.

Overdag neemt de hinder in 2020 vooral toe op de Drieweg en neemt ze af op de Nieuwe Rijksweg en de Postweg, door de intensiteitsverschillen in middelzwaar en zwaar vervoer. Tijdens de nachtperiode is er in 2020 vooral een toename ter hoogte van de A58, het zuidelijk gedeelte van de N254 en de Sloeweg. Het aantal gehinderde woningen neemt in de situatie met autonome ontwikkeling met de helft af. Dit is vooral een gevolg van de afname in zwaar en middelzwaar verkeer op de Nieuwe Rijksweg en de Postweg.

De alternatieven B, B1 en B2 hebben een matig voordelig effect op de hinderoppervlakte. Alternatief A heeft een matig nadelig effect. Alle andere alternatieven en varianten hebben een neutraal effect. Het positieve effect van de alternatieven B, B1 en B2 tijdens de dagperiode wordt vooral gerealiseerd door de intensiteitvariaties op de Noordhoekweg, N254 Nieuwe Rijksweg, Noordzakweg en N667, Heinkenszandseweg. Voor alternatief B3 wordt dit tenietgedaan door de effecten op N667, Heinkenszandseweg. Tijdens de nachtperiode zijn de verschillen gering.

De Westerschelde Container Terminal (WCT) heeft een effect van twintig tot 40 procent op de intensiteiten van het middelzwaar en zwaar verkeer op een aantal wegen én is een vast gegeven voor alle varianten en alternatieven. Het effect van de WCT op de trillingshinder beperkt door het verzadigingseffect. Door de toename van hoofdzakelijk zwaar vrachtverkeer op de hele Sloeweg is er ook zonder WCT al een verzadigingspunt bereikt.

In het kader van het project Sloeweg worden géén specifieke maatregelen voorzien om de trillingshinder te verminderen, omdat de effecten naar trillingshinder voor de meeste alternatieven en varianten neutraal zijn ten opzichte van de autonome ontwikkeling. De alternatieven B, B1 en B2 scoren voor trillingshinder zelfs beter dan de autonome ontwikkeling..

1. INLEIDING

1.1 Doelstelling rapport

Dit rapport beschrijft de huidige situatie, de situatie na autonome ontwikkelingen in 2020 (het Nul-alternatief) en de te verwachten effecten van de alternatieven en varianten voor het aspect trillingen in het plangebied en studiegebied van de Sloeweg (N62). Het plangebied omvat het gebied dat door alle alternatieven wordt doorsneden. Dit gebied ligt tussen de kruising tussen de Lamoenweg en de A58 en de aansluiting Frankrijkweg op de Bernhardweg. Het studiegebied is het gebied, waar als gevolg van het project Sloeweg, effecten te verwachten zijn ten aanzien van mobiliteit, en dus ook mogelijk op het aspect trillingen, als gevolg van het project Sloeweg. Het studiegebied ligt tussen het kanaal door Walcheren en het kanaal door Zuid-Bevelang. In het studiegebied werd enkel gekeken naar de belangrijkste hoofdwegen (de A58, de A256 (Deltaweg), de Sloeweg en de Bernhardweg) en de relevante sluiptwegen.

Met de huidige situatie wordt de situatie in het studie- en plangebied bedoeld in 2005. Onder de situatie autonome ontwikkeling wordt de situatie bedoeld die, naar verwachting, ontstaat in het studie- en plangebied in het jaar 2020 zonder de realisatie van het project Sloeweg.

Bij de effectbeschrijving worden de effecten voor de verschillende alternatieven en varianten voor het project Sloeweg in kaart gebracht. Door de effecten te vergelijken met de situatie na autonome ontwikkeling, wordt inzicht verkregen in de invloed van de voorgenomen activiteit. Bij de vergelijking wordt rekening gehouden met cumulatieve effecten.

1.2 Leeswijzer

Dit rapport telt acht hoofdstukken. Hieronder wordt kort de inhoud van de stukken beschreven.

Hoofdstuk 2 gaat in op de methodiek die gebruikt wordt en bevat richtlijnen, toetsingscriteria, een afbakening van het werkveld en uitgangspunten voor de studie. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het relevante beleid en de regelgeving voor het aspect trillingen. Hoofdstuk 4 beschrijft de huidige situatie en geeft ook de autonome ontwikkeling binnen het plangebied tot 2020 weer. Hoofdstuk 5 gaat in op de effecten die te verwachten zijn voor de verschillende alternatieven en varianten. Hoofdstuk 6 vat de bevindingen samen. Hoofdstuk 7 bespreekt eventuele verzachtende maatregelen en hoofdstuk 8 geeft de leemten in de kennis aan en geeft een aanzet tot een evaluatieprogramma.

2. **METHODIEK**

2.1 **Richtlijnen voor het aspect trillingen**

De Commissie m.e.r. heeft geen specifieke aanbevelingen voor het aspect trillingen opgenomen in de richtlijnen voor het MER Sloeweg (N62).

2.2 **Toetsingscriteria / onderzoeksparameters**

Tabel 2-1: Effecten en criteria voor de discipline trillingen

Effect	Criterium	Methodiek	Eenheid
Trillingshinder tijdens gebruik nieuwe infrastructuur	Hoeveelheid <u>gehinderd oppervlakte</u> volgens de streefwaarde SBR (Stichting Bouw Research) richtlijn	Numerieke berekening via overdrachtsrelaties tussen bron en ontvanger, rekening houdend met brontype en -intensiteit én functie van variërend criterium afhankelijk van periode van de dag.	Aantal
	Aantal <u>gehinderde woningen</u> volgens de streefwaarde SBR (Stichting Bouw Research) richtlijn	Numerieke berekening via overdrachtsrelaties tussen bron en ontvanger, rekening houdend met brontype en -intensiteit én functie van variërend criterium afhankelijk van periode van de dag.	Aantal

2.3 Afbakening van het werkveld

2.3.1 Geografische afbakening

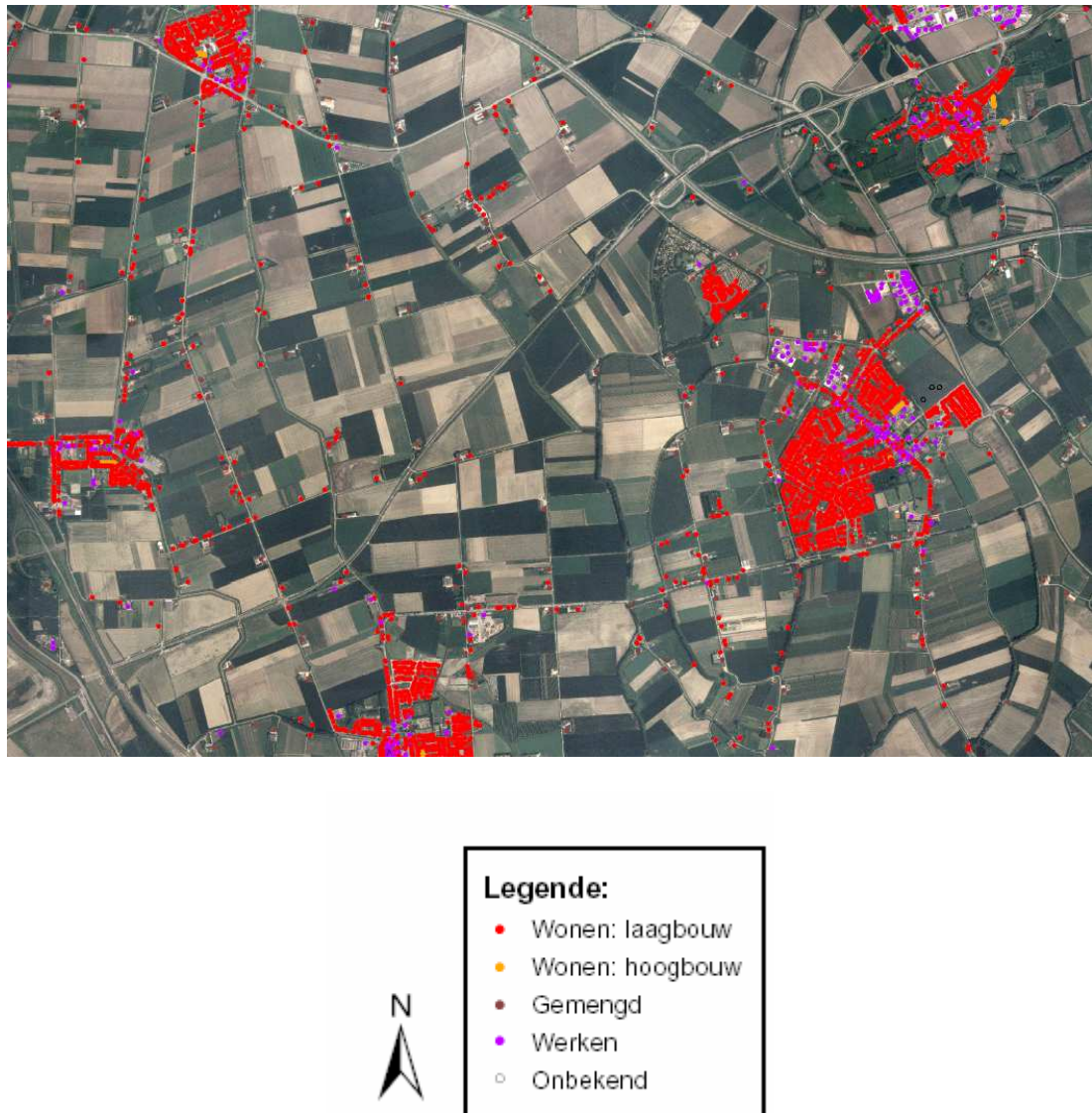
Figuur 2-1 geeft de plaatsen aan waar mobiliteitsgegevens ter beschikking staan voor het studiegebied.

Figuur 2-1: Markering secties met mobiliteitsgegevens in studiegebied



Figuur 2-2 geeft de ligging van de bebouwing (postcodebestanden) aan in het plangebied. Wat opvalt is dat langs de bestaande Sloeweg, het aantal gebouwen zeer beperkt is.

Figuur 2-2: Plangebied met locaties postcodes



2.3.2 Inhoudelijke afbakening

De trillingsberekening bepaalt voor elke weg de afstand tot waar men volgens de richtlijn kan spreken over trillingshinder. Kortweg wordt dit de 'hinderafstand' genoemd.

Voor elke weg verkrijgt men de gehinderde oppervlakte door de hinderafstand te vermenigvuldigen met de representatieve weglengte. Men noemt dit kortweg de 'hinderoppervlakte'. Vervolgens wordt op basis van GIS aan de hand van de postcodebestanden het aantal woningen bepaald dat binnen de hinderafstand is gelegen.

2.4 Gegevensinventarisatie en –verwerking

De verkeersgegevens voor verschillende geselecteerde wegvakken uit het werkverslag 'Verkeersberekeningen MER Sloeweg' werden omgezet naar verkeersintensiteiten voor de dag- en nachtperiode. Tevens werd het type verkeer opgesplitst in licht vervoer, middelzwaar vervoer en zwaar vervoer. Dit werd gedaan op basis van verkeerstellingen op de verschillende bestaande wegvakken. Voor de verschillende alternatieven en varianten werd gebruik gemaakt van de verkeersprognoses voor de geselecteerde wegvakken.

Tabel 2-2 geeft de snelheden en aantallen voertuigeenheden voor respectievelijk LV (lichte voertuigen), MV (middelzware voertuigen) en ZV (zware voertuigen) tijdens de dagperiode. Hierbij wordt de gemiddelde intensiteit gegeven op uurbasis. Snelheden zijn in km/uur.

Tabel 2-3 geeft dit aan voor de nachtperiode. Voor de nachtperiode wordt ongeveer vijftien procent van de intensiteit van de dagperiode aangenomen.

De snelheden voor de wegvakken 20 en 21 bedragen 80/80/80 voor respectievelijk licht, middelzwaar en zwaar verkeer bij bestaand en Nulalternatief, tegenover 100/80/80 voor de alternatieven.

Voor de intensiteiten wordt uitgegaan van het worstcase-scenario, dit wil zeggen inclusief de effecten van de WCT.

Tabel 2-2: Mobiliteitsgegevens voor de verschillende wegsegmenten tijdens dagperiode

Dag	Snelheden			Bestaand			0/0+1			Snelheden			0+2			A			A1/A2			A3			B			B1/B2			B3		
Wegvak	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV			
1	80	80	80	436	3	4	485	15	19	80	80	80	483	15	19	456	15	19	441	15	19	441	15	19	361	2	2	338	2	2	331	1	2
2	50	50	50	123	7	8	150	12	14	50	50	50	150	12	14	147	11	13	149	11	13	149	11	13	16	0	0	16	0	0	52	2	2
3	80	80	80	69	1	1	78	1	1	80	80	80	79	1	1	92	1	2	96	1	2	97	1	2	93	1	2	91	1	2	94	1	2
4	80	80	80	191	7	9	131	2	2	80	80	80	131	2	2	82	1	1	130	2	2	131	2	2	127	2	2	129	2	2	157	2	2
5	80	80	80	757	32	39	760	7	8	80	80	80	763	7	8	587	8	9	588	8	9	588	7	9	420	1	1	420	1	1	440	1	1
6	80	80	80	547	25	30	633	7	8	80	80	80	637	7	8	431	8	9	433	8	9	425	8	9	183	1	2	182	1	2	182	2	2
7	80	80	80	154	3	4	114	0	1	80	80	80	113	0	1	94	0	0	77	0	0	77	0	0	96	0	0	74	0	0	79	0	0
8	80	80	80	243	7	8	247	25	30	80	80	80	247	26	31	250	27	32	234	24	28	238	24	29	369	43	51	350	40	48	467	37	44
9	80	80	80	413	18	21	523	20	24	80	80	80	522	20	24	531	21	25	497	17	21	500	17	20	218	3	4	227	3	4	136	2	2
10	80	80	80	185	8	9	247	8	10	80	80	80	247	8	9	215	7	8	283	11	13	288	11	14	196	4	5	256	7	8	322	13	15
11	80	80	80	57	0	0	79	0	0	80	80	80	78	0	0	31	0	0	29	0	0	29	0	0	31	0	0	28	0	0	28	0	0
12	80	80	80	413	9	11	386	2	2	80	80	80	386	2	2	385	2	2	384	2	2	384	2	2	384	2	2	383	2	2	379	2	2
13	80	80	80	678	8	10	717	76	90	80	80	80	716	75	89	677	72	87	731	77	92	731	77	92	650	73	87	698	74	88	760	79	94
14	120	80	80	1766	63	76	2460	134	160	120	80	80	2457	134	161	2480	135	162	2436	131	157	2436	131	157	2495	135	162	2459	135	162	2363	130	156
15	120	80	80	2185	147	177	2983	298	357	120	80	80	2988	299	359	3271	304	364	3282	304	364	3283	304	365	3783	335	401	3804	335	401	3775	333	399
16	120	80	80	2086	152	183	2855	249	298	120	80	80	2858	249	299	2909	251	301	2916	251	301	2916	251	301	2998	266	318	3013	266	318	3005	266	318
17	120	80	80	2282	162	195	3485	220	263	120	80	80	3487	220	263	3499	221	265	3500	221	265	3500	222	265	3503	222	266	3503	222	265	3503	222	265
18	120	80	80	1487	66	79	1910	121	145	120	80	80	1912	122	146	2137	124	148	2136	124	148	2137	124	149	2360	130	155	2362	130	155	2367	129	155
19	80	80	80	717	90	108	1131	116	139	80	80	80	1133	117	140	1151	120	144	1151	120	144	1151	120	144	1149	119	143	1151	119	143	1150	119	143
20	80	80	80	720	91	109	1087	176	211	100	80	80	1100	177	212	1234	181	217	1183	181	217	1175	181	217	1174	183	219	1182	181	217	1159	180	215
21	80	80	80	716	90	108	1147	182	218	100	80	80	1164	183	219	1037	184	221	1222	190	228	1221	190	228	1016	184	220	1189	186	222	1242	190	228
22	80	80	80	11	0	0	0	0	0	80	80	80	0	0	0	61	1	1	10	0	0	10	0	0	21	0	0	13	0	0	18	0	0

Tabel 2-3: Mobiliteitsgegevens voor de verschillende wegsegmenten tijdens nachtperiode

Nacht	Snelheden			Bestaand			0/0+1			Snelheden			0+2			A			A1/A2			A3			B			B1/B2			B3		
Wegvak	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV			
1	80	80	80	67	1	1	75	2	3	80	80	80	74	2	3	70	2	3	68	2	3	68	2	3	56	0	0	52	0	0	51	0	0
2	50	50	50	19	1	1	23	2	2	50	50	50	23	2	2	23	2	2	23	2	2	23	2	2	2	0	0	2	0	0	8	0	0
3	80	80	80	11	0	0	12	0	0	80	80	80	12	0	0	14	0	0	15	0	0	15	0	0	14	0	0	14	0	0	15	0	0
4	80	80	80	29	1	1	20	0	0	80	80	80	20	0	0	13	0	0	20	0	0	20	0	0	19	0	0	20	0	0	24	0	0
5	80	80	80	117	5	6	117	1	1	80	80	80	117	1	1	90	1	1	91	1	1	91	1	1	65	0	0	65	0	0	68	0	0
6	80	80	80	84	4	5	97	1	1	80	80	80	98	1	1	66	1	1	67	1	1	65	1	1	28	0	0	28	0	0	28	0	0
7	80	80	80	24	0	1	18	0	0	80	80	80	17	0	0	14	0	0	12	0	0	12	0	0	15	0	0	11	0	0	12	0	0
8	80	80	80	37	1	1	38	4	5	80	80	80	38	4	5	39	4	5	36	4	4	37	4	4	57	7	8	54	6	7	72	6	7
9	80	80	80	64	3	3	80	3	4	80	80	80	80	3	4	82	3	4	77	3	3	77	3	3	34	0	1	35	0	1	21	0	0
10	80	80	80	29	1	1	38	1	1	80	80	80	38	1	1	33	1	1	44	2	2	44	2	2	30	1	1	39	1	1	50	2	2
11	80	80	80	9	0	0	12	0	0	80	80	80	12	0	0	5	0	0	4	0	0	4	0	0	5	0	0	4	0	0	4	0	0
12	80	80	80	64	1	2	59	0	0	80	80	80	59	0	0	59	0	0	59	0	0	59	0	0	59	0	0	59	0	0	58	0	0
13	80	80	80	104	1	2	110	12	14	80	80	80	110	11	14	104	11	13	112	12	14	112	12	14	100	11	13	107	11	14	117	12	14
14	120	80	80	272	10	12	379	21	25	120	80	80	378	21	25	382	21	25	375	20	24	375	20	24	384	21	25	379	21	25	364	20	24
15	120	80	80	336	23	27	459	46	55	120	80	80	460	46	55	504	47	56	505	47	56	505	47	56	582	52	62	586	52	62	581	51	61
16	120	80	80	321	23	28	439	38	46	120	80	80	440	38	46	448	39	46	449	39	46	449	39	46	462	41	49	464	41	49	463	41	49
17	120	80	80	351	25	30	537	34	41	120	80	80	537	34	41	539	34	41	539	34	41	539	34	41	539	34	41	539	34	41	539	34	41
18	120	80	80	229	10	12	294	19	22	120	80	80	294	19	23	329	19	23	329	19	23	329	19	23	363	20	24	364	20	24	364	20	24
19	80	80	80	110	14	17	174	18	21	80	80	80	174	18	22	177	18	22	177	18	22	177	18	22	177	18	22	177	18	22	177	18	22
20	80	80	80	111	14	17	167	27	32	100	80	80	169	27	33	190	28	33	182	28	33	181	28	33	181	28	34	182	28	33	178	28	33
21	80	80	80	110	14	17	177	28	34	100	80	80	179	28	34	160	28	34	188	29	35	188	29	35	156	28	34	183	29	34	191	29	35
22	80	80	80	2	0	0	0	0	0	80	80	80	0	0	0	9	0	0	2	0	0	2	0	0	3	0	0	2	0	0	3	0	0

Voor alle alternatieven (Nulplus, A en B) werden de trillingsberekeningen doorgevoerd.

2.5 Beschrijving trillingsbron én -overdracht

Een rijdend voertuig is een bron van trillingen voor de omgeving. Oneffenheden in het wegdek genereren krachten op de wielen en het wegdek. Deze krachten zijn een bron van trillingen die zich voorplanten in alle richtingen. Deze trillingen zetten zich ook verder in de gebouwen langs deze wegen. Onder bepaalde omstandigheden kunnen deze trillingen in de woning waargenomen worden en zelfs als hinderlijk ervaren worden.

Aan de bron kan men de wegvoertuigen grofweg indelen in licht, middelzwaar en zwaar verkeer. Alle personenwagens worden ondergebracht onder lichte voertuigen. Vrachtwagens, afhankelijk van hun totale massa en assen, worden ondergebracht onder middelzwaar en zwaar verkeer. De lengte van de voertuigen bedraagt respectievelijk nul tot vier meter, vier tot elf meter en meer dan elf meter voor vrachtwagens met meerdere eenheden.

Niet-afgeveerde massa bevindt zich tussen de veren van de ophanging en van de banden. Deze kan zich individueel verplaatsen. Dit gebeurt op een resonantiefrequentie tussen tien en vijftien Hz en wordt vooral bepaald door de grootte van de niet-afgeveerde massa en de veerstijfheid van de banden. Deze frequenties kunnen gemakkelijker doordringen in de gebouwen. De mens is er ook gevoeliger voor dan voor de lage frequenties.

Wegtypes kunnen ingedeeld worden in asfalt, beton en elementverhardingen. De verschillende wegtypes hebben hun effecten op het gegenereerde trillingsniveau. De oneffenheden van de weg zijn de primaire oorzaak van de trillingen. Door het rijden over oneffenheden wordt het voertuig, en meer specifiek, de niet-afgeveerde massa, verplicht zich te verplaatsen. Hierdoor zullen dynamische krachten op het wegdek worden uitgeoefend die op zich de bron zijn van de trillingen, die zich verder voortplanten via de ondergrond.

Volgens ISO 8608 kan men de onvlakheid van de weg statistisch beschrijven volgens een spectrale vermogensdichtheidsfunctie. Wegen worden ingedeeld in vijf klassen, van heel goed, goed, gemiddeld, slecht tot heel slecht. 'Heel goed' komt hierbij indicatief overeen met een autosnelweg, 'Goed' met een primaire weg en 'Gemiddeld' met een secundaire weg. Men veronderstelt dat alle wegtypes in goede staat zijn. Voor de berekeningen wordt voor de oneffenheidsgraad van de wegen de klasse 'Goed' aangenomen (over een afstand van twee meter een oneffenheid van 0.1 à 0.2 millimeter).

Als gevolg van een verticale krachtwerking op de grond zullen grondgolven ontstaan. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drukgolven (P-waves), schuifgolven (S-waves) en Rayleigh-golven. De Rayleigh-golf plant zich enkel voort in de oppervlaktelaag, in tegenstelling tot de volumegolven die zich sferisch uitbreiden. Een volumegolf zal dus sneller meer energie verliezen in functie van de afstand dan een oppervlaktegolf. Dit betekent dat op grotere afstanden de Rayleigh-golf de grootste amplitude heeft, en dus de belangrijkste golfcomponent is in verband met trillingsvoortplanting. Dit noemt men de geometrische spreiding (voor meer uitleg over de voortplanting van de Rayleigh-golf zie de verklarende woordenlijst).¹

Trillingsgolven die invallen op een gebouw zullen dit gebouw beroeren. Echter, de trillingsniveaus die men terugvindt op de fundering van het gebouw zijn kleiner dan in het open veld. Enkel bij zeer lage frequenties is de koppeling optimaal. Voor een eengezinswoning kan men als vuistregel hanteren dat de trillingsniveaus op fundering ongeveer de helft zijn van deze in het open veld.

Op vloeren in gebouwen kunnen weer hogere trillingsniveaus waargenomen worden. Deze worden opgewekt door een opgelegde verplaatsing aan de oplegging en kunnen op hun resonantiefrequenties een hoger trillingsniveau manifesteren, waarbij de amplitude sterk afhankelijk is van de intrinsieke damping in de vloerplaat. Houten vloeren zijn hierbij aanzienlijk gevoeliger dan betonnen vloeren.

2.6 Rekenmodel trillingen

De opzet van het rekenmodel is het bepalen van de te verwachten waarneembare trillingen. Het rekenmodel is semi-empirisch waarbij de grootte van de bron bepaald is op basis van een groot aantal historische metingen. Het model is niet gecalibreerd op de site in kwestie bij ontstentenis van in-situ metingen.

De grootte van de trillingsbron wordt bepaald door het type bron (licht, middelzwaar of zwaar vervoer), de intensiteit (aantal voertuigen per periode) en de voertuigsnelheid. Tevens dient de ligging van de bron aangegeven te worden (aslijn van de wegen). Voor de ontvangers wordt de locatie gegeven van de gebouwen.

Voor elke deelweg waar de bronintensiteiten gegeven en constant zijn, wordt de hinderafstand bepaald. De hinderafstand wordt bepaald door de bepaling van de trillingsniveaus in functie van de afstand tot de weg in combinatie met de toepasselijke criteria.

¹ De Rayleigh-golf plant zich voort in een oppervlaktelaag. De dikte van die laag wordt bepaald door de golfsnelheid in de grond, afhankelijk van type grond én de frequentie van de dominante trilling. In huidig geval is de golfsnelheid 200m/s. De dominante trilling van wegverkeer (zwaar vervoer) is tussen 10 en 15Hz (bepaald door de resonantie van de niet-afgeveerde massa tussen luchtveer band en vering rollend materieel). Deze samen geven een golflengte in de grond van 13 tot 20m. De amplitude van de Rayleigh-golf is in de oppervlaktelaag nogal constant in de diepte tot minstens 0.6 maal deze golflengte, dus tussen 8 en 12m. Deze laag beweegt zich dus als één geheel voor deze trilling. De wijze waarop een woning gefundeerd is, maakt dus niet zoveel uit. De woning zal sowieso meebewegen met de beweging van de oppervlaktelaag.

De gegenereerde trillingsniveaus langs een weg zijn worden bepaald door het type verkeer én de snelheid. De berekeningen zijn gebaseerd op de overdracht naar het gebouw toe van elke passage. Deze overdracht wordt bepaald volgens het volgende model voor wegverkeer:

$$V_{\max} = V_{\max, \text{ref}} \cdot F_r \cdot F_a \cdot F_v \cdot F_d \cdot F_g \cdot F_t \cdot F_b$$

Waarin de volgende parameters vervat zitten:

$V_{\max}$: De maximale voortschrijdende effectieve trillingssnelheid die zich voordoet bij een individuele passage van een voertuig;

$V_{\max, \text{ref}}$: De maximale voortschrijdende effectieve trillingssnelheid die zich voordoet bij een individuele passage van een referentievoertuig onder referentieomstandigheden. Het referentievoertuig is een auto die over een autosnelweg rijdt met een snelheid van 60 km/h in een zanderige omgeving (met schuifgolfsnelheid van 200m/s). Het heeft 2 assen en genereert op een afstand van 20 m een $V_{\max, \text{ref}}$ waarde van 0.015 in open veld;

F_r : De factor die rekening houdt met de onvlakheid van het wegdek. Ze bedraagt 1 voor een autosnelweg, 2 voor een primaire weg en 4 voor een secundaire weg;

F_a : De factor die rekening houdt met het aantal assen van het voertuig;

$$F_a = \sqrt{\frac{N}{N_{\text{ref}}}} \quad \text{met } N = \text{aantal assen en } N_{\text{ref}} = 2 \text{ assen}$$

F_v : De factor die rekening houdt met de snelheid van het voertuig;

$$F_v = \left[\frac{v}{v_{\text{ref}}} \right]^{0.625} \quad \text{met } v = \text{voertuigsnelheid en } v_{\text{ref}} = 60 \text{ km/h}$$

F_d : De factor die rekening houdt met de afstand tussen ontvanger en bron;

$$F_d = \sqrt{\frac{r_{\text{ref}}}{r}} \quad \text{met } r = \text{afstand bron-ontvanger en } r_{\text{ref}} = 20 \text{ m}$$

F_g : De factor die rekening houdt met het type ondergrond;

$$F_g = \left[\frac{c_{s, \text{ref}}}{c_s} \right]^2 \quad \text{met } c_s = \text{schuifgolfsnelheid en } c_{s, \text{ref}} = 200 \text{ m/s}$$

F_t : De factor die rekening houdt met het type voertuig. Voor vrachtwagens, ongeacht het type, is dit gelijk aan 2 t.o.v. personenwagens waarvoor 1 wordt aangenomen;

F_b : De factor die rekening houdt met de overdracht van de trillingen van buiten naar binnen in het gebouw en naar het midden van een vloerveld. Deze bedraagt 0.5 x 2.0 op gelijkvloers en 0.5 x 3.0 voor een verdieping.

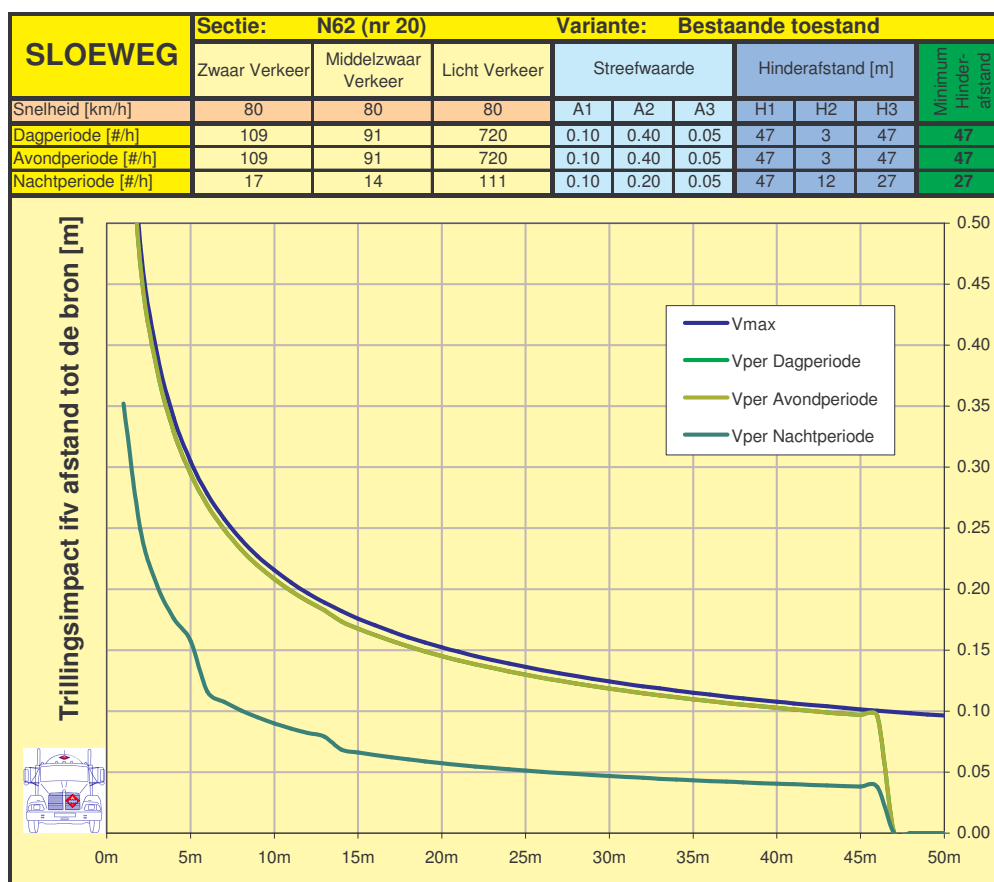
Voor de schuifgolfsnelheid wordt 200m/s aangenomen. De ondergrond bestaat in het studiegebied uit zand. Enkel in de bovenste laag van 1 m varieert het type bodem, doch dit is niet relevant. Bij de berekeningen is er dus uitgegaan van één type grond, namelijk

compacte zandgrond. Dit heeft ongeveer een glijdingsmodulus van 50Mpa. Samen met een densiteit van 1500kg/m³ geeft dit 180 à 200m/s voor de schuifgolfsnelheid. Bij de semi-empirische berekeningen werd 200m/s genomen. Voor het gemiddeld aantal assen voor zwaar verkeer wordt 4 genomen. Voor het wegtype wordt gemiddeld het type 'goed', dat overeenkomt met een goede primaire weg, aangenomen.

Met deze formule is op elke afstand het trillingsniveau te berekenen voor elke passage. Vervolgens kan men door combinatie van het aantal passages voor de verschillende types vervoer (licht, middelzwaar en zwaar verkeer) de V_{max} en de V_{per} waarden berekenen voor dag-, avond- en nachtperiode. De V_{per} waarden zijn de effectieve waarden over een deelperiode van de dag van de maximale voortschrijdende effectieve trillingsgrootheid tijdens 30 seconde intervallen.

Iteratief wordt bepaald op welke afstand van de bron de trillingsniveaus niet meer als hinderlijk worden beschouwd op een verdiepingsvloer in een gebouw. Voor de criteria worden deze gehanteerd voor bestaande situaties (dus de minst stringente). Voor nieuwe situaties zijn de criteria twee maal zo streng (voor woningen). Bij trillingscriteria die twee maal zo streng zijn, wordt de afstand tot de bron waarin niet voldaan wordt aan de trillingscriteria VIER maal zo groot. Trillingshinder op afstanden groter dan 50m van de weg zijn zeer onwaarschijnlijk.

Figuur 2-3: Rekenresultaat trillingshinder ter hoogte van sectie 20 (Sloeweg) voor bestaande toestand



Figuur 2-3 toont het rekenresultaat voor de bepaling van de trillingshinder ter hoogte van de Sloeweg voor de bestaande toestand. In functie van de afstand van de bron wordt volgens het semi-empirische model het trillingsniveau bepaald dat maximaal optreedt, $V_{\max}$. Deze is meestal bepaald door de passage van zwaar verkeer. Daarbij wordt ook rekening gehouden met de intensiteiten van de verschillende types verkeer, die bepaald wordt door een V_{per} waarde. Onderscheid wordt gemaakt voor dag- en nachtperiode. De curves voor dag- en avondperiode vallen op elkaar, omdat de wegintensiteiten voor de dag- en avondperiode gelijk worden gesteld.

Merk op de curve van V_{per} géén vloeiende kromme is. Men merkt een aantal trapjes op. Een trap in de curve treedt op wanneer de trillingsbijdrage van een type verkeer (licht, middelzwaar of zwaar verkeer) vanaf een bepaalde afstand van de bron onder de waarde 0.1 valt. Op dat moment wordt die bijdrage dan gelijk gesteld aan 0 volgens de SBR-richtlijn. Vanaf een bepaalde afstand is de trillingssterkte van alle types bronnen lager dan 0.1 én is het resultaat voor V_{per} gelijk aan 0.

Vervolgens wordt op basis van een representatieve weglengte voor elke wegsectie in het plangebied berekend wat de totale gehinderde oppervlakte bedraagt.

2.7 Uitgangspunten voor de studie

Zoals al is aangegeven zijn de voornaamste inputgegevens - de verkeersintensiteiten in de huidige situatie, de autonome ontwikkeling en de verschillende alternatieven - verkregen uit de verkeersmodelberekeningen. Als input voor de verkeerssnelheid werd de toegelaten snelheid gehanteerd.

Daarnaast werd als wegbedekking 'fijn asfalt – referentiewegdek' voor de bestaande wegen gehanteerd. Voor de nieuwe wegen (zowel Sloeweg als aansluitingen) werd ZOAB gehanteerd. Naar trillingen toe wordt dit verschil niet als significant beschouwd.

3. **BELEID-, WET- EN REGELGEVING**

Er is géén specifieke wetgeving voorhanden. Toch is vastgesteld dat de overheid steeds zo zorgvuldig mogelijk moet handelen om overlast of nadeel voor bewoners te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Er bestaan wel normen en richtlijnen. Voor criteria naar trillingshinder kan men verwijzen naar DIN 4150 deel II, ISO 2631-2, SBR Richtlijn en ANSI S3.29-1983.

In dit rapport wordt de hinder voor personen in gebouwen getoetst volgens de Nederlandse SBR (Stichting Bouw Research) richtlijn, uitgave augustus 2003.

De richtlijn heeft betrekking op alle trillingen die in gebouwen voorkomen in het frequentie-interval tussen 1 en 80 Hz. Onder hinder voor mensen in gebouwen verstaat men:

- de waarneming van de trillingen die activiteiten of processen, die rust en/of concentratie behoeven, verstoren;
- de waarneming van de trillingen met een zodanige sterkte dat bepaalde activiteiten fysiek worden belemmerd of verstoord.

Bij de beoordeling van hinder voor personen in gebouwen is de toetsingsgrootte in eerste instantie de gewogen trillingssnelheid van een vloerveld.

Het trillingssignaal, in elk meetpunt en meetrichting en uitgedrukt in mm/sec, wordt gewogen. Dat wil zeggen dat trillingen met frequenties lager dan 5.6 Hz lager worden gewaardeerd, overeenkomstig de lagere subjectieve gevoeligheid van personen bij deze frequenties.

Vervolgens wordt van de gewogen trillingssnelheid op elk tijdstip de effectieve waarde V_{eff} bepaald (voor een zuivere sinusoidale trilling komt deze waarde overeen met 71% van de piekwaarde). Vervolgens wordt per interval van 30 seconden hiervan de maximaal optredende waarde $V_{eff,max,30,i}$ genoteerd. Het maximum over de meetduur wordt aangegeven met $V_{eff,max}$ in elk meetpunt en in elke meetrichting. De maximale trillingssterkte V_{max} is de grootste optredende $V_{eff,max}$ in de betreffende ruimte.

De trillingssterkte over een meetperiode $V_{per,meet}$ is de effectieve waarde van alle $V_{eff,max,30,i}$ over deze meetperiode. Indien echter individuele $V_{eff,max,30,i}$ kleiner zijn dan 0.1 dan dient in de berekening hiervoor 0 te worden gebruikt. Dit is omdat waarden kleiner dan 0.1 door de mens niet meer kunnen worden waargenomen.

Een etmaal wordt ingedeeld in drie periodes: de dagperiode van 12 uur tussen 07h00 en 19h00, de avondperiode van 4 uur tussen 19h00 en 23h00 en de nachtperiode van 8 uur tussen 23h00 en 07h00. Er moet voldaan worden aan de streefwaarden voor elke periode. Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien (V_{max} kleiner is dan A_1) óf indien (V_{max} kleiner is dan A_2 en V_{per} kleiner is dan A_3). In alle andere gevallen is er niet voldaan aan de streefwaarden. De streefwaarden zijn afhankelijk van het gebouw en de functie van het gebouw.

Tabel 3-1: Gebouwtypes volgens SBR-richtlijn

Gebouwtype	Omschrijving
1	Gezondheidszorg
2	Gebouw met woonfunctie
3	Kantoor en onderwijs
4	Bijeenkomstgebouwen (bioscopen, aula's, schouwburgen, kerken en dergelijke)
5	Kritische werkruimten (laboratoria, operatiekamers, studiezalen en dergelijke)

Voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, veroorzaakt door weg- en railverkeer, zijn de streefwaarden in de volgende tabellen geldig (volgens uitgave 2002, de waarden tussen haakjes zijn volgens uitgave 1993).

... voor een bestaande situatie (bestaande bron en bestaande ontvanger):

Tabel 3-2: SBR Criteria voor bestaande situatie

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
Gezondheidszorg	0.2	0.8 (0.6)	0.1	0.2	0.4 (0.3)	0.1
Wonen	0.2	0.8 (0.6)	0.1	0.2	0.4 (0.3)	0.1
Onderwijs en kantoor	0.3	1.2 (0.9)	0.15	0.3	1.2 (0.9)	0.15
Bijeenkomst	0.3	1.2 (0.9)	0.15	0.3	1.2 (0.9)	0.15
Kritische werkruimte	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-

... voor een nieuwe situatie (nieuwe bron of nieuwe ontvanger):

Tabel 3-2: SBR Criteria voor nieuwe situatie

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
Gezondheidszorg	0.1	0.4 (0.3)	0.05	0.1	0.2 (0.15)	0.05
Wonen	0.1	0.4 (0.3)	0.05	0.1	0.2 (0.15)	0.05
Onderwijs en kantoor	0.15	0.6 (0.5)	0.07	0.15	0.6 (0.5)	0.07
Bijeenkomst	0.15	0.6 (0.5)	0.07	0.15	0.6 (0.5)	0.07
Kritische werkruimte	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-

... voor een gewijzigde situatie (wijziging van de bestaande bron) is de regel dat deze niet tot meer trillingshinder mag leiden. Indien de bestaande $V_{\max}$ lager is dan de bestaande streefwaarde, dan dienen $V_{\max}$ en V_{per} na de wijziging niet hoger te zijn dan voor de wijziging. Indien echter de bestaande $V_{\max}$ hoger is dan de bestaande streefwaarde dan dienen $V_{\max}$ en V_{per} na wijziging te voldoen aan de streefwaarden voor de bestaande toestand.

De dag- en de avondperiode worden apart geëvalueerd. Het is duidelijk dat de streefwaarden tijdens de nachtperiode strenger zijn dan tijdens de andere periodes.

De criteria van de SBR richtlijn zijn aldus tweevoudig. Vooreerst mag een individuele passage van een voertuig een bepaald trillingsniveau niet overschrijden (ref. $V_{\max}$). Vervolgens mag gedurende een tijdsperiode de effectieve waarde van de maximum trillingsniveaus een andere bepaalde waarde niet overschrijden. Bij drukke wegen zal het vooral moeilijk zijn om aan het tweede criterium te voldoen. Bij minder drukke wegen is het moeilijker om onder de maximale waarde te blijven van het eerste criterium.

4. HUIDIGE SITUATIE 2005 EN AUTONOME ONTWIKKELING 2020

Op basis van de verkeersgegevens is de hinderafstand (in m) voor trillingen van de weg, evenals het hinderoppervlak bepaald volgens de methodiek besproken in hoofdstuk 2. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabellen. Enkel de resultaten van de relevante wegsegmenten worden geëvalueerd.

Tabel 4-1: Hinderafstand [m] voor bestaande toestand en autonome ontwikkeling

Weg	Dagperiode		Nachtperiode	
	Bestaande Toestand	Autonome Ontwikkeling	Bestaande Toestand	Autonome Ontwikkeling
2	8	13	4	4
3	6	6	3	3
4	14	6	6	5
5	47	14	12	6
6	46	14	9	6
7	8	6	6	4
8	14	47	6	9
9	33	37	7	7
10	15	15	6	6
11	6	6	2	3
14	47	47	19	39
15	47	47	43	47
19	47	47	26	34
20	47	47	26	47
21	47	47	26	47
22	3	1	1	1

In 2020 neemt de globale verkeersintensiteit met ongeveer 68 procent toe ten opzichte van de situatie in 2005 voor middelzwaar en zwaar verkeer, zowel overdag als 's nachts. Voor licht verkeer bedraagt de toename ongeveer 33 procent. Dit heeft zijn weerslag op de trillingshinder. De hinderafstanden nemen aanzienlijk toe voor die wegen met een totale intensiteit groter of gelijk aan 120 eenheden per uur voor zwaar en middelzwaar vervoer samen.

Voor de wegen waar dit al in de bestaande toestand het geval was, neemt deze hinderafstand niet meer toe. Deze blijft aldus dezelfde. Dit komt door het feit dat men enerzijds veronderstelt dat de intensiteiten zich gelijkmatig verdelen over de tijdspanne én anderzijds door het feit dat de beoordeling is gebaseerd op tijdsvensters van 30 seconden waarbij enkel de maximum trillingswaarde wordt weerhouden. Of tijdens die 30 seconden meerdere vrachtwagens voorbijkomen, die elk eenzelfde trillingsniveau genereren, wordt bij de beoordeling volgens SBR niet in rekening gebracht.

Tabel 4-2: Hinderoppervlakte [are] voor bestaande toestand en autonome ontwikkeling

Weg	Lengte (m)	Dagperiode		Nachtperiode		Verschil tss AO en BT	
		Bestaande toestand	Autonome Ontwikkeling	Bestaande toestand	Autonome Ontwikkeling	Dagperiode	Nachtperiode
2	1300	104	169	52	52	65	0
3	700	42	42	21	21	0	0
4	4400	616	264	264	220	-352	-44
5	1900	893	266	228	114	-627	-114
6	2500	1150	350	225	150	-800	-75
7	1100	88	66	66	44	-22	-22
8	1800	252	846	108	162	594	54
9	1200	396	444	84	84	48	0
10	5700	855	855	342	342	0	0
11	3700	222	222	74	111	0	37
14	1900	893	893	361	741	0	380
15	3100	1457	1457	1333	1457	0	124
19	1100	517	517	286	374	0	88
20	2700	1269	1269	702	1269	0	567
21	2600	1222	1222	676	1222	0	546
22	2200	66	22	22	22	-44	0
totaal		10042	8904	4844	6385	-1138	1541

Voor de bestaande toestand is de hinderoppervlakte tijdens de nachtperiode ongeveer 50 procent van deze tijdens de dagperiode. De totale gehinderde oppervlakte neemt bij autonome ontwikkeling in 2020 overdag af met twaalf procent en neemt 's nachts toe met 32 procent. Het feit dat er overdag géén substantiële verandering is, komt door het verzadigings-effect, waarbij méér verkeer volgens SBR niet leidt tot een grotere hinderafstand.

Overdag neemt de hinder in 2020 vooral toe op Drieweg (weg 8) en neemt ze af op de Nieuwe Rijksweg (weg 5 en 6) en Postweg (weg 4) door de intensiteitsverschillen in middelzwaar en zwaar vervoer. Tijdens de nachtperiode is er in 202 vooral een toename ter hoogte van de A58 (secties 14 en 15), het zuidelijk gedeelte van de N254 (sectie 19) en de Sloeweg (secties 20 en 21). Voor de dagperiode zijn tevens de individuele woningen geteld die gelegen zijn binnen de hinderafstand van de respectievelijke wegsegmenten. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4-3.

Tabel 4-3: Aantal woningen binnen hinderafstand voor bestaande toestand en autonome ontwikkeling tijdens dagperiode

Weg	Dagperiode	
	Bestaande toestand	Autonome ontwikkeling
2	2	1
3	15	15
4	6	0
5	32	0
6	6	0
7	0	0
8	0	1
9	0	0
10	21	21
11	1	1
14	1	1
15	2	2
19	0	0
20	0	0
21	4	4
22	0	0
Totaal	90	46

Het is duidelijk dat het aantal gehinderde woningen met de helft afneemt in de situatie met autonome ontwikkeling. Dit is vooral een gevolg van de afname van zwaar en middelzwaar verkeer op de Nieuwe Rijksweg en de Postweg.

5. *BESCHRIJVING EFFECTEN*

5.1 Resultaten

Zoals vermeld hebben de verschillende alternatieven en varianten effect op de mobiliteitsgegevens. De intensiteiten van de verschillende types verkeer zullen beïnvloed worden. Deze gegevens zijn ingeschat voor de belangrijkste wegen op basis van secties. Volgens het model is de hinderafstand voor trillingen en aldus ook het aantal potentieel gehinderde woningen afhankelijk van de verkeersintensiteit.

Tabel 5-1: Hinderafstand [m] voor de verschillende alternatieven

Weg	Dagperiode							Nachtperiode						
	0+2	A	A1 A2	A3	B	B1 B2	B3	0+2	A	A1 A2	A3	B	B1 B2	B3
2	12	12	12	12	2	2	4	4	4	4	4	1	1	2
3	6	6	6	6	6	6	6	3	4	4	4	4	4	4
4	6	6	6	6	6	6	6	5	3	5	5	5	5	6
5	14	14	14	14	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	14	15	15	15	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	6	6	6	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3	3
8	47	47	45	45	47	47	47	10	10	9	9	14	14	14
9	37	39	32	32	8	8	6	7	8	7	7	6	6	5
10	14	14	21	21	10	14	24	6	6	6	6	6	6	6
11	6	6	6	6	6	6	6	3	1	1	1	1	1	1
14	47	47	47	47	47	47	47	39	39	38	38	39	39	38
15	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
19	47	47	47	47	47	47	47	34	35	35	35	34	35	34
20	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
21	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
22	1	6	2	2	5	3	4	1	3	1	1	1	1	1

Tabel 5-2: Hinderoppervlakte [are] voor de verschillende alternatieven

Weg	Dagperiode							
	0/0+1	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3
2	169	156	156	156	156	26	26	52
3	42	42	42	42	42	42	42	42
4	264	264	264	264	264	264	264	264
5	266	266	266	266	266	114	114	114
6	350	350	375	375	375	150	150	150
7	66	66	66	66	66	66	66	66
8	846	846	846	810	810	846	846	846
9	444	444	468	384	384	96	96	72
10	855	798	798	1197	1197	570	798	1368
11	222	222	222	222	222	222	222	222
14	893	893	893	893	893	893	893	893
15	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457
19	517	517	517	517	517	517	517	517
20	1269	1269	1269	1269	1269	1269	1269	1269
21	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222
22	22	22	132	44	44	110	66	88
Totaal	8904	8834	8993	9184	9184	7864	8048	8642

Weg	Nachtperiode							
	0/0+1	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3
2	52	52	52	52	52	13	13	26
3	21	21	28	28	28	28	28	28
4	220	220	132	220	220	220	220	264
5	114	114	114	114	114	114	114	114
6	150	150	150	150	150	150	150	150
7	44	44	33	33	33	33	33	33
8	162	180	180	162	162	252	252	252
9	84	84	96	84	84	72	72	60
10	342	342	342	342	342	342	342	342
11	111	111	37	37	37	37	37	37
14	741	741	741	722	722	741	741	722
15	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457	1457
19	374	374	385	385	385	374	385	374
20	1269	1269	1269	1269	1269	1269	1269	1269
21	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222	1222
22	22	22	66	22	22	22	22	22
Totaal	6385	6403	6304	6299	6299	6346	6357	6372

Tabel 5-2: Aantal woningen binnen hinderafstand voor de verschillende alternatieven tijdens de dagperiode

Weg	Dagperiode							
	0/0+1	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3
2	1	1	1	1	1	0	0	0
3	15	15	15	15	15	15	15	15
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	21	21	21	21	21	17	19	21
11	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1
15	2	2	2	2	2	2	2	2
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
21	4	5	6	5	5	6	5	5
22	0	0	0	0	0	0	0	0
Totaal	46	47	48	47	47	43	44	46

Tabel 5-1 toont de berekende hinderafstanden voor de verschillende secties tijdens de dag- en nachtperiode op basis van intensiteiten, snelheden en type verkeer.

Tabel 5-2 toont de overeenkomstig berekende hinderoppervlakte. Tabel 5-3 geeft het aantal gehinderde woningen weer tijdens de dagperiode. Tijdens de nachtperiode is het aantal trillingsgehinderde woningen kleiner of gelijk aan het aantal tijdens de dagperiode.

5.2 Vergelijking alternatieven met Nul-alternatief

Tabel 5-4 toont de procentuele variatie van de gehinderde oppervlakte ten opzichte van het Nul-alternatief. Een effect wordt beschouwd als neutraal indien de relatieve toe- of afname kleiner is dan vijf procent. In de andere gevallen worden effecten respectievelijk negatief of positief bestempeld.

Tabel 5-4: Variatie hinderoppervlakte [%] ten opzichte van nulalternatief en evaluatie

	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3
Dagperiode	-0.8%	1.0%	3.1%	3.1%	-11.7%	-9.6%	-2.9%
Nachtperiode	0.3%	-1.3%	-1.3%	-1.3%	-0.6%	-0.4%	-0.2%
Evaluatie	neutraal	neutraal	neutraal	neutraal	positief	positief	neutraal

Alternatieven B, B1 en B2 hebben een matig voordelig effect. Alle andere alternatieven en varianten hebben een neutraal effect.

Tabel 5-5 toont de toename (of afname) van de hinderoppervlakte ten opzichte van het Nul-alternatief.

Tabel 5-5: Variatie hinderoppervlakte [are] ten opzichte van het Nul-alternatief voor dag- en nachtperiode

Weg	Dagperiode							Nachtperiode						
	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3
2	-13	-13	-13	-13	-143	-143	-117	0	0	0	0	-39	-39	-26
3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7
4	0	0	0	0	0	0	0	0	-88	0	0	0	0	44
5	0	0	0	0	-152	-152	-152	0	0	0	0	0	0	0
6	0	25	25	25	-200	-200	-200	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	-11	-11	-11	-11	-11	-11
8	0	0	-36	-36	0	0	0	18	18	0	0	90	90	90
9	0	24	-60	-60	-348	-348	-372	0	12	0	0	-12	-12	-24
10	-57	-57	342	342	-285	-57	513	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	-74	-74	-74	-74	-74	-74
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-19	-19	0	0	-19
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	11	0	11	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	110	22	22	88	44	66	0	44	0	0	0	0	0
Totaal	-70	89	280	280	-1040	-856	-262	18	-81	-86	-86	-39	-28	-13

De positieve effecten van de alternatieven B, B1 en B2 tijdens de dagperiode, worden vooral gerealiseerd door de intensiteitsvariëaties op de wegsecties 2 (Noordhoekweg), 5 en 6 (N254 Nieuwe Rijksweg), 9 (Noordzakweg) en 10 (N667, Heinkenszandseweg). Voor alternatief B3 wordt dit teniet gedaan door de effecten op sectie 10 (N667, Heinkenszandseweg). Tijdens de nachtperiode zijn de verschillen gering.

Tabel 5-6 toont de procentuele variatie van het aantal gehinderde woningen ten opzichte van het Nul-alternatief. Een effect wordt beschouwd als neutraal indien de relatieve toe- of afname kleiner is dan vier procent. In de andere gevallen worden ze respectievelijk negatief of positief bestempeld.

Tabel 5-6: Variatie aantal gehinderde woningen ten opzichte van het Nul-alternatief en evaluatie

	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3
Dagperiode	2.2%	4.3%	2.2%	2.2%	-6.5%	-4.35%	-0.0%
Evaluatie	neutraal	negatief	neutraal	neutraal	positief	positief	neutraal

De alternatieven B, B1 en B2 hebben een matig voordelig effect. Alternatief A heeft een matig nadelig effect. Alle andere alternatieven en varianten hebben een neutraal effect.

5.3 Invloed van Westerschelde Container Terminal

Tabel 5-7 geeft de intensiteiten zonder WCT ten opzichte van de autonome ontwikkeling met WCT, absoluut én procentueel. De WCT heeft vooral een intensiteitseffect op de wegsecties 15, 16, 19, 20 en 21. Er zal twintig tot 40 procent meer middelzwaar en zwaar verkeer rijden. Dit absolute verschil in intensiteiten is gelijk voor alle varianten en alternatieven.

Tabel 5-7: Intensiteitverschillen mét en zonder WCT

Wegvak	Dagperiode						Nachtperiode								
	0/0+1			Verschil WCT			0/0+1			Verschil WCT			Verschil WCT		
	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV	LV	MV	ZV
13	717	76	90	34	2	2	110	12	14	5	0	0	4.8%	2.4%	2.4%
15	2983	298	357	34	66	80	459	46	55	5	10	12	1.2%	22.3%	22.3%
16	2855	249	298	34	66	80	439	38	46	5	10	12	1.2%	26.7%	26.7%
19	1131	116	139	17	10	12	174	18	21	3	2	2	1.5%	8.9%	8.9%
20	1087	176	211	34	66	80	167	27	32	5	10	12	3.2%	37.8%	37.8%
21	1147	182	218	34	66	80	177	28	34	5	10	12	3.0%	36.5%	36.5%

Tabel 5-3: Hinderafstand [m] voor autonome ontwikkeling mét en zonder WCT

Weg	Dagperiode		Nachtperiode	
	Met WCT	Zonder WCT	Met WCT	Zonder WCT
13	47	47	22	22
15	47	47	47	47
16	47	47	47	47
19	47	47	34	31
20	47	47	47	32
21	47	47	47	33

Tabel 5-9: Hinderoppervlakte [are] mét en zonder WCT

	Periode	2005	0/0+1	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3
Zonder WCT	dag	7973	8638	8568	8727	8918	8918	7750	7934	8528
	nacht	3274	5469	5513	5441	5488	5488	5521	5520	5572
Met WCT	dag	797300	8638	8568	8727	8918	8918	7750	7934	8528
	nacht	327400	6271	6289	6190	6185	6185	6232	6243	6258

Het effect met of zonder WCT voor de omgevingstrillingen is niet aanzienlijk door het verzadigingseffect. Toename van het zwaar verkeer op de belangrijkste wegen heeft al voor verzadiging gezorgd, zodat een eventuele toename door de WCT geen of weinig effect heeft.

Tabel 5-8 toont aan dat de hinderafstand enkel tijdens de nachtperiode verschillend is én dan nog enkel voor de wegsegmenten 19, 20 en 21. De hinderoppervlakten blijven gelijk tijdens de dagperiode door het verzadigingseffect. Tijdens de nachtperiode is de hinder oppervlakte als gevolg van de WCT groter. Echter, hier is géén noemenswaardig verschil tussen de verschillende alternatieven. De evaluatie is dus neutraal.

6. OVERZICHT

Tabel 6-1 vat de voorgaande resultaten van de effecten samen. De alternatieven en varianten worden beoordeeld volgens een 7-delige schaal (+++ sterk voordelig effect, --- sterk nadelig effect).

Tabel 6-1: Vergelijking van de verschillende alternatieven en varianten

Criterion	0+1	0+2	A	A1/A2	A3	B	B1/B2	B3
Hoeveelheid gehinderde oppervlakte volgens de streefwaarde SBR (Stichting Bouw Research) richtlijn	0	0	0	0	0	+	+	0
Aantal gehinderde woningen volgens de streefwaarde SBR (Stichting Bouw Research) richtlijn	0	0	-	0	0	+	+	0

De alternatieven B, B1 en B2 hebben positieve effecten op de trillingshinder. Alternatief A heeft een matig negatief effect op het aantal gehinderden. Alle andere alternatieven en varianten hebben een neutraal effect. De positieve evaluatie van de alternatieven B, B1 en B2 wordt vooral gerealiseerd door de intensiteitsvariaties op de wegsecties 2 (Noordhoekweg), 5 en 6 (N254 Nieuwe Rijksweg), 9 (Noordzakweg) en 10 (A256). Voor het alternatief B3 wordt dit teniet gedaan door de effecten op sectie 10 (Heinkenszandseweg).

7. REDUCERENDE MAATREGELEN

In het kader van het project Sloeweg worden géén specifieke maatregelen voorzien voor de reductie van trillingshinder. Dit, omdat de effecten op trillingshinder voor de meeste alternatieven en varianten neutraal zijn ten opzichte van de autonome ontwikkeling. De alternatieven B, B1 en B2 scoren op het vlak van trillingshinder beter dan de autonome ontwikkeling op basis van de hinderoppervlakte en het aantal gehinderden.

8. LEEMTEN IN KENNIS EN EVALUATIEPROGRAMMA

8.1 Leemten in kennis en informatie

De berekeningen zijn gestoeld op een semi-empirisch voortplantingsmodel van trillingen. Dit model is voorzien van alle determinerende parameters en de gekende fysische impact hiervan. Het model is afgestemd op een groot aantal in-situ meetgegevens. Dit maakt het zeker voldoende betrouwbaar in de huidige context.

Echter, er moet vermeld worden dat er géén eenduidig model bestaat dat opgelegd wordt door regelgeving of beschreven wordt door normering. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld het deelaspect geluid waar dit wel het geval is. Aldus, bij ontstentenis van een eenduidig model, werd het hiervoor beschreven model toegepast. Het bestaan van een eenduidig opgelegd rekenmodel is een noodzakelijkheid om in de toekomst op een gekende betrouwbare basis, zelfs voor uiteenlopende projecten, vergelijkbare studies te kunnen uitvoeren.

De gehanteerde rekenmethodiek heeft de mogelijkheid om voorspellingen te doen voor een groot gebied met een groot aantal wegen en gebouwen. Ze vertrekt echter van beschikbare databanken van gegevens. Dit wil zeggen: de gegevens over wegen met ligging, voertuigtypes en intensiteiten dienen beschikbaar te zijn, evenals de plaats van de gebouwen.

8.2 Aanzet evaluatieprogramma

Om te zien of de in dit rapport voorspelde trillingshinder overeenkomt met de realiteit tijdens de exploitatie van de Sloeweg, kan men op weggedeelten met het meeste vrachtverkeer én daar waar woningen relatief kort bij de weg staan, metingen uitvoeren.

REFERENTIELIJST

‘Hinder voor personen in gebouwen - Meet en beoordelingsrichtlijn - Deel B’, SBR (Stichting Bouw Research), uitgave augustus 2003.

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Frequentie	aantal trillingen per seconde, de eenheid is hertz
Herhaald voorkomende trilling	kortdurende trilling door weg- of railverkeer (waaronder ook heftrucks, bulldozers, kranen op rails en dergelijke) met een repeterend karakter
Hinderafstand	de afstand tussen bron en ontvanger (gebouw of gebouw) waarbij trillingen als hinderlijk worden beschouwd volgens de grenswaarden van de normering
Hinderoppervlakte	de oppervlakte bepaald door vermenigvuldiging van de hinderafstand met de lengte van de bron (lijnbron) met constante bronkarakteristieken
Intensiteit	aantal passages per tijdseenheid of -periode
Meetduur	tijdsduur waarin met één configuratie meetpunten een meting wordt uitgevoerd
Meetpunt	positie waar een trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) wordt gemeten
Meetrichting	de richting waarin de trillingsgrootte in een meetpunt wordt gemeten
(voortplanting van de) Ralleigh-golf	De Ralleigh-golf plant zich voort in een oppervlaktelaag. De dikte van die laag wordt bepaald door de golfsnelheid in de grond, afhankelijk van type grond én de frequentie van de dominante trilling. In huidig geval is de golfsnelheid 200m/s. De dominante trilling van wegverkeer (zwaar vervoer) is tussen 10 en 15Hz (bepaald door de resonantie van de niet-afgeveerde massa tussen luchtveer band en vering rollend materieel). Deze samen geven een golflengte in de grond van 13 tot 20m. De amplitude van de rayleigh-golf is in de oppervlaktelaag nogal constant in de diepte tot minstens 0.6 maal deze golflengte, dus tussen 8 en 12m. Deze laag beweegt zich dus als één geheel voor deze trilling. De wijze waarop een woning gefundeerd is, maakt dus niet zoveel uit. De woning zal sowieso meebewegen met de beweging van de oppervlaktelaag.
Trilling	een variatie van een grootte (verplaatsing, snelheid, versnelling) als functie van de tijd, die de beweging of de positie van een systeem beschrijft waarbij de grootte afwisselend groter en kleiner is dan een gemiddelde waarde
Trillingssnelheid	of kortweg snelheid, een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de verplaatsing weergeeft

$V_{\max}$	De maximale voortschrijdende effectieve trillingssnelheid die zich voordoet bij een individuele passage van een voertuig
$V_{\max,\text{ref}}$	De maximale voortschrijdende effectieve trillingssnelheid die zich voordoet bij een individuele passage van een referentievoertuig onder referentieomstandigheden. Het referentievoertuig is een auto die over een autosnelweg rijdt met een snelheid van 60 km/h in een zanderige omgeving (met schuifgolfsnelheid van 200m/s). Het heeft 2 assen en genereert op een afstand van 20 m een $V_{\max,\text{ref}}$ waarde van 0.015 in open veld
V_{per}	Trillingssterkte over de beoordelingsperiode en bepaald als de effectieve waarde van de maxima $V_{\text{eff,max},30,i}$
$V_{\text{eff,max},30,i}$	De grootste waarde van $V_{\text{eff}}(t)$ in een tijdsinterval i van 30 seconden
$V_{\text{eff}}(t)$	De voortschrijdende effectieve waarde van de gewogen momentane trillingsgrootheid