De Streek, partiële herziening Oosterparallelweg 31

Inhoudsopgave

Bijlagen bij regels **3**

Bijlage 1 **Staat van bedrijfsactiviteiten** **4**

Bijlage 2 **Inrichtingsplan** **9**

Bijlage 3 **Trillingsonderzoek** **13**

Bijlage 4 **Verdelingsplan** **45**

Bijlagen bij regels

Bijlage 1 Staat van bedrijfsactiviteiten

Bijlage 2.
Staat van bedrijven

SBI-1993	SBI-2008		OMSCHRIJVING	AFSTANDEN IN METERS									CATEGORIE
-	-	nummer		GEUR	STOF	GELUID			GEVAAR			GROOTSTE AFSTAND	
01	01	-	LANDBOUW EN DIENSTVERLENING T.B.V. DE LANDBOUW										
014	016	4	- plantsoenendiensten en hoveniers-bedrijven: b.o. <= 500 m²	30	10	30			10		30		2
15	10, 11	-	VERVAARDIGING VAN VOEDINGSMID-DELEN EN DRANKEN										
1581	1071	0	Broodfabrieken, brood- en banket-bakkerijen:										
1581	1071	1	- v.c. < 7500 kg meel/week, bij gebruik van charge-ovens	30	10	30	C		10		30		2
1593 t/m 1595	1102 t/m 1104		Vervaardiging van wijn, cider e.d.	10	0	30	C		0		30		2
18	14	-	VERVAARDIGING VAN KLEDING; BE-REIDEN EN VERVEN VAN BONT										
182	141		Vervaardiging van kleding en -toebehoren (excl. van leer)	10	10	30			10		30		2
20	16	-	HOUTINDUSTRIE EN VERVAARDIGING ARTIKELEN VAN HOUT, RIET, KURK E.D.										
205	162902		Kurkwaren-, riet- en vlechtwerkfa-brieken	10	10	30			0		30		2
22	58	-	UITGEVERIJEN, DRUKKERIJEN EN REPRODUKTIE VAN OPGENOMEN MEDIA										
221	581		Uitgeverijen (kantoren)	0	0	10			0		10		1
2222.6	18129		Kleine drukkerijen en kopieerinrich-tingen	10	0	30			0		30		2
2223	1814	A	Grafische afwerking	0	0	10			0		10		1
2223	1814	B	Binderijen	30	0	30			0		30		2
2224	1813		Grafische reproduktie en zetten	30	0	10			10		30		2
2225	1814		Overige grafische aktiviteiten	30	0	30			10		30	D	2
223	182		Reproduktiebedrijven opgenomen media	0	0	10			0		10		1
24	20	-	VERVAARDIGING VAN CHEMISCHE PRODUKTEN										
2442	2120	0	Farmaceutische produktenfabrieken:										
2442	2120	2	- verbandmiddelenfabrieken	10	10	30			10		30		2
26	23	-	VERVAARDIGING VAN GLAS, AARDE-WERK, CEMENT-, KALK- EN GIPSPRO-DUKTEN										
262, 263	232, 234	0	Aardewerkfabrieken:										
262, 263	232, 234	1	- vermogen elektrische ovens totaal < 40 kW	10	10	30			10		30		2

SBI-1993	SBI-2008		OMSCHRIJVING	AFSTANDEN IN METERS									CATEGORIE
-	-	nummer		GEUR	STOF	GELUID			GEVAAR			GROOTSTE AFSTAND	
30	26, 28, 33	-	VERVAARDIGING VAN KANTOORMACHINES EN COMPUTERS										
30	26, 28, 33	A	Kantoormachines- en computerfabrieken incl. reparatie	30	10	30			10		30		2
31	26, 27, 33	-	VERVAARDIGING VAN OVER. ELEKTR. MACHINES, APPARATEN EN BENODIGDH.										
316	293		Elektrotechnische industrie n.e.g.	30	10	30			10		30		2
33	26, 32, 33	-	VERVAARDIGING VAN MEDISCHE EN OPTISCHE APPARATEN EN INSTRUMENTEN										
33	26, 32, 33	A	Fabrieken voor medische en optische apparaten en instrumenten e.d. incl. reparatie	30	0	30			0		30		2
36	31	-	VERVAARDIGING VAN MEUBELS EN OVERIGE GOEDEREN N.E.G.										
361	9524	2	Meubelstoffeerderijen b.o. < 200 m2	0	10	10			0		10		1
362	321		Fabricage van munten, sieraden e.d.	30	10	10			10		30		2
363	322		Muziekinstrumentenfabrieken	30	10	30			10		30		2
45	41, 42, 43	-	BOUWNIJVERHEID										
45	41, 42, 43	3	- aannemersbedrijven met werkplaats: b.o.< 1000 m²	0	10	30			10		30		2
50	45, 47	-	HANDEL/REPARATIE VAN AUTO'S, MOTORFIETSEN; BENZINESERVICESTATIONS										
501, 502, 504	451, 452, 454		Handel in auto's en motorfietsen, reparatie- en servicebedrijven	10	0	30			10		30		2
5020.4	45204	B	Autobeklederijen	0	0	10			10		10		1
5020.5	45205		Autowasserijen	10	0	30			0		30		2
503, 504	453		Handel in auto- en motorfietsonderdelen en -accessoires	0	0	30			10		30		2
505	473	0	Benzineservisestations:										
505	473	3	- zonder LPG	30	0	30			10		30		2
51	46	-	GROOTHANDEL EN HANDELSBEMIDDELING										
511	461		Handelsbemiddeling (kantoren)	0	0	10			0		10		1
5122	4622		Grth in bloemen en planten	10	10	30			0		30		2
5134	4634		Grth in dranken	0	0	30			0		30		2
5135	4635		Grth in tabaksprodukten	10	0	30			0		30		2
5136	4636		Grth in suiker, chocolade en suikerwerk	10	10	30			0		30		2
5137	4637		Grth in koffie, thee, cacao en specerijen	30	10	30			0		30		2
5138, 5139	4638, 4639		Grth in overige voedings- en genotmiddelen	10	10	30			10		30		2

SBI-1993	SBI-2008		OMSCHRIJVING	AFSTANDEN IN METERS									
-	-	nummer		GEUR	STOF	GELUID			GEVAAR			GROOTSTE AFSTAND	CATEGORIE
514	464, 46733		Grth in overige consumentenartikelen	10	10	30			10		30		2
5156	4676		Grth in overige intermediaire goede-ren	10	10	30			10		30		2
519	466, 469		Overige grth (bedrijfsmeubels, em-ballage, vakbenodigdheden e.d.	0	0	30			0		30		2
52	47	-	DETAILHANDEL EN REPARATIE T.B.V. PARTICULIEREN										
527	952		Reparatie t.b.v. particulieren (excl. auto's en motorfietsen)	0	0	10			10		10		1
64	53	-	POST EN TELECOMMUNICATIE										
641	531, 532		Post- en koeriersdiensten	0	0	30	C		0		30		2
642	61	A	Telecommunicatiebedrijven	0	0	10	C		0		10		1
70	41, 68	A	Verhuur van en handel in onroerend goed	0	0	10			0		10		1
71	77	-	VERHUUR VAN TRANSPORTMIDDELEN, MACHINES, ANDERE ROERENDE GOE-DEREN										
711	7711		Personenautoverhuurbedrijven	10	0	30			10		30		2
714	772		Verhuurbedrijven voor roerende goederen n.e.g.	10	10	30			10		30	D	2
72	62	-	COMPUTERSERVICE- EN INFORMATIE-TECHNOLOGIE										
72	62	A	Computerservice- en informatietech-nologie-bureau's e.d.	0	0	10			0		10		1
73	72	-	SPEUR- EN ONTWIKKELINGSWERK										
731	721		Natuurwetenschappelijk speur- en ontwikkelingswerk	30	10	30			30	R	30		2
732	722		Maatschappij- en geesteswetен-schappelijk onderzoek	0	0	10			0		10		1
74	63, 69 t/m 71, 73, 74, 77, 78, 80 t/m 82	-	OVERIGE ZAKELIJKE DIENSTVERLE-NING										
74	63, 69 t/m 71, 73, 74, 77, 78, 80 t/m 82	A	Overige zakelijke dienstverlening: kantoren	0	0	10			0		10	D	1
7481.3	74203		Foto- en filmontwikkelcentrales	10	0	30	C		10		30		2
7484.4	82992		Veilingen voor huisraad, kunst e.d.	0	0	10			0		10		1
90	37, 38, 39	-	MILIEUDIENSTVERLENING										
9002.2	382	A0	Afvalverwerkingsbedrijven:										
9002.2	382	A7	- verwerking fotochemisch en galva-	10	10	30			30	R	30		2

SBI-1993	SBI-2008		OMSCHRIJVING	AFSTANDEN IN METERS									CATEGORIE
-	-	nummer		GEUR	STOF	GELUID			GEVAAR			GROOTSTE AFSTAND	
			no-afval										
93	96	-	OVERIGE DIENSTVERLENING										
9301.2	96012		Chemische wasserijen en ververijen	30	0	30			30	R	30		2
9301.3	96013	A	Wasverzendinrichtingen	0	0	30			0		30		2

Bijlage 2 Inrichtingsplan

splitsen bedrijfsbestemming Oosterparallelweg 31

situatie bestaand

Schaal: **1:500** Datum:**04-12-2020**

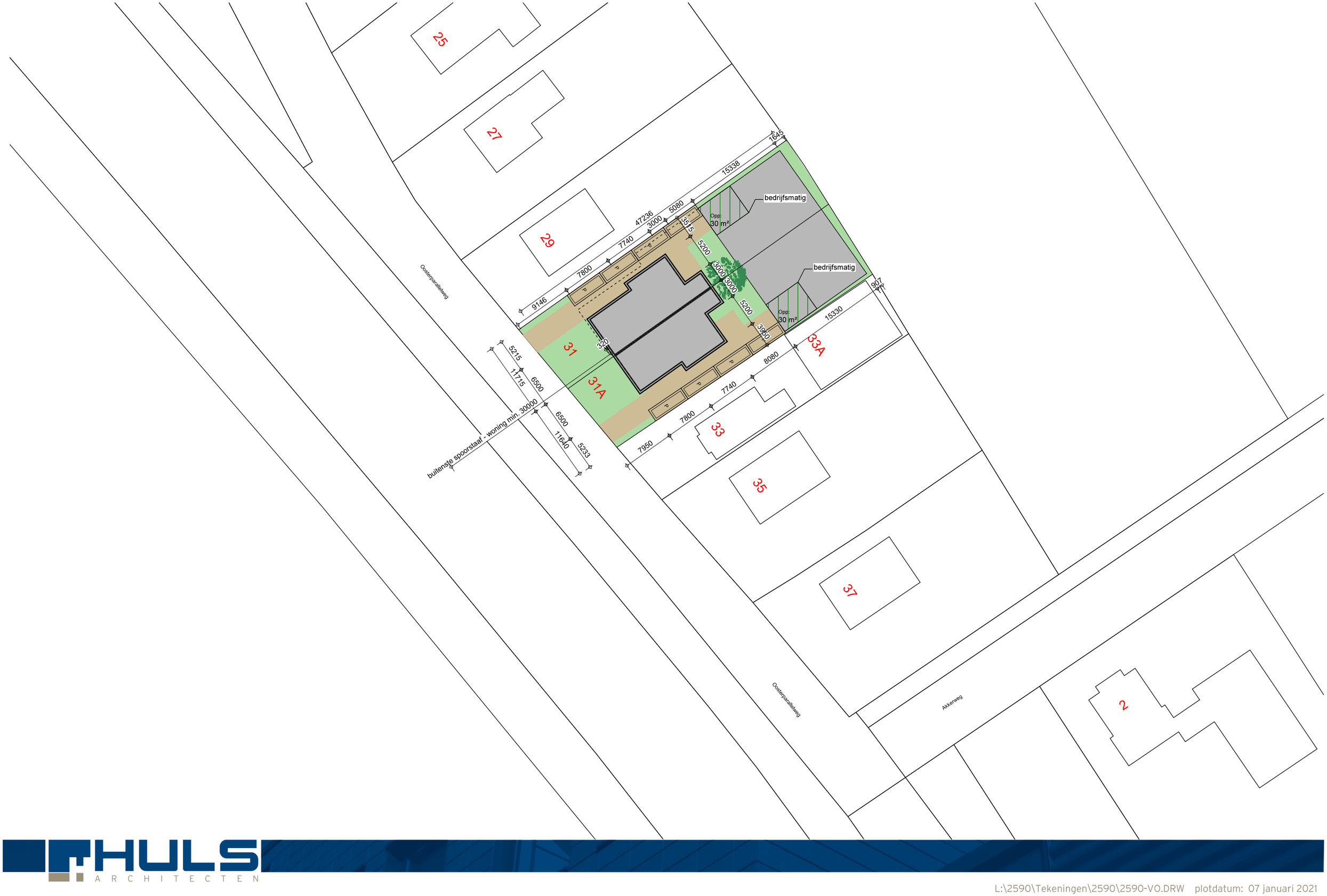


HULS ARCHITECTEN

splitsen bedrijfsbestemming Oosterparallelweg 31

situatie nieuw

Schaal: **1:500** Datum: **07-01-2021**



splitsen bedrijfsbestemming Oosterparallelweg 31

situatie

Schaal: **1:250** Datum: **07-01-2021**



Bijlage 3 Trillingsonderzoek

OOSTERPARALLELWEG 31 STAPHORST

Trillingsonderzoek t.b.v. wijziging bestemmingsplan



WeBoost DATA

WBD2010

18 december 2020
versie 1.0

Colofon

Auteur	Thijmen van der Veen thijmen@we-boost.nl
Controle en vrijgave	Pieter Boon pieter@we-boost.nl +31 6 10 03 94 54
Projectcode	*WBD2010*
Versienr	*1.0*
Datum	*18 december 2020*
Status	*Vrijgegeven*
Opdrachtgever	*BJZ.nu*

WeBoost DATA
Nijverheidsweg 16B
3534 AM Utrecht
www.we-boost-data.nl

© We-Boost Data 2020

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van We-Boost.

Managementsamenvatting

Aan de Oosterparallelweg 31 in Staphorst is een voormalig machinebedrijf met bijbehorende bedrijfswoning aanwezig. De initiatiefnemer is voornemens de bestaande bedrijfswoning te vervangen voor een nieuwe twee-onder-een kapwoning. Het bouwperceel ligt in de nabijheid van de spoorlijn Zwolle – Meppel. Gezien de beperkte afstand tot het spoor kan trillingshinder als gevolg van treinverkeer niet *op voorhand* worden uitgesloten. Doel van het voorliggende onderzoek is daarom om vast te stellen of er sprake zal zijn van trillingshinder in de geplande nieuwbouw, en zo ja, met welke maatregelen deze hinder is te voorkomen of te verminderen.

De belangrijkste bevinding van het onderzoek is dat incidentele overschrijdingen van het beoordelingskader niet zijn uit te sluiten. Het gaat om maximaal 3 overschrijdingen per week (afhankelijk van de constructieve uitwerking van het ontwerp), veroorzaakt door goederentreinen met een afwijkend trillingsniveau.

Omdat er overschrijdingen zijn van het beoordelingskader, is op basis van bijlage 5 van de SBR B-richtlijn een maatregelafweging uitgevoerd. Hieruit volgt dat:

1. Maatregelen aan het spoor gezien de hoge kosten (meer dan € 250.000 per woning) niet doelmatig zijn.

2. Maatregelen in de bodem gezien de hoge kosten (meer dan € 150.000 per woning) en realisatiehinder niet doelmatig zijn.

3. Voor maatregelen aan de woningen geldt dat het volledig afveren van de woningen (dubbele fundering met daartussen stalen veerdozen, afgeveerd op 3 Hz) zal leiden tot trillingen die lager zijn dan de streefwaarden. Deze maatregel brengt echter hoge kosten met zich mee (ca. € 20.000 tot € 30.000 excl. BTW per woning), en wordt niet doelmatig geacht in het licht van het beperkte aantal overschrijdingen. Wel adviseren wij om in de verdere uitwerking van de plannen de volgende ontwerpuitgangspunten mee te nemen:

    a. Vermijd trillingsgevoelige constructies: pas geen houtskeletbouw toe en beperk het aantal staalconstructies tot een minimum.

    b. Vermijd eigenfrequenties van de vloeren tussen 4 en 7 Hz, omdat de trillingen van de goederentreinen dan samenvallen met de eigenfrequentie van de vloer. Dit is te realiseren door kleinere vloeroverspanningen te hanteren, of een dikkere vloer toe te passen.

    c. Vermijd een prefab balkenfundering, maar pas in plaats daarvan een gestorte fundering (balken of plaatfundering) toe, deze zijn minder gevoelig voor trillingen door de grotere stijfheid.

    Met bovenstaande uitgangspunten resteren er nog 1 of 2 overschrijdingen per week, en wordt in ieder geval voldaan aan de (soepeler) streefwaarden voor een bestaande situatie uit de SBR B-richtlijn. Om te voldoen aan de streefwaarden voor een nieuwe situatie, adviseren wij het volgende:

d. Onderzoek bij de constructieve uitwerking de mogelijkheid om de woningen stijver te construeren, bijvoorbeeld door het toepassen van een prefab betonnen skelet in plaats van kalkzandsteen en het beperken van het aantal gevelopeningen en openingen in dwarswanden.

e. Onderzoek bij de constructieve uitwerking de mogelijkheid om meer dempende materialen te gebruiken, zoals breedplaat- of schuimbetonvloeren i.p.v. kanaalplaatvloeren.

f. Onderzoek bij de constructieve uitwerking de mogelijkheid om de fundering zwaarder uit te voeren, bijv. een plaatfundering i.p.v. een balkenfundering.

Met bovenstaande aanpassingen kan worden voldaan aan het beoordelingskader voor trillingen voor nieuwe situaties. Of deze ingrepen doelmatig zijn in het licht van de beperkte en incidentele overschrijdingen, is afhankelijk van de meerkosten. Bij hoge meerkosten van deze aanvullende aanpassingen kan worden gemotiveerd dat er geen onacceptabele situatie ontstaat in het licht van bijlage 5 van de SBR B-richtlijn, gezien het feit dat het gaat om beperkte overschrijdingen van het beoordelingskader, er sprake is van hooguit incidentele overschrijdingen (maximaal 1 of 2 per week) en dat wel ruim wordt voldaan aan de soepeler streefwaarden voor een bestaande situatie uit de SBR B-richtlijn.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 6
1.1 Aanleiding 6
1.2 Doel 6
1.3 Leeswijzer 7

2 Situatie en uitgangspunten 8
2.1 Situatie 8
2.2 Uitgangspunten 9

3 Beoordelingskader 11
3.1 Beoordelingskader 11
3.2 Rekenmethode 12

4 Trillingen in de bebouwing 15
4.1 Meetresultaten 15
4.2 Trillingen in geplande nieuwbouw 16
4.3 Maatregelen 17
4.4 Onzekerheden in het onderzoek 22

5 Conclusies en aanbevelingen 24

I Bijlage Geotechnisch bodemonderzoek 26

II Bijlage Rekenmodel Buildyn 28
Fundering 29
Draagconstructie 29
Vloeren 30
Resultaten 31

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Aan de Oosterparallelweg 31 in Staphorst is een voormalig machinebedrijf met bijbehorende bedrijfswoning aanwezig. De initiatiefnemer is voornemens de bestaande bedrijfswoning te vervangen voor een nieuwe twee-onder-een kapwoning. De bedrijfsruimte achter de nieuw te bouwen woonruimte ligt buiten de scope van dit onderzoek. Het bouwperceel ligt in de nabijheid van de spoorlijn Zwolle – Meppel, zie Figuur 1. Gezien de beperkte afstand tot het spoor kan trillingshinder als gevolg van treinverkeer niet *op voorhand* worden uitgesloten.



Figuur 1 Situering van pand aan de Oosterparallelweg 31 in Staphorst

1.2 Doel

Doel van dit onderzoek is om vast te stellen of er sprake is van trillingshinder in de geplande bebouwing, en zo ja, met welke maatregelen deze hinder is te voorkomen. Hiervoor maken wij een nauwkeurige predictie van de trillingen in de geplande bebouwing, conform de in de *Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen* omschreven aanpak. Deze trillingen toetsen we aan het van toepassing zijnde beoordelingskader (de SBR B-richtlijn). Als er overschrijdingen van het beoordelingskader worden verwacht, dan geven we aan met welke constructieve aanpassingen of maatregelen wel wordt voldaan aan het beoordelingskader.

1.3 Leeswijzer

Wij beschrijven de situatie in het onderzoeksgebied en de uitgangspunten in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 lichten we het beoordelingskader en de gevolgde rekenmethodiek toe. Met behulp van de uitgangspunten berekenen we de trillingen in het onderzoeksgebied voor de geplande bebouwing op basis van de gemeten trillingen en de eigenschappen en functies van de bebouwing. Het resultaat van deze stap wordt in hoofdstuk 4 beschreven. In hoofdstuk 5 geven we de conclusies en aanbevelingen.

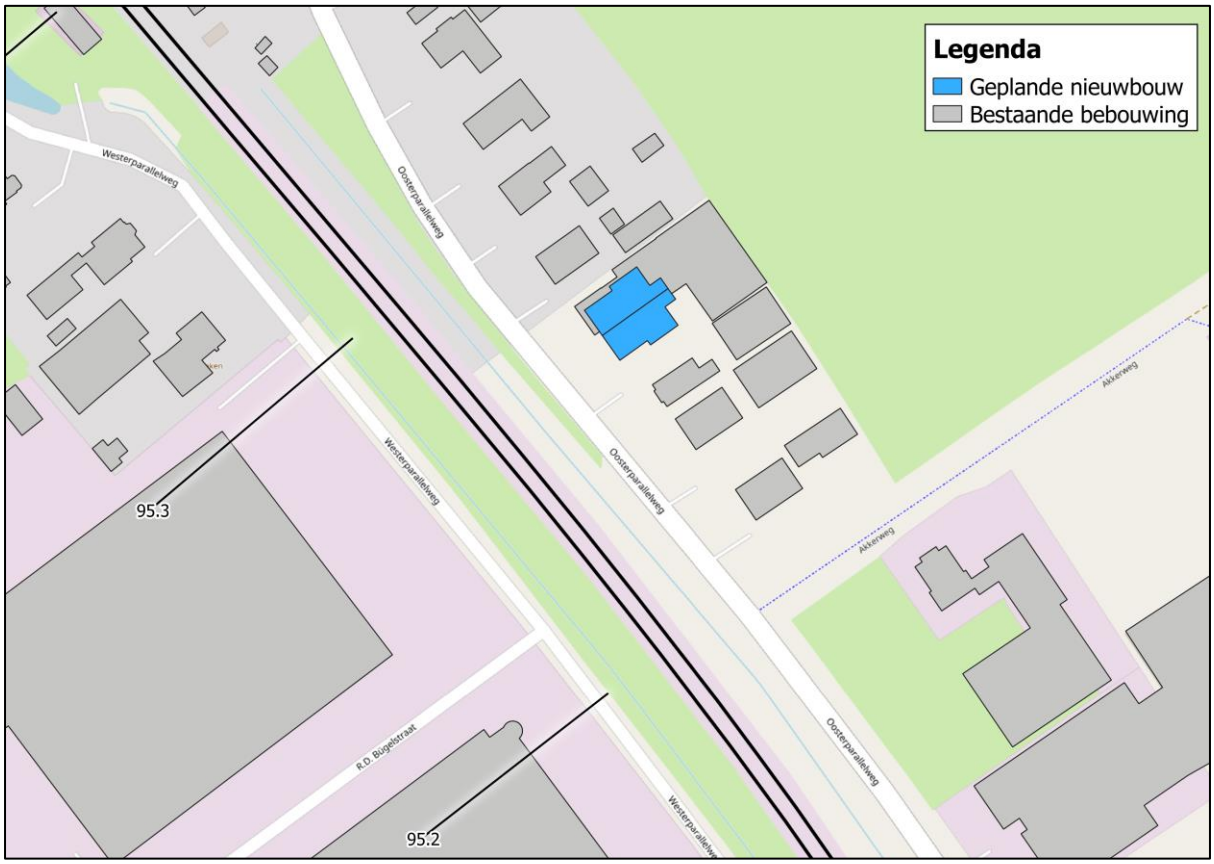
De bijlages bevatten technische informatie van het onderzoek, zoals een toelichting op de rekenmethodiek en grondonderzoek van nabijgelegen locaties.

2 Situatie en uitgangspunten

In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op de beoogde toekomstige situatie en worden de uitgangspunten van het onderzoek weergegeven.

2.1 Situatie

De planlocatie bestaat uit een bebouwd perceel waarop een voormalig machinebedrijf met bijbehorende bedrijfswoning aanwezig is. Deze bedrijfswoning wordt vervangen door een nieuwe twee-onder-een kapwoning. Deze woningen worden naast elkaar gerealiseerd ten opzichte van de weg en het spoor, zie Figuur 2.



Figuur 2 Geplande nieuwbouw en bestaande bebouwing

De bestaande bebouwing bevindt zich op zo'n 30 meter afstand van het spoor. De rijsnelheid en het aantal treinen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 1. Deze gegevens zijn gebaseerd op gegevens uit het Geluidsregister Spoor en gegevens van de vervoerders. Volgens de NMCA spoor 2030-2040 (vooruitblik voor goederenvervoer) zal het goederenvervoer op deze lijn ongeveer gelijk blijven (huidig 3 tot 4, toekomst 3 tot 5 goederentreinen per dag). Er wordt geen verandering in het aantal reizigerstreinen voorzien.

Tabel 1 Treinen, rijsnelheid en aantal treinen per uur per richting (gemiddeld, per richting)

Type trein	Rijsnelheid	dag (7:00 – 19:00)	avond (19:00 – 23:00)	nacht (23:00 – 7:00)
Sprinter	140 km/h	2.00	1.75	0.25
Intercity	140 km/h	4.00	4.00	1.38
Goederentrein	95 km/h	0.05	0.10	0.11

Andere trillingsbronnen, zoals vracht- en landbouwverkeer, zullen niet voor waarneembare trillingen in de bebouwing zorgen, gezien de afstand tot doorgaande wegen, de vlakke wegopbouw en de lage rijsnelheid.

2.2 Uitgangspunten

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een aantal uitgangspunten, deze worden in de volgende subparagrafen toegelicht. In het volgende hoofdstuk (onder methode) wordt toegelicht hoe deze uitgangspunten zijn verwerkt in de berekeningen.

2.2.1 Gegevens bebouwing

In het plangebied wordt een grondgebonden twee-onder-een kapwoning gerealiseerd in de plaats van een bedrijfswoning. Er is een schetsontwerp van de bebouwing beschikbaar (meest recente tekeningen van 10 december 2020), de voor trillingen meest relevante aspecten zijn weergegeven in Tabel 2. Aangezien er nog geen uitgewerkt ontwerp is, hebben wij meerdere varianten doorgerekend passend binnen de ruimtelijke kaders en representatief voor grondgebonden woningen. Het rekenmodel voor de bebouwing is gebaseerd op Tabel 2.

Tabel 2 Eigenschappen bebouwing

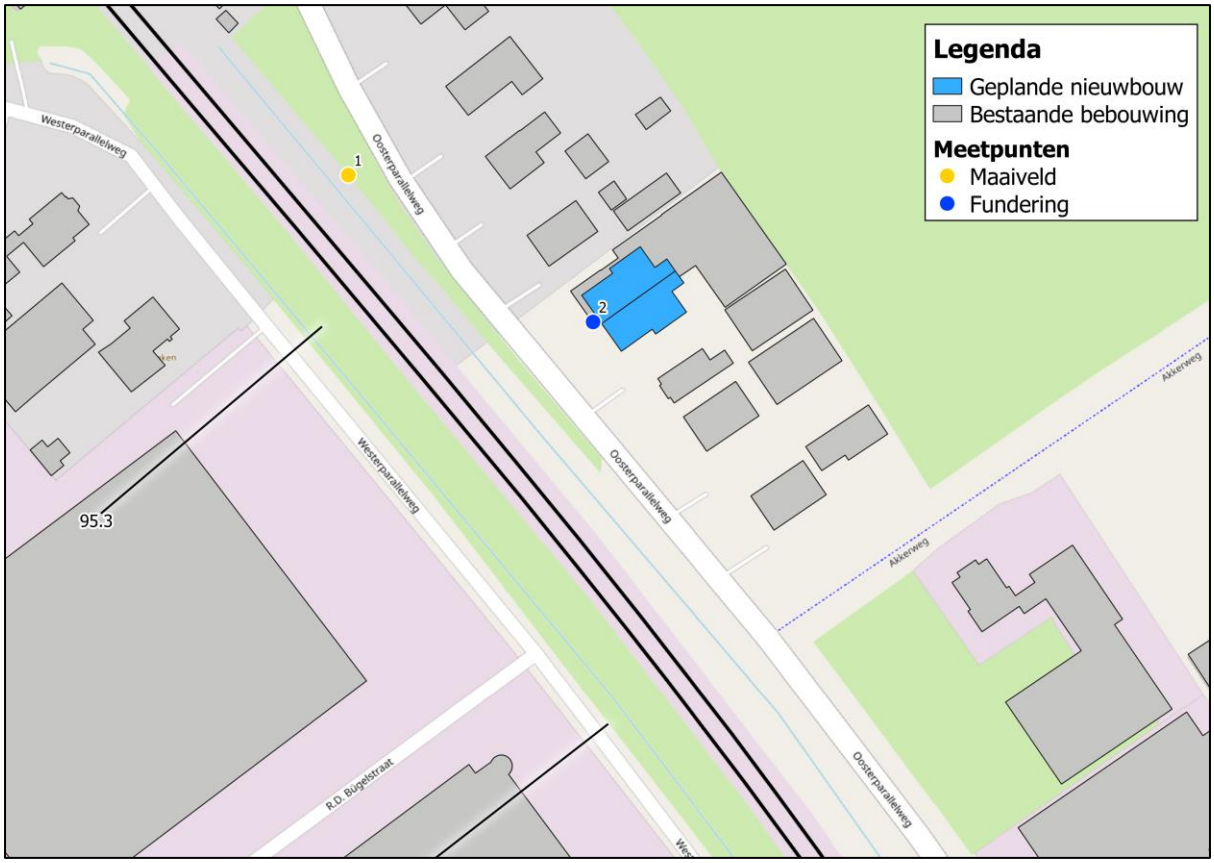
Parameter	Eigenschappen
Vloertype	Meerdere varianten • Kanaalplaatvloer 200 mm met cementdekvloer 70 mm • Breedplaatvloer 200 mm met cementdekvloer 70 mm
Hoogte	8 meter (nok)
Lengte vloerveld	Meerdere varianten, 5.5, 6.5 en 7.5 meter
Constructietype	Wanden – vloeren
Fundering	Op staal
Stijfheid gebouw	Uit metselwerk en kalkzandsteen wanden

2.2.2 Gegevens ondergrond

Voor gegevens van de ondergrond is gebruik gemaakt van beschikbare boringen en sonderingen uit Dinoloket en bodemonderzoeken die in de nabijheid van het plangebied zijn uitgevoerd. Deze gegevens zijn gebruikt om de bodemopbouw te modelleren. De bodemopbouw heeft invloed op hoe de trillingen uitdempen met de afstand, en op hoe de gebouwen reageren op trillingen.

2.2.3 Meetresultaten

Alcedo heeft metingen uitgevoerd aan de fundering van het pand aan de Oosterparallelweg 31 in Staphorst en op maaiveld langs het spoor, zie Figuur 3. De metingen zijn uitgevoerd van 8 tot en met 15 december 2020. De meetresultaten uit dit meetonderzoek geven we weer in hoofdstuk 4.



Figuur 3 Meetpunten in en bij het onderzoeksgebied

3 Beoordelingskader

In dit hoofdstuk geven wij een toelichting op het beoordelingskader en de gebruikte rekenmethode.

3.1 Beoordelingskader

Er bestaat in Nederland geen wettelijk kader voor de beoordeling van trillingshinder in gebouwen. Wel geldt dat in het kader van een goede ruimtelijke ordening kan worden verzocht om trillingen mee te nemen bij de wijziging van bestemmingsplannen waar trillingen een rol kunnen spelen. Op basis van jurisprudentie wordt al enkele decennia gebruik gemaakt van de SBR-richtlijn om trillingen in gebouwen te beoordelen.[1]

Deze SBR-richtlijn bestaat uit drie delen (deel A – schade in gebouwen, deel B – hinder voor personen in gebouwen en deel C – verstoring van gevoelige apparatuur) waarvan alleen deel B voor dit onderzoek relevant is. De afstand tussen het spoor en de geplande bebouwing is dermate groot dat er geen schade aan de gebouwen zal ontstaan, en verstoring van gevoelige apparatuur als gevolg van de realisatie van dit plan is ook niet aan de orde.

In deze SBR-richtlijn deel B zijn een aantal aspecten relevant, deze worden hieronder kort toegelicht:

1. De richtlijn toetst zowel een maximaal optredende trillingssterkte (V_{max}, treedt op bij de trein die gedurende de meetperiode de hoogste trillingen veroorzaakt) als het tijdsgemiddelde van de trillingen (V_{per}, deze grootheid is in tegenstelling tot V_{max} dus ook afhankelijk van het aantal treinen).

2. De richtlijn maakt in de beoordeling onderscheid tussen verschillende situaties, en toetst daarbij strenger in:

    a. Nieuwbouwsituaties (nieuwe gebouwen, nieuw spoor, aanleg van wissels). Bij bestaande situaties zijn de streefwaarden minder streng, er wordt dan uitgegaan van een zekere mate van gewenning en er zijn minder mogelijkheden om de trillingen te reduceren.

    b. Gebouwen met een overnachtingsfunctie (woningen, ziekenhuizen). De meeste hinder wordt vaak in rust ervaren. Bij gebouwen met een niet-overnachtingsfunctie (kantoren, scholen) gelden minder strenge

[1] Voor spoorprojecten wordt door ProRail sinds 2012 ook wel gebruik gemaakt van de Bts, deze is afgeleid van de SBR-richtlijn en op aspecten aangescherpt (waaronder een doelmatigheidsafweging en een andere manier om de trillingen vast te stellen). Deze richtlijn wordt echter niet gebruikt om de trillingen in nieuw te bouwen woningen langs het spoor te beoordelen.

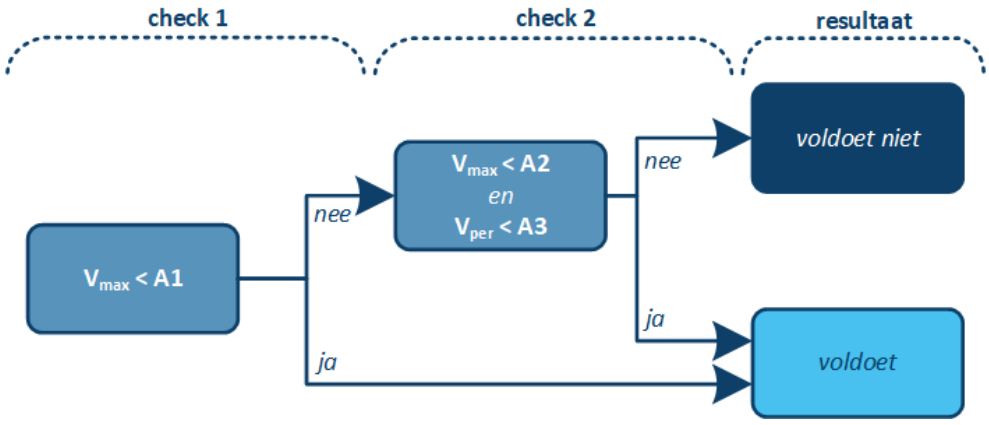
streefwaarden. Winkels, sport- en industriepanden vallen buiten de richtlijn. In het voorliggende plan gaat het om een gebouw met functie *wonen*.

c. De nacht, omdat de meeste hinder vaak in rust wordt ervaren. De streefwaarden voor overdag zijn ca. een factor 2 minder streng dan 's nachts.

3. Een woning kan op twee manieren voldoen aan de richtlijn: de trillingssterkte V_{max} moet lager zijn dan de onderste streefwaarde A1 (zie Tabel 3), óf V_{max} moet lager zijn dan de bovenste streefwaarde A2, waarbij tegelijkertijd de trillingsintensiteit V_{per} lager is dan de streefwaarde A3. Zie ook het schema in Figuur 4.

Tabel 3 Streefwaarden in de SBR-richtlijn deel B voor gebouwen met bestemming wonen

	Dag en avond			Nacht		
Situatie	**A1**	**A2**	**A3**	**A1**	**A2**	**A3**
Nieuwe situatie	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
Bestaande situatie	0.2	0.8	0.10	0.2	0.4	0.10



Figuur 4 Schema beoordeling SBR B-richtlijn

3.2 Rekenmethode

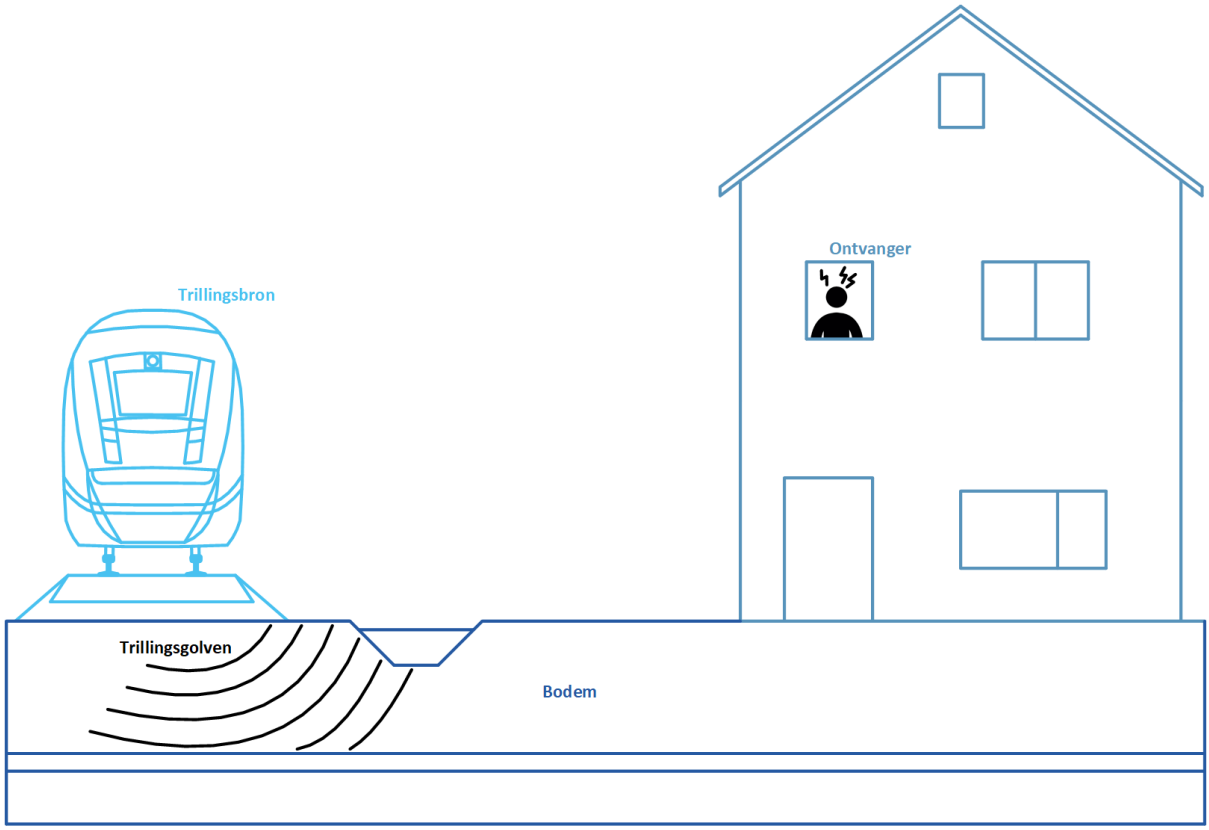
In de SBR-richtlijn deel B worden de trillingen beoordeeld in gebouwen. Omdat het bij dit project gaat om nog niet gerealiseerde bebouwing, wordt op basis van metingen aan bestaande bebouwing een berekening gemaakt van de verwachte trillingen in de geplande nieuwe bebouwing. Deze verwachte trillingen zijn afhankelijk van de constructieve eigenschappen van de geplande bebouwing, maar ook van de bodem, de afstand tot het spoor en natuurlijk de gemeten trillingen. Hieronder wordt een korte uitleg gegeven over hoe trillingen zich voortplanten van de trillingsbron tot in het gebouw, en hoe dat is vertaald naar een rekenmodel.

3.2.1 Trillingen – van trillingsbron naar gebouw

Trillingen ontstaan doordat een bewegend object (een trein, tram of vrachtwagen bijvoorbeeld) over een niet-effen ondergrond rijdt. Door de massa en beweging van het voertuig, variaties in de ondergrond (die per definitie niet perfect vlak is) en variaties in de rondheid van de wielen van het voertuig ontstaan spanningen in de bodem die zich door de bodem verplaatsen. Afhankelijk van de opbouw van de bodem en de aanwezigheid van obstakels (zoals sloten en damwanden) verplaatsen de trillingen zich diep of juist ondiep door de bodem. Gebouwen worden daardoor in trilling gebracht. Afhankelijk van hoe het gebouw is geconstrueerd, worden bepaalde trillingen meer of minder versterkt in

het gebouw. Deze trillingen kunnen als hinderlijk worden ervaren door personen in gebouwen. Dit hele systeem van trillingsbron (hier de trein), overdrachtsmedium (de bodem, waardoor de trillingen zich verplaatsen) en ontvanger (het gebouw met daarin de personen die de hinder ervaren) is schematisch weergegeven in Figuur 5.

In de subparagrafen hieronder wordt toegelicht hoe in dit onderzoek hiermee wordt omgegaan.



Figuur 5 Trillingen – het system van trillingsbron, de bodem als doorgeefmedium en het gebouw als ontvanger

3.2.2 De trillingsbron

In dit onderzoek zijn treinen de bron van de trillingen. De trillingen van het treinverkeer zijn gemeten door Alcedo op twee punten in en bij het plangebied, aan de fundering van het bestaande pand en op maaiveld. De beoordeling van de trillingen in de geplande bebouwing heeft plaatsgevonden op basis van deze metingen.

3.2.3 De bodem

De bodem op deze locatie bestaat vooral uit zand, met op grotere diepte ook slappere lagen, zie bijlage I. De uitdemping van de trillingen met de afstand is bepaald met een rekenmodel op basis van deze bodemopbouw voor een zo betrouwbaar mogelijke predictie van de trillingen.

3.2.4 Het gebouw

De trillingen gaan via de fundering een gebouw binnen. Afhankelijk van het type fundering, de bodem, de massa en afmetingen van het gebouw zal de fundering de trillingen meer of minder uitdempen. Vervolgens worden de trillingen in het gebouw weer versterkt door

bewegingen van het gebouw en de vloeren. Het gebouwgedrag is in dit onderzoek bepaald op basis van de bodemopbouw, de constructieve eigenschappen en de gebruikte materialen van de gebouwen. Hiervoor maken we gebruik van het rekenmodel Buildyn, een zogenaamd beam-element model (BEM) waarin de gebouwen gemodelleerd en doorgerekend zijn. De resultaten van het model zijn geijkt met praktijkresultaten uit metingen. Een toelichting op het rekenmodel Buildyn is gegeven in bijlage II.

4 Trillingen in de bebouwing

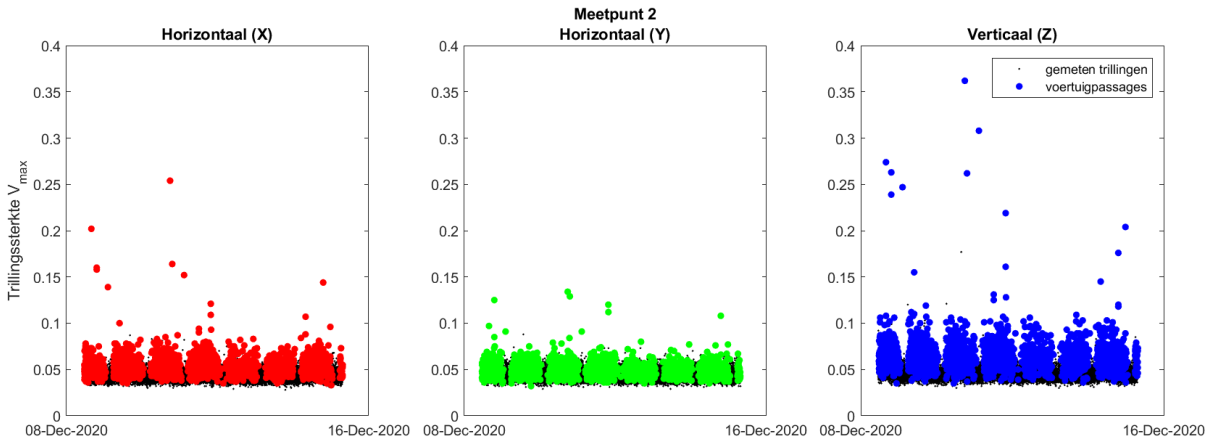
In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op de meetresultaten, daarna worden de trillingen in de bebouwing gegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van de beoordelingsmethode zoals beschreven in het vorige hoofdstuk.

4.1 Meetresultaten

Alcedo heeft metingen uitgevoerd op de fundering van het bestaande pand aan de Oosterparallelweg 31 in Staphorst en op maaiveld. De trillingen van het meetpunt aan de fundering van het bestaande pand zijn weergegeven in Figuur 6. In Figuur 6 valt het volgende op:

1. De trillingen zijn maatgevend in verticale richting aan de fundering, vergeleken met de horizontale X- en Y-richting zijn hier de hoogste trillingen gemeten.

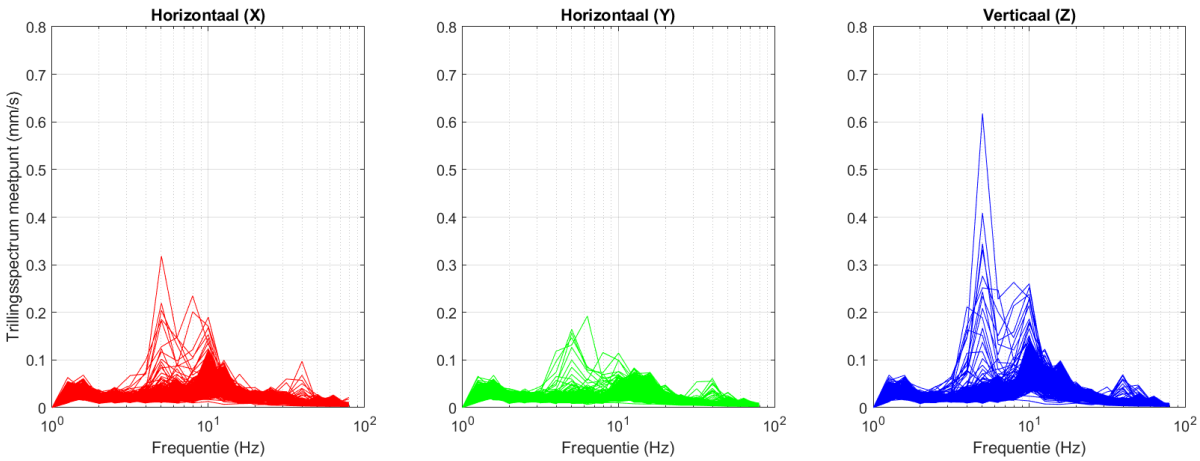
2. Goederentreinen geven de hoogste trillingen, de trillingen van reizigerstreinen zijn over het algemeen fors lager. Dat komt deels doordat reizigerstreinen lichter zijn en daardoor het gebouw minder in beweging brengen. De trillingen van goederentreinen zijn tot een factor 4 hoger dan die van reizigerstreinen.



Figuur 6 Gemeten trillingen in onderzoeksgebied aan meetpunt 2 (fundering)

De frequentie-inhoud (spectrogram, weergegeven als 1/3-octaafbandspectrum of tertsbandspectrum) van de trillingen op meetpunt 2 is weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. In deze figuur is zichtbaar dat de dominante frequentie van de trillingen bij ongeveer 5 Hz ligt, daarnaast is een piek zichtbaar rond 10 Hz. De trillingen zijn maatgevend in verticale richting. De hoge piek bij 5 Hz is afkomstig van (zware) goederentreinen, en is typerend voor het passeren van de assen (indrukking van de bodem). Met name deze laagfrequente trillingen dempen slecht uit met de afstand, en zullen tot op grote afstand van het spoor zichtbaar zijn.

De piek bij 10 Hz is vooral afkomstig van reizigerstreinen, en wordt veroorzaakt door onderhoudsafwijkingen in treinen (vlakke plaatsen, wieleccentriciteit, etc.).



Figuur 7 Tertsbandspectra bij meetpunt 2

4.2 Trillingen in geplande nieuwbouw

De geplande bebouwing is gemodelleerd op basis van de input uit hoofdstuk 2. Het (frequentie-afhankelijke) gedrag van de nieuwbouw is weergegeven in bijlage II. Met deze resultaten is bepaald in welke mate de trillingen worden versterkt tussen de huidige meetpunten en de vloeren van de geplande nieuwbouw. Omdat er nog geen sprake is van een uitgewerkt ontwerp van de bebouwing, hebben wij meerdere varianten doorgerekend, passend binnen de ruimtelijke kaders.

Met deze overdrachten is op basis van de metingen bepaald wat de verwachte trillingen zullen zijn in de geplande nieuwbouw. De resultaten voor de trillingssterkte V_{max}, de trillingsintensiteit V_{per} en de beoordeling van de trillingen aan de SBR B-richtlijn (zie hoofdstuk 3) zijn weergegeven in Tabel 4Tabel 4. De resultaten zijn weergegeven als bandbreedte, omdat er meerdere bebouwingsvarianten zijn doorgerekend. Overschrijdingen van de streefwaarden voor nieuwbouw uit de SBR B-richtlijn zijn oranje gearceerd.

Tabel 4 Trillingen per variant en beoordeling op SBR B-richtlijn

Variant	V_{max}	V_{per}	Beoordeling
31	0.4 – 0.5	0.01 – 0.02	Voldoet niet, minder dan 1 overschrijding per dag
31A	0.4 – 0.5	0.01 – 0.02	Voldoet niet, minder dan 1 overschrijding per dag

Samengevat geldt het volgende:

1. Ongeacht de bouwkundige uitwerking zullen er voor grondgebonden woningen incidentele overschrijdingen zijn van de streefwaarden voor nieuwbouw uit de SBR B-richtlijn. Dat komt vooral doordat de trillingen op maaiveld al hoger zijn dan de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn (mogelijk is de spoorligging niet optimaal). Het gaat om een beperkt aantal overschrijdingen, veroorzaakt door zware goederentreinen met een afwijkende trillingssterkte. Het gaat om 2 of 3 overschrijdingen per week, afhankelijk van de bouwkundige uitwerking van het ontwerp. De trillingen van vrijwel alle goederentreinen en van alle reizigerstreinen voldoen wel aan het beoordelingskader.

2. De streefwaarden voor de trillingsintensiteit V_{per} worden niet overschreden.

3. Algemeen geldt dat de trillingen wat lager zijn bij een grotere demping in de gebouwen, bijvoorbeeld bij het gebruiken van een breedplaatvloer of schuimbetonvloer in plaats van een kanaalplaatvloer. Ook een ribbenvloer heeft iets meer demping dan een kanaalplaatvloer, en zal voor iets lagere trillingen zorgen.

Omdat er overschrijdingen zijn van het beoordelingskader, gaan we in de volgende paragraaf in op maatregelen om de trillingen te reduceren.

4.3 Maatregelen

Door de passage van enkele goederentreinen met afwijkende trillingsniveaus, zijn incidentele overschrijdingen van de streefwaarden voor trillingshinder voor nieuwe situaties niet volledig uit te sluiten. Daarom hebben we een maatregelafweging uitgevoerd. Deze afweging beschrijven we in deze paragraaf.

Voor de afweging van maatregelen tegen trillingen geeft bijlage 5 van de SBR B-richtlijn handvatten. Deze bijlage classificeert de trillingen in de woningen als *matige hinder*. Vervolgens geeft deze bijlage aan dat matig hinder kan worden geaccepteerd onder een aantal voorwaarden:

1. De mate waarin de trillingssterkte voorkomt. Hiervoor geldt dat de trillingsintensiteit V_{per} een goede indicatie is. Die is ruim lager dan de streefwaarde (V_{per} bedraagt 0.01 tot 0.02, dus fors lager dan de streefwaarde van 0.05). Verder gaat het om ongeveer 2 of 3 overschrijdingen per week, dus een beperkt aantal overschrijdingen. Er worden geen ontwikkelingen voorzien die dit aantal zouden laten toenemen. Er is dus sprake van incidentele overschrijdingen, wat het achterwege laten van maatregelen zou kunnen rechtvaardigen.

2. De aanwezigheid van achtergrondtrillingen die de trillingen van het treinverkeer kunnen maskeren. Daar is hier geen sprake van: de trillingen van lokaal verkeer bijvoorbeeld landbouwverkeer en lokaal vrachtverkeer zijn lager dan de trillingen van treinen.

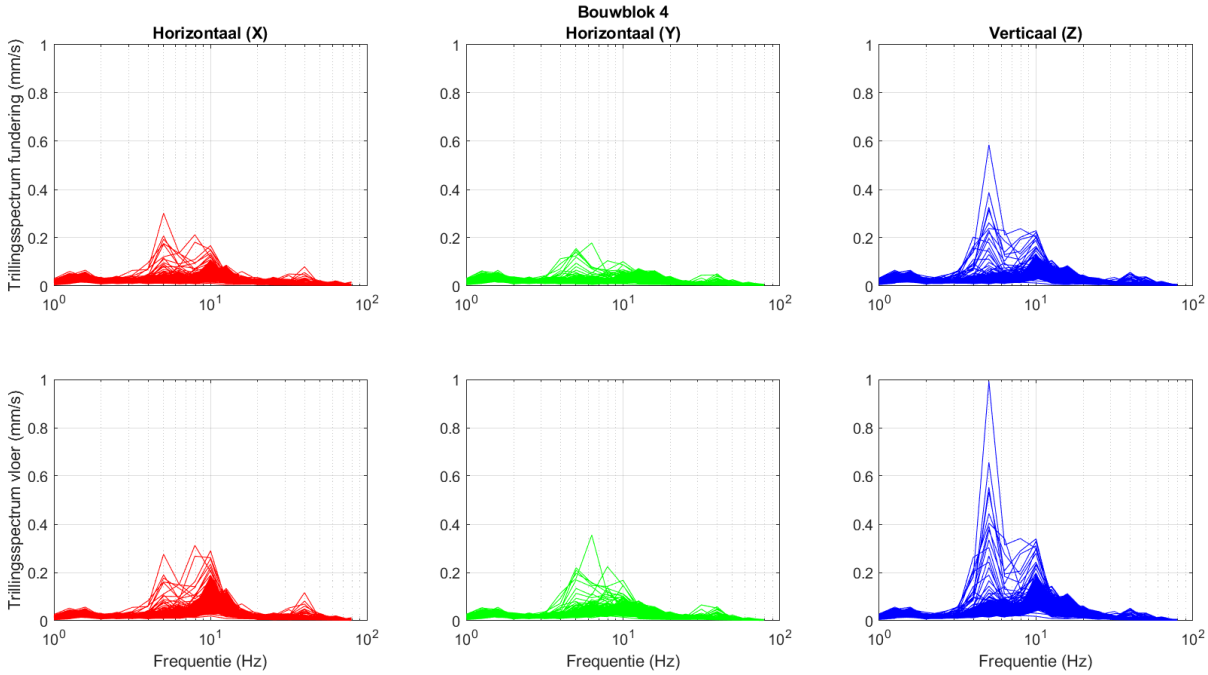
3. De mogelijkheid tot het treffen van reducerende maatregelen. Het is conform bestaande jurisprudentie gebruikelijk om hierbij een afweging te maken tussen de kosten en het effect van de maatregelen, maar ook aspecten als duurzaamheid en impact op de omgeving kunnen worden meegenomen in deze afweging.

Omdat voorwaarde 2 niet van toepassing is, gaan we hierna in op maatregelen om de trillingen en het laagfrequent geluid te reduceren. Om effectieve maatregelen te treffen, doen we eerst een nadere analyse van de verwachte trillingen. Zo stellen we vast bij welke trillingsfrequenties vooral hoge trillingen optreden. Daarna gaan we in op maatregelen die mogelijk zijn aan de trillingsbron (de trein of het spoor), maatregelen in de bodem en maatregelen aan de woning.

4.3.1 Analyse resultaten

Om te bepalen welke trillingsrichting en trillingsfrequenties in de woning maatgevend zijn, maken we gebruik van de rekenresultaten van de trillingen in de geplande bebouwing. Deze is voor een van de doorgerekende varianten weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**. Hier is zichtbaar dat de trillingen in verticale (Z) richting maatgevend zijn. De meeste trillingsenergie op de verdieping bevindt zich rond 5

Hz, net als op de fundering. Dit zijn de trillingen van goederentreinen, deze zijn op de fundering al hoog en worden in de woning nog iets verder versterkt.



Figuur 8 Trillingsspectra op de fundering (boven) en op de hoogste vloer (onder) voor een woning met kanaalplaatvloeren en een vloeroverspanning van 6.5 meter

Effectieve maatregelen moeten vooral de trillingen rond 5 Hz reduceren, terwijl ook trillingen tussen de 4 en 15 Hz niet mogen worden versterkt. In de volgende subparagrafen wordt ingegaan op mogelijke maatregelen aan de trillingsbron, in de bodem of aan de woning. Tenslotte, om te voldoen aan het beoordelingskader is 30 tot 50 procent reductie van de trillingen nodig, afhankelijk van de constructieve uitwerking van de woningen.

4.3.2 Maatregelen aan de trillingsbron

De meest effectieve manier om de trillingen te reduceren, is het nemen van maatregelen aan de trillingsbron (het spoor of de treinen). De laagfrequente trillingen van goederentreinen duiden op een relatief slappe onderbouw van het spoor, of een lokale afwijking in de onderhoudsstatus. Een effectieve maatregel om deze laagfrequente trillingen tegen te gaan is het aanbrengen van een betonplaat onder het spoor. Hiermee wordt de onderbouw van het spoor verstevigd, en nemen de laagfrequente trillingen af. Een dergelijke maatregel brengt echter zeer hoge kosten met zich mee (investeringskosten bedragen meer dan € 0.5 mln., exclusief stagnatiekosten van het treinverkeer), bovendien dient het treinverkeer gedurende langere tijd te worden stilgelegd. Deze maatregel is gezien de hoge kosten en impact daarom niet doelmatig. Andere maatregelen aan de trillingsbron, zoals het toepassen van under sleeper pads (zachte matjes onder de dwarsliggers) of ballastmatten (zachte matten onder het spoor) hebben geen effect tegen deze lage trillingsfrequenties. Tenslotte geldt voor alle bronmaatregelen dat ze buiten de scope van dit onderzoek vallen, omdat ze buiten het plangebied moeten worden getroffen. Gezien de hoge kosten en beperkte effectiviteit (ook in relatie tot de incidentele overschrijdingen) worden deze maatregelen niet doelmatig geacht.

4.3.3 Maatregelen in de bodem

Bij maatregelen in de bodem kan gedacht worden aan het toevoegen van obstakels in de bodem, die ervoor zorgen dat de gebouwen worden afgeschermd. Voorbeelden zijn het toevoegen van een trillingsscherm van piepschuim (EPS), beton, jet-grout (soil-mix methode voor beton) of een damwand. Deze maatregelen hebben een aantal nadelen:

1. Ze zijn vooral effectief dicht op de trillingsbron (het spoor, maar valt buiten het plangebied) en (in mindere mate ook) dicht op de bebouwing. Bij toepassing dicht op het spoor is een lengte van ca. 75 meter nodig, op de locatie van de spoorsloot (valt buiten plangebied). Bij toepassing dichtbij de bebouwing (bijvoorbeeld in de voortuin of onder het trottoir/parkeerstrook) is een lengte van ca. 50 meter nodig. Door de lange realisatietijd zorgt dit voor veel hinder voor de omwonenden, inclusief een langdurige afsluiting van de straat. Dicht op het spoor is ook stillegging van het treinverkeer gedurende langere tijd noodzakelijk. Verder is, door de beperkte ruimte tussen het spoor en de percelen, mogelijk onvoldoende werkruimte beschikbaar voor het aanbrengen van maatregelen.

2. De toekomstvastheid van de maatregelen is laag, ze zijn niet of zeer slecht aanpasbaar aan toekomstige wijzigingen aan het spoor (bijv. snelheidsverhogingen of intensiveringen), of aan wijzigingen in het ruimtegebruik.

3. De kosten van deze maatregelen zijn hoog, ook omdat een grote benodigde diepte nodig is: de spoorsloot schermt de trillingen al deels af, om de laagfrequente trillingen van goederentreinen te dempen zijn daarom maatregelen nodig met een diepte van meer dan 25 meter onder maaiveld. Dergelijke maatregelen zijn extreem kostbaar.

Mogelijke maatregelen in de bodem met een inschatting van het effect en de kosten voor een maatregel in het trottoir zijn weergegeven in Tabel 5. De kosten bij toepassing langs het spoor zijn fors hoger door de grotere benodigde lengte, plus extra afstemmings- en inpassingskosten.

Tabel 5 Mogelijke maatregelen in de bodem

Maatregel	Effect	Kosten (incl. BTW)
Betonnen wand 25 m diep	10 – 20%	€ 1.3 – 2.1 mln
Jet-grout wand 25 m diep	5 – 15%	€ 1.3 – 2.1 mln
Damwand 25 m diep	5 – 15%	€ 0.8 – 1.4 mln
Beton met rubber 25 m diep	20 – 40%	€ 1.9 – 3.1 mln
Damwand met EPS 25 m diep	5 – 20%	€ 1.2 – 2.0 mln
Damwand met sleuf 25 m diep	10 – 20%	€ 1.7 – 2.7 mln
Verdiepen spoorsloot m.b.v. prefab L-wanden 4 m diep	5 – 15%	€ 0.4 – 0.7 mln
MIP-wand 25 m diep	0 – 10%	€ 0.3 – 0.6 mln

Uit het overzicht met maatregelen volgt dat de kosten van de maatregelen zonder uitzondering zeer hoog zijn. Om de trillingen te reduceren is een reductie van minimaal 30 procent nodig om te voldoen aan de streefwaarden voor een nieuwe situatie. Alleen een betonnen trillingsscherm van minimaal 25 meter diep voldoet *mogelijk* aan die eis. De kosten van deze maatregel bedragen naar verwachting meer dan € 2.0 mln., en staan daarmee niet in relatie tot de beperkte overschrijdingen. Alle overige maatregelen zijn, naast zeer kostbaar, ook nog eens onvoldoende effectief.

Voor alle maatregelen geldt dat de kosten van maatregelen hoger zijn dan € 300.000 voor de ene woning met overschrijdingen. De enige *mogelijk* effectieve maatregel, een betonnen trillingsscherm bekleed met rubber, biedt nog steeds geen zekerheid dat hiermee wordt voldaan aan de streefwaarden, zelfs bij een geoptimaliseerd ontwerp van de bebouwing. Bovendien leidt de realisatie van deze maatregel tot een kans op trillingsschade voor de woningen (i.v.m. het aanbrengen van damwanden t.b.v. een tijdelijke bouwkuip, nodig om het rubber tegen de betonnen wand aan te brengen), tot grote hinder voor de omgeving en langdurige afzetting van de straat (enkele maanden). Gezien het onzekere effect, de zeer hoge kosten en de grote impact op de omgeving zijn maatregelen in de bodem daarmee niet doelmatig[2].

4.3.4 Maatregelen aan de gebouwen

Bij maatregelen aan de woningen is een breed scala aan maatregelen mogelijk. Ook hier geldt echter dat de effectiviteit van de meeste maatregelen beperkt is, omdat de trillingen vooral worden veroorzaakt doordat de afmetingen van de woningen (breedte, diepte) ongunstig samenvallen met de trillingsgolven in de bodem, waardoor de woningen in hun geheel trillen. Dit is voor grondgebonden woningen niet oplosbaar binnen de eisen van redelijkheid (de afmetingen van de woning moeten dan namelijk verdubbeld of gehalveerd worden).

Mogelijkheden om de trillingen te beperken zijn het creëren van voldoende stijfheid in dwarsrichting door het aantal gevelopeningen te beperken en dragende binnenwanden in dwarsrichting te creëren, het gebouw te realiseren met een zwaardere fundering (dikkere betonplaat), tot het toepassen van meer dempende materialen (zoals breedplaatvloeren in plaats van kanaalplaatvloeren). Vermijd in ieder geval lichte constructies, zoals houtskeletbouw en houten vloeren, deze constructies zijn relatief gevoelig voor de trillingen van de treinen.

Tenslotte, een deel van deze maatregelen is mogelijk inpasbaar bij de detaillering van het ontwerp zonder hoge kosten met zich mee te brengen. Het globale effect en de kosten van de mogelijke maatregelen aan de woningen zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Mogelijke maatregelen aan de gebouwen (t.o.v. woning met kanaalplaatvloer en 6.5 m vloeroverspanning)

Maatregel	Effect	Kosten[3]
Stijvere constructie door meer dragende dwarswanden	5 – 15%	< 2% SK
Toepassen van ribbenvloeren	0 – 10%	< 1% SK
Toepassen van breedplaatvloeren	10 – 20%	< 3% SK
Eigenfrequentie vloer boven 7 Hz[4]	10 – 20%	< 2% SK
Ontkoppelen van de vloeren	0 %	2 – 4% SK

[2] ProRail hanteert voor het treffen van trillingsmaatregelen vaak een bedrag van € 47.000 in bestaande situaties. Dergelijke kostenverhogingen bij nieuwbouw en transformaties leiden vaak tot niet verkoopbare woningen, daarom wordt dan vaak een (veel) lager (projectafhankelijk te motiveren) bedrag gehanteerd.
[3] SK = Stichtingskosten
[4] Dit is te realiseren door de overspanning te beperken tot bijv. 5.5 meter (bij een kanaalplaatvloer van 200 mm dikte) of een dikkere vloer te gebruiken dan constructief noodzakelijk (bijv. 260 mm dikte).

Maatregel	Effect	Kosten[3]
Ontkoppelen van de fundering (afveren)	40 – 60%	6 – 10% SK
Inpakken van de fundering met minimaal 100 mm rubber	0 – 10%	1 – 3% SK
Zware plaatfundering (1000 mm dikte) of volledig onderkelderen	20 – 40%	3 – 15% SK

Alleen het afveren van de fundering (aanbrengen van een plaatfundering, vervolgens stalen veerdozen afgeveerd op 3 Hz en 10% toegevoegde demping, en daarop een prefab balkenfundering) leidt tot trillingen onder de streefwaarden. Deze maatregel brengt hoge kosten met zich mee (ca. € 20.000 tot € 30.000 excl. BTW per woning), en wordt daarom niet doelmatig geacht in het licht van de hooguit incidentele overschrijdingen.

Een combinatie van meerdere ontwerpoptimalisaties kan wel leiden tot fors lagere trillingen. Door de woningen uit te voeren met breedplaatvloeren met een eigenfrequentie van meer dan 7 Hz, nemen de trillingen met zo'n 30 procent af. Ook het zwaarder uitvoeren van de fundering (plaatfundering i.p.v. balkenfundering) en het gebruik maken van een relatief stijve constructie (prefab beton i.p.v. metselwerk of kalkzandsteen) zal leiden tot een afname van de trillingen. Door meerdere maatregelen te combineren kan ook voldaan worden aan de streefwaarden voor trillingshinder. Of deze ingrepen doelmatig zijn in het licht van de beperkte en incidentele overschrijdingen, is afhankelijk van de meerkosten.

4.3.5 Afweging van maatregelen

Door de passage van enkele goederentreinen met afwijkende trillingsniveaus, zijn incidentele overschrijdingen van de streefwaarden voor trillingshinder voor nieuwe situaties niet uit te sluiten. Het gaat om minder dan 3 overschrijdingen per week, afhankelijk van de constructieve uitwerking van de gebouwen.

Daarom is op basis van bijlage 5 van de SBR B-richtlijn een maatregelafweging uitgevoerd. Hieruit volgt dat maatregelen aan het spoor gezien de hoge kosten niet doelmatig zijn en dat maatregelen in de bodem gezien de incidentele overschrijdingen, de hoge kosten van deze maatregelen en de hinder voor de omgeving evenmin doelmatig zijn. Voor maatregelen aan de woningen geldt dat het volledig afveren van de woningen (dubbele fundering met daartussen stalen veerdozen, afgeveerd op 3 Hz) zal leiden tot trillingen die lager zijn dan de streefwaarden. Deze maatregel brengt echter hoge kosten met zich mee (ca. € 20.000 tot € 30.000 excl. BTW per woning), en wordt niet doelmatig geacht in het licht van het beperkte aantal overschrijdingen.

Wel adviseren wij om bij de constructieve uitwerking van het ontwerp van de woningen te onderzoeken of het mogelijk is om de woningen minder gevoelig voor trillingen te construeren, door een of meer van de volgende aanpassingen door te voeren:

- Het toepassen van een stijvere constructie van de woning. Vermijd houtskeletbouw, en pas bij voorkeur een prefab betonnen skelet toe in plaats van kalkzandsteen. Beperk het aantal gevelopeningen en openingen in dwarswanden, en vermijd staalconstructies.

- Pas bij voorkeur breedplaatvloeren toe in plaats van kanaalplaatvloeren. Breedplaatvloeren hebben een hogere demping. Een goed alternatief is een vloer van schuimbeton. Ribbenvloeren hebben een lagere demping, maar nog altijd hoger dan van kanaalplaatvloeren. Door deze hogere demping nemen de trillingen af.

- Voorkom eigenfrequenties van de vloeren tussen 4 en 7 Hz. Dit is te realiseren door kleinere vloeroverspanningen te hanteren, of een dikkere vloer toe te passen. Hierdoor valt de dominante trillingsfrequentie van de zware goederentreinen niet samen met de eigenfrequentie van de vloer.

- Pas bij voorkeur een plaatfundering in plaats van een balkenfundering. Door het realiseren van een zwaardere fundering nemen de trillingen af. Hierbij geldt: hoe dikker en zwaarder de fundering, hoe minder gevoelig deze is voor trillingen. Vermijd in ieder geval een prefab balkenfundering.

Met bovenstaande aanpassingen kan worden voldaan aan het beoordelingskader voor trillingen. Of deze ingrepen doelmatig zijn in het licht van de beperkte en incidentele overschrijdingen, is afhankelijk van de meerkosten.

Indien deze ingrepen niet doelmatige worden geacht, dan dient dit bij de aanvraag van een omgevingsvergunning gemotiveerd te worden met een beroep op bijlage 5 van de SBR B-richtlijn. Hierbij dient dan te worden aangevoerd dat, gezien het beperkte aantal overschrijdingen (minder dan 3 per week) en de hoge kosten van maatregelen om te voldoen aan het beoordelingskader, maatregelen niet doelmatig worden geacht. Wanneer een eigenfrequentie van de vloer tussen de 4 en 7 Hz wordt vermeden, dan geldt dat er slechts 1 of 2 overschrijdingen per week zijn en dat de trillingen wel voldoen aan de (soepeler) streefwaarden voor een bestaande situatie uit de SBR B-richtlijn. In dat geval ontstaat er geen onacceptabele situatie in het licht van de SBR B-richtlijn.

4.4 Onzekerheden in het onderzoek

Dit onderzoek kent een aantal onzekerheden, hiervoor geldt het volgende:

1. Ten aanzien van de trillingsbron: de natuurlijke variatie als gevolg van spooronderhoud en de temperatuur kan zorgen voor zo'n 30% variatie in de trillingen, afhankelijk van de spoorconstructie en de bodemopbouw. Er is gemeten in een normale periode, de onderhoudsstatus van het spoor is onbekend. De hoge trillingen bij lage frequenties kunnen veroorzaakt zijn door afwijkingen in de spoorligging, maar dit kan ook komen door een minder stevige opbouw van de spoorbaan. Op basis van bovenstaande afwegingen is er geen reden om te twijfelen aan de representativiteit van dit onderzoek.

2. Ten aanzien van de bodem geldt dat met name op korte afstand tot het spoor variaties in de trillingen mogelijk zijn door lokale variaties in de bodem. Omdat is gemeten op de locatie van de toekomstige woningen, is de invloed van deze variatie nihil.

3. Ten aanzien van de gebouwen geldt dat er altijd verschillen zijn tussen het beoogde ontwerp en het gerealiseerde ontwerp (verschillen tussen as-built en definitief ontwerp). Bovendien is het dynamische gedrag van bijvoorbeeld beton afhankelijk van de mate van gescheurdheid van het beton en zijn er natuurlijke variaties in materiaalgedrag (van bijvoorbeeld hout, metselwerk en beton). In de berekeningen is gerekend met een verwachtingswaarde van de trillingen op basis van een aan de hand van praktijkmetingen geijkt rekenmodel, en zijn meerdere varianten beschouwd. Hiermee wordt een resultaat verkregen dat representatief is voor de toekomstige situatie.

Bovenstaande onzekerheden geven geen aanleiding tot een andere maatregelafweging.

5 Conclusies en aanbevelingen

In het voorliggende onderzoek zijn de trillingen bepaald in twee toekomstig te bouwen woningen op het huidige perceel van Oosterparallelweg 31 in Staphorst. Uit het onderzoek volgt dat incidentele overschrijdingen van het beoordelingskader niet zijn uit te sluiten. Het gaat om maximaal 3 overschrijdingen per week (afhankelijk van de constructieve uitwerking van het ontwerp), veroorzaakt door goederentreinen met een afwijkend trillingsniveau. Omdat niet volledig wordt voldaan aan het beoordelingskader, is een maatregelafweging uitgevoerd. Hieruit volgt dat:

1. Maatregelen aan het spoor gezien de hoge kosten (meer dan € 250.000 per woning) niet doelmatig zijn. Bovendien vallen deze maatregelen buiten het plangebied.

2. Maatregelen in de bodem gezien de incidentele overschrijdingen, de hoge kosten (meer dan € 150.000 per woning) van deze maatregelen en de forse omgevingshinder tijdens aanbrengen (langdurige afsluiting van de weg, mogelijk ook van het spoor) niet doelmatig zijn. Bovendien zijn dergelijke maatregelen niet of slecht aanpasbaar aan eventuele toekomstige wijzigingen aan het spoor of rond de woningen.

3. Voor maatregelen aan de woningen geldt dat het volledig afveren van de woningen (dubbele fundering met daartussen stalen veerdozen, afgeveerd op 3 Hz) zal leiden tot trillingen die lager zijn dan de streefwaarden. Deze maatregel brengt echter hoge kosten met zich mee (ca. € 20.000 tot € 30.000 excl. BTW per woning), en wordt niet doelmatig geacht in het licht van het beperkte aantal overschrijdingen. Wel adviseren wij om in de verdere uitwerking van de plannen de volgende ontwerpuitgangspunten mee te nemen:

    a. Vermijd trillingsgevoelige constructies: pas geen houtskeletbouw toe en beperk het aantal staalconstructies tot een minimum.

    b. Vermijd eigenfrequenties van de vloeren tussen 4 en 7 Hz, omdat de trillingen van de goederentreinen dan samenvallen met de eigenfrequentie van de vloer. Dit is te realiseren door kleinere vloeroverspanningen te hanteren, of een dikkere vloer toe te passen.

    c. Vermijd een prefab balkenfundering, maar pas in plaats daarvan een gestorte fundering (balken of plaatfundering) toe, deze zijn minder gevoelig voor trillingen door de grotere stijfheid.

    Met bovenstaande uitgangspunten resteren er nog 1 of 2 overschrijdingen per week, en wordt in ieder geval voldaan aan de (soepeler) streefwaarden voor een bestaande situatie uit de SBR B-richtlijn. Om te voldoen aan de streefwaarden voor een nieuwe situatie, adviseren wij het volgende:

    d. Onderzoek bij de constructieve uitwerking de mogelijkheid om de woningen stijver te construeren, bijvoorbeeld door het toepassen van een prefab betonnen skelet in plaats van kalkzandsteen en het beperken van het aantal gevelopeningen en openingen in dwarswanden.

e. Onderzoek bij de constructieve uitwerking de mogelijkheid om meer dempende materialen te gebruiken, zoals breedplaat- of schuimbetonvloeren i.p.v. kanaalplaatvloeren.

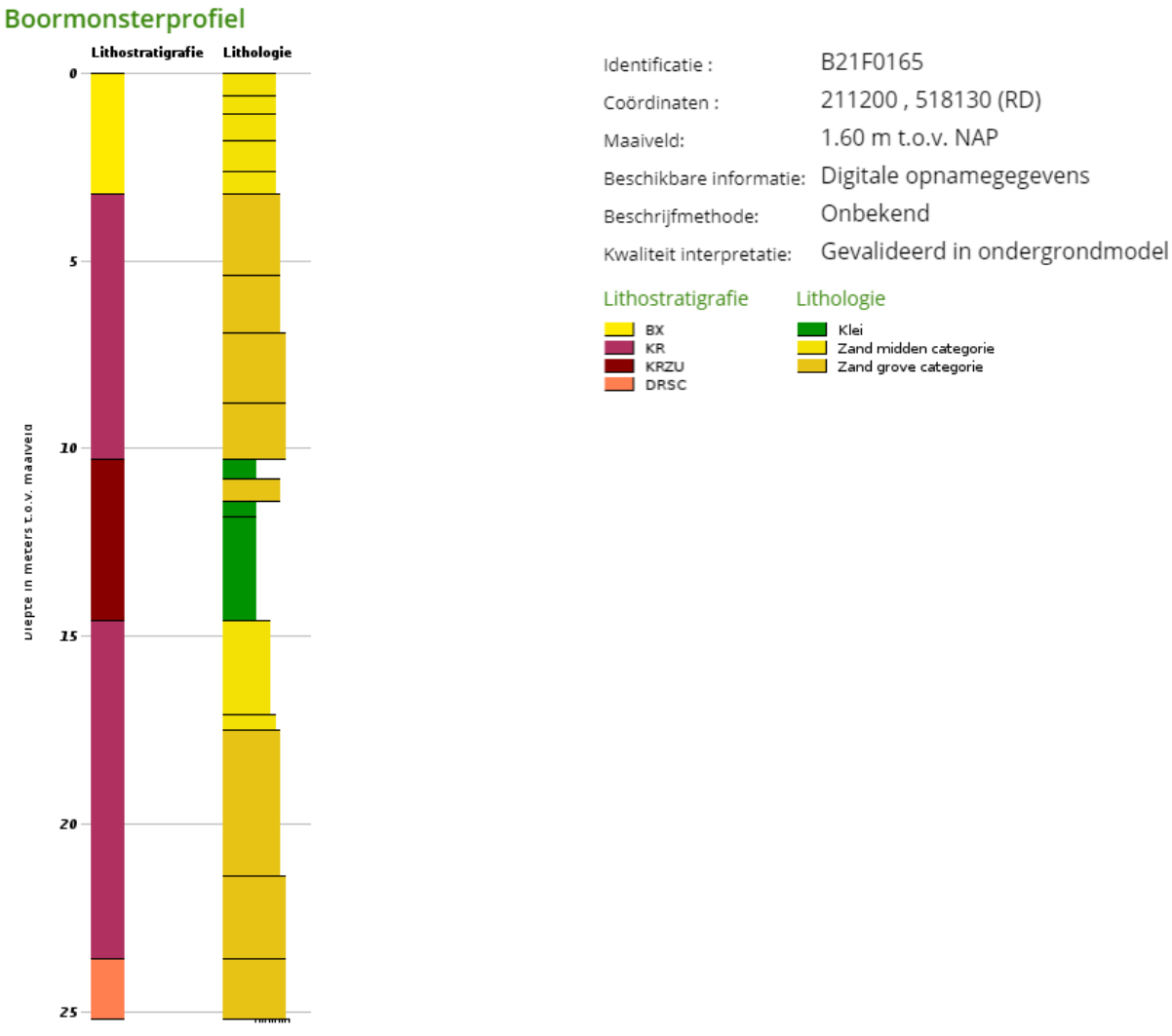
f. Onderzoek bij de constructieve uitwerking de mogelijkheid om de fundering zwaarder uit te voeren, bijv. een plaatfundering i.p.v. een balkenfundering.

Met bovenstaande aanpassingen kan worden voldaan aan het beoordelingskader voor trillingen voor nieuwe situaties. Of deze ingrepen doelmatig zijn in het licht van de beperkte en incidentele overschrijdingen, is afhankelijk van de meerkosten. Bij hoge meerkosten van deze aanvullende aanpassingen kan worden gemotiveerd dat er geen onacceptabele situatie ontstaat in het licht van bijlage 5 van de SBR B-richtlijn, gezien het feit dat het gaat om beperkte overschrijdingen van het beoordelingskader, er sprake is van hooguit incidentele overschrijdingen (maximaal 1 of 2 per week) en dat wel ruim wordt voldaan aan de soepeler streefwaarden voor een bestaande situatie uit de SBR B-richtlijn.

Bijlage Geotechnisch bodemonderzoek

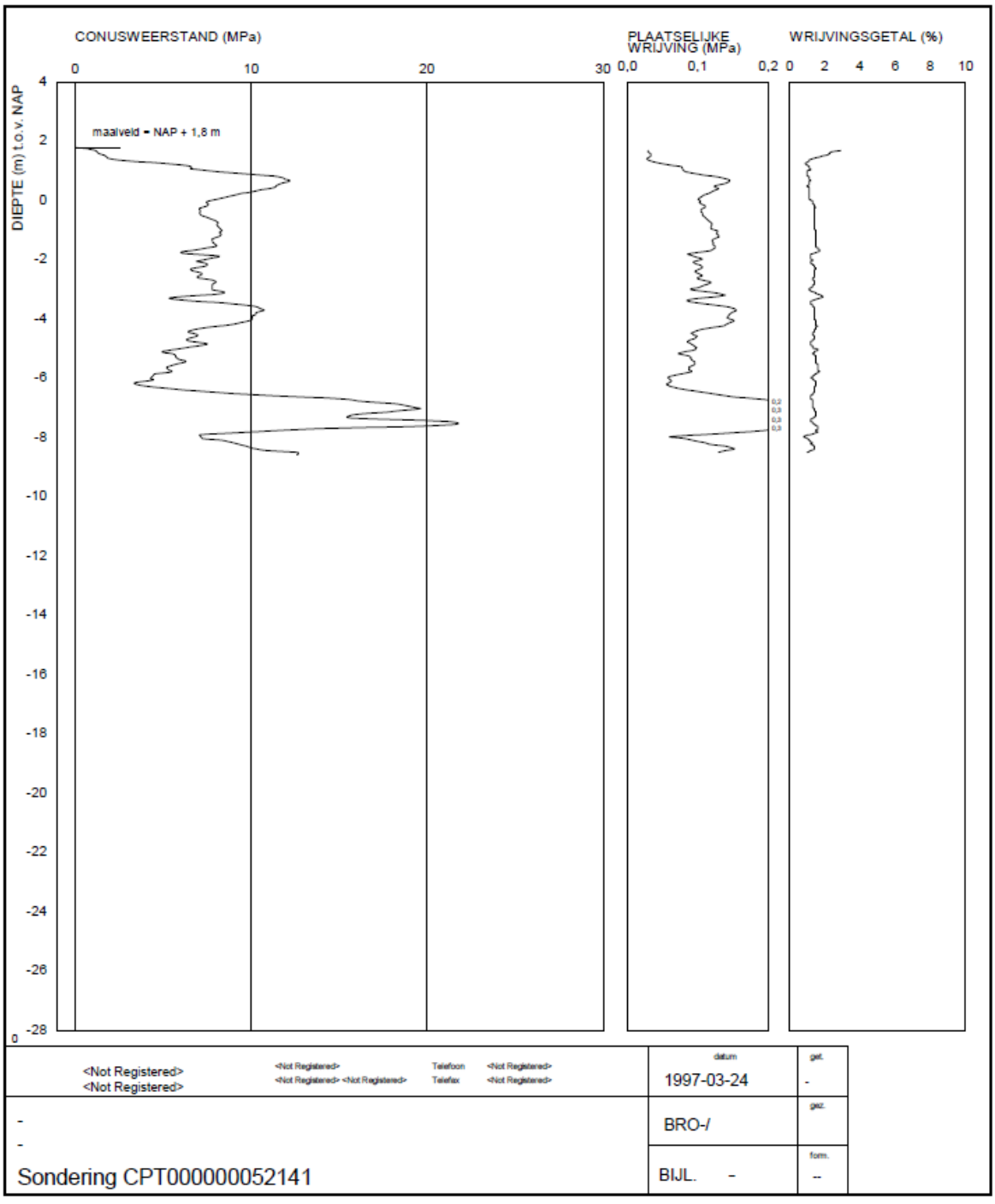
Deze bijlage bevat geotechnische achtergrondinformatie. Deze informatie is gebruikt om bijvoorbeeld de uitdemping van de trillingen met de afstand te bepalen. Daarnaast is deze informatie gebruikt in het rekenmodel waarmee de dynamische eigenschappen van de bebouwing worden bepaald.

Een grondboring met identificatienummer B21F0165 nabij het onderzoeksgebied is weergegeven in Figuur 9. Hier is te zien dat de bodem is opgebouwd uit zandlagen van midden en grove categorie. Een dergelijke zandige bodem kent een slechte uitdemping van de trillingen met de afstand, hierdoor kunnen trillingen tot op grotere afstand waarneembaar zijn. De zandlaag gaat tot een diepte van 10 meter alvorens er zich een kleilaag bevindt.



Figuur 9 Boring B21F0165 nabij het plangebied

Een sondering uit de omgeving van het onderzoeksgebied is weergegeven in Figuur 10. Hier is eenzelfde bodemopbouw zichtbaar: zandlagen (te zien aan het lage wrijvingsgetal) met een hoge conusweerstand.

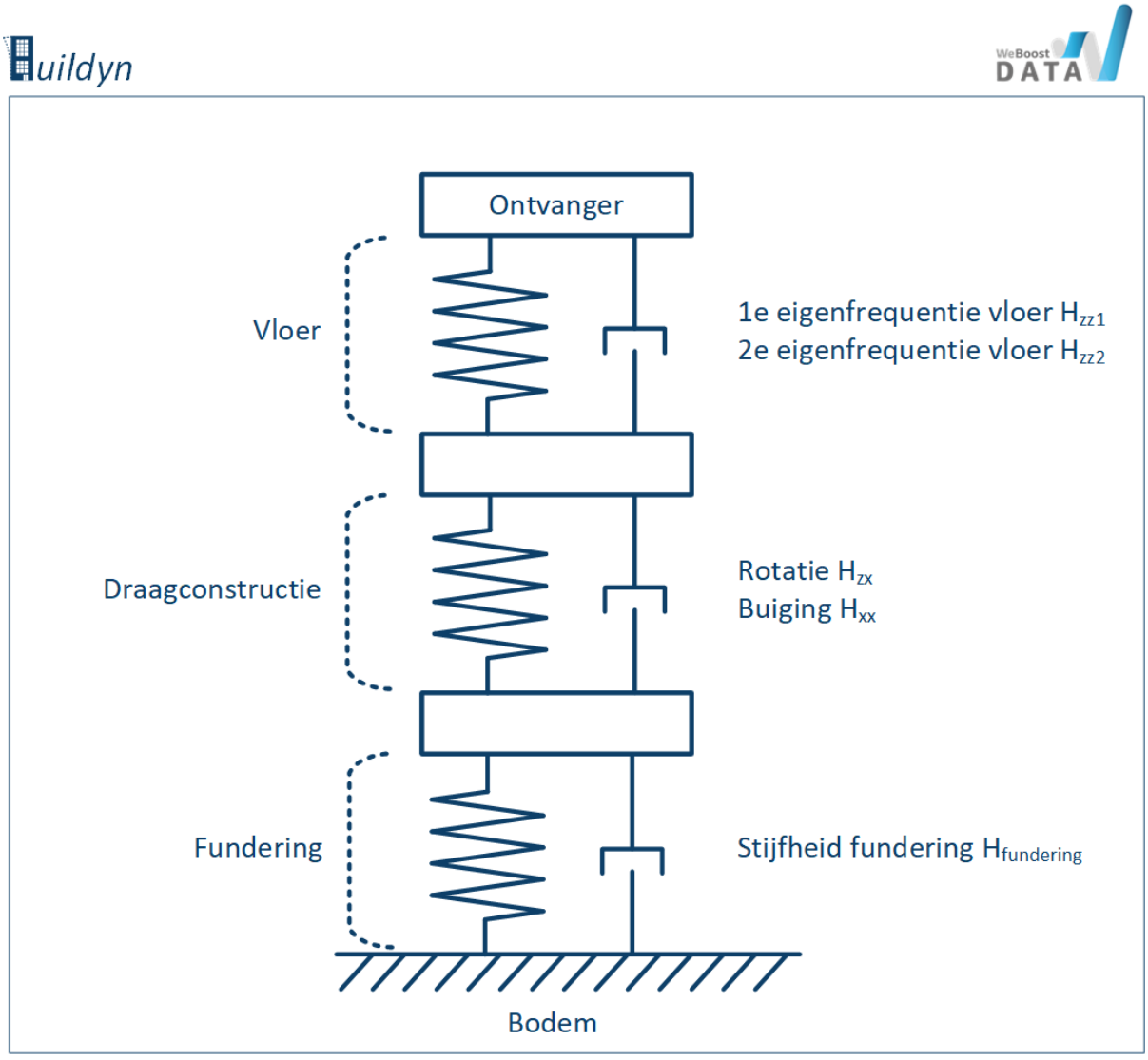


Figuur 10 Sondering CPT000000052141 uit omgeving plangebied

11 Bijlage Rekenmodel Buildyn

In dit rapport is gebruik gemaakt van het door We-Boost Data ontwikkelde rekenmodel Buildyn om de trillingen in de geplande bebouwing te berekenen. Buildyn is een zogenaamd beam-element model (BEM) waarin een gebouw gemodelleerd en doorgerekend wordt. De resultaten van het model zijn geijkt met praktijkresultaten uit ruim 200 metingen in gebouwen. Dit model bestaat uit een aantal modules, deze worden in deze bijlage kort toegelicht.

In Buildyn wordt een gebouw gemodelleerd door middel van gekoppelde massa-veersystemen, zie Figuur 11. De verschillende componenten van het model, zoals weergegeven aan de rechterzijde van Figuur 11, worden in deze bijlage nader toegelicht.



Figuur 11 Principe van Buildyn met een gebouw als gekoppeld massaveersysteem. Rechts de verschillende componenten van het rekenmodel

Fundering

De fundering van een gebouw kan de trillingen uitdempen. De invloed van de fundering op de trillingen is afhankelijk van een aantal parameters:

- Type fundering (op staal, op palen, oude strokenfundering)
- Afmetingen en gewicht van het gebouw
- Bodem waarop het gebouw staat

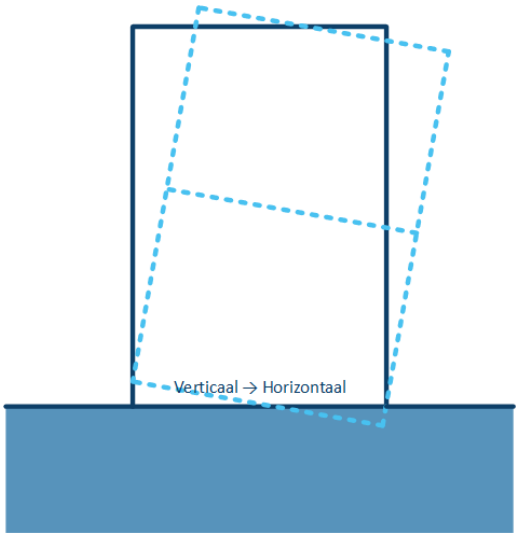
Met name boven de 10 Hz kunnen trillingen worden uitgedempt door de fundering.

In Buildyn wordt de invloed van de stijfheid van het gebouw als geheel (de zogenaamde rigid-body-mode) verdisconteerd in de stijfheid van de fundering. Overige stijfheidseffecten worden meegenomen in de draagconstructie.

Draagconstructie

De trillingen worden door de draagconstructie vaak versterkt. Hierbij zijn meerdere effecten te onderscheiden, waarbij met name rotatie van het gebouw als geheel (op de ondergrond) en doorbuiging een rol spelen.

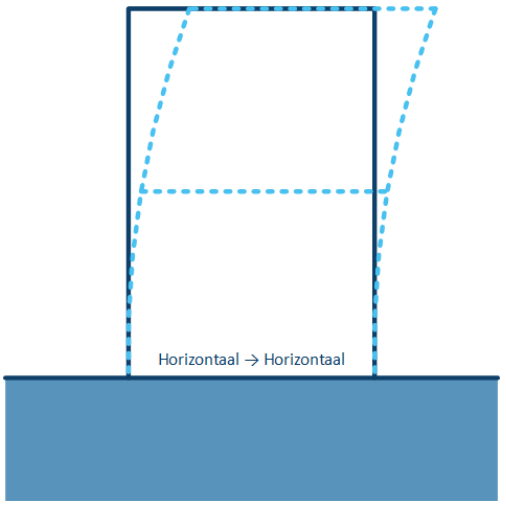
Het principe van rotatie is rechts weergegeven. Verticale trillingsgolven zorgen voor rotatie van het gebouw, waardoor met name in hogere gebouwen horizontale trillingen ontstaan.



Dit effect noemen we H_{zx}, en is afhankelijk van:

- Afmetingen van het gebouw (breedte, lengte, hoogte)
- Gewicht van het gebouw
- Type en gewicht van de fundering
- Stijfheid van de ondergrond

Het tweede principe, dat van doorbuiging van het gebouw, is rechts weergegeven. Hierbij zijn met name de horizontale trillingsgolven maatgevend, die bij slappere gebouwen zorgen voor doorbuiging van het gebouw, en daarmee voor horizontale trillingen hoger in het gebouw.



Dit effect noemen we H_{xx}, en is afhankelijk van:

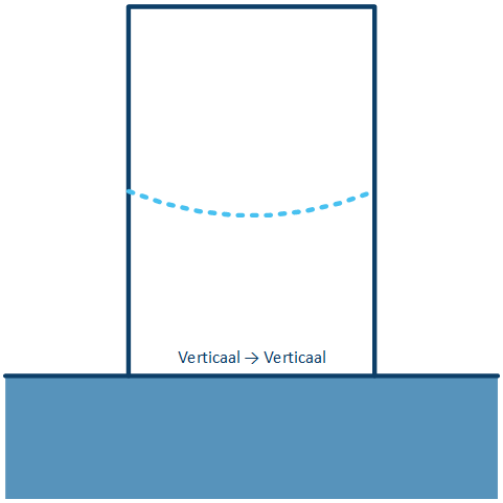
- Afmetingen van het gebouw (breedte, lengte, hoogte)
- Constructietype (stijfheid, starheid van verbindingen, open ruimtes)

- Gebruikte materialen

Vloeren

Trillingen worden doorgaans als maatgevend ervaren in het midden van de vloeren, waar de doorbuiging het grootst is en de laagste eigenfrequentie optreedt. In specifieke gevallen, met name op stijve zandgronden en bij hoge trillingsfrequenties, kan ook de zogenaamde tweede buigmodus van een vloer een rol spelen. In Buildyn worden daarom beide effecten gemodelleerd.

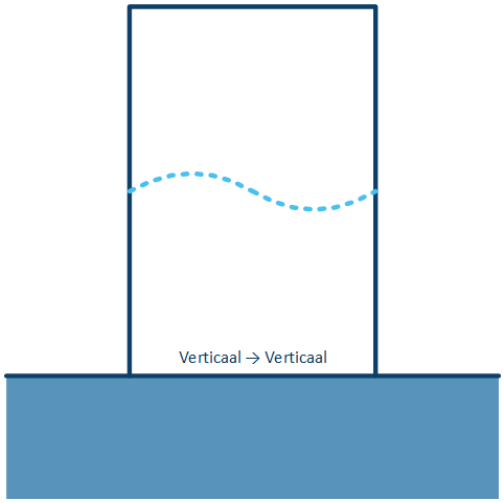
De eerste buigmodus van de vloer (bij de eerste eigenfrequentie) is simpele doorbuiging, zoals weergegeven in de principeschets rechts. Met name de eigenfrequentie (de frequentie waarvoor de vloer gevoelig is) en de demping bepalen in hoeverre de trillingen worden opgeslingerd. De trillingen zijn het hoogst in het midden van de vloer.



Dit effect noemen we H_{zz1}, en is afhankelijk van:

- Type vloer (doorsnede, materiaal, en bij beton: gescheurd of ongescheurd)
- Afmetingen van de vloer
- Type oplegging

Bij de tweede buigmodus van de vloer (bij de tweede eigenfrequentie) zijn de trillingen maximaal op ongeveer ¼ van het vloerveld, zie de principeschets rechts.

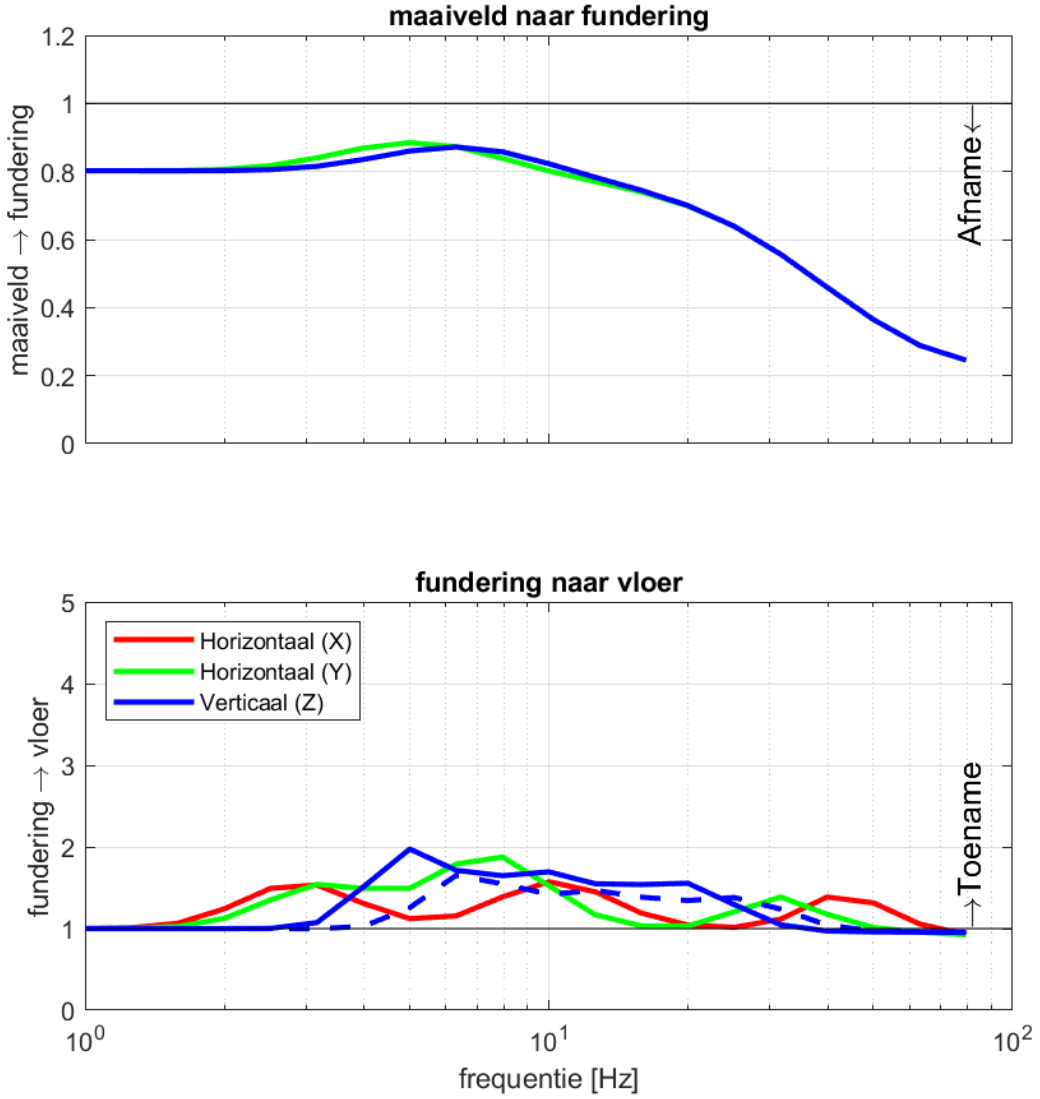


Dit effect noemen we H_{zz2}, en is afhankelijk van dezelfde parameters als H_{zz1}.

Uiteindelijk zorgen alle gebouwbewegingen samen voor een versterking van de trillingen tussen de fundering en de vloer. In de hierna volgende figuren zijn deze totale overdrachten in de X-, Y- en Z-richting van het gebouw weergegeven. Voor de vloeren wordt onderscheid gemaakt tussen de H_{zz1} en de H_{zz2}-beweging, omdat beide niet op hetzelfde punt kunnen optreden (H_{zz1} is maximaal in het midden van de vloer, H_{zz2} op een kwart van de randen).

Resultaten

De resultaten uit de Buildyn-berekeningen voor een van de varianten van de geplande nieuwbouw zijn weergegeven in Figuur 12.



Figuur 12 Buildyn-resultaten voor geplande nieuwbouw, vloeroverspanning van 6.5 meter en kanaalplaatvloer van 200 mm. Midden vloer is weergegeven als doorgetrokken blauwe lijn, de overdracht op een kwart van de randen als een onderbroken blauwe lijn.

Bijlage 4 Verdelingsplan

splitsen bedrijfsbestemming Oosterparallelweg 31

situatie bestaand

Schaal: **1:500** Datum:**25-07-2019**

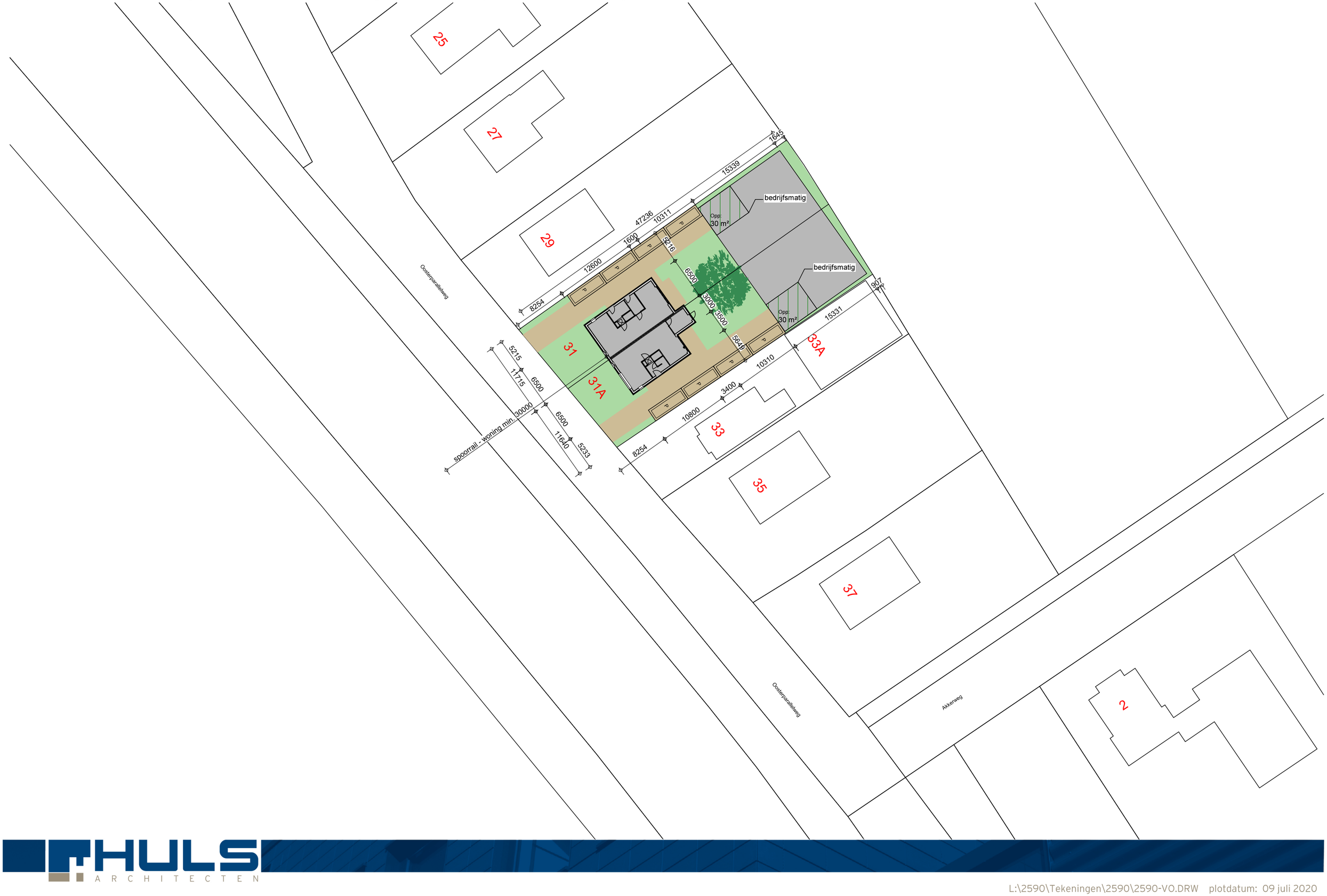


HULS ARCHITECTEN

splitsen bedrijfsbestemming Oosterparallelweg 31

situatie nieuw

Schaal: **1:500** Datum**08-07-2020**



splitsen bedrijfsbestemming Oosterparallelweg 31

situatie

Schaal: **1:250** Datum**08-07-2020**

