

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aan: Mark Blommestijn
Van: Hans Schinck
Datum: 3 maart 2020
Kopie: Sten Camps
Ons kenmerk: BG8429-101-102 /N001/D02
Classificatie: Open

Onderwerp: Beschouwing aspect trillingen en laagfrequent geluid EDGE Eindhoven

Bijlage 1 Weergave trillingsmetingen
Bijlage 2 Weergave verbeelding
Bijlage 3 Weergave laagfrequent geluid metingen

1. Inleiding

Edge Technologie is voornemens het parkeerterrein bij de Stationsweg (Parking Fuutlaan) in het centrum van Eindhoven te ontwikkelen. Het plan, EDGE Eindhoven, bestaat uit een kantoorgebouw van circa 27.000 m², circa 15.000m² appartementen, een ondergrondse parkeervoorzieningen en in de plint van het gebouw voorzieningen voor de gebruikers en de omgeving. EDGE maakt onderdeel uit van het stedenbouwkundig plan voor het gebied Lichthoven. De ontwikkeling is voorzien tegen het spoor aan in het centrum van de stad. Om de ontwikkeling juridisch-planologisch mogelijk te maken, wordt door bureau Van Riezen & Partners een nieuw bestemmingsplan opgesteld (Lichthoven fase 2).

Het aspect trillingen en laagfrequent geluid is in de voorliggende memo onderzocht.

Begrenzing plangebied

Lichthoven fase 2 wordt in de nabijheid van het station gerealiseerd (zie afbeelding 1). Aan de noordkant wordt het plangebied begrensd door het spoor. In het westen wordt het plangebied begrensd door Lichthoven fase 1. In het oosten wordt het plangebied begrensd door de Dommel. In het zuiden wordt het plangebied begrensd door de Stationsweg.

Op afbeelding 1 is de locatie van het plangebied in rood bij benadering weergegeven. De exacte plangrens is te vinden in de verbeelding in bijlage 2. De (auto)parkeergarage op -1 maakt wel onderdeel uit van het bestemmingsplan. De naastgelegen fietsparkeergarage maakt geen onderdeel uit van het bestemmingsplan.



Afbeelding 1:locatie plangebied

2. Toetsingskader trillingen

In Nederland bestaat geen *specifiek* juridisch kader voor trillingen zoals geldt voor geluid met de Wet Geluidhinder. Het juridisch kader wordt door wetgeving bepaald welke niet specifiek voor trillingen is bestemd. Het kader wordt door het onderstaande bepaald:

Partijen kunnen elkaar in geval van trillingshinder of –schade civielrechtelijk aanspreken op basis van *onrechtmatige daad*. Hierbij wordt aangetekend dat in dergelijke geschillen de rechter tegenwoordig verder kijkt dan het pure causale verband tussen trillingen en het geclaimde gevolg (hinder of schade). Van minstens even groot belang voor de uitkomst van dergelijke zaken is de mate waarin partijen deskundig zijn en zich redelijk en zorgvuldig hebben opgesteld. Partijen die terzake deskundig zijn (opdrachtgevers van grote infrastructurele werken, bouwbedrijven, grote beheerders van infrastructuur) hebben een zwaardere plicht waar het betreft het informeren van de andere partij, het instellen van onderzoeken en het overwegen van alternatieven. Het principe dat de partij die eist ook moet bewijzen geldt altijd. Maar in de praktijk wordt deze bewijsplicht door de rechter aanzienlijk lichter gewogen, zeker als de deskundige partijen zich weinig zorgvuldig hebben opgesteld.

In het ruimtelijk spoor is het kader de Wet Ruimtelijke Ordening (WRO). Voor het aspect trillingen dienen bestemmingen ruimtelijk zorgvuldig te worden gescheiden.

Naast het juridisch kader is de jurisprudentie aangaande de meetrichtlijnen en normstelling van belang. In de gebruiksfase van de infrastructuur is de SBR B richtlijn “*hinder voor personen in gebouwen*” als normstelling te hanteren. Ook is de SBR A richtlijn “*schade aan gebouwen*” als normstelling te hanteren met betrekking tot de aanlegfase. De beoordelingssystematiek in de SBR B richtlijn “hinder voor personen in gebouwen” kent streefwaarden.

SBR trillingsrichtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)

In het geval van trillingen langs infrastructuur tijdens de gebruiksfase is richtlijn B (hinder voor personen in gebouwen) van belang.

De toetsing van de trillingsniveaus aan de SBR-richtlijn B betreft de zogenoemde $V_{\max}$ en V_{per} . De $V_{\max}$ betreft de maximale trillingssterkte die voorkomt. Deze wordt apart getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. De V_{per} betreft de gemiddelde trillingssterkte. Ook deze waarde wordt apart bepaald en getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. Voor de exacte definitie en bepalingmethode van deze toetswaarden wordt verwezen naar de SBR-richtlijn.

De streefwaarden zijn er op gericht om hinder door trillingen te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van deze streefwaarden dient dan ook zoveel mogelijk te worden vermeden. De situatie waaronder de te beoordelen trillingssterkte optreedt, is bij de afweging van de toe te laten trillingssterkte van belang. De SBR-richtlijn maakt daarbij onderscheid tussen een bestaande situatie, een nieuwe situatie en een gewijzigde situatie.

De voorliggende situatie is een nieuwe situatie in het licht van de SBR-richtlijn. In de woontorens zijn woon- kantoor en bijeenkomst functies aanwezig.

Voor deze functies gelden de volgende streefwaarden:

Tabel 1: streefwaarden (SBR richtlijn)

Gebouwfunctie	A1	A2	A3
	(dag / avond / nacht)	(dag / avond / nacht)	(dag / avond / nacht)
Woning nieuwe situatie	0.1 / 0.1 / 0.1	0.4 / 0.4 / 0.2	0.05 / 0.05 / 0.05
Kantoor nieuwe situatie	0.15 / 0.15 / 0.15	0.6 / 0.6 / 0.6	0.07 / 0.07 / 0.07
Bijeenkomst nieuwe situatie	0.15 / 0.15 / 0.15	0.6 / 0.6 / 0.6	0.07 / 0.07 / 0.07

Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- de waarde van de maximale trillingssterkte in de ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A1, of als
- de waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A3.

De eerste regel met A1 betreft de zogenoemde onderste streefwaarde. Als hieraan wordt voldaan dan is een nadere toetsing niet meer nodig.

Als er niet wordt voldaan aan de toetsingssytematiek wat betreft streefwaarden dient afhankelijk van de omstandigheden een afweging te worden gemaakt of de te beoordelen trillingssterkte al dan niet acceptabel is. Voor deze beoordeling wordt in de SBR-richtlijn verwezen naar bijlage 5 van de SBR-richtlijn. Daarin is aangegeven dat bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik kan worden gemaakt van de kwalificatie van hinder zoals is aangegeven in de navolgende tabel (uit SBR-richtlijn, bijlage 5).

Tabel 2: Hinderclassificatie

$V_{\max}$	Hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1- 0,2	weinig hinder
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	Hinder
> 3,2	ernstige hinder

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

Naast de “SBR B richtlijn Hinder voor personen” is er voor schade de “SBR-Richtlijn A schade aan gebouwen”. Voor schade is de topwaarde van de trillingssterkte V_{top} relevant. Deze schade trillingssterkten V_{top} wordt uitgedrukt in mm/s. Alhoewel het een andere grootte betreft en andere meetpunten aan een woning kan gesteld worden dat de streefwaarden voor hinder veel maatgevender (lager) zijn dan de grenswaarden voor schade. Door het hanteren van de streefwaarden voor hinder wordt voorkomen dat schade grenswaarden worden overschreden.

Vermeldenswaardig is verder dat er specifiek voor spoorse tracé besluiten de Beleidsregel TrillinghinderSpoor (Bts) bestaat.

3. Toetsingssystematiek laagfrequent geluid

Wat is laagfrequent geluid?

Laagfrequent geluid is geluid dat componenten in het laagst hoorbare frequentiegebied heeft. Dit frequentiegebied is niet vast gedefinieerd maar bevindt zich voor de beoordeling in het gebied tussen 10 t/m 100 Hz. De exacte grens van laagfrequent is niet precies bepaald en varieert enigszins per toetsingssystematiek.

Er is in Nederland geen wettelijk kader voor onderzoek en beoordeling van laagfrequent geluid vastgesteld. Volgens jurisprudentie kan laagfrequent geluid wel worden aangemerkt als objectieveerbare hinder (ABRvS 13 december 2006, MenR 2007, 22). Tot 2006 werd laagfrequent geluid aangemerkt als niet objectieveerbare hinder.

De volgende toetsingscurven zijn voorhanden:

- Methode de Ruiter;
- DCMR Milieudienst Rijnmond hanteert in het kader van wet milieubeheer procedures een laagfrequent toetsingscurve gebaseerd op hinderlijkheid;
- Vercammen 3-10%-curve;
- NSG referentiecurve;

Methode De Ruiter

In de jaren '80 van de vorige eeuw is door Bob de Ruiter van gemeentewerken Rotterdam een beoordelingsmethode voorgesteld voor het geluid dat *in woningen* langs het tracé zou worden veroorzaakt door treinverkeer in de tunnel. De methode geeft grenswaarden voor het toelaatbare geluidniveau in de woningen tijdens passage van een trein in de tunnel. De beoordelingsgrootheid is – waarschijnlijk - $L_{eq, passage}$. De methode geeft grenswaarden voor de dB(A) waarde $L_{Aeq, passage}$, die in dit geval alleen moet worden bepaald over de oktaafbanden van 10 tot 250 Hz (10 Hz is niet de middenfrequentie van een oktaafband. Bedoeld wordt hier waarschijnlijk de oktaafband met middenfrequentie 8 Hz), en voor de oktaafbandwaardes $L_{eq, passage, okt}$ voor de oktaafbanden met middenfrequenties 16, 32, 63 en 125 Hz. De te hanteren grenswaarden voor woningen en kantoren staan in onderstaande tabel.

Tabel 3: toetswaarden methode de Ruiter

Grootheid	Frequentiebereik	Grenswaarde woningen	Grenswaarde kantoren
$L_{Aeq, passage}$	10-250 Hz	35 dB(A)	40 dB(A)
$L_{eq, okt, passage}$	16 Hz oktaaf	80 dB	85 dB
$L_{eq, okt, passage}$	31.5 Hz oktaaf	68 dB	73 dB
$L_{eq, okt, passage}$	63 Hz oktaaf	55 dB	60 dB
$L_{eq, okt, passage}$	125 Hz oktaaf	45 dB	50 dB

In de methode wordt geen verschil gemaakt tussen de dag- of de nachtperiode. De aangegeven waarden gelden voor elke treinpassage. De methode De Ruiter is in de jaren na de Willemsspoortunnel min of meer door TNO Bouw geadopteerd en in verschillende projecten toegepast. Hoewel het hier gaat om het beperken van secundair (re-radiated) geluid suggereert de aandacht voor de oktaafbanden van

16 Hz tot 125 Hz dat hier ook een beoordeling voor laagfrequent geluid van andere oorsprong wordt gegeven.

De NSG-richtlijn is gebaseerd op de 90% gehoordrempel van doorsnee 55-jarigen. 90% van deze groep hoort de geluiden onder deze drempel niet. In deze richtlijn is geen relatie gelegd met de hinderbeleving. Vandaar dat er in het hogere deel van het laagfrequente gebied heel lage waarden voorkomen.

Al deze grenswaardencurven zijn bedoeld voor binnen de woning. De eigenschappen van de woning kunnen van grote invloed zijn op het optredende laagfrequent geluid.

Bovenstaande curven hebben gemeenschappelijk dat ze toegepast kunnen worden voor quasi stationair geluid in de nachtsituatie. Alleen de methode de Ruiter is specifiek voor treinpassages.

Er zijn diverse toetsingscurven voor laagfrequent geluid en er is in Nederland geen keuze gemaakt voor algemeen geaccepteerd normstelsel waarmee laagfrequent geluidhinder kan worden geobjectiveerd. In tabel 4 is de Vercammen toetsingscurve getalsmatig weergegeven, in afbeelding 2 zijn de toetsingscurven grafisch weergegeven. De Vercammen curve is gebaseerd op een publicatie van Peutz uit 1990. Bij de Vercammen 3-10% buiten de woning is een standaard isolatiewaarde voor woningen gehanteerd. In de berekeningen is uitgegaan van de gestandaardiseerde isolatiewaarde conform Vercammen. Deze gehanteerde geluidisolatie is gebaseerd op metingen [Vercammen MLS, Heringa PH.

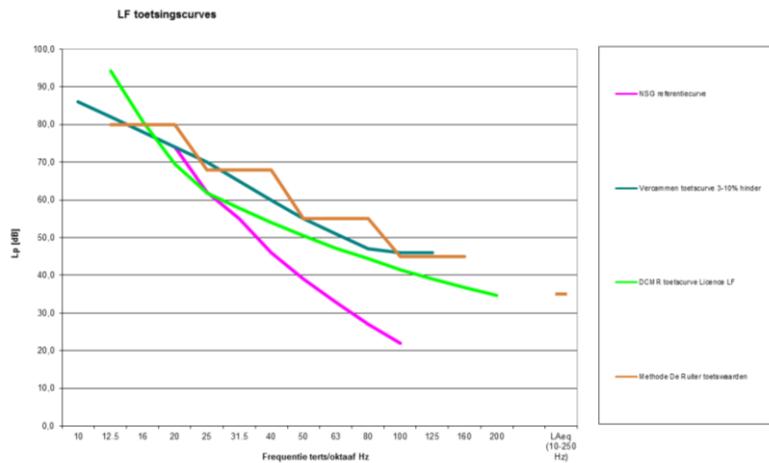
Laagfrequent geluid; grenswaarden, overdracht en meten. Nijmegen: Adviesbureau Peutz & ass., 1990. Rapport R 548-13.1990].

Tabel 4: Numerieke weergave van de toetsingscurven, de toetsingscurve is een geluiddruk L_p [dB] als functie van de frequentie f [Hz]

Toetsingscurve	Frequentie van de tertsbanden [Hz]													
	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
Vercammen 3-10% binnen in woning L_p [dB]	86	82	78	71	65	60	55	50	47	42	39			

De toetsingscurven zijn toetsingswaarden voor een spectrale geluiddruk L_p [dB] in tertsbanden [Hz]. De toetsingsmethode De Ruiter zijn toetsingswaarden voor een spectrale geluiddruk L_p [dB] in oktaafbanden [Hz].

Een octaaf band is een breder frequentiebereik en bestaat uit 3 tertsbanden. Een tertsband is een 1/3 oktaafband. Ter illustratie de oktaafband met middenfrequentie 63 Hz heeft een bandbreedte in Hz gelijk aan de bandbreedte van de tertsbanden met middenfrequentie 50, 63 en 80 Hz tesamen.



Afbeelding 2 Toetsingscurven

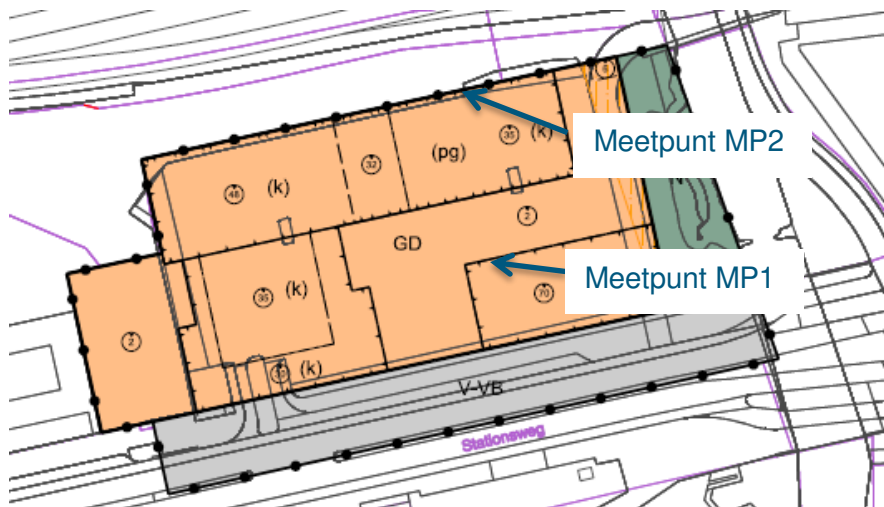
Al deze toetsingscurven zijn gebaseerd op hinderbelevingsonderzoeken. In de grafische weergave is goed te zien dat er afhankelijk van de frequentie een grote spreiding tot circa 30 dB tussen de verschillende toetsingscurven bestaat. Dit heeft enerzijds met de aard van de toetsingscurve, waarneembaarheid (NSG) of hinder (De Ruiter, Vercammen en DCMR), te maken. Anderzijds heeft dit met de achtergrond van de hinderdefinitie in de diverse hinderbelevingsonderzoeken te maken.

Volgens jurisprudentie is de Vercammen curve methodisch verdedigbaar, vergelijkbaar met diverse internationale methodes en kan daarmee ernstige geluidhinder in substantiële mate worden voorkomen. (ABRvS 13 december 2006, MenR 2007, 22). Daarom is voor het voorliggende onderzoek de Vercammen curve gekozen.

4. Metingen trillingen

Het aspect trillingen wordt bepaald door de passages van de treinen. Ten noorden van het plangebied ligt een aantal sporen. Op 6 september 2019 zijn trillingsmetingen op locatie verricht.

Het meetpunt is gekozen in de nabijheid van de footprint van de twee gebouwen aan de zijde van het spoor. Hierbij is in overweging genomen dat dit in de nabijheid is van de wissels direct voor het spoor. In MP1 en MP2 zijn trillingsmetingen en geluidmetingen verricht.



Afbeelding 3: situatie meetpunten

Alle trillingsmetingen zijn conform de SBR B richtlijn “hinder voor personen in gebouwen” verricht met een vibra α serienummer 9512007. De vibra α is tijdens de metingen met één sensor uitgerust. Sensor één meet één verticale (kanaal 1) en een horizontale component (kanaal 2) in de richting van het spoor. Sensor twee meet één verticale (kanaal 3) en een horizontale component (kanaal 4) in de richting van het spoor. De oppervlakteverharding bestaat uit asfalt. De metingen zijn op de oppervlakteverharding uitgevoerd. De geluidmetingen zijn met een B&K2260 verricht.

In een tijdsduur van 5,5 uur zijn circa 120 passages (schatting gebaseerd op passages eerste uur) van treinen waargenomen en geregistreerd. Hierbij wordt aangetekend dat meetdata waarbij er auto's in de nabijheid van de meetopstelling reden buiten beschouwing zijn gelaten. Vanuit de meetopstelling zijn de sporen vanaf 12.00 uur beperkt zichtbaar geweest vanwege een opgestelde dubbeldekker die het zicht ontnam.

Een aantal maal is parkeerbeheer en politie langsgekomen met vragen over de te verrichten werkzaamheden. Tijdens deze momenten zijn geen waarnemingen verricht.

Van de circa 120 geschatte passages zijn er 8 passages van goederentreinen (waarnemingen).

Foto 1 t/m 3: meetopstelling



In bijlage 1 zijn de metingen grafisch weergegeven. De reizigerstreinen stoppen allemaal op station Eindhoven. De goederentreinen zijn allemaal doorgaande treinen. Ze rijden met lage snelheid het station aan de zuidzijde buiten de stationshal voorbij, sommige goederentreinen staan even stil.

Tabel 5: trillingssnelheid in maaiveld

Meetpunt	MP1			MP2		
	Passages reizigers treinen	Passages goederen treinen	Alle passages	Passages reizigers treinen	Passages goederen treinen	Alle passages
Aantal passages	112*	8	120	112*	8	120
V_{per} [--] (Gemiddeld verticale $V_{max,eff}$)	--	--	<0,02	--	--	<0,04
V_{max} [--] (Maximum verticale $V_{max,eff}$)	Overwiegend <0,05 een enkele passage tot 0,08 (10-30 Hz)	0,08 (5-30 Hz)	--	Overwiegend <0,05 een enkele passage tot 0,12 (10-30 Hz)	0,12 (5-30 Hz)	--

* schatting in verband met opgestelde stilstaande dubbeldekkers waren de waarnemingen van passages van reizigerstreinen een groot gedeelte van de dag niet mogelijk

In tabel 5 zijn de meetresultaten samengevat weergegeven. De maximale trillingssnelheid V_{max} bedraagt maximaal 0,12. De hoogste waarden worden door de goederentreinen veroorzaakt.

5 Beschouwing trillingen in de torens

Op basis van de metingen blijken de verticale trillingen maatgevend. Op basis van de publicatie “Gedrag van constructies en funderingen” is de overdrachtsverhouding H_{vf} tussen trillingen op het maaiveld en de trillingen op de fundering voor hoogbouw (> 20 m) zichtbaar in tabel 6.

Tabel 6: overdrachtsverhouding H_{vf}

Frequentie	Vertikaal	Horizontaal
< 10 Hz	0,55	0,55
10-50 Hz	0,6-0,05*f	-

Op basis van de tekeningsset, zoals aangeleverd door de mvsa architects aan RHDHV d.d. 2-3-2020 kunnen de gebouwen als volgt worden gekarakteriseerd:

Alle bouwdelen worden als hoogbouw gekarakteriseerd.

In de woontoren van 21 verdiepingen zitten 30 cm dikke betonvloeren met 2 cm isolatie, 7 cm afwerklaag met een variërende overspanning L. De maatgevende overspanningen bedraagt circa 8,6 m. Ook zijn er vloervelden welke een lagere overspanning dan 8,6 m hebben. Deze vloervelden met een overspanning < 8,6 m zijn minder relevant, omdat deze minder gevoelig zijn voor trillingen met lage frequenties.

In de kantoortoren van 12 verdiepingen zitten 26 cm dikke kanaalplaatvloeren met 7 cm gewapende druklaag met een variërende overspanning L. De maatgevende overspanningen bedraagt circa 11,7 m. Ook zijn er vloervelden welke een lagere overspanning dan 11,7 m hebben. Deze vloervelden met een overspanning < 11,7 m zijn minder relevant omdat deze minder gevoelig zijn voor trillingen met lage frequenties.

De eigenfrequentie f_e van een massief betonnen vloer met overspanning L bedraagt:

$$f_e = 130/L$$

De vergrotingsfactor H_{vf} van een vloerveld bedraagt:

$$H_{vf} = 0,4 + \sqrt{\frac{f_e}{76 \times g}}$$

ζ bedraagt 0,047 voor betonvloeren

Invloedsgebied

Op grotere afstand van het spoor nemen de trillingen in het maaiveld af. De afname kan op basis van de empirische formule van Barkan voor trillingen in het verre veld van een homogene isotrope halfruimte worden bepaald. Voor de overdracht van trillingen door de bodem wordt gebruikgemaakt van de formule van Barkan [Vibration of soils and foundations Richart, Hall en Woods Prentice Hall 1970].

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;

V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;

R afstand tussen immissiepunt en de bron;

R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;

α materiaaldemping in de bodem (1/m);

n $n = 1$ tot 2 voor P- en S-golven;

$n = 0.5$ voor R-golven.

De geometrische demping is afhankelijk van het type golf en de richting vanuit de bron waarin de trillingsuitbreiding plaatsvindt. Voor de R (Rayleigh)-golven of oppervlaktegolven ($n = 0.5$) is de geometrische demping kleiner dan voor de P-(pressure) golven of compressiegolven en de S-(shear) golven of schuifgolven.

Dit geeft voor de Rayleigh-golven op grotere afstand van de bron ten opzichte van de P- en S-golf de grootste energie (>67%). De materiaal demping α is op basis van een worst case aanname 0,01 [--] gekozen.

De metingen zijn op punten aan de noordzijde van de geprojecteerde gebouwen verricht. De onderstaande beschouwing is gebaseerd op de worst case afstand per gebouw (noordzijde). Dit betekent dat, indien de afstand tot het spoor groter is (zuidzijde), de niveaus lager kunnen zijn. De mate van afname voor de zuidzijde van de gebouwen wordt bepaald door de formule van Barkan.

Tabel 7: schatting trillingen vloervelden noordzijde kantoortoren

Passage	Hoogste meetwaarde Maaiveld	excitatie frequentie	overdracht fundering	Schatting Vmax fundering	Over spanning	eigen frequentie	overdracht vloer	Schatting Vmax vloeren	Streefwaarde A1	Streefwaarde A2
	Vmax	fe	Hxf	Vmax	L	fn	Hvl	Vmax	Kantoren Bijeenkomst	Kantoren Bijeenkomst
Reizigers treinen	0,12	10..30	0,55	0,07	11,7	11,1	2,16	0,14	0,15	0,6
Goederen treinen	0,12	5..30	0,55	0,07	11,7	11,1	2,16	0,14	0,15	0,6

Tabel 8: schatting trillingen vloervelden noordzijde woontoren

Passage	Hoogste meetwaarde Maaiveld	excitatie frequentie	overdracht fundering	Schatting Vmax fundering	Over spanning	eigen frequentie	overdracht vloer	Schatting Vmax vloeren	Streefwaarde A1	Streefwaarde A2
	Vmax	fe	Hxf	Vmax	L	fn	Hvl	Vmax	Woningen	Woningen
Reizigers treinen	0,08	10..30	0,55	0,04	8,6	15,1	2,46	0,11	0,1	0,4/0,2
Goederen treinen	0,08	5..30	0,55	0,04	8,6	15,1	2,46	0,11	0,1	0,4/0,2

In tabel 7 en 8 is op basis van de maaiveldmetingen een beschouwing gegeven van de maximaal te verwachten trillingssterkte $V_{\max}$ in de vloervelden.

Maximale trillingssterkte

De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ (0,14) in de kantoortoren ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting aan de streefwaarden A1 (0,15) voor kantoorfunctie en bijeenkomstfunctie.

De maximale trillingssterkte $V_{\max}$ (0,11) in de woontoren ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting aan de streefwaarden A2 (0,2) voor woonfunctie.

Gemiddelde trillingssterkte

Op basis van de meetwaarde van de gemiddelde trillingssterkte $V_{\text{per,meet}} < 0,02$ is de verwachting dat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} in dag-, avond- en nachtperiode in de woontoren voldoet aan de streefwaarden voor woonfunctie (A3=0,05).

6 Beschouwing metingen laagfrequent geluid

In bijlage 2 zijn de metingen voor laagfrequent geluid weergegeven.

Er zijn aan in totaal 4 events metingen verricht.

- Event 1 Stilstaande reizigerstrein ;
- Event 2 Passage reizigerstrein;
- Event 3 Passage goederentrein;
- Event 4 Stilstaande goederentrein.

De meetduur varieert van 8 tot 30 seconden. Tevens zijn metingen aan de achtergrond verricht terwijl er geen passages van treinen waarneembaar waren. De achtergrond kan als binnenstedelijk achtergrondgeluid met continue verkeersgeluiden worden gekenmerkt. De meetwaarden van de events liggen relatief dicht bij het achtergrondsignaal. De treinen werden allemaal elektrisch aangedreven.

Op basis van subjectieve waarnemingen op locatie door de meettechnicus is geen herkenbaar laagfrequent geluid vastgesteld. In de spectra zoals weergegeven in bijlage 3 zijn geen relevante pieken aanwezig. De spectra kunnen als relatief vlak worden beoordeeld.

Alle events voldoen tot circa 40 Hz aan de Vercammencurve. Tussen 40 en 100 Hz is het geluidniveau enkele dB's hoger dan de Vercammencurve. De verwachting is dat het geluidniveau in de gebouwen aan de Vercammencurve voldoet.

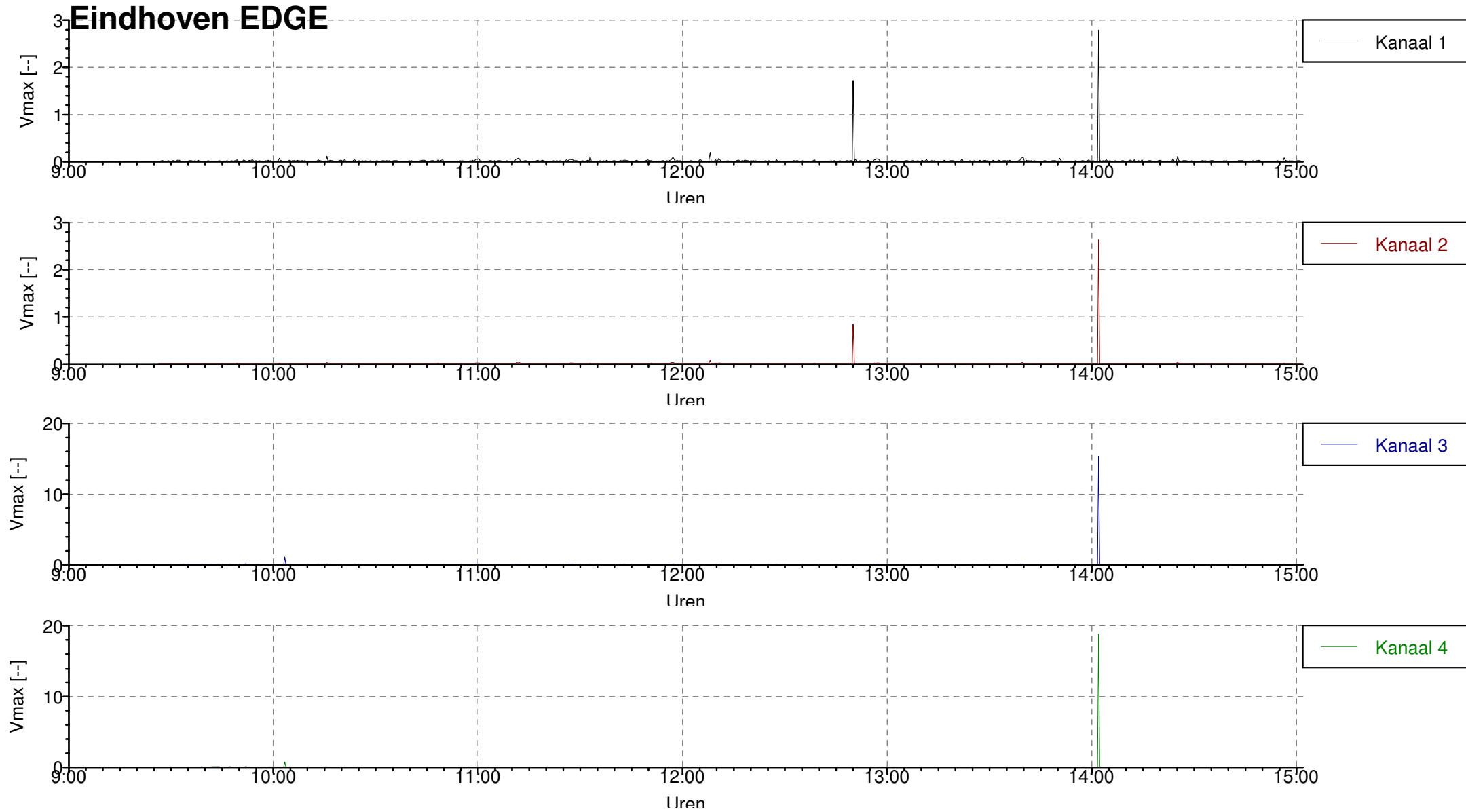
7 Samenvattende conclusie

Op basis van trillings- en laagfrequent geluidmetingen in het maaiveld en een worst case beschouwing voor de noordzijde van de gebouwen worden de volgende conclusies geformuleerd:

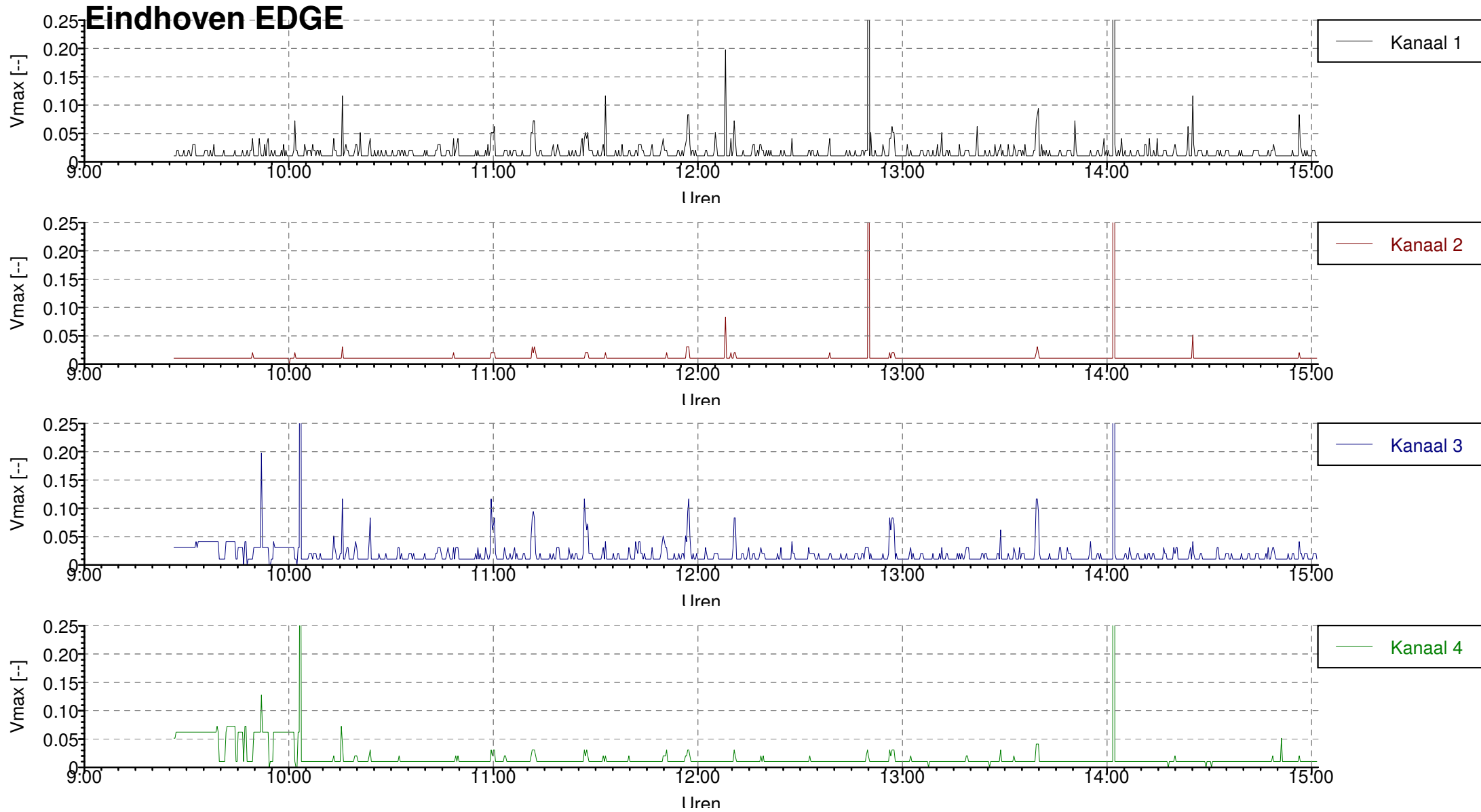
- De maximale trillingssterkte V_{max} bedraagt in het maaiveld maximaal 0,12. De hoogste waarden worden door de goederentreinen veroorzaakt;
- De maximale trillingssterkte V_{max} (0,14) in de kantoortoren ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting aan de streefwaarde A1 (0,15) voor kantoorfunctie en bijeenkomstfunctie;
- De maximale trillingssterkte V_{max} (0,11) in de woontoren ten gevolge van de passages van de treinen voldoet naar verwachting aan de streefwaarde A2 (0,2) voor woonfunctie. Op basis van de meetwaarde van de gemiddelde trillingssterkte V_{per} , meet $< 0,02$ is de verwachting dat de gemiddelde trillingssterkte V_{per} in dag-, avond- en nachtperiode in de woontoren voldoet aan de streefwaarde voor woonfunctie ($A3=0,05$);
- Hiermee voldoen op basis van het ontwerp d.d. 9-9-2019 naar verwachting alle functies in het plan Lichthoven fase 2 aan de beoordelingssystematiek van de SBR B richtlijn "hinder voor personen in gebouwen";
- Op basis van subjectieve waarnemingen op locatie door de meettechnicus is geen herkenbaar laagfrequent geluid vastgesteld. In de spectra van de geluidmetingen zijn geen relevante pieken aanwezig. De spectra kunnen als relatief vlak worden beoordeeld. Het geluid vertoont geen relevante kenmerken van laagfrequent geluid.

Bijlage 1 Weergave trillingsmetingen

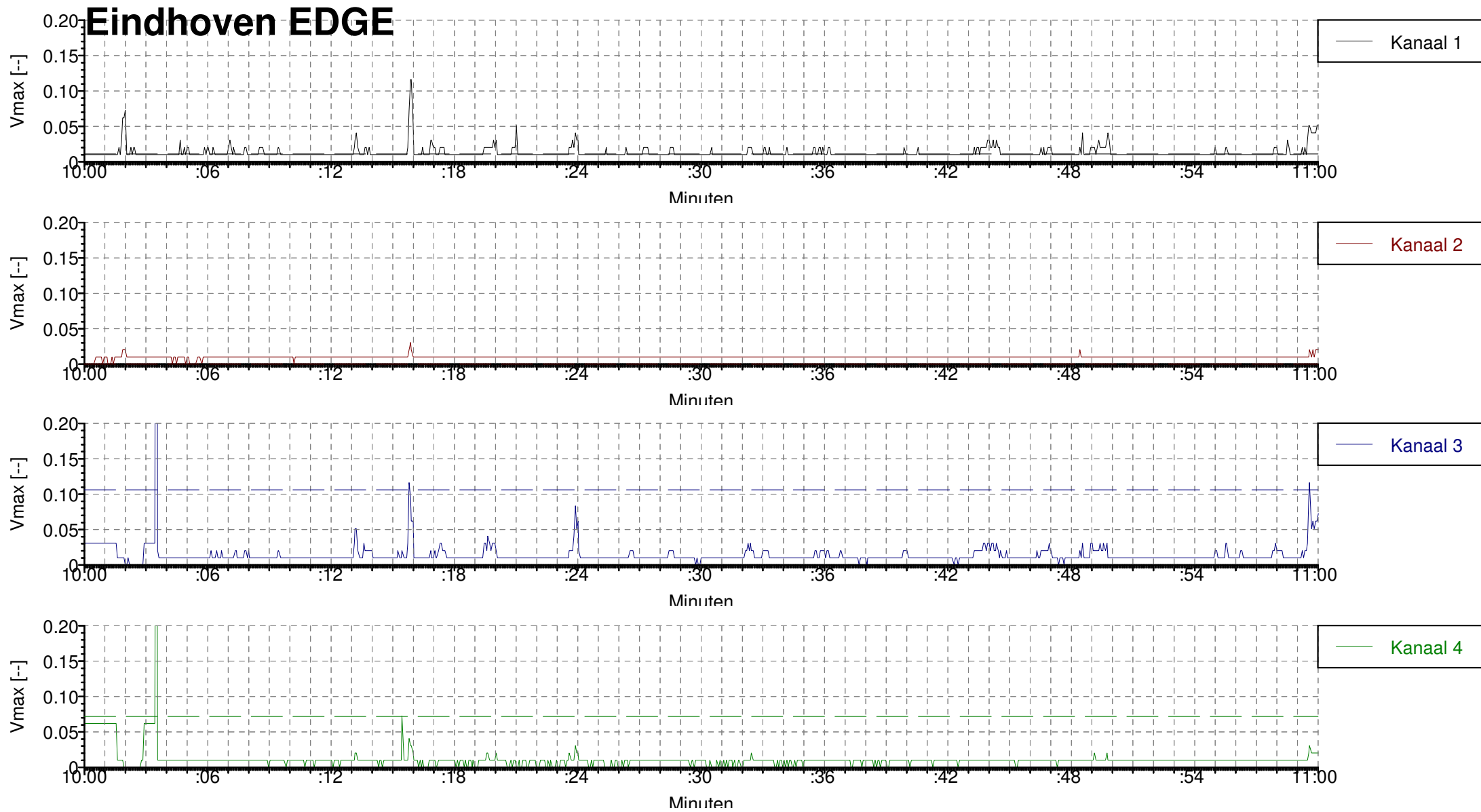
Eindhoven EDGE



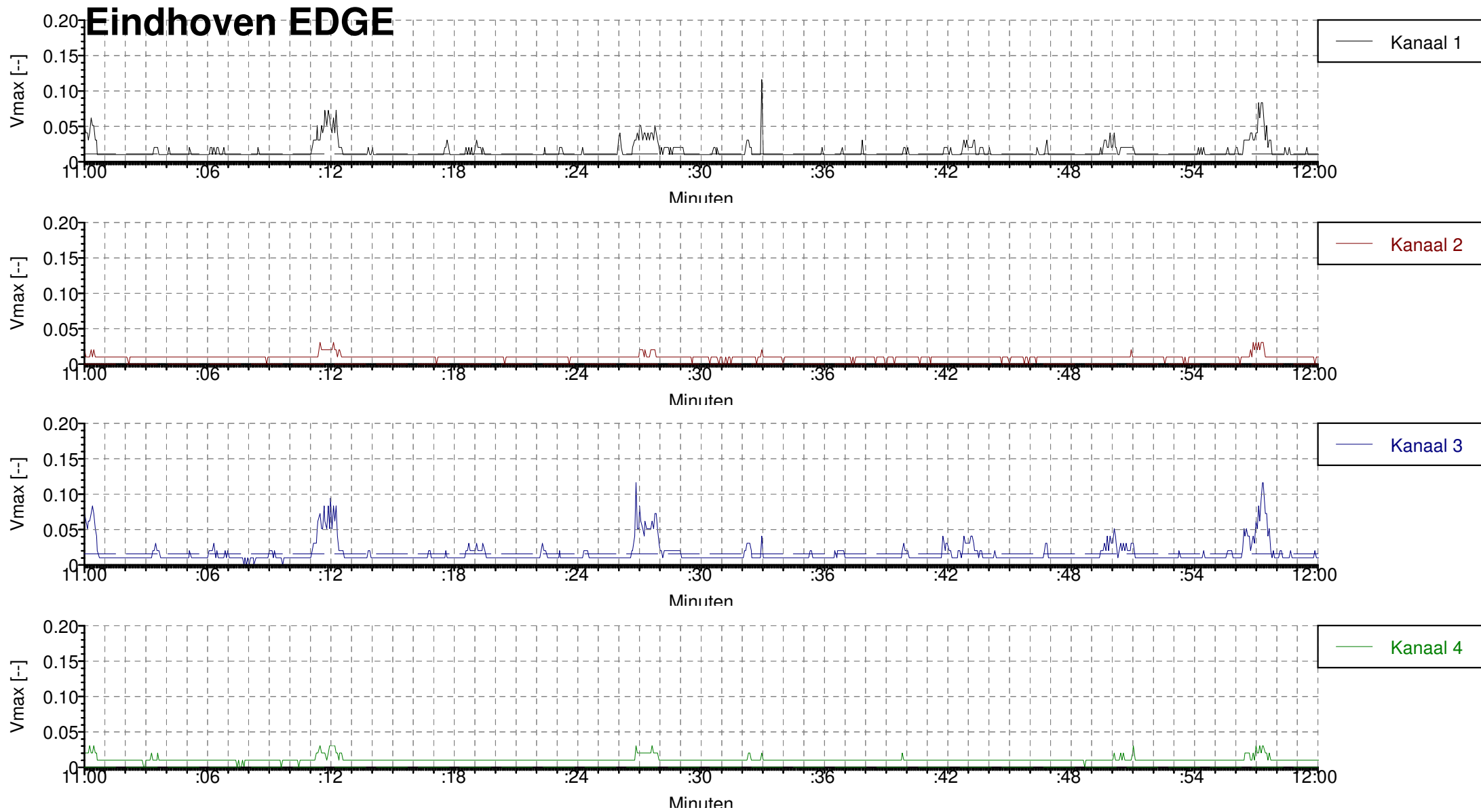
Eindhoven EDGE



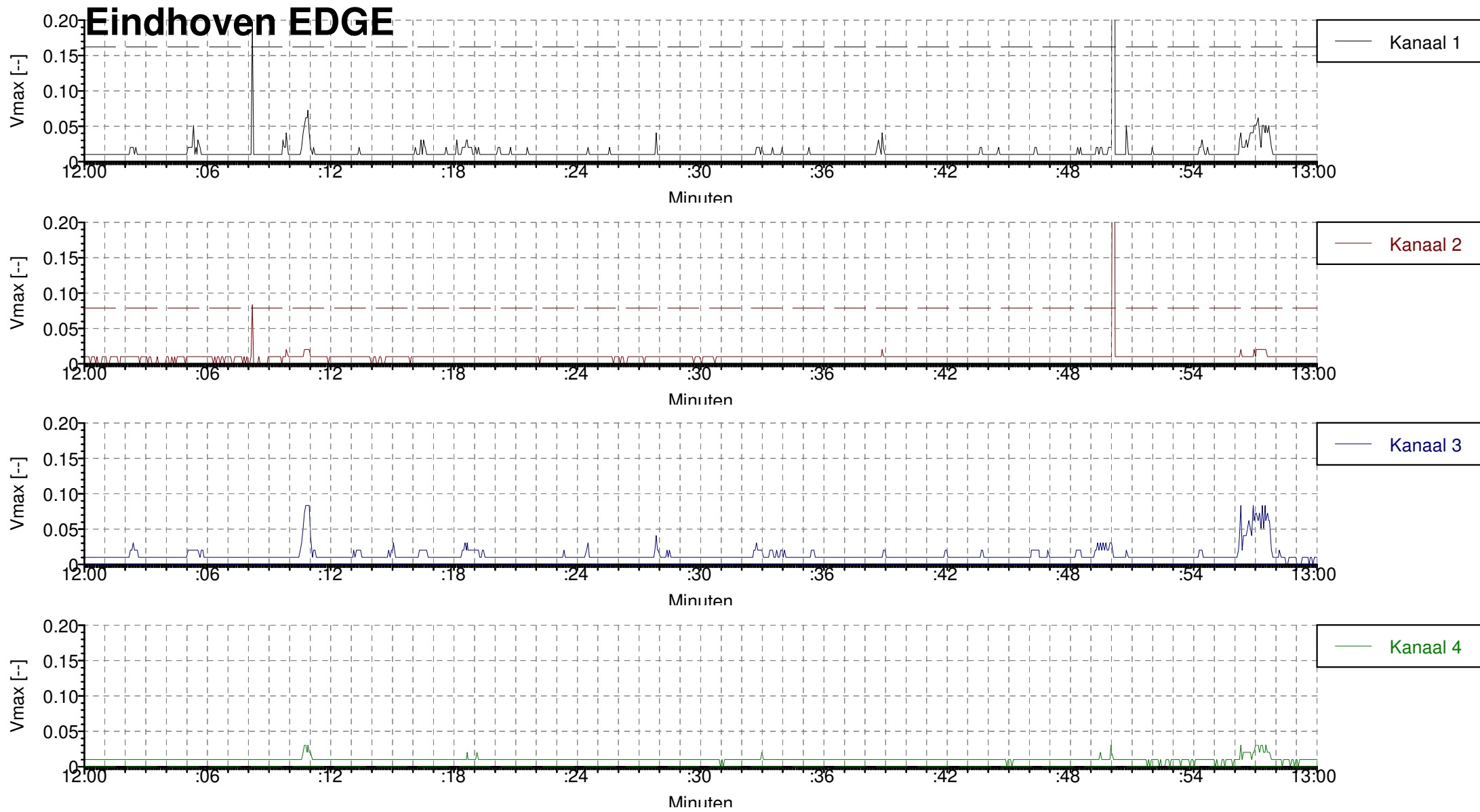
Eindhoven EDGE



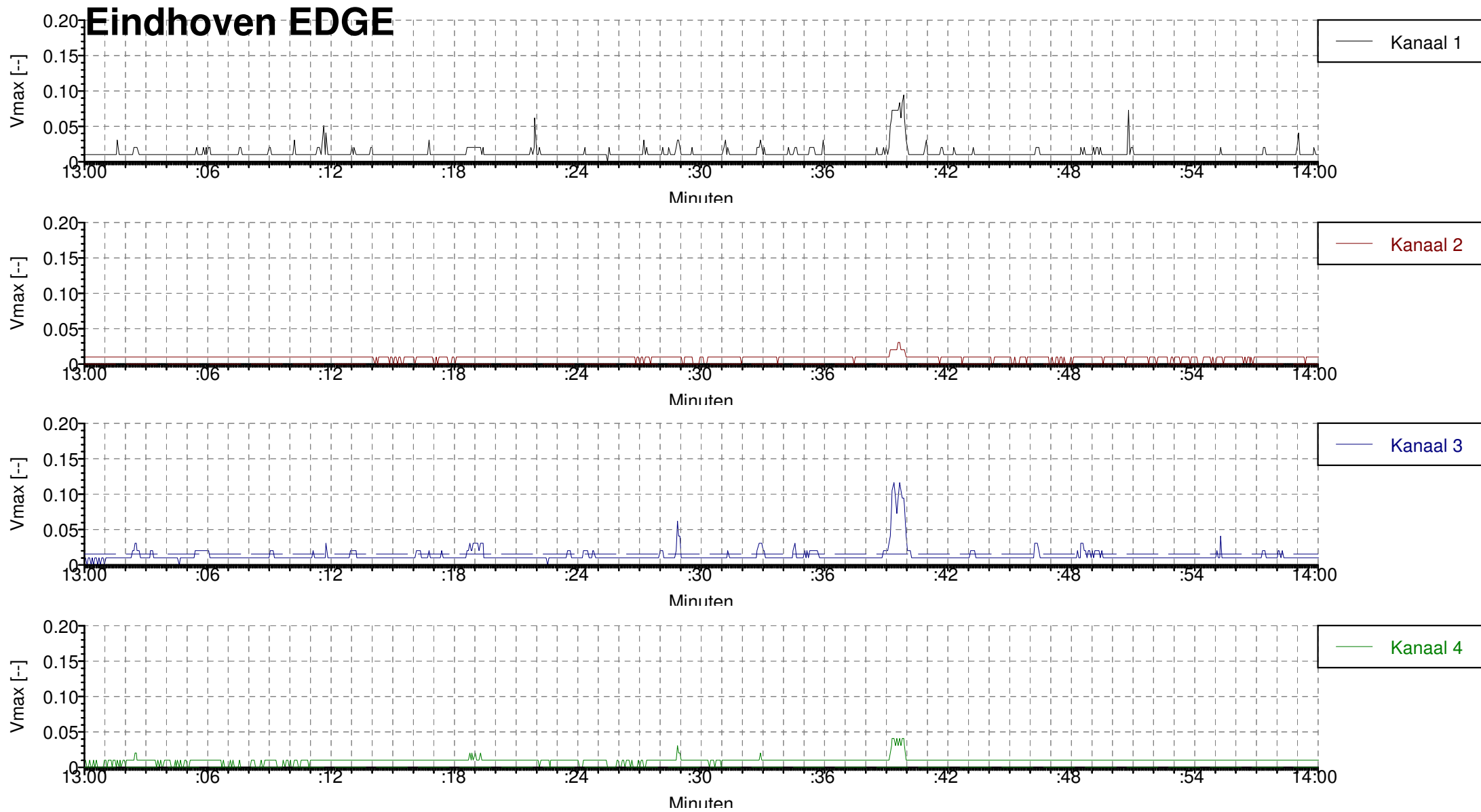
Eindhoven EDGE



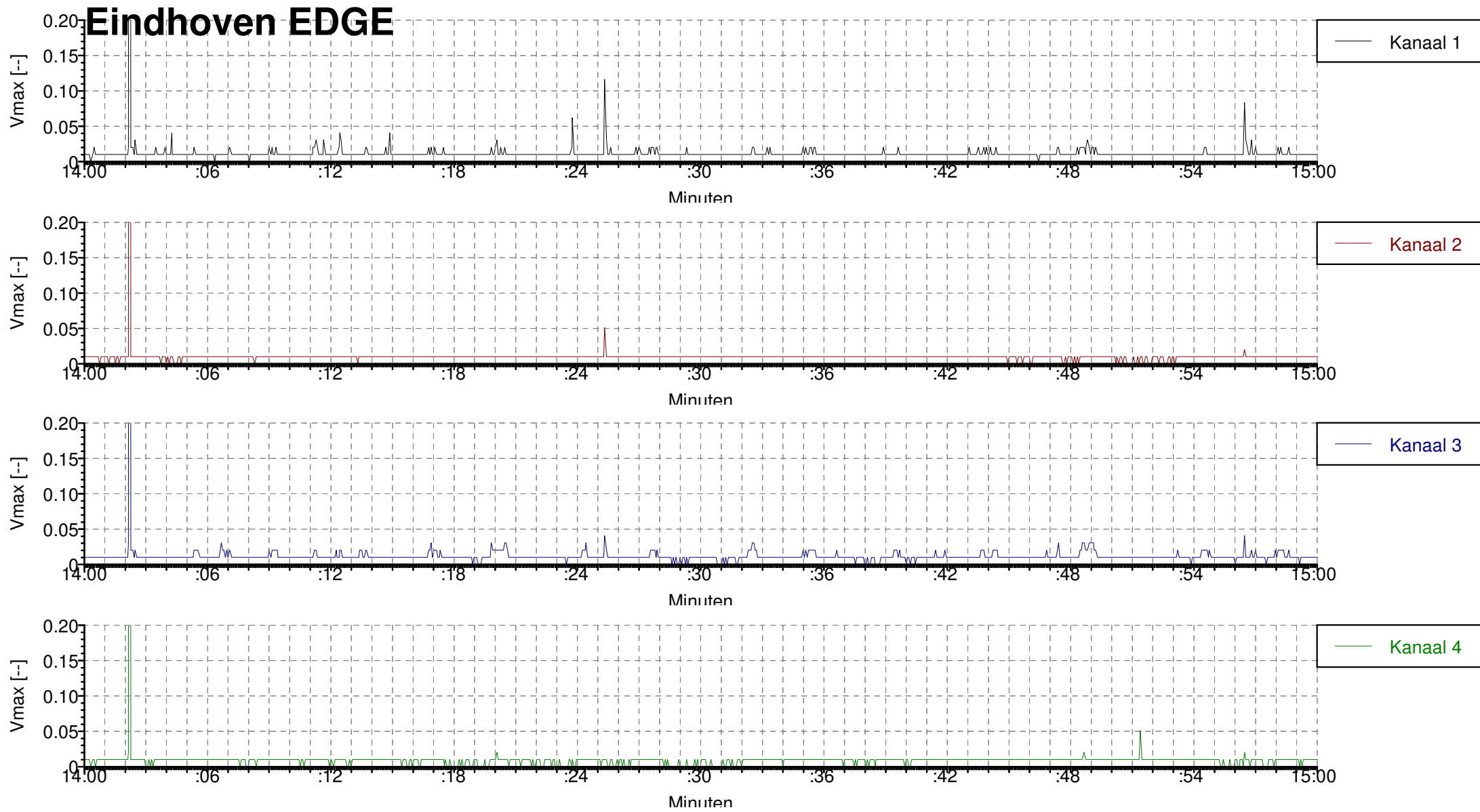
Eindhoven EDGE



Eindhoven EDGE



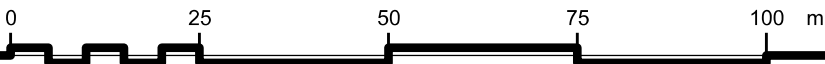
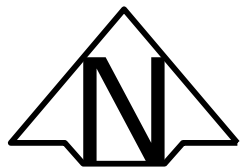
Eindhoven EDGE



Bijlage 2 Weergave verbeelding



- Plangebied
- Plangebiedgrens
- Bestemmingen
- GD Gemengd
 - N Natuur
 - V-VB Verkeer - Verblijfsgebied
- Gebiedsaanduidingen
- overige zone - in verordening ruimte te verwijderen nnb - evz
- Functieaanduidingen
- (k) kantoor
 - (pg) parkeergarage
 - (w) wonen
- Bouwvlak
- bouwvlak
- Maatvoeringaanduidingen
- maatvoeringsvlak
 - maximum bouwhoogte (m)
- Verklaring
- pdok ondergrond (dd 2019-06-17)
 - kadastrale grenzen (dd 2019-06-17)



Planinformatie

Datum	Planstatus	Informatie bij	Gemeente Eindhoven
.	Concept	Gemaakt door	Van Riezen & Partners Bureau voor planologie en planontwikkeling
2020-02-11	Voorontwerp		AMSTELPLEIN 1 1096 HA AMSTERDAM H: vanriezenpartners.nl E: info@vanriezenpartners.nl T: 020 - 625 70 25
.	Ontwerp	Schaal	1 : 1000
.	Vastgesteld	Papierformaat	A3
.	Onherroepelijk	Plancode	NL.IMRO.0772.80357-VO01
.	Geconsolideerde versie		

Bestemmingsplan Lichthoven fase 2

Bijlage 3 Weergave laagfrequent geluid metingen

LF geluid MP2

