



Risico- en kansenanalyse
Spoortrillingen herinrichting
Sportpark Liendert te Amersfoort

Opdrachtgever:	De Alliantie Ontwikkeling B.V. de heer B. Meijers Jan van der Heijdenstraat 36 1221 EJ Hilversum	Gemeente Amersfoort de heer E. Roelofsen Stadhuisplein 1 3811 LM Amersfoort
Projectnummer:	206221	206230
Versienummer:	1.0	
Plaats, datum:	Dordrecht, 11 januari 2021	
Auteur:	ing. E. van Herk	Paraaf: 
Controleur:	ing. D.C. Blokland	Paraaf: 

Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	3
1.1 Algemeen	3
1.2 Gegevens	3
2 Uitgangspunten	4
2.1 Huidige situatie	4
2.2 Herinrichting	5
2.3 Voelbaarheid van (spoor)trillingen	5
3 Eisen, normering en randvoorwaarden	6
3.1 Hinder	6
3.2 Schade	7
3.2.1 Maximale toetswaarden en correctiefactoren	8
4 Quick scan trillingshinder	9
4.1 Aandachtszone	9
4.1.1 Klachten over spoortrillingen	9
4.1.2 Bodemopbouw	9
4.1.3 Ligging waterpartijen	11
4.1.4 Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen	11
4.1.5 Verkeersgegevens spoorwegen	12
4.1.6 Locatie- en type bebouwing	12
4.2 Te verwachten trillingsniveau's	13
4.2.1 Overdracht trillingen	13
4.2.2 Afname trillingssterkte	13
4.2.3 Dominante frequenties	14
4.2.4 Prognose	14
5 Conclusie	15

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van De Alliantie Ontwikkeling B.V. en Gemeente Amersfoort is door BK Bouw- & Milieuvadvis B.V. een prognose opgesteld van de te verwachten trillingsbelasting binnen projectgebied 'Sportpark Liendert in Amersfoort'.

Doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de risico's en eventuele kans op hinder en gevolgschade van spoortrillingen.

De Alliantie Ontwikkeling B.V. bouwt in het projectgebied een appartementencomplex bestaande uit vier delen met elk vijf woonlagen op relatief korte afstand van het spoor. Gemeente Amersfoort begeleidt de gebiedsontwikkeling van Sportpark Liendert. Gezien de samenhang van deze projecten is de trillingsprognose opgesteld voor de gehele herontwikkeling.

1.2 Gegevens

Ten behoeve van het onderzoek is gebruikgemaakt van de navolgende gegevens:

1. Door de opdrachtgevers aangeleverde gegevens;
2. 'Voorlopig Ontwerp Sportpark Liendert', 03 juli 2019, opgesteld door: Ziegler Brandhorst, Stedenbouw en Architectuur;
3. Bouwbesluit 2012;
4. Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, opgesteld door Witteveen+Bos Raadgevend ingenieurs B.V. referentie 111016/19-007.368 van mei 2019;
5. SBR richtlijn deel A: Schade aan gebouwen; meet- en beoordelingsrichtlijn, november 2017;
6. SBR richtlijn deel B: Hinder voor personen in gebouwen; meet- en beoordelingsrichtlijn, augustus 2002.

2 Uitgangspunten

2.1 Huidige situatie

Op projectlocatie 'Sportpark Liendert' ligt in de hoek van het Valleikanaal en de spoorlijn, traject Amersfoort Centrum/Hoevelaken. De locatie wordt aan de oostzijde begrensd door de Parelhoenstraat waar woningen zijn gesitueerd. In de huidige situatie is het een en ander aan sloopwerkzaamheden reeds verricht en worden voorbereidende werkzaamheden uitgevoerd. Op het sportpark was onder andere een tennis- en jeu de boules vereniging aanwezig met meerdere velden en banen. Het sportpark bevindt zich in een groene omgeving.

Aan de zijde van de Parelhoenstraat zijn meerdere woningen en woonblokken aanwezig (laagbouw) en een school.

In figuur 1 en 2 is de locatie weergegeven waarop voorliggend onderzoek betrekking heeft.

figuur 1: overzicht Sportpark Liendert (huidige situatie 2020)



figuur 2: overzicht Sportpark Liendert (toekomstige situatie, na herinrichting)



2.2 Herinrichting

Op basis van het stedenbouwkundigplan (kenmerk: Voorlopig ontwerp Sportpark Liendert, 03 juli 2019, opgesteld door Ziegler Brandhorst) wordt het gehele sportpark opnieuw ingericht. Hierbij wordt een appartementencomplex gebouwd, bestaande uit vier woonblokken met (circa) vijf woonlagen aan de zijde van het kanaal. Ter hoogte van de Parelhoenstraat/Jan van Riebeeckpad worden enkele eengezinswoningen gerealiseerd.

Het sportpark bestaat uit nieuw aangelegde tennisvelden en jeu de boules banen. De velden en banen liggen aan een centraal sportplein met terras en waarschijnlijk een kantine of clubgebouw. Nabij het appartementencomplex wordt een speelplaats ingericht en wordt een oefenveld aangelegd.

Het sportpark en het appartementencomplex zijn zowel met de auto als de fiets bereikbaar.

2.3 Voelbaarheid van (spoor)trillingen

De voelbaarheid van trillingen is ter plaatse van het nieuw te bouwen appartementencomplex en eengezinswoningen van belang. Deze locaties zijn gevoelig voor trillingen omdat mensen hier voor een langere periode kunnen verblijven.

Een trilling van een passerend voertuig op de weg of spoorbaan plant zich voort via de bodem naar een bouwwerk of woning. Als de trilling sterk genoeg is dan kan een bouwwerk in trilling worden gebracht. Voor bewoners kunnen deze trillingen voelbaar zijn doordat de draagconstructie/fundering van een pand de trillingen doorgeeft aan de vloer van de woning die hierdoor meetrilt. Deze trillingen zijn over het algemeen het best voelbaar op hogere verdiepingen en kunnen een gevoel van angst of ongemak veroorzaken. Ook kunnen trillingen slaapproblemen veroorzaken. In de buitenruimte is dit minder van belang. Hinder wordt om deze reden over het algemeen bepaald voor binnenruimtes.

De mate van hinder door spoortrillingen is afhankelijk van meerdere factoren, onder andere:

- De eigenschappen van het trillingssignaal (frequentie en sterkte), per treintype verschillend.
- Het aantal trillingen ofwel het aantal treinpassages.
- Het tijdstip waarop de trillingen voorkomen.
- De richting waarop de trillingen optreden (horizontaal/verticaal).

Daarnaast zijn de eigenschappen van een gebouw van belang en de ligging van het spoor ten opzichte van het gebouw. Ook kunnen het ontwerp en de kwaliteit van het spoor en het hierop rijdende materieel van invloed zijn op de trillingsbelasting op een gebouw, de bodemopbouw tussen de bron en ontvanger en het type fundering en gebouwconstructie.

De trillingssterkte wordt uitgedrukt in de zogenoemde maximale effectieve trillingssnelheid $V_{\max,eff}$. In onderstaand overzicht wordt de voelbaarheid van bepaalde trillingssterkten beschreven.

tabel 1: gevoelsomschrijving trillingen

Omschrijving:	Sterkte $V_{\max,eff}$ in mm/s
Niet voelbaar	<0,1
Gevoelsgrens	=0,1
(net) Voelbaar	0,1 - 0,4
Goed voelbaar	0,4 - 1,6
Sterk voelbaar	1,6 - 6,3
Zeer sterk voelbaar	>6,3

De beleving van trillingen is voor iedereen anders. Uit de praktijk blijkt dat wanneer spoortrillingen optreden sprake is van een zekere mate van 'geaccepteerd' hinder.

3 Eisen, normering en randvoorwaarden

3.1 Hinder

De meet- en beoordelingsrichtlijn B, "Hinder voor personen in gebouwen" bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van hinder voor personen. De richtlijn maakt onderscheid in de functie van het gebouw, aard van de trillingsbron en in bestaande, gewijzigde en nieuwe situaties.

In de Richtlijn vindt de beoordeling plaats door middel van A_1 , A_2 en A_3 :

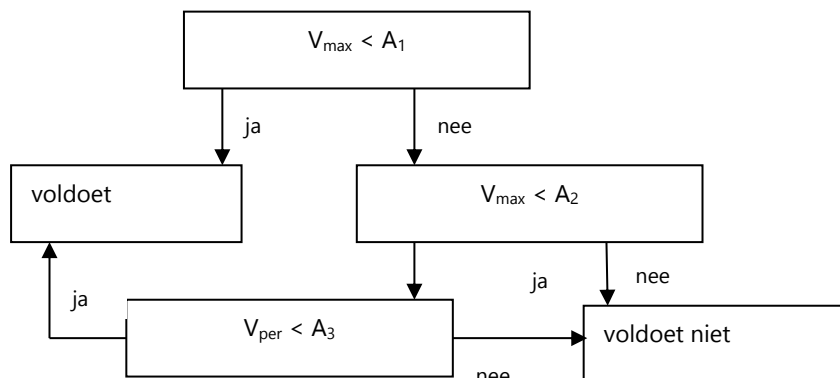
- A_1 is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{\max} .
- A_2 is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{\max} .
- A_3 is de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} .

Voor de hoogte van de streefwaarden geldt in algemene zin dat $A_3 < A_1 \leq A_2$.

Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien:

- De waarde van de maximale trillingssterkte in een ruimte (V_{\max}) kleiner is dan A_1 of
- De waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte (V_{\max}) kleiner is dan A_2 , waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

De procedure voor de beoordeling van V_{max} en V_{per} is in het onderstaande stroomschema aangegeven.



In de richtlijn zijn de streefwaarden onder andere gebaseerd op de functie van het gebouw waar de trillingen beoordeeld moeten worden en de aard van de trillingsbron. In de voorliggende situatie worden de optredende trillingen beschouwd als herhaald voorkomende trillingen gedurende een langere periode (>3 maanden) in een nieuwe situatie (nieuwbouw wonen).

Voor de aan te houden streefwaarden wordt onderscheid gemaakt in drie beoordelingsperioden, te weten:

- Dagperiode van 07:00 tot 19:00 uur (12 uur of 43.200 seconden);
- Avondperiode van 19:00 tot 23:00 uur (4 uur of 14.400 seconden);
- Nachtperiode van 23:00 tot 07:00 uur (8 uur of 28.800 seconden).

In tabel 2 zijn de streefwaarden opgenomen die gelden voor de beoordeling van trillingen ter plaatse van het nieuw te bouwen appartementencomplex aan het Jan van Riebeeckpad en ter plaatse van de eengezinswoningen ter hoogte van de Parelhoenstraat.

tabel 2: overzicht streefwaarden hinder

Norm	Dagperiode			Avond-/Nachtperiode		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
SBR richtlijn B – nieuwe situatie wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Uit de praktijk blijkt dat wanneer spoortrillingen optreden sprake is van een zekere mate van 'geaccepteerd' hinder. Hierdoor kan, op basis van de SBR richtlijn -B, bij de beoordeling van de trillingsbelasting worden gekozen voor hogere streefwaarden. In onderhavige prognose wordt echter de normering gehanteerd uit tabel 2.

3.2 Schade

Naast hinder kunnen trillingen ook schade veroorzaken aan een bouwwerk of woning. Veel bouwwerken zijn niet expliciet ontworpen om trillingen op te nemen, waardoor er een kans op schade bestaat, een en ander afhankelijk van aard en constructiewijze van het bouwwerk en de aard, de sterkte en de frequentie van de trillingen. Daar verificatie van de belasting op gebouwen door trillingen in relatie met het incasseringsvermogen van bouwwerken in bepaalde gevallen wenselijk is, is in 1993 door de Stichting Bouwresearch (SBR) een richtlijn (nummer 1) opgesteld voor het meten en beoordelen van schade aan bouwwerken door trillingen. In augustus 2002 is de SBR-richtlijn 1 vervangen door de SBR-richtlijn A: 'Schade aan Gebouwen'.

De meet- en beoordelingsrichtlijn A, 'Schade aan gebouwen' bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van schade aan gebouwen. De richtlijn maakt onderscheid in de constructiewijze en de staat van het bouwwerk.

Hierbij wordt de volgende verdeling van bouwwerken aangehouden:

Categorie 1:

In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout. Onderdelen van een bouwwerk, die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijvoorbeeld scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout. Draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, die bestaan uit metselwerk, zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.

Categorie 2:

In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk. In goede staat verkerende onderdelen van een gebouw, die niet tot de draagconstructie behoren, zoals bijvoorbeeld scheidingsconstructies, die bestaan uit niet gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.

Monumenten:

Voor gebouwen/bouwwerken met een monumentenstatus of indien het metselwerk in slechte conditie verkeert, geldt een veiligheidsfactor. Hiermee wordt een dergelijk gebouw of bouwwerk extra beschermd tegen trillingen.

Voor de toetsingswaarden is verder het type meting en het type trillingsbron van belang. Onderscheid wordt tevens gemaakt tussen trillingsgevoelige funderingen en niet trillingsgevoelige funderingen.

In voorliggende situatie is ter plaatse van de voorgenomen nieuwbouw (appartementen complex, eengezinswoningen en overige bouwwerken zoals bijvoorbeeld een clubgebouw) sprake van:

- Gebouwen in categorie 1;
- In goede staat verkerende paalfundering;
- Herhaalde trillingen met een kortdurend karakter.

3.2.1 Maximale toetswaarden en correctiefactoren

De normering, voor het beoordelen of trillingen schade tot gevolg kunnen hebben ter plaatse van de geplande nieuwbouw, ligt een stuk hoger dan de normering voor het beoordelen van hinder. Gezien de situatie heeft de normering, opgenomen in het voorliggende hoofdstuk waarschijnlijk alleen betrekking op incidenteel voorkomende trillingen. De beoordeling van hinder voor personen in gebouwen is leidend voor het beoordelen van de trillingsbelasting ter plaatse van de toekomstige nieuwbouw.

Voor de beoordeling van de kans op schade door trillingen veroorzaakt door treinpassages wordt uitgegaan van 'herhaald kortdurende trillingen'. De nieuwbouw panden voldoen aan de omschrijving voor gebouwcategorie 1 uit de SBR richtlijn -A, derhalve worden de volgende correctie en veiligheidsfactoren gehanteerd bij het vaststellen van de maximale trillingsniveaus in het kader van de beoordeling van trillingen die schade tot gevolg kunnen hebben.

3.2.1.1 Correctie- en veiligheidsfactoren

De toetswaarden worden gecorrigeerd met een veiligheidsfactor (Y_t) voor het type trillingen. Op basis van de trillingsbron betreffen de trillingen 'herhaald kortdurende trillingen' waarvoor een veiligheidsfactor geldt van 1,5.

Op basis van de hierboven beschreven veiligheidsfactor worden de in tabel 3 opgenomen toetswaarden gehanteerd bij de beoordeling van de trillingsbelasting bij het bepalen van de kans op schade door spoortrillingen.

Wanneer de trillingsbelasting daadwerkelijk wordt gemeten dient rekening te worden gehouden met een correctiefactor voor het type meting wat wordt verricht.

tabel 3: toetswaarden en gecorrigeerde toetswaarden per frequentie

Frequentie (Hz)	Cat. 1 (niet gecorrigeerd)	Cat. 1 (gecorrigeerd)
0	20	13,3
5	20	13,3
10	20	13,3
15	22,5	15
20	25	16,7
25	27,5	18,3
30	30	20
35	32,5	21,7
40	35	23,3
45	37,5	25
50	40	26,7
55	41	27,3
60	42	28
65	43	28,7
70	44	29,3
75	45	30
80	46	30,7
85	47	31,3
90	48	32
95	49	32,7
100	50	33,3

De waarden in tabel 3 worden gezien als absolute ondergrens (voor de laagste frequenties geldt de strengste eis voor deze categorie, voor hogere frequenties geldt een hogere toetsingswaarde).

4 Quick scan trillingshinder

Om de mate van hinder en kans op schade als gevolg van spoortrillingen ter plaatse van de geplande nieuwbouw te bepalen dient allereerst het aandachtzone te worden vastgesteld.

4.1 Aandachtszone

4.1.1 Klachten over spoortrillingen

In de huidige situatie is sprake van enkele woningen binnen 100 meter vanaf de spoorlijn in de omgeving van het plangebied. Bij Gemeente Amersfoort zijn geen gegevens bekend over klachten van hinder door spoortrillingen.

4.1.2 Bodemopbouw

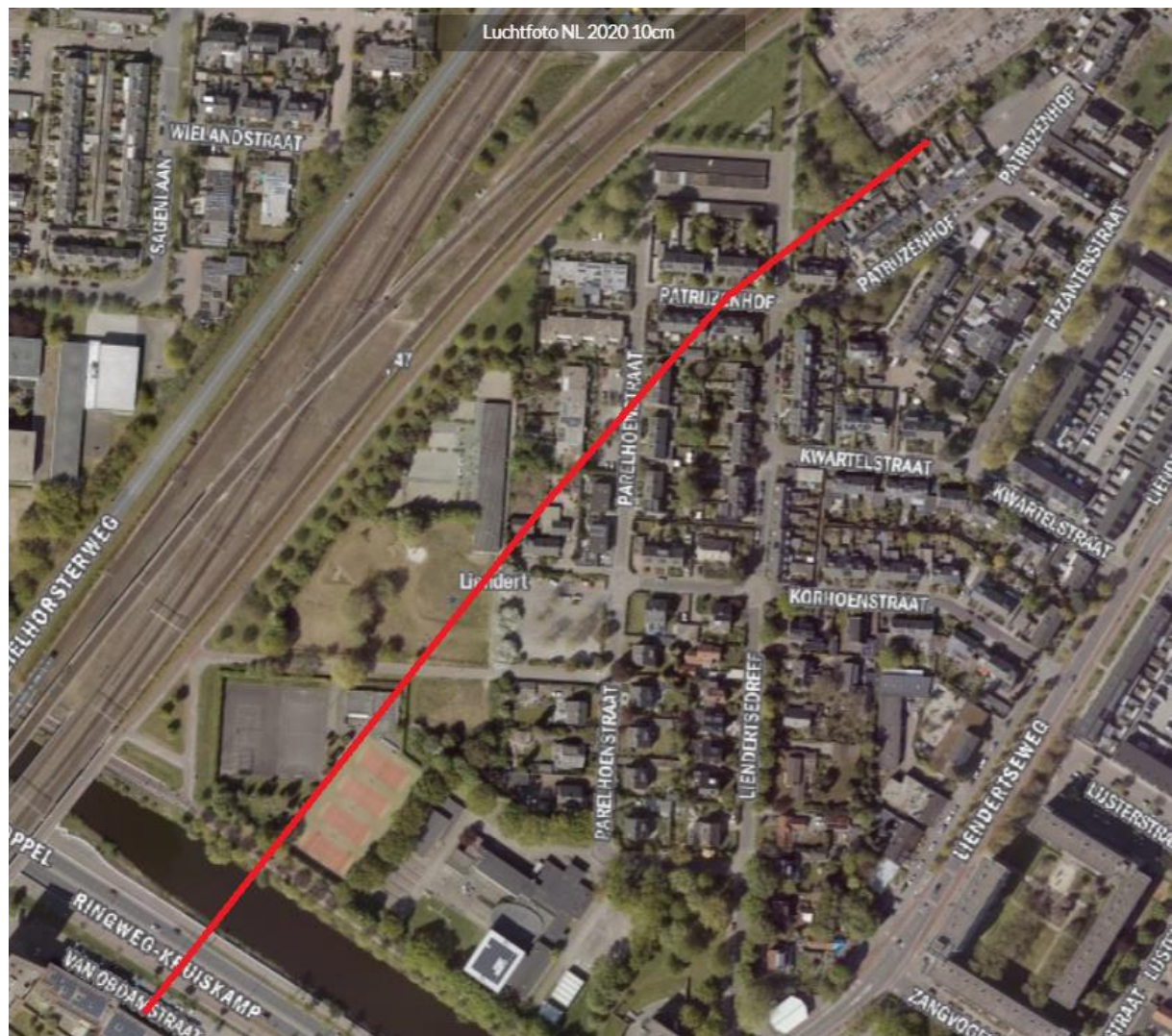
Op basis van de regionale bodemopbouw bestaan de bovenste bodemlagen uit zand met bij mengingen van veen, klei en leemachtig materiaal. Er is in de bovengrond tot 12 meter geen sprake van stijve zandlagen die ervoor zorgen dat trillingen tot meer dan 100 meter vanaf het spoor in bouwwerken voelbaar zijn (> 0,1 mm/s). De regionale bodemopbouw is in onderhavige tabel opgenomen. de informatie is afkomstig van Grondwaterkaart van Nederland opgesteld door de Dienst Grondwaterverkenning TNO) en het Hydrogeologisch Model REGIS II van TNO-NITG.

tabel 4: regionale bodemopbouw

Diepte (m -mv)	Geohydrologische eenheid	Geologische formatie	Lithologie
0,0 - 0,5	Deklaag	Antropogene afzettingen	Zeer fijn tot zeer grof zand; siltig tot zandig klei; huisafval; puin
0,5 - 3,0	Watervoerend Pakket	Formatie van Boxtel	Zeer fijn tot zeer grof zand, lokaal kleiig, grindig of humeus; lokaal zandig leem; siltig tot zandig klei; kleiig veen
3,0 - 12,5	Watervoerend Pakket	Formatie van Drente	Zeer fijn tot uiterst grof zand, lokaal kleiig tot grindig; kleiig tot grindig leem; lokaal siltig tot zandig klei; stenen; keien; blokken

Op basis van de hierboven beschreven informatie bevindt de aandachtszone voor spoortrillingen zich binnen een gebied van 100 meter vanaf het spoor. Er is geen aanleiding tot het vergroten van de aandachtszone. In figuur 3 en 4 is de aandachtszone weergegeven op een overzicht van de huidige en toekomstige situatie.

figuur 3: weergave aandachtszone spoortrillingen (luchtfoto huidige situatie)



figuur 4: weergave aandachtszone spoortrillingen (tekening toekomstige situatie)



De rode lijn geeft op beide figuren de aandachtszone weer, op 100 meter vanaf de eerste spoorstaaf.

Op basis van de contour ligt een deel van het nieuw te bouwen appartementencomplex binnen de aandachtszone van de spoorlijn. De eengezinswoningen langs de Parelhoenstraat liggen buiten de zone, geconcludeerd kan worden dat hier geen (of nauwelijks) sprake zal zijn van voelbare spoortrillingen.

4.1.3 Ligging waterpartijen

Zuidelijk ten opzichte van het plan gebied is een waterpartij aanwezig, te weten het Valleikanaal. Het kanaal heeft een breedte van circa 30 meter. De spoorlijn, beschouwd in onderhavig onderzoek, kruist het kanaal over een aquaduct.

Gezien de ligging van het kanaal ten opzichte van het plangebied en de spoorlijn heeft deze waterpartij geen invloed op de trillingsbelasting ter plaatse van de geplande nieuwbouw.

4.1.4 Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen

Ter plaatse van het plangebied is sprake van een 'kunstwerk' waarmee de spoorlijn over het water geleid wordt. Dit aquaduct betreft een overgangsconstructie. Een deel van deze constructie is op betonnen kolommen doorgetrokken (één enkel spoor) en kruist verderop het traject de andere sporen. De betonnen kolommen en overgangsconstructie is voorzien van een paalfundering.

Deze fundering staat op een stijve, dieper gelegen bodemlaag (zand). Deze bodemlaag kan trillingen doorgeven aan de paalfundering van het nieuw te bouwen appartementencomplex.

Zogenoemde ES-lassen zijn niet beschouwd. Wanneer de ES-lassen in een goede conditie verkeren veroorzaken deze geen extra trillingen. Gezien de te beschouwen spoorlijn een intensief gebruikte lijn betreft kan worden aangenomen dat de staat van het onderhoud aan dit spoor voldoende is. Omdat de aanwezige overgangsconstructie waarschijnlijk de meeste trillingen veroorzaakt zijn eventueel aanwezige ES-lassen buiten beschouwing gelaten.

4.1.5 Verkeersgegevens spoorwegen

Langs het herinrichtingsplan ligt een treinspoor, traject Amersfoort Centraal – Hoevelaken/Nijkerk, westelijk ten opzichte van het plangebied. De spoorlijnen liggen op een verhoging (grondwal) en verhoogd boven het maaiveld in een spoorbak op betonnen kolommen.

Het spoortraject is een druk bereden traject waarover zowel personenvervoer plaatsvindt als wel goederen vervoer. In bijlage 1 is de volledige dienstregeling opgenomen van het personenvervoer.

4.1.5.1 Dienstregeling personenvervoer

Op basis van de dienstregeling vinden de volgende passages plaats over de vijf sporen:

- Intercities – circa 150 passages;
- Sprinters – circa 70 passages;
- Stoptreinen – circa 190 passages;
- En er vinden zes passages plaats van een internationale trein.

Over het spoortraject vindt gemiddeld elke 2,5 minuut een treinpassage plaats.

4.1.5.2 Dienstregeling goederenvervoer

Gezien het traject centraal gelegen is en als verbinding dient naar het noorden van Nederland is het aanemelijk dat deze route gebruikt wordt voor het vervoer van goederen. Informatie over goederenvervoer over het spoor is niet openbaar. Derhalve is het goederenvervoer niet meegenomen in onderhavig onderzoek, wel wordt rekening gehouden met zwaardere trillingen die worden veroorzaakt door dit type treinen.

4.1.6 Locatie- en type bebouwing

Een deel van het toekomstige appartementencomplex bevindt zich op circa 75 meter vanaf de eerste spoorstaaf. Het pand wordt voorzien van een betonnen draagconstructie op palen. Het deel van het pand binnen de aandachtszone staat met de lange zijde parallel aan het spoor. Hierdoor bevinden de dragende muren zich haaks op het spoor. De overspanning van de vloer is, gezien de beukmaat van de appartementen, relatief klein waardoor opzweeping van vloervelden niet tot minimaal zal zijn.

Het pand staat met de stijve zijde naar het spoor wat gunstig is voor het opvangen van trillingen op de constructie. Sprake is van een stijve constructie, niet/minder gevoelig voor trillingen.

Ter plaatse van het 'sportplein' ligt de locatie waar een kantine of clubgebouw is gepland ook binnen de aandachtszone. Dit pand bevindt zich op circa 75 meter vanaf de eerste spoorstaaf. De opbouw van dit pand is onbekend, aannemelijk is, gezien de bodemopbouw en bouwwerken in de omgeving, dat dit pand op een paalfundering wordt gebouwd en bestaat uit een betonnen draagconstructie. Gezien de stijve fundering, afstand tot het spoor en de functie van het pand is het aannemelijk dat ter plaatse van dit pand geen sprake is van hinder voor de gebruikers van het pand.

4.2 Te verwachten trillingsniveau's

Gezien de korte beoordelingsperiode zijn metingen niet mogelijk voor het bepalen van trillingsniveau's ter plaatse van de toekomstige bebouwing, binnen 100 meter vanaf het spoor. Voor een theoretische berekening van de te verwachten trillingsniveau's is gebruikgemaakt van meetresultaten van vergelijkbare projecten en projecten van andere onderzoeksbureau's. Bij het bepalen van de te verwachten trillingsniveau's ter plaatse van de geplande nieuwbouw zijn factoren als bodem- en gebouwdemping toegepast en is rekening gehouden met de resultaten van de 'quick scan trillingshinder', hoofdstuk 4.1.

4.2.1 Overdracht trillingen

De bron van hinder zijn spoortrillingen, deze trillingen worden door de bodem op verschillende manieren doorgegeven aan de constructie van de panden binnen de aandachtszone. In het projectgebied is sprake van de volgende overdrachtswegen:

- Via de bovenste lagen van de bodem, hierbij dient rekening te worden gehouden met demping van trillingen door de ligging van het spoor op een grondwal.
- Dieper gelegen bodemlagen, voornamelijk de stijve zandlaag waarop de fundering van de overgangsconstructie en nieuw te bouwen panden op steunen.

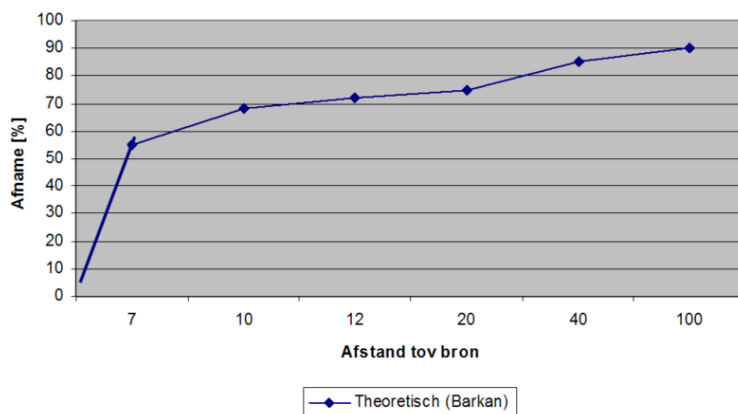
Gezien de ligging van enkele sporen op hoogte in een spoorbak gedragen op betonnen kolommen is de kans aanwezig dat trillingen via de funderingspalen van de betonnen kolommen worden verspreid door harde dieper gelegen bodemlagen. Spoortrillingen kunnen op deze wijze worden doorgegeven aan de paalfundering van het appartementencomplex (en eventueel ook de eengezinswoningen binnen het plan gebied). De spoortrillingen die ontstaan ter plaatse van de sporen op de grondwal verspreiden zich door de bovenste laag van de bodem en hebben minder effect op de stijve fundering en betonnen vloeren van de nieuw te bouwen panden. Deze trillingen verspreiden zich tevens over een minder grote afstand vanaf het spoor en worden gedempt door de grondwal.

Gezien de afstand tussen de overgangsconstructie en het sportplein kunnen trillingen vanaf dit punt naar de geplande nieuwbouw (sportkantine/clubgebouw) worden verwaarloosd. In de overdracht van deze trillingen treedt voldoende demping op.

4.2.2 Afname trillingssterkte

De trillingssterkte neemt door bodemdemping en de afstand tussen de bron en ontvanger van trillingen af. Deze afname is te berekenen met de formule van Barkan. In grafiek 1 is de afname van de trillingssterkte weergegeven in procenten per meter afstand. De formule is niet specifiek ingevuld met de eigenschappen die voor het plangebied gelden, dit was gezien het ontbreken van meetgegevens onmogelijk. De grafiek geeft een indicatie van de afname van de trillingsnelheid ten opzichte van de trillingsbron.

grafiek 1: weergave formule van Barkan



4.2.3 Dominante frequenties

Dominante frequentie van trillingen die worden veroorzaakt door langrijdende treinen zijn afhankelijk van het type trein wat voorbij rijdt en de snelheid waarmee deze passages plaatsvinden.

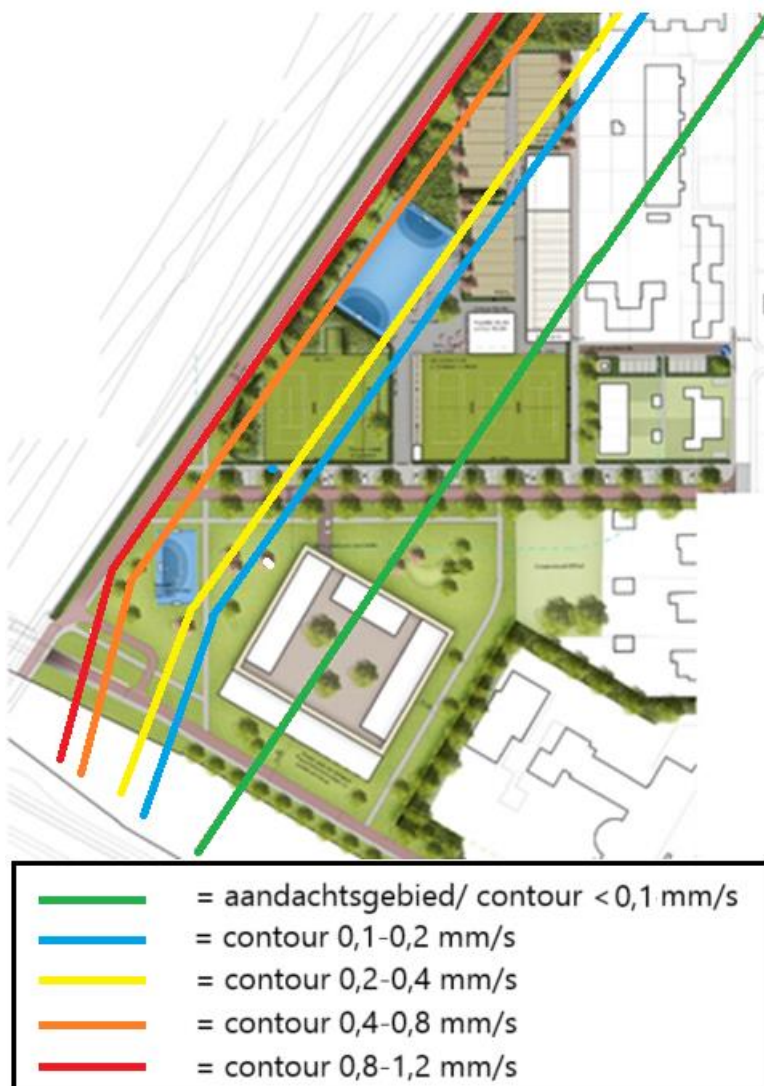
Op basis van eerdere metingen vinden de trillingen veroorzaakt door persontreinen plaats tussen 5-15 Hz, (zwaar) goederen vervoer kan trillingen veroorzaken met hogere frequenties.

4.2.4 Prognose

De te verwachten trillingsniveau's worden uitgedrukt in V_{max} . V_{max} staat voor maximale trillingsniveau's die plaatsvinden op maaiveldniveau in mm/s.

Op basis van de bekende gegevens zijn de contouren bepaald, opgenomen in figuur 5. De contouren V_{max} zijn ingetekend op de tekening van de toekomstige situatie.

figuur 5: contouren V_{max} in toekomstige situatie



4.2.4.1 Het appartementen complex

Het nieuw te bouwen appartementencomplex bevindt zich voor een deel binnen de contour waar trillingen kunnen optreden tussen 0,1 en 0,2 mm/s. Bij het ontwerp/ de bouw van woningen in deze zone dient rekening te worden gehouden met de trillingsbelasting op de fundering van het pand.

Het ontwerp dient te zijn voorzien van een stijve fundering en een indeling waarbij de draagconstructie trillingen kan opvangen. Ook dient opslingering van vloervelden te worden voorkomen.

Gezien de te verwachten lage trillingsniveaus ter plaatse van het nieuw te bouwen appartementencomplex zijn modelberekeningen of metingen ter plaatse niet noodzakelijk. Aangenomen kan worden dat de constructie van het pand een deel van de trillingen dempt tot onder de gevoelsgrens van 0,1 mm/s.

4.2.4.2 Sportvelden, sportkantine/ clubgebouw

Een deel van het sportpark bevindt zich binnen de contour waar trillingen tot 0,4 mm/s kunnen voorkomen. In dit deel vinden alleen buiten activiteiten plaats en is geen bebouwing aanwezig. Deze trillingen zijn voelbaar voor personen, gezien de lage trillingssnelheid is de kans op hinder klein.

De nieuw te bouwen sportkantine/clubgebouw met terras bevinden zich binnen de contour waar trillingen kunnen optreden tussen 0,1 en 0,2 mm/s. Bij het ontwerp/de bouw van het pand in deze zone dient rekening te worden gehouden met de trillingsbelasting op de fundering van het pand. Het ontwerp dient te zijn voorzien van een stijve fundering en een indeling waarbij de draagconstructie trillingen kan opvangen. Opslingering van vloervelden dient te worden voorkomen, bijvoorbeeld door het beperken van de overspanning van vloervelden.

Gezien de te verwachten lage trillingsniveaus ter plaatse van het sportpark en de indeling hiervan zijn modelberekeningen of metingen ter plaatse niet noodzakelijk.

4.2.4.3 Eengezinswoningen

De eengezinswoningen bevinden zich buiten het aandachtsgebied (>100 meter vanaf het spoor). De trillingsbelasting ten gevolge van spoortrillingen ter plaatse van deze woningen is kleiner dan 0,1 mm/s en derhalve niet voelbaar.

Ter plaatse van deze woningen dient rekening te worden gehouden met overige bronnen van trillingen zoals wegverkeer. Gezien de wegindeling en de indeling van de wijk is de verwachting dat (zwaar) vrachtverkeer incidenteel voorkomt nabij de nieuw te bouwen woningen.

5 Conclusie

Op basis van uitgevoerd onderzoek kan worden geconcludeerd dat voor de bewoners van het nieuw te bouwen appartementencomplex en de eengezinswoningen binnen plangebied 'Sportpark Liendert' geen sprake is van hinder door spoortrillingen.

De maximale trillingsbelasting ter plaatse van het plangebied in combinatie met de bouwlocaties, ligging van de verschillende panden en het type constructie zorgt voor voldoende bescherming tegen trillingen.

Ter plaatse van de sportvelden is sprake van voelbare trillingen. Gezien de maximale trillingsniveaus is de kans op hinder, gezien het gebruik van de locatie en eventueel sport technische lagen die worden aangebracht onder de velden, minimaal/verwaarloosbaar.

Gezien de te verwachten lage trillingsbelasting in de bodem ter plaatse van de geplande nieuwbouw is de kans op schade verwaarloosbaar. Het type fundering en opbouw is niet gevoelig voor trillingen en de kans op schade door spoortrillingen om deze redenen <1%.

Bijlage 1: overzicht dienstregeling

Treinen vanuit Utrecht Centraal via Amersfoort Centraal naar Groningen en Leeuwarden:

- Intercity naar Groningen: 4 minuten en 34 minuten over het uur, vertrek vanuit Amersfoort Centraal. (Passage langs het plangebied +/- 3 minuten later)
- Eerste intercity vertrekt van maandag tot vrijdag om 6:34uur vanuit Amersfoort Centraal
- Eerste intercity vertrekt op zaterdag om 6:52uur vanuit Amersfoort Centraal
- Eerste intercity vertrekt op zondag om 7:36uur vanuit Amersfoort Centraal
- Laatste intercity vertrekt op maandag om 23:34uur vanuit Amersfoort Centraal
- Laatste intercity vertrekt van dinsdag tot vrijdag om 0:04uur vanuit Amersfoort Centraal
- Laatste intercity vertrekt op zaterdag om 23:22 vanuit Amersfoort Centraal
- Laatste intercity vertrekt op zondag om 22:52 vanuit Amersfoort Centraal

Treinen vanuit Groningen naar Utrecht Centraal en Rotterdam Centraal:

- Intercity naar Utrecht en Rotterdam Centraal: 25 minuten en 55 minuten over het uur, Aankomst op Amersfoort Centraal. Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten eerder
- Eerste intercity van maandag tot vrijdag om 6:55uur vanuit Groningen
- Eerste intercity op zaterdag om 8:28 uur vanuit Groningen
- Eerste intercity op zondag om 9:08 uur vanuit Groningen
- Laatste intercity op maandag om 0:25 uur vanuit Groningen
- Laatste intercity van dinsdag tot vrijdag om 0:25 uur vanuit Groningen
- Laatste intercity op zaterdag om 0:22 uur (in de nacht van zaterdag op zondag) vanuit Groningen
- Laatste intercity op zondag om 0:22 uur (in de nacht van zondag op maandag) vanuit Groningen

Treinen vanuit Schiphol Airport via Amersfoort Centraal naar Amersfoort Schothorst

- Intercity naar Amersfoort Schothorst: 22 minuten en 49 minuten over het uur, vertrek vanuit Amersfoort Centraal. Passage langs het gearceerd gebied +/- 1 minuut eerder
- Eerste intercity vertrekt van maandag tot vrijdag om 6:49uur vanuit Schiphol Airport
- Eerste intercity vertrekt op zaterdag om 7:22uur vanuit Schiphol Airport
- Eerste intercity vertrekt op zondag om 8:49uur vanuit Schiphol Airport
- Laatste intercity vertrekt op maandag om 23:34uur vanuit Schiphol Airport
- Laatste intercity vertrekt dagelijks om 23:54uur vanuit Schiphol Airport

Treinen vanuit Amersfoort Schothorst naar Schiphol Airport

- Intercity naar Schiphol Airport: 25 minuten en 55 minuten over het uur, vertrek op Amersfoort Schothorst Passage langs het gearceerd gebied +/- 1 minuut later
- Eerste intercity van maandag tot vrijdag om 7:04 uur vanuit Amersfoort Schothorst
- Eerste intercity op zaterdag om 8:04 uur vanuit Amersfoort Schothorst
- Eerste intercity op zondag om 9:04 uur vanuit Amersfoort Schothorst
- Laatste intercity vertrekt dagelijks om 0:04 uur vanuit Amersfoort Schothorst

Treinen vanuit Utrecht Centraal naar Zwolle

- Sprinter naar Zwolle: 12 minuten en 42 minuten over het uur, vertrek vanuit Amersfoort Centraal. Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten later
- Eerste sprinter vertrekt van maandag tot zaterdag om 6:12uur vanuit Zwolle.
- Eerste sprinter vertrekt op zondag om 7:22uur vanuit Amersfoort Centraal.
- Eerste sprinter vertrekt op zondag om 8:12uur vanuit Amersfoort Centraal.
- Laatste sprinter vertrekt dagelijks om 23:42uur vanuit Amersfoort Centraal.

Treinen vanuit Zwolle naar Utrecht Centraal

- Sprinter naar Utrecht Centraal: 12 minuten en 42 minuten over het uur, aankomst vanuit Zwolle. Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten eerder
- Eerste sprinter van maandag tot vrijdag om 6:17uur vanuit Zwolle.
- Eerste sprinter op zondag om 7:17uur vanuit Zwolle.
- Eerste sprinter op zondag om 7:47uur vanuit Zwolle.
- Laatste sprinter dagelijks om 23:47uur vanuit Zwolle.

Treinen vanuit Amersfoort Centraal naar Apeldoorn

- Intercity naar Apeldoorn: 22 minuten en 52 minuten over het uur, vertrek op Amersfoort Centraal Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten later
- Eerste intercity van maandag tot vrijdag om 6:22 uur vanuit Amersfoort Centraal.
- Eerste intercity op zaterdag om 6:52 uur vanuit Amersfoort Centraal.
- Eerste intercity op zondag om 7:52 uur vanuit Amersfoort Centraal.
- Laatste intercity vertrekt dagelijks om 23:52 uur vanuit Amersfoort Centraal.

Treinen vanuit Apeldoorn naar Amersfoort Centraal.

- Intercity vanuit Apeldoorn: 8 minuten en 38 minuten over het uur, aankomst op Amersfoort Centraal Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten eerder
- Eerste intercity van maandag tot vrijdag om 6:08 uur vanuit Apeldoorn.
- Eerste intercity op zaterdag om 7:08 uur vanuit Apeldoorn.
- Eerste intercity op zondag om 8:08 uur vanuit Apeldoorn.
- Laatste intercity vertrekt dagelijks om 0:08 uur vanuit Apeldoorn.

Treinen vanuit Amersfoort Centraal naar Berlijn

- 3 keer per dag 8:01uur, 12:01uur, 16:01uur. Passage langs het gebied +/- 3 minuten later.

Treinen vanuit Berlijn naar Amersfoort Centraal

- 3 keer per dag 10:24, 14:24uur en 18:24uur. Passage langs het gebied +/- 3 minuten eerder.

Treinen vanuit Amersfoort Centraal naar Hoevelaken maandag tot vrijdag van 5:07uur tot 19:56uur

- Stoptrein vanuit Amersfoort Centraal: 9 minuten, 26 minuten, 39 minuten en 56 minuten over het uur, vertrek van Amersfoort Centraal Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten later
- Eerste stoptrein van maandag tot vrijdag om 5:07 uur vanuit Amersfoort Centraal.
- Laatste stoptrein om 19:56uur uur vanuit Amersfoort Centraal
- Dienstregeling vanaf 20:00uur tot 0:00uur, vertrek 9 en 39 minuten over het uur, laatste trein vertrekt om 0:09uur

Treinen vanuit Amersfoort Centraal naar Hoevelaken zaterdag en zondag

- Stoptrein vanuit Amersfoort Centraal: 9 minuten en 39 minuten over het uur, vertrek van Amersfoort Centraal Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten later
- Eerste stoptrein om 5:35 uur vanuit Amersfoort Centraal.
- Eerste stoptrein om 7:09 uur vanuit Amersfoort Centraal.
- Laatste stoptrein op zaterdag om 1:09 uur vanuit Amersfoort Centraal
- Laatste stoptrein op zondag om 23:39 uur vanuit Amersfoort Centraal

Treinen vanuit Hoevelaken naar Amersfoort Centraal maandag tot vrijdag van 6:14uur tot 21:01uur

- Stoptrein vanuit Hoevelaken: 1 minuut, 16 minuten, 31 minuten en 46 minuten over het uur, aankomst op Amersfoort Centraal Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten eerder
- Eerste stoptrein van maandag tot vrijdag om 6:14uur vanuit Hoevelaken.
- Laatste stoptrein om 21:01uur uur vanuit Hoevelaken.
- Dienstregeling vanaf 21:01uur tot 1:01uur, aankomst 1 minuut en 31 minuten over het uur, laatste trein aankomst om 1:01uur

Treinen vanuit Hoevelaken naar Amersfoort Centraal zaterdag en zondag

- Stoptrein vanuit Hoevelaken: 1 minuut 31 minuten over het uur, aankomst op Amersfoort Centraal Passage langs het gearceerd gebied +/- 3 minuten eerder
- Eerste stoptrein om 7:01 uur vanuit Hoevelaken.
- Laatste stoptrein op zaterdag om 1:31 uur vanuit Hoevelaken.
- Laatste stoptrein op zondag om 1:01 uur vanuit Hoevelaken.