



Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

Project	Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Document	Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen
Status	Definitief
Datum	Mei 2019
Referentie	111016/19-007.368
Projectcode	111016
Projectleider	drs. T. Klumper
Projectdirecteur	ing. R.W.M. Jansen
Auteur(s)	drs. T. Klumper ir. E.J. Vlijm (Cohere Consultants) mr. P.A. Faber ing. D.R. van Eijk
Lay-out	D.R. Böing MSc
Gecontroleerd door	mr. P.A. Faber
Goedgekeurd door	drs. M.J. Schilt
Paraaf	

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende
ingenieurs B.V. | Deventer
Leeuwenbrug 8
Postbus 223
7411 TJ Deventer
+31 (0)57 069 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

INHOUDSOPGAVE

1	INTRODUCTIE	9
1.1	Trillingen in de omgeving van het spoor: een toenemende bron van hinder	9
1.2	Beleidsintensivering trillingen door spoor	9
1.3	Doel en doelgroep	10
1.4	Toepassing van deze handreiking	10
1.5	Lees- en gebruikswijzer	11
2	DEEL A: HANDREIKING TRILLINGEN BIJ NIEUWBOUWINITIATIEVEN LANGS SPOORTRACÉS	13
3	STRUCTUURVISIE	15
3.1	Trillingshinder in de structuurvisie	15
3.2	Relevantie van trillingshinder in de structuurvisie	15
3.3	Instrumentarium in de structuurvisie	16
4	INITIATIEFFASE EN PLANOLOGISCHE HAALBAARHEIDSSSTUDIE	19
4.1	Trillingshinder in de initiatieffase	19
4.2	Relevantie van trillingshinder in de initiatieffase	19
4.3	Instrumentarium tijdens de initiatieffase	20

5	BESTEMMINGSPLAN	23
5.1	Trillingshinder in het bestemmingsplan	23
5.2	Relevantie van trillingshinder in het bestemmingsplan	23
5.3	Instrumentarium in het bestemmingsplan	24
5.4	Trillingshinder in het bestemmingsplan	25
	5.4.1 Toelichting	25
	5.4.2 Planregels	25
6	OMGEVINGSVERGUNNING (WABO-VERGUNNING)	29
6.1	Trillingshinder in de omgevingsvergunning	29
6.2	Relevantie van trillingshinder in de omgevingsvergunning	29
	6.2.1 Omgevingsvergunning 'bouwen'	29
	6.2.2 Omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan'	29
6.3	Instrumentarium in de omgevingsvergunning	30
6.4	Borging van maatregelen via de omgevingsvergunning	31
	6.4.1 Omgevingsvergunning 'bouwen'	31
	6.4.2 Omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan'	31

7	REALISATIEFASE	33
7.1	Bewustwording van partijen tijdens het bouwproces	33
7.1.1	Bewustwording bij bouwer en toezichthoudende instantie	33
7.1.2	Communicatie met gebruikers	33
8	DEEL B: TECHNISCHE ACHTERGRONDEN EN WET- EN REGELGEVING	35
9	HET OPTREDEN VAN TRILLINGEN LANGS SPOORTRACÉS	37
9.1	Het ontstaan van trillingshinder langs spoortracés	37
9.2	Van welke schakels zijn spoortrillingen afhankelijk?	38
9.2.1	De bron: passerende treinen	38
9.2.2	Overdracht: voortplanting van trillingen door de ondergrond	39
9.2.3	Ontvanger: hoe een gebouw reageert op trillingen vanuit de bodem	39
9.2.4	Ontvanger: trillingen binnenin een gebouw	40
9.3	Wanneer rekening te houden met trillingen spoor?	40
9.3.1	Wanneer aanleiding om zone te vergroten van 100 naar 250 meter?	40
9.3.2	Aandachtszone	41
9.3.3	Extra gemeentelijke ambitie	41

10	TRILLINGSONDERZOEK BIJ NIEUWBOUW	43
10.1	Quick scan trillingshinder	43
10.2	Stappen in vervolgtrillingsonderzoek	44
10.3	De trillingsbron en trillingsniveaus	44
10.4	Globale indicatie trillingssterktes	46
10.5	Modelberekeningen	47
10.6	Toetsing aan voorschriften	48
10.7	Afwegen van maatregelen	48
	10.7.1 Maatregelen aan nieuwbouw	49
	10.7.2 Bronmaatregelen	50
	10.7.3 Overdrachtsmaatregelen	50
10.8	Stedenbouwkundige basisprincipes	51
10.9	Kosten van een trillingsonderzoek	52
10.10	Deskundige partijen	53
11	WET- EN REGELGEVING	55
11.1	Beperkte wet- en regelgeving	55
11.2	Wet ruimtelijke ordening	55
11.3	Tracéwet	55

11.4	Beleidsregel trillinghinder spoor	55
11.5	SBR-richtlijn	55
	11.5.1 Beoordelingssystematiek	56
	11.5.2 Toetsing $V_{\max}$ en V_{per} bij spoortrillingen	58
	11.5.3 Streefwaarden	58
11.6	Overige kaders	58
	11.6.1 Algemene Plaatselijke Verordening	58
	11.6.2 Privaatrechtelijke kaders	58
	11.6.3 Bouwbesluit en Activiteitenbesluit milieubeheer	59
11.7	Omgevingswet	59
12	BIJZONDERE SITUATIES	61
12.1	Trillingen door tram en metro	61
12.2	Laagfrequent geluid als gevolg van spoortrillingen	61
12.3	Trillingsgevoelige apparatuur	61
13	LIJST VAN AFKORTINGEN	63
	Bijlage(n)	65
I	Aandachtspunten bij onderzoek naar trillingen langs spoor	65

1 INTRODUCTIE



1.1 Trillingen in de omgeving van het spoor: een toenemende bron van hinder

Omwonenden langs het spoor kunnen hinder ervaren van trillingen als gevolg van treinverkeer. Het gebruik van het spoor neemt al jaren toe en naar verwachting zet deze groei door: vervoer per spoor is veilig en duurzaam en past in de transitie naar een klimaatneutrale samenleving. Het toenemende vervoer per spoor moet wel hand in hand gaan met een zorgvuldige omgang met de leefomgeving en bescherming van omwonenden.

De grote woningbouwopgave en schaarse ruimte in Nederland vergroten de druk om te bouwen nabij het spoor. Op deze plekken bestaat het risico dat nieuwe bewoners en nieuwe gebruikers van gebouwen te maken krijgen met trillingshinder als gevolg van de ligging nabij het spoor.

Het spoorvervoer leidt ook nu al tot trillingseffecten in gebouwen die nabij het spoor zijn gesitueerd. Als gebouwen er eenmaal staan, kan het lastig en kostbaar zijn om maatregelen te treffen om deze trillingseffecten en de hieruit voortkomende hinder te beperken.

Het is beter om bij de locatiekeuze, het ontwerp en de bouw van nieuwe woningen en andere trillingsgevoelige functies langs het spoor rekening te houden met spoortrillingen. Dat gebeurt op een aantal plaatsen in het land ook al door initiatiefnemers van nieuwe bouwprojecten en gemeenten. De complexiteit van het onderwerp maakt het omgaan met trillingen echter lastig. Het is niet altijd duidelijk welke instrumenten en maatregelen per fase van een project voorhanden zijn.

1.2 Beleidsintensivering trillingen door spoor

De zorgen over trillingen als gevolg van het gebruik van spoor zijn groot, zowel bij omwonenden van het spoor als in de Tweede Kamer. Uit cijfers van ProRail blijkt dat het aantal klachten van omwonenden over trillingen de laatste jaren is toegenomen. In 2014 heeft het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een groot onderzoek uitgevoerd naar het effect van trillingen door treinen op de gezondheid van omwonenden¹.

De Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat vindt het belangrijk om bewoners tegen de nadelige effecten van spoortrillingen te beschermen en hiervoor beleid te ontwikkelen. Zij laat daartoe een groot aantal acties uitvoeren. Deze acties zijn zowel gericht op het verminderen van hinder in de bestaande situatie en op maatregelen bij de bron, als op het voorkómen van hinder bij nieuwbouw.

Afbeelding 1.1 De grote woningbouwopgave en schaarse ruimte in Nederland vergroten de druk om te bouwen nabij het spoor



¹ 'Wonen langs het spoor. Gezondheidseffecten trillingen van treinen', RIVM, 23 februari 2015. Volgens het onderzoek ondervinden bijna 270 duizend Nederlanders die binnen 300 meter afstand van het spoor wonen ernstige hinder van de trillingen die treinen veroorzaken (betreft schatting op basis van voorlopige dosis-effectrelaties en berekende trillingssterkten).

De aanpak 'beleidsintensivering trillingen door spoor' wordt uitgevoerd langs drie sporen¹:

- 1 onderzoek en kennisontwikkeling;
- 2 instrumentarium verbeteren en;
- 3 korte termijn acties.

Voorbeelden van in het kader van deze beleidsintensivering in gang gezette acties voor de korte en lange termijn zijn:

- het opstellen van een innovatieagenda voor trillingsreducerende maatregelen bij de bron;
- onderzoek naar gedifferentieerd (langzamer) rijden van goederentreinen;
- door middel van onderhoud beperken van trillingshinder;
- onderzoek naar dosis-effect-relaties en
- het uitwerken van een uniforme rekenmethodiek trillingen.

Deze handreiking is een van de korte termijn acties in het kader van de beleidsintensivering spoortrillingen, specifiek gericht op nieuwbouw in de omgeving van het spoor.

Met betrekking tot nieuwbouw nabij het spoor is in 2017 onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheid om via het omgevingsrecht te waarborgen dat rekening wordt gehouden met trillingen². Hieruit is gebleken dat de herkenning van het risico op trillingshinder beter moet worden geborgd, en dat dit zo vroeg mogelijk in het planproces dient te gebeuren, bijvoorbeeld bij het vaststellen van bestemmingsplannen. De verkenning geeft ook aan dat er op dit moment nog te veel knelpunten bestaan om een concreet en handhaafbaar bouwvoorschrift met betrekking tot trillingen op te kunnen stellen. Het ontbreken van een eenduidige rekenmethode en beoordelingswijze is hierbij één van de knelpunten. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) werkt momenteel aan een uniform rekenmodel voor het berekenen van trillingsniveaus langs het spoor. Dit rekenmodel is naar verwachting eind 2019 klaar voor gebruik. Met dit model kan naar verwachting een indicatie van optredende trillingsniveaus worden verkregen voor nieuwbouwlocaties, zonder dat het nodig is om metingen uit te voeren. Op de website <https://www.rivm.nl/geluid/trillingen> is meer informatie te vinden over de ontwikkeling van dit instrumentarium.

Het vergt nog enige jaren voordat alle acties in het kader van de beleidsintensivering afgerond zijn. In de tussentijd is er behoefte aan praktische handvatten. Deze handreiking geeft hier invulling aan, gebaseerd op de huidige wet- en regelgeving.

Deze handreiking is tot stand gekomen in samenwerking met een praktijkpanel, dat speciaal voor het opstellen van deze handreiking is opgericht. Het praktijkpanel bestond uit de volgende personen: dhr. B. Noppers (gemeente Utrecht), dhr. H. Aalderink (gemeente Hengelo), dhr. J.P. de Vries (gemeente Groningen), dhr. A. Hofstee (Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied), mw. V. van Iersel (ProRail), dhr. T. Roelofs (ProRail), mw. N. Zandvliet (NEPROM), mw. S. Konijn (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat), dhr. R. van Zwieten (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat), dhr. P. Jong (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat).

1.3 Doel en doelgroep

Deze Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen helpt gemeenten, projectinitiatiefnemers en andere stakeholders om bij nieuwbouw langs spoor tijdig en concreet rekening te houden met trillingen van het spoor als gevolg van treinverkeer. De handreiking is gericht op het delen en vergroten van kennis bij gemeenten en initiatiefnemers. De handreiking biedt houvast en handvatten om trillingshinder voor bewoners en gebruikers zoveel mogelijk te voorkomen. De handreiking biedt handelingsperspectief en is opgezet vanuit een structuur van stappen en fasen in een ontwikkeling. De handreiking geeft voorbeelden waarmee gemeenten, omgevingsdiensten, ingenieursbureaus en projectinitiatiefnemers in concrete situaties aan de slag kunnen.

¹ Zie Tweede Kamerbrief, vergaderjaar 2017-2018, 29 984, nummer 765 d.d. 23 april 2018.

² 'Verkenning bouwvoorschrift trillingen; eindrapportage', DPA Cauberg-Huygen & DGMR, 25 augustus 2017.

1.4 Toepassing van deze handreiking

Deze handreiking is gebaseerd op de huidige wet- en regelgeving, en geeft aan wat de mogelijkheden zijn om tijdig en concreet rekening te houden met hinder door spoortrillingen bij nieuwbouw. Ook legt de handreiking uit hoe deze mogelijkheden kunnen worden benut. Goede samenwerking en overleg tussen initiatiefnemer en gemeente is daarbij van groot belang.

Deze handreiking heeft op zichzelf geen juridische status, maar krijgt betekenis als het bevoegde gezag - doorgaans de gemeente - de mogelijkheden die de handreiking noemt, toepast in een besluit.

Deze handreiking is gericht op nieuwbouwinitiatieven en niet op bestaande gebouwen in de nabijheid van spoortracés. De handreiking is wel bruikbaar bij omvangrijke renovaties en gebouwtransformaties waarbij sprake is van een functieverandering die afwijkt van het vigerende bestemmingsplan.

De handreiking gaat primair over hinder door spoortrillingen als gevolg van treinverkeer. Spoortrillingen als gevolg van metro en light rail komen kort in hoofdstuk 12 aan de orde.

1.5 Lees- en gebruikswijzer

De handreiking is opgedeeld in twee delen. Deel A van deze handreiking beschrijft het handelingsperspectief van gemeenten en initiatiefnemers bij nieuwbouwinitiatieven¹ die zich bevinden boven, onder of in de nabijheid van spoortracés. De hoofdstukken 3 tot en met 7 hebben betrekking op verschillende fases waarin een nieuwbouwinitiatief zich bevindt:

- de totstandkoming van een visie voor de ruimtelijke inrichting van gebieden en de locaties van nieuwbouw, zoals een structuurvisie (hoofdstuk 3);
- de initiatieffase van een nieuwbouwproject, waarbij een beoordeling plaatsvindt van de planologische haalbaarheid van een initiatief (hoofdstuk 4);
- de totstandkoming van een bestemmingsplan dat beoogt de realisatie van een nieuwbouwontwikkeling mogelijk te maken (hoofdstuk 5);

- de voorbereiding en behandeling van een omgevingsvergunning bouwen en planologisch afwijken van het bestemmingsplan, waarmee de start van de daadwerkelijke realisatie van een nieuwbouwontwikkeling wordt beoogd (hoofdstuk 6);
- de realisatiefase, waarin wordt gebouwd (hoofdstuk 7).

Het tweede deel van de handreiking, Deel B, beschrijft de technische achtergronden bij trillingshinder en het vigerende wettelijke kader:

- het optreden van trillingen langs spoortracés (hoofdstuk 9);
- trillingsonderzoek bij nieuwbouw (hoofdstuk 10);
- het geldende kader van wet- en regelgeving (hoofdstuk 11);
- het omgaan met bijzondere situaties (hoofdstuk 12).

¹ Hierbij gaat het om nieuwbouwinitiatieven die tot stand komen als gevolg van een ruimtelijke procedure die wordt doorlopen met een uniforme openbare voorbereidingsprocedure ex afdeling 3.4 Awb.

2 DEEL A: HANDREIKING TRILLINGEN BIJ NIEUWBOUWINITIATIEVEN LANGS SPOORTRACES



Deel A van deze handreiking beschrijft het handelingsperspectief van gemeenten en initiatiefnemers bij nieuwbouwinitiatieven¹ die zich bevinden boven, onder of in de nabijheid van spoortracés.

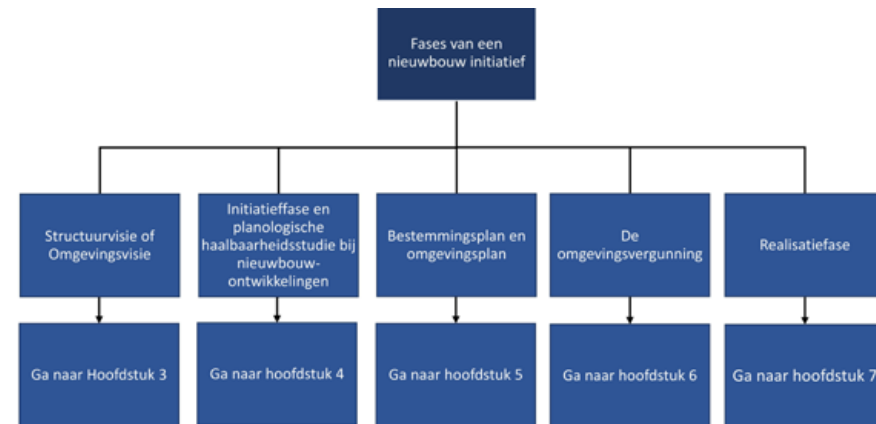
In alle gevallen is het bij nieuwbouwinitiatieven boven, onder, of in de nabijheid van spoortracés van belang om trillingshinder af te wegen. In de volgende hoofdstukken 3 tot en met 7 wordt voor meerdere situaties een handreiking gegeven aan gemeenten en initiatiefnemers. Deze praktische handvatten, afstandsmaten en stroomschema's, zijn gebaseerd op de huidige richtlijnen voor de omgang met trillingshinder (hoofdstuk 11).

Bent u betrokken bij een nieuwbouwontwikkeling in de nabijheid van een spoorweg? Beoordeel dan in welke van de onderstaande plansituaties uw project zich bevindt, en verken welke instrumenten mogelijk zijn om trillingshinder te voorkomen:

- 1 een gemeente wil in een structuurvisie vastleggen waar in de toekomst nieuwbouw kan worden gepleegd. Belanghebbenden en initiatiefnemers kunnen op dit proces invloed uitoefenen (ga naar hoofdstuk 3);
- 2 een initiatiefnemer van een nieuwbouwontwikkeling in de nabijheid van een spoorweg wil beoordelen of hij te maken krijgt met trillingshinder en zo ja, op welke manier hij daar rekening mee kan houden (ga naar hoofdstuk 4);
- 3 een gemeente werkt aan de totstandkoming van een nieuw bestemmingsplan dat nieuwbouw mogelijk maakt in de nabijheid van een spoorweg. De gemeente wil beoordelen of sprake kan zijn van trillingshinder en zo ja, op welke manier daar rekening mee kan worden gehouden (ga naar hoofdstuk 5);
- 4 een initiatiefnemer wil een omgevingsvergunning aanvragen voor het realiseren van nieuwbouw in de nabijheid van het spoor, of een gemeente wil deze aanvraag beoordelen. Initiatiefnemer en gemeente willen beoordelen of ze te maken krijgen met trillingshinder en zo ja, op welke manier ze daar rekening mee kunnen houden (ga naar hoofdstuk 6);

- 5 een initiatiefnemer, het bevoegd gezag² of een uitvoerende partij is betrokken bij de realisatie van een nieuwbouwproject in de nabijheid van een spoorweg, en wil weten op welke wijze het optreden van trillingshinder na oplevering van het bouwproject zoveel mogelijk kan worden voorkomen (zie hoofdstuk 7).

Afbeelding 2.1 Stroomschema trillingen bij nieuwbouwinitiatieven nabij spoortracés



In Nederland bestaat op dit moment geen wetgeving voor trillingen met daarin te hanteren grenswaarden zoals voor bijvoorbeeld geluid wel bestaat. Deze handreiking sluit aan op de in de praktijk veel gehanteerde SBR-richtlijn deel B Hinder voor personen in gebouwen (zie ook hoofdstuk 11). De SBR-richtlijn deel B hanteert zogenaamde streefwaarden, en laat daarbij in alle gevallen ruimte voor het afwegen van maatregelen. Op dit moment worden meerdere onderzoeken naar spoortrillingen en trillingshinder uitgevoerd. Voortschrijdend inzicht kan in de toekomst leiden tot de komst van een ander toetsingskader.

¹ Hierbij gaat het om nieuwbouwinitiatieven die tot stand komen als gevolg van een ruimtelijke procedure die wordt doorlopen met een uniforme openbare voorbereidingsprocedure ex afdeling 3.4 Awb.

² Het bestuursorgaan dat bevoegd is om besluiten te nemen of beschikkingen af te geven in relatie tot een wet. In het geval van deze handreiking is dat meestal de gemeente.

3 STRUCTUURVISIE



3.1 Trillingshinder in de structuurvisie

Gemeenten leggen doelstellingen over de ruimtelijke ontwikkeling binnen hun grondgebied vast in één of meer structuurvisies. Een structuurvisie beschrijft een strategische langetermijnvisie op de fysieke leefomgeving. Zo'n visie kan betrekking hebben op een deel, maar ook op het gehele grondgebied van een gemeente. De structuurvisie heeft in principe betrekking op alle aspecten van de leefomgeving, zowel integraal als sectoraal.

In het plangebied van een structuurvisie kan spoor aanwezig zijn, of in de toekomst worden voorzien. In die gevallen is het raadzaam om trillingshinder in de betreffende visie te betrekken bij de omschreven ruimtelijke keuzes ten aanzien van nieuwbouw. Dit hoofdstuk geeft een handreiking over de wijze waarop bevoegde gezagen, in samenspraak met bijvoorbeeld belanghebbenden en initiatiefnemers, hieraan invulling kunnen geven binnen die structuurvisie.

3.2 Relevantie van trillingshinder in de structuurvisie

Wanneer is trillingshinder aan de orde bij een structuurvisie? Het stroomschema dat is opgenomen in afbeelding 3.1 helpt bij het geven van een antwoord op die vraag. Het stroomschema loodst zowel initiatiefnemers als bevoegde gezagen langs de belangrijkste vragen die hierbij aan de orde zijn:

- 1 Bevinden zich binnen het studiegebied van de structuurvisie één of meerdere spoortracés?
 - 1 zo ja, dan is het verstandig om in de visie een aandachtszone rondom de spoortracés vast te leggen. Deze aandachtszone wordt nader besproken in paragraaf 9.3.2. Ga hierna door naar vraag 2;
 - 2 zo nee, dan is het raadzaam om te controleren of zich tot 100 meter buiten het plangebied één of meerdere spoortracés bevinden. Immers, bronnen die zijn gelegen buiten het plangebied van de visie kunnen effecten sorteren binnen het plangebied:
 - a. zo ja, ga dan door naar vraag 2.
 - b. zo nee, ga dan door naar vraag 3.

- 2 Wordt in de visie nieuwbouw binnen een zone van 100 meter tot spoortracés geprojecteerd?
 - 1 zo ja, dan is het verstandig om:
 - a. de omgang met trillingshinder duidelijk in de gemeentelijke visie te benoemen;
 - b. een quick scan trillingshinder uit te voeren in het plangebied van de structuurvisie. Deze quick scan trillingshinder wordt besproken in paragraaf 10.1;
 - c. stedenbouwkundige basisprincipes met betrekking tot nieuwbouw en trillingen op te nemen in de visie. Deze stedenbouwkundige basisprincipes worden besproken in paragraaf 10.8;
 - d. te overwegen om als bevoegd gezag extra ambities te stellen met betrekking tot trillingshinder door spoor (zie paragraaf 9.3.3);
 - 2 zo nee, ga dan door naar vraag 3.
- 3 Wordt in de visie nieuwbouw binnen een zone van meer dan 100 meter en minder dan 250 meter tot spoortracés geprojecteerd?
 - a. zo ja, ga door naar vraag 4;
 - b. zo nee, dan is het aspect trillingen niet relevant binnen deze structuurvisie. Het is raadzaam om deze conclusie te onderbouwen en vast te leggen in de structuurvisie.
- 4 Geven klachten, bodemopbouw en / of het treinbeeld aanleiding voor nader onderzoek? In paragraaf 9.3.1 wordt beschreven hoe op deze vraag een antwoord kan worden geformuleerd.
 - 1 zo ja, dan is het aan te raden om:
 - a. een quick scan trillingshinder uit te voeren in het plangebied. Deze quick scan trillingshinder wordt besproken in paragraaf 10.1;
 - b. de stedenbouwkundige basisprincipes met betrekking tot nieuwbouw op te nemen in de visie. Deze stedenbouwkundige basisprincipes worden besproken in paragraaf 10.8;
 - c. te overwegen om als bevoegd gezag extra ambities vast te leggen met betrekking tot trillingen door spoor. Het

- principe hiervan wordt beschreven in paragraaf 9.3.3;
- 2 zo nee, dan is het aspect trillingen niet relevant binnen deze structuurvisie. Het is raadzaam om deze conclusie te onderbouwen en vast te leggen in de structuurvisie.

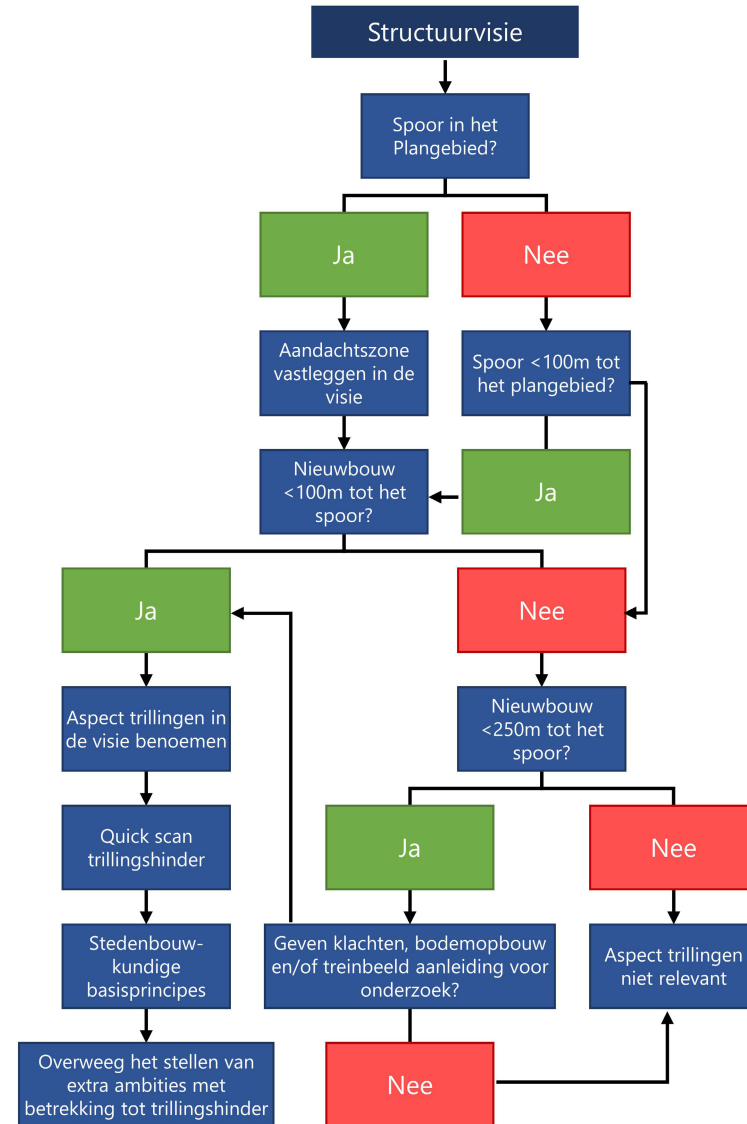
3.3 Instrumentarium in de structuurvisie

De structuurvisie is een instrument waarin goed kan worden vastgelegd dat bij nieuwbouw vroegtijdig rekening gehouden dient te worden met hinder door spoortrillingen. In tabel 3.1 staan de instrumenten beschreven die gehanteerd kunnen worden bij het anticiperen op trillingshinder in de gemeentelijke structuurvisie.

Tabel 3.1 Instrumenten ten behoeve van de omgang met hinder door spoortrillingen in structuurvisies

Type instrument	Instrument	Wie voert uit	Meer informatie
onderzoek	uitvoeren quick scan trillingshinder	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.1
	bepalen of er aanleiding is voor onderzoek tussen 100 en 250 meter tot het spoor op basis van eventuele klachten, bodemopbouw en/of type treinpassages	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 9.3.1
ruimtelijke ordening	aandachtszone voor trillingshinder vastleggen in de visie.	gemeente	zie paragraaf 9.3.2
	stedenbouwkundige basisprincipes bij nieuwbouw nabij spoor	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.8
	overweeg het vastleggen van extra lokale ambities	gemeente	zie paragraaf 9.3.3
communicatie	de omgang met hinder door spoortrillingen opnemen in de structuurvisie, alsmede in de interne en externe communicatie over deze visie	gemeente of initiatiefnemer	

Afbeelding 3.1 Stroomschema trillingshinder in de structuurvisie



4 INITIATIEFFASE EN PLANOLOGISCHE HAALBAARHEIDSTUDIE



4.1 Trillingshinder in de initiatieffase

De initiatieffase is het begin van een nieuwbouwproject. Een idee voor een project wordt in deze fase nader onderzocht en uitgewerkt. De ontwikkelingsmogelijkheid die het vigerende ruimtelijke beleid biedt, speelt hierbij een belangrijke rol. Net als de vraag of een initiatief in lijn is met de bepalingen in een ter plaatse vigerend bestemmingsplan.

Mogelijk is in de nabijheid van de beoogde nieuwbouwlocatie spoor aanwezig, of wordt dit in de toekomst voorzien. In die gevallen is het raadzaam om het thema trillingshinder te betrekken bij de voorgenomen planontwikkeling. Dit hoofdstuk geeft een handreiking over de wijze waarop initiatiefnemers en bevoegde gezagen hieraan invulling kunnen geven. Geadviseerd wordt om het thema trillingshinder zo vroeg mogelijk in de planvorming te betrekken. Dit kan al tijdens het opstellen van een structuurvisie of omgevingsvisie (hoofdstuk 3).

Rollen en verantwoordelijkheden

Nieuwbouwontwikkelingen komen in de regel tot stand vanuit een samenspel tussen overheden en initiatiefnemers:

- het bevoegd gezag kan anticiperend sturen op de borging van een goede woon- en leefsituatie ten aanzien van trillingen;
- initiatiefnemers van nieuwbouw kunnen een gebied of gebouw ontwikkelen waarbij de eindgebruiker zo min mogelijk hinder ondervindt van trillingen. Indien initiatiefnemers een quick scan trillingshinder (zie paragraaf 10.1) uitvoeren, is het raadzaam om dit te doen in afstemming met het bevoegd gezag.

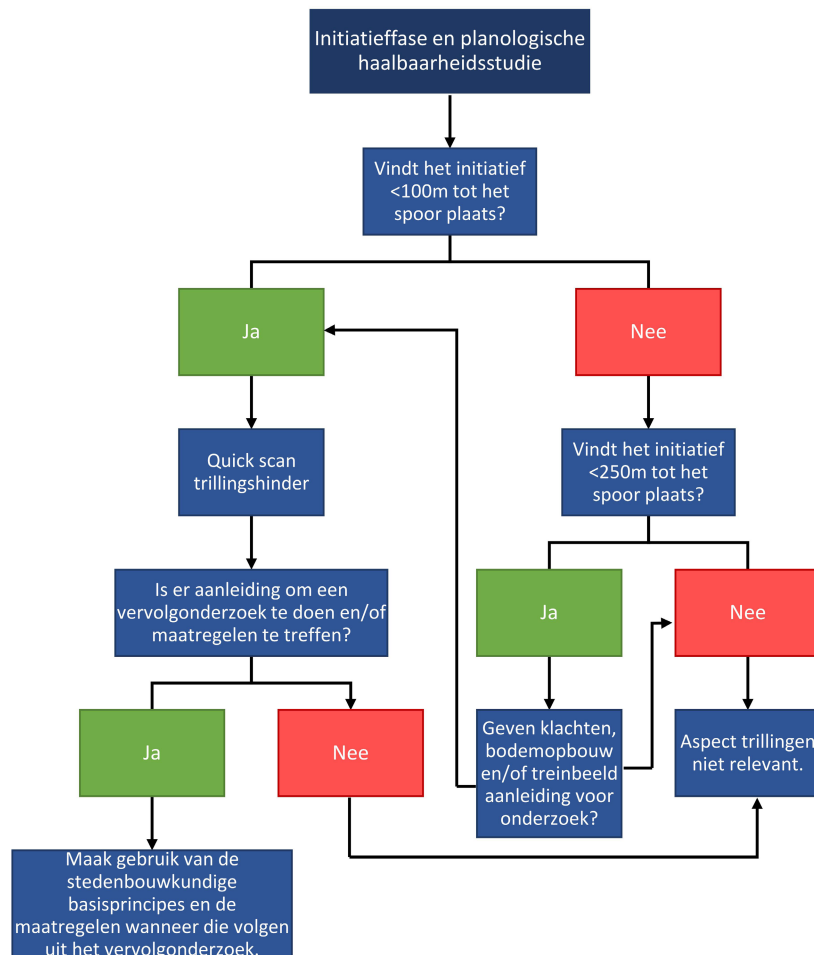
4.2 Relevantie van trillingshinder in de initiatieffase

Wanneer is trillingshinder aan de orde bij het verkennen van de haalbaarheid en het opstellen van een ontwerp voor een nieuwbouwontwikkeling? Het stroomschema dat is opgenomen in afbeelding 4.1 kan helpen bij het geven van een antwoord op die vraag. Het stroomschema loodst zowel initiatiefnemers als bevoegde gezagen langs de belangrijkste vragen die hierbij aan de orde zijn:

- 1 Vindt het initiatief plaats op een afstand van minder dan 100 meter tot het spoor?
 - 1 zo ja, dan is het aan te bevelen om een quick scan trillingshinder uit te voeren. De quick scan trillingshinder wordt besproken in paragraaf 10.1. Ga hierna door naar vraag 2;
 - 2 zo nee, ga dan door naar vraag 3.
- 2 Geven de conclusies uit een quick scan trillingshinder aanleiding om een vervolgonderzoek te doen en/of specifieke maatregelen ter voorkoming van trillingshinder in de nieuwbouw te treffen?
 - 1 zo ja, dan is het aan te bevelen om een vervolgonderzoek uit te voeren en de maatregelen die hieruit volgen te implementeren in de beoogde nieuwbouwontwikkeling. Het vervolgonderzoek wordt besproken in paragraaf 10.2. Ook kan er gebruikt gemaakt worden van de stedenbouwkundige basisprincipes die helpen om trillingshinder te voorkomen. Deze stedenbouwkundige basisprincipes worden besproken in paragraaf 10.8;
 - 2 zo nee, dan is het aspect trillingen voor dit initiatief niet relevant. Het is raadzaam om deze conclusie te onderbouwen en vast te leggen in het nieuwbouwplan.
- 3 Vindt het initiatief op een afstand van 250 meter of minder tot het spoor plaats?
 - 1 zo ja, beoordeel dan in hoeverre klachten, bodemopbouw en/of het treinbeeld aanleiding geven voor het doen van nader onderzoek. In paragraaf 9.3.1 wordt beschreven hoe op deze vraag een antwoord kan worden geformuleerd. Ga door naar vraag 4;
 - 2 zo nee, dan is het aspect trillingen voor dit initiatief niet relevant. Het is raadzaam om deze conclusie te onderbouwen en vast te leggen in het nieuwbouwplan.
- 4 Geven klachten, bodemopbouw en/of het treinbeeld aanleiding voor nader onderzoek?
 - 1 zo ja, dan is het aan te bevelen om een quick scan trillingshinder uit te voeren. Ga terug naar vraag 2;

- 2 zo nee, dan is het aspect trillingen voor dit initiatief niet relevant. Het is raadzaam om deze conclusie te onderbouwen en vast te leggen in het nieuwbouwplan.

Afbeelding 4.1 Stroomschema trillingshinder initiatieffase en planologische haalbaarheidsstudie



4.3 Instrumentarium tijdens de initiatieffase

Tijdens de initiatieffase van een nieuwbouwontwikkeling kunnen zowel de gemeente als de initiatiefnemer keuzes maken ten aanzien van het voorkomen van trillingshinder.

In tabel 4.1 staan instrumenten beschreven die gehanteerd kunnen worden om trillingshinder mee te nemen bij de afwegingen over nieuwbouwinitiatieven bij spoortracés.

Tabel 4.1 Instrumenten ten behoeve van de omgang met hinder door spoortrillingen in de initiatieffase

Type instrument	Instrument	Wie voert uit	Meer informatie
onderzoek	uitvoeren quick scan trillingshinder.	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.1
	bepalen of aanleiding is voor onderzoek tussen 100 en 250 meter tot het spoor op basis van eventuele klachten, bodemopbouw en/of type treinpassages	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 9.3.1
	vervolgonderzoek trillingshinder	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.2
ruimtelijke ordening	stedenbouwkundige basisprincipes toepassen	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.8
	maatregelen aan gebouwonwerp die volgen uit het vervolgonderzoek	initiatiefnemer	zie paragraaf 10.7
communicatie	het mogelijk optreden van trillingshinder benoemen in de interne en externe communicatie in de initiatieffase en de planologische haalbaarheidsfase	gemeente en initiatiefnemer	

5 BESTEMMINGSPLAN



5.1 Trillingshinder in het bestemmingsplan

Mogelijk is in of in de directe nabijheid van het plangebied van een voor te bereiden bestemmingsplan spoor aanwezig, of wordt dit in de toekomst voorzien. In die gevallen is het raadzaam om het aspect hinder door spoortrillingen in het kader van de goede ruimtelijke ordening (zie onder andere art. 3.1.6 Bro) en de zorgvuldige voorbereiding van besluiten (art. 3:2 Awb) te onderzoeken en af te wegen. Dit hoofdstuk geeft een handreiking over de wijze waarop bevoegde gezagen hieraan invulling kunnen geven. Geadviseerd wordt om het aspect trillingshinder zo vroeg mogelijk bij de voorbereiding van het bestemmingsplan mee te nemen. Dit kan al tijdens het opstellen van een structuurvisie (hoofdstuk 3), tijdens de initiatieffase of tijdens een planologische haalbaarheidsstudie bij nieuwbouwontwikkelingen (hoofdstuk 4).

Rollen en verantwoordelijkheden

Bestemmingsplannen komen in de regel tot stand vanuit een samenspel tussen overheden en stakeholders, zoals initiatiefnemers van nieuwbouw:

- het bevoegd gezag kan in het bestemmingsplan met planregels een goede woon- en leefsituatie ten aanzien van trillingen borgen;
- initiatiefnemers van nieuwbouw kunnen een gebied of gebouw zodanig ontwikkelen dat de eindgebruiker zo min mogelijk hinder ondervindt van trillingen. Met name wanneer initiatiefnemers betrokken zijn bij de voorbereiding van het bestemmingsplan, zijn zij in staat om vooraf trillingsreducerende (ontwerp-)maatregelen te treffen en deze in samenspraak met de gemeente vast te leggen in het bestemmingsplan. Hiermee worden de onderling afgestemde maatregelen gewaarborgd.

5.2 Relevantie van trillingshinder in het bestemmingsplan

Wanneer is trillingshinder door spoor aan de orde bij de voorbereiding van een bestemmingsplan? Het stroomschema dat is opgenomen in afbeelding 5.1 kan helpen bij het geven van een antwoord op die vraag. Het stroomschema loodst het bevoegde gezag en initiatiefnemers langs de belangrijkste vragen die hierbij aan de orde zijn:

- 1 Bevinden zich binnen het plangebied van het in voorbereiding zijnde bestemmingsplan één of meerdere spoorwegen?
 - 1 zo ja, ga dan naar vraag 2;
 - 2 zo nee, ga dan naar vraag 4.
- 2 Geeft het in voorbereiding zijnde bestemmingsplan de mogelijkheid om binnen een zone van minder dan 100 meter tot een spoorweg nieuwbouw te realiseren?
 - 1 zo ja, dan is het aan te raden om:
 - a. een aandachtszone rondom het spoor vast te leggen op de verbeelding en in de planregels van het bestemmingsplan. De aandachtszone wordt besproken in paragraaf 9.3.2;
 - b. een quick scan trillingshinder uit te voeren, en de hieruit volgende conclusies en aanbevelingen te implementeren in het bestemmingsplan. Deze quick scan trillingshinder wordt besproken in paragraaf 10.1. Ga hierna door naar vraag 3;
 - 2 zo nee, ga dan naar vraag 4.
- 3 Geven de conclusies uit een quick scan trillingshinder aanleiding om een vervolgonderzoek te doen en/of specifieke maatregelen ter voorkoming van trillingshinder in nieuwbouw te treffen?
 - 1 zo ja, dan is het aan te bevelen om vervolgonderzoek uit te voeren en de maatregelen die hieruit volgen te implementeren in het bestemmingsplan. Het vervolgonderzoek wordt besproken in paragraaf 10.2. Ook kunt u gebruik maken van de stedenbouwkundige basisprincipes die helpen om trillingshinder te voorkomen. Deze stedenbouwkundige basisprincipes worden besproken in paragraaf 10.8;
 - 2 zo nee, dan is het vaststellen van een aandachtszone en het uitvoeren van een quick scan trillingshinder voor dit bestemmingsplan voldoende.
- 4 Geeft het bestemmingsplan de mogelijkheid om binnen een zone van minder dan 250 meter tot een spoorweg nieuwbouw te realiseren?
 - 1 zo ja, beoordeel dan in hoeverre klachten, bodemopbouw en/

of het treinbeeld aanleiding geven voor het doen van nader onderzoek. In paragraaf 9.3.1 wordt beschreven hoe op deze vraag een antwoord kan worden geformuleerd. Ga bij een positief antwoord terug naar vraag 3;

2 zo nee, dan is het aspect hinder door spoortrillingen niet van belang voor dit bestemmingsplan.

5 Wordt tegelijk met het (voor-)ontwerp bestemmingsplan een aanvraag omgevingsvergunning bouwen in procedure gebracht? Doorloop dan het stroomschema dat is beschreven in paragraaf 6.2.1.

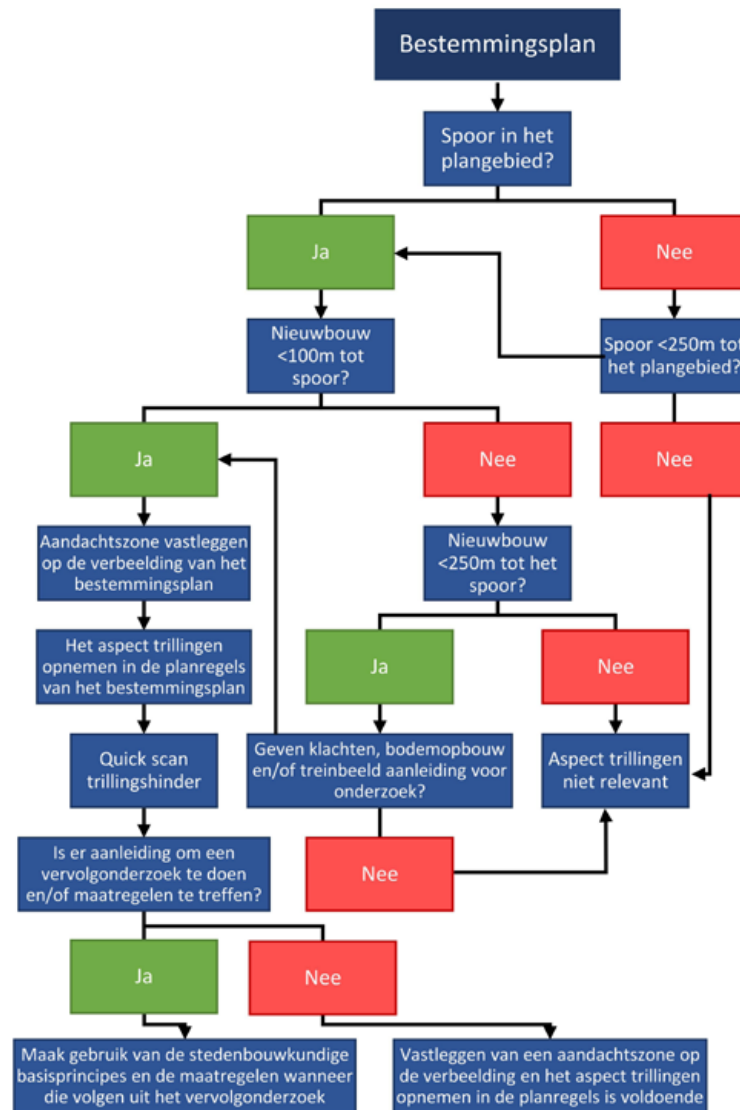
5.3 Instrumentarium in het bestemmingsplan

De gemeente kan de haalbaarheid van een bestemmingsplan onderbouwen met een quick scan trillingshinder, indien nodig aangevuld met nader trillingsonderzoek (zie hoofdstuk 10). Daarnaast kan de gemeente in het bestemmingsplan regels stellen aan de omgang met trillingshinder door spoor (zie paragraaf 5.4). In tabel 5.1 zijn hiertoe de mogelijke instrumenten benoemd.

Tabel 5.1 Mogelijke instrumenten ten behoeve van de omgang met hinder door spoortrillingen in het bestemmingsplan

Type instrument	Instrument	Wie voert uit	Meer informatie
onderzoek	uitvoeren quick scan trillingshinder	gemeente	zie paragraaf 10.1
	bepalen of er aanleiding is voor onderzoek tussen 100 en 250 meter tot het spoor op basis van eventuele klachten, bodemopbouw en/of type treinpassages	gemeente	zie paragraaf 9.3.1
	vervolgonderzoek trillingshinder	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.2
ruimtelijke ordening	aandachtszone vastleggen op de verbeelding van het bestemmingsplan	gemeente	zie paragraaf 9.3.2
	trillingshinder opnemen in de planregels van het bestemmingsplan	gemeente	zie paragraaf 5.4.2
	stedenbouwkundige basisprincipes toepassen	gemeente of initiatiefnemers	zie paragraaf 10.8
	maatregelen aan gebouwoontwerp die volgen uit het vervolgonderzoek	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.7
communicatie	het mogelijk optreden van trillingshinder benoemen in de interne en externe communicatie in de bestemmingsplanfase	gemeente	

Afbeelding 5.1 Stroomschema trillingshinder in het bestemmingsplan



5.4 Trillingshinder in het bestemmingsplan

Een bestemmingsplan bestaat uit een toelichting, planregels en een verbeelding. In de volgende paragrafen is toegelicht:

- op welke wijze de omgang met het aspect trillingshinder in de toelichting van een bestemmingsplan kan worden onderbouwd (zie paragraaf 5.4.1);
- op welke wijze regels met betrekking tot trillingshinder kunnen worden verankerd in de planregels (zie paragraaf 5.4.2);
- In paragraaf 9.3.2 staat beschreven op welke wijze een aandachtszone op de verbeelding van het bestemmingsplan kan worden opgenomen.

5.4.1 Toelichting

In de toelichting van het bestemmingsplan worden de resultaten van het trillingsonderzoek besproken, dat is uitgevoerd als onderbouwing van de haalbaarheid van het bestemmingsplan. Het is aan te raden om een afschrift van het gehele onderzoeksrapport als bijlage bij de toelichting op te nemen. De paragraaf over trillingen in de toelichting wordt afgesloten met een conclusie. In deze conclusie wordt opgenomen wat de invloed van trillingen op de gevoelige bestemmingen is en welke maatregelen genomen worden om trillingshinder te voorkomen of te mitigeren. In het kader op de volgende pagina is een voorbeeld opgenomen van de gemeente Utrecht.

5.4.2 Planregels

Het toepassen van specifieke bouwregels bij het bestemmingsplan biedt verschillende mogelijkheden om te borgen dat trillingshinder wordt beperkt. Zo kan in de bouwregels van de bestemming wonen worden opgenomen dat er een minimale afstand moet zijn tussen het spoor en de te bouwen woningen. Ook kan er een voorwaardelijke verplichting worden opgenomen bij de bestemming wonen. Dit betekent dat de woningen alleen mogen worden gebouwd wanneer een bepaald trillingsniveau niet wordt overschreden, al dan niet na het nemen van trillingsreducerende maatregelen.

Voorbeeld gemeente Utrecht: onderbouwing trillingshinder in bestemmingsplan

De toekomstige woongebouwen waarin dit bestemmingsplan voorziet, zijn gelegen op korte afstand tot het spoor, gaande naar Utrecht C.S. Het goederen en personenvervoer, gaande over dit stuk tracé, zou in potentie kunnen leiden tot (hinderlijke) trillingen in de voorziene woningen binnen het plangebied.

Onderzoek

Omdat er gekoppeld aan dit bestemmingsplan een WABO-vergunning voor het bouwen van woningen is ingediend door PEUTZ B.V. is er ook een meetonderzoek naar trillingen uitgevoerd, op basis van het definitief ontwerp voor dit plan. Dit onderzoek d.d. 18 januari 2019 is opgenomen als Bijlage 3 (Bij het bestemmingsplan waar dit voorbeeld uitkomt). Het doel van het onderzoek is om gedurende de ontwikkelingsfase van het project inzicht te krijgen in de te verwachten trillingsniveaus aldaar en deze te toetsen op de hinderlijkheid daarvan. De meet- en beoordelingsprocedure in relatie tot hinder is uitgevoerd conform de trillingsrichtlijn deel B (SBR B, hinder voor personen in gebouwen A2).

Trillingsterkte projectlocatie

In de bodem van de projectlocatie zijn trillingssterktes vastgesteld tot circa 0,4. Deze waarde is hoger dan de streefwaarde zoals aangegeven in de SBR B (0,2 voor herhaald voorkomende trillingen in nieuwe situaties A2).

In een vervolgonderzoek (rapportnummer H63 Rapportnummer H 6393-3-RA-001 d.d. 22 mei 2018), dat is toegevoegd in bijlage 5, zijn de niveaus van te verwachten trillingen berekend in projecteerde appartementen vanwege passerende treinen. Uit deze dynamische berekeningen blijkt dat met trillingsbeperkende maatregelen die technisch uitvoerbaar worden geacht bij vrijwel alle woningen aan de streefwaarden voor nieuwe situaties kan worden voldaan. Deze maatregel zou onder andere kunnen bestaan uit een (massieve) funderingsplaat onder het gehele blok met een dikte van 1,2 tot 1,5 m onder gebouw B of een gelijkwaardige oplossing en wordt bij de definitieve aanvraag opgenomen in het ontwerp.

Deze voorwaardelijke verplichting mag alleen worden opgenomen wanneer deze van belang is voor het waarborgen van een goede ruimtelijke ordening, en wanneer bij de vaststelling van het bestemmingsplan vaststaat dat het realistisch is dat de vastgestelde streefwaarden¹ uit de SBR-richtlijn B niet wordt overschreden.

Een uitzondering hierop is het 'bestemmingsplan verbrede reikwijdte' dat mogelijk wordt gemaakt via de Crisis- en herstelwet. Bij dit type bestemmingsplan mogen naast het vereiste van een 'goede ruimtelijke ordening' ook regels worden gesteld die tot doel hebben de kwaliteit, de veiligheid en de gezondheid van de fysieke leefomgeving te bevorderen. Bij dit type bestemmingsplannen zijn dus meer mogelijkheden aanwezig om in de regels een voorwaardelijke verplichting op te nemen.

Bouwregels binnen bestemming wonen

De volgende voorbeelden van de gemeenten Ede en Utrecht gaan in op de mogelijkheid om in de regels van de bestemming wonen een voorwaardelijke verplichting op te nemen voor het treffen van trillingsreducerende maatregelen.

Voorbeeld bestemmingsplan Ede, Somaterrein van de gemeente Ede

De woningen komen op circa 50 meter afstand van het spoor te liggen en daardoor is trillingshinder niet uit te sluiten. Hiervoor is een trillingsonderzoek uitgevoerd waarin is getoetst aan de streefwaarden uit de SBR - Richtlijn deel B. Overschrijding van de streefwaarden¹ kan voor de eerstelijnsbebouwing niet worden uitgesloten. Tijdens het ontwerp dient rekening gehouden te worden met trillingen. Aan de ontwikkelaar is de eis meegegeven dat, mogelijk met trillingsreducerende maatregelen, moet worden voldaan aan de streefwaarden uit de richtlijn. Bij de bestemming wonen is in de bouwregels opgenomen dat gebouwen, inclusief aan- en uitbouwen, ten behoeve van gevoelige functies slechts gebouwd mogen worden indien wordt voorzien in het nemen van maatregelen tegen trillingshinder, die ervoor zorgen dat wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-Richtlijn deel B.

¹ Zie voor meer informatie Paragraaf 11.5

In paragraaf 11.5.3 wordt besproken hoe om te gaan met het voorschrijven van de streefwaarden uit de SBR-richtlijn.

Voorbeeld bestemmingsplan Gerbrandystraat 20, Lauwerecht van de gemeente Utrecht

De woningen komen op korte afstand van het spoor te liggen en daardoor is trillingshinder niet uit te sluiten. Daarom is een nader trillingsonderzoek uitgevoerd. Uit dit onderzoek is gebleken dat met trillingsbeperkende maatregelen voor vrijwel alle woningen aan de streefwaarden voor de nieuwe situatie kan worden voldaan. Bij één woning wordt de gemiddelde trillingssterkte voor nieuwe situaties in de nachtperiode zeer licht overschreden, waarvoor geen trillingsbeperkende maatregelen zijn gevonden. In de planregels is voor de bestemming wonen een voorwaardelijke verplichting opgenomen: het bouwen van bouwwerken voor de functie wonen is uitsluitend toegestaan wanneer minimaal uit een dynamische berekening van de trillingssterkte blijkt dat de streefwaarden voor wonen nieuwe situatie, zoals bedoeld in de SBR - Richtlijn deel B, niet worden overschreden. In afwijking hiervan is het bouwen van bouwwerken voor de functie wonen ook toegestaan op voorwaarde dat 1) alle doelmatige en kosteneffectieve maatregelen om de trillingssterkte te verminderen worden getroffen, en 2) uit een dynamische berekening blijkt dat tenminste de streefwaarde voor wonen in een bestaande situatie, zoals bedoeld in de SBR - Richtlijn deel B, niet wordt overschreden.

In het volgende kader is een planregel opgenomen die de gemeente Utrecht hanteerde om in een voorwaardelijke verplichting de eisen van de SBR-richtlijn deel B voor nieuwbouw voor te schrijven.

Voorbeeld trillingsverplichting en afwegingsruimte in bestemmingsplan gemeente Utrecht

Voorwaardelijke verplichting trillingen

- a. Het bouwen van bouwwerken voor de functie wonen conform artikel 7.1 sub a is uitsluitend toegestaan wanneer minimaal uit een dynamische berekening van de trillingssterkte blijkt dat de streefwaarden voor Wonen **nieuwe situatie**, zoals bedoeld in Richtlijn deel B van Stichting Bouwresearch, niet worden overschreden.
 - b. In afwijking van de regel onder a is het bouwen van bouwwerken voor de functie wonen conform artikel 7.1 sub a ook toegestaan op voorwaarde dat alle doelmatige en kosteneffectieve maatregelen om de trillingssterkte te verminderen worden getroffen en uit een dynamische berekening blijkt dat tenminste de streefwaarden voor Wonen in **bestaande situatie**, zoals bedoeld in Richtlijn deel B van Stichting Bouwresearch, niet worden overschreden.
-

6 OMGEVINGSVERGUNNING (WABO-VERGUNNING)



6.1 Trillingshinder in de omgevingsvergunning

Bij het binnenkomen en in behandeling nemen van de WABO- of omgevingsvergunningaanvraag voor nieuwbouw toetst de gemeente een nieuwbouwinitiatief aan het vigerende bestemmingsplan. Mogelijk heeft de aanvraag betrekking op het toestaan van nieuwbouw in de nabijheid van een spoortracé, of in de nabijheid van een tracé dat in de toekomst is voorzien. In die gevallen is het raadzaam om het thema trillingshinder te betrekken bij de behandeling van de aanvraag. Dit hoofdstuk geeft handvatten over de wijze waarop bevoegde gezagen en initiatiefnemers tijdens de behandeling van een aanvraag voor een omgevingsvergunning om kunnen gaan met trillingshinder door spoor.

Rollen en verantwoordelijkheden

Het bevoegd gezag is verantwoordelijk voor het op de juiste wijze betrekken van het aspect trillingshinder door spoor tijdens de beoordeling van de aanvraag van een omgevingsvergunning. Daarnaast is de gemeente ook bevoegd gezag voor het verlenen van de omgevingsvergunning. De initiatiefnemer draagt verantwoordelijkheid voor het indienen van een ontvankelijke aanvraag, die is voorzien van de juiste onderzoeksinformatie en onderbouwing.

6.2 Relevantie van trillingshinder in de omgevingsvergunning

Zowel gemeente als initiatiefnemer kan zich bij de behandeling van de aanvraag van een omgevingsvergunning ten behoeve van de realisatie van nieuwbouw de volgende vraag stellen:

- 1 voldoet het initiatief aan de regels van het vigerende bestemmingsplan?
 - 1 zo ja, dan kan de initiatiefnemer volstaan met het aanvragen van een omgevingsvergunning 'bouwen'. Ga door naar paragraaf 6.2.1;
 - 2 zo nee, dan moet de initiatiefnemer een omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan' aanvragen. Ga door naar paragraaf 6.2.2. Ook kan de initiatiefnemer in overleg met de gemeente bezien of een nieuw bestemmingsplan wenselijk is.

6.2.1 Omgevingsvergunning 'bouwen'

Wanneer is trillingshinder aan de orde bij de behandeling van een aanvraag omgevingsvergunning 'bouwen'? Het stroomschema dat is opgenomen in afbeelding 6.1 kan helpen bij het geven van een antwoord op die vraag. Het stroomschema loodst zowel initiatiefnemers als bevoegde gezagen langs de belangrijkste vraag die hierbij aan de orde is:

- 1 Stelt het vigerende bestemmingsplan regels ten aanzien van trillingshinder?
 - 1 zo ja, dan moeten de regels die het bestemmingsplan stelt ten aanzien van het beperken van trillingshinder worden opgevolgd;
 - 2 zo nee, dan kunnen er geen specifieke regels ter voorkoming van trillingshinder door spoor worden opgelegd. Wel kan de gemeente in het kader van het waarborgen van een goed woon- en leefklimaat in de omgevingsvergunning aandacht vragen voor het aspect trillingshinder, maar dit is niet afdwingbaar.

6.2.2 Omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan'

Wanneer is trillingshinder aan de orde bij de behandeling van een aanvraag omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan'? Het stroomschema dat is opgenomen in afbeelding 6.1 kan helpen bij het geven van een antwoord op die vraag. Het stroomschema loodst zowel initiatiefnemers als bevoegde gezagen langs de belangrijkste vragen die hierbij aan de orde zijn:

- 1 Heeft de aanvraag betrekking op een locatie die zich op minder dan 100 meter tot het spoor bevindt?
 - 1 zo ja, dan is het aan te bevelen om een quick scan trillingshinder voor te schrijven. Deze quick scan trillingshinder wordt besproken in paragraaf 10.1. Ga hierna door naar vraag 2;
 - 2 zo nee, ga dan naar vraag 3.
- 2 Geven de conclusies uit een quick scan trillingshinder aanleiding om een vervolgonderzoek te doen en/of specifieke maatregelen ter voorkoming

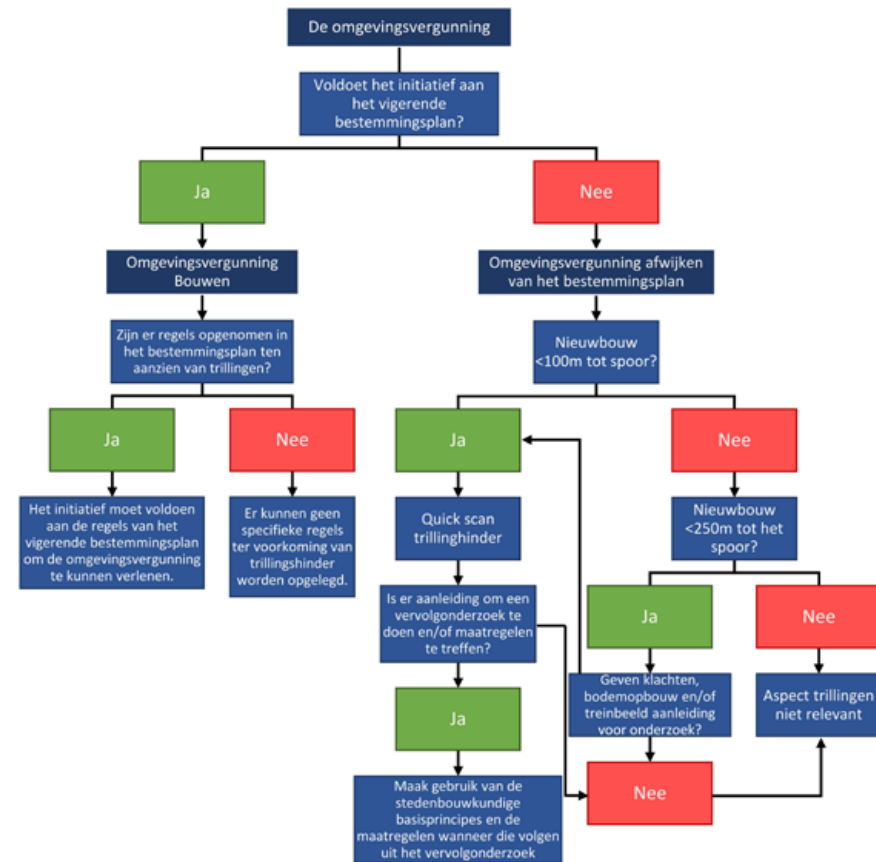
van trillingshinder in nieuwbouw te treffen?

- 1 zo ja, dan is het aan te bevelen om een vervolgonderzoek uit te voeren, en de maatregelen die hieruit volgen te implementeren in de omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan'. Het trillingsonderzoek wordt besproken in paragraaf 10.2. Ook kan gebruik worden gemaakt van de stedenbouwkundige basisprincipes die helpen om trillingshinder te voorkomen. Deze stedenbouwkundige basisprincipes worden besproken in paragraaf 10.8;
- 2 zo nee, dan is het aspect trillingen voor dit initiatief niet relevant. Het is raadzaam om deze conclusie te onderbouwen en vast te leggen in het nieuwbouwplan

- 3 Heeft de aanvraag betrekking op een locatie die zich op een afstand van 250 meter of minder tot het spoor bevindt?

- 1 zo ja, beoordeel dan in hoeverre klachten, bodemopbouw en/of het treinbeeld aanleiding geven voor het doen van nader onderzoek? In paragraaf 9.3.1 wordt beschreven hoe op deze vraag een antwoord kan worden geformuleerd. Zo ja, ga dan terug naar vraag 2;
- 2 zo nee, dan is het aspect trillingen voor dit initiatief niet relevant. Het is raadzaam om deze conclusie te onderbouwen en vast te leggen in het nieuwbouwplan

Afbeelding 6.1 Stroomschema trillingshinder in de omgevingsvergunning



6.3 Instrumentarium in de omgevingsvergunning

In tabel 6.1 staan instrumenten benoemd die gehanteerd kunnen worden bij het opstellen van of tijdens de behandeling van de omgevingsvergunning 'bouwen' of 'planologisch afwijken' nabij spoortracés.

Tabel 6.1 Mogelijke instrumenten ten behoeve van de omgang met hinder door spoortrillingen in de omgevingsvergunning

Type instrument	Instrument	Wie voert uit	Meer informatie
onderzoek	uitvoeren quick scan trillingshinder.	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.1
	bepalen of er aanleiding is voor onderzoek tussen 100 en 250 meter tot het spoor op basis van eventuele klachten, bodemopbouw en/of type treinpassages	gemeente	zie paragraaf 9.3.1
	nader onderzoek trillingshinder	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.2
ruimtelijke ordening	stedenbouwkundige basisprincipes toepassen	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.8
	maatregelen aan gebouwwontwerp die volgen uit het vervolgonderzoek	gemeente of initiatiefnemer	zie paragraaf 10.7
communicatie	het mogelijk optreden van trillingshinder benoemen in de interne en externe communicatie	gemeente of initiatiefnemer	

6.4 Borging van maatregelen via de omgevingsvergunning

Het bevoegd gezag kan bij het verlenen van een omgevingsvergunning borgen dat maatregelen ter voorkoming van trillingshinder daadwerkelijk worden toegepast. In de volgende paragrafen is toegelicht:

- op welke wijze trillingshinder in een omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan' kan worden geborgd (zie paragraaf 6.4.1);
- op welke wijze trillingshinder in een omgevingsvergunning 'bouwen' kan worden geborgd (zie paragraaf 6.4.2).

6.4.1 Omgevingsvergunning 'bouwen'

De omgevingsvergunning 'bouwen' leent zich minder goed voor het reguleren van trillingshinder door treinen op het spoor. In het Bouwbesluit en de gemeentelijke bouwverordeningen staan met betrekking tot het onderwerp

trillingen veiligheid en hinder als gevolg van activiteiten op het bouwterrein centraal en niet de veiligheid en hinder ten gevolge van activiteiten buiten het bouwterrein.

6.4.2 Omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan'

Een gemeente kan via een omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan' een project dat in strijd is met het bestemmingsplan planologisch-juridisch mogelijk maken. In de meeste gevallen moet bij zo'n omgevingsvergunning een ruimtelijke onderbouwing worden gevoegd. De gemeente heeft echter beleidsvrijheid om wel of niet mee te werken aan het afwijken van een bestemmingsplan.

In de ruimtelijke onderbouwing wordt toegelicht welke onderzoeken voorafgaand aan vaststelling van de omgevingsvergunning zijn uitgevoerd. Net als bij een bestemmingsplan geldt voor de ruimtelijke onderbouwing de voorwaarde dat moet worden aangetoond dat het project uitvoerbaar is. Dit betekent dat in de ruimtelijke onderbouwing verslag moet worden gedaan van het onderzoek naar trillingshinder en dat uit de onderbouwing moet blijken dat de relevante streefwaarden, niet worden overschreden of dat overschrijding van de streefwaarde vanuit ruimtelijk perspectief aanvaardbaar is.

In een omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan' kunnen ook voorschriften worden opgenomen die als voorwaarde stellen dat een bepaald trillingsniveau niet mag worden overschreden, al dan niet na het treffen van trillingsreducerende maatregelen. Deze voorschriften mogen alleen worden opgenomen wanneer ze van belang zijn voor een goede ruimtelijke ordening en wanneer bij de afgifte van de omgevingsvergunning vaststaat dat het realistisch is dat aan dat trillingsniveau wordt voldaan.

7 REALISATIEFASE



7.1 Bewustwording van partijen tijdens het bouwproces

Voorafgaand en tijdens de daadwerkelijke realisatie is het belangrijk om continu bewustzijn te blijven creëren voor trillingshinder:

- bewustwording bij bouwer en toezichthoudende instantie;
- communicatie met gebruikers.

7.1.1 Bewustwording bij bouwer en toezichthoudende instantie

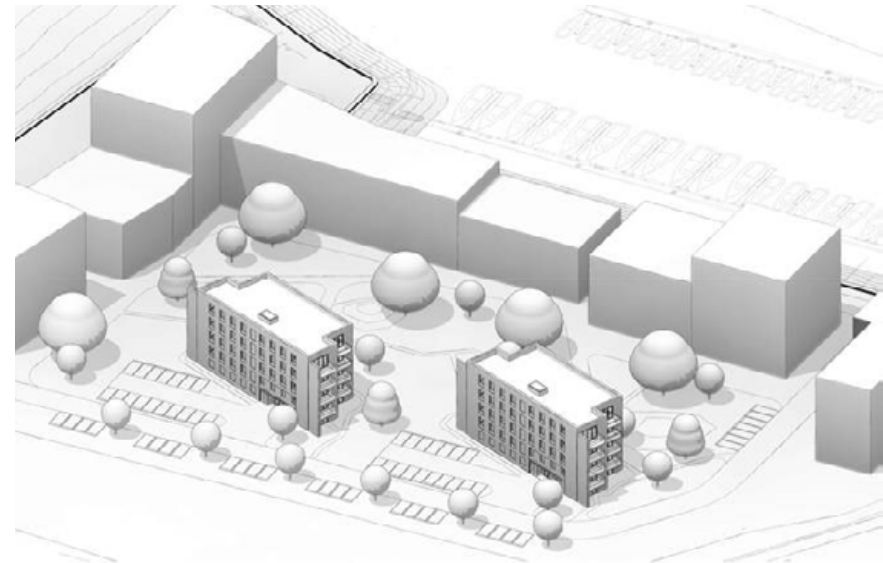
Tijdens de realisatiefase is het belangrijk dat de verschillende betrokken partijen bewust zijn dat er in het ontwerp rekening is gehouden met het voorkomen van hinder door spoortrillingen. Met name als er maatregelen zijn voorzien in het gebouw, dan is het belangrijk om hier tijdens de bouw expliciet op te blijven letten. Wordt bijvoorbeeld een woning op isolerende blokken gezet, dan is het erg belangrijk dat de woning enkel en alleen op de blokken rust, anders neemt de effectiviteit van de maatregel snel af. Of, wanneer gekozen is voor iets dikkere vloeren, dat bij zowel de aannemer als de toezichthouder duidelijk moet zijn wat hiervoor de reden is. Zo wordt voorkomen dat gaandeweg de bouw alsnog een dunnere vloer wordt toegepast om kosten te besparen.

7.1.2 Communicatie met gebruikers

Tijdens de ontwikkelingsfase en tijdens de bouw is het van belang om de toekomstige gebruikers van het gebouw voor te lichten: wat kunnen ze verwachten aan trillingsniveaus en eventuele hinder in hun toekomstige gebouw? In de communicatie met gebruikers kan het helpen om trillingsniveaus te vergelijken met andere trillingsbronnen, zoals druk stedelijk gebied. Maak concreet wat het voor een bewoner betekent dat de woning voldoet aan de gestelde eisen.

Voorbeeld: bewustwording van partijen tijdens het bouwproces

Onderdeel van de herontwikkeling van gebied Noorderhaven te Zutphen is de bouw van twee woontorens langs het spoor op circa 25 meter. De aannemer heeft trillingsmetingen op maaiveld laten uitvoeren en er is een indicatieve berekening uitgevoerd. Omdat de torens relatief massieve gebouwen zijn met een paalfundering is de verwachting dat de fundering gunstig werkt. Trillingsisolatie bleek daarom niet nodig. Wel worden de vloeren dikker uitgevoerd dan in het originele plan, zodat opslingering wordt voorkomen. Zowel bij de uitvoerder als bij de toezichthouder moet de noodzaak voor dikkere vloeren duidelijk zijn en blijven, zodat deze daadwerkelijk in het gebouw worden gerealiseerd en niet sneuvelen als gevolg van bijvoorbeeld een kostenbesparing.



8 DEEL B: TECHNISCHE ACHTERGRONDEN EN WET- EN REGELGEVING



Deel B van deze handreiking beschrijft de technische achtergronden van trillingshinder, de mogelijke wijzen van onderzoek en het geldende kader van wet- en regelgeving:

- 1 het optreden van trillingen langs spoortracés (zie hoofdstuk 9);
- 2 trillingsonderzoek bij nieuwbouw (zie hoofdstuk 10);
- 3 het geldende kader van wet- en regelgeving (zie hoofdstuk 11);
- 4 het omgaan met bijzondere situaties (zie hoofdstuk 12).

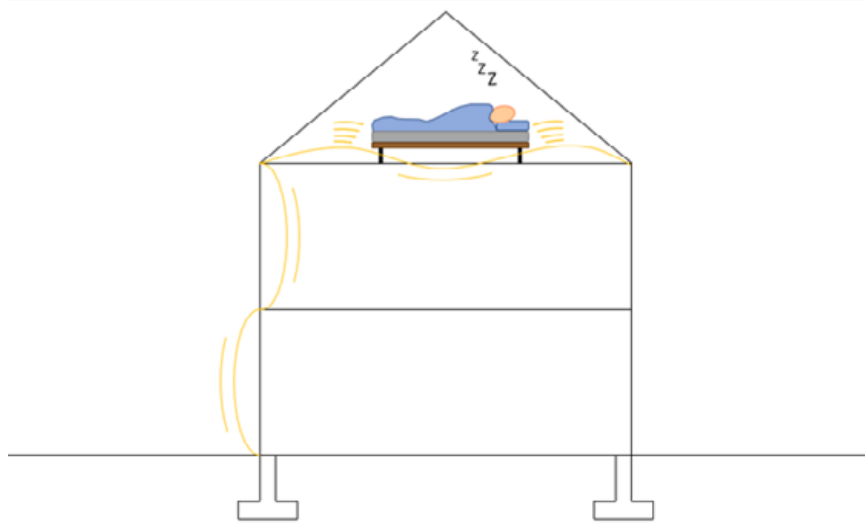


9 HET OPTREDEN VAN TRILLINGEN LANGS SPOORTRACES

9.1 Het ontstaan van trillingshinder langs spoortracés

Hinder door spoortrillingen treedt op doordat passerende treinen tot trillingen leiden binnenin gebouwen. Door het trillen van een vloer waar personen zich op bevinden wordt een gevoel van ongemak of angst ervaren. Ook kan er slaapverstoring optreden. Buiten blijkt dit niet of in veel mindere mate te spelen. Hinder wordt daarom altijd onderzocht en getoetst binnenin een gebouw.

Afbeelding 9.1 Trillingshinder in gebouwen langs spoorwegen ontstaat door het bewegen van vloeren bij passerende treinen



Hoeveel hinder daadwerkelijk optreedt bij welk trillingsniveau, hangt van een veelvoud aan factoren af, zoals:

- de eigenschappen van het trillingssignaal. Deze kunnen per trein en treintype sterk verschillen;
- hoe vaak een trilling optreedt. Deze hangt sterk af van de gehanteerde treindienstregeling;
- het tijdstip waarop de trilling optreedt. Ook 's nachts vindt treinverkeer plaats, waaronder goederenverkeer.

- de richting waarin de trilling optreedt. De beweging kan in horizontale en verticale richting optreden.
- persoonsgebonden eigenschappen. Er is misschien angst voor schade of een bepaalde mening over spoorontwikkeling.

Deze factoren maken dat het optreden van hinder door trillingen per situatie verschilt.

Het trillingsniveau in een gebouw hangt ook af van veel factoren:

- kenmerken van de bron (ligging spoortracés, dienstregeling, treintypen);
- het ontwerp en de kwaliteit van de spoorbaan en het rijdend materieel;
- de bodemopbouw;
- de fundering van een gebouw en de gebouwconstructie.

Op locatie A met een specifieke bodemopbouw, spoorbaankwaliteit en treintypen kan dezelfde maatregel een ander effect hebben dan op locatie B met een andere bodemopbouw, spoorbaankwaliteit en treintypen.

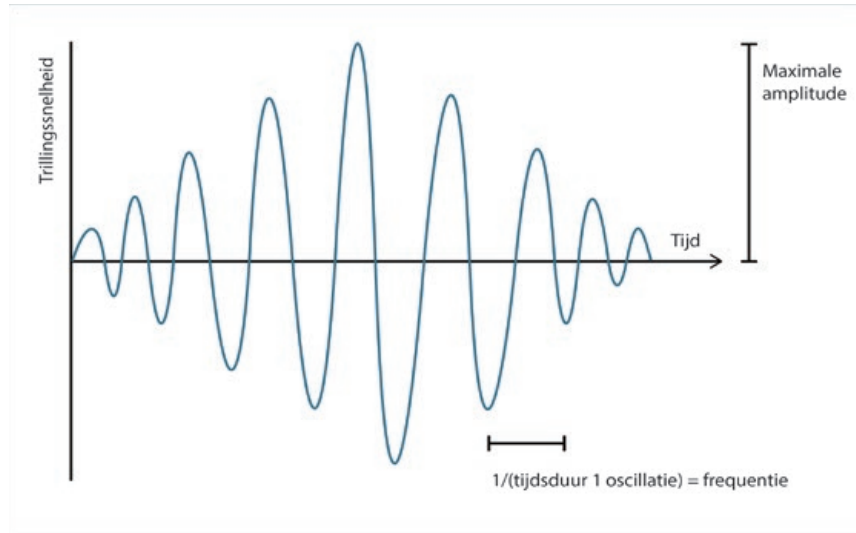
Ondanks de complexiteit zijn handvatten te bieden om hinder door trillingen bij nieuwbouw te voorkomen. Voor elke ontwikkeling is een zorgvuldige en locatiespecifieke aanpak nodig. Bij voorkeur houden bevoegd gezag en initiatiefnemers van een project zo vroeg mogelijk rekening met trillingen (zie ook deel A), ter voorkoming van het treffen van dure maatregelen achteraf of het noodgedwongen accepteren van trillingshinder.

Bij het optreden van trillingen is het van belang te bepalen welke karakteristieken de trillingen vertonen. De belangrijkste kenmerken zijn:

- de amplitude van het signaal (in Nederland meestal in mm/s gedefinieerd);
- de frequentie-inhoud van het signaal (zie bijlage I);
- de tijdsduur van het signaal.

De frequentie-inhoud is vanuit meerdere opzichten belangrijk. Hoe trillingen zich door de ondergrond en in gebouwen voortplanten is namelijk frequentie-afhankelijk. Ook is de mate van gevoeligheid voor trillingen bij mensen afhankelijk van de frequentie.

Afbeelding 9.2 Trillingen karakteriseren zich door hun amplitude, frequentie-inhoud en tijdsduur



9.2 Van welke schakels zijn spoortrillingen afhankelijk?

Welk trillingsniveau uiteindelijk in een gebouw optreedt is afhankelijk van de volgende schakels:

- 1 de bron: passerende treinen;
- 2 de overdracht: voortplanting van trillingen door de ondergrond;
- 3 de ontvanger: hoe een gebouw reageert op trillingen vanuit de bodem;
- 4 de ontvanger: trilling binnenin een gebouw.

9.2.1 De bron: passerende treinen

Trillingen worden veroorzaakt doordat een trein passeert en daarbij de bodem in beweging brengt. De trillingsbelasting voor de omgeving hangt af van het totale treinbeeld: hoeveel en welk type treinen rijden langs? Om een beeld van mogelijk te verwachten hinder te krijgen, is inzicht nodig in welke treinen hoe

vaak passeren over het spoor waarnaast nieuwbouw wordt voorzien.

Over het algemeen geldt dat goederentreinen vaak tot hogere trillingsniveaus leiden dan reizigerstreinen. Echter, in sommige situaties zijn er ook reizigerstreinen die tot hoge trillingsniveaus leiden. Daarbij geldt dat tijdens de dagperiode meestal veel meer reizigerstreinen dan goederentreinen passeren. Goederentreinen passeren vaak ook 's nachts, wat tot slaapverstoring kan leiden.

Het treinbeeld

Een goed treinbeeld is belangrijk om goede afwegingen te kunnen maken. Op het spoor tussen Den Haag en Rotterdam rijden bijvoorbeeld circa twee goederentreinen per dag. Dit is in verhouding tot sommige andere trajecten weinig. Het aantal reizigerstreinen daarentegen is hoog waarbij de internationale trein richting Brussel/Amsterdam eenmaal per uur per richting passeert. Het totale beeld van hoge trillingsniveaus blijkt uit metingen in deze situatie niet alleen van goederentreinpassages maar ook van de internationale trein af te hangen.

Wat gebeurt er precies?

Een trein oefent een kracht uit op de spoorbaan op de plekken waar de wielen in contact staan met het spoor. Omdat de trein rijdt, bewegen deze krachten zich over het spoor. Dit resulteert in trillingen. Hoe groot deze krachten en de optredende trillingsniveaus zijn hangt van een groot aantal factoren af, waaronder:

- het gewicht van de trein;
- de verdeling van dat gewicht over zijn assen;
- aanwezigheid van onregelmatigheden in het spoor;
- snelheid van de trein;
- imperfecties van de treinwielen;
- bodemopbouw: bij een slappe bodem (klei of veen bijvoorbeeld) is de kracht die de trein op de spoorbaan uitoefent anders dan bij een stijve zandbodem.

Afbeelding 9.3 Trillingen worden veroorzaakt doordat een trein passeert en daarbij de bodem in beweging brengt



9.2.2 Overdracht: voortplanting van trillingen door de ondergrond

Vanuit de spoorbaan planten trillingen zich voort door de bodem. De wijze waarop trillingen zich voortplanten is afhankelijk van:

- de bodemgesteldheid en -opbouw. Dit bepaalt de snelheid waarmee trillingen uitdempen in de bodem. Op zandgronden wordt over het algemeen minder materiaaldemping verwacht dan op klei- en veengronden;
- de karakteristieken (frequenties) van het trillingssignaal. Deze bepalen (in combinatie met grondeigenschappen) de verwachte golflengte(s) in een grondlaag.

De ondergrond en daarmee ook de trillingsoverdracht in de ondergrond varieert sterk in Nederland. In het westen van Nederland zijn op veel plekken slappe klei- en veenbodems aanwezig met daaronder stijvere zandlagen. In het oosten van Nederland zijn op veel plekken direct stijve zandlagen aan het oppervlak aanwezig. Lokaal kunnen er behoorlijke variaties zijn in de bodem door bijvoorbeeld rivierafzettingen.

9.2.3 Ontvanger: hoe een gebouw reageert op trillingen vanuit de bodem

Een gebouw kan op verschillende manieren reageren als trillingen vanuit de bodem aankomen. Een gebouw komt makkelijk door een trilling in beweging als:

- de fundering slap is, en/of;
- de trillingsgolf groot is ten opzichte van het gebouw.

Een gebouw komt door een trilling echter niet tot nauwelijks in beweging, als dit gebouw een zeer stijve fundering heeft in combinatie met een kleine lengte van de trillingsgolf.

Bij nieuwbouw van rijwoningen worden tegenwoordig regelmatig paalfunderingen toegepast. Dit is gunstig als het spoor op maaiveld ligt en spoortrillingen zich hoofdzakelijk via maaiveld voortplanten. Soms kan een paalfundering minder gunstig zijn, bijvoorbeeld als:

- het spoor verdiept ligt en daarbij direct op een diepere, stijve zandlaag rust;
- het spoor ongelijkvloers kruist met een weg, vaarweg of een andere spoorweg, en daarbij direct op een diepere, stijve zandlaag rust.

In deze gevallen kunnen trillingen makkelijk via de stijve zandlaag voortplanten naar de paalfundering van woningen.

9.2.4 Ontvanger: trillingen binnenin een gebouw

Het trillen van de fundering van een gebouw resulteert in trillingen die zich via de draagconstructie voortplanten naar vloeren. Op de vloeren worden uiteindelijk trillingen waargenomen en hier treedt hinder op. Afhankelijk van de gebouwconstructie en het ontwerp (dikte van muren en vloeren, bouw materiaal en constructie-eigenschappen) treedt verzwakking dan wel versterking van het trillingssignaal ten opzichte van de fundering op. Dit is afhankelijk van de wijze waarop het gebouw reageert op de inkomende trillingen vanuit de bodem.

Het ontwerp van een gebouw, inclusief fundering, is een belangrijke factor in het uiteindelijke optredende trillingsniveau binnenin het gebouw. Ieder gebouw kan een net andere responsie op trillingen vanuit de fundering tonen. Het is daarom belangrijk om tijdens het ontwerp van een gebouw rekening te houden met de verwachte trillingsbelasting. Soms kan dit conflicteren met andere ontwerp eisen. Zo is lichte bouw vanuit het oogpunt van het beperken van trillingshinder niet het meest voor de hand liggend.

Opslingering van een vloer

In een gebouw kan opslinging van een vloer optreden. Opslingering treedt op wanneer een vloer binnenin een woning een zogenaamde eigenfrequentie kent die gelijk of bijna gelijk is aan de frequentie van het optredende trillingssignaal vanuit de bodem. Het trillingsniveau van de vloer is dan hoger dan het trillingsniveau van de fundering. Dit fenomeen treedt op in verticale richting. Vanuit het oogpunt van voorkomen van hinder is opslinging niet wenselijk. Uit een trillingsonderzoek kan blijken of er voor een nieuw gebouwontwerp eventueel sprake van opslinging is, zie hoofdstuk 10.

9.3 Wanneer rekening te houden met trillingen spoor?

De gebruikelijk gehanteerde afstand waarbinnen trillingshinder door spoor wordt getoetst is een zone tot 100 meter van het spoor (InfoMil hanteert eveneens een afstand van 100 meter tot het spoor). Uit verschillende trillingsonderzoeken blijkt

dat buiten deze afstand tot het spoor meestal geen trillingsniveaus optreden die boven de streefwaarde voor $V_{\max}$ van 0,1 komen. Een zone van 100 meter voldoet daarom in veel situaties.

Er zijn echter ook enkele locaties in Nederland waar op een afstand groter dan 100 meter van het spoor toch sprake is van klachten van hinder door spoortrillingen. De oorzaak hiervan is dan een combinatie van verschillende factoren: er is sprake van een specifieke grondopbouw in combinatie met zwaar treinverkeer en trillingsgevoelige gebouwen. In dergelijke situaties kan hinder optreden tot grotere afstanden tot het spoor dan 100 meter tot aan 200-250 meter. De kans van optreden van trillingshinder door spoor op afstanden groter dan 250 meter wordt verwaarloosbaar klein geacht.

Binnen een afstand van 100 meter tot het spoor moet bij nieuwbouw rekening worden gehouden met spoortrillingen en het voorkomen van hinder hierdoor. Wanneer klachten, bodemopbouw en/of treinbeeld aanleiding geven moet een zone van 250 meter worden aangehouden

Dat binnen een zone van 100 meter tot het spoor rekening gehouden moet worden met trillingen betekent niet dat er binnen deze zone altijd maatregelen nodig zijn. Uit voorgaande paragrafen volgt dat het optredende trillingsniveau van meerdere factoren afhangt waaronder het type gebouw en de gebouweigenschappen. Het is daarom vaak mogelijk dat een gebouwontwerp zonder extra trillingreducerende maatregelen kan worden gerealiseerd op een locatie binnen 100 meter van het spoor.

9.3.1 Wanneer aanleiding om zone te vergroten van 100 naar 250 meter?

Er kan aanleiding bestaan om binnen een zone die is gelegen tussen 100 en 250 meter van het spoor rekening te houden met het aspect trillingshinder door spoor:

- 1 mogelijk is reeds sprake van klachten door trillingshinder spoor op

grotere afstand tot het spoor dan 100 meter nabij de voorziene nieuwbouwlocatie. Informatie hieromtrent kan worden ingewonnen bij de gemeente waarin de nieuwbouw wordt voorzien, bij ProRail en eventueel via lokale en regionale nieuwsmedia (zie ook paragraaf 10.1 voor informatiebronnen);

- 2 de plaatselijke bodemopbouw en/of het treinbeeld kunnen leiden tot trillingshinder. Met treinbeeld wordt een overzicht van de verschillende type treinen die passeren bedoeld. Zo kan het zijn dat zich een combinatie voordoet van zwaar treinverkeer (vaak goederenvervoer of zware locomotieven) en een stijve zandlaag of zandpakket. Deze bodem draagt trillingen ver en wordt direct aangestoten door het zware treinverkeer. Hiervan is sprake wanneer een stijve zandlaag aan het oppervlak ligt waar de spoorbaan bovenop ligt, maar mogelijk ook wanneer een stijve zandlaag op diepte wordt aangestoten doordat bijvoorbeeld een kunstwerk is gefundeerd op deze zandlaag, of door een in slechte staat verkerende overgangsconstructie¹ (zie paragraaf 10.1 voor informatiebronnen).

9.3.2 Aandachtszone

Structuurvisie

Het is mogelijk om in de structuurvisie rekening te houden met trillingshinder door spoor. In de verbeelding bij een gemeentelijke structuurvisie kan dit met het weergeven van een indicatieve aandachtszone van circa 100 meter aan weerszijden van het spoortracé (zie de gele arcering in afbeelding 9.4). In de tekst van de structuurvisie kan de gemeente deze aandachtszone onderbouwen.

Afbeelding 9.4. Uitsnede van de verbeelding van de structuurvisie, met in geel een mogelijke aandachtszone



¹ Overgangsconstructie: de constructie die de overgang mogelijk maakt tussen het spoor op aardebaan en bijvoorbeeld een brug.

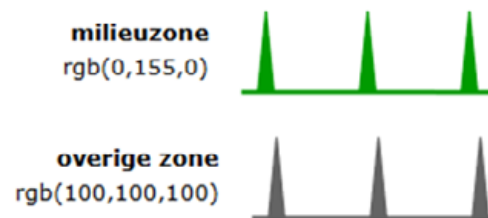
Bestemmingsplan

Het bestemmingsplan is juridisch bindend en kan regels bevatten. In bestemmingsplannen kan met een gebiedsaanduiding op de verbeelding een aandachtszone worden opgenomen waarbinnen specifieke regels gelden of waar nadere afwegingen gemaakt moeten worden ter beperking van trillingshinder door spoor. De gebiedsaanduiding gaat altijd vergezeld met een bepaling die opgenomen is in de regels van het bestemmingsplan. De gebiedsaanduiding valt onder de hoofdgroep 'milieuzone' of onder de hoofdgroep 'overige zone'.

In de gebiedsaanduiding 'milieuzone - trillingshinder spoor' (of 'overige zone - trillingshinder spoor') kunnen specifieke regels worden opgenomen ter voorkoming of beperking van trillingshinder door spoor. Een voorbeeld van dit type regels is opgenomen in paragraaf 5.4.2.

Door middel van een van de onderstaande typologieën kan de gebiedsaanduiding op de verbeelding van het bestemmingsplan worden aangeduid.

Afbeelding 9.5. Typologie van een gebiedsaanduiding in het bestemmingsplan



9.3.3 Extra gemeentelijke ambitie

Gemeenten kunnen er voor kiezen om zelf aanvullende ambities te stellen ten aanzien van het voorkomen van trillingshinder. Naast de hiervoor benoemde aandachtzones kunnen gemeenten met bijvoorbeeld grote bouwprogramma's in de directe nabijheid van het spoor nader onderzoeken welke stedenbouwkundige en welke gebouwontwerprichtlijnen toepasbaar zijn om in specifieke gebieden trillingshinder te voorkomen. Extra gemeentelijke ambities kunnen worden vastgelegd in een specifieke lokale beleidslijn, maar ook als aanvulling op bestaande gemeentelijke verordeningen of beleidsregels.

10 TRILLINGSONDERZOEK BIJ NIEUWBOUW



In de voorgaande hoofdstukken in deel A zijn de volgende verschillende te nemen stappen genoemd:

- het uitvoeren van een quick scan (zie paragraaf 10.1);
- het uitvoeren van vervolgonderzoek (zie paragraaf 10.2 t/m 10.6);
- het nemen/toepassen van maatregelen op basis van vervolgonderzoek (zie paragraaf 10.7);
- het toepassen van stedenbouwkundige basisprincipes (zie paragraaf 10.8).

Deze verschillende stappen worden in dit hoofdstuk besproken. De kosten van het onderzoek komen in paragraaf 10.8 aan de orde.

10.1 Quick scan trillingshinder

In deze handreiking wordt in de verschillende stroomschema's in deel A het opstellen van een quick scan voorgesteld. De doelstelling van deze quick scan is het verkrijgen van een eerste indruk van de mate waarin trillingshinder door spoor kan optreden in toekomstige nieuwbouw. Uit de quick scan volgt of nader onderzoek nodig is, waaruit blijkt of maatregelen getroffen moeten worden om hinder te voorkomen.

De quick scan is bedoeld om te beoordelen of nader trillingsonderzoek nodig is. Hiertoe worden de volgende factoren beschouwd:

- bodemgesteldheid en -opbouw in een plangebied of projectlocatie;
- aanwezigheid en ligging van waterpartijen;
- inventariseren treinbeeld (treintypen en -passages);
- locaties van ES-lassen¹, wissels en overgangsconstructies van kunstwerken;
- voorziene locaties van bebouwing en type bebouwing;
- toekomstige wijzigingen spoor².

Op basis van deze quick scan kunnen het bevoegd gezag of de initiatiefnemer van een nieuwbouwontwikkeling rekening houden met bijvoorbeeld de positionering van typen functies en van bouwblok(ken). Deze positionering kan - op grond van de conclusies uit de quick scan - optimaal worden afgestemd op de trillingsspecifieke situatie ter plaatse. Paragraaf 10.8 gaat verder in op stedenbouwkundige principes die kunnen worden toegepast in situaties waarbij sprake kan zijn van trillingshinder.

¹ Een ES-las is een Elektrische Scheidings-las en zorgt voor een onderbreking van de spoorstaaf. Bij wissels is er uiteraard ook een onderbreking van de spoorstaaf. Bij overgangsconstructies is er sprake van een variatie in stijfheid van de spoorbaan. Alledrie de situaties resulteren in een variatie in dynamische belasting op de spoorbaan wat trillingen tot gevolg heeft en afhankelijk van de onderhoudskwaliteit tot verhoging van trillingsniveaus in de omgeving kan leiden.

² Wanneer er wijzigingen aan het spoor te verwachten zijn kan er sprake zijn van een Tracébesluit-procedure. In dat geval dient de Minister van Infrastructuur en Waterstaat aan te tonen dat aan de Beleidsregel trillinghinder spoor wordt voldaan, zie paragraaf 11.4.

In de quick scan is bij voorkeur ook aandacht voor eventuele ontwikkelingen aan de bron. Oftewel: zijn er wijzigingen te verwachten aan het spoor² of aan het type treinen dat passeert? Zo kan er bijvoorbeeld sprake zijn van een spooruitbreiding, waardoor in de toekomst het aantal treinpassages toe- of afneemt. Ook de elektrificatie van een spoorlijn of de intensivering van een dienstregeling kan tot andere trillingen leiden. Mocht de verwachting bestaan dat in de toekomst het treinbeeld wijzigt, dan is het aan te raden hiermee in een trillingsonderzoek rekening te houden.

Voor het uitvoeren van een quick scan kan een deskundige partij worden ingezet, maar de quick scan kan op basis van de vrij beschikbare informatiebronnen ook door bijvoorbeeld bevoegd gezag zelf worden uitgevoerd. Tabel 10.1 geeft een overzicht van een aantal beschikbare informatiebronnen.

Tabel 10.1 Overzicht van een aantal beschikbare informatiebronnen voor quick scan

Onderdeel	Waar kan ik hier informatie over vinden?
bodemgesteldheid en -opbouw	vrij beschikbare informatie over de Nederlandse ondergrond is te vinden op www.dinoloket.nl
ligging waterpartijen	vrij beschikbare geografische informatie, zie www.pdok.nl . Voor toekomstige situatie zie planontwerpen.
treinbeeld	dienstregeling van vervoerders voor reizigerstreinen, voor goederentreinen kan een steekproef worden uitgevoerd. Eventueel kan informatie bij ProRail worden opgevraagd.
locatie ES-lassen, wissels en overgangsconstructies	wissels en overgangen kunnen via vrij beschikbare geografische data worden geïdentificeerd. Dit geldt niet voor ES-lassen. Middels een visuele inspectie van projectlocatie en naastgelegen spoor kan hier een beeld van verkregen worden. Eventueel kan informatie bij ProRail of deskundig bureau worden opgevraagd.
locatie bebouwing en type bebouwing	planontwerp toekomstige situatie en indicatieve schatting trillingsgevoeligheid bebouwing.
eventuele toekomstige wijzigingen spoor	www.prorail.nl/projecten

Wanneer reeds resultaten van een of meerdere trillingsonderzoeken voor projectlocaties nabij de te onderzoeken locatie beschikbaar zijn, dan kunnen deze gegevens uiteraard ook meegenomen worden in de bepaling of vervolgonderzoek nodig is of niet.

Afbeelding 10.1 ES-lassen in het spoor



10.2 Stappen in vervolgtrillingsonderzoek

Uit de quick scan kan volgen dat vervolgonderzoek moet plaatsvinden. Dit is vooral aan de orde wanneer bepalende factoren zoals de ondergrond, het treinbeeld en het ontwerp van de voorgenomen nieuwbouw zodanig zijn, dat de kans op het optreden van trillingshinder aanwezig is.

Bij het uitvoeren van een vervolgonderzoek worden de volgende stappen onderscheiden:

- bepalen van de trillingsbron en het bijbehorende trillingsniveau: zie paragraaf 10.3;
- opstellen van een globale indicatie van de trillingssterktes: zie paragraaf 10.4;
- opstellen van modelberekeningen: zie paragraaf 10.5;
- toetsen aan de voorschriften: zie paragraaf 10.6;
- selecteren van doeltreffende maatregelen: zie paragraaf 10.7.

Afbeelding 10.2 Het uitvoeren van een trillingsmeting geeft een beeld van de lokale situatie



Randvoorwaarden aan een trillingsonderzoek

Een trillingsonderzoek moet in ieder geval de volgende vragen kunnen beantwoorden:

- 1 welke trillingsniveaus kunnen worden verwacht in de voorziene nieuwbouw?
- 2 aan welke eisen moet voldaan worden bij de verwachte trillingsniveaus?
- 3 indien nodig: welke maatregelen kunnen getroffen worden om dit te bewerkstelligen?

10.3 De trillingsbron en trillingsniveaus

De eerste stap van een trillingsonderzoek is het bepalen van de trillingsniveaus die in de bodem optreden als gevolg van passerende treinen. Dit kan op twee manieren:

- 1 met trillingsmetingen;
- 2 met modelberekeningen.

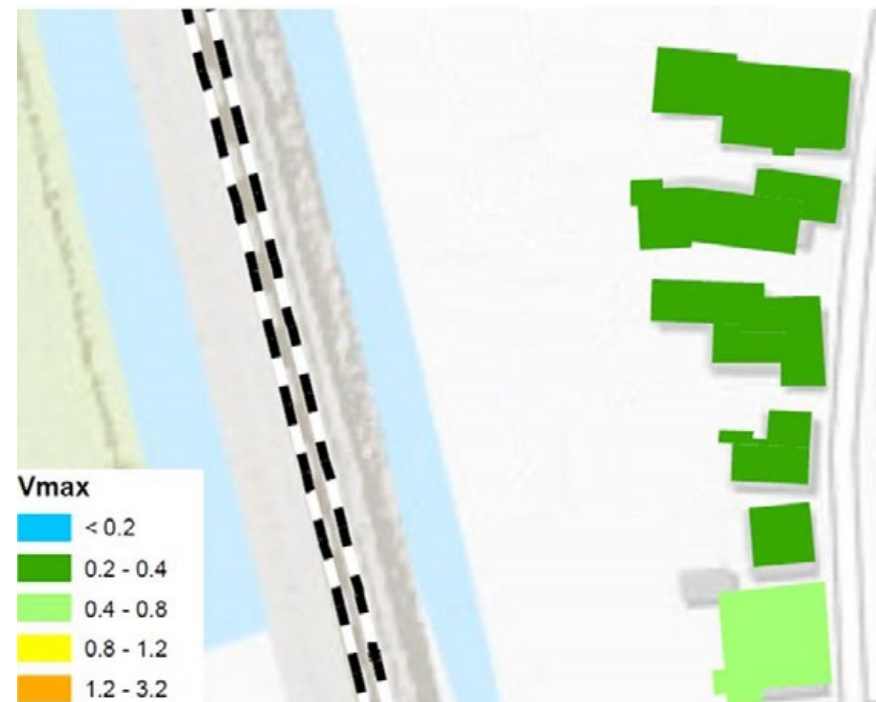
In de praktijk worden vrijwel altijd metingen uitgevoerd, omdat trillingsniveaus voor een lokale bodemsituatie en verschillend treinverkeer moeilijk met een rekenmodel te bepalen zijn. Het uitvoeren van metingen is vaak makkelijker en geeft een representatief beeld van de lokale situatie wat betreft optredende trillingsniveaus.

De verwachting bestaat dat met het toekomstige rekenmodel van het RIVM een berekening van indicatieve trillingsniveaus in de bodem langs het spoor voor elke locatie in Nederland mogelijk wordt (zie ook paragraaf 1.2). Bij het schrijven van deze handreiking is dit model echter nog niet beschikbaar. Uitgangspunt van deze handreiking is daarom dat de trillingsbron met trillingsmetingen in kaart wordt gebracht. Wanneer het rekenmodel in de tweede helft van 2019 beschikbaar komt, kan mogelijk gekozen worden om geen metingen uit te voeren maar een berekening¹. Het detailniveau van het rekenmodel is naar verwachting beperkt tot een 'screenend niveau', dat wil zeggen dat voor specifieke locaties mogelijk alsnog trillingsmetingen benodigd zullen zijn om tot een goed maatregelontwerp te komen.

Wanneer het trillingsniveau op verschillende afstanden van het spoor moet worden bepaald, kan gebruik gemaakt worden van een relatie tussen optredend trillingsniveau en afstand tot het spoor. Deze relatie kan bepaald worden met metingen, maar vaak wordt ook een exponentiële curve toegepast: de zogenaamde Barkan-curve genoemd in het handboek damwandconstructies CUR-166, zie bijlage I.

Wanneer er sprake is van bestaande bouw met een functieverandering, kan direct gemeten worden aan de fundering van het gebouw. Dit heeft dan de voorkeur boven het uitvoeren van trillingsmetingen op maaiveld.

Afbeelding 10.3 Een trillingsonderzoek maakt inzichtelijk welke trillingsniveaus kunnen worden verwacht



Bij het uitvoeren en interpreteren van trillingsmetingen is een aantal punten belangrijk:

- het aantal trillingsmeters (minimaal twee);
- de locatie van de meters;
- de wijze van plaatsen van de meters op/in de bodem (ingegraven);
- de meetduur (bij treinverkeer minimaal een week);
- de bepaling van een representatief maximum trillingsniveau V_{max} ;
- een beeld van de dominant optredende frequenties.

In bijlage I wordt nader ingegaan op deze aandachtspunten.

¹ Onderdeel van het opstellen van het RIVM rekenmodel is een trillingsmeetprogramma. Ook het rekenmodel kent daarom trillingsmetingen als achterliggende invoer. Zie <https://www.rivm.nl/geluid/trillingen>.

10.4 Globale indicatie trillingssterktes

Zodra de trillingsniveaus op maaiveld bekend zijn, wordt bepaald welk effect dit zou kunnen hebben op toekomstige nieuwbouw. Hiervoor wordt op basis van meetresultaten op maaiveld een indicatief beeld verkregen. Deze meetresultaten worden daarna verwerkt in een rekenmodel.

Tabel 10.2 geeft een indicatie op hoofdlijnen van het effect van gemeten trillingsniveaus op maaiveld. Het is verstandig een nadere gedetailleerde berekening door een deskundige partij te laten maken.

Tabel 10.2 Indicatie op hoofdlijnen van het effect van gemeten trillingsniveaus op maaiveldlocatie toekomstige nieuwbouw

Gemeten trillingsniveau op maaiveld $V_{\max}$ (zie par. 11.5.1)	Effect voor gebouw met woonfunctie ¹	Effect voor gebouw met kantoorfunctie ¹
< 0,1	hinder voorkomen door geen trillingsgevoelig gebouw te ontwerpen en realiseren. opslingering vermijden ² . vervolg: Korte scan trillingsgevoeligheid gebouwwontwerp ³	hinder voorkomen door geen trillingsgevoelig ⁵ gebouw te ontwerpen en realiseren. opslingering vermijden ² . vervolg: Korte scan trillingsgevoeligheid gebouwwontwerp ³
0,1 – 0,2	hinder voorkomen door geen trillingsgevoelig gebouw te ontwerpen en realiseren. zorg voor stijve fundering. opslingering vermijden ² . vervolg: Modelberekening indicatief, zie tabel 10.3	hinder voorkomen door geen trillingsgevoelig gebouw te ontwerpen en realiseren. zorg voor stijve fundering. opslingering vermijden ² . vervolg: Modelberekening indicatief, zie tabel 10.3
0,2 – 0,4	zorg voor stijve fundering. zorg voor een trillingsarm gebouwwontwerp. vervolg: Modelberekening indicatief of detailniveau III, zie tabel 10.3	zorg voor stijve fundering. zorg voor een trillingsarm gebouwwontwerp. ⁵ vervolg: Modelberekening indicatief, zie tabel 10.3

Gemeten trillingsniveau op maaiveld $V_{\max}$ (zie par. 11.5.1)	Effect voor gebouw met woonfunctie ¹	Effect voor gebouw met kantoorfunctie ¹
0,4 – 1,2	houdt rekening met aanvullend te treffen maatregelen, zoals trillingsisolatie. zorg voor een trillingsarm gebouwwontwerp. vervolg: Modelberekeningen detailniveau III of IV, zie tabel 10.3	houdt rekening met aanvullend te treffen maatregelen, zoals trillingsisolatie. zorg voor een trillingsarm gebouwwontwerp. vervolg: Modelberekeningen detailniveau III of IV, zie tabel 10.3
1,2 – 3,2	houdt rekening met aanvullend te treffen maatregelen, zoals trillingsisolatie. Waarschijnlijk hinder niet te voorkomen. zorg voor een trillingsarm gebouwwontwerp. vervolg: Modelberekeningen detailniveau IV, zie tabel 10.3	houdt rekening met aanvullend te treffen maatregelen, zoals trillingsisolatie. mogelijk hinder niet te voorkomen. zorg voor een trillingsarm gebouwwontwerp. vervolg: Modelberekeningen detailniveau III of IV, zie tabel 10.3
> 3,2 ⁴	grote mate van trillingshinder heroverweeg de nut- en noodzaak van de voorgenomen nieuwbouw. bij desondanks voortzetten project: modelberekeningen detailniveau IV, zie tabel 10.3	grote mate van trillingshinder heroverweeg de nut- en noodzaak van de voorgenomen nieuwbouw. bij desondanks voortzetten project: modelberekeningen detailniveau IV, zie tabel 10.3

- 1 In de tabel wordt onderscheid gemaakt in effect voor woon- en kantoorfunctie omdat deze functies het meeste voorkomen, er zijn ook andere functies mogelijk en de potentiële maatregelen op detailniveau kunnen verschillen.
- 2 Bij het toepassen van houten vloeren is de kans op opslingering groter ten opzichte van betonnen vloeren. Daarom is het raadzaam om langs het spoor de toepassing van houten vloeren waar mogelijk te vermijden.
- 3 De korte scan houdt in dat er gekeken wordt of er geen sprake is van houten vloeren of andere lichte bouw.
- 4 Dergelijke trillingsniveaus zijn zeer uitzonderlijk en treden zelden op in gebouwen als gevolg van treinverkeer.
- 5 Deze handreiking kent een verschil tussen geen trillingsgevoelig ontwerp en een trillingsarm ontwerp: Bij geen trillingsgevoelig ontwerp wordt in ontwerpkeuzes rekening gehouden met trillingen door geen lichte vloeren (bijv. hout) toe te passen en een voldoende massieve en stijve fundering toe te passen zonder onderliggende trillingsberekeningen, bij een trillingsarm ontwerp zijn ontwerpkeuzes gebaseerd op trillingsberekeningen voor het specifieke project.

10.5 Modelberekeningen

Het trillingsniveau op maaiveld moet omgerekend worden naar een trillingsniveau op funderings- en vloerniveau. Deze omrekening kan op verschillende wijzen en op een uiteenlopend detailniveau worden uitgevoerd.

Zo kunnen maaiveldtrillingen vertaald worden naar trillingsniveaus binnenin een gebouw op basis van empirische omrekenfactoren. In de omrekening wordt rekening gehouden met de wijze waarop trillingen vanuit de bodem de fundering van een gebouw aanstoten en zich daarna voortplanten in het gebouw.

Een meer gedetailleerde aanpak is het opstellen van een rekenmodel. Hierbij kan, afhankelijk van de ligging van de projectlocatie en de complexiteit van het ontwerp, gekozen worden voor een tweedimensionaal rekenmodel of een driedimensionaal rekenmodel. Het is mogelijk om in dit model zowel het gebouw als de omringende bodem op te nemen.

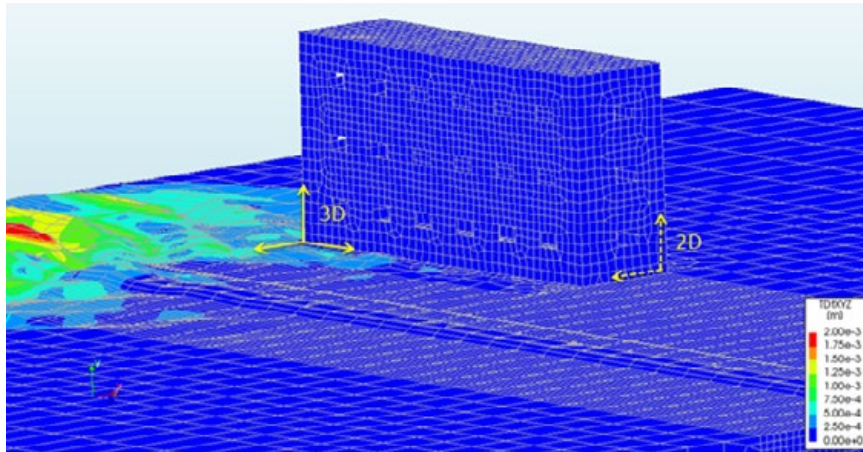
Tabel 10.3 geeft een overzicht van enkele gebruikte modellen.

Tabel 10.3 Selectie van rekenmodellen om de mate van trillingshinder te bepalen

Rekenmodel ¹	Voordelen	Nadelen	Wanneer toepassen?
empirische omrekenfactoren zonder frequentie-afhankelijkheid	snell en relatief makkelijk.	onnauwkeurig (bovengrensbepaling belangrijk); niet of nauwelijks ontwerpoptimalisaties mee te bepalen.	als eerste stap na quick scan; wanneer verwachte trillingsniveaus laag zijn en aan voorschriften voldoen.
detailniveau indicatief (niveau I)			
empirische omrekenfactoren met frequentie-afhankelijkheid	snell en relatief makkelijk; eerste inschatting of opslingering van vloeren kan optreden.	beperkte nauwkeurigheid (bovengrensbepaling belangrijk); nauwelijks ontwerpoptimalisaties mee te bepalen.	wanneer verwachte trillingsniveaus laag zijn en aan voorschriften voldoen
detailniveau indicatief (niveau II)			
tweedimensionaal eindige elementen model	2D geometrische eigenschappen worden mee gemodelleerd; ontwerp specifieke gebouwresponsie wordt bepaald; opslingering van vloeren kan in kaart worden gebracht; effect van aantal maatregelen kan worden bepaald.	model mist een derde richting waardoor geen rekening wordt gehouden met volledige bewegingsvrijheid van gebouw; wanneer derde richting van belang is kan het rekenmodel een onderschatting opleveren; uitvoerder en duurder onderzoek dan op basis van rekenfactoren.	wanneer trillingsgevoeligheid gebouw hoofdzakelijk in twee richtingen te verwachten is, dient door deskundige te worden bepaald.
detailniveau III			
driedimensionaal eindige elementen model	responsie van gebouw wordt geheel in kaart gebracht; effect maatregelen kunnen goed worden bepaald.	uitvoerige modellering en onderzoek; relatief duur onderzoek.	wanneer trillingsgevoeligheid gebouw in drie richtingen te verwachten is. Dient door deskundige te worden bepaald.
detailniveau IV			

¹ Er is onderscheid gemaakt in de vier detailniveaus op basis van een vergelijking van trillingsonderzoeken (zie www.ruimtelijkeplannen.nl) en het onderscheid dat de Federal Transit Administration maakt in de manual Transit Noise and Vibration impact Assessment uit 2006. Deze tabel is indicatief en niet volledig; er zijn verschillende andere rekenmodellen/methodieken toe te passen.

Afbeelding 10.4 Een twee- of driedimensionaal rekenmodel kan enkel het gebouw representeren of het gebouw en de omringende bodem



Zoals genoemd in paragraaf 10.3 ontwikkelt het RIVM een rekenmodel trillingen spoor¹. Onderdeel van dit rekenmodel is een rekenmodule voor gebouwen. Het detailniveau van deze rekenmodule is naar verwachting van 'screenend niveau', vergelijkbaar met indicatief (I en/of II) in bovenstaande tabel.

Een belangrijk aandachtspunt bij het uitvoeren van berekeningen (en ook metingen) is het rekening houden met een mate van onzekerheid en onnauwkeurigheid. Zowel bij het uitvoeren van metingen als bij het uitvoeren van berekeningen worden uitgangspunten gehanteerd en aannames gedaan. Dit resulteert in onnauwkeurigheden (van rekenmodellen of een meetopstelling bijvoorbeeld) en onzekerheden (in bijvoorbeeld uitgangspunten). De norm ISO14837-1 geeft hier aanknopingspunten voor.

¹ Zie www.rivm.nl/geluid/trillingen

10.6 Toetsing aan voorschriften

De berekende verwachte trillingsniveaus in het toekomstige gebouw worden vervolgens getoetst aan de geldende bestemmingsplanregels (zie hoofdstuk 11). Uit de berekeningen volgt of de verwachte trillingsniveaus aan de gestelde regels voldoen. Wanneer in een bestemmingsplan geen regels omtrent trillingen zijn opgenomen, dan is het voor de initiatiefnemer aan te bevelen om de streefwaarden van de SBR-richtlijn (paragraaf 11.5) aan te houden, zie deel A hoofdstuk 6.

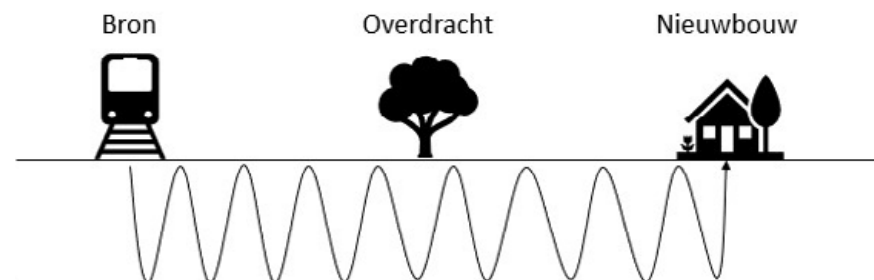
10.7 Afwegen van maatregelen

Wanneer uit de toetsing aan de gestelde regels blijkt dat er overschrijdingen zijn, is het verstandig om maatregelen te treffen. Hierbij geldt afhankelijk van de ruimte in het te hanteren voorschrift dat een afweging op basis van de kosten en de baten kan worden gemaakt. In alle gevallen geldt: door vanaf het allereerste begin van een nieuwbouwininitiatief rekening te houden met trillingen, kan treffen van kostbare maatregelen in latere projectfasen of achteraf beperkt of zelfs voorkomen worden.

Technische trillingsreducerende maatregelen zijn te treffen aan:

- de te realiseren nieuwbouw;
- de bron van de trillingen;
- de trillingsoverdracht door de bodem.

Afbeelding 10.5 Maatregelen kunnen worden gezocht bij de bron, de overdracht en aan de te realiseren nieuwbouw



Voorbeeld: Maatregelen tegen trillingshinder

In Amersfoort zijn in 2003/2004 woningen gerealiseerd die dicht op bestaand spoor werden gebouwd. Hinderklachten op andere plekken waren de aanleiding dat architect en trillingsadviseur in een vroeg stadium hebben samengewerkt. Onderzoek is uitgevoerd op basis van trillingsmetingen en eindige elementen modellen. Dit heeft er toe geleid dat een verzwaarde fundering en trillingsisolatie tussen fundering en bovenbouw is toegepast. De trillingsisolerende voorziening is als extra verkoopargument gebruikt. Bron: Bouwwereld nr. 9, mei 2004



Deze handreiking is geschreven met het oog op nieuwbouw¹, en beschrijft daarom met name maatregelen in de vorm van stedenbouwkundige en bouwtechnische ontwerpprincipes aan de nieuwbouw zelf. Hierbij geldt dat de verwachte effectiviteit van veel maatregelen vooral afhangt van de frequentie-inhoud van de optredende trillingen.

De frequentie-inhoud van trillingssignalen is belangrijk voor de verwachte effectiviteit van maatregelen. Voor het merendeel van trillingsreducerende maatregelen geldt dat de mate van effectiviteit van de maatregel frequentie-afhankelijk is.

Door ProRail is een maatregelcatalogus opgesteld waarin voor een verscheidenheid aan maatregelen een bandbreedte aan te behalen verwachte effectiviteit wordt gegeven (ProRail, Maatregelcatalogus spoortrillingen, 8 januari 2016).

¹En ook voor situaties waarbij sprake is van grootschalige renovatie met functieverandering.

De frequentie-inhoud van de dominante trillingssignalen

De frequentie-inhoud van de dominante trillingssignalen bepaalt mede:

- de wijze waarop trillingen vanuit de bodem een gebouwfundering aanstoten;
- de wijze waarop trillingen zich daarna door het gebouw voortplanten;
- de mate waarin opslinging of vloerresonantie optreedt;
- het verwachte effect van een maatregel.

Deze frequentie-inhoud is daarom belangrijke invoer voor de meeste rekenmodellen. In bijlage I wordt nader op frequentie-inhoud ingegaan.

10.7.1 Maatregelen aan nieuwbouw

Met het toepassen van een maatregel aan nieuwbouw wordt een reductie in trillingsniveaus in die nieuwbouw beoogd. Bij het ontwerp van een nieuw gebouw is hiervoor een verscheidenheid aan maatregelen beschikbaar. Echter niet elke maatregel is voor elke situatie even effectief. Een keuze in welke maatregel (of maatregelen) toe te passen, moet voor elke situatie volgen uit een vervolgonderzoek. Tabel 10.4 geeft een indicatief overzicht van mogelijke maatregelen.

Tabel 10.4 Indicatief overzicht van mogelijke maatregelen aan gebouw

Maatregel	Wanneer reducerend effect?	Indicatie kostprijs*
aanpassen vloeren: dikte en/of overspanning	afhankelijk van de vloerafmetingen: opslingering voorkomen	+
paalfundering toepassen	overdracht van trillingen bodem naar fundering reduceren	++
wijzigen bouw materiaal	massa en stijfheid toevoegen: verlaagt responsie van gebouw op trillingen (soms kan ook extra damping worden gerealiseerd)	+ / ++
fundering inpakken (bijv. EPS blokken aan buitenzijde fundering)	voor hogere frequenties: trillingen worden niet of minder overgedragen van bodem naar fundering	+
fundering verzwaren en verstijven	voor hogere frequenties: trillingen worden niet of minder overgedragen van bodem naar fundering	+ / ++
afveren gebouw (trillingsisolerende blokken tussen fundering en bovenbouw) elastische blokken of stalen veren mogelijk	vermindering overdracht trillingen tussen fundering en bovenbouw: Effectief tot lage frequenties (circa 2 à 3 Hz is mogelijk)	++
vloeren loskoppelen van rest van constructie	vermindering overdracht trillingen van gebouwconstructie naar vloeren, wordt soms toegepast bij zware grote vloeren. Wordt bijvoorbeeld bij bioscopen en dergelijke toegepast	+
verstijvende elementen aanbrengen (bijvoorbeeld bij staalbouw extra muurelementen -> sterk afhankelijk van het gebouwoontwerp)	vermindering overdracht trillingen vanuit bodem naar gebouw door verhoogde stijfheid van constructie.	+ / ++
locatiekeuze gebouw	afstand tussen gebouw en spoor verhogen, locaties nabij wissels, ES-lassen en kunstwerkovergangen zoveel mogelijk vermijden	0

* 0 is nauwelijks extra kosten, + is beperkte extra kosten, ++ is behoorlijke extra kosten

10.7.2 Bronmaatregelen

In sommige gevallen zijn tegen beperkte kosten kansrijke maatregelen aan de bron te treffen: het spoor zelf. In dat geval kan in overleg met de spoorbeheerder overleg worden gevoerd over daadwerkelijke toepassing van dergelijke maatregelen.

De rijsnelheid van treinen heeft invloed op de optredende trillingsniveaus in gebouwen. Er wordt daarom regelmatig door bewoners geopperd dat het verminderen van rijsnelheden van goederentreinen tot minder trillingshinder zou leiden. Dit is echter niet altijd het geval. Uit het onderzoek van DGMR uit 2017¹ is gebleken dat een verlaging van rijsnelheden van goederentreinen niet altijd direct tot lagere optredende trillingsniveaus leidt. Soms blijken goederentreinpassages met lagere rijsnelheid juist tot de hoogste trillingsniveaus in de bodem te leiden, door het samenspel van bodemopbouw, ontwerp en kwaliteit spoorbaan en voertuigdynamica.

10.7.3 Overdrachtsmaatregelen

Een overdrachtsmaatregel is een maatregel in de bodem tussen spoor en gebouw. Zo'n maatregel kan in de vorm van een sloot, maar ook kan een betonwand of ander type wand in de grond worden aangebracht. Dergelijke maatregelen worden ook wel TrillingsReducerende Ondergrondse Constructies genoemd, afgekort TROC. Voor dergelijke maatregelen geldt dat deze in potentie het meest effectief zijn nabij de bron (dichtbij het spoor) of nabij de ontvanger (dicht naast het gebouw).

Sloot of waterpartij

Overdrachtsmaatregelen in de vorm van een sloot of waterpartij kunnen in een vroeg stadium van de planontwikkeling al worden meegenomen. De omgevingsvisie, structuurvisie, het stedenbouwkundig plan en het bestemmingsplan bieden hiertoe uiteenlopende mogelijkheden (zie hoofdstuk 3 en volgende paragraaf). De verwachte effectiviteit van sloten en waterpartijen moet altijd nader worden onderzocht en biedt soms weinig tot geen

¹Landelijk onderzoek gedifferentieerd rijden (TN 105394), DGMR 15 december 2017

meerwaarde. Dit hangt onder andere af van type grondopbouw en frequentie-inhoud van de optredende trillingssignalen. Bij het opstellen van plannen en/of visies kan als vuistregel gehanteerd worden dat hoe dieper en breder de sloot is hoe groter de kans op een gunstige werking.

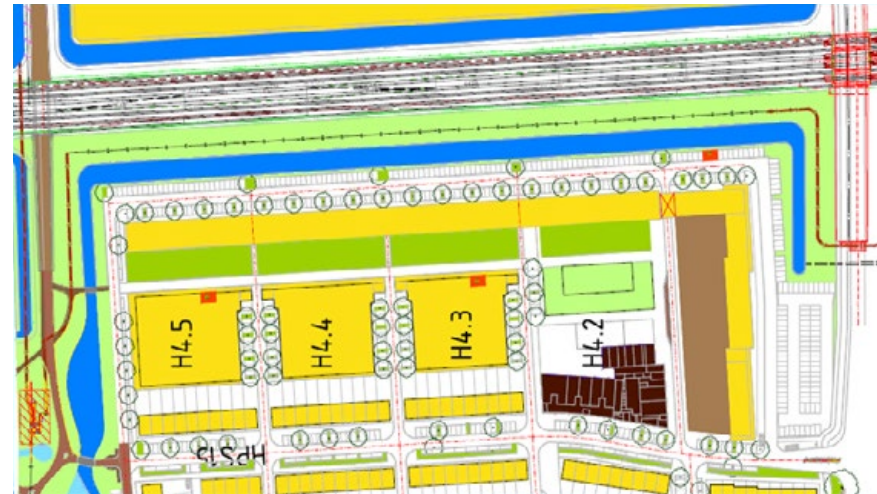
10.8 Stedenbouwkundige basisprincipes

In de stroomschema's in deel A wordt het toepassen van stedenbouwkundige basisprincipes genoemd. De volgende basisprincipes zijn generiek toepasbaar langs spoortracés:

- 1 stuur aan op een zo groot mogelijke afstand tot het spoor. Hoe groter de afstand tot het spoor van een nieuwbouw initiatief hoe kleiner de kans op trillingshinder. Immers trillingsniveaus nemen af naarmate de afstand tot het spoor groter wordt;
- 2 indien er keuze is, realiseer gebouwen die minder trillingsgevoelig zijn het dichtst op het spoor en meer trillingsgevoelige gebouwen daar achter;
- 3 in sommige gevallen is het plaatsen van waterpartijen tussen gebouwen en spoor een optie;
- 4 positioneer gebouwen wat betreft oriëntatie zodanig dat het gebouw wat betreft stijfheid in verschillende richtingen zo gunstig mogelijk werkt (richting waarin gebouw het stijfst is in de richting tot het spoor, dit is vaak de richting van de dragende muren maar hangt sterk van gebouwontwerp af).
- 5 houd afstand tot wissels, ES-lassen en overgangsconstructies zo groot mogelijk¹.

Afbeelding 10.6 toont een voorbeeld van een indeling in het ontwikkelingsgebied Rijswijk Buiten waarin enkele basisprincipes zichtbaar zijn. In het plan is gekozen om een appartementencomplex langs het spoor te bouwen. De blokken met rijtjeshuizen vervolgens daarachter. Daarnaast is gekozen voor een watergang tussen nieuwbouw en het spoor.

Afbeelding 10.6 Voorbeeld van een indeling in het ontwikkelingsgebied Rijswijk Buiten



Stedenbouwkundig programma van eisen

Tijdens de initiatieffase worden de eisen aan de nieuw te bouwen ontwikkeling vaak vastgelegd in een stedenbouwkundig programma van eisen.

Daarbij kan op basis van het type ontwikkeling een eerste indicatie worden verkregen van de mate waarin deze gevoelig is voor trillingen. Bij een nieuw appartementencomplex naast het spoor is het mogelijk om goed te anticiperen op trillingen. Bij het transformeren van een bestaand, solitair schoolgebouw tot woningen is dat waarschijnlijk moeilijker. Tabel 10.5 geeft een globale indeling in categorieën.

¹ Een invloedsgedebiet waarbinnen een verhoging van het trillingsniveau verwacht kan worden, wordt geschat op 50 meter. Deze afstand is binnen verschillende trillingsonderzoeken gehanteerd op basis van metingen.

Tabel 10.5 Indicatieve inschatting trillingshindergevoeligheid per type nieuwbouwontwikkeling¹

Type gebouw	Indicatieve inschatting gevoeligheid spoortrillingen?*	Redenen wel/niet trillingsgevoelig
vrijstaande woning	++	- lichte fundering, - beperkte stijfheid draagconstructie - woonfunctie
geschakelde woning	++	- lichte fundering, - beperkte stijfheid draagconstructie - woonfunctie
rijtjes huizen	++	- lichte fundering, - beperkte stijfheid draagconstructie - woonfunctie
appartementen- of kantorencomplex	+	- middelzware fundering, - afhankelijk van grootte: stijve draagconstructie te verwachten - woonfunctie - kantoorfunctie (hogere streefwaarde dan bij woonfunctie)
hoogbouw	0	- zware fundering verwacht en stijve draagconstructie - woonfunctie - kantoorfunctie
ziekenhuis/laboratorium	+	- zware fundering te verwachten - hoge stijfheid draagconstructie - kritische werkruimte - trillingsgevoelige apparatuur aanwezig?
schoolgebouw	+	- beperkte stijfheid draagconstructie - middelzware fundering (afhankelijk van ontwerp) - onderwijsfunctie

* ++ = meest trillingsgevoelig, + = trillingsgevoelig, 0 = beperkte trillingsgevoeligheid te verwachten

10.9 Kosten van een trillingsonderzoek

Het uitvoeren van een trillingsonderzoek, beschreven in voorgaande paragrafen, leidt tot extra onderzoekskosten. De omvang van de kosten hangt sterk af van de scope van het onderzoek:

- het aantal meetpunten;
- het detailniveau van de berekening;
- het aantal en het type van de af te wegen maatregelen.

De totale kosten van een onderzoek verschillen daarom sterk per project en situatie. Toch is wel een indicatie mogelijk van te verwachten kosten op basis van reeds uitgevoerde onderzoeken. Tabel 10.6 geeft deze indicatie weer, waarbij nadrukkelijk wordt vermeld dat de genoemde bedragen indicatief zijn.

Tabel 10.6 Indicatie kostprijs trillingsonderzoek anno 2019²

Onderdeel	Indicatie van de prijs	Factoren die de prijs beïnvloeden
uitvoeren quick scan	EUR 1.000 - 5.000	- keuze voor bureau - beschikbaarheid gegevens
trillingsmetingen uitvoeren op maaiveld	EUR 5.000 - 15.000 (afhankelijk van het aantal meetpunten)	- aantal meetpunten - wel of geen registratie treinpassages - totale meetduur - eisen aan verwerking
berekening van trillingsniveau in toekomstige nieuwbouw	detailniveau I, II: EUR 5.000 - 20.000	- detailniveau van berekening: opstellen eindige elementen model is kostbaar, zeker wanneer 3D model wordt opgesteld. Het hanteren van empirische factoren daarentegen is minder kostbaar
onderscheid eenvoudig complex	detailniveau III en IV: EUR 15.000 - 40.000	- grootte van nieuwbouw en daaruit volgend model - uit te voeren analyse
afwegen en toepassen maatregel	sterk afhankelijk van type maatregel en ontwikkeling.	- welk type maatregel: een ontwerpwijziging is anders dan het afveren van een woning¹ - detailniveau extra berekening om effectiviteit maatregel te bepalen en aantonen dat met maatregel aan eis wordt voldaan

¹ Het kantoor van RCE+KADE in Amersfoort vlak naast het spoor is op veren geplaatst. De verhoging in bouwkosten bedroeg ca. 5 % door toepassen van de isolatie (Cement, jaargang 2009, nummer 5).

¹ Opmerking: Voor elk type gebouw is van belang dat een onderzoek wordt uitgevoerd. Ook voor indicatief beperkt gevoelige gebouwen kan in sommige situaties een hinderlijk trillingsniveau optreden.

² Opmerking: de kostenindicaties in bovenstaande tabel zijn enkel om een indruk te krijgen van de orde grootte van bedragen.

10.10 Deskundige partijen

Bij het berekenen van verwachte trillingsniveaus is het van belang dat een deskundige partij betrokken is die ervaring heeft met modelleren en de dynamica van constructies en grond. Bij verschillende grote en kleinere advies- en ingenieurbureaus, is deze kennis aanwezig.

11 WET- EN REGELGEVING



11.1 Beperkte wet- en regelgeving

Er bestaat op dit moment geen wetgeving voor trillingen. Toch biedt het bestaande wet- en regelgevende kader verschillende handvatten voor de omgang met trillingshinder bij nieuwbouw.

11.2 Wet ruimtelijke ordening

Trillingsgevoelige bestemmingen, bijvoorbeeld woningen of gezondheidszorg, die niet binnen het geldende bestemmingsplan passen worden op grond van de Wet ruimtelijke ordening meestal mogelijk gemaakt met een nieuw bestemmingsplan of soms door een omgevingsvergunning 'afwijken van het bestemmingsplan'. Artikel 3.1 van de Wet ruimtelijke ordening waarborgt een goede ruimtelijke ordening in algemene zin, en daarmee dus ook het zorgvuldig omgaan met trillingen en hinder daarvan (voor zover ruimtelijk relevant).

Bij zo'n planologisch besluit moet gemotiveerd worden dat sprake is van een 'goede ruimtelijke ordening'. Vaak gebeurt dit door het uitvoeren van milieu- en omgevingsonderzoeken. Onderzocht wordt wat de effecten van de ontwikkeling op de omgeving zijn en wat de impact van nabijgelegen bronnen van milieuhinder op de ontwikkeling is. Op basis van de resultaten van deze onderzoeken wordt vervolgens zo nodig gezocht naar maatregelen om effecten te kunnen voorkomen, te verminderen of te compenseren. Het moeten motiveren van een goede ruimtelijke ordening bij een planologisch besluit biedt dus een grond voor het zorgvuldig omgaan met spoortrillingen bij een nieuwbouwontwikkeling die afwijkt van het bestemmingsplan.

11.3 Tracéwet

Voor de aanleg, wijziging of het opnieuw in gebruik nemen van een landelijke spoorweg is op grond van de Tracéwet een Tracébesluit benodigd, dat door de minister wordt genomen. Bij een Tracébesluit is een verantwoording nodig van de effecten van de aanleg of wijziging van de spoorweg op de omgeving en van de maatregelen die worden genomen. Dit om ervoor te zorgen dat de effecten

binnen de geldende normen vanuit wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen blijven voor relevante milieuthema's.

In de Tracéwet is de verplichting opgenomen dat de minister de gevolgen van de ingebruikneming van de aan te leggen of te wijzigen landelijke spoorweg binnen een vastgestelde termijn onderzoekt. Daarnaast geldt op grond van de Wet milieubeheer voor projecten waar een milieueffectrapportage is opgesteld, wat bij aanleg of wijziging van landelijke spoorwegen over het algemeen aan de orde is, een plicht tot evaluatie van de feitelijke milieugevolgen van het plan. Dit biedt een handvat om in situaties waar recent een spoorweg is aangelegd of is gewijzigd na te gaan hoe de trillingssituatie in de praktijk is en of er (alsnog) maatregelen nodig en mogelijk zijn.

11.4 Beleidsregel trillinghinder spoor

De Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts) is een beleidsregel over trillingshinder die bedoeld is voor de vaststelling van tracébesluiten voor de aanleg, wijziging of het opnieuw in gebruik nemen van een landelijke spoorweg. De regel is dus specifiek van toepassing bij spoorprojecten waarvoor een Tracébesluit nodig is. Wanneer er sprake is van nieuwbouwontwikkeling langs het spoor, is er in de meeste gevallen geen sprake van een Tracébesluit-procedure, tenzij er een (integrale) gebiedsontwikkeling is waar een wijziging van het spoor onderdeel van is. Wanneer er geen sprake is van een tracébesluit wordt vaak de SBR-richtlijn gehanteerd (zie paragraaf 11.5).

11.5 SBR-richtlijn

Een belangrijk en voor veel situaties te gebruiken toetsingskader is de SBR-richtlijn 'Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen'. Deze richtlijn bestaat uit drie delen:

- deel A schade aan gebouwen;
- deel B hinder voor personen in gebouwen;
- deel C storing aan apparatuur.

De richtlijn sluit grotendeels aan bij internationale richtlijnen (Duitse norm DIN 4150, ISO 2631/2) en gaat in op het meten van trillingen en op een beoordelingssystematiek. De richtlijn heeft alleen betrekking op trillingen die van buiten het te beoordelen gebouw komen. Dit betekent dat het gaat om trillingen die via de ondergrond en de funderingen het gebouw bereiken. Dat is ook het beoordelingscriterium voor deel A (schade aan gebouwen). Deel A kent een herziene versie van eind 2017. Bij deel B (hinder voor personen in gebouwen) worden de trillingen gemeten op vloeren, omdat daar de hinder optreedt. Op te merken valt dat de richtlijn zich toespitst op het meten en beoordelen. De richtlijn gaat dan ook niet in op bouwkundige adviezen.

De SBR richtlijn deel B wordt in de praktijk veelvuldig toegepast. Door het ontbreken van een wettelijk kader waarin grenswaarden zijn gedefinieerd, is bij het opstellen van voorliggende handreiking gekozen om aan te sluiten bij de huidige praktijk en is het advies om de SBR-richtlijn deel B als toetsingskader op te nemen/te hanteren. Met de wetenschap dat er onderzoek gaande is naar onder andere dosis-effect-relaties en te hanteren blootstellingsmaten (zie paragraaf 1.2), geldt de SBR-richtlijn deel B op dit moment als 'best-practice'.

Trillingen kunnen directe hinder tot gevolg hebben en kunnen tot laagfrequent geluid leiden. Dit is geluidsafstraling van trillende wanden en/of vloeren. Laagfrequent geluid blijkt hinderlijk wanneer de primaire paden van geluid zijn geblokkeerd, zoals in een tunnelsituatie. De SBR-richtlijn geldt niet voor laagfrequent geluid. Paragraaf 12.2 van deze handreiking geeft een korte toelichting op laagfrequent geluid.

11.5.1 Beoordelingssystematiek

Deze handreiking richt zich op hinder door trillingen spoor en daarom wordt nader ingegaan op de SBR-richtlijn deel B. De SBR-richtlijn deel B kent twee toetsingsgrootheden, namelijk $V_{\max}$ en V_{per} . De $V_{\max}$ representeert het maximale te verwachten trillingsniveau. De V_{per} is een periodiek trillingsniveau, wat wil zeggen een (energetisch) gemiddelde waarde over een beoordelingsperiode. Zie hoofdstuk 9 van de SBR-richtlijn.

De richtlijn maakt gebruik van streefwaarden. Over het algemeen is voor een mens een $V_{\max}$ groter dan 0,1 voelbaar. De richtlijn geeft aan dat bij nieuwbouw indien $V_{\max}$ niveaus onder de streefwaarde A1 (0,1 voor woningen) liggen er wordt voldaan aan de richtlijn. Liggen de $V_{\max}$ niveaus hoger maar onder de streefwaarde A2 (van 0,2 voor woningen) én V_{per} ligt onder de streefwaarde A3 (van 0,05 voor woningen) dan wordt ook voldaan aan de streefwaarden in de richtlijn. Tabel 11.1 geeft de streefwaarden weer voor een nieuwe situatie (waaronder nieuwbouw langs het spoor), tabel 11.2 geeft de streefwaarden volgens de richtlijn voor een bestaande situatie.

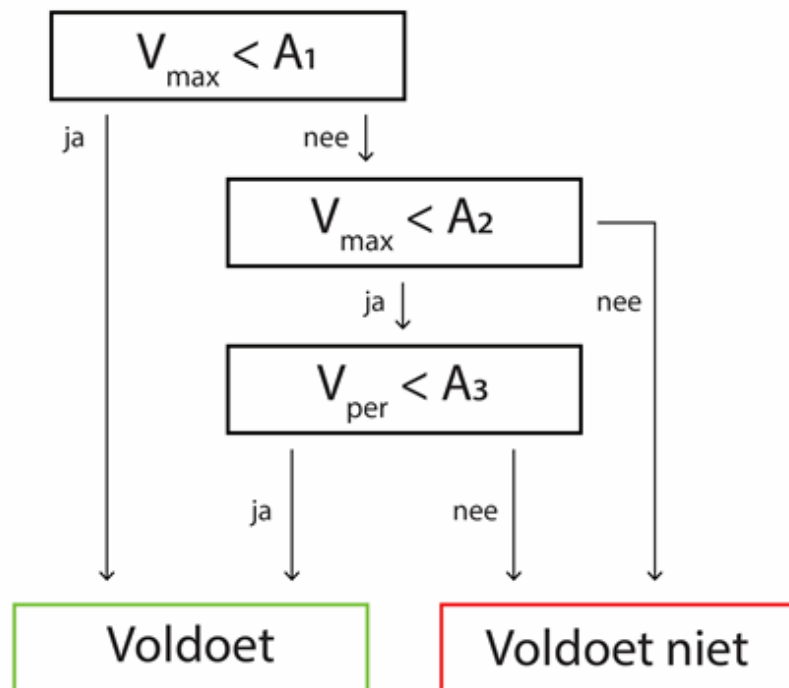
Tabel 11.1 Gehanteerde streefwaarden nachtperiode¹, volgend uit de SBR B (nieuwbouw)

Gebouwfunctie	Streefwaarde		
	$V_{\max}$ (A1)	$V_{\max}$ (A2)	V_{per} (A3)
gezondheidszorg	0,1	0,2	0,05
wonen	0,1	0,2	0,05
kantoor en onderwijs	0,15	0,6	0,07
bijeenkomsten	0,15	0,6	0,07
kritische werkruimte	0,1	0,1	-

¹ In de tabel worden de streefwaarden voor de nachtperiode gegeven omdat deze voor $V_{\max}$ A2 strenger zijn dan voor de dagperiode en daarom vaak leidend. Voor de dagperiode zie tabel 2 uit de SBR-richtlijn deel B.

De toetsing wordt grafisch weergegeven met afbeelding 11.1.

Afbeelding 11.1 Wijze van toetsing van de geconstateerde trillingsniveaus aan de streefwaarden uit tabel 11.1



Voor bestaande bouw geeft de richtlijn ruimere streefwaarden (tabel 11.2).

Tabel 11.2 Gehanteerde streefwaarden nachtperiode¹, volgend uit de SBR-richtlijn deel B (bestaande bouw)

Gebouwfunctie	Streefwaarde		
	$V_{\max} (A1)$	$V_{\max} (A2)$	$V_{\text{per}} (A3)$
gezondheidszorg	0,2	0,4	0,1
wonen	0,2	0,4	0,1
kantoor en onderwijs	0,3	1,2	0,15
bijeenkomsten	0,3	1,2	0,15
kritische werkruimte	0,1	0,1	-

¹ In de tabel worden de streefwaarden voor de nachtperiode gegeven omdat deze voor $V_{\max} A2$ strenger zijn dan voor de dagperiode en daarom vaak leidend. Voor de dagperiode zie tabel 3 uit de SBR-richtlijn deel B.

De SBR-richtlijn geeft ter aanvulling in bijlage V waarden voor de kwalificatie van hinder voor weg- en railverkeer. Deze waarden zijn gegeven in tabel 11.3.

Tabel 11.3 Hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer volgens SBR-B bijlage V

$V_{\max}$	Hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 – 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

11.5.2 Toetsing $V_{\max}$ en V_{per} bij spoortrillingen

De $V_{\max}$ heeft als doel het maximale optredende trillingsniveau te toetsen op mate van hinder. De grootheid V_{per} heeft als doel een gemiddelde over een tijdsduur (beoordelingsperiode) te toetsen op mate van hinder. Het aantal treinpassages speelt immers ook een rol in de mate van ervaren hinder. Met het oog op spoortrillingen kunnen enkele vuistregels worden gehanteerd bij het gebruik van streefwaarden voor nieuwbouw;

- 1 voorkomen van hinder wordt bewerkstelligd door voor $V_{\max}$ een maximale waarde van 0,1 te hanteren, V_{per} is dan niet meer relevant;
- 2 voor niveaus van $V_{\max}$ tussen 0,1 en 0,2, bestaat de verwachting dat er in de meeste gevallen aan de streefwaarde van V_{per} wordt voldaan;
- 3 voor $V_{\max}$ tussen de 0,2 en 0,4 bestaat er een kleine verwachting dat V_{per} niet aan de streefwaarde zal voldoen, afhankelijk van hoe vaak maatgevende passages optreden;
- 4 voor $V_{\max}$ groter dan 0,4 bestaat er een verwachting dat V_{per} niet aan de streefwaarde zal voldoen, afhankelijk van hoe vaak maatgevende passages optreden.

11.5.3 Streefwaarden

De SBR-richtlijn deel B spreekt over streefwaarden die er op gericht zijn hinder door trillingen te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Indien streefwaarden worden overschreden, is het raadzaam om overleg te laten plaatsvinden tussen de betrokken partijen. Afhankelijk van de omstandigheden kan vervolgens een afweging worden gemaakt van de mate waarin de geconstateerde trillingsterkte acceptabel is, aldus de SBR-richtlijn in artikel 10.5.1.

Wanneer bevoegd gezag de SBR-richtlijn deel B hanteert, dan is het verstandig om de streefwaarden uit de richtlijn expliciet voor te schrijven.

11.6 Overige kaders

11.6.1 Algemene Plaatselijke Verordening

Binnen bouwprojecten moet ook rekening worden gehouden met Algemene Plaatselijke Verordeningen (APV). Op gemeentelijk niveau kan in de APV regelgeving over trillingen worden opgenomen. In de praktijk wordt dit door slechts enkele gemeenten gedaan. Meestal heeft dit dan betrekking op trillingen tijdens de bouwfase, voor zover niet geregeld in artikel 8.4 van het Bouwbesluit, en niet op de eindsituatie van een ruimtelijke ontwikkeling.

Regelgeving trillingen in de APV

De gemeente Amstelveen heeft bijvoorbeeld een afwegingskader bouwlawaai bij bouw- en sloopwerkzaamheden van langdurige projecten opgesteld (van 23-11-2018). In dit kader wordt de SBR-richtlijn deel B aangehaald en nadere invulling gegeven aan het ontheffingsregime trillinghinder. Zie <http://decentrale.regelgeving.overheid.nl>

11.6.2 Privaatrechtelijke kaders

Daarnaast kunnen privaatrechtelijke kaders worden gemaakt, door bijvoorbeeld voorwaarden aan afnemers mee te geven bij kaveluitgifte door een gemeente. Hierin kunnen afspraken zijn opgenomen die ten doel hebben om de trillingshinder te beperken, en voor te schrijven hoe op bepaalde kavels in het ontwerp en de uitvoering rekening kan of moet worden gehouden met spoortrillingen. Vanuit een juridische optiek verdient het de voorkeur dit soort voorwaarden zoveel mogelijk via een bestemmingsplan (zie hoofdstuk 5) of een omgevingsvergunning afwijken (zie hoofdstuk 6) vast te leggen. Hiermee wordt strijd met de zogenaamde 'tweewegenleer' voorkomen. Deze leer houdt -kort gezegd- in dat een overheid zaken niet privaatrechtelijk mag regelen wanneer het ook publiekrechtelijk kan.

11.6.3 Bouwbesluit en Activiteitenbesluit milieubeheer

Het Bouwbesluit en het Activiteitenbesluit zijn relevante kaders voor ruimtelijke ontwikkelingen en de vergunningverlening. In het Bouwbesluit en Activiteitenbesluit wordt voor het onderwerp trillingen verwezen naar de SBR-richtlijn B. De beide besluiten bevatten zelf geen zelfstandige of aanvullende regelgeving over trillingen.

11.7 Omgevingswet

In 2021 treedt naar verwachting de Omgevingswet in werking. Deze wet brengt 26 wetten en een veelheid aan regels samen tot één nieuwe wet. Het motto van deze wet is 'ruimte voor ontwikkeling, waarborgen voor kwaliteit'. Dit is vertaald in twee maatschappelijke doelen:

- een veilige en gezonde fysieke leefomgeving en een goede omgevingskwaliteit bereiken en in stand houden;
- de fysieke leefomgeving doelmatig beheren, gebruiken en ontwikkelen om er maatschappelijke behoeften mee te vervullen.

Met de invoering van de Omgevingswet komen er vier nieuwe Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB's):

- 1 het Omgevingsbesluit;
- 2 het Besluit kwaliteit leefomgeving;
- 3 het Besluit bouwwerken leefomgeving;
- 4 het Besluit activiteiten leefomgeving.

In deze besluiten zijn (voorsnog) geen inhoudelijke bepalingen of regels over trillingen opgenomen. Het Besluit kwaliteit leefomgeving verwijst naar het Activiteitenbesluit milieubeheer en naar SBR-richtlijn deel B. Het Besluit bouwwerken leefomgeving bevat regelgeving over trillingen tijdens de bouwfase. Een beperking hierbij is dat regels enkel gelden voor gebouwen met geluidsgevoelige ruimten. Hierdoor geldt dit bijvoorbeeld niet voor kantoorpanden.

Met de invoering van de Omgevingswet komt er ruimte voor meer lokale afweging in de besluitvorming dan nu het geval is. Onder de werking van de Omgevingswet wordt het bijvoorbeeld mogelijk om in een omgevingsplan omgevingswaarden vast te stellen, die voor de fysieke leefomgeving of een onderdeel daarvan onder meer bepalen:

- de gewenste staat of kwaliteit;
- de toelaatbare belasting door activiteiten.

De omgevingswaarde wordt bij voorkeur uitgedrukt in meetbare of berekenbare eenheden of anderszins in objectieve termen en kan niet in strijd zijn met omgevingswaarden van provincie of rijksoverheid.

Dit betekent dat voor omgevingsplannen niet de beperking geldt dat regels ter voorkoming van trillingshinder alleen mogen worden gesteld ten behoeve van een 'goede ruimtelijke ordening'. Het lijkt er dus op dat het onder de werking van de Omgevingswet voor gemeenten makkelijker wordt voorwaarden te stellen aan een nieuwbouwproject ter voorkoming van trillingshinder.

Omgevingswaarden kunnen alleen worden gesteld wanneer er geen strijd ontstaat met landelijke regels, zoals het Besluit bouwwerken leefomgeving.

12 BIJZONDERE SITUATIES



Deze handreiking richt zich voornamelijk op trillingen die plaats kunnen vinden bij nieuwbouw langs reguliere spoortracés. In dit hoofdstuk wordt het toepassingsbereik van deze handreiking in andere situaties uiteengezet:

- bij trillingen door trams en metro's (zie paragraaf 12.1);
- bij het ontstaan van laagfrequent geluid door spoortrillingen (zie paragraaf 12.2);
- het gebruik van trillingsgevoelige apparatuur in gebouwen nabij spoortracés (zie paragraaf 12.3).

12.1 Trillingen door tram en metro

De handreiking is primair geschreven met het oog op nieuwbouw langs het hoofdspoorwegennet. In veel opzichten is het omgaan met trillingen door tram en metro vergelijkbaar met trillingen door treinspoor.

Er zijn echter ook verschillen. Zo leert de ervaring dat hinder door laagfrequent geluid bij metro's en trams vaker speelt dan bij spoorwegtrillingen. Dit komt onder andere doordat optredende trillingssignalen bij metro's en trams een andere frequentie-inhoud laten zien.

Mede hierdoor zijn bij situaties rondom tram- en metrolijnen andere maatregelen effectief dan langs reguliere spoortracés. Bij metro's en trams wordt regelmatig een bronmaatregel getroffen, zoals het ingieten van spoorstaven of het toepassen van 'floating slab track'¹. Bij het voorkomen van trillingshinder bij nieuwbouw rond tram- en metrospoorlijnen kunnen dezelfde onderzoeksstappen doorlopen worden als bij spoorwegtrillingen.

12.2 Laagfrequent geluid als gevolg van spoortrillingen

Spoortrillingen kunnen laagfrequent geluid binnenin gebouwen tot gevolg hebben, ook wanneer de trillingen zelf niet voelbaar zijn. Laagfrequent geluid door spoortrillingen wordt vaak geassocieerd met situaties waarbij het geluid van de trein zelf wordt geblokkeerd, zoals bij een tunnel of in sommige gevallen bij geluidschermen. Het kan echter ook optreden langs spoorwegen op maaiveld. Laagfrequent geluid treedt op wanneer een gebouw in trilling wordt gebracht en constructiedelen (wanden en vloeren bijvoorbeeld) van het gebouw

door de trilling geluid afstralen. Dit geluid heeft een laagfrequent karakter. Dat wil zeggen dat de dominante frequenties meestal in de 31,5-, 63- of 125 Hz-octaaftand liggen, zie ISO14837-1.

Wanneer sprake is van rangeerterreinen dicht bij nieuwbouwlocaties kan laagfrequent geluid ook tot hinder leiden, doordat locomotieven hier regelmatig stationair draaien en als laagfrequente geluidsbron fungeren. Er is dan sprake van direct geluid en niet zozeer van trillingen die tot laagfrequent geluid binnenin een gebouw leiden.

Toetsingskader laagfrequent geluid

Net als bij trillingen zijn er voor laagfrequent geluid geen wettelijke grenswaarden. Wel zijn er verschillende richtlijnen beschikbaar. Bij laagfrequent geluid als gevolg van spoortrillingen wordt regelmatig de methode de Ruiter gehanteerd, maar wordt ook wel de 'Vercammen-curve' of de NSG-richtlijn toegepast. De 'Vercammen-curve' is door het ingenieursbureau Peutz B.V. opgesteld en de NSG-richtlijn door de Nederlandse Stichting Geluidshinder. Methode de Ruiter is door gemeentewerken Rotterdam opgesteld.

De verschillende curves definiëren per frequentieband (octaafband) een toelaatbare grenswaarde. De methode de Ruiter geeft ook een grens voor de totale dB(A)-waarde voor frequenties tussen de 1 en 250 Hz.

Deze handreiking is geschreven met het oog op spoortrillingen en niet op laagfrequent geluid. Indien de gemeente of initiatiefnemer voornemens is nieuwbouw te voorzien op een locatie die te maken heeft met laagfrequent geluid, dan bepaalt het bevoegd gezag of voor de specifieke situatie voorschriften opgesteld moeten worden om te borgen dat de laagfrequente geluidsniveaus van aanvaardbare omvang blijven.

12.3 Trillingsgevoelige apparatuur

Wanneer in nieuwbouw trillingsgevoelige apparatuur is voorzien, kan de SBR-richtlijn deel C worden toegepast. Bij trillingsgevoelige apparatuur is het van belang om te bepalen aan welke eisen de apparatuur dient te voldoen, voordat maatregelen kunnen worden onderzocht. Deze handreiking gaat niet verder in op trillingsgevoelige apparatuur.

¹Bij een floating slab track is de rail op een betonnen spoorplaat gemonteerd. Een veerkrachtige laag of veersysteem ondersteunt deze plaat en dempt trillingen.

13 LIJST VAN AFKORTINGEN



Tabel 13.1 Lijst van afkortingen

Afkorting	Betekenis
2D	Tweedimensionaal
3D	Driedimensionaal
AMvB	Algemene Maatregelen van Bestuur
APV	Algemene Plaatselijke Verordening
Awb	Algemene wet bestuursrecht
Bro	Besluit ruimtelijke ordening
Bts	Beleidsregel trillinghinder spoor
CUR	Centrum Uitvoering en Research
dB	Decibel
DIN	Deutsches Institut für Normung
DO	Definitief ontwerp
EPS	Expanded polystyrene
EUR	Euro
ES-las	Elektrische scheidingslas
Hz	Hertz
ISO	Internationale Organisatie voor Standaardisatie
mm/s	millimeter per seconde
NSG	Nederlandse Stichting Geluidshinder
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SBR	Stichting Bouwresearch
TROC	TrillingsReducerende Ondergrondse Constructies
$V_{\max}$	De $V_{\max}$ representeert het maximale te verwachten trillingsniveau (zie paragraaf 11.5.1)
V_{per}	De V_{per} is een periodiek trillingsniveau (zie paragraaf 11.5.1)
WABO	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht

BIJLAGE(N)



BIJLAGE I: AANDACHTSPUNTEN BIJ ONDERZOEK NAAR TRILLINGEN LANGS SPOOR

Het uitvoeren en interpreteren van een trillingsmeting op maaiveld

De huidige praktijk bij nieuwbouwprojecten is dat als eerste stap trillingsmetingen worden uitgevoerd op maaiveld. Dit geeft een beeld van de optredende trillingsniveaus op maaiveld. Om een voldoende representatief beeld te verkrijgen, is een minimaal benodigde meetduur van een week nodig. Gewaarborgd dient te worden dat voldoende maatgevende treinpassages worden gemeten.

De wijze van plaatsen van trillingsmeters is een belangrijk aandachtspunt. De metingen moeten een representatief beeld geven van de beweging van de ondergrond. Daarom is het verstandig de trillingsmeters in te graven onder maaiveld om te voorkomen dat enkel de trilling van de losgepakte toplaag wordt gemeten en niet de beweging van het grondmassief. Daarbij kan de meter bijvoorbeeld op een stoeptegel worden geplaatst of direct met voetplaat op vastgepakt zand¹.

Voor de locatie van de metingen is het toekomstige funderingspunt dat het dichtst op het spoor ligt de voorkeurslocatie, behalve bij aanwijzing dat een ander punt maatgevender is. Er dient een minimum van twee meetpunten te worden gekozen, om de invloed van eventuele lokale verstoringen in de ondergrond te beperken. Afhankelijk van de grootte van het bouwproject (oppervlak van het terrein) dienen meer meetpunten te worden gekozen.

Als resultaat van de metingen conform SBR-richtlijn deel B² volgen opgetreden $V_{\text{eff,max}}$ waarden per 30 seconde intervallen als gevolg van treinpassages. Er volgt een verdeling over de week van de opgetreden niveaus.

Afbeelding I.1 Trillingsmeter beperkt ingegraven

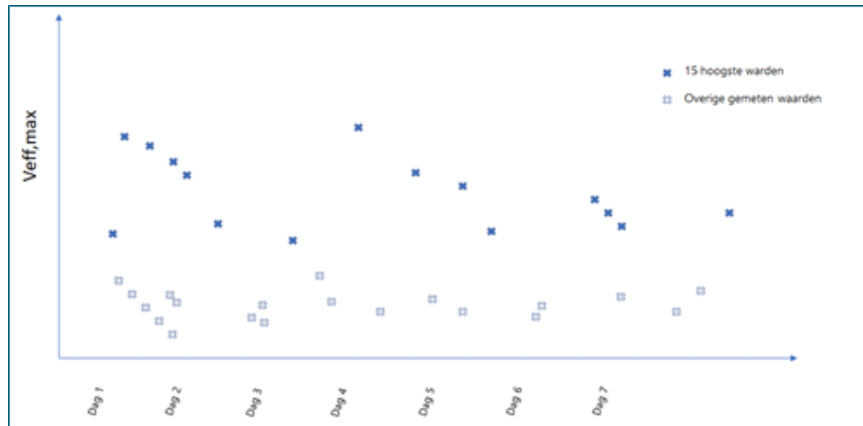


De SBR-richtlijn deel B geeft als mogelijkheid de vijftien hoogste waarden te gebruiken om tot een statistisch maximum te komen, de $V_{\text{eff,max,stat}}$. Om een duidelijk beeld van de spreiding in waarden te krijgen is het verstandig om zowel het hoogst gemeten niveau V_{max} als de $V_{\text{eff,max,stat}}$ te bepalen en deze naast elkaar te leggen. Bij grote verschillen is er een sterk variërend treinbeeld en moet het verwachte treinbeeld extra zorgvuldig bekeken worden. Zie SBR-richtlijn deel B artikel 9.6 voor de bepalingswijze. De navolgende afbeelding toont een voorbeeld van een verdeling van gemeten niveaus.

¹ Het RIVM heeft als onderdeel van het opstellen van een rekenmodel onderzocht hoe een trillingsmeter het beste op/in de bodem kan worden gemonteerd. Dit wordt naar verwachting opgenomen in een meetprotocol welke door het RIVM samen met het rekenmodel wordt gepubliceerd.

² In paragraaf 11.5 wordt beschreven dat deze handreiking de SBR-richtlijn deel B hanteert en niet de Beleidsregel trillinghinder spoor of een ander kader.

Afbeelding I.2 Voorbeeld resultaat trillingsmetingen



Deze handreiking hanteert de huidige SBR-richtlijn deel B hoe op basis van metingen tot een toetswaarde van $V_{\max}$ te komen. Er zijn echter ook andere methoden. De Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts) kent een achterliggend document waarin een andere statistische methode wordt beschreven om tot een $V_{\max}$ waarde te komen uit trillingsmetingen dan de methode uit de SBR-richtlijn deel B. In het nieuwe rekenmodel dat het RIVM op dit moment opstelt, wordt ook een andere aanpak gehanteerd dan de methode uit de SBR-richtlijn deel B.

Nadat de metingen zijn uitgevoerd is het belangrijk dat de meetdata zorgvuldig worden opgeslagen en beschikbaar blijven voor de vervolgstappen van het onderzoek. Daarbij is van belang dat zowel de trillingsniveaus als de frequentie-inhoud beschikbaar blijft. Dit kan door enkel maximale trillingsniveaus ($V_{\text{eff,max},i}$) en bijbehorende dominante frequenties op te slaan maar het heeft de voorkeur om de gemeten trillingssignalen met voldoende hoge sampledichtheid te bewaren. Dit wil zeggen: trillingssignalen met per seconde voldoende veel meettijdstippen, bijvoorbeeld 500 Hz of meer zodat achteraf de signalen verwerkt kunnen worden en de frequentie-inhoud bepaald kan worden. Zie ook de alinea over frequentie-inhoud op de volgende pagina.

In sommige trillingsonderzoeken en/of methodieken worden trillingsniveaus in decibel gegeven. Dit in tegenstelling tot de SBR-richtlijn. Wanneer trillingsniveaus in decibel worden gepresenteerd is het trillingsniveau in mm/s omgerekend naar decibel volgens: $L_v = 20 \cdot \log_{10}(V_{\max}/V_{\max\text{-ref}})$. Hier is $V_{\max\text{-ref}}$ een referentieniveau en $V_{\max}$ het betreffende trillingsniveau

Modelberekeningen

In paragraaf 10.5 wordt ingegaan op modelberekeningen. In die paragraaf wordt onderscheid gemaakt in verschillende detailniveaus van een aantal beschikbare rekenmodellen. Opgemerkt wordt dat er andere modellen beschikbaar zijn en dat het aan een deskundige partij is om te bepalen welk model toe te passen voor een specifiek project. In deze paragraaf worden enkele methodes kort toegelicht.

Het handboek voor damwandconstructies van de CURBouweninfra (CUR166¹) noemt factoren die gehanteerd kunnen worden om een inschatting te maken van verwachte trillingniveaus met het oog op heien en intrillen van damwanden en/of heipalen. Het handboek maakt onderscheid in verschillende typisch Nederlandse grondprofielen en beschrijft hoe trillingen afnemen met afstand tot de bron volgens de Barkan curve die van een exponentiele afname uitgaat. Een internationaal toegepaste methode van de Federal Transit Administration uit de Verenigde Staten² geeft afhankelijk van type funderingen en type gebouw factoren in decibel waarmee een toe- of afname ten op zichte van maaiveld kan worden berekend. Hierbij kan een toename van detailniveau worden verkregen door frequentie-afhankelijkheid toe te passen. De manual kent onderscheid in een screenend, general en detailed assesment. Er zijn ook verschillende rekensoftwaretools beschikbaar die door Nederlandse ingenieursbureaus zijn ontwikkeld, zoals de rekentool Geomilieu. Hoe trillingsniveaus afnemen met afstand tot het spoor wordt vaak berekend met de Barkancurve (zie de CUR 166).

Voor het opstellen van eindige elementen modellen zijn verschillende software producten beschikbaar. De optie tot het uitvoeren van dynamische (tijdsafhankelijke) berekeningen is daarbij van belang. Enkele veelgebruikte pakketten zijn ANSYS, LS DYNA, COMSOL, DIANA en ABAQUS.

¹ CUR166 Damwandconstructies, 6e druk 2012, SBRCurnet

² Zie de manual Transit Noise and Vibration Impact Assessment uit 2006 van de Federal Transit Administration, te vinden op <https://www.transit.dot.gov/>

Frequentie-inhoud

Zoals in deel B van de handreiking meermaals is benoemd is de frequentie-inhoud van trillingssignalen belangrijk. De frequentie-inhoud van een trillingssignaal maakt duidelijk uit welke frequenties het signaal is opgebouwd, oftewel welke oscillaties het sterkst voorkomen in het signaal. Zo kan het zijn dat een signaal grotendeels bestaat uit een enkele golfbeweging (oftewel een enkele sinus-vorm), dan toont de frequentie-inhoud dat het signaal gedomineerd wordt door één frequentie. Een signaal kan echter ook opgebouwd zijn uit meerdere of een heleboel frequenties (zogenaamd breedbandig signaal), in dat geval is er niet één golf beweging te herkennen.

De frequentie-inhoud van een trillingssignaal wordt bepaald door op een tijdsignaal een zogenaamde Fourier transformatie toe te passen. Daarmee kan de amplitude uitgezet worden tegen frequentie. Deze grafieken geven een beeld van de frequentie-inhoud. Van belang is om te weten hoe de signalen van de maatgevende treinpassages eruit zien, om bijvoorbeeld in het ontwerp van nieuwbouw opslinging te kunnen voorkomen, maar ook om de effectiviteit van bepaalde maatregelen te kunnen inschatten.

Afbeelding I.3 Frequentie-inhoud van een trillingssignaal

