

## Reactie NEN op aanbeveling SodM om NPR9998 opnieuw te kalibreren

[naam medewerker] (voorzitter NEN Werkgroep Aardbevingen)

Namens NEN Werkgroep Aardbevingen

19-10-2020

### Introductie

In een onlangs uitgekomen rapport van SodM “Onderzoek naar het gebruik van de NPR 9998 en de HRA in de versterkingsopgave”, wordt een uitvoerige vergelijking gepresenteerd tussen de HRA aanpak en de aanpak van de NPR 9998. Deze vergelijking voorziet in een behoefte, omdat veel discussie is gevoerd over de interpretatie van de doelstelling van de beide methoden en over de wijze van implementeren van de eisen ten aanzien van de constructieve veiligheid.

In haar rapport doet SodM tevens de volgende aanbeveling (punt *iii* op blz. 7):

“Kalibreer de NPR 9998 opnieuw met behulp van de laatste wetenschappelijke inzichten aan de wettelijke veiligheidsnorm van  $10^{-5}$ . Onderzoek daarbij of de huidige methode om de NPR 9998 te kalibreren aan de wettelijke veiligheidsnorm van  $10^{-5}$  de beste manier is om te toetsen of gebouwen daadwerkelijk aan de veiligheidsnorm voldoen. Onderzoek ook of met de huidige stand van kennis deze kalibratiemethode passend is bij een afnemende seismische dreiging en voor de verschillende gebouwen (-typologieën) in Groningen”.

SodM noemt op onderdelen een aantal argumenten die tot de genoemde aanbeveling hebben geleid. In deze reactie (cursieve tekst) zal op deze argumenten worden ingegaan en zal de aanbeveling als geheel nader worden geëvalueerd.

### Reactie op specifieke vragen van SodM

#### 1. Bepaling van de kans om slachtoffer te worden van een aardbeving

Om een praktische methode te bieden voor de vraag of aan de eis  $IR < 10^{-5}$  is voldaan wordt uitgegaan van een aardbeving met een gedefinieerde herhalingsperiode (éénmaal optredend in 2475 jaar). Daarnaast wordt in aanmerking genomen dat het IR mede afhangt van de kans op instorten van het gebouw waarin men verblijft. Om dit in rekening te brengen zijn “kwetsbaarheidscurven” afgeleid. Bij een uitzonderlijk zware aardbeving wordt de kans om slachtoffer te worden logischerwijze groter als men in een huis met lage seismische weerstand woont. De aspecten “belasting” en “kwetsbaarheid” zijn gecombineerd om tot de maatgevende seismische belasting te komen waarbij de kans om slachtoffer te worden maximaal gelijk is aan  $10^{-5}$ .

SodM wijst er op dat bij de hiervoor beschreven afleiding van de maatgevende seismische belasting is uitgegaan van slechts één gemiddelde kwetsbaarheidscurve voor alle gebouwen in het gehele gebied, terwijl de kwetsbaarheid sterk van het type gebouw afhangt. Door deze wijze van afleiden van de maatgevende seismische belasting ontstaat extra conservatisme, dat zou kunnen worden verminderd door van gebouw-typologieën uit te gaan.

*Reactie: Het gebruik van slechts één typische kwetsbaarheidscurve is indertijd al aangegeven als beperking van de voorgestelde aanpak. Het koppelen van de seismische weerstand aan verschillende bouwtypen vereist echter een uitgebreide studie, waarbij tevens andere onzekerheden (zoals de*

*staat van onderhoud van het gebouw, de mate van beschadiging en de volledigheid van gegevens door inspectie), aan de orde zouden moeten komen. Daarom is besloten het voorlopig bij één algemene kwetsbaarheidscurve te houden, daarbij acceptierend dat hiermee een zekere mate van conservatisme gepaard gaat.*

## 2. Maatgevende aardbevingsbelasting

SodM merkt op dat de NEN webtool in haar huidige vorm gekoppeld is aan de afbouw van de gaswinning volgens het gemiddelde winterscenario zoals vermeld in de kamerbrief van 29 maart 2018. Inmiddels is de afbouw van de gaswinning versneld. Daardoor sluiten de tijdvakken niet meer aan bij de verwachte seismische dreiging. Om te voorkomen dat onnodig zware versterkingsmaatregelen genomen worden, is het nodig beoordelingen uit te voeren op basis van de afgenomen risico's. Het is van belang dat de versterkingsadviezen uitgevoerd worden op een ander tijdvak dat beter aansluit bij de verwachte seismische dreiging.

Verder geeft SodM aan (hoofdstuk 4.5) dat zij niet kan nagaan hoe in de NPR 9998 tot de maatgevende aardbevingsbelasting is gekomen die de grondslag vormt voor de beoordeling van gebouwen in Groningen. SodM kan daarom niet beoordelen of kalibratie passend is. De kalibratie lijkt in elk geval op basis van oude inzichten te zijn uitgevoerd. Los van het feit dat de wijze van kalibreren mogelijk verbetering vereist, vindt SodM het zorgwekkend dat de methode die is gebruikt bij het bepalen van de NPR 9998 niet éénduidig is beschreven en gedocumenteerd".

*Reactie: Op 1 augustus 2020 is een nieuwe versie van de website NPR 9998 online geplaatst (seismischekrachten.nen.nl). De belastingen voor de nieuwe tijdvakken zijn gebaseerd op een doorontwikkeld model (V6-M7) voor de beschrijving van de grondbewegingen. De resultaten van dit model, ontwikkeld door NAM, zijn geverifieerd met een door KNMI ontwikkeld model. Een omhullende geeft voor elke locatie de spectrale periode met de hoogste waarde van de acceleratie van beide modellen. Bijbehorende tijdsignalen zijn afgeleid voor het analyseren van het constructieve gedrag van de constructie met een niet-lineaire time history (NLTH) analyse, die geldt als de meest geavanceerde analysemethode. De achtergronden bij de nieuwe webtool zijn gerapporteerd in het Achtergrondrapport "Webtool NPR 9998, behorende bij NPR 9998+C1:2020, dd. 29 juli 2020".*

*De veiligheidsprincipes die in de NPR worden gehanteerd zijn gedocumenteerd in een achtergrondrapport uit 2018 verzorgd door de heren Vrouwenvelder, Steenbergen en van Straalen. Daarin is uitgegaan van kalibratie van de rekenwaarde van de aardbevingsbelasting op basis van inmiddels verouderde inzichten. Het verdient dan ook aanbeveling deze studie opnieuw uit te voeren. De documentatie van de bepaling van de rekenwaarde van de capaciteit is wel als losse delen beschikbaar, maar nog niet in een consistente rapportage. Het verdient aanbeveling hier in de nabije toekomst aandacht aan te besteden.*

## 3. Afleiding van grenscriteria voor de sterkte van gebouwen

In hoofdstuk 3.2 van haar rapport merkt SodM op dat het niet duidelijk is geworden welke partij de constructieve criteria in de NPR 9998 heeft gekalibreerd en op basis van welke beschikbare data, om een volledig oordeel te kunnen geven over de gebruikte kennis en inzichten".

*Belangrijke onderdelen van de NPR 9998 waarin constructieve criteria worden gegeven zijn de Annexen G en H. In Annex G (versie NPR 2018) is ingegaan op het gedrag van constructieonderdelen “in het vlak” (schijfwerking) en in Annex H op het gedrag “uit het vlak”.*

*Annex G behandelt bezwijkmechanismen met bijbehorende bezwijkweerstand voor in het vlak belaste constructies. Hiervoor worden in internationale normen vaak gedragsmodellen in combinatie met empirische grenswaarden gebruikt. Deze grenswaarden zijn aangepast aan de situatie van de Groninger bouw waarbij gebruik is gemaakt van representatieve onderzoeksresultaten, onder meer uitgevoerd aan de TU Delft.*

Omtrent Annex H wordt door SodM opgemerkt dat “Criteria voor uit het vlak bezwijken afkomstig zijn uit buitenlandse normen en niet zijn gekalibreerd voor Groninger (of Nederlandse) specifieke gebouwen.

*Reactie: Voor de modellen ter beschrijving van het gedrag en de grenscriteria is als basis onder meer uitgegaan van de Nieuw-Zeelandse norm. Een argument hierbij is dat in Nieuw Zeeland, evenals in Groningen, gebouwen met spouwmuren regelmatig voorkomen. In de literatuur zijn representatieve experimenten op uit het vlak belaste metselwerkwallen (schudtafeltests) geselecteerd. De resultaten zijn opgenomen in een wijzigingsblad op de NPR (uitgekomen 1 augustus 2020). Voor de bepaling van de sterkte van uit het vlak belaste wanden zijn ook eenvoudiger methoden toegestaan, zoals gebaseerd op NLKA (Non Linear Kinematic Analysis) en MVA (Methode van Virtuele Arbeid) die zijn opgenomen in de nieuwe Annex H. Dit zijn relatief eenvoudige modellen waarvan bekend is dat zij conservatiever zijn dan de meer geavanceerde modellen. Zij zijn geschikt voor een snelle check. Indien de wand niet voldoet aan de eis van constructieve veiligheid kan worden overgegaan naar een meer geavanceerde methode (zoals een NLTH). Het kalibreren van analysemethoden met lage nauwkeurigheid (met corresponderende mate van conservatisme) heeft niet veel zin, omdat men bij niet voldoen aan de constructieve veiligheid, naar een methode met hogere nauwkeurigheid kan overgaan. Dat betekent dat het kalibreren vooral van belang is voor de methode met de hoogste nauwkeurigheid. Voor de NLTH analysemethoden zijn kalibraties uitgevoerd aan resultaten van schudtafeltesten voor een aantal representatieve woningtypen.*

#### 4. Adequate toepassing van berekeningsmethoden

SodM vermeldt dat “Recente onderzoeken hebben aangetoond dat het gebruik van verschillende berekeningsmethoden voor het uitvoeren van de constructieve analyse ofwel voor de bepaling van de seismische weerstand met andere niveaus van detaillering, tot significant verschillende resultaten kunnen leiden.”

*Reactie: De achtergrond bij het aanbieden van analysemethoden met een verschillende mate van nauwkeurigheid (en in relatie daarmee complexiteit) is, dat in sommige gevallen een eenvoudige berekening voldoet (zoals voor nieuwbouw van een eenvoudige constructies) en in ander gevallen een meer geavanceerde analysemethode (gepaard gaande met hogere analysekosten en meer tijd) meer geschikt zal zijn omdat dit verantwoorde besparingen oplevert. Op basis van de meer geavanceerde analysemethoden is het beter mogelijk een scherpe lijn te trekken tussen veilig en onveilig. De optimale keuze van de methode is geen zaak van de inhoud van de NPR maar vooral van verantwoord gebruik. In het kader van het lopende NEN project worden vergelijkingen uitgevoerd naar de nauwkeurigheid van de voorspelling van het gedrag van verschillende typen gebouwen. Het idee*

*hierachter is na te gaan of het mogelijk is correctiefactoren te vinden die het mogelijk maken met eenvoudige methoden een graad van nauwkeurigheid te bereiken die de nauwkeurigheid van de meer geavanceerde methoden zo goed mogelijk benadert. Op deze manier zou een optimale combinatie van snelheid en nauwkeurigheid mogelijk worden. Hiernaar wordt in het kader van het lopende NEN project oriënterend onderzoek uitgevoerd.*

*Om uit het huidige aanbod van methoden de meest geschikte te kiezen, en het gebouw op de juiste wijze te schematiseren onder invoering van de juiste parameters, is door NCG het Applicatiedocument *Beoordeling Seismische Capaciteit (ABSC)* uitgebracht. Een deel van de resultaten van het lopende NEN project ter verbetering van de NPR zal worden gebruikt voor extra aanbevelingen om bij te dragen aan de juiste keuzes door de analyserende constructeur. Ten aanzien van het terugbrengen van onnodig conservatisme in de analyses wordt het correct instrueren van de analyserende ingenieurs gezien als een van de belangrijkste opgaven voor de nabije toekomst.*

#### 5. Integraal of incrementeel versterken?

SodM stelt: “Het is opvallend dat in de door SodM onderzochte VA’s de uiteindelijke seismische versterkingsmaatregelen gebaseerd zijn op een versterking van alle bezwijkende (constructieve en niet-constructieve) elementen. Dit is een conservatieve aanpak omdat waarschijnlijk bij het versterken van een deel van de bezwijkende elementen de andere elementen niet meer zouden bezwijken. Dit zou bepaald kunnen worden door incrementeel elementen te versterken”

*Reactie: Hierbij moet tevens bedacht worden dat bij het bezwijken van een onderdeel van de dragende constructie een herverdeling van krachten kan optreden waarbij andere onderdelen zwaarder kunnen worden belast. Ook uit veiligheidsoogpunt verdient een incrementele aanpak daarom de voorkeur.*

#### 6. Andere invloeden op de constructieve veiligheid

Bij het verbeteren van de NPR heeft de veiligheid nog steeds de hoogste prioriteit. Om hieraan de best mogelijke bijdrage te geven wordt gekeken naar het aanvullen van omissies, het verbeteren van bestaande rekenmodellen of het toevoegen van verbeterde modellen, het beter definiëren van inputgegevens en het geven van impulsen aan relevante experimenten.

*Reactie: Indien er naar gestreefd wordt om met een meer geavanceerde berekening, of door kalibratie van rekenmodellen aan representatieve experimenten, mogelijk conservatisme verantwoord te reduceren moet wel bedacht worden dat er grenzen zijn aan deze wijze van verbeteren. Zo zijn vaak zaken als de eigenschappen van de bodem, de materiaaleigenschappen van de constructie, de mate van veroudering (effecten van achterstallig onderhoud) en details van de constructies, niet precies bekend. Verder kunnen verschillende ingenieursbureaus het te analyseren gebouw op een andere wijze modelleren. Bij elke analyse moeten door de ingenieur keuzes worden gemaakt, die het resultaat van de analyse beïnvloeden. Streven naar rekenmodellen die de “perfectie benaderen”, zal daarom in werkelijkheid niet de impact hebben die er mogelijk van wordt verwacht.*

*Het wegnemen van mogelijk conservatisme door betere kalibratie is op zich een zinvolle actie, maar mag niet los worden gezien van het effect van andere wellicht meer ingrijpende onzekerheden.*

*Indien gestreefd wordt naar een éénduidig toets instrumentarium zal daarom ook de spreiding in uitkomsten door keuzen in de modellen door ingenieursbureaus (modelonzekerheid) een plaats moeten krijgen.*

*Een belangrijk aspect dat in het algemeen minder aandacht krijgt dan de definitie van de maatgevende seismische belasting en de nauwkeurigheid van rekenmodellen ter bepaling van de seismische weerstand is het effectief versterken van gebouwen. Zowel de seismische weerstand als de kwetsbaarheid van gebouwen kunnen vaak aanzienlijk worden verbeterd door relatief eenvoudige versterkingsmaatregelen. De typologie-benadering, momenteel in ontwikkeling bij TNO en NCG, kan in dit opzicht een belangrijke stap vooruit betekenen. Door NCG is een database met versterkingsmaatregelen opgesteld. Door deze aan bouwtypen te koppelen kan de versterkingsopgave worden versneld.*

## **Conclusies**

1. Bij de ontwikkeling van de NPR 9998 is de nodige aandacht besteed aan het kalibreren van de gebruikte rekenmodellen aan experimenten, waarbij de principes van constructieve veiligheid zijn aangehouden. Dit is, respectievelijk zal worden, gedocumenteerd in achtergrond rapporten (zoals Annex H).
2. Het opnieuw kalibreren aan  $IR=10^{-5}$  kan mogelijk tot enige vermindering van conservatisme leiden, maar hierbij moet worden bedacht dat extra aandacht voor de wijze van gebruik van de NPR 9998, naar verwachting, een veel groter effect zal hebben. Het lopende NEN project richt zich onder meer op dit aspect. Extra toelichting zal worden gegeven op het gebruik van de juiste rekenmodellen en invoer van de juiste en zo nauwkeurig mogelijk gedefinieerde parameters. Deze informatie moet een plaats krijgen in een opgewaardeerde versie van het Applicatiedocument Beoordeling Seismische Capaciteit (ABSC), uit te geven onder auspiciën van de NCG.
3. Het kalibreren van rekenmodellen met een verschillende graad van nauwkeurigheid is zinvol. De graad van nauwkeurigheid kan verschillen ten aanzien van individuele aspecten van het gedrag bij belasting. Oriënterend onderzoek wordt uitgevoerd in het lopende NEN project. (TG1, Module 3).
4. De suggesties tot opnieuw kalibreren van de NPR zijn voor een groot deel in bewerking in het lopende NEN programma tot actualisering van de NPR (zoals de geactualiseerde webtool, verbeterde modellen voor het out-of-plane gedrag van wanden, vergelijking resultaten van eenvoudige en meer geavanceerde rekenmethoden, verbeterde rekenmodellen voor de beschrijving van het gedrag van paalfunderingen. In achtergrondrapporten zal dit gedocumenteerd worden.
5. De constructieve veiligheid wordt vooral beïnvloed door de wijze van gebruik van de NPR. Aan extra instructies voor de gebruikers wordt gewerkt.
6. Het opnieuw kalibreren van de NPR kan, op termijn, een zinvolle activiteit zijn om na te gaan of zich in de bestaande regelgeving onnodig conservatieve formuleringen bevinden. Op korte termijn is dit niet aan de orde omdat enerzijds capaciteitsproblemen dit niet toelaten, en anderzijds er geen aanwijzingen zijn dat de huidige NPR tot constructies zou leiden die niet aan de vereiste constructieve veiligheid zouden voldoen. De filosofie achter de NPR op dit moment is niet een scherpe toetsing aan  $IR=10^{-5}$ , maar het opleveren van een (getoetste en eventueel versterkte) constructie die met grote waarschijnlijkheid een IR heeft

kleiner dan  $10^{-5}$ ; hoeveel kleiner is niet precies te zeggen. Vooralsnog gaat NEN uit van  $IR < 10^{-5}$  zonder een bovengrens van het conservatisme te hanteren. Daarbij wordt wel gestreefd naar het beperkt houden van het conservatisme door een gelaagde aanpak in de berekeningsmethoden: niet voldoen aan de eenvoudige rekenmethoden betekent niet automatisch een noodzaak tot versterken. Die noodzaak is er pas als de constructie ook niet voldoet bij toepassing van de meest geavanceerde rekenmethoden.