

> Retouradres Postbus 93144 2509 AC Den Haag

Minister van Economische Zaken en  
Klimaat, de heer E.D. Wiebes  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

**Adviescollege  
Veiligheid  
Groningen**

Postbus 93144  
2509 AC Den Haag

Minister van Binnenlandse Zaken en  
Koninkrijksrelaties, mevrouw K.H. Ollongren  
Postbus 20011  
2500 EA Den Haag

**Ons kenmerk**  
ACVG202011-01

**Uw kenmerk**  
PDGB/20155073

Datum 17 november 2020  
Betreft Advies typologieaanpak

Geachte minister Wiebes, minister Ollongren,

Op 2 juni 2020 heeft u het Adviescollege Veiligheid Groningen (ACVG) advies gevraagd over de typologieaanpak. Zowel de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) als de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) hebben hiervoor een methode ontwikkeld. U geeft aan in te willen zetten op de TNO-methode. U overweegt de NCG-methode tijdelijk toe te passen, totdat de TNO-methode in zijn geheel gebruikt kan worden. Wij hebben hierover vijf adviesvragen ontvangen.

Wij hebben de adviesvragen breed geïnterpreteerd. In deze brief adviseren wij u over de te hanteren methode en hoe u dit succesvol in de praktijk kunt brengen. De uitgebreidere onderbouwing van ons advies, inclusief de daarbij gemaakte kanttekeningen, staat in het bijgevoegde adviesrapport. Het adviesrapport bevat drie bijlagen. In bijlage 1 beantwoorden wij in detail de door u gestelde adviesvragen. In bijlage 2 vindt u een overzicht van de beschouwde documenten. Bijlage 3 bevat een samenvatting van de consultatie.

### **Het belang van een typologieaanpak**

Het ACVG acht een typologieaanpak essentieel voor *versnelling*, *consistentie* en *transparantie* in de versterkingsopgave. Door uit te gaan van vergelijkbare bouwkundige kenmerken is een seriematige werkwijze met gerichte bouwstromen mogelijk. Dit geeft zowel snelheid als consistentie, omdat alle woningen binnen één typologie op eenzelfde manier worden beoordeeld. Transparantie ontstaat doordat de criteria om een woning toe te delen aan een typologie navolgbaar zijn voor individuele woningeigenaren. Hierbij hoort wel de kanttekening dat niet alle woningen aan een typologie toe te wijzen zullen zijn. Naast de typologieaanpak blijven één-op-één beoordelingen met de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR 9998) altijd nodig.

### **Te hanteren methode**

Wij adviseren u in te zetten op de methode van TNO. Deze is methodologisch goed opgebouwd en heeft de potentie om een groot aantal woningen snel te kunnen toetsen aan de Meijdam-norm, rekening houdend met de meest recente inzichten ten aanzien van de sterkte van de woningen en de seismische dreiging.

Wel is er nog een beperkt aantal verbeterpunten nodig en achten wij enige resterende controles noodzakelijk. In paragraaf 3.1 en 3.2 van het adviesrapport is nader omschreven om welke verbeterpunten en controles dit gaat. Daarnaast moeten concrete versterkingsmaatregelen worden ontwikkeld per typologie en per seismische zone, die een aannemer direct kan uitvoeren.

Wij ontraden u om in de tussentijd de NCG-typologieën in te zetten. Deze methode extrapoleert kennis uit het verleden met als consequentie te veel en te zware versterkingen. De methode geeft onvoldoende mogelijkheden om kennis tijdig te actualiseren naar de huidige en toekomstige inzichten.

### **Hoe verder te gaan?**

Wij doen een aantal aanbevelingen voor het vervolg die berusten op twee hoofdoverwegingen. Ten eerste moet de gekozen werkwijze de veiligheid van Groningers borgen. Ten tweede moet de werkwijze het versterkingsproces versnellen.

Wij gaan in onze aanbevelingen verder dan de gestelde vragen om zo handvatten te geven voor de implementatie van de typologieaanpak.

### **Aanbevelingen**

1. Zet in op een integrale aanpak  
Wij adviseren u om binnen de NCG een aparte sturing op de typologieaanpak in te stellen met aan de leiding een ervaren en gezaghebbende projectdirecteur komende uit de bouwsector. Hij of zij is lid van het MT en moet het mandaat hebben om al werkenderwijs de typologieaanpak in de praktijk te brengen en te zorgen dat dit integraal samen gaat met de nog uit te voeren verbeterpunten en controles. De projectdirecteur zorgt voor een gezamenlijke inzet en betrokkenheid van TNO, NCG, ingenieursbureaus en aannemers om de theorie met de praktijk te verbinden. Hierdoor ontstaat focus en, naar de overtuiging van het ACVG, ook voortgang en tempo.
2. Hanteer binnen deze integrale aanpak de driedeling: typologisch toedelen – typologisch beoordelen – typologisch versterken
  - A. *Typologisch toedelen*  
Typologisch toedelen zal in januari 2021 kunnen starten. Het ACVG verwacht dat de in dit advies genoemde verbeterpunten voor die tijd zijn gerealiseerd. De NCG kan zich hier per direct op gaan voorbereiden.
  - B. *Typologisch beoordelen*  
Typologisch beoordelen zal in april 2021 kunnen starten. Het ACVG verwacht dat de in dit advies gevraagde resterende controles in maart geheel kunnen worden afgerond. Een deel van de door TNO in het gehele

aardbevingsgebied veilig verklaarde typologieën<sup>1</sup> kunnen de controles sneller doorlopen. Als hier prioriteit aan wordt gegeven kunnen de woningen die binnen deze typologieën vallen (een kleinere groep) al vanaf januari beoordeeld worden. In januari kan ook al gestart worden met het niet-op-norm verklaren van de woningen waarvan TNO aangeeft dat ze onvoldoende veilig zijn. De in dit advies gevraagde controles zullen namelijk niet leiden tot een wijziging in dat oordeel. De NCG kan zich per direct op het typologisch beoordelen gaan voorbereiden.

C. *Typologisch versterken*

Het ontwikkelen van concrete versterkingsmaatregelen, die een aannemer direct kan uitvoeren, kan per direct starten. Hierbij zijn de informatie van TNO over faalmechanismen, eerdere versterkingsadviezen, de Groninger Maatregelen Catalogus en de door de NCG ontwikkelde maatregelenpakketten-op-hoofdlijnen nuttige bronnen van informatie. Wij verwachten dat deze activiteiten binnen afzienbare termijn zijn uit te voeren.

**Draagvlak en acceptatie**

Draagvlak voor de typologieaanpak is essentieel, omdat de impact ervan groot is. Een aanzienlijk aantal woningen zal in korte termijn mogelijk voldoende veilig verklaard kunnen worden. Daarom is er aandacht nodig voor de ommezwaai die bewoners en bestuurders moeten maken in hun verwachtingen van de versterkingsoperatie.

Tot slot is heldere communicatie nodig. Er zullen vragen ontstaan over deze methode. Het is van belang dat deze vragen op een begrijpelijke manier beantwoord worden. Wij raden u aan om een publieksvriendelijke versie van de TNO-rapporten te ontwikkelen en een vragenloket in te richten voor bewoners.

Wij zijn gaarne bereid om vragen over ons advies te beantwoorden.

Met vriendelijke groet,

Adviescollege Veiligheid Groningen

W. Nagtegaal  
Voorzitter

N. Cornelissen  
Secretaris

---

<sup>1</sup> TNO, 3 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen  
- Veilige typologieën, rapport TNO nr. 2020 R10698, concept.

# Adviesrapport

## Typologieaanpak

November 2020



## Inhoud

<b>Afkortingenlijst .....</b>	<b>2</b>
<b>Begrippenlijst.....</b>	<b>2</b>
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>4</b>
1.1 Aanleiding.....	4
1.2 Missie Adviescollege Veiligheid Groningen .....	4
1.3 Werkwijze.....	5
1.4 Leeswijzer .....	5
<b>2 Kenmerken typologieaanpak van de NCG en TNO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Typologisch toedelen (stap A) .....	6
2.2 Typologisch beoordelen (stap B) .....	6
2.3 Typologisch versterken (stap C) .....	7
<b>3 Constateringen .....</b>	<b>8</b>
3.1 Typologisch toedelen (stap A) – benodigde verbeterpunten.....	8
3.2 Typologisch beoordelen (stap B) – resterende controles .....	8
3.3 Typologisch versterken (stap C) – te ontwikkelen concrete versterkingsmaatregelen..	10
3.4 Samenvatting constateringen .....	10
<b>4 Oordeel en advies .....</b>	<b>12</b>
4.1 Het belang van een typologieaanpak.....	12
4.2 Te hanteren methode.....	12
4.3 Hoe verder te gaan? .....	12
<b>5 Tot besluit.....</b>	<b>16</b>
<b>Bijlage 1 – Beantwoording deelvragen .....</b>	<b>18</b>
Vraag 1: Duidelijkheid TNO-typologieomschrijvingen.....	18
Vraag 2: Modellerings seismische dreiging en risico voor woningen .....	21
Vraag 3: Ontwerp van standaardmaatregelen door TNO .....	30
Vraag 4: Gebruik NCG-typologieën en standaardmaatregelen.....	30
<b>Bijlage 2 – Beschouwde documenten .....</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 3 – Samenvatting van de consultatie.....</b>	<b>36</b>

## Afkortingenlijst

In dit advies zijn onderstaande afkortingen gebruikt.

<b>ACVG</b>	Adviescollege Veiligheid Groningen
<b>BZK</b>	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
<b>EZK</b>	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
<b>GEM</b>	Global Earthquake Model
<b>HRA</b>	Hazard and Risk Assessment
<b>NCG</b>	Nationaal Coördinator Groningen
<b>NEN</b>	Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut
<b>NLPO</b>	Non-Linear Push Over
<b>NLTH</b>	Non-Linear Time History
<b>NPR 9998</b>	Nederlandse Praktijk Richtlijn 9998
<b>SDOF</b>	Single Degree of Freedom
<b>SodM</b>	Staatstoezicht op de Mijnen
<b>TNO</b>	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek

## Begrippenlijst

In dit document zijn de volgende termen en definities gehanteerd.

<b>Capaciteit</b>	Het vermogen van een constructie om een bepaalde aardbevingsbelasting te weerstaan, kan zijn uitgedrukt in verplaatsingscapaciteit dan wel krachtcapaciteit.
<b>Faalmechanisme</b>	Opeenvolging van gebeurtenissen die leidt tot het instorten van een gebouw.
<b>Gebouwtypologie</b>	Verzameling gebouwen met dusdanig vergelijkbare constructieve kenmerken dat hun gedrag en weerstand tegen aardbevingen zich op een vergelijkbare wijze laat beschrijven.
<b>Gebouw-tot-gebouwvariabiliteit</b>	De spreiding in de capaciteit van gebouwen die tot dezelfde typologie behoren.
<b>Hazard and Risk Assessment</b>	Een berekening van het individueel risico voor gebouwen in Groningen inclusief de vergelijking met de Meijdam-norm.
<b>Individueel risico</b>	De overlijdenskans van een hypothetisch persoon die continu in of rond een gebouw verblijft in een periode van een jaar. Het individueel risico is een maat voor de veiligheid van een gebouw.
<b>In-het-vlak</b>	Term die een richting parallel aan een vlakvorming constructief element aangeeft. Zo wordt het gewicht dat op een muur rust in-het-vlak afgedragen.
<b>Kwetsbaarheidscurve</b>	Een curve (kwetsbaarheidscurve) die de faalkans geeft als functie van een belastingparameter.
<b>Meijdam-norm</b>	Norm voor de beoordeling van de aardbevingsbestendigheid van gebouwen. De norm behelst een maximaal individueel risico van 1/100.000 ( $10^{-5}$ ) per jaar ten gevolge van een aardbeving.
<b>Multi Degree of Freedom (MDOF)</b>	Een systeem met meerdere vrijheidsgraden om dynamisch gedrag te beschrijven.

<b>Nederlandse Praktijk Richtlijn 9998 (NPR 9998)</b>	De NPR 9998 geeft eisen en (bepalings)methoden waarmee constructeurs kunnen vaststellen of gebouwen, al dan niet na versterkingsmaatregelen, voldoende aardbevingsbestendig zijn. Als in dit rapport over de NPR 9998 wordt gesproken (zonder jaartal), dan wordt bedoeld op de NPR 9998 in algemene zin, los van een bepaalde versie.
<b>Non-Linear Push Over (NLPO)</b>	Rekenmethode waarbij het bezwijkgedrag van een gebouw wordt bepaald op basis van niet-lineair constructiegedrag en een vereenvoudigde statische, horizontale belasting.
<b>Non-Linear Time History (NLTH)</b>	Rekenmethode waarbij het dynamisch gedrag van een gebouw wordt gesimuleerd op basis van niet-lineair constructiegedrag en een in de tijd variërende aardbevingsbelasting.
<b>Probabilistische beoordeling</b>	Beoordeling van de constructieve veiligheid waarbij een faalkans of risico wordt berekend. Dit wordt gedaan door kansen van voorkomen toe te kennen aan alle mogelijke waarden van de onzekere belasting en de onzekere weerstand.
<b>Semi-probabilistische beoordeling</b>	Beoordeling van de constructieve veiligheid waarbij modellen worden gevoed met rekenwaarden van onzekere belasting- en weerstandsparameters. Deze rekenwaarden zijn idealiter zodanig gedefinieerd dat een gebouw dat volgens een semi-probabilistische beoordeling voldoet, voldoet aan de Meijdam-norm.
<b>Single Degree of Freedom (SDOF)</b>	Een systeem met één vrijheidsgraad om dynamisch gedrag te beschrijven, zoals een één-massa-veersysteem.
<b>Sterkte</b>	De geschiktheid van een materiaal om belastingen te weerstaan.
<b>Stijfheid</b>	Mechanische eigenschap die de weerstand tegen vervorming aangeeft, de relatie tussen spanning (kracht per oppervlak) en vervorming.
<b>Tijdvak</b>	De seismische belasting hangt af van het niveau van de gaswinning. De gaswinning neemt in de tijd af. De NEN-webtool onderscheidt drie tijdvakken waarvoor de seismische belasting is berekend.
<b>Uit-het-vlak</b>	Term die een richting loodrecht op een vlakvormig constructief element aangeeft. Zo belast de wind die tegen een muur blaast de muur uit-het-vlak.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Op 2 juni 2020 hebben de ministers van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) het Adviescollege Veiligheid Groningen (ACVG) gevraagd om advies over de typologieaanpak. Zowel de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) als de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) hebben hiervoor een methode ontwikkeld. De volgende vragen worden in dit adviesverzoek gesteld:

1. Zijn de meegeleverde typologieomschrijvingen van TNO voldoende duidelijk om gebouwen toe te delen aan typologieën tijdens een opname van een woning?
2. Is daarbij de veiligheidsbeoordeling, zoals vastgelegd in de kaarten, opgesteld volgens de meest recente inzichten over seismische dreiging en het risico voor woningen? Het ACVG wordt gevraagd hierbij te betrekken dat er verschillen optreden tussen de voorgestelde methode en beoordelingen uit het verleden.
3. Onderschrijft het ACVG de ingezette lijn voor het ontwerp van standaardmaatregelen door TNO, indien er voldoende gebouwen zijn die nog versterkt moeten worden?
4. Kan vooruitlopend op de beschikbaarheid van de gehele gevalideerde set aan TNO-typologieën gebruik worden gemaakt van de door NCG ontwikkelde typologieën en standaardmaatregelen die eveneens zijn meegeleverd? Het ACVG wordt daarbij gevraagd om mee te wegen of deze typologieën een goede inschatting geven op basis van de nieuwste inzichten en of zij geëxtrapolerd kunnen worden zodat maatregelen proportioneel zijn t.o.v. de laatste inzichten m.b.t. de seismische dreiging.
5. Kan gebruik worden gemaakt van de praktijkaanpak als een gebouw volgens de veiligheidsbeoordeling van een typologieaanpak niet aan de norm voldoet en waarvoor nog geen standaardmaatregelen beschikbaar zijn?

In dit advies heeft het ACVG deze vragen breed geïnterpreteerd: het ACVG adviseert over de te hanteren methode en wat nodig is om de typologieaanpak succesvol in te zetten. In dit rapport leest u uitgebreid onderbouwd ons advies. De vijfde adviesvraag, die betrekking heeft op de praktijkaanpak, is niet behandeld. Op dit moment is de praktijkaanpak voor een beoordeling door het ACVG nog niet voldoende uitgekristalliseerd. U heeft het ACVG middels een separate adviesvraag verzocht te adviseren over de praktijkaanpak. Het ACVG zal de vijfde adviesvraag daarbij betrekken.

## 1.2 Missie Adviescollege Veiligheid Groningen

Het ACVG is ingesteld om de ministers van EZK en BZK gevraagd en ongevraagd te voorzien van onafhankelijk advies over de te gebruiken kaders, normen en modellen omtrent de veiligheid van gebouwen en bouwwerken in het kader van de versterkingsopgave in Groningen. Het gaat daarbij om onder meer:

- a) de wijze waarop een risicoprofiel voor een gebouw en de actualisatie daarvan wordt vastgesteld;
- b) de wijze waarop wordt vastgesteld of een gebouw voldoet aan de veiligheidsnorm;
- c) de wijze waarop wordt vastgesteld welke maatregelen nodig zijn om een gebouw aan de veiligheidsnorm te laten voldoen.<sup>1</sup>

Het ACVG acht het van het grootste belang dat de benodigde versterkingen zo snel mogelijk worden uitgevoerd, waarbij recht wordt gedaan aan de wensen en zorgen van bewoners. De aanbevelingen uit dit rapport zijn vanuit deze visie opgesteld.

---

<sup>1</sup> Besluit tot instelling van het Adviescollege Veiligheid Groningen, Staatscourant 2019 - 69958.

### 1.3 Werkwijze

Op 2 juni 2020 hebben wij uw adviesvraag ontvangen. Het ACVG heeft zijn Plan van Aanpak voor het advies over de Typologieaanpak uiteindelijk op 15 juli jl. vastgesteld. In aanloop daarop zijn wij in contact getreden met TNO en de NCG over de door hen geleverde en te leveren stukken. De veronderstellingen in de adviesaanvraag met betrekking tot de stand van de typologieaanpak bleken niet overeen te komen met de realiteit. Niet alle documenten waren beschikbaar. Ook bleek een deel van de documentatie nog in bewerking.

Na ontvangst van de eerste toelichtingen op de door de NCG en TNO ontwikkelde methodieken heeft het ACVG op 24 en 25 juni 2020 een bijeenkomst in Groningen georganiseerd met de betrokkenen van de NCG en TNO en aanwezigen van het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) en het Koninklijk Normalisatie Instituut (NEN) om:

1. alle informatie, feiten en data beschikbaar te krijgen die het ACVG nodig heeft voor het beantwoorden van de bovenstaande adviesvragen;
2. te verifiëren of het ACVG de beschikbare informatie afdoende doorgrondt;
3. te analyseren of de adviesvragen op basis van de beschikbare informatie te beantwoorden zijn.

Naar aanleiding van dit tweedaagse overleg heeft het ACVG aan de NCG en TNO specifieke vragen ter verduidelijking gesteld. Deze zijn door de NCG en TNO in de periode augustus-september 2020 beantwoord in de vorm van aanvullende rapportages.

Het ACVG heeft zich bij de beantwoording van de adviesvragen gebaseerd op een evaluatie van alle documenten die gedurende deze periode ter beoordeling zijn aangeboden.

Het ACVG heeft, conform zijn opdracht, een concept van dit advies gedeeld met de Regio en de Inspecteur-generaal der Mijnen voor een reactie. In het kader van kwaliteitsborging en transparantie heeft het ACVG daarbij ook de NCG, het Groninger Gasberaad, de Groninger Bodem Beweging, TNO en het Koninklijk Normalisatie Instituut (NEN) om een reactie gevraagd. De ministeries van EZK en BZK zijn parallel daaraan gevraagd om te bekijken of zij feitelijke onjuistheden constateerden en of het ACVG met het advies voldoende tegemoetkomt aan de vragen. De inhoudelijke reactie van de ministers ziet het ACVG tegemoet wanneer dit advies met de Tweede Kamer wordt gedeeld.

In de consultatieronde hebben partijen gevraagd om een nadere duiding van de vervolgstappen. Deze zijn in dit advies opgenomen. Ook zijn gesprekken met TNO gevoerd (in aanwezigheid van EZK en BZK) waarin is gecontroleerd - met positief resultaat - dat de resterende actiepunten ook op tijd uitvoerbaar zijn.

### 1.4 Leeswijzer

Dit advies bestaat uit een rapport met een drietal bijlagen.

#### *Rapport*

Het rapport zelf kent vijf hoofdstukken. Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de kenmerken van de NCG- en TNO-typologieaanpak. Hoofdstuk 3 gaat in op onze constatering daarvoor. In hoofdstuk 4 oordelen wij over de (wijze van) invoering van de typologieaanpak. Tot slot gaan wij in hoofdstuk 5 in op het benodigde draagvlak voor de typologieaanpak.

#### *Bijlagen*

De adviesvragen worden in bijlage 1 in detail beantwoord. Bijlage 2 bevat een lijst van de door het ACVG ontvangen en beoordeelde documenten. Bijlage 3 geeft een samenvatting van de uitkomsten van de consultatie van het concept van dit advies.

## 2 Kenmerken typologieaanpak van de NCG en TNO

De typologieaanpak is een gestandaardiseerde methode om te beoordelen of een woning aan de veiligheidsnorm voldoet en die, indien nodig, standaardmaatregelen geeft om een woning te versterken. Uitgegaan wordt van de bouwkundige kenmerken die woningen met elkaar gemeen hebben. Zo wordt het mogelijk om woningen seriematig te beoordelen en te versterken, wat een versnelling teweeg brengt. Zowel door de NCG als door TNO is gewerkt aan de ontwikkeling van een typologieaanpak.

Een typologieaanpak omvat de volgende drie stappen:

- A. Typologisch toedelen: toedelen van woningen aan typologieën op basis van een opname op locatie.
- B. Typologisch beoordelen: beoordelen van woningen op basis van de toegekende typologie.
- C. Typologisch versterken: uitvoeren van standaardversterkingsmaatregelen die passen bij de typologie en het niveau van de seismische dreiging.

Deze stappen komen herhaaldelijk aan de orde in dit advies. Ze zijn hieronder kort toegelicht. Hierbij wordt ook ingegaan op de overeenkomsten en verschillen tussen de aanvliegroutes die door de NCG en TNO zijn gehanteerd.

### 2.1 Typologisch toedelen (stap A)

Bij het typologisch toedelen worden woningen ingedeeld in groepen met gelijksoortige bouwkundige kenmerken, zogenaamde typologieën. Binnen elke typologie moeten de bouwkundige kenmerken van de afzonderlijke woningen zodanig overeenkomen dat het voor de beoordeling en de versterking van een woning niet langer bepalend is hoe de woning er in detail uitziet: de wetenschap tot welke typologie die behoort, is voldoende.

Woningen zijn toe te kennen aan typologieën op basis van beschikbare gegevens, zoals bouwtekeningen en een opname op locatie. Hiervoor moet duidelijk zijn omschreven wanneer een woning tot een bepaalde typologie behoort en wanneer niet.

De NCG heeft typologieën ontwikkeld op basis van ervaringskennis. De NCG heeft gekeken naar de overeenkomsten tussen woningen in Groningen en de overeenkomsten tussen eerder uitgebrachte versterkingsadviezen. Deze inductieve methode wordt ook wel aangeduid als een "bottom up"-benadering. Bij de uitwerking heeft expert judgement (de interpretatie en beoordeling van versterkingsadviezen door constructeurs) een belangrijke rol gespeeld.

TNO heeft typologieën ontwikkeld door te kijken naar de dertien kenmerken die het seismisch gedrag van een gebouw beschrijven volgens de Global Earthquake Model (GEM) Building Taxonomy. Dat is een internationale, uniforme beschrijving en classificering van gebouwen voor beoordelingen van hun seismisch risico. Deze deductieve methode wordt ook wel aangeduid als een "top down"-benadering.

### 2.2 Typologisch beoordelen (stap B)

Bij een typologische beoordeling van woningen wordt de capaciteit van woningen die tot dezelfde typologie behoren in algemene zin beschreven. Er hoeft dan niet langer voor elke woning afzonderlijk een gedetailleerde berekening te worden gemaakt.

Binnen de door de NCG ontwikkelde aanpak volgt het antwoord op de vraag of een woning wel of niet voldoet aan de Meijdam-norm uit een vergelijking met eerdere versterkingsadviezen voor woningen in Groningen van hetzelfde type en voor een vergelijkbare seismische dreiging. Deze eerdere versterkingsadviezen berusten op berekeningen volgens de NPR 9998. De NPR 9998 is een praktijkrichtlijn voor de beoordeling van de aardbevingsbestendigheid van gebouwen. De NPR 9998 geeft semi-probabilistische rekenregels. In dergelijke rekenregels worden onzekerheden afgedekt door veiligheidsfactoren en veilige keuzes ten aanzien van de in berekeningen te gebruiken waarden van onzekere grootheden, zoals de seismische

belasting. Voor een toelichting op de semi-probabilistische rekenregels wordt verwezen naar ons HRA-NPR advies van 7 april 2020.

De methode van TNO werkt anders. De aanpak van TNO is probabilistisch van aard. Zo wordt gekeken naar de kansen op uiteenlopende seismische belastingen (niet alleen de belasting bij één bepaalde overschrijdingskans, zoals in een semi-probabilistische berekening). Ook zijn bijvoorbeeld kansen toegekend aan de mate waarin de capaciteit van een woning groter of kleiner is dan het gemiddelde voor de typologie waartoe het behoort. De methode van TNO gaat uit van de resultaten van capaciteitsberekeningen voor modelgebouwen. Hiermee zijn vervolgens per typologie kwetsbaarheidscurves opgesteld. Door een kwetsbaarheidscurve te vergelijken met de seismische dreiging is het individueel risico te berekenen. De seismische dreiging varieert in Groningen. De vraag of een woning van een bepaalde typologie wel of niet aan de Meijdam-norm voldoet, is daarom afhankelijk van de locatie van de woning. Op vlekkenkaarten wordt weergegeven welke typologieën op welke locaties niet aan de Meijdam-norm voldoen. Als bij een opname blijkt dat een woning toe te delen is aan een bepaalde typologie, dan is deze snel te beoordelen op basis van de vlekkenkaart voor die typologie.

### **2.3 Typologisch versterken (stap C)**

Voor woningen van dezelfde typologie die beoordeeld zijn als onvoldoende veilig, kunnen vergelijkbare maatregelen(pakketten) volstaan in gebieden met een vergelijkbare seismische dreiging. Dit maakt seriematige versterking mogelijk. Als de volumes groot genoeg zijn, zijn gerichte bouwstromen mogelijk. De ervaring uit de bouwwereld leert dat daarmee een hoog tempo gerealiseerd wordt.

De NCG heeft per typologie een overzicht gemaakt van de maatregelen uit de beschouwde versterkingsadviezen. De maatregelenpakketten hebben het karakter van oplossingsrichtingen: het zijn nog geen maatregelen die direct of na minimale engineering door een aannemer uitvoerbaar zijn. Verdere berekeningen zijn nog nodig om de conceptuele adviezen door te ontwikkelen tot definitieve ontwerpen en uitvoeringsontwerpen.

Door TNO zijn geen maatregelenpakketten ontwikkeld. Wel geeft TNO per typologie aan welke faalmechanismen een rol kunnen spelen. Er is niet aangegeven welke of hoeveel van deze faalmechanismen geadresseerd moeten worden om een specifieke woning te laten voldoen aan de Meijdam-norm.

### 3 Constateringen

Wij hebben de door de NCG en TNO aangeleverde documenten beoordeeld en met elkaar vergeleken. Onze constateringen zijn geordend naar de drie stappen in een typologieaanpak:

- A. Typologisch toedelen: toedelen van woningen aan typologieën op basis van een opname op locatie.
- B. Typologisch beoordelen: beoordelen van woningen op basis van de toegekende typologie.
- C. Typologisch versterken: uitvoeren van standaardversterkingsmaatregelen die passen bij de typologie en het niveau van de seismische dreiging.

Dit hoofdstuk bevat onze constateringen. De constateringen bij de TNO-methode zijn gedetailleerder omschreven dan de constateringen bij de NCG-methode. Dit omdat de NCG-methode in de adviesvraag als tijdelijk wordt aangemerkt en de TNO-methode als blijvend.

#### 3.1 Typologisch toedelen (stap A) – benodigde verbeterpunten

Uit de aangeleverde documentatie blijkt dat de clustering van woningen door de NCG en TNO niet wezenlijk van elkaar verschilt. Beide typologieomschrijvingen zijn voldoende duidelijk om woningen toe te delen aan typologieën op basis van kenmerken die vast te stellen zijn bij opname van een woning en beoordeling van beschikbare bouwtekeningen.

Wel plaatsen wij hierbij de volgende kanttekeningen:

##### De NCG-typologieomschrijvingen:

De NCG typologieën zijn vanuit de praktijk ontwikkeld en duidelijk om woningen toe te delen. Echter, de toedelingscriteria en uitsluitingsgronden zijn niet nader uitgewerkt. Toedelingscriteria geven aan welke kenmerken een woning moet bezitten om deze aan een bepaalde typologie toe te wijzen. Uitsluitingsgronden geven aan wanneer het niet mogelijk is een woning aan een typologie toe te wijzen (bijvoorbeeld de aanwezigheid van initiële schade of bouwkundige wijzigingen).

##### De TNO-typologieomschrijvingen:

De typologieën die zijn ontwikkeld door TNO zijn goed hanteerbaar. Wel resteren de volgende verbeterpunten:

- Het opstellen van een duidelijk overzicht en heldere omschrijving van toedelingscriteria en uitsluitingsgronden.<sup>2</sup> Deze staan nu weliswaar benoemd maar niet netjes geordend waardoor een uitvoerende partij er niet mee kan werken.
- Het opstellen van praktische richtlijnen voor de omgang met de stijfheid van daken en de kwaliteit van de verbindingen om in de praktijk te kunnen bepalen wanneer de typologieaanpak wel/niet toepasbaar is.
- Het opstellen van een onderbouwing van het gekozen schadecriterium voor de invloed van bestaande schade voor metselwerk.

Deze verbeterpunten zijn relatief snel (inschatting in de orde van twee maanden) oplosbaar. Het opdoen van ervaring in de praktijk helpt daarbij.

#### 3.2 Typologisch beoordelen (stap B) – resterende controles

De NCG-methode en de TNO-methode zijn beide geschikt te maken om te bepalen of een woning voldoet aan de Meijdam-norm. Zo ver is het echter nog niet. Vooral bij de NCG-methode zou een majeure inspanning nodig zijn om:

- (1) consistentie te bereiken met de actuele inzichten ten aanzien van de seismische dreiging en de capaciteit van woningen, en

---

<sup>2</sup> Uitsluitingsgronden zijn alleen nodig voor bouwkundige kenmerken en onregelmatigheden (zoals kanaalplaatvloeren en breedte actieve stabiliteitswanden) die niet al onderdeel zijn van de beschouwde gebouw-tot-gebouw variabiliteit.

- (2) in toetsingen aan de Meijdam-norm recht te kunnen doen aan de grote ruimtelijke variaties in de seismische dreiging in Groningen.

#### De NCG-methode

Hoewel de "bottom up"-methode van de NCG in principe potentie heeft, is het met de nu beschikbare uitwerking van de methode niet mogelijk om woningen in hun actuele staat (dus zonder versterkingsmaatregelen) voldoende veilig te verklaren. De uitwerking berust namelijk op eerder uitgebrachte versterkingsadviezen, gebaseerd op de tot voor kort geldende NPR 9998:2018 en alleen voor woningen in gebieden met een hoge seismische dreiging. Om het veiligheidsoordeel te baseren op de actuele inzichten ten aanzien van de seismische dreiging en de capaciteit van woningen, moet eerst een groot aantal versterkingsadviezen op basis van de nieuwe NPR 9998:2020 worden opgesteld voor woningen in verschillende seismische gebieden. Het valt niet te verwachten dat dit binnen een afzienbare termijn te realiseren is. De NCG-methode is bovendien niet eenvoudig aanpasbaar aan eventuele toekomstige nieuwe inzichten ten aanzien van de capaciteit van woningen en de seismische dreiging. Samenvattend mist het ACVG:

- een uitwerking die berust op versterkingsadviezen op basis van de NPR 9998:2020;
- een uitwerking voor woningen in verschillende seismische gebieden, voor verschillende zichtjaren (tijdvakken).

Het oplossen van deze verbeterpunten vergt een grote tijdsinspanning.

#### De TNO-methode

De TNO-typologieaanpak is gebaseerd op de 'TNO-modellenketen ten behoeve van de typologieaanpak'.<sup>3</sup> De keten bestaat uit afzonderlijke modules: het resultaat van de ene module vormt de invoer van een volgende module. Dit maakt het mogelijk om nieuwe inzichten snel toe te passen. Vanwege deze modulaire opbouw is binnen afzienbare termijn te bepalen of een woning op een zekere locatie voldoet aan de Meijdam-norm op basis van de huidige inzichten. Het ACVG heeft beschouwd hoe TNO omgaat met het typologisch beoordelen van woningen in de modellenketen. Niet is beschouwd hoe TNO de seismische dreiging afleidt omdat de controle daarop door andere partijen, waaronder SodM, plaatsvindt.

Van een beperkt aantal door het ACVG gevraagde controles zijn de kwantitatieve aspecten nog onvoldoende uitgewerkt. De volgende resterende controles zijn noodzakelijk:

- *Toon aan dat de aannames en interpretaties bij NLTH-berekeningen voldoende onderbouwd zijn.*  
Een evaluatie van de details van de door TNO gehanteerde NLTH-berekeningen, met betrokkenheid van ervaringsdeskundigen. Het vertrekpunt van een dergelijke evaluatie kan een discussiebijeenkomst o.l.v. het ACVG zijn. Ook een vergelijking met NPR-berekeningen voor een gericht aantal cases is nodig. Hierbij moeten ook de inzichten worden benut die momenteel worden opgedaan in NEN-module 1, 3 en 4.
- *Toon aan dat de modellering van de gebouw-tot-gebouwvariabiliteit past bij de Groningse realiteit.*  
Het relateren van de door TNO-beschouwde modelgebouwen aan daadwerkelijk in Groningen aanwezige woningen, door een aantal woningen uit Groningen door te rekenen op dezelfde wijze als dit is gedaan voor de modelgebouwen. De capaciteit van elk van deze woningen moet passen binnen de bandbreedtes die TNO heeft berekend.
- *Toon aan dat een uitgebreidere opname geen wezenlijke invloed heeft op het beoordelingsresultaat.*  
Een beantwoording van de vraag in welke mate aanvullende informatie (bijvoorbeeld uit een meer gedetailleerde opname) over een woning kan leiden tot een ander beoordelingsresultaat. Dit geeft inzicht in hoe zeker het is dat de methode tot een correcte beoordeling leidt.
- *Toon aan dat uit-het-vlak bezwijken correct is meegenomen in versimpelde (SDOF) modellen.*

---

<sup>3</sup> TNO, 15 september 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen – Addendum, rapport nr. TNO 2020 R11102, concept.

Een controle of de benaderingsstap van complexe berekening naar meer eenvoudige berekeningen consequenties heeft voor uitkomsten, specifiek voor uit-het-vlak bezwijken.

Het oplossen van deze punten kost naar verwachting meerdere maanden. De door TNO in het gehele aardbevingsgebied veilig verklaarde typologieën kunnen de controles sneller doorlopen.

De hiervoor genoemde controles zullen bovendien niet leiden tot wijzigingen in het oordeel over de woningen waarvan TNO aangeeft dat ze onvoldoende veilig zijn. Er kan dan ook al gestart worden met het niet-op-norm verklaren van deze woningen.

### **3.3 Typologisch versterken (stap C) – te ontwikkelen concrete versterkingsmaatregelen**

Door de NCG of TNO zijn nog geen op de seismische dreiging afgestemde maatregelenpakketten ontwikkeld die direct door een aannemer aan te brengen zijn (op niveau van uitvoeringsontwerp). Waar TNO zich beperkt tot een identificatie van faalmechanismen, heeft de NCG de daaropvolgende stap wel ten dele gezet. De hoofdrichting van maatregelen is bepaald. De (grote) stap naar concrete maatregelenpakketten ontbreekt echter.

#### Stand van zaken NCG

De maatregelenpakketten die door de NCG zijn ontwikkeld hebben het karakter van oplossingsrichtingen: nadere uitwerking en berekeningen zijn nog nodig. De maatregelenpakketten zijn relatief zwaar omdat zij berusten op eerdere versterkingsadviezen op basis van de NPR 9998:2018 voor woningen in gebieden met een relatief hoge seismische dreiging. Ze omvatten ook *alle* versterkingsmaatregelen die in verschillende versterkingsadviezen voor dezelfde typologie zijn genoemd. Het aantal versterkingsadviezen dat is gebruikt, is relatief beperkt, waardoor de onderbouwing van de maatregelenpakketten nog relatief zwak is.

#### Stand van zaken TNO

Door TNO zijn geen maatregelenpakketten ontwikkeld. Door TNO is per typologie alleen aangegeven welke faalmechanismen in berekeningen naar voren zijn gekomen. Het is onduidelijk of al deze faalmechanismen geadresseerd moeten worden voordat een woning met een initieel te groot risico weer aan de Meijdam-norm voldoet.

Samenvattend mist het ACVG in de uitwerkingen van de NCG en TNO:

- Een goede verbinding tussen de theorie en de praktijk waarbij zo effectief mogelijk gebruik wordt gemaakt van al het beschikbare materiaal: oude versterkingsadviezen, de Groninger Maatregelen Catalogus, de door de NCG ontwikkelde maatregelenpakketten-op-hoofdpijnen en de inzichten van TNO ten aanzien van relevante faalmechanismen.
- Maatregelenpakketten per typologie die zonder verdere tijdrovende berekeningen zijn toe te passen door aannemers en die zijn afgestemd op de seismische dreiging.

### **3.4 Samenvatting constatering**

De voorgaande constatering is samengevat in tabel 1.

Stap	NCG-methode	TNO-methode
<b>A. Typologisch Toedelen</b>	De NCG-typologieën zijn bruikbaar voor praktijktoepassing. De toedelingscriteria en uitsluitingsgronden zijn echter niet nader uitgewerkt.	De door TNO-ontwikkelde typologieën zijn op zeer korte termijn met een beperkt aantal verbeterpunten geschikt te maken voor praktijktoepassing.
<b>B. Typologisch beoordelen</b>	De NCG-methode is niet eenvoudig aanpasbaar aan nieuwe inzichten. De momenteel beschikbare uitwerking berust op berekeningen met de NPR 9998:2018 voor woningen in gebieden met een relatief hoge seismische dreiging. Met de huidige uitwerking is bij een toets op de Meijdam-norm alleen afkeuring mogelijk. Deze beperkingen zijn niet eenvoudig weg te nemen.	De TNO-methode is geschikt voor een toets op de Meijdam-norm in het gehele gebied. Wel zijn nog een beperkt aantal verbeterpunten en enige resterende controles nodig. Wij verwachten dat dit op afzienbare termijn is op te lossen.
<b>C. Typologisch versterken</b>	De nu ontwikkelde maatregelenpakketten hebben het karakter van oplossingsrichtingen: om te komen tot direct uitvoerbare maatregelen zijn nog nadere uitwerkingen en berekeningen nodig. De huidige maatregelenpakketten zijn ook zwak onderbouwd, vermoedelijk te zwaar en niet afgestemd op de seismische dreiging.	Maatregelenpakketten zijn nog niet ontwikkeld. Door TNO zijn per typologie alleen de mogelijke faalmechanismen genoemd.

Tabel 1 – samenvatting van constatering op hoofdlijnen



## 4 Oordeel en advies

### 4.1 Het belang van een typologieaanpak

Het ACVG acht een typologieaanpak essentieel voor versnelling, consistentie en transparantie in de versterkingsopgave. Door uit te gaan van vergelijkbare bouwkundige kenmerken is een seriematige werkwijze met gerichte bouwstromen mogelijk. Dit geeft zowel snelheid als consistentie, omdat alle woningen binnen één typologie op eenzelfde manier worden beoordeeld. Transparantie ontstaat doordat de criteria om een woning toe te delen aan een typologie navolgbaar zijn voor individuele woningeigenaren. Hierbij hoort wel de kanttekening dat niet alle woningen aan een typologie toe te wijzen zullen zijn. Naast de typologieaanpak blijven één-op-één beoordelingen met de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR 9998) altijd nodig.

### 4.2 Te hanteren methode

Wij adviseren u in te zetten op de typologieaanpak van TNO. Deze is methodologisch goed opgebouwd en heeft de potentie om een groot aantal woningen snel te kunnen toetsen aan de Meijdam-norm, rekening houdend met de meest recente inzichten ten aanzien van de sterkte van de woningen en de seismische dreiging.

Wel is er nog een beperkt aantal verbeterpunten nodig:

- Het opstellen van een duidelijk overzicht en heldere omschrijving van toedelingscriteria en uitsluitingsgronden.<sup>4</sup>
- Het opstellen van praktische richtlijnen voor de omgang met de stijfheid van daken en de kwaliteit van de verbindingen om in de praktijk te kunnen bepalen wanneer de typologieaanpak wel/niet toepasbaar is.
- Opstellen duidelijkere onderbouwing van het gekozen schadecriterium voor de invloed van bestaande schade voor metselwerk.

Ook achten wij enige resterende controles noodzakelijk.

- Toon aan dat de aannames en interpretaties bij NLTH-berekeningen voldoende onderbouwd zijn.
- Toon aan dat de modellering van de *gebouw-tot-gebouw*variabiliteit past bij de Groningse realiteit.
- Toon aan dat een uitgebreidere opname geen wezenlijke invloed heeft op het beoordelingsresultaat.
- Toon aan dat *uit-het-vlak* bezwijken correct is meegenomen in versimpelde (SDOF) modellen.

Daarnaast moeten concrete versterkingsmaatregelen worden ontwikkeld per typologie en per seismische zone, die een aannemer direct kan uitvoeren.

Wij ontraden u om in de tussentijd de NCG-typologieën in te zetten. Deze methode extrapoleert kennis uit het verleden met als consequentie te veel en te zware versterkingen. De aanpak geeft onvoldoende mogelijkheden om kennis tijdig te actualiseren naar de huidige en toekomstige inzichten.

### 4.3 Hoe verder te gaan?

Wij doen een aantal aanbevelingen voor het vervolg die berusten op twee hoofdoverwegingen. Ten eerste moet de gekozen werkwijze de veiligheid van Groningers borgen. Ten tweede moet de werkwijze het versterkingsproces versnellen. Wij gaan in onze aanbevelingen verder dan

---

<sup>4</sup> Uitsluitingsgronden zijn alleen nodig voor bijzonder bouwkundige kenmerken en onregelmatigheden (zoals kanaalplaatvloeren en breedte actieve stabiliteitswanden) die niet al onderdeel zijn van de gebouw-tot-gebouw variabiliteit.

de gestelde vragen om zo handvatten te geven voor de implementatie van de typologieaanpak.

1. Zet in op een integrale aanpak.

Wij adviseren u om binnen de NCG een aparte sturing op de typologieaanpak in te stellen met aan de leiding een ervaren en gezaghebbende projectdirecteur komende uit de bouwsector. Hij of zij is lid van het MT en moet het mandaat hebben om al werkenderwijs de TNO-typologieaanpak in de praktijk te brengen en te zorgen dat dit integraal samen gaat met de nog uit te voeren verbeterpunten en controles. De projectdirecteur zorgt voor een gezamenlijke inzet en betrokkenheid van TNO, NCG, ingenieursbureaus en aannemers om de theorie met de praktijk te verbinden (zie figuur 1). Hierdoor ontstaat focus en naar de overtuiging van het ACVG ook voortgang en tempo.



*Figuur 1: Partijen moeten via een (project)sturing in continue verbinding staan, willen de verbeterpunten en gevraagde controles snel worden doorgevoerd.*

2. Hanteer binnen deze integrale aanpak de driedeling: typologisch toedelen – typologisch beoordelen – typologisch versterken.

A. *Typologisch toedelen*

Typologisch toedelen zal in januari 2021 kunnen starten. Het ACVG verwacht dat de benodigde verbeterpunten voor die tijd zijn gerealiseerd. De inzichten die TNO hierbij opdoet worden benut om de opname- en toedelingsprotocollen te verbeteren.

De NCG kan zich nu al gaan voorbereiden op het toedelen van individuele woningen aan typologieën en hiermee oefenen. De toedeling van een woning moet gebeuren op een manier die navolgbaar is; achteraf moet per woning een toets kunnen plaatsvinden. De voorbereiding kan bestaan uit: het afbakenen van de scope aan woningen, het controleren en waar nodig aanvullen van het opnameprotocol en het opstellen van een helder toedelingsprotocol waarin staat hoe een expert een woning toedeelt aan een typologie op basis van het opnamerapport en het formuleren van een checklist om per woning bij te houden hoe is toegedeeld en beoordeeld.

B. *Typologisch beoordelen*

Typologisch beoordelen zal in april 2021, en voor sommige typologieën al eerder, kunnen starten. Het ACVG verwacht dat de in dit advies gevraagde resterende controles in maart 2021 geheel kunnen worden afgerond.

Het uitvoeren van enige resterende controles is noodzakelijk om zeker te weten of de gehanteerde veiligheidsmarges voldoende zijn om woningen op norm te

kunnen verklaren. Er zijn ondertussen gesprekken met TNO gevoerd (in aanwezigheid van EZK en BZK) waarin is gecontroleerd - met positief resultaat - dat de resterende actiepunten ook op tijd uitvoerbaar zijn.

Een deel van de door TNO in het gehele aardbevingsgebied veilig verklaarde typologieën<sup>5</sup> kunnen de controles sneller doorlopen. Als hier prioriteit aan wordt gegeven kunnen de woningen die binnen deze typologieën vallen (een kleinere groep) al vanaf januari beoordeeld gaan worden.

Als blijkt dat de TNO-methode onvolkomenheden bezit, dan betekent dit niet noodzakelijkerwijs dat de methode volledig onbruikbaar is. Er zijn pragmatische oplossingen denkbaar waarbij de Meijdamnorm leidend blijft. Gedacht kan worden aan:

1. Het introduceren van extra veiligheidsmarges om onvolkomenheden af te vangen.
2. Het scherper afbakenen van het toepassingsgebied van de methode. Gebruik van de methode wordt uitgesloten voor sommige type woningen.
3. Het stellen van voorschriften bij het gebruik van de typologieaanpak. De methode mag in bepaalde situaties alleen gebruikt worden als aan specifieke eisen is voldaan.

De NCG kan zich per direct gaan voorbereiden om met de TNO typologieaanpak per woning te bepalen of deze op norm is. De beoordeling of een woning op norm is moet gebeuren op een manier die navolgbaar is; achteraf moet per woning een toets kunnen plaatsvinden. Een helder beoordelingsprotocol is belangrijk. Hierin staat hoe een expert beoordeelt of een (aan een typologie toegeedeelde) woning voldoet aan de norm.

Zodra de NCG alle voorbereidingen heeft getroffen, kan de NCG - vooruitlopend op de gevraagde controles – al starten met het niet-op-norm verklaren van woningen waarvan TNO aangeeft dat ze onvoldoende veilig zijn.<sup>6</sup> Dit betekent dat bij woningen die zijn toegekend aan een typologie en die zich binnen de rode vlekkenkaarten van TNO bevinden, een normbesluit kan worden genomen. De betreffende woningen moeten dan versterkt worden.

### C. *Typologisch versterken*

Start per direct met het ontwikkelen van concrete versterkingsmaatregelen die een aannemer direct kan uitvoeren. Nu starten met het ontwikkelen van maatregelenpakketten voorkomt onnodige vertraging straks. Het ACVG benadrukt dat deze acties daarom niet van minder belang zijn dan de acties benodigd voor het typologisch toedelen en typologisch beoordelen. Hierbij zijn de informatie van TNO over faalmechanismen, eerdere versterkingsadviezen, de Groninger Maatregelen Catalogus en de door de NCG ontwikkelde maatregelenpakketten-op-hoofdpijnen nuttige bronnen van informatie. Wij verwachten dat deze activiteiten binnen afzienbare termijn zijn uit te voeren.

In voorgaande driedeling moet sprake zijn van een wisselwerking door een voortdurende onderlinge feedback. Het opdoen van ervaring gaat samen met het aanscherpen van de protocollen en werkwijze. Het streven moet zijn om zoveel mogelijk woningen toe te delen aan een typologie. De feedbackloop helpt om uit te zoeken of een woning die in eerste instantie niet kan worden toegedeeld aan een typologie in tweede instantie alsnog toe te delen is. Daar waar aan een enkel toedelingscriterium niet wordt voldaan, kan namelijk bekeken worden of de woning

---

<sup>5</sup> TNO, 3 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen – Veilige typologieën, rapport TNO nr. 2020 R10698, concept.

<sup>7</sup> Dit is mogelijk omdat de resterende controles die het ACVG nodig acht, primair gericht zijn om te voorkomen dat woningen ten onrechte voldoende veilig worden verklaard.

met een beperkte versterkingsmaatregel alsnog binnen een typologie valt. Zo vormen typologisch toedelen, beoordelen en versterken één integrale keten (zie ook figuur 2).



*Figuur 2: De drie trajecten binnen de integrale aanpak.*

## **5 Tot besluit**

Draagvlak voor de typologieaanpak is essentieel want de impact van deze methodiek is groot. Een groot aantal woningen kan in korte termijn mogelijk voldoende veilig verklaard worden. Aandacht is nodig voor de ommezwaai die bewoners en bestuurders moeten maken in hun verwachting van de versterkingsoperatie.

Tot slot is heldere communicatie nodig. Er zullen vragen ontstaan over deze methode. Het is van belang dat deze vragen op een begrijpelijke manier beantwoord worden. Het is aan te raden een publieksvriendelijke versie van de TNO-rapporten te ontwikkelen en een vragenloket in te richten voor bewoners.

# Bijlagen

## Bijlage 1 – Beantwoording deelvragen

### Inleiding

Op 2 juni 2020 hebben de ministers van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) het Adviescollege Veiligheid Groningen (ACVG) gevraagd om advies over de typologieaanpak. Zowel de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) als de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) hebben hiervoor een methode ontwikkeld. In de adviesvraag worden de volgende vragen gesteld:

1. *Zijn de meegeleverde typologieomschrijvingen van TNO voldoende duidelijk om gebouwen toe te delen aan typologieën tijdens een opname van een woning?*
2. *Is daarbij de veiligheidsbeoordeling, zoals vastgelegd in de kaarten, opgesteld volgens de meest recente inzichten over seismische dreiging en het risico voor woningen? Het college wordt verzocht hierbij te betrekken dat er verschillen optreden tussen de voorgestelde methode en beoordelingen uit het verleden.*
3. *Onderschrijft het ACVG de ingezette lijn voor het ontwerp van standaardmaatregelen door TNO, indien er voldoende gebouwen zijn die nog versterkt moeten worden?*
4. *Kan vooruitlopend op de beschikbaarheid van de gehele gevalideerde set aan TNO-typologieën gebruik worden gemaakt van de door NCG ontwikkelde typologieën en standaardmaatregelen die eveneens zijn meegeleverd? Het ACVG wordt gevraagd om mee te wegen of deze typologieën een goede inschatting geven op basis van de nieuwste inzichten en of zij geëxtrapoleerd kunnen worden zodat maatregelen proportioneel zijn t.o.v. de laatste inzichten m.b.t. de seismische dreiging.*
5. *Kan gebruik worden gemaakt van de praktijk aanpak als een gebouw volgens de veiligheidsbeoordeling van een typologieaanpak niet aan de norm voldoet en waarvoor nog geen standaardmaatregelen beschikbaar zijn?*

In deze bijlage wordt nader ingegaan op de eerste vier adviesvragen.

### Vraag 1: Duidelijkheid TNO-typologieomschrijvingen

#### Vraagstelling

*Zijn de meegeleverde typologieomschrijvingen van TNO voldoende duidelijk om gebouwen toe te delen aan typologieën tijdens een opname van een woning?*

#### Bevindingen bij vraag 1

##### *Grondslagen TNO-typologieomschrijvingen*

De TNO-typologieomschrijvingen zijn gebaseerd op de dertien kenmerken die het seismisch gedrag van een gebouw beschrijven volgens de Global Earthquake Model (GEM) Building Taxonomy. Dit is een internationale, uniforme beschrijving en classificering van gebouwen voor beoordelingen van hun seismisch risico.<sup>7</sup>

Bij de toekenning van een woning aan een typologie op basis van een opname wordt gekeken naar zeven van de dertien kenmerken van de GEM Building Taxonomy:

- richtingsgevoeligheid,
- materiaal van de draagconstructie,
- draagconstructiesysteem,
- hoogte,
- de positie van een woning ten opzichte van andere gebouwen -zoals vrijstaand, rijtjeswoning, etc-,
- buitengevels en
- vloeren.

---

<sup>7</sup> TNO, 15 september 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen – Addendum, rapport nr. TNO 2020 R11102, concept.

Van de overige zes aspecten is er één van onderschikt belang verondersteld voor variaties in het seismisch gedrag van woningen in Groningen (dit betreft de fundering) en komen er vijf tot uitdrukking in de schematisering of de parameterwaarden voor een bepaalde typologie (bouwjaar, gebruiksfunctie, vorm van de plattegrond, constructieve regelmatigheid, dakconstructie en -vorm).

TNO heeft in het concept-hoofdrapport van 3 juni 2020 aangegeven nog een verduidelijkingen op te nemen<sup>8</sup> over de vorm van de plattegrond en constructieve regelmatigheid: er zal worden geëxpliciteerd hoe met onregelmatigheden van gebouwwormen en met verschillende kleine bouwkundige veranderingen moet worden omgegaan (bijv. aanbouwen en dakkapellen).

De TNO-typologieomschrijvingen zijn herkenbaar te relateren aan de GEM Building Taxonomy. De GEM Building Taxonomy geeft de structuur, maar de nadere uitwerking in 9 *gebouwtypologieën* en 30 subtypologieën vereist onvermijdelijk een concreet beeld van de gebouwen zoals die in Groningen voorkomen. Het is onmogelijk om puur op basis van de theorie typologieën te definiëren. Omdat de NCG het beste beeld heeft van de gebouwenvoorraad in Groningen is bekeken in hoeverre de TNO-typologieomschrijvingen aansluiten op de ervaringskennis van de NCG.

#### *Vergelijking typologieomschrijvingen van TNO en NCG*

De typologiedefinities van NCG zijn gebaseerd op de ervaring die door constructeurs in de afgelopen jaren is opgedaan met gebouwen in Groningen (inductieve of 'bottom-up' benadering). Hierbij is onder meer gelet op de bouwwijze, architectonische kenmerken, seriematigheid, de onderlinge (constructieve) relaties van panden en een beeld van de relevante faalmechanismen uit eerdere versterkingsadviezen. De typologiedefinities van TNO zijn gebaseerd op kenmerken van gebouwen die bepalend zijn voor hun *capaciteit* (deductieve of 'top-down' benadering). De NCG-typologieën (56) zijn niet exact gelijk aan de TNO-typologieën (9 hoofdtypologieën en momenteel in totaal 30 subtypologieën).

Op verzoek van het ACVG heeft TNO aangegeven in hoeverre een TNO-typologie overeenkomt met één of meerdere NCG-typologieën. In het Addendum van 15 september 2020 is door TNO per TNO-typologie aangegeven met welke NCG-typologie of typologieën de TNO-typologie correspondeert. Er zijn op hoofdlijnen vier uitkomsten te onderscheiden:

1. de typologieën komen een-op-een overeen,
2. één TNO-typologie omvat meerdere NCG-typologieën (voor elk van deze NCG-typologieën kan dan dezelfde TNO-typologie worden aangehouden),
3. één NCG-typologie omvat meerdere TNO-typologieën (voor deze NCG-typologie kan dan worden uitgegaan van de ongunstigste TNO-typologie, tenzij meer informatie beschikbaar is voor nadere typering),
4. de typologieën komen niet overeen.

Op grond van de typologieomschrijvingen zijn vrijwel alle TNO-typologieën te relateren aan NCG-typologieën (gevallen 1 t/m 3). Dit is ook in de praktijk getoetst met de consequentieanalyse die recent is uitgevoerd voor de TNO-typologieaanpak. Daarin is bekeken in hoeverre woningen aan een TNO-typologie toegekend konden worden op basis van de beschikbare kennis bij de NCG. De NCG heeft de meeste woningen binnen de NCG-scope (ca. 26.700 adressen) aan de door NCG-ontwikkelde typologieën toegekend. Deze toekenning is gedaan op basis van foto's en bouwtekeningen (niet alleen opnames). In 94% van de gevallen bleek toewijzing aan een TNO-typologie mogelijk<sup>9</sup>, in slechts 4% van de gevallen bleek dit niet mogelijk en in 2% van de gevallen staat dit nog open. Dit ondersteunt het beeld dat de typologieomschrijvingen van TNO voldoende duidelijk zijn om daadwerkelijk de in Groningen aanwezige woningen toe te kunnen delen aan typologieën. In gevallen waarbij geen toewijzing mogelijk is, zal een individuele beoordeling nodig blijven.

---

<sup>8</sup> TNO, 3 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen – Achtergronden bij de methode, rapport TNO nr. 2020 R10628, concept.

<sup>9</sup> Hierbij wordt opgemerkt dat de NCG-typologieën in het merendeel van de gevallen aan meerdere TNO-typologieën zijn toe te wijzen en er in dat geval de meest conservatieve variant is gekozen.



### *Concreetheid typologieomschrijvingen*

In het Addendum worden door TNO op diverse plekken uitsluitingsgronden genoemd die aangeven wanneer een woning niet aan een typologie kan worden toegewezen. Een duidelijk en compleet overzicht van de uitsluitingsgronden ontbreekt nog.

De wijze waarop schijfwerking van daken is opgenomen, moet beter worden toegelicht. De stijfheid en compleetheid (verbindingen) van daken heeft volgens TNO grote invloed op de berekende capaciteit van een woning. In de TNO-methodiek wordt verondersteld dat sprake is van voldoende schijfwerking. In de praktijk kan dit echter anders zijn en de invloed daarvan op de resultaten is niet expliciet gemaakt. Mogelijk zijn hier aangescherpte criteria voor toedeling aan- of uitsluiting van een typologie nodig.

Uit het Addendum blijkt dat "vrijstaande woningen met gootlijn op de tweede verdieping-vloer" als een nieuwe, nog niet uitgewerkte subtypologie beschouwd moeten worden.

### **Conclusies bij vraag 1**

De TNO-typologieomschrijvingen berusten op een heldere structuur. Dit verkleint de kans dat belangrijke seismische kenmerken worden gemist. De structuur biedt ook een goede basis voor eventuele toekomstige verfijningen.

Uit de relatie die gelegd kan worden tussen de TNO-typologieën en de typering van woningen op basis van de ervaringskennis van de NCG blijkt dat de TNO-typologieomschrijvingen voldoende duidelijk zijn voor toepassing in de praktijk.

Het is nodig dat de volgende onderdelen nog worden verbeterd:

- *Opstellen van een duidelijk overzicht en heldere omschrijving van toedelingscriteria en uitsluitingsgronden<sup>10</sup>, waarbij ook aandacht wordt geschonken aan de omgang met bouwkundige wijzigingen, bijv. dakkapellen of toegevoegde binnenwanden.*
- *Opstellen van praktische richtlijnen voor de omgang met de stijfheid en compleetheid (bevestigingen) van daken, bijvoorbeeld woningen met onvoldoende stijfheid van daken uitsluiten en/of woningen typologisch beoordelen na verstijving van daken om te beoordelen of alleen die maatregel volstaat; hierbij moeten ook de inzichten worden benut die momenteel worden opgedaan in NEN-verband.*

Daarnaast blijkt uit het Addendum van 15 september 2020 dat TNO een subtypologie "vrijstaande woningen met gootlijn op de tweede verdiepingvloer" zal toevoegen.

De aanpassingen die TNO heeft doorgevoerd in het Addendum geven aan dat het zeer moeilijk is om alle denkbare situaties vooraf te beschrijven en af te dekken. Het is nooit uit te sluiten dat er bij een toepassing in de praktijk nog bijzonderheden aan het licht zullen komen. Dit pleit voor een beheerste uitrol van de typologieaanpak in de vorm van een integraal project, waarin de theorie en de praktijk in samenhang worden beschouwd.

---

<sup>10</sup> Uitsluitingsgronden zijn alleen nodig voor bijzonder bouwkundige kenmerken en onregelmatigheden (zoals kanaalplaatvloeren en breedte actieve stabiliteitswanden) die niet al onderdeel zijn van de gebouw-tot-gebouw variabiliteit.

## Vraag 2: Modelling seismische dreiging en risico voor woningen

### Vraagstelling

*Is daarbij de veiligheidsbeoordeling, zoals vastgelegd in de kaarten, opgesteld volgens de meest recente inzichten over seismische dreiging en het risico voor woningen? Het college wordt verzocht hierbij te betrekken dat er verschillen optreden tussen de voorgestelde methode en beoordelingen uit het verleden.*

De vraag betreft enerzijds de seismische dreiging en anderzijds het risico voor woningen. Deze aspecten worden hieronder separaat behandeld.

### Bevindingen bij vraag 2 ten aanzien van seismische dreiging

Bij het opstellen van de veiligheidsbeoordeling, zoals vastgelegd in vlekkenkaarten, is TNO uitgegaan van de seismische dreiging anno 2019, berekend op basis van de modelmatige uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de destijds beschikbare, vorige, versie van de NEN-webtool. Dit staat beschreven in paragraaf 5.1 van het rapport over de achtergronden van de door TNO ontwikkelde methode:<sup>11</sup>

In de berekening van de vlekkenkaarten zijn voor de berekening van gasproductie tot seismische dreiging dezelfde uitgangspunten gehanteerd als die momenteel worden gebruikt voor de huidige (mei 2020) beschikbare NPR webtool (geïmplementeerd in de webtool in november 2018 en tot op heden ongewijzigd). Verwezen wordt naar de volgende referenties en uitgangspunten:

1. Kamerbrief kabinetspad afbouw gasproductie [MEZK, 2018a] en verwachtingenbrief productie [MEZK, 2018b]
2. Gasproductie drukken conform [NAM, 2018a] op basis van het gemiddelde winter scenario van het kabinetspad, conform inzetstrategie 1, oktober 2018
3. Het seismisch bronmodel V5, [Bourne et al, 2019]
4. Het breukenmodel, [Bourne & Oates, 2018]
5. De 7 punts Mmax verdeling volgens de expert Mmax workshop, [Coppersmith et al, 2016]
6. Het bodembewegingsmodel V5, [Bommer et al, 2017]

Zodra er nieuwe modellen beschikbaar zijn, die breed geaccepteerd zijn, kunnen die nieuwe modellen worden geïmplementeerd in de TNO modelketenberekening. Op basis van die nieuwe instellingen kunnen dan updates van de vlekkenkaarten worden gemaakt. Dit kan snel worden uitgevoerd.

Begin juli is de NEN-webtool geactualiseerd. Hoewel de berekende seismische dreiging op veel locaties is afgenomen zijn er ook locaties waar de seismische dreiging volgens de nieuwste inzichten is toegenomen (uitgaande van tijdvak t4: 01-10-2020 tot 30-09-2021) ten opzichte van de eerder geldende NEN-webtool (uitgaande van tijdvak t1: 2018-2019).

Deelconclusie: In de veiligheidsbeoordeling is (nog) niet gerekend met de meest recente inzichten over de seismische dreiging. Er is sprake van een beperkt verschil met de huidige NEN-webtool waarin die inzichten wel zijn verwerkt.

Gelet op het bovenstaande is het wenselijk dat de berekeningen worden herhaald met de meest recente gegevens over de seismische dreiging. Voor het ACVG-oordeel over de door TNO ontwikkelde methodiek heeft dit verder geen consequenties.

<sup>11</sup> TNO, 3 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen – Achtergronden bij de methode, rapport nr. TNO 2020 R10628, concept.

De vlekkenkaarten zijn snel te actualiseren omdat de TNO-aanpak gebaseerd is op de 'TNO-modellenketen ten behoeve van de typologieaanpak', een keten van afzonderlijke modules. De uitvoer van de ene module vormt de invoer van de volgende module. Bij een verandering in het seismisch belastingmodel hoeft alleen de betreffende module te worden aangepast. Alle berekeningen zijn vervolgens snel opnieuw te maken.

## **Bevindingen bij vraag 2 ten aanzien van het risico voor woningen**

De vraag of het risico voor woningen "volgens de meeste recente inzichten" is bepaald, is breed opgevat. Daarbij heeft het ACVG de volgende drie aspecten beschouwd:

### **1. De systematiek**

Het is essentieel dat de door TNO ontwikkelde methode qua systematiek in lijn is met de NPR 9998. De NPR 9998 vormt immers de basis voor de toetsing van woningen aan de Meijdam-norm. Het ACVG heeft daarom bekeken of de door TNO gehanteerde systematiek zodanig is dat de beoordeling van een woning op basis van de TNO-typologieaanpak, mits correct uitgewerkt, is op te vatten als een beoordeling conform de NPR 9998.

### **2. De modellen**

Uitgaande van de seismische dreiging berekent TNO het risico voor een woning als volgt:

- Stap 1: bepaal de weerstand tegen in-het-vlak of uit-het-vlak bezwijken met NLTH-berekeningen, met oog voor globale faalmechanismen (volledige instorting) en lokale faalmechanismen (het bezwijken van constructieonderdelen zoals een buitenspouwblad),
- Stap 2: destilleer uit de resultaten van NLTH-berekeningen een capaciteitskromme met bandbreedtes en gebruik deze in Single-Degree-of-Freedom (SDOF) modellen verderop in de keten,
- Stap 3: bereken de overlijdensrisico's voor verschillende vormen van bezwijken en combineer deze tot het individueel risico voor de betreffende woning.

Het ACVG heeft geëvalueerd of de modellen die bij deze drie stappen door TNO worden gehanteerd in lijn zijn met de stand der techniek. Daarbij heeft het ACVG o.a. gekeken naar de inzichten die recent zijn opgedaan in het kader van de doorontwikkeling van de NPR 9998: 2018 tot de NPR 9998:2020.

### **3. De modelinvoer**

De toetsing van een woning aan de Meijdam-norm op basis van de typologieaanpak moet recht doen aan de daadwerkelijke kenmerken van die woning. Het gaat daarbij om het volgende:

- De beschrijving van de gebouw-tot-gebouwvariabiliteit: de beschrijving van de variaties in de capaciteit van woningen binnen een typologie dient recht te doen aan de verschillen tussen daadwerkelijk in Groningen aanwezige woningen die tot dezelfde typologie behoren.
- Het opnameniveau en de omgang met gebouw-tot-gebouwvariabiliteit: bij de beoordeling van een woning wordt uitgegaan van alles wat er over die woning bekend is, voor zover relevant voor het beoordelingsresultaat. Wat er over een woning bekend is, is afhankelijk van het detailniveau van de opname (inclusief het archiefonderzoek ter voorbereiding). Uitgebreidere opnames leiden tot kleinere onzekerheden maar vergen een grotere inspanning en zijn niet altijd goed mogelijk, bijvoorbeeld omdat ze destructief onderzoek vergen. In de praktijk wordt een bepaalde mate van onzekerheid bij het beoordelen en ontwerpen van woningen en andere bouwwerken dan ook altijd geaccepteerd. In de door TNO ontwikkelde methodiek worden alle variaties binnen een typologie als onzeker behandeld. Dit past bij het door TNO gehanteerde uitgangspunt dat opnames er alleen op zijn gericht om te bepalen of een woning toegewezen kan worden aan een bepaalde typologie. Met een hoger opnameniveau is er nog meer informatie over een woning in te winnen. Het is onwenselijk dat de kans groot is dat een woning volgens een TNO-vlekkenkaart voldoet aan de Meijdam-norm maar bij een nadere beschouwing (op basis van een hoger opnameniveau) toch niet blijkt te voldoen.

- Het effect van reeds aanwezige schade op de toepasbaarheid van de typologieaanpak: bij de uitwerking van de typologieaanpak is door TNO uitgegaan van onbeschadigde woningen. Door TNO is een criterium voorgesteld om te bepalen tot welke schadeniveaus de methodiek nog bruikbaar is. Dit criterium dient voldoende onderbouwd te zijn.

Het bovenstaande heeft geleid tot zeven specifieke onderzoeksvragen:

- 1. De aansluiting van de typologieaanpak op de systematiek van de NPR 9998:** op welke wijze is een beoordeling op basis van de typologieaanpak te beschouwen als een beoordeling op grond van de NPR 9998?
- 2. De modellering van in-het-vlak en uit-het-vlak bezwijken:** in hoeverre sluiten de gebruikte modellen aan bij de inzichten die over in-het-vlak en uit-het-vlak zijn opgedaan bij de doorontwikkeling van de NPR 9998?
- 3. De beschrijving van gebouw-tot-gebouwvariabiliteit:** in hoeverre is de gemodelleerde gebouw-tot-gebouwvariabiliteit in overeenstemming met de variaties tussen woningen van hetzelfde type die daadwerkelijk in Groningen staan?
- 4. Het opnameniveau en de omgang met gebouw-tot-gebouwvariabiliteit:** Wat is de kans op een ander veiligheidsoordeel als het opnameniveau hoger is dan door TNO is aangehouden?
- 5. Het gebruik van SDOF-modellen:** is de modelonzekerheid die ontstaat door het gebruik van Single-Degree-of-Freedom (SDOF) modellen afdoende meegenomen in de TNO-methodiek?
- 6. De modellering van de gevolgen van bezwijken:** zijn de gehanteerde overlijdenskansen bij het bezwijken van woningen voldoende gemotiveerd?
- 7. Het effect van reeds aanwezige schade op de toepasbaarheid van de typologieaanpak:** Is het door TNO voorgestelde criterium om te bepalen bij welke schades de methodiek nog bruikbaar is correct?

Voorgaande vragen zijn in een tweedaags overleg geformuleerd (zie ook werkwijze op pagina 5) en in de periode augustus-september 2020 beantwoord in de vorm van aanvullende rapportages. De verstrekte antwoorden en resterende opmerkingen van het ACVG worden in de volgende subparagrafen behandeld.

#### 1. *Aansluiting van typologieaanpak op systematiek NPR 9998*

De NPR 9998 staat een probabilistische beoordeling toe, zoals het ACVG in zijn tussentijds advies reeds heeft bevestigd<sup>12</sup>.

In de TNO-methode is het constructieve gedrag van woningen gesimuleerd met behulp van NLTH-berekeningen (Non Linear Time History) welke zijn gekalibreerd aan triltafeltests. Uitkomsten zijn steeds vergeleken met NLPO-berekeningen (Non Linear Push Over). Zowel de NLTH- als NLPO-berekeningen zijn uitgevoerd met gedetailleerde MDOF 3D eindige-elementen representaties van woningen. Op de resultaten van de NLTH-analyses zijn eenvoudigere SDOF-modellen gefit. Hiermee zijn vervolgens kwetsbaarheidscurves afgeleid.

Gelet op het bovenstaande zijn voor de aansluiting van de typologieaanpak op de systematiek van de NPR 9998 van belang:

1. Annex F van de NPR 9998 over niet-lineair dynamische NLTH-berekeningen,
2. Annex G van de NPR 9998 over niet-lineair statische (push-over) NLPO-berekeningen voor het in-het-vlak bezwijken van gebouwen,
3. Annex H van de NPR 9998 over het uit-het-vlak bezwijken van metselwerkwanden, en
4. basisprincipes ten aanzien van de omgang met onzekerheden over modellen en gebouw- en materiaalkenmerken.

<sup>12</sup> ACVG, 5 maart 2020, Tussentijds advies validatie typologieaanpak, kenmerk ACVG/202003-01.

### Aansluiting op Annex F

Eén van de verschillen tussen de door TNO/TU Delft uitgevoerde NLTH-berekeningen en Annex F van de NPR 9998 betreft de gebruikte tijdsignalen. Annex F gaat uit van elf tijdsignalen uit de NEN-webtool. De berekeningen die ten grondslag liggen aan de kwetsbaarheidscurves uit de typologieaanpak berusten op een andere set tijdsignalen, die overigens wel op dezelfde modellering van de seismische dreiging berusten. Het verschil houdt volgens TNO verband met het feit dat in een semi-probabilistische beoordeling wordt uitgegaan van een specifieke seismische belasting, terwijl in een probabilistische berekening van een bezwijkkans zo goed mogelijk rekening wordt gehouden met alle mogelijke belastingen en hun kansen van voorkomen. Deze aanpak is plausibel.

Annex F biedt interpretatieruimte ten aanzien van de stopcriteria van NLTH-analyses, zoals ook naar voren komt in de door TNO uitgevoerde evaluatie van een twintigtal versterkingsadviezen. Deze interpretatieruimte betreft bijvoorbeeld de criteria voor het volumeverlies bij voortschrijdend bezwijken, de globale verplaatsingscapaciteit van woningen en de lokale verplaatsingscapaciteit van uit-het-vlak belaste wanden. Het ACVG merkt op dat de onder paragraaf 3 genoemde 'sanity check' duidelijkheid zal geven.

### Aansluiting op Annex G

De NLPO-berekeningen zijn uitgevoerd met een rekenmethode die ook in bijlage G van de NPR 9998:2018 wordt genoemd: "een volledige niet-lineaire eindige-elementenmodellering van de bouwconstructie waarbij rekening wordt gehouden met fysische en geometrisch niet-lineair gedrag". Voor de uiterste verplaatsingscapaciteit baseert TNO zich op een studie van TU Delft die de basis vormt van de (veilige) rekenwaarden van drift limits in Annex G van de NPR 9998:2018.

### Aansluiting op Annex H

Voor de beoordeling van uit-het-vlak bezwijken maakt TNO gebruik van NLTH-berekeningen waarin woningen volledig en in 3D zijn geschematiseerd. Annex H van de NPR 9998 beschrijft een vereenvoudigde beoordelingsmethode voor wanden maar staat ook een beoordeling op basis van NLTH-berekeningen van de woning als geheel volgens Annex F toe. TNO geeft aan dat de experimentele uitkomsten die ten grondslag liggen aan de nieuwe Annex H van de NPR 9998 zijn meegenomen "door middel van extra bezwijkcriteria voor metselwerk wanden uit het vlak". Hoe dit precies is gedaan, is niet nader toegelicht. In de volgende paragraaf 2 wordt daarom een aanvullende controle benoemd.

### Basisprincipes ten aanzien van de omgang met onzekerheden over modellen en gebouw- en materiaalkenmerken

Net zoals alle Nederlandse bouwvoorschriften berust de NPR 9998 op een benadering waarin de onzekerheid ten aanzien van modellen en gebouw- en materiaalkenmerken wordt meegenomen in beoordelingen door kansen toe te kennen aan mogelijke afwijkingen. De vertaling van de resultaten van NLTH-analyses naar SDOF-modellen introduceert een additionele onnauwkeurigheid en mogelijk verlies van detailinformatie over lokale uit-het-vlak faalmechanismen. Hiervoor wordt in de TNO-systematiek een spreiding aangehouden. Hetzelfde geldt voor de onzekerheid die gerelateerd is aan bouwkundige kenmerken waarvan door TNO wordt verondersteld dat ze bij een opname niet nader (kunnen) worden bepaald. Deze wijze van het omgaan met onzekerheden is in lijn met de basisprincipes die ten grondslag liggen aan de Nederlandse bouwvoorschriften en die in de NPR 9998 worden gevolgd.

Deelconclusie: De typologieaanpak sluit op hoofdlijnen, qua systematiek, aan op de methoden die in de NPR 9998 zijn beschreven.

## **2. *Modellering van in-het-vlak en uit-het-vlak bezwijken***

Voor de veiligheidsbeoordeling van woningen zijn de details van de modellering van in-het-vlak en uit-het-vlak bezwijken van groot belang. Ten aanzien van de technische details wijst TNO erop dat gebruik is gemaakt van vergelijkbaar (bron)materiaal als bij de actualisatie

van de NPR 9998. Een gedetailleerde vergelijking van modelmatige uitgangspunten en een kwantitatieve analyse van verschillen in berekeningsresultaten voor soortgelijke woningen ontbreekt echter. Zodoende is het voor het ACVG niet na te gaan of de modellering van in-het-vlak en uit-het-vlak bezwijken adequaat is en in lijn met de recente inzichten die hieromtrent in NEN-verband zijn ontwikkeld.

Deelconclusie: De overeenkomsten en verschillen in de modellering van *in-het-vlak* en *uit-het-vlak* bezwijken zijn nog onvoldoende scherp in beeld gebracht om zeker te zijn dat de door TNO gehanteerde uitwerking volledig in lijn is met (of wellicht beter is dan) de inzichten die hieromtrent in NEN-verband zijn ontwikkeld. Het oplossen van eventuele tekortkomingen vergt niet noodzakelijkerwijs langdurig, diepgaand onderzoek: er zijn ook pragmatische oplossingen te bedenken waarbij de Meijdam-norm leidend blijft.

### 3. *Beschrijving van gebouw-tot-gebouwvariabiliteit*

TNO bepaalt de gebouw-tot-gebouwvariabiliteit voor een typologie als volgt. Voor elke typologie wijst TNO een referentiegebouw aan, zoals een woning die op een triltafel is beproefd. Door de kenmerken (bijv. geometrie, sterkteparameters) van dit referentiegebouw te variëren wordt een set woningen verkregen die van elkaar verschillen maar die wel tot dezelfde typologie behoren. Voor elk van deze woningen wordt vervolgens de seismische capaciteit berekend. Op basis van de verschillen daartussen beschrijft TNO de gebouw-tot-gebouwvariabiliteit voor de betreffende typologie. Om dit goed te kunnen duiden heeft het ACVG aan TNO gevraagd om de gemodelleerde gebouw-tot-gebouwvariabiliteit te spiegelen aan (de verschillen tussen) woningen die daadwerkelijk in Groningen staan.

In reactie op de vraag van het ACVG hebben TNO en TU Delft 27 Technisch Versterkingsadviezen (TVA's) op basis van NLTH-berekeningen van Zonneveld Ingenieurs geanalyseerd. In al deze 27 TVA's concludeert Zonneveld Ingenieurs dat versterking nodig is. Volgens de TNO-methodiek is dit bij slechts zes van de 27 gebouwen het geval.

Van de 21 nader bekeken gevallen onderschrijft TNO bij één geval dat versterking inderdaad nodig is. Op basis van dit geval zal TNO de omschrijvingen van steensmetselwerk en een spouwmuur verduidelijken. Bij de twintig resterende gevallen geeft TNO aan waarom zij het TVA van Zonneveld Ingenieurs te conservatief vindt. Of de genoemde aspecten het verschil in beoordelingsresultaat steeds volledig kunnen verklaren, is niet geheel duidelijk ("lijkt (...) te voldoen"). Hier spelen o.a. de aannames voor de eerder genoemde stopcriteria van de NLTH-berekeningen een rol, alsook aangenomen invoerparameters en aannames bij schematiseringen waaronder het wel/niet meenemen van binnenwanden.

Het is daarmee onduidelijk in hoeverre woningen die daadwerkelijk in Groningen staan, passen binnen de bandbreedtes die door TNO per typologie zijn aangehouden. Hiervoor is het nodig dat een aantal woningen van dezelfde typologie wordt doorgerekend met dezelfde uitgangspunten die TNO heeft gehanteerd bij het referentiegebouw voor die typologie. Dat is nog niet gedaan.

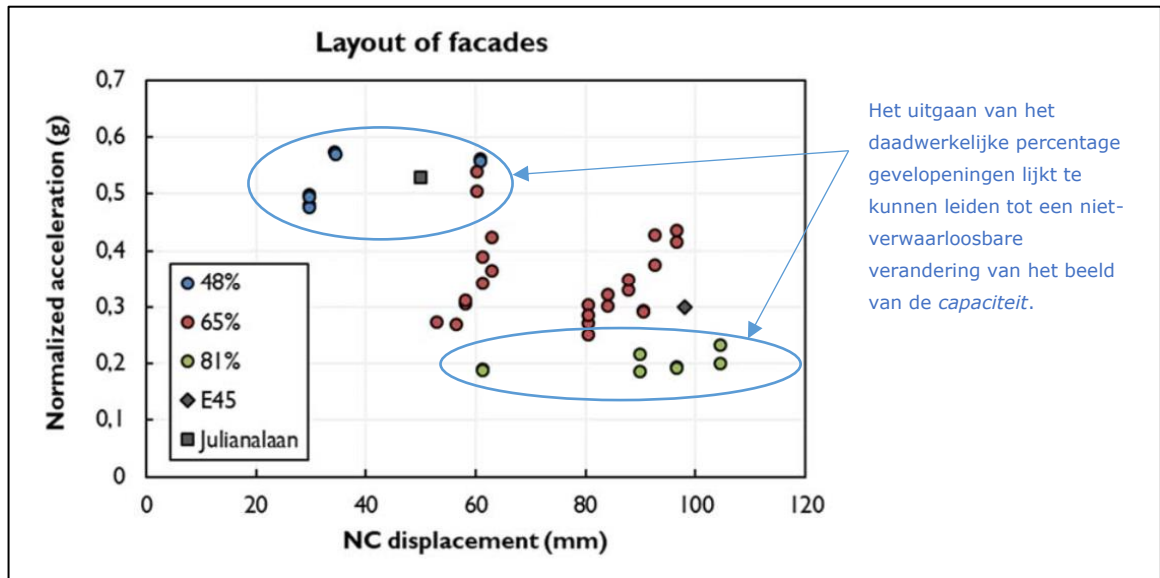
#### Deelconclusie:

Een overtuigende 'sanity check' op de beschrijving van de gebouw-tot-gebouw variabiliteit ontbreekt vooralsnog.

### 4. *Opnameniveau en omgang met gebouw-tot-gebouwvariabiliteit*

In het Addendum zijn grafieken van de resultaten van de variatiestudies van de TU Delft voor METSELWERK1 gegeven. Op basis van deze grafieken stelt TNO dat de beoordelingsresultaten niet of nauwelijks anders zullen worden bij een zeer uitgebreide opname (inclusief destructief onderzoek) waarbij de kenmerken van een individuele woning precies worden vastgesteld. De huidige conclusie/stelling van TNO zou impliceren dat de gebouw-tot-gebouwvariabiliteit nauwelijks van belang is voor de beoordelingsresultaten (ofwel: dat andere factoren veel belangrijker zijn). Dat zou onverwacht zijn. De door TNO gegeven verwachting blijkt ook niet direct uit de getoonde scatterplots die juist wel verschillen tonen,

zoals aangegeven in Figuur 3. De kans op een ander oordeel bij een hoger opnameniveau is niet berekend (een zogenaamde "preposterior-analyse" is niet uitgevoerd).



Figuur 3: Illustratie waarom uit de scatterplots niet direct volgt dat verdergaande opname praktisch niet tot een ander oordeel kan leiden. De figuur toont de near-collapse-verplaatsing en de genormaliseerde versnelling (krachtcapaciteit) voor METSELWERK1-gebouwen met verschillende percentages gevelopeningen. De puntenwolken voor 48% en 81% gevelopeningen liggen van elkaar af.

**Deelconclusie:** De stelling van TNO dat de beoordelingsresultaten praktisch hetzelfde zullen blijven bij uitgebreidere opnames is onvoldoende onderbouwd.

#### 5. Gebruik van SDOF-modellen

Voor het opstellen van kwetsbaarheidscurves zijn op de resultaten van NLTH-berekeningen SDOF-modellen gefit. Er zijn geen MDOF-modellen gefit omdat het fitten van dergelijke modellen een grote extra inspanning zou opleveren (een groot aantal NLTH-berekeningen).

TNO stelt in haar Addendum:

1. dat de grotere benaderingsfouten die ontstaan door het gebruik van SDOF-modellen i.p.v. MDOF-modellen tot uitdrukking wordt gebracht in de grotere modelonzekerheid die wordt aangehouden. TNO baseert zich hierbij op de resultaten van MDOF-berekeningen van Arup voor twee typologieën, URM3L en URM4L, en de resultaten van triltafelexperimenten.
2. dat de mediane waarde van de kwetsbaarheidskromme voor gebouwtype URM4L in lijn is met testresultaten (vgl. METSELWERK2). Voor overige bouwtypen is geen directe validatie met experimenten mogelijk en is de mediaan met 15% verlaagd op basis van een vergelijking van MDOF en SDOF-berekeningsresultaten. Daarbij zijn feitelijk de MDOF-resultaten als referentie aangehouden, ook al is de capaciteit volgens triltafeltests vaak groter.

Het bovenstaande suggereert de aanwezigheid van voldoende grote veilige marges. Het ACVG acht echter nog wel een controle nodig of de invloed van lokaal uit-het-vlak bezwijken op het berekeningsresultaat correct wordt meegenomen bij de benadering door SDOF-modellen.

**Deelconclusie:** De toepassing van SDOF-modellen is afdoende onderbouwd; er zijn marges ingebouwd maar een nadere controle is nodig of de invloed van lokaal uit-het-vlak bezwijken op het berekeningsresultaat correct wordt meegenomen bij het gebruik van SDOF-modellen.

## 6. *De modellering van de gevolgen van bezwijken*

De achtergronden van de binnen de TNO-methodiek gehanteerde overlijdenskansen zijn nader toegelicht in het Addendum.

De overlijdenskansen zijn gebaseerd op de v6 en v7 consequence models. In deze modellen zijn de overlijdenskansen gekoppeld aan het getroffen oppervlak bij verschillende gradaties van bezwijken volgens modelberekeningen.

Bij alle bouwtypologieën behalve METSELWERK1, -2, -8 en -9 is het v7-model gelijk aan het v6-model. De overlijdenskansen uit het v6-model zijn dan onveranderd aangehouden. Voor METSELWERK2 is het v7-model gunstiger maar heeft TNO voorzichtigheidshalve vastgehouden aan het v6-model. Voor METSELWERK1, -8 en -9 heeft TNO wel het recentere v7-model gehanteerd, maar daarin een conservatieve aanpassing doorgevoerd.

Bij de afleiding van de rekenregels uit de NPR 9998 is uitgegaan van algemene, niet gebouw(typologie)specifieke overlijdenskansen. Voor een nadere toelichting op de verschillen tussen de NPR 9998 en de TNO-typologieaanpak ten aanzien van de gevolgmodellering wordt verwezen naar het ACVG-advies "Verschillen tussen de NPR 9998 en de HRA - oorzaken & aanbevelingen". De gevolgmodellering in de TNO-typologiebenadering is nauw verwant aan de gevolgmodellering in de HRA.

Deelconclusie: de achtergronden van de gehanteerde overlijdenskansen zijn helder. Bij twijfel is door TNO een voorzichtige keuze gemaakt.

## 7. *Reeds aanwezige schade en toepasbaarheid typologieaanpak*

Het ACVG heeft in zijn tussentijds advies over de door TNO ontwikkelde typologieaanpak aandacht gevraagd voor het effect van schade aan gebouwen op hun seismische capaciteit.<sup>13</sup> In het addendum geeft TNO aan dat een toewijzing aan een typologie alleen mogelijk als de schade aan metselwerk valt in schadeklasse 0 t/m 2. In het hoofdrapport van 3 juni 2020 was dit nog schadeklasse 0 t/m 3.

De onderbouwing van het verlaagde schadecriterium is nog onvoldoende. Deze voert terug op een quote waarbij onduidelijk is of deze van toepassing is op de seismische weerstand en waarin wordt gesteld:

"For domestic dwellings, which constitute the *majority* of cases, damage at or below Category 2 does *not normally* justify remedial work other than the restoration of the appearance of the building" (cursivering toegevoegd)"

Deelconclusie: Door de neerwaartse bijstelling van het schadecriterium neemt de kans af dat gebouwen die te zwaar beschadigd zijn om op basis van de typologieaanpak beoordeeld te worden toch aan een typologie worden toegekend. Het nieuw gekozen schadecriterium is echter nog onvoldoende onderbouwd.

## **Conclusies bij vraag 2**

Ten aanzien van de seismisch dreiging wordt nog niet uitgegaan van de laatste stand van zaken. Dit is echter snel aanpasbaar vanwege de modulaire opzet van de door TNO ontwikkelde methodiek.

Ten aanzien van de modellering van de seismische capaciteit van gebouwen is een aantal resterende controles nog nodig. In figuur 4 is weergegeven hoe deze zich verhouden tot de rekenstappen van TNO. Per onderzoeksvraag wordt geconcludeerd dat:

---

<sup>13</sup> ACVG, 5 maart 2020, Tussentijds advies validatie typologie-aanpak, kenmerk ACVG/202003-01.



**1. De aansluiting van de typologieaanpak op de systematiek van de NPR 9998**

Geen verdere onderbouwing nodig.

**2. De modellering van in-het-vlak en uit-het-vlak bezwijken**

*Een controle resteert: Toon aan dat de aannames en interpretaties bij NLTH-berekeningen voldoende onderbouwd zijn.*

Het evalueren van de details van de door TNO uitgevoerde NLTH-berekeningen met ervaringsdeskundigen en het geven van inzicht in relevante faalmechanismen. Het gaat hier over de rekenkundige uitgangspunten zoals die door TNO worden gehanteerd bij het bepalen van de capaciteit van (model)gebouwen.

**3. De beschrijving van gebouw-tot-gebouwvariabiliteit**

*Een controle resteert: Toon aan dat de modellering van de gebouw-tot-gebouwvariabiliteit past bij de Groningse realiteit.*

Het controleren of de capaciteitscurves van daadwerkelijke woningen in Groningen vallen binnen de door TNO gehanteerde bandbreedtes per typologie. Dit vergt een doorrekening van enkele woningen in Groningen.

**4. Het opnameniveau en de omgang met gebouw-tot-gebouwvariabiliteit**

*Een controle resteert: Toon aan dat een uitgebreidere opname geen wezenlijke invloed heeft op het beoordelingsresultaat.*

Het overtuigend beantwoorden van de vraag over de kans dat een ander beoordelingsresultaat wordt verkregen als er (meer) concrete informatie over een pand wordt meegenomen in de beoordeling.

**5. Het gebruik van SDOF-modellen**

*Een controle resteert: Toon aan dat uit-het-vlak bezwijken correct is meegenomen in versimpelde (SDOF) modellen.*

Het controleren of relevante invloed van lokale uit-het-vlak mechanismen voldoende zijn beschouwd in (op NLTH-berekeningen gebaseerde) SDOF-modellen in de modellenketen.

**6. De modellering van de gevolgen van bezwijken**

Geen verdere onderbouwing nodig.

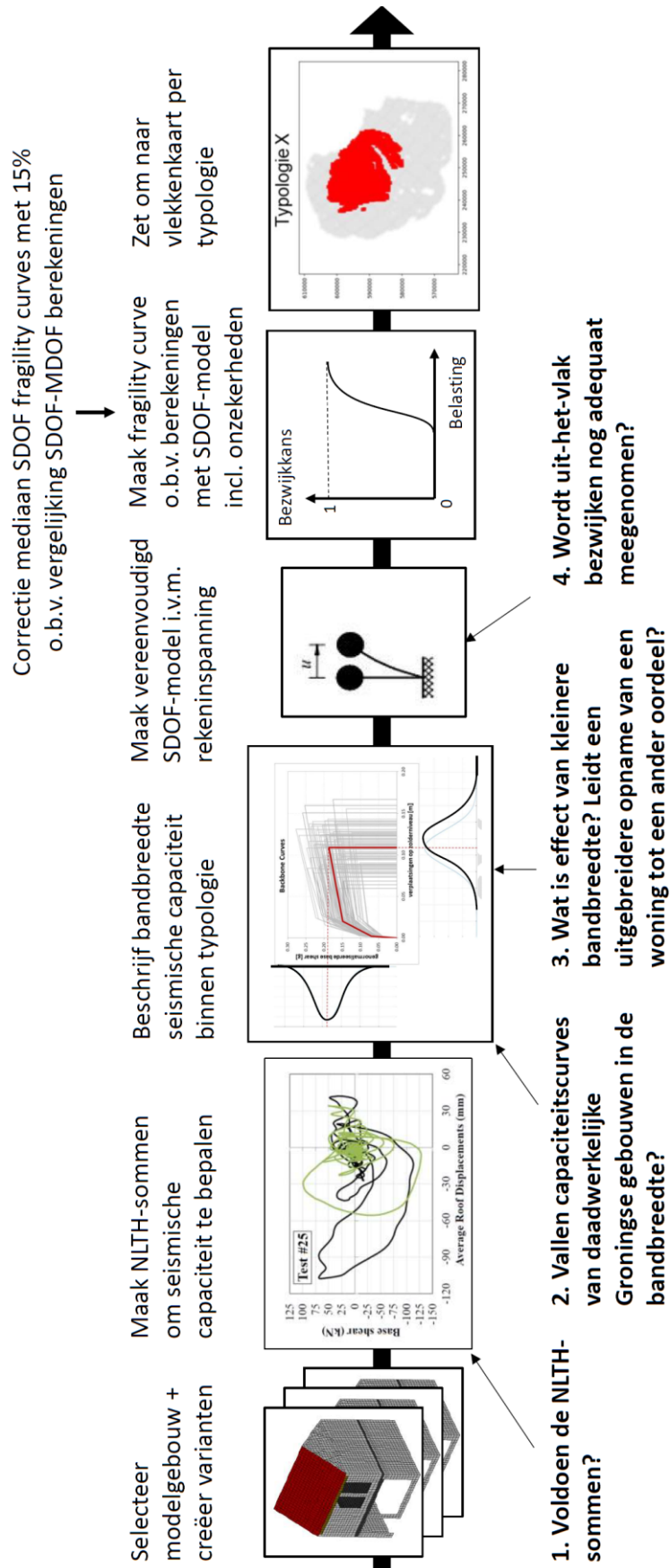
**7. Het effect van reeds aanwezige schade op de toepasbaarheid van de typologieaanpak**

*Een verbeterpunt resteert: Opstellen van duidelijkere onderbouwing van het gekozen schadecriterium voor de invloed van bestaande schade voor metselwerk.*

Het beter onderbouwen van het schadecriterium dat bepaalt wanneer een woning niet meer aan een typologie toegewezen kan worden omdat de seismische capaciteit door eerdere scheurvorming teveel is aangetast.

Als blijkt dat de TNO-methode onvolkomenheden bezit, dan betekent dit niet noodzakelijkerwijs dat de methode volledig onbruikbaar is. Er zijn pragmatische oplossingen denkbaar waarbij de Meijdamnorm leidend blijft. Gedacht kan worden aan:

- I. Het introduceren van extra veiligheidsmarges om onvolkomenheden af te vangen.
- II. Het scherper afbakenen van het toepassingsgebied van de methode. Gebruik van de methode wordt uitgesloten voor sommige type woningen.
- III. Het stellen van voorschriften bij het gebruik van de typologieaanpak. De methode mag in bepaalde situaties alleen gebruikt worden als aan specifieke eisen is voldaan.



Figuur 4: Illustratie hoe de resterende controles zich verhouden tot de rekenstappen in de TNO-methode (de resterende controle over het schadecriterium van METSELWERK wordt behandeld bij de bespreking van typologisch toedelen; onderzoeksvraag 7).

### Vraag 3: Ontwerp van standaardmaatregelen door TNO

#### Vraagstelling

*Onderschrijft het ACVG de ingezette lijn voor het ontwerp van standaardmaatregelen door TNO, indien er voldoende gebouwen zijn die nog versterkt moeten worden?*

#### Bevindingen bij vraag 3

Per typologie is door TNO een globale omschrijving gegeven van de maatregelen die getroffen kunnen worden tegen de faalmechanismen die bij de betreffende typologie van belang zijn. Zo worden voor de typologie METSELWERK1 de volgende maatregelen genoemd:

1. *Maatregelen om te voorkomen dat dragende wanden uit het vlak bezwijken.*
2. *Maatregelen die zorgen voor voldoende sterkte in het vlak van de langsgevel.*
3. *Constructief koppelen van dragende wanden en vloeren.*
4. *Versterken van de verdiepingsvloeren, waardoor deze meer stijfheid in het vlak hebben.*
5. *Versterken van het dakvlak en constructief verbinden van dakconstructie met dragende wanden en vloeren.*

Er is niet aangegeven welke/hoeveel maatregelen (of liever: principeoplossingen) getroffen moeten worden om te zorgen dat een gebouw aan de Meijdam-norm voldoet. De uitwerking van de maatregelen tot een definitief ontwerp dient nog per gebouw plaats te vinden.

In de door TNO opgestelde rapporten zijn geen vervolgstappen aangekondigd die zullen leiden tot kant en klare, direct toepasbare standaardmaatregelen per typologie, gedifferentieerd naar het niveau van de seismische dreiging.

#### Conclusies bij vraag 3

Vooralsnog zijn door TNO alleen principeoplossingen benoemd voor de verzameling van relevante faalmechanismen per typologie. Een hiërarchie in de maatregelen, een differentiatie naar seismische dreiging en een incrementele benadering om tot specifieke oplossingen te komen voor specifieke faalmechanismen ontbreken. In zijn tussentijds advies<sup>14</sup> heeft het ACVG erop gewezen dat de destijds beschikbare beschrijvingen van de standaardmaatregelen nog onvoldoende concreet waren voor direct gebruik. Dit is nog steeds het geval en zal zonder vervolgstappen zo blijven.

Om op afzienbare termijn maatregelenpakketten te hebben die aannemers zonder verdere engineering kunnen gebruiken, is het nodig dat de theorie en de praktijk met elkaar worden geconfronteerd. Daarbij zijn de informatie van TNO over faalmechanismen, eerdere versterkingsadviezen, de Groninger Maatregelen Catalogus en de door de NCG ontwikkelde maatregelenpakketten-op-hoofdpijnen een nuttige bron van informatie.

### Vraag 4: Gebruik NCG-typologieën en standaardmaatregelen

#### Vraagstelling

*Kan vooruitlopend op de beschikbaarheid van de gehele gevalideerde set aan TNO typologieën gebruik worden gemaakt van de door NCG ontwikkelde typologieën en standaardmaatregelen die eveneens zijn meegeleverd? Het ACVG wordt hierbij gevraagd om mee te wegen of deze typologieën een goede inschatting geven op basis van de nieuwste inzichten en of zij geëxtrapoleerd kunnen worden zodat maatregelen proportioneel zijn t.o.v. de laatste inzichten m.b.t. de seismische dreiging.*

#### Bevindingen bij vraag 4 ten aanzien van de NCG-typologieën

De inzichten om te komen tot NCG-typologieën en standaardmaatregelen zijn ontleend aan versterkingsadviezen die zijn uitgevoerd op basis van de eerder geldende NPR 9998:2018.<sup>15</sup> Die

---

<sup>14</sup> ACVG, 5 maart 2020, Tussentijds advies validatie typologie-aanpak, kenmerk ACVG/202003-01.

<sup>15</sup> Integratiedocument typologieaanpak, versie 1.1, Nationaal Coördinator Groningen, 19 augustus 2020.

versterkingsadviezen hebben elk betrekking op een specifieke woning bij een specifieke seismische belasting. De versterkingsadviezen zijn opgesteld door verschillende bureaus met verschillende rekenmodellen en rekentechnieken. De uitkomsten en inzichten van deze berekeningen en de vertaling in maatregelen verschilt tussen de diverse adviezen. Expert judgement speelt binnen de door NCG gehanteerde systematiek een belangrijke rol.

De NCG stelt dat op basis van een betrekkelijk kleine set aan versterkingsadviezen (minimaal vijf) tot de definitie van een typologie en een bijbehorend maatregelenpakket gekomen kan worden. Veelal zijn dit NLPO-berekeningen (Non Linear Push Over) op basis van NPR 9998. Daarbij is een aanvullende eis dat ten minste één van deze versterkingsadviezen moet zijn onderbouwd met een NLTH-berekening op basis van NPR 9998.

Het ACVG signaleert drie aandachtspunten:

1. De resultaten van NLPO- en NLTH-berekeningen geven vaak verschillende inzichten in het bezwijkgedrag en de noodzaak van versterkingsmaatregelen. Ook kunnen verschillen ontstaan door het gebruik van verschillende soorten NLPO-berekeningsmethoden (snelle, conservatieve methoden versus geavanceerde, minder conservatieve methoden). In de door NCG verstrekte documentatie is niet aangegeven hoe verschillen door het gebruik van verschillende rekenmethodes bij het vaststellen van de maatregelenpakketten zijn meegenomen.
2. Om op basis van expert judgement vast te kunnen stellen of sprake is van een steeds terugkerend versterkingspatroon lijkt het minimumaantal van vijf versterkingsadviezen te klein, zeker als er in deze versterkingsadviezen verschillende versterkingsmaatregelen worden genoemd.
3. Voor een aantal typologieën is aan dit minimumaantal nog niet voldaan (dit geldt voor twee van de vijf typologieën die aan het ACVG zijn aangeboden: 2D en 2E). Volgens de door NCG gepresenteerde aanpak is dit onvoldoende basis om woningen typologisch te kunnen toedelen, beoordelen en versterken.

In de door NCG gepresenteerde methodiek zouden bij het verwerken van nieuwe versterkingsadviezen op basis van de nieuwe NPR 9998:2020 zowel de typologieën als de maatregelenpakketten per typologie kunnen veranderen. Het is echter ook mogelijk om aan de huidige typologieën vast te houden als er nieuwe versterkingsadviezen beschikbaar komen en alleen de maatregelenpakketten bij de typologieën aan te passen. ACVG heeft in een nadere toelichting van NCG begrepen dat het de bedoeling is aan de nu gekozen typologieën vast te houden.

#### **Bevindingen bij vraag 4 ten aanzien van de NCG-standaardmaatregelen per typologie**

Het ACVG constateert het volgende:

1. De maatregelenpakketten zijn gebaseerd op de eerder geldende NPR 9998:2018 (tijdvak t1) en ze zijn niet eenvoudig aanpasbaar naar de nieuwe NPR 9998:2020.
2. De versterkingsmaatregelen zijn gebaseerd op relatief hoge seismische belastingen en ze zijn niet eenvoudig aanpasbaar naar andere (lagere) seismische belastingen.
3. De versterkingsmaatregelen zijn bepaald op basis van 'de omhullende van de maatregelen' uit de onderliggende versterkingsadviezen.
4. De versterkingsmaatregelen zijn onvoldoende gedetailleerd om zonder verdere engineering toegepast te worden. Hiervoor zijn aanvullende werkzaamheden door constructeurs nodig. Deze bevindingen worden in de onderstaande subparagrafen nader toegelicht.

##### **1. *Versterkingsmaatregelen gebaseerd op de NPR 9998:2018 (t1)***

De momenteel beschikbare maatregelenpakketten berusten op versterkingsadviezen die zijn opgesteld op basis van verouderde NPR 9998:2018 (tijdvak t1). De NCG zal mogelijk een aanpassing maken op basis van recentere versterkingsadviezen die zijn gebaseerd op tijdsperiode T2.

Het ACVG constateert dat met de komst van de nieuwe NPR 9998 versie 2020 nieuwe rekenmodellen beschikbaar zijn voor met name uit het vlak bezwijken van wanden. Verder worden voor de seismische belasting nieuwe waarden gepresenteerd voor nieuwe tijdvakken

(t4-t6) waarin de belangrijke veiligheidsmaatregel van de minister om te komen tot versnelde afbouw van de gaswinning is verdisconteerd.

Deze wijzigingen van de 2020-versie van de NPR 9998 ten opzichte van de 2018-versie kunnen invloed hebben op de waargenomen faalmechanismen en op de typen versterkingsmaatregelen. Om te komen tot conformiteit met de NPR 9998:2020 zijn (her)berekeningen van woningen op basis van de NPR 9998:2020 nodig.

NLPO-berekeningen zijn door de scheiding die in dergelijke berekeningen wordt gemaakt tussen de seismische belasting en de seismische capaciteit in principe geschikt voor een modulaire uitwerking. De door de NCG ontwikkelde maatregelenpakketten berusten echter op een analyse van versterkingsadviezen in rapportvorm (die overigens niet alleen zijn gebaseerd op NLPO-berekeningen maar ook op NLTH-berekeningen). Er is geen methodiek met rekenbestanden voor verschillende woningen die snel is te actualiseren. Dit betekent dat herberekeningen een aanzienlijke extra doorlooptijd vergen, waardoor inzet op korte termijn (voorjaar 2021) van typologieën en maatregelenpakketten op basis van de NPR 9998:2020 waarschijnlijk niet haalbaar is.

## 2. *Huidige maatregelenpakketten ontwikkeld voor hoge seismische belastingen*

De nu gedefinieerde typologieën en maatregelenpakketten zijn bepaald op basis van versterkingsadviezen waarin is gerekend met een relatief hoge seismische belasting. Toepassing van deze typologieën en maatregelenpakketten voor lagere seismische belastingen leidt zonder twijfel tot een veilige woning, maar onduidelijk is welke mate van overdimensionering in termen van de versterkingsmaatregelen dan plaatsvindt.

De gevoeligheid van de maatregelenpakketten voor lagere seismische belastingen is nu niet onderzocht. De NCG stelt voor deze analyses uit te voeren bij de verdere uitwerking van de typologieën. Dit vergt herberekeningen bij lagere seismische belastingen.

Doordat nu alleen is gekeken naar woningen met een hoge seismische dreiging, is de huidige uitwerking van de typologieaanpak ongeschikt om te kunnen beoordelen of een woning zonder versterkingsmaatregelen aan de Meijdam-norm voldoet.

## 3. *Gebruik van omhullende van maatregelen*

Per typologie is een maatregelenpakket voorgesteld dat alle relevante faalmechanismen afdekt. In individuele gevallen kunnen dit echter andere (minder) faalmechanismen zijn. De combinatie van versterkingsmaatregelen per typologie heeft zodoende een behoudend karakter. De maatregelenpakketten zijn per saldo ingrijpender dan nodig is.

## 4. *Nadere uitwerking, engineering en detaillering vereist*

De maatregelenpakketten zijn gebaseerd op de Groninger Maatregelen Catalogus. Deze moeten nog verder gedetailleerd en uitgewerkt worden, op basis van de specifieke situaties zoals die in een woning behorend tot een typologie aangetroffen kunnen worden. Dit betekent dat bij het realiseren van de maatregelen nog engineering werkzaamheden nodig zijn. Mogelijk zijn ook herberekeningen of beoordelingen nodig van de aan te brengen maatregelen (zwaarte, omvang van de maatregel etc.). Dit beperkt de versnelling die met de voorgestelde maatregelenpakketten per typologie bewerkstelligd kan worden.

### **Conclusies bij vraag 4**

Het ACVG acht het onverstandig om vooruitlopend op de beschikbaarheid van de gehele gevalideerde set aan TNO typologieën nu gebruik te maken van de door NCG ontwikkelde typologieën en standaardmaatregelen.

Ten eerste is de methodologische onderbouwing van de typologieën en maatregelenpakketten nog onvoldoende. Het gaat hierbij over de consistentie tussen gebouwkenmerken, faalmechanismen en te nemen maatregelen, de aantallen onderbouwende versterkingsadviezen en de omgang met verschillen tussen versterkingsadviezen. Ten tweede zijn de nu beschikbare typologieën en de

maatregelenpakketten per typologie gebaseerd op versterkingsadviezen op basis van de NPR 9998:2018, voor woningen uit het gebied waar de seismische dreiging relatief groot is. Hierdoor kan niet worden beoordeeld of de voorgestelde maatregelen proportioneel zijn in het licht van de laatste inzichten ten aanzien van de seismische dreiging en de capaciteit van gebouwen, zoals opgenomen in NPR 9998:2020. Maatregelen zijn niet schaalbaar naar seismische dreiging en het is niet mogelijk om woningen veilig te kunnen verklaren met de nu beschikbare uitwerking van de typologieaanpak. Een actualisatie van de maatregelenpakketten op basis van nieuwe versterkingsadviezen die zijn gebaseerd op de NPR 9998:2020 en die zijn gedifferentieerd naar de seismische dreiging, vergt nog de nodige doorlooptijd.

Het ACVG heeft in zijn beoordeling ook de gevolgen meegewogen van het eventuele tussentijds gebruik van de NCG-typologieën en de bijbehorende maatregelenpakketten:

1. Verwacht mag worden dat het gebruik van de NCG-typologieën en de bijbehorende maatregelenpakketten leidt tot de conclusie dat grote aantallen panden ingrijpend zullen moeten worden versterkt, terwijl de nieuwe inzichten in NPR 9998:2020, de TNO-typologiemethodiek en andere lopende onderzoeken bij NEN dit beeld waarschijnlijk op korte termijn in belangrijke mate zullen gaan nuanceren. Het ACVG acht een fluctuerend beeld van de versterkingsopgave ongewenst voor het tempo van de versterkingsoperatie en de uitlegbaarheid van de typologieaanpak.
2. De tussentijdse introductie van de NCG-typologieën en de bijbehorende maatregelenpakketten heeft een beperkte meerwaarde omdat nog steeds aanvullende engineering nodig is voor het omzetten van voorlopige versterkingsadviezen in daadwerkelijke versterkingsmaatregelen, zodra een woning onvoldoende veilig is verklaard.

De versterkingsmaatregelenpakketten die door de NCG zijn ontwikkeld lijken goed bruikbaar als houvast bij het ontwikkelen van standaardmaatregelen die direct door aannemers zijn toe te passen en die zijn toegesneden op o.a. de seismische dreiging.

## Bijlage 2 – Beschouwde documenten

In het kader van de beantwoording van de adviesvragen heeft het ACVG de volgende documenten ontvangen en bestudeerd:

### Documenten over de door TNO ontwikkelde methodiek

- TNO, 15 september 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen – Addendum, rapport nr. TNO 2020 R11102, concept.
- TNO, 3 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen – Achtergronden bij de methode, rapport TNO nr. 2020 R10628, concept.
- TNO, 3 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen – Veilige typologieën, rapport TNO nr. 2020 R10698, concept.
- Typologie METSELWERK1:
  - TNO, 3 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen -Uitwerking van subtypologie METSELWERK1 Typologie METSELWERK2, rapport nr. TNO 2020 R10699, concept.
  - TUDelft, 7 mei 2020, Study of a median backbone curve and of the building-to-building variability for typology 'METSELWERK 1, rapport nr. TU Delft B2B-R02, concept.
  - kaart\_1x10-5map\_2020\_METSELWERK1\_mshiftconseq\_29-05-2020.html, 29 mei 2020.
- Typologie METSELWERK2:
  - TNO, 3 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen - Uitwerking van subtypologie METSELWERK2, rapport nr. TNO 2020 R10700, concept.
  - TUDelft, 15 april 2020, Definition of a consistent backbone curve for typology 'METSELWERK 2', rapport nr. TU Delft B2B-R01, concept.
  - kaart\_1x10-5map\_2020\_METSELWERK2\_04-05-2020.html, 4 mei 2020.
- Typologie METSELWERK3:
  - TNO, 15 juli 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen - Uitwerking van subtypologie METSELWERK3, rapport nr. TNO 2020 R10967, concept.
  - TUDelft, 9 juni 2020, Influence of the floor type at first storey level on the seismic behaviour of a terraced house, memo.
- Typologie METSELWERKC (METSELWERK5 t/m 7):
  - TNO, 17 juli 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen - Uitwerking van typologie METSELWERK-C (subtypologieën METSELWERK5+6+7), rapport nr. TNO 2020 R10966, concept.
  - TUDelft, 19 juni 2020, A numerical investigation of building typology 'Metselwerk 7, rapport nr. TU Delft B2B-R03, concept.
  - TUDelft, 4 april 2020, Analytical prediction of the out-of-plane capacity of a solid wall (typologie Metselwerk 5), memo.
  - TUDelft, 25 juni 2020, Influence of the floor type at first storey level on the seismic behaviour of a detached house, memo.
  - TUDelft, 26 juni 2020, Influence of the wall type and thickness on the seismic behaviour of a detached house, memo.
  - kaart\_1x10-5map\_2020\_METSELWERK7ms\_30-06-2020.html, 30 juni 2020.
  - kaart\_1x10-5map\_2021\_METSELWERK7ms\_30-06-2020.html, 30 juni 2020.
- Typologie METSELWERK D (METSELWERK8 en 9)
  - TNO, 5 juni 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen - Uitwerking van typologie METSELWERK-D (subtypologieën METSELWERK8+9), rapport nr. TNO 2020 R10850, concept.
  - kaart\_1x10-5map\_2020\_METSELWERK-D\_04-06-2020.html, 04-06-2020.
- Typologie BETON1
  - TNO, 15 juli 2020, Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen - Uitwerking van subtypologie BETON1, rapport nr. TNO 2020 R10969.
  - kaart\_1x10-5map\_2020\_BETON1\_05-03-2020.html, 17 juli 2020.

### **Documenten over de door NCG ontwikkelde methodiek**

- Integratiedocument typologieaanpak, versie 1.1, Nationaal Coördinator Groningen, 19 augustus 2020.
- Bijlage 1 bij integratiedocument typologie-aanpak – beschrijving typologieën, Nationaal Coördinator Groningen, 19 augustus 2020.
- Memo Typologie seriematige rij/2kapwoningen >85% gevelopeningen (2A/B) kenmerk NCG / 20042053, Nationaal Coördinator Groningen, 11 februari 2020 met daarbij 8 versterkingsadviezen.
- Memo Typologie rijwoningen of 2-kappers met gootlijn op 2e verdiepingsniveau en 70 tot 85% gevelopeningen (2C) kenmerk NCG / 20185158, Nationaal Coördinator Groningen, 2 juli 2020 met daarbij 10 versterkingsadviezen.
- Memo Typologie Rijwoningen of 2-kappers met gootlijn op 2e verdiepingsniveau en gevelopeningen <70% (2D), kenmerk NCG / 20112137, Nationaal Coördinator Groningen, 14 april 2020 met daarbij 2 versterkingsadviezen.
- Memo Typologie rijwoningen of 2-kappers met gootlijn op 1e verdiepingsniveau en gevelopeningen >85% (2 E) kenmerk NCG / 20112119, Nationaal Coördinator Groningen, 14 april 2020 met daarbij 3 versterkingsadviezen.
- Memo Typologie Rijwoningen met betonnen hoofddragconstructie (2T) kenmerk NCG / 20112103, Nationaal Coördinator Groningen, 14 april 2020 met daarbij 6 versterkingsadviezen.



## Bijlage 3 – Samenvatting van de consultatie

Het Adviescollege Veiligheid Groningen heeft, conform zijn opdracht, het conceptadvies over de Typologie-aanpak gedeeld met de Regio en de Inspecteur-generaal der Mijnen (SodM) voor een reactie. In het kader van kwaliteitsborging en transparantie heeft het ACVG daarbij ook de Nationaal Coördinator Groningen (NCG), het Groninger Gasberaad, de Groninger Bodem Beweging, de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) en het Koninklijk Normalisatie Instituut (NEN) om een reactie gevraagd. De ministeries van Economische Zaken en Klimaat en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties zijn parallel daaraan gevraagd om te bekijken of zij feitelijke onjuistheden constateerden en of het ACVG met het advies voldoende tegemoetkomt aan de vragen. De inhoudelijke reactie van de ministers ziet het ACVG tegemoet wanneer dit advies met de Tweede Kamer wordt gedeeld.

### Algemeen

Nagenoeg alle partijen laten in hun reactie op het conceptadvies weten dat ze het belangrijk vinden dat de versterkingsoperatie in een stroomversnelling terechtkomt en dat de typologieaanpak daar een bijdrage aan kan leveren, mits voldoende geschikt. De geconsulteerde partijen waarderen het heldere advies dat het ACVG daarover geeft. Wel roept het de vraag op hoe het vervolgtraject eruit kan zien, aangezien er nog een aantal acties nodig blijken voordat de aanpak in praktijk gebracht kan worden. Ook benadrukt men het belang van goede communicatie in de richting van bewoners, omdat de Typologieaanpak (opnieuw) veranderingen teweeg brengt en van grote impact zal zijn. Twee partijen hebben ervoor gekozen zich te beperken tot enkele tekstuele suggesties gedaan. Van één partij heeft het ACVG geen reactie mogen ontvangen op het conceptadvies.

De reacties op de consultatie zijn voor het ACVG aanleiding geweest om het advies slechts op een aantal punten te verduidelijken of aan te vullen.

### De belangrijkste wijzigingen naar aanleiding van de reacties

- *Implementatie van de typologieaanpak*  
Meerdere partijen stellen vragen over hoe de typologieaanpak nu in praktijk gebracht kan gaan worden. Het ACVG begrijpt dat en heeft in zijn advies daarom de aanzet voor het vervolgtraject toegevoegd. Daarin hebben wij onderscheid gemaakt tussen de verbeterpunten en controles die nog nodig zijn rondom de TNO-aanpak en wat er parallel al mogelijk is in de praktijk. Wij adviseren een integrale aanpak waarbinnen de exacte vormgeving -per direct- kan gaan plaatsvinden en uitgerold kan worden. Het ACVG is graag bereid om zijn bij dit advies opgedane inzichten te delen om het vervolg ook zo spoedig mogelijk te kunnen laten verlopen.
- *Praktijkaanpak*  
Meerdere partijen vragen het ACVG om uitspraken te doen over de praktijkaanpak. Op dit moment is de praktijkaanpak voor een beoordeling door het ACVG nog niet voldoende uitgekristalliseerd. Het ACVG is middels een separate adviesvraag verzocht daarover te adviseren en zal de relatie tussen de praktijkaanpak en de typologieaanpak in dat advies betrekken.
- *Typologisch versterken*  
Een aantal betrokken partijen heeft in de consultatie aangegeven dat het lastig dan wel onnodig is om maatregelenpakketten uit te werken om ook typologisch te kunnen versterken. Het ACVG acht dit wel degelijk mogelijk en vindt het belangrijk dat dit ook gebeurt om vertraging te voorkomen wanneer woningen niet-op-norm verklaard worden. Het ACVG heeft dan ook vastgehouden aan zijn advies en heeft verduidelijkt welke bronnen benut kunnen worden om tot deze maatregelen te komen.

De aanbevelingen over een 'impact analyse' en 'opname op verzoek', neemt het ACVG niet over. Het ACVG ziet in dit geval geen meerwaarde van een 'impact analyse' en introductie van 'opname op verzoek'.



Adviescollege Veiligheid Groningen  
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag  
[contact@adviescollegeveiligheidgroningen.nl](mailto:contact@adviescollegeveiligheidgroningen.nl)  
T 088-0422777  
[www.adviescollegeveiligheidgroningen.nl](http://www.adviescollegeveiligheidgroningen.nl)

© Adviescollege Veiligheid Groningen  
November 2020