

Duurzaam Herstel en Versterking van Woningen in Groningen

Hoofdstuk 2

GEBOUWVORM en SCHADE-RISICO

Na de aardbevingsproblematiek en de afbouw van de aardgasproductie



Abstract:

Gebouwworm in relatie tot aardbevings schade aan bakstenen gebouwen, met betrekking tot geïnduceerde aardbevingen in de provincie Groningen. Vereenvoudigde uitleg, met schetsen toegelicht.

Kernwoorden o.a.:

Baksteen, bestuurlijke afspraken, diafragma, dilatatie, duurzaam, bouwtype, geïnduceerd, hoofdstructuur, hoog risico, isolatie, maximum aardbeving, onveilig, op staal, seismisch versterken, RVS, sterkte, stijfheid, veiliger maken, verbouwen, verdieping, verduurzamen.



Door: Sjoerd Nienhuys
Bouwkundig, seismisch ingenieur
Juli 2023

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 2.....	1
GEBOUWVORM en SCHADE-RISICO	1
2. Inleiding	3
2.1. Aanbevelingen van de NPR9998 (Eurocode 8).....	4
2.2. Lange gebouwen dienen opgesplitst te worden	6
2.3. Grachtenpand of stadswoning	8
2.4. De problematiek van rijtjeswoningen en doorzonwoningen	9
2.5. Gebouwen moeten bij voorkeur regelmatig van vorm en belasting zijn.....	11
2.6. Er mogen geen verticale abrupte veranderingen zijn.....	13
2.7. Er mag geen grote verticale verandering van massa en symmetrie zijn.....	15
2.8. Verbouwingen kunnen leiden tot onregelmatige stijfheden in een gebouw	17
2.9. De drie as-richtingen van het gebouw moeten symmetrisch zijn.....	18
2.10. De sterkte en stijfheid tussen constructies mogen elkaar niet storen.....	19
2.11. Directe belastinglijnen van en naar de fundering.....	20
2.12. Constructieve symmetrie	21
2.13. Risicovolle gebouwonderdelen identificeren	23
2.14. Typologieën voor de risicovolle elementen is noodzakelijk	26
2.15. Versterken en dan verder klimaat-technisch verduurzamen	26
2.16. Kleine onregelmatige woning	31
2.17. Gebouwinspectie met snel onderzoek risicovolle gebouwen, RVS.....	33
2.18. Voorbeeldwoningen per typologie	37
2.19. Lange termijnplanning.....	38
2.20. Beheer en uitvoeringsstructuur	39

2. Inleiding

Of bestaande gebouwen in de provincie Groningen seismisch versterkt moeten worden hangt af van een aantal factoren die ieder voor zich weer afhankelijk zijn van andere factoren. Het gaat hierover seismisch versterken volgens de NPR (net niet instorten) en niet over versterken in de algemene zin.

De hoofdfactoren zijn:

- A. De sterkte van het gebouw. Dit hoofdstuk 2 geeft een indicatie van hoe de algemene seismische sterkte van het gebouw beoordeeld kan worden, zonder dat daar uitgebreide sterkteberekeningen voor nodig zijn, te beginnen met de vormgeving van het gebouw als geheel, daarna de constructie. Het gaat hier slechts over bakstenen gebouwen en lichte aardbevingen. Bestaande scheuren in het gebouw geven ook al een indicatie over de sterkte; deze worden in detail in andere hoofdstukken behandeld. Hoofdstuk 13. Basis Regels voor Seismisch Versterken geeft een aanvullende samenvatting van de belangrijkste regels voor de Groningen situatie.
- B. De sterkte van de maximale aardbeving. Het gaat in Groningen over geïnduceerde aardbevingen, niet over tektonische. Er bestaan twee nogal verschillende waarden.
- (1) De toegepaste waarde was per NPR9998:2015 en later, de maximaal haalbare aardbeving¹ bij een maximale gasexploitatie, verhoogd met verschillende onzekerheidsfactoren.²
- (2) De accepteerbare waarde³ voor het schadeniveau aan de gebouwde omgeving. Deze tweede waarde hangt af van de sterkte van de woningen, die bepaald kan worden door een analyse van elke woningtypologie. In het Groningse aardgasgebied zullen met het nivelleren van de extractie en het dichtdraaien van de gaskraan geen aardbevingen voorkomen die sterker zijn dan de beving van 16 augustus 2012 in Huizinge (PGAg = 0,085 of Richter 3,6 en duur van 0,52 sec.) of die van 8 januari 2018 te Zeerijp (PGAg = 0,114 of Richter 3,4 en duur van 0,43 sec). Het versterken van zwakke woningen tot de seismische waarde van PGAg \approx 0,2 is dan een mogelijke maatregel. Dat betekent dat er bij een beving van PGAg 0,2 geen instorting zal plaatsvinden. Echter, de zwakste woningen zullen/kunnen dan nog wel zeer veel schade kunnen oplopen. Wanneer de werkelijke Mmax PGAg < 0,1 is, zullen de gebouwen die seismisch versterkt zijn tot PGAg > 0,2 wel minder snel bevingsscheuren krijgen.
- C. De huidige en toekomstige economische waarde van het gebouw en de geschatte kosten van versterken en verduurzamen⁴. Om een gebouw seismisch te gaan versterken, zonder het tegelijkertijd beter te isoleren (buitenschil) en andere verduurzamingsmaatregelen te nemen (verwarming en ventilatiesystemen, eigen energieopwekking), is geen goede investering⁵. Seismisch versterken van oude rijtjes- en doorzonwoningen met verduurzamen is relatief kostbaar en vaak economisch niet rendabel. Woningcorporaties zullen dan bij seismisch versterken de voorkeur geven aan sloop en nieuwbouw per woningenblok.

¹ Dit is een niet-logische stellingname. Als er een risico van overmatige schade of instortingen zou bestaan dan mag de geïnduceerde aardbevingssterkte niet groter zijn dan dat risico.

² Het seismisch versterken van woningen voor een PGAg 0,3 of hoger zal deze woningen grotendeels beschermen tegen schade door aardshokken met een PGAg < 0,1.

³ De accepteerbare waarde zal voor veel woningeigenaren sterk verschillen. Wanneer de Mmax over een periode van enkele jaren pas verwacht wordt dan bestaat er de optie om de zwakste woningen te versterken.

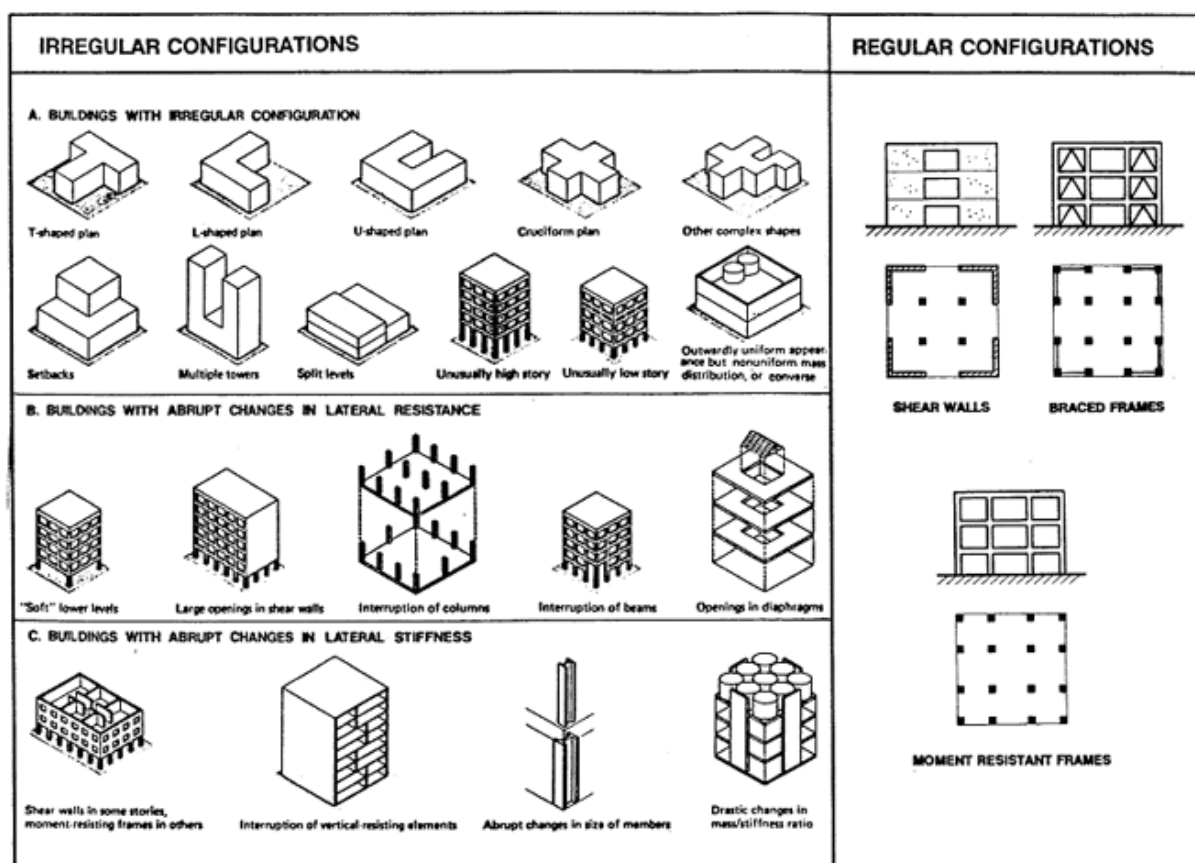
⁴ Voor gemeentelijke of rijksmonumenten ligt deze situatie anders, want daar wordt minder naar de netto woonwaarde van het gebouw gekeken, meer naar de culturele waarde. Die culturele waarde is wel weer afhankelijk van de politiek. Bij monumenten die geïdentificeerd werden met aardbevingschade, kunnen de kosten van seismische versterking de uiteindelijke woningwaarde flink overstijgen.

⁵ Bij een nieuwbouw moet het voldoen aan de isolatie van het Bouwbesluit 2015 of beter, en voldoen aan de laatste NPR voor de te verwachten seismische schokken. Echter, als men de huidige nieuwbouwnorm volgt, zijn de additionele kosten voor het seismisch resistent maken hooguit 5% extra.

D. De milieupolitiek. Hoewel er door veel partijen al jaren wordt aangedrongen op betere woningisolatie in de woningbouw toe te passen, energie-labels, passieve woningbouw, de 'Ladder van Lansink', circulaire bouwmethoden⁶ (Cradle to Cradle), van-gas-los, Nul-op-de-Meter, en verminderde CO₂-uitstoot op alle terreinen, enz., zijn overheidsmaatregelen van vóór 2015 niet dwingend genoeg. Particuliere woningbezitters kunnen sinds 2020 wel isolatiesubsidies en renteloze leningen krijgen, maar met bijkomende kosten zijn er toch extra investeringen nodig, die voor veel bewoners vaak niet op te brengen zijn.

2.1. Aanbevelingen van de NPR9998 (Eurocode 8)

De sterkte van een gebouw om aardbevingen te weerstaan wordt negatief beïnvloed door een aantal factoren zoals een ongelijke of asymmetrische vorm, zowel horizontaal als verticaal, en een verschil in stijfheid of sterkte per woonlaag. Alle aardbevingscodes hebben een aantal paragrafen over dit thema, met formules en berekeningen om aan de sterkte eisen te voldoen. De relevante paragrafen uit de Eurocode 8 zijn bij de schetsen vermeld.



Figuur 2-1. Basisregels voor, compactheid, symmetrie en (on)regelmaticheid in de gebouwworm. Voor de baksteen woningbouw in de provincie Groningen is hoofdzakelijk de bovenste rij van belang.

Afbeelding uit: http://www.wbdg.org/resources/seismic_design.php

Van buitenaf is meestal eenvoudig te zien of de vorm van een oud bakstenen gebouw een verhoogd schaderisico heeft⁷. De constructie moet eenvoudig en compact van vorm zijn. Bij T-, L- en U-vormen van de plattegrond van een gebouw zullen bij een aardbeving golvende krachten op de fundering hoger oplopen dan bij een compacte plattegrond.

⁶ Zie webinar van Hans Stofberg op: <https://bouwprofsacademie.ning.com/videos/circulair-bouwen-in-de-praktijk>

⁷ Moderne gebouwen kunnen inwendige versterkingsconstructies hebben van staal of gewapend beton die aan het oog onttrokken zijn. Een onregelmatig gebouw kan toch aardbevingsresistent ontworpen zijn.

Tijdens een aardshok zijn er verticale P-golven en horizontale S-golven⁸; beiden hebben invloed op het gebouw, de S-golven het meest. Bij nieuwbouw moeten de gebouwwormen met de funderingen doorgerekend worden en aangepast op de Mmax.

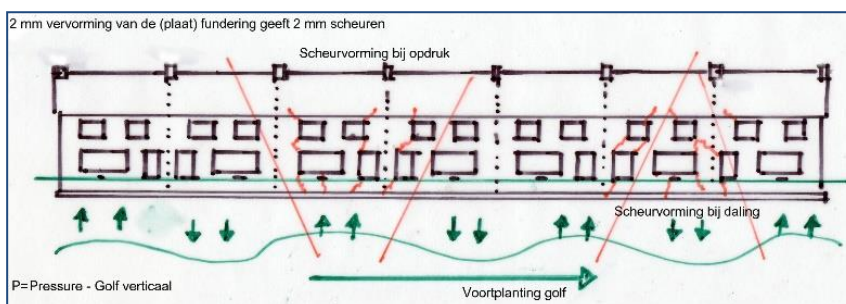


Figuren 2-2. Niet regelmatige vormgeving gebouwen. Het is technisch mogelijk om onregelmatige bouwwormen toe te passen, maar de interne constructie en fundering moet dan seismisch aangepast worden. Links boerderij Workum, Rechts. Belvédère Hilversum.

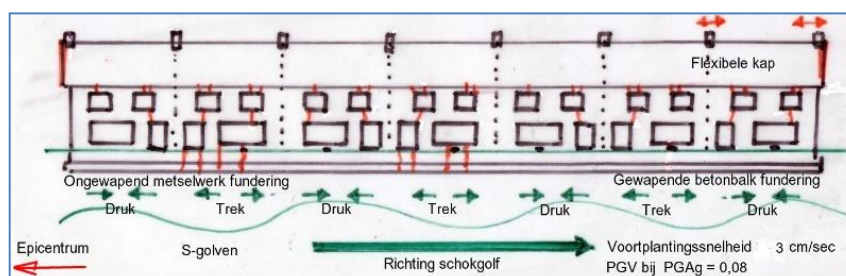
De druk of P-golf (*pressure*) veroorzaakt een verticale op-en-neer beweging. Bij een lang en laag gebouw en een slappe fundering zoals 'op staal' of een betonplaat zal deze iets meegeven, waardoor het bovenliggende gebouw scheuren kan oplopen. Bij het erg stijve en brosse metselwerk zal een 2 mm verplaatsing ook meteen een 2 mm scheur opleveren. Vooral aan de binnenkant bij schoon pleisterwerk zal dat direct zichtbaar zijn. Paalfunderingen kunnen dit effect versterken.

Zware stijve balken in de fundering zullen voorkomen dat er verticale scheuren ontstaan. De verticale beweging van de aardbeving kan zetting van het gebouw veroorzaken. Bij een ongelijke of zwakke fundering 'op staal' betekent dat scheuren.

Figuren 2-3. Effecten van-seismische golven. Bij P-golven (druk) ontstaat bij het snel opdrukken van de fundering en bros metselwerk een V-vormig scheurpatroon via de openingen. Bij daling een omgekeerd V patroon in de scheuren.

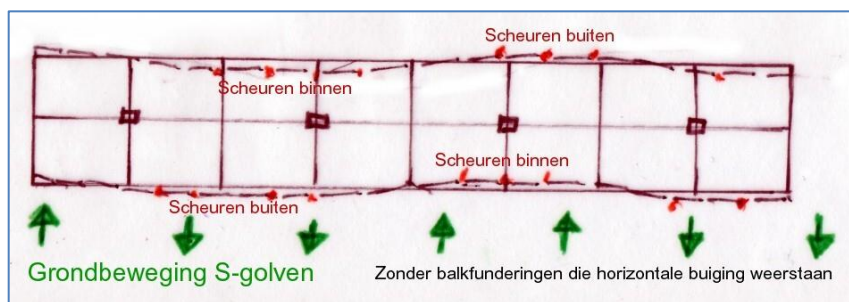


Rechts. Bij horizontale golven kan de trekbeweging scheuren in de fundering geven als er geen goede balkenstructuur is.



⁸ De snelheid van de S-golven wordt in grote mate bepaald door de grondsoort. In de NPR is de bovenste 30 m van de bodem dan ook medebepalend voor de krachten die op een gebouw uitgeoefend worden.

Figuur 2-4. Dwarsbelasting van Seismische golven. Bij S-golven en lange gebouwen zonder balken of funderingsplaat, kan het hele gebouw met de grond gaan zigzaggen, waardoor kleine binnen en buiten scheuren ontstaan.

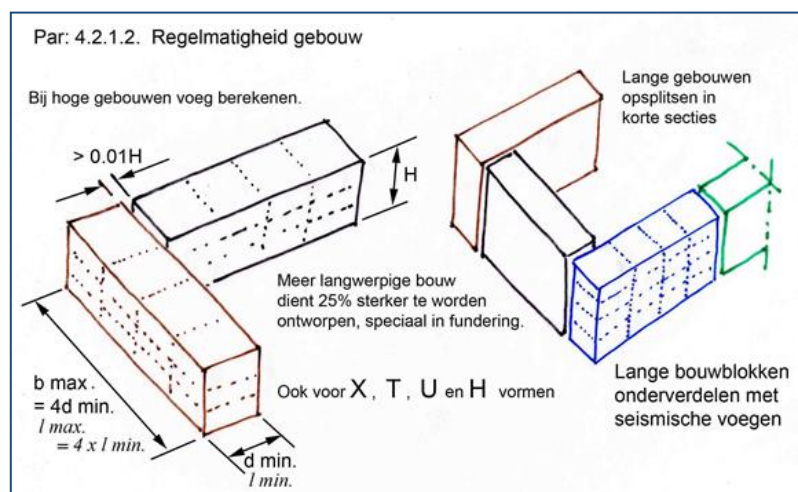


Hoe langer het gebouw en hoe sterker de grondbeweging onder de fundering zijn, hoe groter de trek- en drukkrachten op die fundering zullen worden. Bij een bakstenen fundering zonder sterke doorgaande en dragende balkconstructie kan deze dan scheuren.⁹ Hierbij wordt iets van de schok geabsorbeerd. Bij sterke balkfunderingen kan daarom boven in het gebouw meer schade ontstaan. In beide situaties kunnen scheuren tussen de openingen ontstaan.

2.2. Lange gebouwen dienen opgesplitst te worden

Om te zorgen dat de gebouwdelen niet tegen elkaar aan stoten en beschadigen, dient er een dilatatie te zijn van minimaal 1% van de totale hoogte.

Figuur 2-5. Ongelijkmatige plattegrond van gebouw. Eurocode 8, paragraaf 4.2.1.2 geeft aanbevelingen waaraan een gebouw bij voorkeur moet voldoen om op aardbevingen goed te doorstaan.



Als het gebouw afwijkt van deze aanbevelingen zijn er hoofdzakelijk twee opties.

- (1). De verbindingen tussen de gebouwdelen verbreken en op die scheiding een dilatatie maken.
- (2). Het gebouw plaatselijk versterken om de mogelijke seismische krachten te weerstaan.

Figuur 2-6. Kop-romp boerderij moet seismisch gedilateerd worden. Bij een kop-romp boerderij (zonder middenstuk) kan het dilateren vereisen dat de schuur een nieuwe draagconstructie aan de kop-kant krijgt. De schuur heeft ook nog een verschillende flexibiliteit en fundering.



⁹ Het kan voorkomen dat een nieuwe aanbouw met sterk metselwerk wel scheuren heeft, maar het oude gebouw met een zwakke fundering en kalmortel metselwerk geen boven het maaiveld zichtbare scheuren.



Figuren 2-7. Scheuren in rijtjeswoningen óp staal'.

Hier kunnen via het ventilatierooster onder het raam scheuren ontstaan: Midden. Rechts. Scheur in de smalle metselwerkstrook tussen kozijn en muurplaat.

Figuren 2-8. Scheuren bij aanbouwen.

Bij deze woning is 20 jaar na de bouw een uitbouw gemaakt; andere soort baksteen.

Dit is een veel voorkomende bouwfout.

De scheurvorming ontstaat door 4 aspecten:

- a) onregelmatige gebouwworm,
- b) verschillende funderingen,
- c) gebrek aan verbindingswapening in metselwerk,
- d) aardbeving.

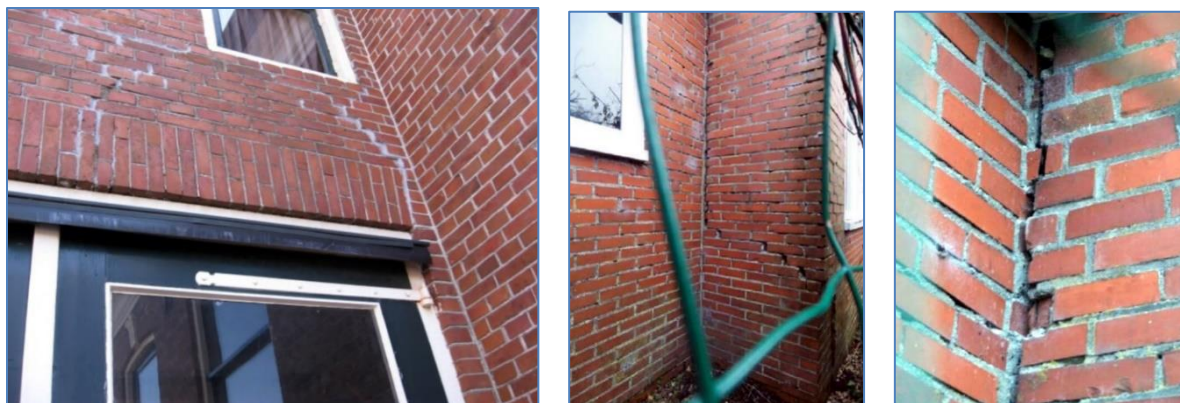
Een flexibele dilatatie had de scheur voorkomen.



Figuren 2-9. Compacte en compacte gebouwworm.

Woning met een kleine basis en sterke funderingsbalken.

Deze vormen hebben minder kans op bevingschade.



Figuren 2-10. Ontwerpfouten in geval van seismische belasting.

In de binnenhoek werd de muur boven het raam losgetrokken. Bij de binnenhoek of inham rechts is er geen continuïteit in het vlak van het metselwerk en ontstaat een verticale scheur.

Figuur 2-11. Verschillende bouwmaterialen bij aanbouw.

Bij deze woning is een aanbouw van houtconstructie gemaakt, waardoor de aansluiting tussen de twee materialen met een dilatatie voeg is dichtgemaakt. Voor het plannen van een uitbreiding is dit een goede oplossing.



2.3. Grachtenpand of stadswoning

Rijtjes- en doorzonwoningen hebben gelijksoortige (seismische) problemen als stadswoningen die slechts aan de straat en de achterkant grote ramen hebben en waar tussen de gebouwen lange doorgaande muren staan waarin de vloeren zijn opgelegd. Die enkele of dubbele scheidingsmuren bieden een grote stijfheid in dat vlak (loodrecht op de straat), maar die gebouwen zijn niet sterk in de lengterichting van de straat. Dit is goed te zien als men alleen de vrijstaande woning bekijkt.



Figuren 2-12. De tussen- of bouwmuur zijn geheel gesloten.

De tussengevels tussen de woningen zijn gesloten en voldoende sterk. De straatgevel heeft grote ramen en slechts smalle raampennanten die in de lengte van de straatgevel onvoldoende seismische sterkte geven.

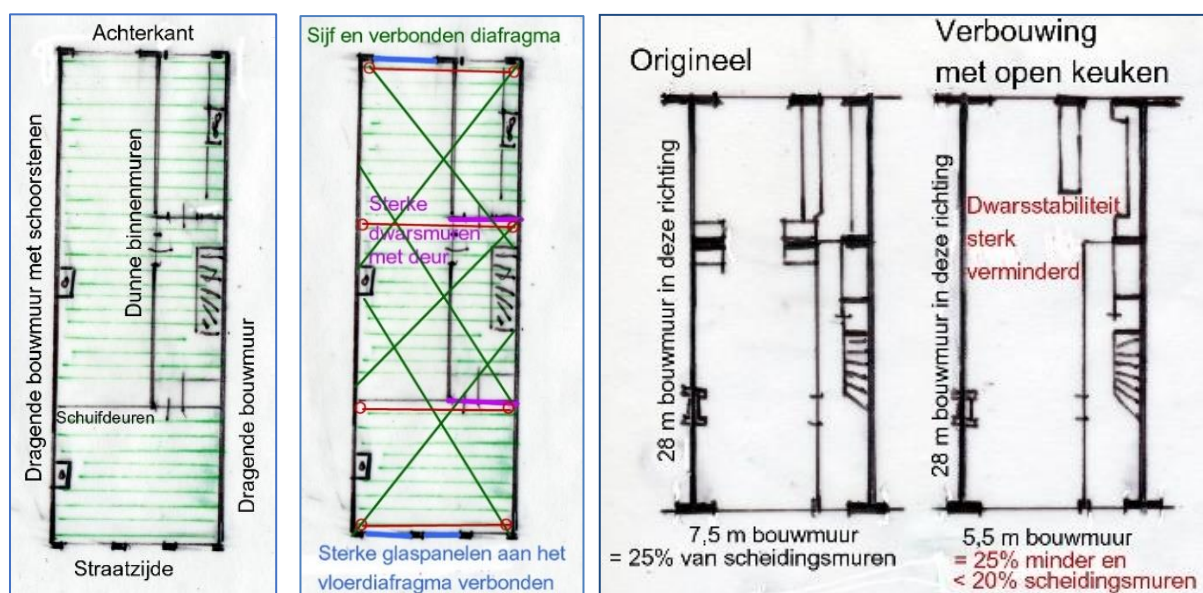
In de twee foto's boven kunnen de gebouwen wel onafhankelijk van elkaar bewegen vanwege de steeg tussen de gebouwen. Elk gebouw moet hier afzonderlijk voldoende seismische sterkte hebben. Het hebben van een dilatatie tussen niet-gelijksoortige gebouwdelen of gebouwen vermindert schaderisico door de verschillende trillingsperioden van elk gebouw.

Figuren 2-13. Aanleunende woningen.

Links. De jaren-1900 woning links is zwaarder dan de jaren-1800 woning en heeft de zijmuur van de oudere woning naar beneden getrokken en daardoor het deurkozijn vervormd werd.

Rechts. De woning is aan één kant ruim gedilateerd, maar aan de andere kant niet.





Figuren 2-14. Grachtenpanden met grote diepte.

Het grachtenpand heeft in de diepte wel sterkte tegen belastingen, maar niet in het vlak van de straatgevel.

Midden. Paars. Door sterke portalen in de etage te bouwen kan op elke etage de stabiliteit verbeterd worden. De naastliggende woningen moeten ook zo versterkt worden. Een stijf vloerdiafragma brengt de krachten over naar de portalen, die de krachten overbrengen naar de fundering.

Rechts. Bij het verwijderen van de klassieke kasten met schuifdeuren uit oude woningen kan de stabiliteit van de woning in gevaar komen. In een situatie van seismische belasting levert dat een groot risico op overeenkomstig met het risico van rijtjeswoningen die alleen op windbelasting zijn gebouwd.

Vanwege het gebrek aan sterkte in het vlak van de straat- of achtergevel moeten deze gebouwen ook seismisch versterkt worden door de toepassing van stijve vloerdiafragma's op elke etage die het doorbuigen (naar rechts of links in de schets) van de lange tussenmuren moeten voorkomen.

De seismische belastingen moeten daarna vanuit dat vloerdiafragma overgebracht worden op:

- Sterke dwarsmuren (met deur, paars), of
- Momentsterke portalen die over de breedte gaan (rood), of
- Sterke constructieve glaspanelen (blauw).

Omdat er op de begane grond een deur zit, op de etage een balkon etc., of er een raam opengezet moet worden, zouden er minimaal twee van de kozijnen seismisch versterkt moeten worden. Deze optie met alle drie de ramen versterken is goed mogelijk wanneer de woning een balansventilatie systeem heeft met warmteterugwinning die voor voldoende ventilatie zorgt.

2.4. De problematiek van rijtjeswoningen en doorzonwoningen

Overeenkomstig de verschillende woningwetten en bouwverordeningen worden woningen in Nederland hoofdzakelijk gebouwd om de maximale windbelasting te weerstaan. Bij een gevel van 10m^2 komt dit overeen met een windbelasting van ongeveer 10 ton. Met een aardbevingsbelasting van PGA 0,1 en een woningmassa van 100 t is dat 10% of 10 t. De windbelasting is in dit geval gelijk aan de seismische belasting.

Rijtjeswoningen hebben daarom slechts een sterkte-weerstand in de lengte van het gebouw die vergelijkbaar is met de weerstand van één vrijstaande woning (en wat wrijving langs de zijkant). Dat komt dan bij een kopgevel van 10m^2 neer op een belasting van 10 ton. Echter de aardbevingsbelasting is $4 \times 100\text{ ton} \times \text{PGA } 0,1 = 40\text{ ton}$. Met een constructie sterkte van 10 ton is dat onvoldoende.

Figuur 2-15. De aardbevingsbelasting op een blok van vier rijtjeswoningen.

De windbelasting op de kop van een vier rijtjeswoning is gelijk aan die van een enkele woning.

De aardbevingsbelasting op de kop is viermaal zo groot als die van een enkele woning.

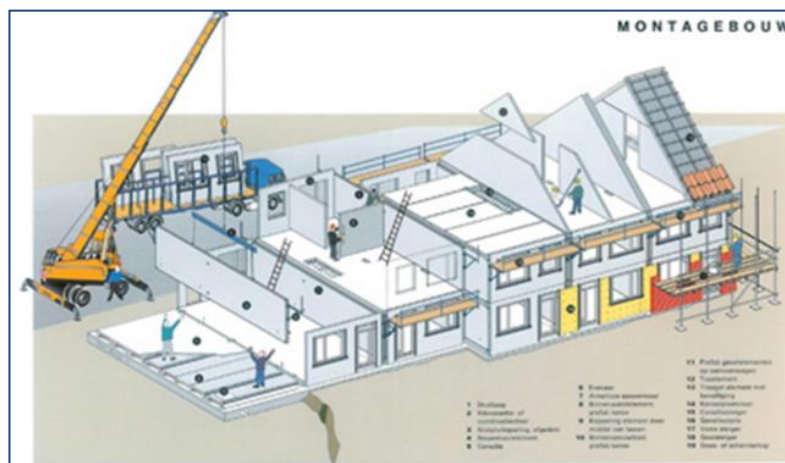
Bij een rijtje van zeven woningen is de aardbevingsbelasting op de kop zeven keer zo groot als de ontwerp windbelasting.



Bij rijtjeswoningen waar de etagevloeren van zware betonnen systeemvloeren zijn gemaakt, resulteert dit in een zware bevingsbelasting in de lengterichting van het hele gebouw. Bij een serie naast elkaar liggende doorzonwoningen en bij stapelbouw (montagebouw) is de horizontale weerstand in het vlak van de lange gevel tegen belastingen erg beperkt. Deze gebouwen hebben in de gevel geen penanten of inwendig geen dwarsmuren die de stabiliteit in een serie geschakelde gebouwen vormt.

Figuur 2-16. Afbeelding van montagebouw.

Bij montagebouw¹⁰ zijn de aangevoegde verbindingen tussen de verschillende elementen meestal niet of onvoldoende momentsterk om veel zwaardere dwarskrachten dan hoge windbelasting op te vangen.



In Nederland en in de provincie Groningen voldoen doorzonwoningen en rijtjeswoningen zelden aan de NPR-aardbevingsregels omdat op de begane grond in één richting grote raampartijen zitten.

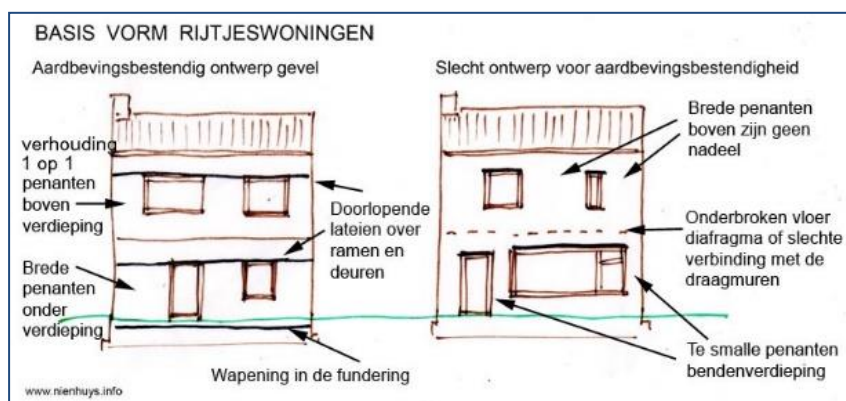


Figuren 2-17. Grote ramen en deuren maken samen een zachte etage.

Rechts. Bij woningen die een pui over de gehele gevel hebben, zal die houten glas-pui niet de seismische belasting in het vlak van de gevel kunnen opnemen.

¹⁰ Bron http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgb/bouwmethode_3_montagebouw www.hbobouwkunde.nl www.thiememeulenhoff.nl/jpg

Figuur 2-18. Basisvorm van rijtjeswoningen en penanten.
Rechts. Op de begane grond, zijn de b/h verhoudingen van de penanten kleiner dan 1/3 (of $b/h = 0,3$).
 Op de eerste etage zijn de penanten aanzienlijk breder. Het gebouw rechts heeft hierdoor een "zachte etage" op de begane grond.



Wanneer in de bovenstaande woningen op de begane grond een dwars-tussenmuur wordt verwijderd om een openkeuken met de woonkamer te maken, komt de stabiliteit van het hele blok in gevaar.

2.5. Gebouwen moeten bij voorkeur regelmatig van vorm en belasting zijn

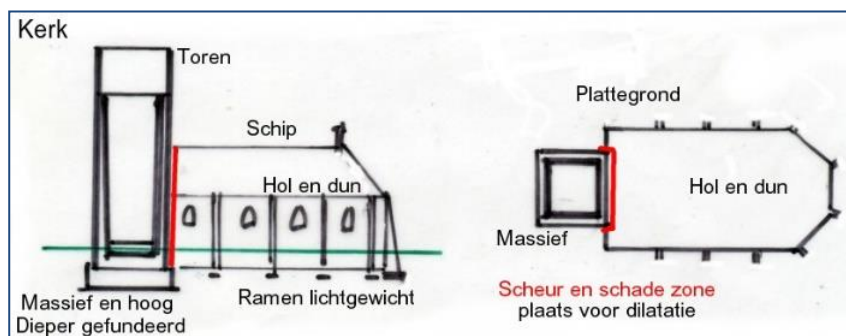
Bij een niet-symmetrische of onregelmatige vorm vergroot de kans dat er asymmetrische krachten op de constructie komen en daarmee torsie. Een groot verschil in de massa van de verschillende gebouwdelen zal ook een asymmetrische belasting opleveren.

Een extreem voorbeeld van onregelmatige bouw is een kerktoeren met het schip. De twee onderdelen hebben een verschillende hoogte en daardoor elk een eigen trilling-periode en gaan daardoor verschillend bewegen. Scheuring tussen schip en toren is bij een aardbeving onvermijdelijk. De toren is vaak ook dieper gefundeerd waardoor vanuit de fundering ook zettingsverschillen kunnen ontstaan.

Figuren 2-19. De toren is tweemaal zo hoog als het schip.
 Hierdoor heeft deze de helft van de trillingsfrequentie van het schip, waardoor de kerkmuur los van de toren kan/zal scheuren.
 Wanneer het houten dak flexibel is kan bij die aansluiting de scheurvorming minder zijn.
Rechts: Andere kerk met scheur tussen toren en schip.



Figuur 2-20. Massa en fundering zijn verschillend.
 Zowel de massa, fundering als de hoogte bij een historische kerk zijn sterk verschillend. Om het schip los te koppelen moet er langs de toren een andere draagconstructie voor het dak van het schip gemaakt worden.



Figuren 2-21.

Onregelmatigheden woningen. Voorbeelden van kleinere versies van onregelmatigheden in een gebouw zijn het torentje, de hoge schoorsteen of een hoge uitbouw op een dak. Verschillen in stijfheid van gemetselde schoorstenen en houten dakconstructies zullen extra hoge belastingen op de stijve onderdelen veroorzaken.

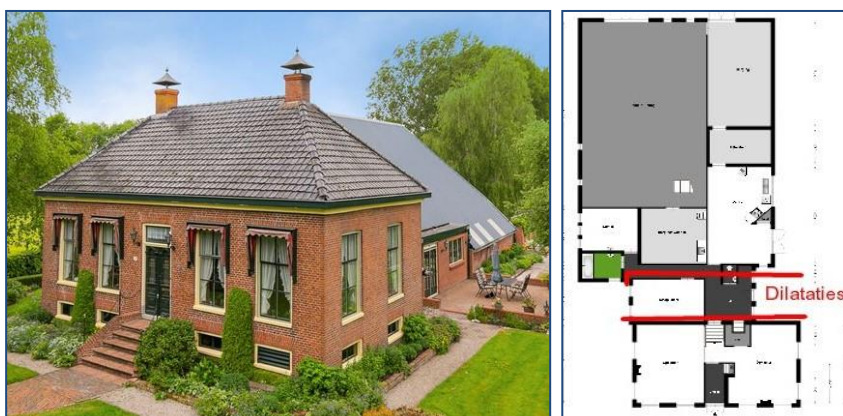


Cultureel erfgoed in Nederland werd nooit gebouwd met aardbevingen in gedachte en zijn daarom vaak erg kwetsbaar. De kop-hals-romp boerderij in de provincie Groningen is een veel voorkomend voorbeeld van een onregelmatig gebouw. Het in baksteen gemetselde (stijf) woonhuis (kop) heeft een verschillende massa en flexibiliteit dan die van de grote schuur met haar houten gebinten (flexibel).

Het tussenstuk (hals) is meestal één etage en heeft daardoor ook een kleinere massa en hoogte. De drie gebouwonderdelen zijn ook verschillende gefundeerd: Het woonhuis met een kelder, het tussenstuk ondiep en de grote schuur op losstaande fundamenteën voor de gebinten.

Figuren 2-22. De kop-hals-romp boerderij is kwetsbaar bij bevingen.

Bij een aardbeving zullen aan twee kanten van het hals-tussenstuk scheuren ontstaan. Daar moet dus gedilateerd worden.



Figuren 2-21. Geen stijve verbinding tussen kop en de schuur.

De flexibele schuur mag niet stijf aan het kopgedeelte vast zitten. Er moet een extra draagconstructie voor de schuurkap worden gemaakt. De losse schuur moet apart versterkt worden.

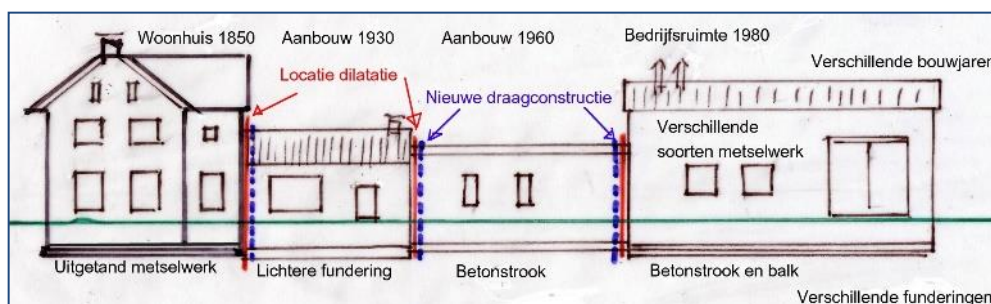


De grote gebintenschuur heeft een geheel andere seismische karakteristiek dan de oude bakstenen woningen en is vaak slecht onderhouden. De baksteen zijmuren van de schuur hebben meestal geen dragende functie. Verschillende aspecten van de gebintenschuur worden behandeld in Hoofdstuk 9.

Figuur 2-22. Een gedeelte van de schuur is omgezet tot woonruimte. De twee gebouwdelen hebben verschillende funderingen, terwijl het oranje-beige schuurgedeelte geen tweede etage heeft. De dilatatie moet in dit geval om het oude linker gebouwgedeelte worden aangelegd. Daarna kan dat deel seismisch verstevigd worden. Het is ook mogelijk om deze boerderij in drieën te delen want de vrijstaande gebintenschuur heeft nauwelijks of geen seismische versterking nodig.



Figuur 2-23. Aanbouwen met verschillende funderingen. Elke aanbouw heeft een eigen soort fundering en metselwerk.



Deze boven afgebeelde situatie leidt altijd tot spanningen, zettingen en scheuren tussen de gebouwdelen. Elk deel moet structureel zelfstandig zijn, ook als het geen aardbevingsgebied is.

Grote gebouwen die niet voldoen aan het criteria van regelmatigheid en volgens de NPR binnen een risicogebied vallen, moeten worden doorgerekend op deze problemen en waar nodig dienen er dan extra versterkingen te worden aangebracht ter compensatie.

Figuur 2-24. Gebouw met grote lengte en abrupte veranderingen. Dit gebouw in de stad Groningen heeft zowel een grote lengte als een massa/hogte onregelmatigheid en grote abrupte veranderingen

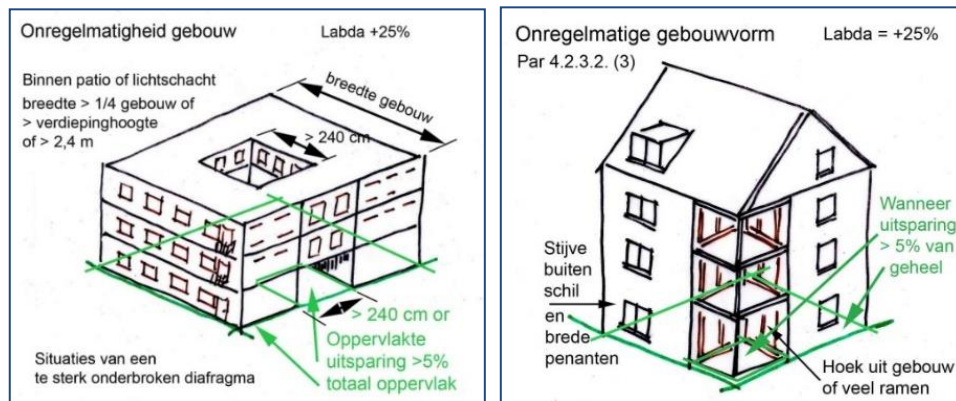


2.6. Er mogen geen verticale abrupte veranderingen zijn

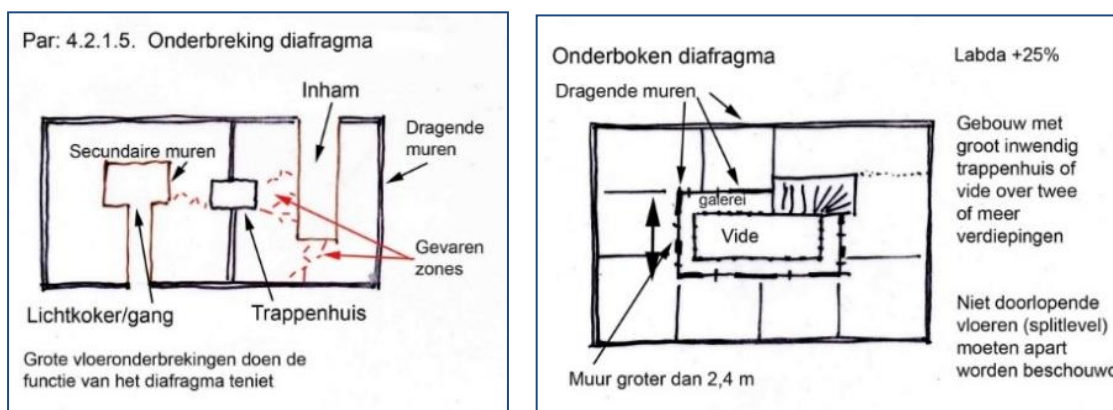
De veranderingen betreffen variaties in de weerstand, massa, hoogte of flexibiliteit van het gebouw. Dit betekent ook dat het vloerdiafragma geen grote inhammen of onderbrekingen mag hebben. Indien deze onderbrekingen wel bestaan is het mogelijk om aanvullende versterkingen rond die openingen aan te brengen zodat het vloerdiafragma dezelfde sterkte heeft als de integrale vloer zonder onderbrekingen.

Als het mogelijk is om bij bestaande gebouwen seismische dilataties in te voegen, of de onregelmatigheid in structurele stijfheid te corrigeren en te compenseren, dan heeft dat de voorkeur boven het gebouw te versterken. Hierdoor worden namelijk ook de torsiekrachten verminderd.

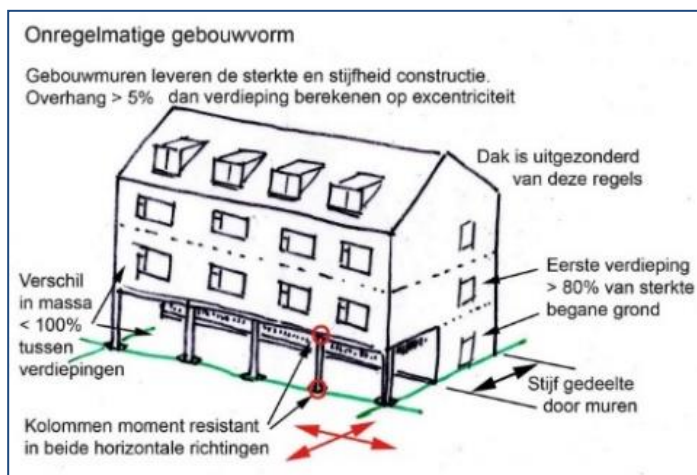
Figuren 2-25. Onregelmatigheden in een gebouw. Wanneer de grenswaarden van de NPR worden overschreden is een verhogingsfactor van de belasting nodig van 25%. De afgebeelde gebouwvormen zijn slecht te dilateren.



Om onregelmatige stijfheid en daarmee torsiekrachten te voorkomen stelt de NPR dat er maximale waarden zijn voor inhammen en onregelmatigheden. Deze zijn in de volgende figuren aangegeven.



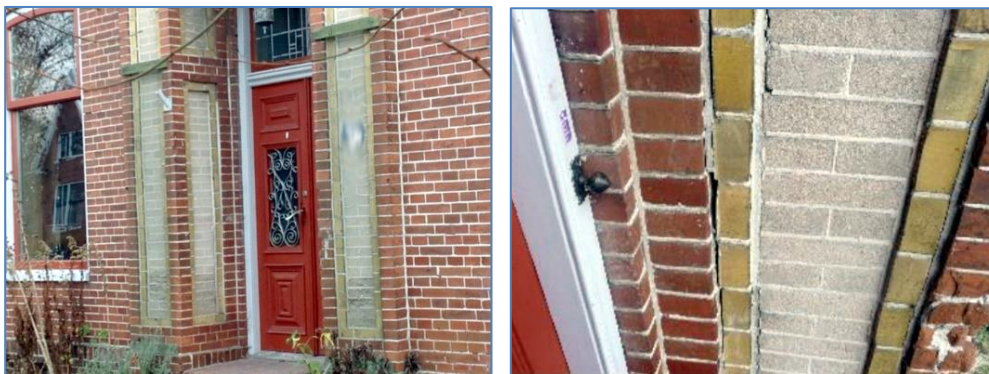
Figuren 2-26. Onderbroken diafragma. Inhammen in gebouwen zoals lichtkokers, trappenhuis, vides of splitlevel ontwerpen, zijn onderbrekingen van het vloerdiafragma. Bij nieuwbouw is dan een verhoging nodig van de berekeningswaarden van 25% nodig. Een zwakke etage moet minimaal 80% van de sterkte hebben van de volgende etage.



Figuren 2-27. Woning met een teruggezette entree. Dit komt veel oor. Door deze kleine onregelmatigheid ontstaan al veel scheuren.



Figuren 2-28. Woningen met een portiek. Deze scheuren ontstaan ook door het gebrek aan een doorlopende en sterke funderingsbalk onder de hele gevel.

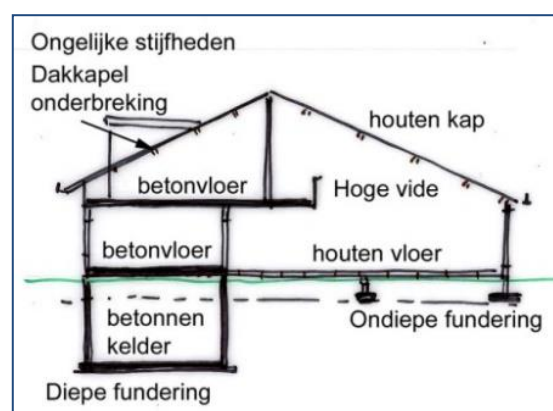


Onregelmatigheid kan ook binnen in een gebouw bestaan, door een groot vide over twee etages aan een kant van het gebouw, grote dakkapellen of ongelijke funderingsdiepte door een kelder.

Figuur 2-29. Verticale onregelmatigheid en ongelijke stijfheden.

Andere vormen van gebouw onregelmatigheden die niet direct van buitenaf zichtbaar zijn, maar wel tot aardbevingsschade kunnen leiden.

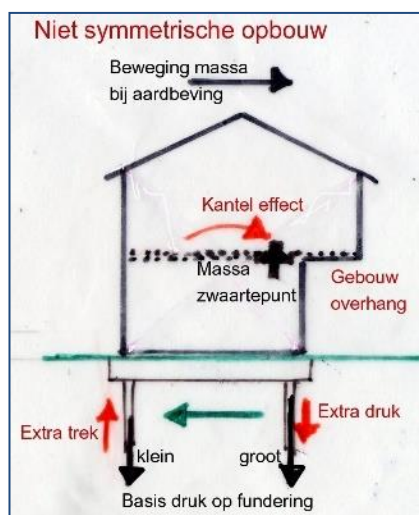
- Verschillende aanlegdieptes in de fundering van het gebouw.
- Stijve betonnen en flexibele houten vloeren.
- Inwendige vides.
- Grote dak-onderbrekingen door ramen en dakkapellen.



2.7. Er mag geen grote verticale verandering van massa en symmetrie zijn

Deze voorwaarde geldt voor zowel de versmalling naar boven als een verbreding naar boven, waarbij een verbreding van het gebouw of grote gebouwonderdelen naar boven de meeste problemen oplevert, omdat hiermee het massazwaartepunt naar de zijkant van het gebouw verplaatst wordt. Dit zal in het bijzonder het geval zijn wanneer er zware betonnen vloeren zijn toegepast en de bovenetage minder ramen heeft dan de begane grond.

Figuren 2-30. Overhangend gebouw of gebouwgedeelte. Dit veroorzaakt ongelijke spanningen in de fundering. De extra druk van P-golven kan ook extra zakking opleveren en kantelen van het gebouw. Rechts. Foto TU Eindhoven



In *Figuur 2-1* staan in het vak B) en C) voorbeelden met abrupte verandering in sterkte of stijfheid. Deze veranderingen resulteren in een zogenaamde zachte etage. Bij een overschrijding van de maximale aardbeving waarop het gebouw berekend is, zal deze zachte etage als eerste bezwijken.

Aan de rechterkant van die tekening staan voorbeelden van gebouwen met regelmatige opbouw en plattegrond. Dezelfde principes gelden voor bakstenen gebouwen. Gebouwen of woningen die in een gedeelte veel open ruimte hebben en in een ander gedeelte meerdere dwarsmuren, vallen in deze categorie. Dit is vaak alleen op de plattegrond van het gebouw te zien.

Figuur 2-31. Verschil in stijfheid tussen de etages.
De onderste etage en de bovenliggende bouwlagen hebben een verschillende stijfheid. Bij dit kantoorgebouw zitten aan de buitenkant stijve betonpanelen en binnenin tussenmuren. Wanneer er ook stijve invul binnenmuren op de begane grond etage zitten, kan dat problemen opleveren vanwege het stijfheidsverschil met de kolommen (capaciteitsmode). Aansluitingen met binnenmuren moeten hier op de begane grond flexibel of gedilateerd zijn.



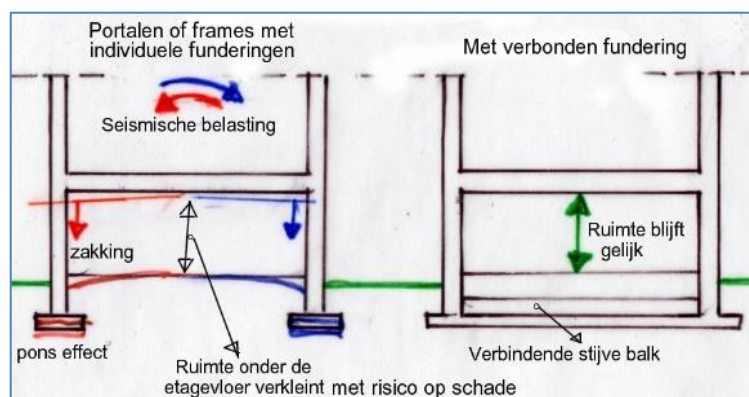
Figuren 2-32. Verbouw en verandering stijfheid.
Bij gebouw aanpassing kan een verandering van stijfheid ontstaan. De grote winkelpui, moet minstens 80% van de stijfheid hebben van de bovenliggende etage.



Bij kolommen, portalen en frames, in combinatie met een grotere seismische belasting van de zijkant van het gebouw dan de belastingen van nieuwbouw norm, zullen deze constructies extra belast worden.

Figuur 2-33. Zetting aan de zijkanten.
Omdat zijdelingse seismische schokken in een zetting van de zij funderingen kan resulteren (ook met palen), kan zonder doorgaande balkverbinding het middengedeelte relatief hoger komen.

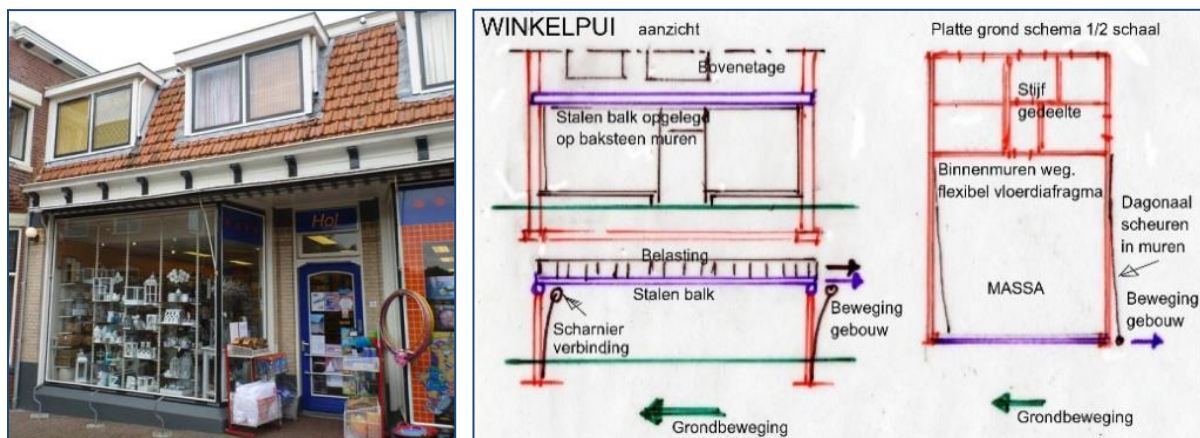
Bij oude gebouwen en een vergroting van de etalageruiten zonder fundering verbetering kan dit gebeuren.



Om te voorkomen dat de funderingen onder deze constructies gaan zetten t.o.v. het middenstuk, is het belangrijk dat de fundering een sterk raamwerk vormt, waarbij de twee zijanten onderling verbonden zijn door een sterke balkconstructie die een negatieve belasting kan opnemen.

2.8. Verbouwingen kunnen leiden tot onregelmatige stijfheden in een gebouw

Winkelpanden hebben op de begane grond aan de straatkant meestal geen dragende muren maar grote etalageruiten. Kolommen onder de nieuwe stalen balk dragen de bovenetage. Deze (metselwerk) kolommen vormen met de stalen balk echter geen momentsterk/stijf portaal.



Figuren 2-34. Moment-rijde constructie tegen zijwaartse beweging.

Veel voorkomende situatie door verbouwing voor meer winkelruimte en een grote glazen pui aan de straatkant. Meestal is de oplegging van de balk op de zijmuren of kolommen zonder moment-rijde constructie.

Bij een aardbeving zullen er S-golven optreden die praktisch gesproken de grond in elke horizontale richting zal versnellen. De daardoor optredende belastingen worden door de stijfste elementen opgevangen, want slappe (flexibele) elementen geven mee.

Behalve een verschil in stijfheid zijn er verschillende samenhangende problemen aan deze winkel:

- 1) De nieuwe stalen balk is meestal op de zijmuren opgelegd, waardoor er scharnierverbindingen ontstaan¹¹. Lange balken zijn niet altijd met een kleine toeg gemaakt en zakken iets door.
- 2) Wanneer er ook stalen kolommen zijn gemaakt kan het zijn dat de fundering onder die kolommen niet is verbreed. Er is daar dan een extra hoge grondbelasting.
- 3) Er is geen horizontale sterkte capaciteit van de glasgevel. De ruit moet aan beide zijden ruimte in de sponning hebben (>10mm bij PGA_g 0,1) om bij een beving parallel aan de gevel niet te breken. De optie bestaat wel om 'Sterke glaspanelen' toe te passen¹².
- 4) De houten vloer boven de winkel is flexibel en neemt dus geen horizontale krachten over.
- 5) Houten kapconstructie is eveneens flexibel, met ook nog dakkapel-gaten. De nummers 3 en 4 samen resulteren in het heen en weer zwiepen van de etagevloer en kap bij een beving.
- 6) De achterkant van het gebouw is stijver zijn vanwege binnenmuren en beweegt niet mee. Het gebouw zal daarom bij een beving een torsiebeweging willen maken.
- 7) Bij een beving parallel aan de gevel en het zijwaarts uitbuigen van de gevel ontstaan diagonale muurscheuren in de zijmuren, vanaf de kolomvoet naar het midden van de bovenetage.
- 8) Bij aansluitende belendende gebouwen zullen deze de belasting van de winkelbalk krijgen.

¹¹ Indien er met de verbouwing al reeds stalen kolommen zijn toegepast (niet zichtbaar) kunnen deze van onderen scharnieren of doorbuigen, hetgeen hetzelfde effect heeft. Ook wanneer de stalen kolom aan beide zijden is ingeklemd en alleen op verticale belasting is berekend kan deze teveel doorbuigen; hetzelfde effect.

¹² De informatie over sterke ruiten wordt in het hoofdstuk 6 Muren Versterken gegeven.

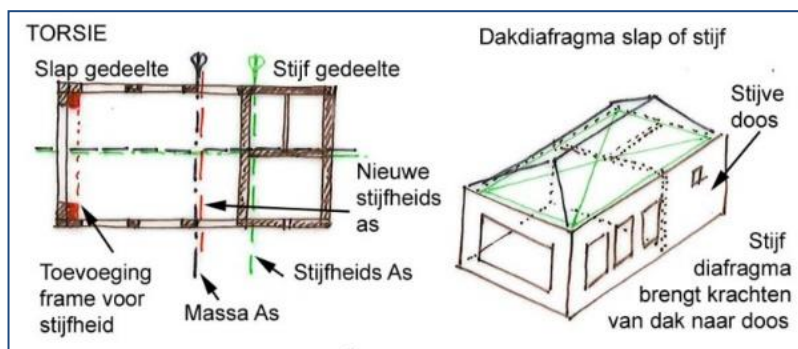
Deze problemen kunnen verholpen worden door een momentsterk, stijf en sterk portaal in de gevel te maken, en een verstijving van het diafragma van de etage vloer. De krachten vanwege een aardbeving zijn op dit type gebouw groter dan bij symmetrische gebouwen vanwege de optredende torsie. De torsie treedt op vanwege de excentriciteit in stijfheid vanwege de open ruimte aan de voorzijde en de binnenmuren in de achterkant van het gebouw.

Een modern alternatief is om de winkelruit van een sterk glaspaneel te maken die de dwarskrachten op het gebouw kan opvangen. De fundering moet dan ook worden aangepast m die krachten naar die fundering en de grond te kunnen afvoeren.

2.9. De drie as-richtingen van het gebouw moeten symmetrisch zijn.

Dit betreft de twee horizontaal loodrecht op elkaar staande richtingen en de verticaal. Bij winkels met een grote etalageruit, of bij woningen die een open woongedeelte hebben (veel ramen), maar een meer gesloten achtergedeelte met binnenmuren (keuken, gang, toilet, berging) hebben hetzelfde effect van ongelijke symmetrie-sterkte. Bij zo een ontwerp moet een verhogingsfactor in de berekening worden toegepast, waardoor de sterkte en stijfheid van het open gedeelte toeneemt. Als dat niet het geval is zullen de onderliggende metselwerk muren barsten.

Figuur 2-35. De stijfheid-as moet samenvallen met de massa-as. Wanneer deze niet in één richting samenvallen zal draaiing ontstaan. De draaiing veroorzaakt een torsiemoment in het gebouw. Een gedeelte van die krachten kan worden opgenomen door een stijve plafond-vloerconstructie die sterk aan alle muren verankerd is.



Bij bestaande woningen kunnen vijf verschillende soorten maatregelen genomen worden:

- Het inbrengen van een sterk portaal dat de stijfheid van het flexibele gedeelte verhoogt.
- Het plaatsen van een 'sterk constructief glaspaneel (ruit)' dat de belasting in het vlak van de gevel opvangt. Hierdoor worden de raampenanten feitelijk verbreed met het glaspaneel.
- Het aanbrengen van een sterk-stijf plafond/vloer diafragma dat de krachten overbrengt naar het stijve gedeelte van de achterkant van het gebouw. Hierbij moeten de vloeren rondom sterk aan alle muren verbonden zijn.
- Flexibilisering van de wandconstructie (bij houtbouw) en ruimte rondom de ruiten, waardoor er beweging van de muren mogelijk is, zonder schade te veroorzaken.
- Het dilateren van het slappe gedeelte van het stijve gedeelte. Dit is bijvoorbeeld de situatie bij een kop-romp boerderij. Het stijve gemetselde kopgedeelte moet onafhankelijk zijn van het meer flexibele schuurgedeelte.

Bij een gebouwvorm die in stijfheid een excentrisch plan heeft, kan boven de openingen een verdraaiing van de muur plaatsvinden. Bij een stijve (inwendige) betonlatei kan/zal het metselwerk boven de latei scheuren. Het onderstaande voorbeeld is een woning met een grote open woonruimte en een houten etagevloer dat geen stijf diafragma vormt. In de achterzijde van het gebouw is een entree, waar verschillende dwarsmuren zitten en minder ramen. Daar is geen beschadiging zichtbaar.

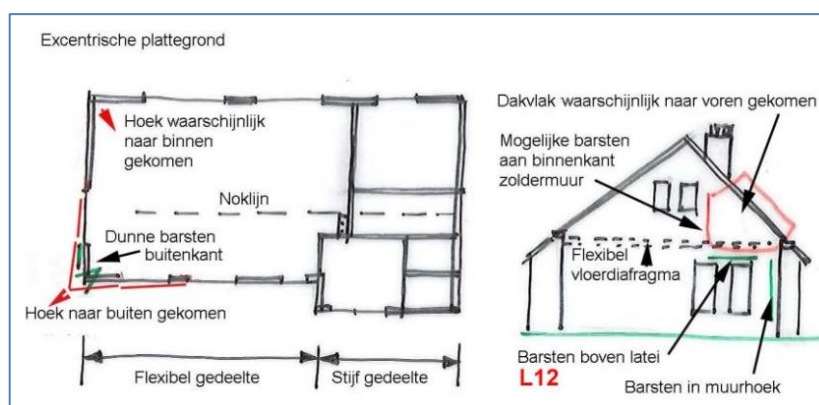


Figuren 2-36. Scheuren in de latei vanwege torsie.

Rechts. Detail van de latei boven het rechte raam, het tweede raam rechts naast de lantaarnpaal. Dit is een nieuwe woning met een harde cementvoeg.

Figuur 2-37. Plattegrond van de woning met torsie.

De hoek van het gebouw is bij de beving naar buitens gekomen. De torsie ontstaat bij een aardbeving dwars op de noklijn. Dit is mogelijk door een flexibele verdieping vloer en eveneens het flexibel houten dakbeschot.

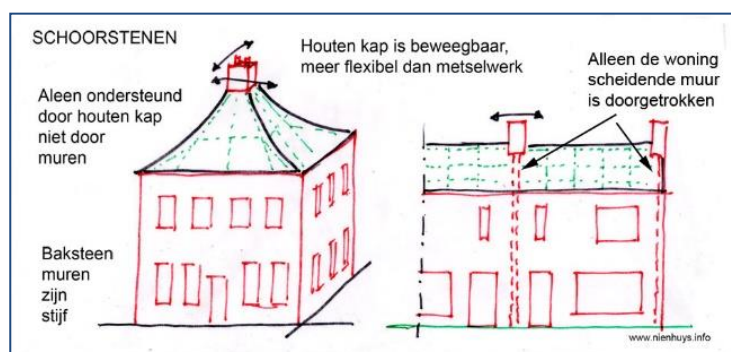


Ofschoon de woning op het eerste gezicht er redelijk compact uitziet, resulteert het verschil in het aantal en grootte van de ramen rondom het gebouw in verschillende stijfheden in de gevels. Hierdoor ontstond de torsie. Bij het beoordelen van een gebouw moeten dan ook alle gevels rondom geëvalueerd worden, waarbij grote verschillen tussen gevels verder onderzoek vereist. Wanneer de aardschok hoofdzakelijk in de links-rechts richting had plaatsgevonden (bij een grote afstand tot het epicentrum), dan was er wellicht geen schade geweest.

2.10. De sterkte en stijfheid tussen constructies mogen elkaar niet storen

De 'capaciteitsmode' betreft het verschil in stijfheid tussen onderdelen in hetzelfde vlak. Vooral het grote verschil tussen de stijfheid van metselwerk en houten constructies zoals bestaat tussen schoorstenen en houten daken is een probleem in de woningbouw. In industriële en agrarische bouw bestaat regelmatig het verschil tussen stalen spanten en invulmetselwerk.

Figuur 2-38. Verschil tussen brosse schoorsteen en flexibele houten kap. De schoorsteen loopt door de kap naar buiten en heeft extra massa in de top. Bij de extra belasting zal de flexibele bewegen en het schoorsteenkanaal eronder zal daarom barsten.

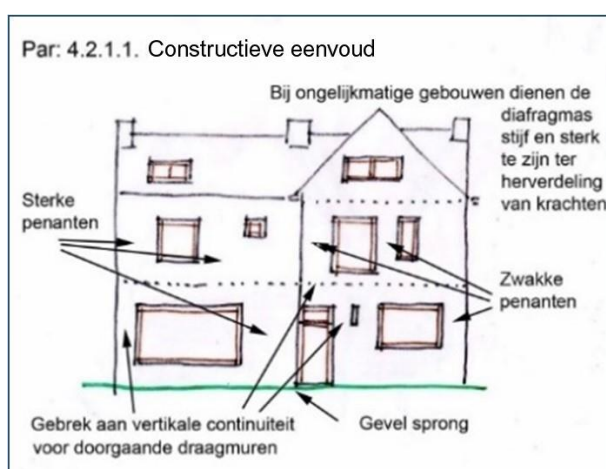
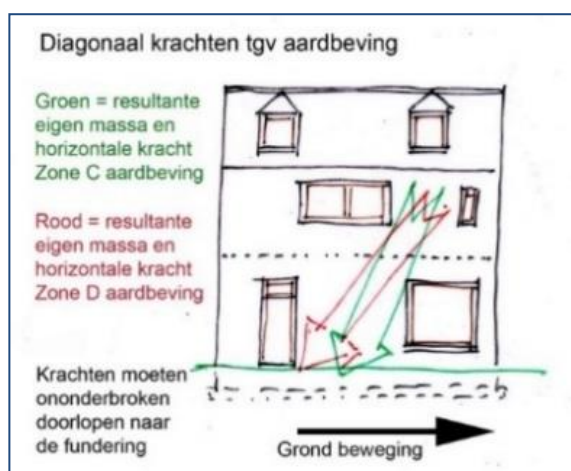


Figuren 2-39. Grote loods, stalen spanten en golfplaten. Tussen de stalen kolommen is aan de onderkant een plint van stijf metselwerk dat met de kolommen meebeweegt en daarom barst. Ook bij een flinke en dynamische windbelasting zal dit scheuren.

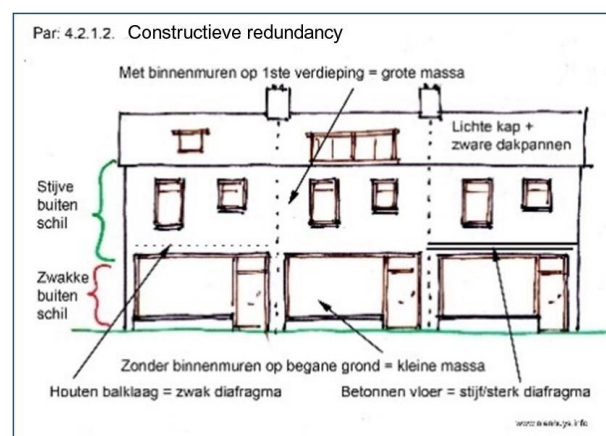


2.11. Directe belastinglijnen van en naar de fundering

De aardbevingskrachten komen bij een gebouw uit de fundering en de reactiekrachten van de gebouwmassa moeten weer naar de fundering worden teruggevoerd. Directe belastinglijnen in het vlak van de dragende constructies, van en naar de fundering, zijn te verkiezen boven onderbroken druklijnen. Deze druklijnen kunnen enigszins schuin lopen, maar moeten wel aan alle kanten van een gebouw aanwezig zijn.

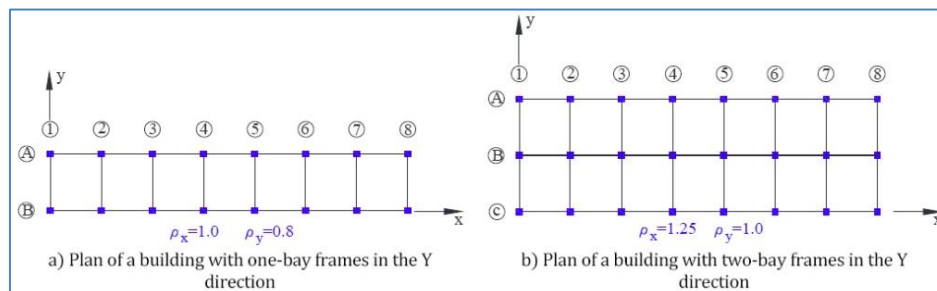


Figuren 2-40. Druklijnen moeten direct doorlopen naar de fundering
Boven. In het vlak van de gevel moeten directe lijnen naar de fundering lopen. Bij een onregelmatige gevel of bij een aanbouw is dit moeilijk te realiseren.
Rechtsboven. Gebrek aan constructieve eenvoud of symmetrie.
Rechts. Gebouw met een zich herhalende structuur, maar waarin constructief onvoldoende redundancy bestaat. Doorzonwoningen hebben vaak een enkelvoudige constructieve opzet.



Redundancy is de repetitieve (zich herhalende) organisatie van constructieve gebouwoonderdelen die elk voor zich voldoende sterk zijn. Wanneer één onderdeel kapot gaat, blijven de andere onderdelen overeind. Bij gebrek aan sterkte (zoals bij doorzonwoningen) zal bij het instorten van één onderdeel de hele serie instorten. Bij de meeste rijtjeswoningen bestaat de seismische sterkte slechts in de diepte van de woning. In die richting is de woning voldoende sterk is tegen belasting in het vlak van die muur. In de lange gevel is wel herhaling van structuur, maar iedere woning is onvoldoende sterk. Bij het falen van één gevel kan dan de hele rij omvallen.

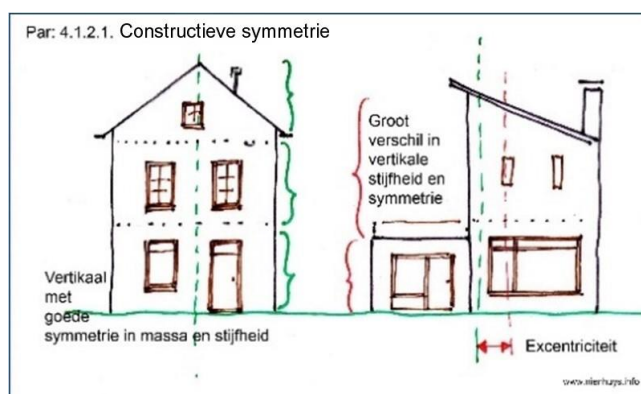
Figuur 2-41. Een zich herhalende sterke structuur is nodig. Wanneer een onderdeel of sectie bezwijkt zal een gebouw met een zich herhalende sterke structuur minder gauw instorten dan wanneer het slechts een enkele sterke structuur heeft.



2.12. Constructieve symmetrie

Om verschillende sterktes en stijfheden (en daardoor spanningen bij belasting) in een gebouw te voorkomen, is het wenselijk dat het gebouw een constructieve symmetrie heeft. Het berekenen van de sterkte van een symmetrisch gebouw is eenvoudiger dan van een complexe constructie. De symmetrie houdt zowel de vormgeving als de stijfheid en de massa in.

Figuur 2-42. Ongelijke symmetrie in twee richtingen. Dit linkse gebouw heeft aan de buitenkant wel een symmetrische of regelmatige opbouw. Het rechtse gebouw is verticaal niet in stijfheid symmetrisch. Ook van binnen kan het niet-symmetrisch zijn vanwege verschillende vloerdiafragma's, massaverschillen en interne aanpassingen zoals een open keuken, waardoor de dwarssterkte anders wordt.



Woningen van vóór 1930 met hoge ramen in de gevels en houten vloeren hebben erg weinig sterkte in het vlak van de gevels. Dit geldt ook voor veel stadswoningen.

Figuren 2-43. Stadswoningen hebben ongelijke stijfheden in twee richtingen.

De in de diepte volledig gesloten zijmuren en zijn in die richting voldoende sterk. Echter, in het vlak van de gevel zijn deze woningen met de zeer smalle penanten erg zwak als er geen dragende binnen- en dwarsmuren of portalen zijn.



Op basis van de gevels van ongewapende bakstenen gebouwen, vooral de oudere van vóór 1980, kan op een snelle manier beoordeeld worden of een gebouw een structureel risico vormt tijdens een aardbeving. Hier wordt uitgegaan van de werkelijk maximale bevingen die $PGAg < 0,2$ zijn.

Het meten van de verhoudingen van de muurpenanten geeft een goede indicatie. De tweede indicatie is de verhouding tussen totale muurbreedte in de gevel en de gezamenlijke openingen. Deze verhoudingen kunnen eenvoudig met een RVS bepaald worden.

Figuur 2-44. Bepaling van de verhoudingen van openingen in de gevel.

De verhoudingen van de ongewapende metselwerk penanten zijn in deze gevel $1/2,6 = 0,38$ (raam, zwak) en $1/3,7 = 0,27$ (voordeur erg zwak).

De verhouding van de gezamenlijke openingen tot de hele gevel is $(A+B+C+D+E)/\text{Totaal} = 4/10 = 0,25$ en ook onvoldoende.

Deze parameters zijn indicatief voor de sterkte in het vlak van de gevel van dit gebouw.

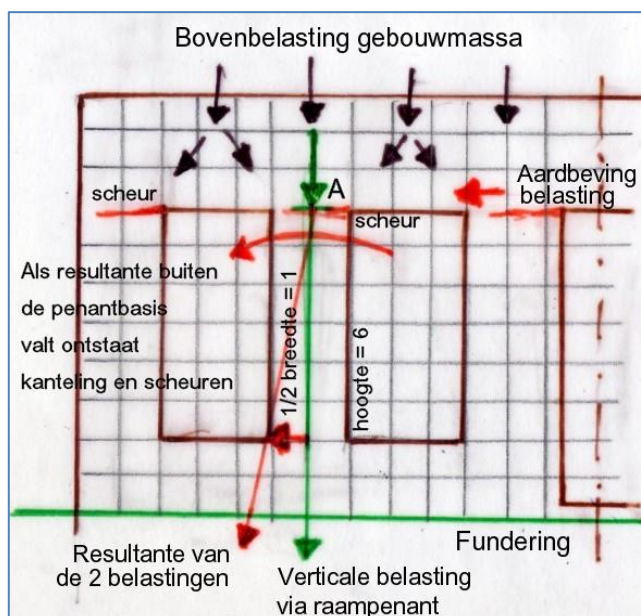


Bij een kleine boven-belasting van smalle raampenaten, kan bij een grote horizontale belasting (aardbeving) de resultante van deze twee belastingen buiten de penantvoet vallen. Bij een korte heen-en-weer schok zullen er dan horizontale scheuren ontstaan in de boven- en onderkant van dat penant. Bij kalkmortel metselwerk zal er alleen in de bovenkant een scheur komen wanneer het penant een beetje kan vervormen. Dit kantelen hangt dus af van de slankheid van het penant én de zwaarte van de aardbeving.

Figuur 2-45. Boven-belasting is bepalend voor de scheurvorming.

Bij een boven-belasting van 100 en een $PGAg$ van 0,2 door het centrum van het penant is de horizontale belasting ongeveer 20. De resultante hoek is dan $1/5$ en valt dan buiten de basis van het hier afgebeelde penant omdat deze een breedte heeft van $0,5 \times 2/6$.

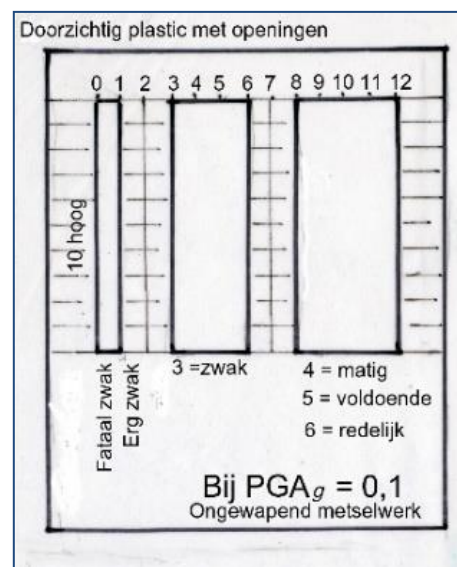
Bij een aardbeving van $PGAg$ 0,1 valt de resultante net binnen de basis van het penant. Bij een lichte kap constructie is de boven-belasting laag en zal er dus eerder een scheur optreden.



Door deze verhoudingen van de bakstenen penanten te schatten kan een beoordeling gegeven worden van de sterktekwiteit van de gevels, waarbij de laagste score bepalend is of het gebouw verder moet worden onderzocht op de kwaliteit van de baksteen, onregelmatigheden, stijfheden, vloerdiafragma, aanwezigheid van scheuren en verzakkingen en interne dwarsmuren.

Figuur 2-46. Gebruik van transparant sjabloon bij RVS. Door een transparant (plastic) plaatje te maken met vierkantje, rasterlijnen en openingen, kan tijdens een RVS-opname van een afstand de b/h verhouding van een penant goed en snel ingeschat worden. Voor de hele gevel moet dan even gerekend worden. Bij een verhouding van 3/10 wordt het penant bij een $PGA_g 0,1$ al zwak. Bij een verhouding van 3/10 is het penant bij $PGA_g 0,2$ een groot risico.

RVS – Rapid Visual Screening.



Bij het beoordelen van gebouwen of deze al-dan-niet aardbevingsbestendig zijn, is een opname van de openingen in die gevels een eerste aanwijzing.¹³ Gedurende een RVS-analyse, moeten alle gebouwen met ongewapende penanten die een verhouding hebben van kleiner dan 1/2 (horizontaal/verticaal) nader onderzocht worden of de interne constructie wel voldoende sterkte en stijfheid biedt tegen de aardbeving belastingen.

In hoofdstuk 6 worden de verschillende methoden besproken om de bovengenoemde zwakke gevels te versterken. De volgende opties komen aan bod:

- Het inbrengen van verticale wapening in de penanten (binnen), van de fundering naar het dak. Dit kan door het aan de binnenzijde of buitenzijde in-frezen van wikkels en die verlijmen.
- Het verminderen van de gevelbelasting door het versterken van de binnenmuurconstructies en het etage vloerdiafragma. Het vloerdiafragma brengt dan de krachten over naar de fundering. De fundering van die binnenmuren moet daar dan wel op berekend zijn.
- Binnenzijde raampenanten beplakken met sterke glasvezel of carbonfiber wapening.
- Het binnen aanbrengen van een houtskelet of metalen frame (portaal) constructies. Deze moeten vanuit de fundering verbonden zijn met het etage-vloerdiafragma.
- Het maken van een sterk deurportaal (grijze gedeelte op foto vorige pagina) of rondom de ramen. Ook dit portaal moet tussen naar de fundering doorlopen.
- Het plaatsen van 'sterke constructieve glaspanelen' in niet-samendrukbare kozijnen, waardoor deze ruiten de gevelbelasting in het vlak van de muur kunnen opnemen en samenwerken met de penanten. De muren moeten verbonden zijn met het diafragma.

2.13. Risicovolle gebouwonderdelen identificeren

Uitstekende gebouwonderdelen die slechts aan de onderkant of maar in één richting aan het gebouw zijn verbonden en een grote massa hebben, kunnen bij aardschokken losraken en vallen. Deze onderdelen zijn hoofdzakelijk berekend op de verticale krachten en niet op de extra horizontale krachten van de aardbeving. De schoorstenen van volgende afbeeldingen zijn hier een voorbeeld van.

¹³ De RVS geschiedt vanaf de straat om de privacy van de woningeigenaar niet onnodig te belasten. Als het gebouw van de straat niet goed zichtbaar is zal toestemming aan de eigenaar gevraagd moeten worden om het terrein te betreden. Meestal is het meten van een of twee zijden van het gebouw voldoende om een indruk te krijgen. Bij woningen die aan de tuinzijde een grote open gevel of serre hebben, kan aan die kant een zwakke gevel zijn ontstaan, want draagbalken worden meestal niet als momentsterke portalen uitgevoerd.

Figuren 2-47. Drie risicovolle gebouw elementen.

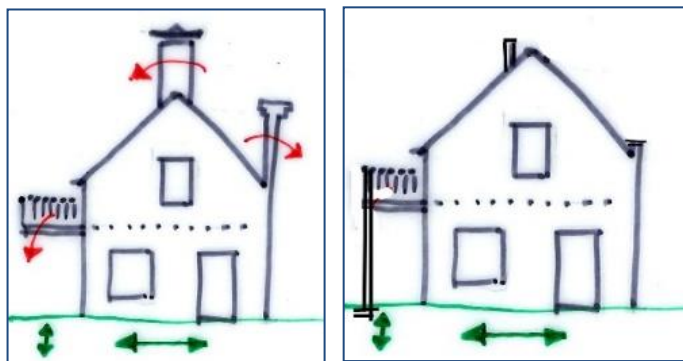
De topgevel, schoorsteen en het balkon zijn de meest voorkomende gebouwonderdelen met massa die valrisico's kunnen opleveren:

a) Schoorstenen op topgevels en flexibele houten daken.

b) Topgevels die slechts aan de basis vastzitten (door loodslabbe onderbroken).

c) Eenzijdig ingeklemde balkons, luifels of afdaken, vooral van beton (zwaar).

Deze elementen kunnen worden vastgezet of ondersteund, verwijderd of vervangen door lichtgewicht constructies.



Van de schoorstenen zijn in de provincie de meeste voorbeelden te vinden, terwijl met de lichte aardbevingen vanaf PGAg 0,05 deze allemaal een risico vormen van afbreken en omvallen. Of deze schoorstenen al dan niet vervangen kunnen worden of vastgezet hangt af van verschillende factoren, zoals de monumentenstatus. Voor energiezuinige woningen zijn baksteen schoorstenen onnodig.



Figuren 2-48. Voorbeelden van risicovolle schoorstenen.

V.l.n.r. Jaren-30 hoog, verweerde topgevel met schoorsteen op een 'stoel', hoge schoorsteen midden op het dak (is al een keer gerepareerd), hoge schoorsteen op topgevel naast een openbaar terrein van een school. Er zijn verschillende methodes om de schoorstenen veiliger te maken zoals vastzetten of vervangen door een lichtgewicht mode. De aanpassing van schoorstenen of geveltoppen wordt apart behandeld in Hoofdstuk 3.

Ongewapend metselwerk console-constructies van topgevels staan op een zeer smalle basis, terwijl baksteen voegwerk geen trekkrachten kan opnemen. Vanwege de hoge positie en grote massa krijgen ze extra aardbevingsbelasting (veel meer dan de windbelasting). Hetzelfde geldt voor bakstenen dakkapellen en uitbouwen wanneer deze niet naar beneden doorlopen op draagmuren.

Figuren 2-49. Vrijstaande façade topgevels.

Links. Voorgevel van boerderij met niet ondersteunde hoeken.

Rechts. Hoge topgevel van winkelgebouw met niet ondersteunde hoeken.

Beiden zijn risicovol.



Figuren 2-50. Zware gemetselde dak-uitbouwen.

Links. De ondersteuning aan de binnenzijde is belangrijk om het risico te beoordelen.

Rechts. Hoge laaddeur. Het metselwerk moet aan de binnenkant doorlopen tot aan de fundering.



De seismische code bepaalt dat het gebouw niet mag instorten, maar dat geldt niet voor gebouw onderdelen zoals schoorstenen, topgevels en balkons. Dit zijn hoog-risico elementen en moeten apart aandacht krijgen zodat ze geen schade veroorzaken.

Wanneer een gebouwoonderdeel op het trottoir kan vallen, zullen er meteen veiligheidsmaatregelen genomen moeten worden zoals terreinafzetting om te voorkomen dat er ongelukken gebeuren.

Figuren 2-51. Risicovolle gevels.

Links. Topgevel met zwaar verweerde aansluiting. Deze laatste was onderwerp van onmiddellijke veiligheidsmaatregelen zoals het afzetten van het trottoir beneden.

Rechtsboven. Woning met erker op een steun en een uitgebouwde schoorsteen.

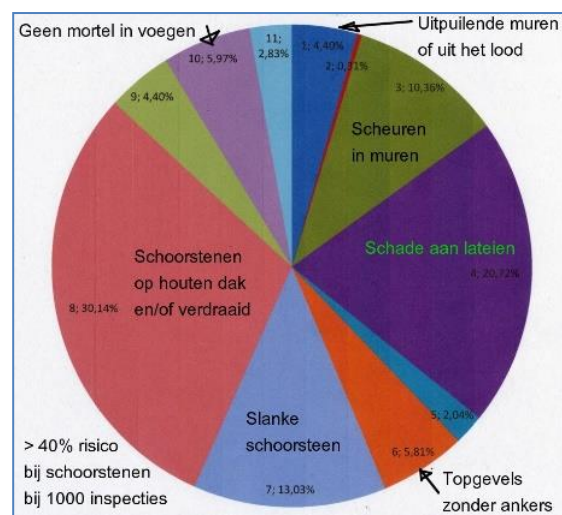


Rechts. Hoekraam met bovenliggende lage borstwering. In dit geval zou er op de hoek een kolom moeten zitten, de witte strook kan ook alleen een gordijn zijn.

Figuur 2-52. Pie-chart van de geïdentificeerde risicovolle situaties.

Van de ruim 1000 RVS die na de 16 augustus 2012 Huizinge aardbeving werden uitgevoerd, werd maar liefst **40 % aan risicovolle schoorstenen** geïdentificeerd. Dit, omdat de zware massa's hoog op flexibele houten daken staan en sommigen al reeds hoekverdraaiing vertoonden. De tweede oorzaak waren de scheuren rond de raamhoeken 20%.

Het diagram geeft de resultaten van dat eerste onderzoek weer.



Ofschoon de risicovolle gebouwonderdelen een beeld gaven van waar de acute veiligheidsproblemen lagen, werd de problematiek van de grote ramen en smalle raampenanten bij de gebouwbeoordeling in 2013 eerst niet meegenomen (geen onderdelen), terwijl dat wel goed van buiten zichtbaar was, vooral bij doorzon- en rijtjeswoningen¹⁴. Deze openingen zijn een goede graadmeter voor de stabiliteit van de woningen en het risico bij zwaardere aardbevingen van $PGA_g > 0,1$. Sinds 2014 werden de penanten wel beoordeeld, dat voorkwam dat er twee keer een beoordeling moest plaatsvinden.

2.14. Typologieën voor de risicovolle elementen is noodzakelijk

Om bestaande gebouwen te controleren op aardbevingsbestendigheid, kunnen aan de buitenzijde al de meeste van de risicovolle elementen worden geconstateerd. Aanwezigheid van de genoemde elementen kunnen bij meerdere bevingen een verhoogd schaderisico opleveren. In Groningen is er per gebeurtenis slechts een enkele schok. Bij een geconstateerde schade moet dan actie ondernomen worden, voordat de volgende beving plaatsvindt om zwaardere schade of een ongeval te voorkomen.

Op basis van de FEMA 310 standaard¹⁵ is voor Groningen het RVS-systeem geadopteerd. Op deze basis werden in 2014 minstens 15.000 gebouwen geëvalueerd¹⁶. Deze evaluaties gaven aan dat heel veel woningen en andere gebouwen verschillende soorten risico's liepen. Met het woningtypologie principe kan er ook een typologieschema gemaakt worden van de hoog-risico elementen. Wanneer dat schema vrij beschikbaar komt, kunnen woningeigenaren dit bestuderen en hun situatie doorgeven voor nadere controle (met foto).

Dat heeft verschillende voordelen:

- a. Het werkt dat als bewustwording naar de woningeigenaars.
- b. Het is het vele malen goedkoper dan dure schade-inspecteurs die door de straten lopen en rapporten moeten gaan opmaken.
- c. De woningeigenaar kan zonder privacy problemen op het eigen terrein rond de hele woning lopen en foto's maken.
- d. De meest risicovolle situaties kunnen direct worden aangepakt, terwijl de minder grote risico's wijkmatig kunnen worden behandeld.

Wanneer de werkelijke M_{max} lager wordt dan $PGA_g 0,05$, dan komt deze aardbevingsbelasting voor het hele (vrijstaande) gebouw lager uit die van stormbelasting. De aardbevingstrillingen hebben echter een ander effect op de constructie dan de wind.

In dat geval hoeft er theoretisch (volgens de NPR) niets meer aan de bestaande woningbouw te gebeuren, want er gaan dan geen huizen 'net niet instorten'.¹⁷ Er bestaat volgens deze stelling dan geen formeel veiligheidsrisico voor de bewoners. Dat wil echter niet zeggen dat de risicovolle elementen geen probleem kunnen opleveren. Het zekerstellen van die risicovolle elementen blijft dan een noodzakelijke maatregel.

2.15. Versterken en dan verder klimaat-technisch verduurzamen

¹⁴ Deze eerste tekortkoming in de organisatie was waarschijnlijk ontstaan omdat het probleem van de grote raamopeningen niet door de FEMA aangegeven was, omdat het een typisch Nederlands probleem is.

¹⁵ The American Society of Civil Engineers (ASCE) contracted with the Federal Emergency Management Agency (FEMA) to convert FEMA 178, *NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings* into a pre-standard. The development of the pre-standard was the first step in turning FEMA 178 into an American National Standards Institute (ANSI) approved national consensus standard. The document was completed in January 1998 and is published as FEMA 310, *Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings--A Pre-standard*.

¹⁶ Deze beoordeling begon in het epicentrum gebied van de gemeente Loppersum en daarna in de randgebieden. Het is nuttig wanneer de eigenaren van deze woningen een kopie van die RVS krijgen.

¹⁷ Bestaande reparatie acties kunnen nog worden uitgevoerd, maar verder is niets noodzakelijk.

Waar het om draait is of men de bestaande gescheurde woningen nu wel of niet gaat herstellen, dus niet de vraag of dat seismisch versterken gesproken nog noodzakelijk is. Als men gaat repareren, herstellen, versterken en eventueel verduurzamen, dan is rekenen naar aardbevingsbelastingen niet zo zinvol, maar wel het begrip over het ontstaan van de scheuren en de verergering van de scheuren ten gevolge van verleden en toekomstige kleinere schokken¹⁸.

De burger wil helemaal geen scheuren meer. Bij seismisch versterken en het krijgen van de hoge Mmax beving zal het gebouw zoveel scheuren krijgen dat het in het ergste geval *total loss* is.

De Groningse (Nederlandse) woningbouw is slechts op stormwind ontworpen en niet op aardbevingen. Met de 1991 verhoging van de windbelasting norm is dan de meeste nieuwbouw voldoende sterk, met uitzondering van doorzon-, rijtjeswoningen en andere gebouwen met smalle raampennanten zoals de stadswoningen.

Figuur 2-53. Grafiek windbelastingen t.b.v. de glasindustrie. De provincie Groningen valt in windgebied 2, terwijl de kust een verhoogde norm heeft. De maximale rekenwaarde voor windbelastingen zijn vastgelegd in de Bouwnorm en in de NEN-EN 1991-1-4(NB). Vanwege de klimaatverandering neemt de storm sterkte toe. Het niet ondenkbaar dat voor de toekomst de windbelasting normen verder worden aangescherpt.



Voor het milieu en het beperkt houden van de verbouwingskosten is het verstandig om tegelijkertijd verduurzamingsmaatregelen te nemen zoals het optimaal isoleren van de gebouwschil. Die verduurzaming zal met het oog op het milieu toch op de duur moeten. Wanneer een gebouw in de steigers moet voor de ene maatregel is het economischer om tegelijkertijd ook de andere maatregel mee te nemen. Het realiseren van de maatregelen apart kost tenminste 50% extra, behalve de overlast.

De mate van versterking hangt af van de typologie. Deze woningen zijn per typologie allen gebouwd volgens dezelfde technieken en hebben dezelfde gebreken. Er kan eerst een onderscheid gemaakt worden in de volgende ABC en EFG-categorieën.

Woningen in de provincie* per categorie met risico van enige of verdere schade bij PGAg <0,1

Tabel	#	Type	Totaal	%	Constructies	Structurele aspecten
Particulier	A	Vrijstaand	28.238	28	Weinig risicovol	Draagmuren in twee richtingen en meestal niet meer dan 2,5 etages.
	B	2 onder 1 kap	12.545	13	Matig risicovol	Symmetrisch met grote ramen in voor- en achtergevels; aanbouw.
	C	Rijtje + doorzon	32.757	32	Middel risicovol	Dwarsstabiliteit blok gering door grote voor- en achtergevel ramen
	D	Als C + leem + Appartement	2.312	2	Hoog risicovol	Stapelbouw met erg weinig dwarsstabiliteit door volledige raampuien. Appartementen gebouwen met meer dan 4 etages en stapelbouw.
Woningcorporatie	E	Vrijstaand	1.656	2	Weinig risicovol	Draagmuren in twee richtingen en meestal niet meer dan 2,5 etages.
	F	2 onder 1 kap	3.094	3	Matig risicovol	Symmetrisch met grote ramen in voor- en achtergevels; aanbouw.
	G	Rijtje + doorzon	16.100	16	Middel risicovol	Dwarsstabiliteit blok gering door grote voor- en achtergevel ramen
	H	Als G + leem + Appartement	4.140	4	Hoog risicovol	Stapelbouw met erg weinig dwarsstabiliteit door volledige raampuien. Appartementen gebouwen met meer dan 4 etages en stapelbouw.
		Totaal	100.842	100		

* De stad Groningen valt grotendeels buiten deze telling van 2013; andere soorten gebouwen zoals utiliteit en agrarische gebouwen ook. In de hele provincie Groningen inclusief de stad Groningen zijn > 250.000 woningen. In het hele aardbevingsgebied zijn er ongeveer 350.000 gebouwen.

De woningtelling van de tabel laat twee zaken zien:

¹⁸ Dit is een van de basis redenen waarom dit boek geschreven is.

- Het aantal woningen in de provincie Groningen, geteld vanaf het epicentrum, en in de zone daarbuiten. In het epicentrum gebied staan hoofdzakelijk ABC en EFG-type woningen.
- Een eerste onderverdeling in de het risiconiveau van de gebouwen typologie voor de maximale PGAg 0,1 waarde (type 16 augustus 2012, Huizinge en 8 januari 2018 Zeerijp). Steeds verder buiten het epicentrum is de maximale aardbeving steeds zwakker.

Uit de tabel blijkt dat de rijtjes- en doorzonwoningen de grootste groep is, en ook de zwakste. Deze analyse is gebaseerd op depositie en grootte van de ramen, gecombineerd met het aantal dragende binnenmuren. Het hebben van een goede combinatie tussen versterken en verduurzamen is hier het meest relevant. Dezelfde technische maatregelen kunnen dienen voor 2-onder-1-kap woningen die veelal dezelfde constructie eigenschappen hebben (bij dezelfde bouwperiodes).

De categorie vrijstaande woningen kent een grote variëteit en ook veel oude woningen. Wanneer voor deze woningen al een RVS bestaat kan dat als eerste stap gebruikt worden om een verduurzamingsplan te maken. Wanneer deze nog niet bestaat, dan kan dit met een RVS-analyse en eventueel een aanvullend individueel EVS (*extended visual screening*) onderzoek worden uitgebreid.

De vrijstaande woningen hebben over het algemeen niet meer dan twee volle etages en hebben de ramen en deuren verspreid in de vier gevels van het gebouw. Binnen het gebouw bevinden zich meestal dragende muren in twee richtingen, waardoor ze redelijk bestand zijn tegen aardbevingen. Soms zijn deze binnenmuren slechts halfsteens, waardoor ze zonder versterking niet meetellen als seismische *shearwalls*. Binnen deze categorie zijn echter grote verschillen aanwezig, gerelateerd aan hun ouderdom en muurdikte.



Figuren 2-54. Verschillende soorten lage woningen.

Links. Oude woningen van vóór 1920 hebben meestal steens buitenmuren. Woningen van ná 1930 hebben spouwmuren.

Rechtsboven. Sommige oude woningen hebben veel aanbouwen naar achteren en vallen in de categorie onregelmatige gebouwen.

Rechts. Op basis van de noemer 'vrijstaand' kan niet onmiddellijk het risiconiveau van een woning worden bepaald. Dit wordt beter bepaald door de verhoudingen tussen de openingen en de gesloten gevels.



De twee-onder-een-kap woningen zijn als categorie apart vermeld omdat deze twee woningen tezamen moeten worden aangepakt, vooral als er een geïsoleerde buitenschil op moet. De woningen zijn altijd symmetrisch gebouwd en hebben daarom gespiegelde oplossingen. In veel gevallen zijn veel van dezelfde 2-onder-1-kap in dezelfde straat gebouwd en/of zijn ze verhuurd als eigendom van woningcorporaties (25%). Deze woningen zijn meestal van ná 1960, maar velen hebben een verhoogd risiconiveau omdat ze grote ramen in de voor- en achtergevel hebben.



*Figuren 2-55. Twee-onder-een-kap-woningen.
Verschillende modellen uit verschillende periodes met weinig of helemaal geen penanten of dwarsmuren*

De rijtjes- en doorzonwoningen vormen vaak een groter huizenblok van vier tot zeven wooneenheden. Deze moeten constructief en economisch ook als één gebouw tegelijkertijd worden aangepakt. De meest efficiënte manier van werken is wanneer de bewoners tijdelijk ergens anders worden ondergebracht. Bij een grootschalige aanpak moet er dan een groot aantal wisselwoningen zijn.

Deze woningen zijn gelijksoortig, en hebben weinig dwarsmuren/penanten in de gevel, waardoor de stabiliteit in de lengterichting van het gehele gebouw is erg beperkt is, en ze daardoor een hoger schaderisico hebben. Omdat ze vaak in stapelbouw gerealiseerd zijn, liggen de muren los op de muren waardoor de muur-vloer verbindingen niet momentvast zijn.



*Figuren 2-56. Rijtjeswoningen in verschillende soorten.
Vanaf de buitenkant kan slechts een schatting gemaakt worden van de afmetingen van de dragende penanten, terwijl sommige gebouwen herkenbaar zijn als stapelbouw (rechtsboven). Plattegronden helpen bij het bepalen van de aanwezige dwarsmuren. Als er intern open keukens zijn gemaakt, verhoogt dit de problematiek.
Woningcorporaties hebben meestal de bouwtekeningen.*



Appartementen en flatgebouwen zijn vaak één enkel gebouw in stapelbouw, dat in haar geheel moet worden behandeld wanneer er seismische versterking of verduurzaming nodig zou zijn. Voor enkele flatgebouwen in Delfzijl werd uitgerekend dat ze flinke aardschokken konden doorstaan vanwege de flexibiliteit in de verbindingen tussen de stijve elementen, maar er werd toch besloten om tot sloop over te gaan, omdat het renoveren én verduurzamen geen economische aangelegenheid zou zijn.

*Figuren 2-57. Flatgebouwen en portiekwoningen.
De flatgebouwen behoren vanwege de Nederlandse stapelbouw methode tot de constructies die het meest kwetsbaar zijn tijdens aardbevingen.*



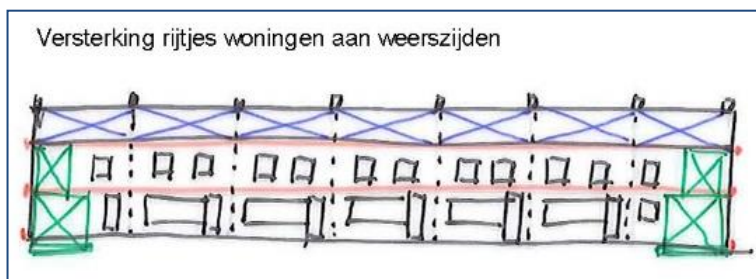
In de tabel is een onderscheid gemaakt tussen particulier (75%) en woningcorporatie (25%) bezit. Bij een woningcorporatie kan per huizenblok of zelfs per straat gewerkt worden. Bij woningen die aan de binnenzijde geïsoleerd en eventueel versterkt gaan worden zal ruimteverlies optreden voor deze aanpassingen, die vooral ter plaatse van keukens en badkamers grote interieurconsequenties zullen hebben¹⁹.

Van veel rijtjes- en doorzonwoningen zal bij het aanbrengen van 15 cm dikke versterking en thermische isolatie aan de binnenzijde bij kleine slaapkamers een te korte ruimte overblijven om een 200 cm lang bed te plaatsen. Trappenhuizen en toiletten die tegen de buitenmuur aanzitten kunnen niet smaller gemaakt worden, tenzij de hele woningindeling wordt veranderd (heel kostbaar).

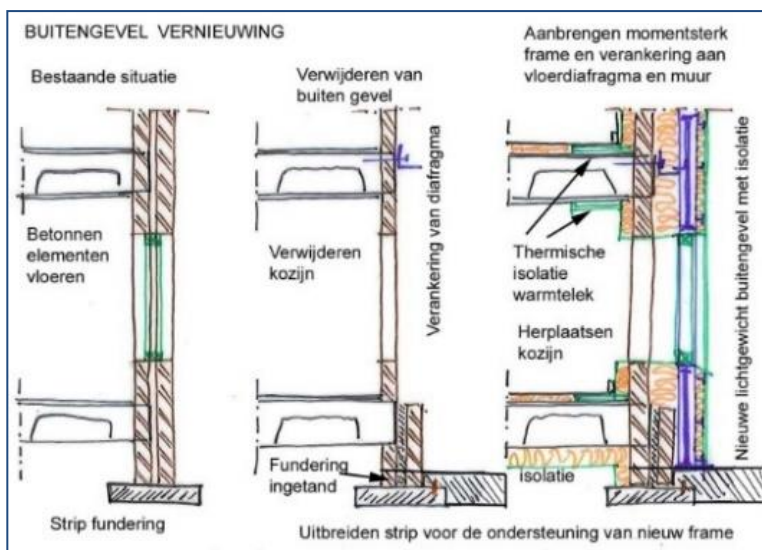
Dit zijn naast technische en kostenargumenten de redenen waarom het buitenzijdig versterken en isoleren bijna altijd de voorkeur heeft boven binnenzijdig, speciaal voor seriebouw en rijtjeswoningen. De bewoners kunnen in het gebouw blijven wonen wanneer het buitenspouwblad wordt verwijderd en er een sterke, lichtgewicht en geïsoleerde buitenkant wordt teruggeplaatst.

Figuur 2-58. Buitenzijdig versterken bij rijtjeswoningen.

Dit kan gebeuren door aan weerszijden van het bouwblok een woning extra versterkt wordt en de etage vloeren als doorgaand diafragma kunnen worden versterkt. De buitenste woningen kunnen een raam in de kopgevel krijgen.



Figuur 2-59. Schets voor het verwijderen van de oude gevel. Na het verwijderen van het buitenspouwblad kan een nieuwe en sterkere gevel geplaatst, inclusief geïsoleerde kozijnen of puien met triple glas¹³. Hierdoor blijft de massa van de constructie gelijk en hoeft er minder aan de fundering veranderd te worden.



Voor cultureel erfgoed gebouwen of monumenten waar niets aan de buitenkant gewijzigd mag worden is binnenzijdig isoleren en versterken vaak de enige oplossing. Dunne isolatieopties met hoogwaardig isolatiemateriaal zijn wel mogelijk, maar kosten meestal meer dan de dikkere en goedkopere of bio-based isolatiematerialen²⁰.

Wanneer binnenzijdig versterken of isoleren ook niet kan/mag, blijft nog de oplossing van *Base-isolation* over, waarbij het hele gebouw opgetild moet worden om er een dubbele fundering onder aan te brengen. Dit is meestal een erg dure operatie in vergelijking tot de waarde van het gebouw.

¹⁹ Meer informatie over de verschillen tussen binnenzijdig en buitenzijdig isoleren zie www.nienhuys.info

²⁰ Meer informatie over triple glas en DUNNE binnenzijdige isolatie zie 1^{ste} pag. website www.nienhuys.info

Figuren 2-60. Historische boerderij op Base-isolation. Hier werd het kop-huis en het achterliggende woonhuis losgekoppeld van de achterliggende grote schuur. Het voorgedeelte werd toen opgetild en in 2021 op Base-isolation gezet.



Figuur 2-61. Foto tussen de twee funderingen. Het kan goedkoper geweest zijn wanneer alleen het kop-huis op Base-isolation gezet werd. In dat geval zou er een dilatatie langs het kop-huis gemaakt moeten worden. Een probleem daarbij kan zijn dat er dan een hoogteverschil ontstaat tussen het kop-huis en de rest van het woongedeelte. De dubbele fundering onder het hele gebouw maakt het een hele dure operatie.



Het aanbrengen van de dilatatie tussen het monumentale kopgebouw en de rest kan op twee manieren (aangegeven in rood en groen). De besluitvorming over de plaats en de omvang van de Base-isolation hangt af van de complexiteit om de dilatatie te maken, een onderliggende kelder, de totale kosten en de financieringsbron van deze zeer uitgebreide operatie.

2.16. Kleine onregelmatige woning

Wanneer een woning meerdere seismische onregelmatigheden heeft zullen de kosten van het aanpassen oplopen. Dat zijn vaak originele ontwerpen en kunnen niet als 'eigen gebrek' worden aangemerkt. Voorbeelden zijn:

- Een niet recht doorlopende gevel met inhammen zoals portieken.
- Een niet recht doorlopende gevel waarbij een gedeelte is teruggezet of smaller is. Hierdoor vormt de fundering of het etagevloer diafragma geen recht doorlopende continuïteit.
- Een niet naar alle buitenmuren doorlopende vloerconstructie om een diafragma te vormen.
- Extra aanbouwen waarbij geen dilataties zijn gemaakt in de fundering of in de opbouw.
- Een gedeelte van de woning dat een ander aantal etages heeft.
- Een gedeelte van de woning dat onder-keldert is en de rest van de woning niet. Hierdoor is de draagkracht van de fundering vaak verschillend en zal het gedeelte naast de kelder makkelijker verzakken dan het onder-kelderde gedeelte.

Het maken van bouwkundige aanpassingen zal in deze situaties relatief veel kosten in verhouding met de waarde van het gebouw. Bij een RVS of EVS moeten deze aspecten worden meegenomen. Het bestuderen van de bouw-/verbouw-tekeningen, of een putje graven naast de fundering zijn dan opties.



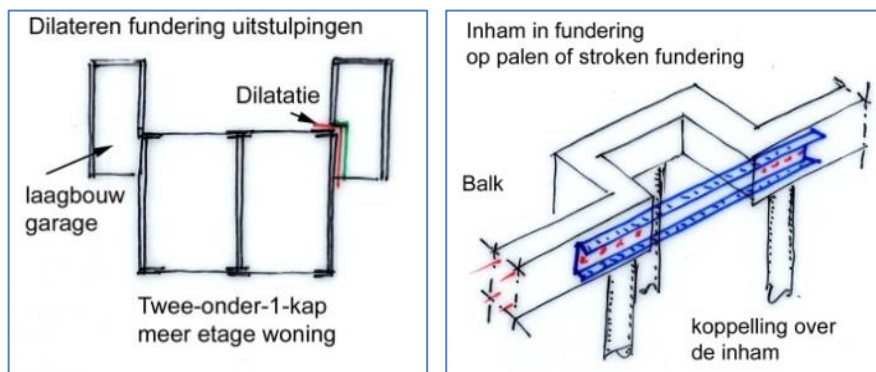
Figuren 2-62. Uitbouwen betekenen sprongen in de fundering. Links. Verschillende uitbouwen en aanbouwen veroorzaken sprongen in de fundering en extra scheuren. Midden en rechts. De zoldervloer loopt niet door tot aan de buitenmuren, waardoor er geen sterke verbinding is.

Bij kleine gebouwen die onregelmatigheden in de fundering hebben in de vorm van inhammen of uitbouwen, kunnen deze uitbouwen van het hoofdgebouw gedilateerd worden en de inhammen doorgetrokken of funderingsbalken doorverbonden.

Figuren 2-62. Dilateren of doorverbinden.

Links: Bij lage aanbouwen aan een hoger gebouwblok moet de dilatatie doorlopen tot in de fundering.

Rechts: Kleine inhammen moeten bij voorkeur overbrugd worden tot een geheel.



Om een kelder onder een woning onder het hele gebouw door te trekken levert meer ruimte op, maar zit niet in de begroting van seismisch versterken. Bovendien zal het waterdicht maken van een kelder problematisch zijn met een hoge grondwaterstand.

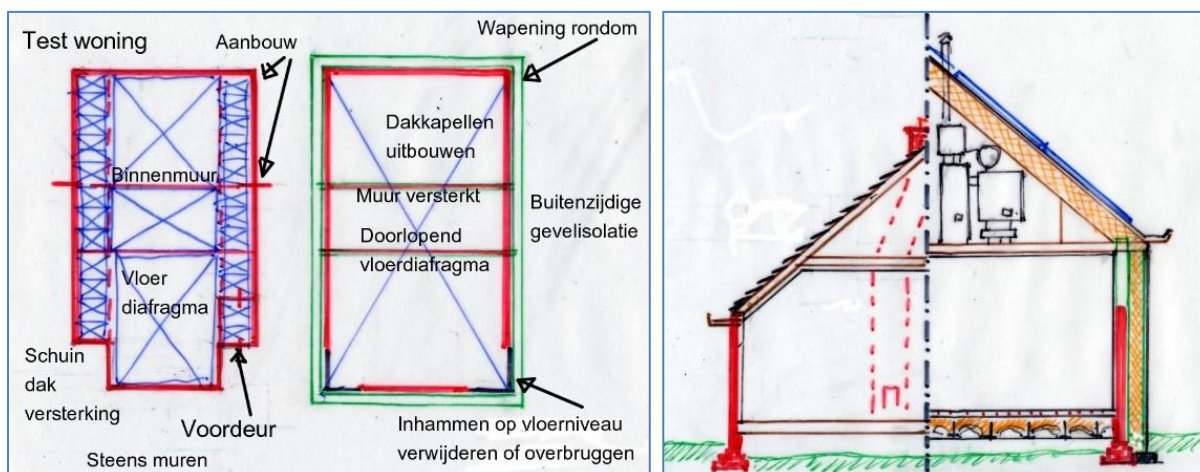
Bij de middelste woning van *Figuren 2-62*, zal het doortrekken van de etagevloer een stukje plat dak opleveren. Als alternatief kan de hele kapconstructie opgetild worden waardoor er meer ruimte op zolder ontstaat. Dit creëert meerwaarde van de woning. Zonder een optilmaatregel van het dak is het seismisch versterken van deze kleine woningen nauwelijks rendabel.

Figuren 2-63. De lage zolder van de woning geeft weinig woonruimte.

Links. De etagevloer kan wel verstijfd worden, maar de verbinding van het diafragma aan de buitenmuren is vaak een complexe constructie.

Rechts.





Figuren 2-64. Opties voor het seismisch versterken bij laag dak.

Links. Naast het vloer diafragma moet er een verbinding gemaakt worden tussen het diafragma en de muren.
Rechts. Door het dak op te tillen en de hoek erbij te trekken, wordt het vloerdiafragma direct met de (versterkte opbouw) buitenmuren verbonden. De extra ruimte is een compensatie voor de binnenzijdige muurisolatie en creëert ruimte voor technische installaties zoals een warmtepomp.

Door meer ruimte op de begane grond te maken (en de hoek erbij te trekken) en een goed bruikbare eerste etage te creëren kan het hele gebouw seismisch versterkt worden. Een lichte constructie methode zoals HSB (HoutSkelet Bouw) voorkomt dat de fundering verbreedt moet worden. Duurzame gebouwen hebben vaak ook nieuwe technische installaties nodig voor de energievoorziening, waarvoor in een kleine woning vaak onvoldoende plaats is.

Voor de bovengenoemde maatregelen inclusief het technisch en energiematig verduurzamen moeten voor de woningeigenaar toegankelijke financieringsmethoden beschikbaar zijn.

2.17. Gebouwinspectie met snel onderzoek risicovolle gebouwen, RVS

Na de registratie van het gebouw met locatie en oriëntatie kunnen de relevante opties op een standaardformulier worden omcirkeld. In de onderstaande lijst zijn de eerste criteria het belangrijkste, vooral de nummers 4, 5 en 6. Wanneer er één of meerdere observaties “Hoog risico” of “Erg hoog risico” hebben zal snel een aanvullend onderzoek gedaan moeten worden UVS, en eventueel de situatie rondom het gebouw veiliggesteld²¹.

Figuur 2-65. Bungalow in de steigers na een RVS.

Deze woning/bungalow werd eerst van binnen en van buiten gestut en met een hekwerk afgeschermd en later alsnog gesloopt. Bij verdere analyse bleken er namelijk aanzienlijke bouwfouten te zijn gemaakt die met de aardbeving aan het licht kwamen. Zie Hoofdstuk 11.



²¹ In principe is dit al gedurende 2013 - 2015 bij de meeste gebouwen in de provincie Groningen gebeurt (15.000), echter bij de eerste analyses werd onvoldoende de criteria 4, 5 en 6 beoordeeld.

Risiconiveau voor een maximale aardbeving PGAg ≈ 0,1.

#	Omschrijving	Erg hoog risico	Hoog risico	Middel risico	Matig risico	Weinig risico
1	Bouwjaar	Vóór 1850	1850-1920	1920-1940	1945-1970	Na 1980
2	Metselwerk	Leem stenen	Kalk voegen		spouwmuur	spouwmuur
3	Kwaliteit voegwerk		Grote scheuren	Kleine scheuren	Verweerd	
4	Raampenanten b/h Zwakste gevel(s)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
5	Andere gevel	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
6	Muurdoorsnede T/b Zwakste gevel(s)	0,5	1,0	2,0	2,5	3
7	Andere gevel	0,5	1,0	2,0	2,5	3
8	Ongewapende gemetselde baksteen schoorstenen	Fabriek schoorsteen > 10 m hoog	Jaren-30 woning > 3 m vrije lengte	Op houten kap met buiten spouwmuur	> een meter hoog op stoel en houten kap	< een meter op houten kap.
9	Ongewapende kuif of gemetselde topgevel, ornamenten, borstwering	Steens > een meter boven de basis	Steens < een m boven basis	Zonder verankering aan de kap	Met verankering aan de kap	Kleine schoorsteen, lage massa
10	Gemetselde dak uitbouw op houten dakconstructie			In houten kap zonder ondermuren	In houten kap met ondermuren	Stijve-sterke kapconstructie
11	Gebouw overhang of uitbouw aan gevel	Slechte draagconstructie	< 120 > 90 cm uitbouw	< 90 > 60 cm uitbouw	< 60 > 30 cm uitbouw	< 30 cm uitbouw
12	Fundering	Op staal met gedeeltelijk kelder	Op staal	Doorgaande plaat	Doorgaande balk	Doorgaande balk en plaatfundering
13	Verzakkingen	> 10 cm	< 10 cm	5 cm	3 cm	1 cm
14	Betonnen balkon	Betonrot	Dik > 100 cm	Dik 90 cm	Dun < 90 cm	Dun < 60 cm
15	Gebouw onregelmatig Lengte/breedte	< 6	6	5	4	3
16	Anders, op basis van observatie gebouw					

De vraag rijst wat je moet doen bij 100.000 of 50.000 woningen die respectievelijk lichte of zwaardere schade hebben. Bij een verhoogd risico op aardbevingschade zijn de opties:

- Alleen de muren herstellen of scheuren gaat wegwerken²².
- Matig versterken zodat er niet direct geen nieuwe scheuren komen, of in ieder geval geen grotere scheuren, d.w.z. licht versterken.²³
- In beide voorgaande situaties al-dan-niet klimatologisch verduurzamen, inclusief goede thermische isolatie. Het betreft hier woningen die een erg klein risico op nieuwe scheuren hebben of verergering van scheuren²⁴.
- Levensloopbestendig maken met aanpassing van de trappen, het sanitair een eventueel een aanbouw voor een gelijkvloerse slaapkamer.²⁵

²² Scheuren wegwerken is alleen cosmetisch herstel, waar bij de volgende beving opnieuw een scheur zichtbaar wordt. Het is verstandiger om meteen enige versterking aan te brengen omdat dit dan minder kost dan bij een volgende aardbeving terugkomen en opnieuw de scheuren dicht te smeren.

²³ In veel gevallen zullen de eerste scheuren ontstaan omdat er al spanningen in het metselwerk zaten. Met de scheurvorming zijn die spanningen weg en is de kans dat de scheuren groter worden gering.

²⁴ De thermische isolatie en de afwerking daarvan moet zo worden aangebracht dat er enige flexibiliteit in zit zodat bij kleine bewegingen en niet opnieuw scheuren ontstaan.

²⁵ Trappenhuizen zijn vaak erg smal met korte kwarren en lage doorgangen. 50% van de ongevallen in de woning gebeuren vanwege slechte trappenhuizen. Om woningen voor senioren beter levensloopbestendig te maken zal vaak een slaapkamer op de begane grond nodig zijn. Alles zonder drempels.

De woningbouw in de provincie is voor het overgrote gedeelte wel opgewassen tegen bevingen van omstreeks PGAg 0,05 maar het bakstenen metselwerk is ook bros. Dat laatste betekent dat het wel makkelijk kan scheuren. Bestaande scheuren kunnen worden groter. Bovendien kunnen veelvuldige P-golven ook nog steeds verdere verzakkingen veroorzaken bij zwakke funderingen. Een partiële verzakking van 2 mm geeft een scheur van 2 mm.

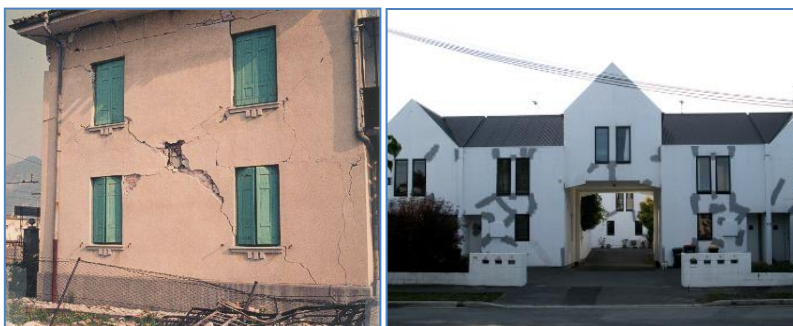
Figuur 2-66. Oude landbouwschuren met zijmuren zonder goede funderingen. Oude landbouw- en veeteeltschuren hebben veel verzakkingen vanwege erg smalle funderingen en gebrek aan onderhoud. Normaliter moeten die muren elke 50 jaar of elke generatie flink onderhouden worden, maar vanwege de veranderde landbouw en veeteelt en de krimpregio, gebeurde dat niet meer in de provincie Groningen. Het resultaat is zwakke muren die een extra belasting van lichte aardbevingen niet kunnen doorstaan.



Een beetje versterken kost ongeveer hetzelfde als een beetje méér versterken. Berekeningen hebben aangetoond dat voor de nieuwbouw het kostenverschil < 5% bedraagt. In beide gevallen moet de aannemer zich mobiliseren, materialen en personeel inzetten, slopen en versterkingen aanbrengen en afwerken, decoreren en opleveren. Of een wapeningsstaafje \varnothing 8mm of \varnothing 10mm is, of dat het 2 m of 3 m lang is, heeft heel weinig invloed op de totaalkosten van een verbouwactiviteit, of het nu gaat over versterken of verduurzamen.

Figuren 2-67. Aardbevingschade Italië en Nieuw-Zeeland.

*Deze gebouwen zijn net niet ingestort. Als de aardbeving de maximum PGA had, dan waren ze volgens de geldende code **aardbevingsbestendig**. Seismisch versterkte woningen zouden met de maximale PGA van de NPR dus wel flink scheuren.*



De bouwverordening stelt dat als er aanpassingen aan de draagstructuur van het gebouw worden gedaan (i.v.m. versterken) dan is er vaak een bouwvergunning nodig. Dat heeft de consequentie dat het gerepareerde gebouw soms ook aan de laatste bouwverordening moet voldoen wat betreft thermische isolatie (soms afhankelijk van de betreffende BoWoT0 ambtenaar). Bij een ingrijpende verbouwing moet sinds 2021 de duurzaamheid van het gebouw meegenomen worden. Dat houdt de gewenste thermische isolatie in en opwekking energie met b.v. PV-panelen of warmtepomp.

Als je gaat versterken en daarmee technisch-constructief verduurzamen, neem dan ook het thermisch isoleren mee, of, als je gaat isoleren als verduurzaming, neem dan ook het voorkomen van scheuren en licht versterken mee.



Figuren 2-68. Gemetselde funderingen 'op staal'.

Deze funderingen kunnen makkelijk scheuren met extra trillingen (verkeer, aardbeving). Over het algemeen hebben bijna alle in baksteen gebouwde oudere woningen zettingsscheuren.

Het is van de NPR niet erg duidelijk welke rekenmethoden je moet versterken en helemaal niet aangegeven tot welk niveau je moet versterken wanneer je geen scheuren wilt. Wanneer je het gebouw volgens een van de vier methoden van de NPR²⁶ wilt uitrekenen van eenvoudig (statisch) tot heel duur (NLTHA, complex) komen alle berekeningen bij laagbouw op bijna dezelfde waarden uit. Door één woning van bepaald woningtype door te rekenen kan worden aangenomen dat voor alle woningen van datzelfde type ook ongeveer dezelfde versterkingen nodig zijn.

Figuur 2-69. Plaatselijk wegwerken van scheuren in een gevel.

In de beginfase (2013-2014) van het aardbevingschade herstelprogramma werden er veel woningen "gerepareerd" door de scheuren weg te werken, echter met geen enkele relevantie tot de geprojecteerde Mmax.

In deze woning werd dwars over de bestaande scheuren een korte wapeningsstaaf ingebracht, maar bij eenzelfde beving zal de muur tussen die versterkingen opnieuw gaan scheuren.



Scheuren wegwerken zonder constructief te verduurzamen is half werk voor $\frac{3}{4}$ van de kosten. Scheuren alleen dichtsmen heeft geleid tot het herhaaldelijk terugkomen van de aannemers om eenzelfde scheur opnieuw te behandelen en de decoratie te herstellen (80.000 keer tot 2021). Wanneer er geen seismisch versterken meer nodig is, dan blijft alleen klimatologisch verduurzamen over om gedurende de volgende 10 jaar te realiseren. De hoofddragconstructie van het gebouw moet na versterking nog tenminste 100-200 jaar mee kunnen gaan. Nederland kent veel goede woningen uit 1800 die steeds opnieuw kunnen ingericht.

²⁶ Er zijn in hoofdzaak drie methoden: 1. *Lateral force method of analysis* (§ 4.3.3.2), oftewel de Push-over analyse. 2. *Modal response spectrum analysis* (§ 4.3.3.3), en 3. *Non-linear methods* (§ 4.3.3.4). De *Lateral force method of analysis* (LFM) de meest eenvoudige methode. De methode 3 is weliswaar de meest gedetailleerde maar voor een klein gebouwtje kan dat al Euro 10.000 aan berekeningskosten opleveren. Bij een globale berekening volgens elke typologie is maar een berekening nodig voor al diezelfde gebouwen. Dat kan echter niet in het commerciële belang zijn van de ingenieursbureaus die graag rekenen.

De opties en resultaten worden in het volgende schema weergegeven.

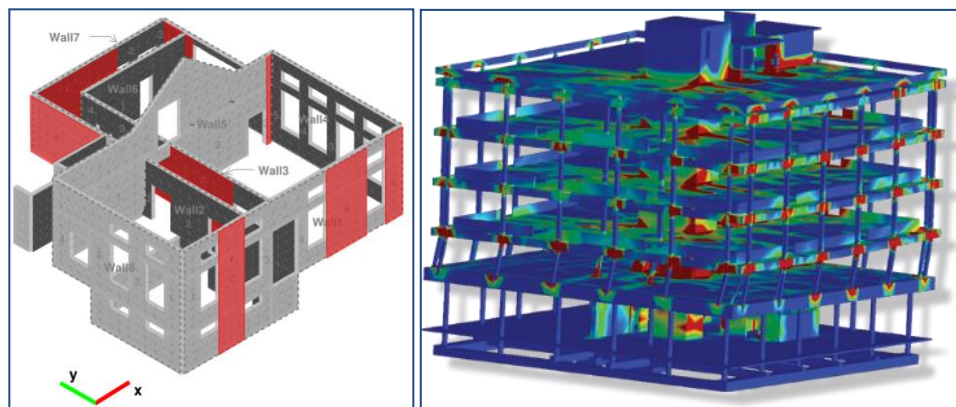
#	Scheuren	Aktie	Resultaten muurherstel	Versterking diafragma of fundering	Isoleren gebouw
A	Erkende aardbevingsschade type A en B	Vergoeding van de kosten door NAM, CVW, NCG of Overheid	1. Schade cosmetisch weggewerkt en komt vaak terug bij soortgelijke bevingen.	Niet	Niet
			2. Muur plaatselijk "versterkt" en decoratie hersteld, maar nieuwe scheur komt soms op een andere plaats terug.	Niet	Niet, maar kon wel makkelijk voor de betreffende muren.
			3. Seismisch versterkt. Tot aan 2020 overmatig zwaar versterkt, daarom geen nieuwe schade.	Wel. Kostbaar en bij demonstratie woningen.	Wel, vooral bij de test of demonstratie woningen.
			4. Seismisch versterkt door het hele gebouw op <i>Base-isolation</i> te plaatsen. Hoofdzakelijk monumenten. Geen nieuwe schade.	Wel. Bij monumenten en erg kostbaar.	Niet.
B	Twijfelgevallen, voorkeur van de twijfel prevaleert				
C	Niet erkende aardbevingsschade	Arbitrage?	Al dan niet stutten. Geen herstel, wel veel arbitrage kosten voor de NAM.	Niet	Niet
D	Na arbitrage erkende schade	Kosten NAM	Seismisch versterkt volgens de geldende NPR. Na 2020 uitgerekend is licht werk	Mogelijk niet	Alleen muren
E	Geen aardbevingsschade		Tegemoetkoming Euro 4.000 voor PV-panelen en tegemoetkoming waardedaling.	Niet	Eigen initiatief
F	Nieuwbouw Ook na slopen.		Geen aardbevingsschade, goed geïsoleerd In 2021 volgens de BENG normgeving. Eigen energieopwekking .indien mogelijk.	Wordt volgens NPR goed uitgevoerd	Volgens bouwnorm

Het komt erop neer dat alleen bij de hele dure seismische versterkingen ook thermische isolatie van de buitenschil meegenomen moet worden. Als dat niet gebeurt moet voor milieu-verduurzamen de aannemer opnieuw het gebouw in om te isoleren en eventueel andere maatregelen te nemen.

2.18. Voorbeeldwoningen per typologie

Voor het gedetailleerd doorrekenen van een individuele woning worden alle constructieve componenten op de verschillende belastingen geanalyseerd, almede de verbindingen met de aansluitende componenten. Dit kan op verschillende manieren gebeuren van een eenvoudige laterale druk methode (*push-over*), tot een methode waarbij het hele gebouw met een laser digitaal wordt gescand en in kleine elementen wordt opgedeeld (NLTHA). Elke verbinding tussen al die duizenden elementen wordt ingevoerd, waarna de berekeningen kunnen worden uitgevoerd. De tweede methode kost weken de tijd en daardoor veel geld.

Figuren 2-70. Verschillende rekenmethoden. Links. Statische methode. De muren worden berekend. Rechts de NLTHA-methode laat zien waar de grootste krachten gaan optreden en de constructie bezwijkt. Bron: Arup.



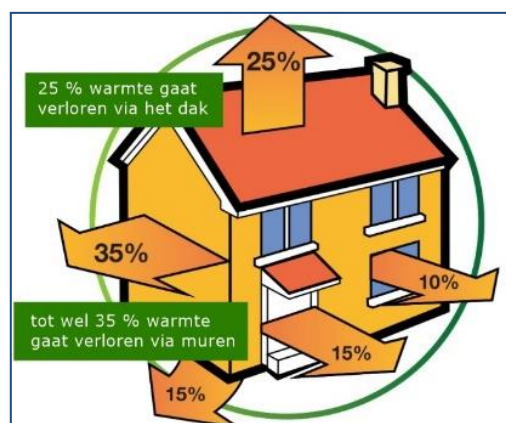
Wanneer per bouwtypologie de meest effectieve bouwkundige maatregelen worden aangegeven, dan kunnen alle gebouwen van datzelfde woningtype ongeveer op dezelfde manier worden versterkt. Per woningtype kan een serie tekeningen en begrotingen worden gemaakt en beschikbaar gesteld, per woning de meest effectieve maatregelen genomen kunnen worden.

Deze details moeten geïntegreerd zijn met de noodzakelijke thermische maatregelen om aan de BENG milieueisen te voldoen.²⁷

De bestaande analyse van de woningbouw in Nederland geeft aan dat voor oudere en niet geïsoleerde woningen er behoorlijke warmteverliezen bestaan via de muren (35%). Het zijn ook de muren in de buitenschil die versterking behoeven om schaderisico te verminderen.

Figuur 2-71. Warmteverliezen bij een niet goed geïsoleerde woning.²⁸

Bij 2-onder-1-kap woningen zal het % warmteverlies door de ramen groter zijn en bij rijtjeswoningen nog groter. Met het thermisch isoleren van het dak door stijve sandwichpanelen en in combinatie met multiplex platen worden er twee belangrijke verduurzamingsmaatregelen tegelijkertijd genomen.



2.19. Lange termijnplanning

Bij het maken van een planning voor de realisatie van een gebouw verduurzaming komen de volgende punten naar voren:

- Heeft het gebouw **aardbevingschade**; is daar een rapport van gemaakt en is er een schadevergoeding voor gegeven of toegezegd?
- Is de gebouwschade mede de oorzaak van een gedeeltelijk verzakkende of een ongelijke **fundering**? Zie hoofdstuk 4 voor oorzaken en opties voor herstel.
- Zijn de funderingsproblemen op te heffen tegen beperkte kosten? Als dat zo is, neemt dan de **constructieve duurzaamheid** van het gebouw en de gebouwwaarde overeenkomstig toe? Als dat niet zo is, dan is het beter isoleren voor de tijd dat het gebouw nog behouden blijft waarschijnlijk de beste optie, waarna vervanging door nieuwbouw.²⁹

²⁷ Eind 2020 blijkt dat TNO doende is om per typologie (60) versterkingsadviezen te maken.

²⁸ Bron: <https://pico.geodan.nl/pico/data/isolatie.html> Percentages zijn gemiddelden.

²⁹ Bij een sterke verhoging van de energiekosten zijn bij een slecht geïsoleerde woning isolatiemaatregelen binnen een periode van 10 tot 15 jaar meestal terugverdiend.

- D. Is de gebouwschade te wijten aan een **gebouwonregelmatigheid** zoals kleine en grote gebouwdelen, inspringende delen, uitstekende delen of aanbouwen. Als dat zo is dan zullen er in eerste instantie één of meer dilataties gemaakt moeten worden, vervolgens kan elk gebouwdeel apart bekeken worden voor welke schade of herstelmogelijkheden er zijn.
- E. Wat voor **energie-label** heeft het gebouw (bij benadering) en wat zijn ongeveer de investeringen die nodig zijn om het gebouw **goed te isoleren en energiezuiniger** te maken en zelf duurzame energie op te wekken. Hoeveel subsidie kan daarvoor gekregen worden?
- F. Hoelang wil men nog in de woning **blijven wonen**? Kan het levensloopbestendig gemaakt?
- G. Heeft u, voordat u gaat verbouwen, wel een vrijblijvend **energie-advies** aangevraagd om de mening van andere deskundigen op dat terrein te horen?³⁰
- H. Met de verminderde aardbevingssterkte en risico, ligt het in de verwachting dat de scheuren erger worden of dat alleen muurherstel zonder versterking mogelijk zal zijn?³¹
- I. Zijn er plannen om het gebouw meer **levensloopbestendig** te maken. Dat wil zeggen aanpassing van smalle trappen, keuken of sanitair, of gelijkvloers maken met een slaapkamer en badkamer, zodat de woning ook voor oudere senioren bewoond kan blijven. Budget?
- J. Wanneer de fundering niet aangepast hoeft te worden, moeten dan de **buitenmuren hersteld** worden, vooral de lateien boven de ramen? Zie hoofdstukken 6 en 7 voor de details.
- K. Wanneer de buitenmuren niet goed versterkt kunnen worden, in hoeverre kunnen dan de **binnenmuren versterkt** worden, en hebben die dan fundering verbreding nodig wanneer er een **sterk-stijf diafragma** wordt aangelegd op de etage? Zie hoofdstuk 8 voor details.
- L. Als de buitenmuren met de grote ramen niet goed versterkt kunnen worden bestaat er dan de optie om sterke kozijnen met **'sterke glaspanelen'** toe te passen?
- M. Is het gebouw een **monument of beschermd dorpsgezicht** en is er subsidie voor aanpassing?
- N. Als de binnenmuren en diens funderingen versterkt moeten worden, is het dan praktisch om gelijk de hele **begane grondvloer te vervangen** voor een goed geïsoleerde vloer met LTV?³²
- O. Is er **ruimte binnen** in de woning om 15 cm isolatie (en constructies) aan de binnenzijde van de buitenmuren toe te passen, of is alleen dunne isolatie mogelijk?
- P. In hoeverre kunnen verschillende zaken over een **langere termijn uitgevoerd**, en in hoeverre kunnen (of moeten) zaken tegelijkertijd uitgevoerd worden.
- Q. Kunnen bepaalde dingen **zelf** worden uitgevoerd of in samenwerking **met de burens** (bij geschakelde woningen) om de kosten te drukken.³³
- R. Welke **financieringsopties** zijn er beschikbaar, of kan de financiering in aparte fasen worden opgedeeld?
- S. Kan er wel een aannemer gevonden worden die de maatregelen uitvoert. Bij grotere projecten zoals gezamenlijk maatregelen treffen zijn de aannemers meer geïnteresseerd dan bij kleine opdrachten, bovendien zijn dan de kosten meestal lager.

2.20. Beheer en uitvoeringsstructuur

Uiteraard zal direct de vraag gesteld worden of de bewoner wel de extra kosten van het thermisch verduurzamen kan financieren, ook al is er wat subsidie. Verschillende modellen denkbaar.

³⁰ Uit de praktijk blijkt dat veel woningeigenaren eerst gaan isoleren of andere maatregelen nemen en dan pas advies gaan aanvragen. Daar blijkt soms uit dat het niet de meest nuttige maatregelen waren.

³¹ Misschien gaat een ander kabinet toch besluiten om langzaam de rest van het gas toch te gebruiken, waardoor er over een lange periode zich steeds kleine bevinkjes kunnen voordoen?

³² LTV is Lage Temperatuur Verwarming. Vaak relevant bij een warmtepomp. Verschillende opties voor vloeren vervangen zijn aangegeven in het document vloerisolatie op www.nienhuys.info

³³ Bij verschillende gemeentes zijn hogere subsidiemogelijkheden beschikbaar bij groepsaanpak.

Figuur 2-72. Toekomstige verplichting tot het beter isoleren. In Nederland gaat > 30% van de woonenergie naar ruimteverwarming. Om de CO₂-uitstoot te verminderen moeten alle slecht geïsoleerde woningen goed geïsoleerd worden. Niet alleen op basis van een korte terugverdientijd, maar op basis van de BENG norm en bovendien hernieuwbare energie gebruiken.³⁴



In de provincie Groningen of regio zouden meerdere 'Bouw en Beheer Woningcorporatie' (BBW's) kunnen bestaan en/of de huidige functie van woningcorporaties uitgebreid. Deze BBW's kunnen lange termijn geld lenen van een bouwfonds dat een lage rente of renteloze lening/financiering van pensioenfondsen of de overheid ontvangen.³⁵

De volgende structuur is denkbaar.

- A. De waarde van de woning wordt bepaald, die deze zou hebben nadat de constructieve verduurzaming of seismische versterking zou hebben plaatsgevonden.
- B. Er wordt bekeken of het mogelijk is om meerdere woningen tegelijkertijd aan te pakken om de kosten te drukken. Het vormen van een soort VVE's is een optie.³⁶
- C. De kosten voor de constructieve verduurzaming worden opgedeeld in funderingskosten en andere kosten. Wanneer funderingen zwak zijn is het belangrijk om deze eerst te verbeteren, voordat andere verduurzamingen worden gerealiseerd.
- D. De niet-gesubsidieerde meerkosten voor de milieuverduurzaming (isolatie, warmtepomp³⁷, balansventilatie, etc.) worden door de BBW gedragen voor zover de gebouweigenaar dit niet kan opbrengen en er geen hypotheek genomen kan worden.
- E. Hetzelfde geldt voor de meerkosten van het levensloopbestendig maken.
- F. De via de BBW gefinancierde verduurzaming bedraagt een percentage van A.
- G. De woningeigenaar moet periodiek ten minste 50% van het verschil tussen de vroegere energiekosten en de nieuwe (lagere) energiekosten in het fonds van de BBW storten om het lening bedrag te verminderen.
- H. De BBW beheert de woning zoals een woningcorporatie (alleen onderhoud buitenzijde) en blijft eigenaar van het percentuele aandeel van de extra verduurzamingskosten, die niet via de BBW of de woningeigenaar werden betaald.
- I. De woning mag voor de eigenaar niet overdraagbaar zijn, anders dan aan de BBW.
- J. Bij verhuizing of overlijden van de woningeigenaar vervalt de woning aan de BBW en wordt verkocht. Daarbij wordt het percentage van wat de woning waard was vóór de verbouwing aan de erven van de woningeigenaar overgemaakt of aan de hypotheekbank.
- K. De BBW kan natuurlijk ook de woning zelf kopen en daarna exploiteren als huurwoning, woningwetwoning of op de vrije markt verkopen en anders.
- L. De opbrengst voor de BBW wordt teruggestort in het algemene bouwfonds.
- M. In een periode van 50 jaar kan het hele bouwfonds worden opgeheven en daarvoor de lening terugbetaald aan de overheid.

³⁴ Bron: <https://duurzaamheidsvergelijker.nl/duurzaam-wonen/nederland-isolatie-woningen-verplichten>

³⁵ De overheid heeft een paar honderd miljard euro verdiend aan de gasexploitatie en verkoop.

³⁶ Veel van de rijtjeswoningen zijn al van woningcorporaties, die een lange termijnplanning moeten hebben om hun gehele bestand binnen een aantal jaren te verduurzamen.

³⁷ Bij groepen woningen bestaat de mogelijkheid om een gemeenschappelijk warmtenet aan te leggen.

De BBW kan haar kapitaal uit een algemeen bouwfonds halen dat weer gefinancierd wordt door pensioenfondsen voor deze lange termijn investeringen³⁸.

Bij een betere en gezonde decentralisatiepolitiek in Nederland zullen de woningen in de provincie Groningen alleen in waarde toenemen.

³⁸ Het gezamenlijk door Nederlanders belegd kapitaal van de pensioenfondsen is meer dan 1.400 miljard Euro. Daar kan een paar miljard Euro van in de Groningse woningbouw duurzaam worden belegd en tegelijkertijd werkgelegenheid gecreëerd. Dat is dan gelijk het einde van de krimpregio.