

Ir. A.M. de Roo MBA RO
Hoofd Adviesgroep Constructies
ARCADIS Nederland BV

Bouwkundig Versterken van bestaande gebouwen

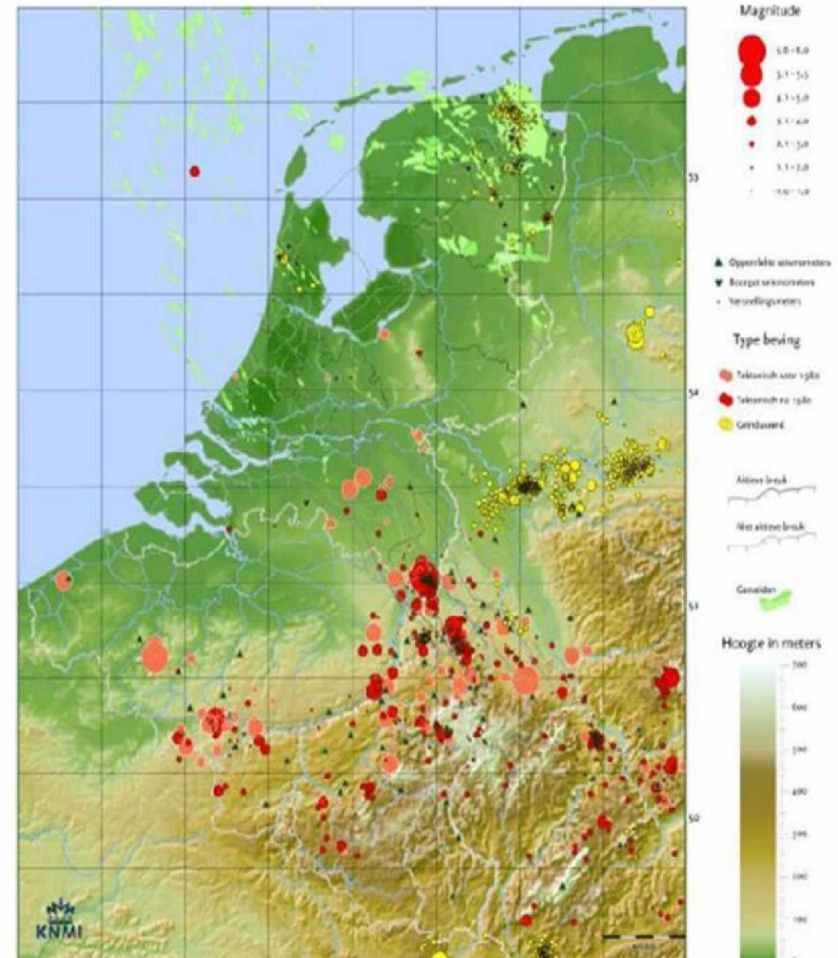
Inhoudsopgave

- 1 Introductie Aardbevingen
- 2 Kaders en normen
- 3 Aanpak Bouwkundig Versterken
- 4 Noodzaak van een efficiënt ontwerp
- 5 Belangrijke ontwerpaspecten
- 6 Praktijkgeval bestaande bouw
- 7 Analyse van bestaande panden
- 8 Conclusie

Introductie Aardbevingen

- Limburg
 - Mijnbouw
 - Roermond 1992
 - M= 5.8

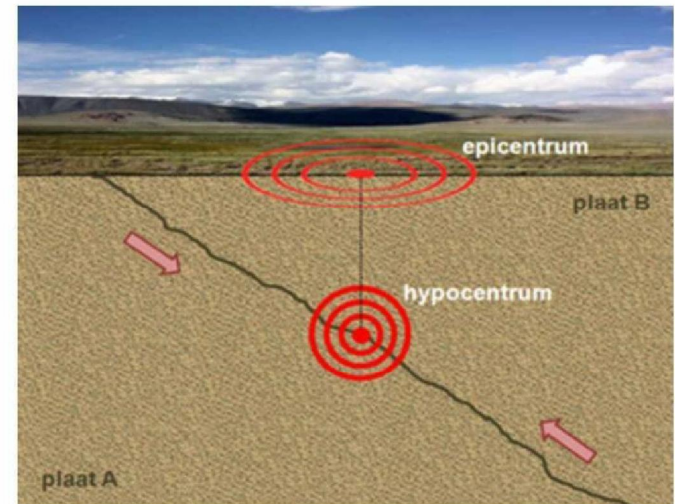
- Groningen
 - Gaswinning
 - 2013 : 120 bevingen
 - 2014 : 70 bevingen



Aardbevingen in Groningen

Huizinge, 16 augustus 2012

- $M = 3,6$ op schaal van Richter
 - versnelling = $0,086$ g
 - Lichte scheurvorming
 - Geen persoonlijk letsel
-
- Geïnduceerde bevingen
 - Dicht onder oppervlak (2-4 km)
 - Duurt relatief kort
 - Weinig over bekend in literatuur



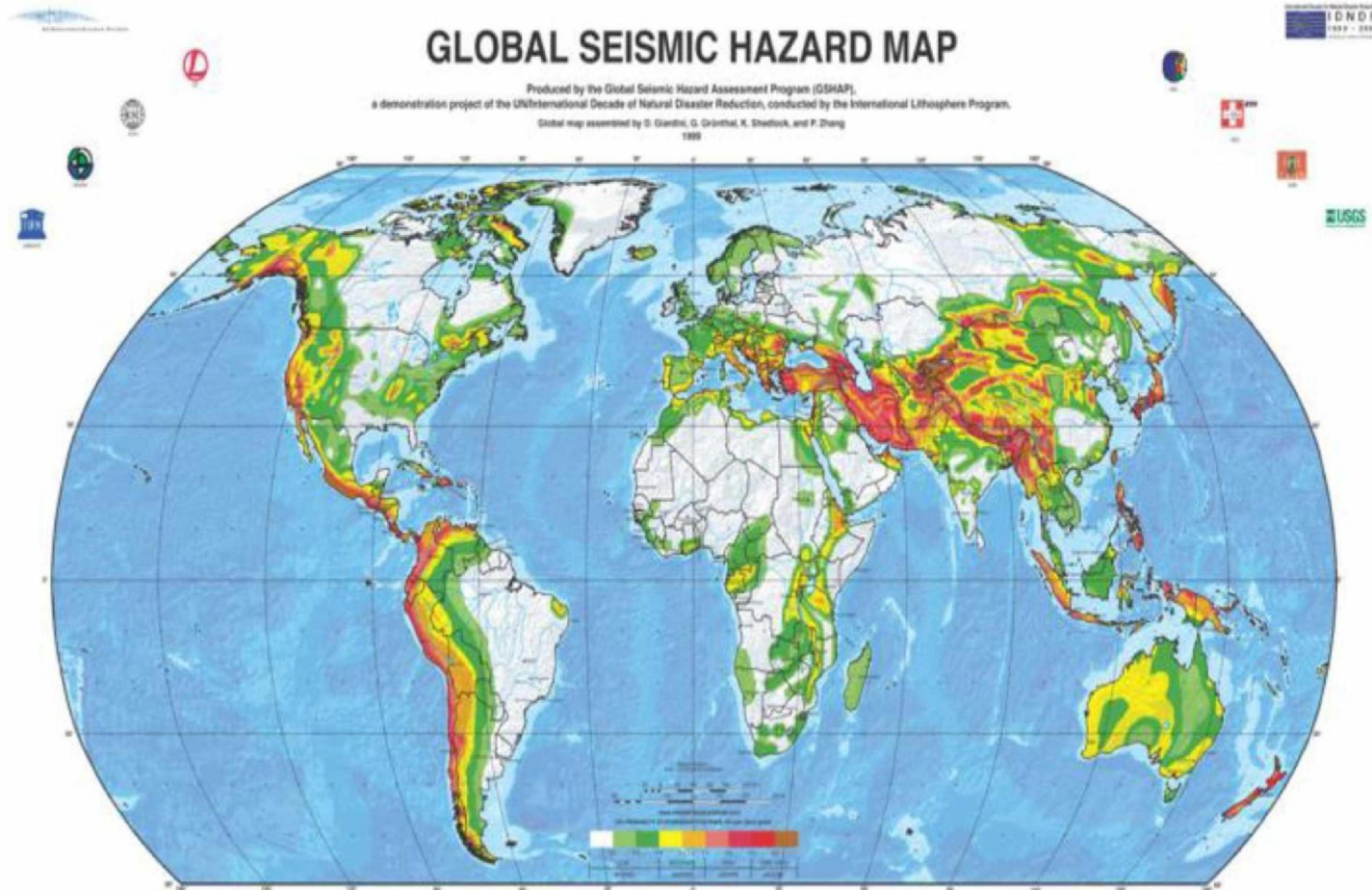
Schaal van Richter

- Meest bekende aanduiding van de grootte van een aardbeving
- *Logaritmische* schaal die aangeeft hoeveel energie er vrij is gekomen bij een beving:
 - Magnitude $M = \frac{2}{3} \log (E/2) - 3$
- Toename van M met 1,0 betekent een toename van de energie met een factor 30 !
- Richter schaal zegt niet direct iets over de gevolgen van de aardbeving qua slachtoffers en schade

Modified Mercalli Schaal

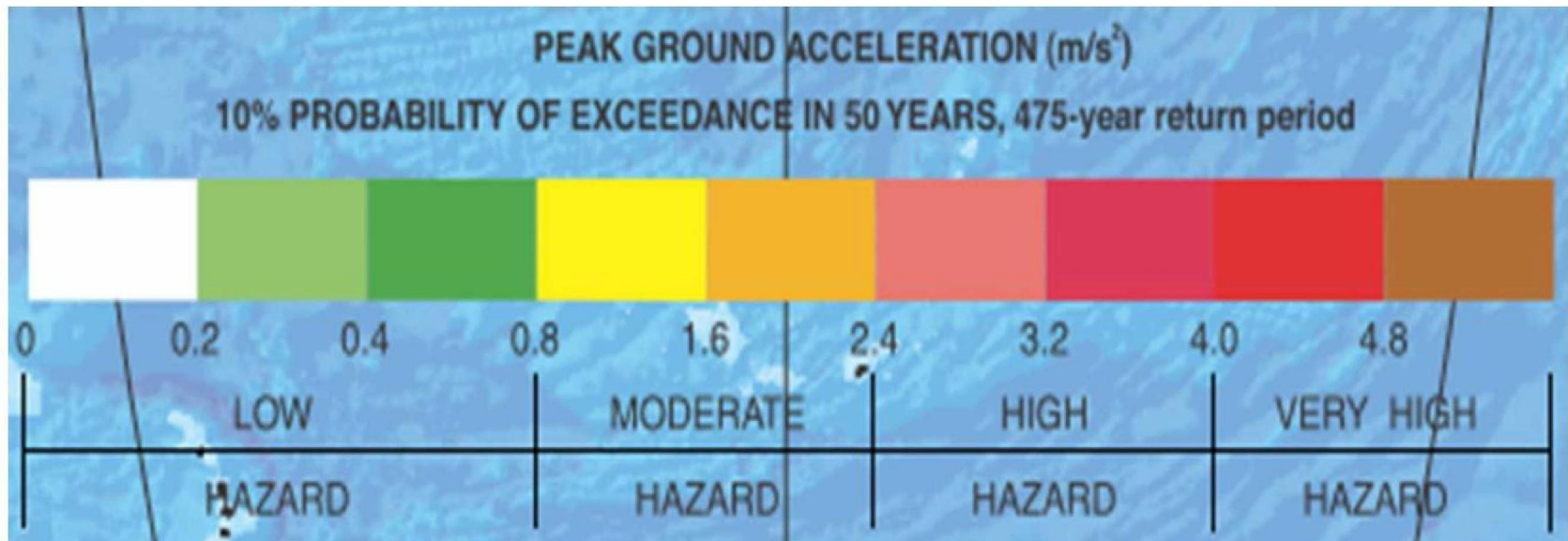
Intensiteit	Omschrijving	Versnelling m/s ²
VIII	vernielend; paniek; algemeen schade aan gebouwen; zwakke bouwwerken gedeeltelijk vernield	2
VII	zeer sterk; schade aan vele gebouwen; schoorstenen breken af; golven in vijvers; kerkklokken geven geluid	1
VI	sterk; schrikreacties; voorwerpen in huis vallen om; bomen bewegen; weinig-solide huizen worden beschadigd	0,5
V	vrij sterk; algemeen gevoeld; opgehangen voorwerpen slingeren; klokken blijven stilstaan	0,2
IV	matig; door velen gevoeld; trilling als van zwaar verkeer; rammelen van ramen en deuren	0,1
III	licht; door enkele personen gevoeld; trilling als van voorbijgaand verkeer	0,05
II	zeer licht; slechts onder gunstige omstandigheden gevoeld	0,02
I	alleen door seismografen geregistreerd	0,01

Overzicht tectonische bevingen



Risico-profiel vs. grondversnelling

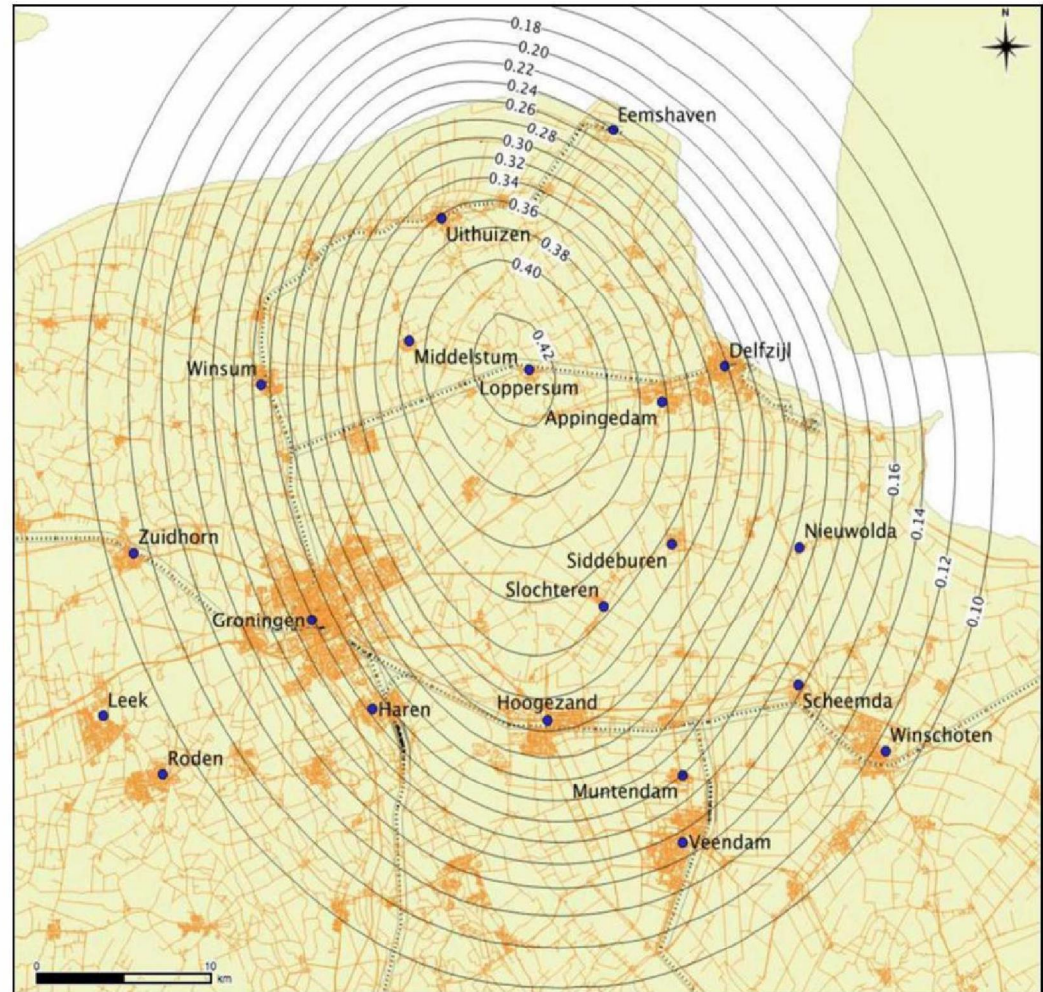
- Voor tectonische bevingen :



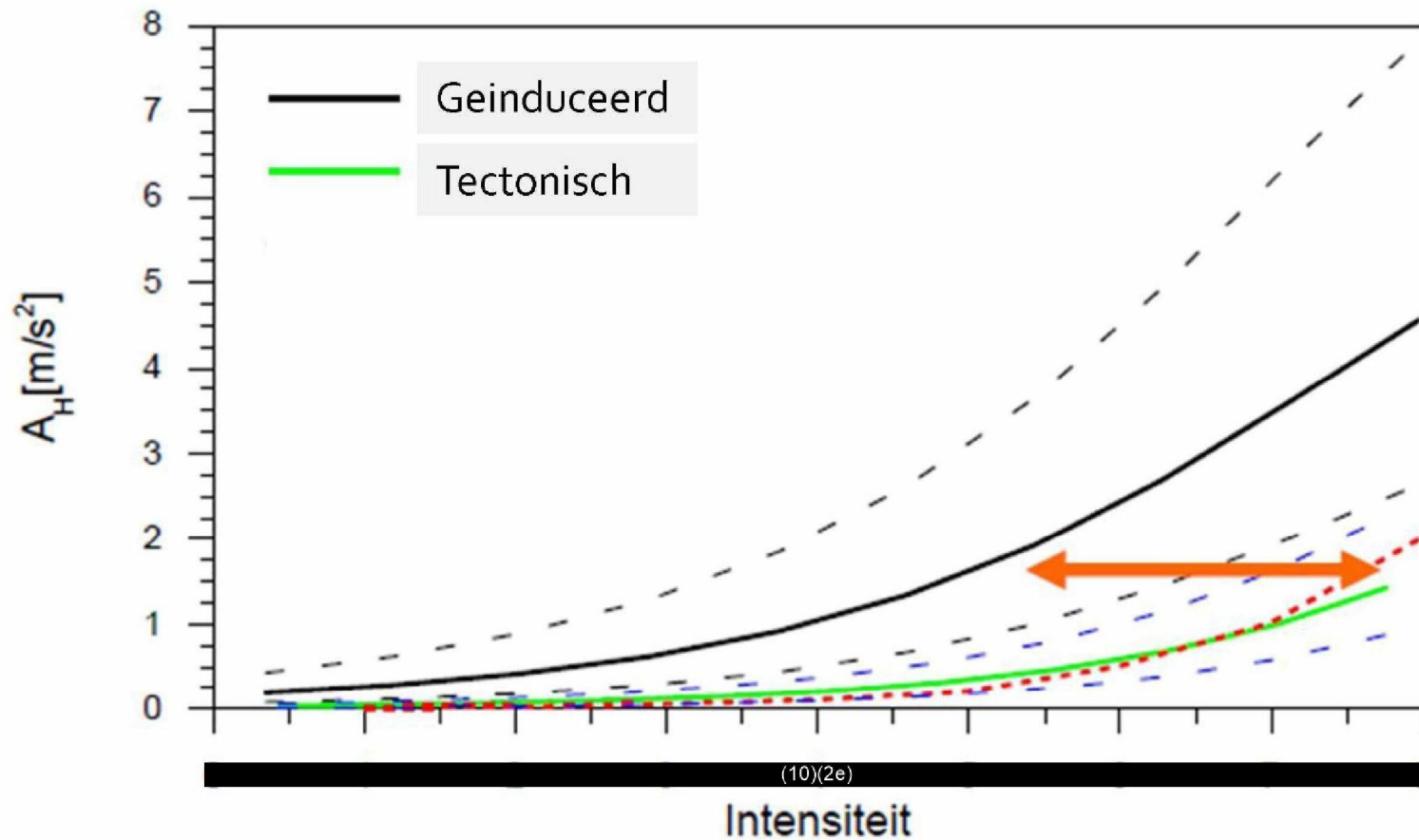
Grondversnelling voor Groningen

- Loppersum 0,42 g
- Randgebied 0,10 g

- Schaal van Richter niet heel hoog
- Grondversnelling wel heel hoog



Discrepantie schadebeeld



2 Normen en Kaders


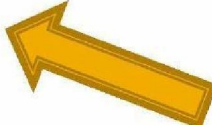
- Volgens huidige Nederlandse Voorschriften hoeft er niet met een aardbevingsbelasting gerekend te worden
- Eurocode 8 wordt niet aangewezen in het Bouwbesluit, systematiek kan wel worden gebruikt.
- NEN Handreiking beschikbaar voor nieuwbouw en verbouw
- Er komt een NPR Handleiding (verwachting Q1-2015)



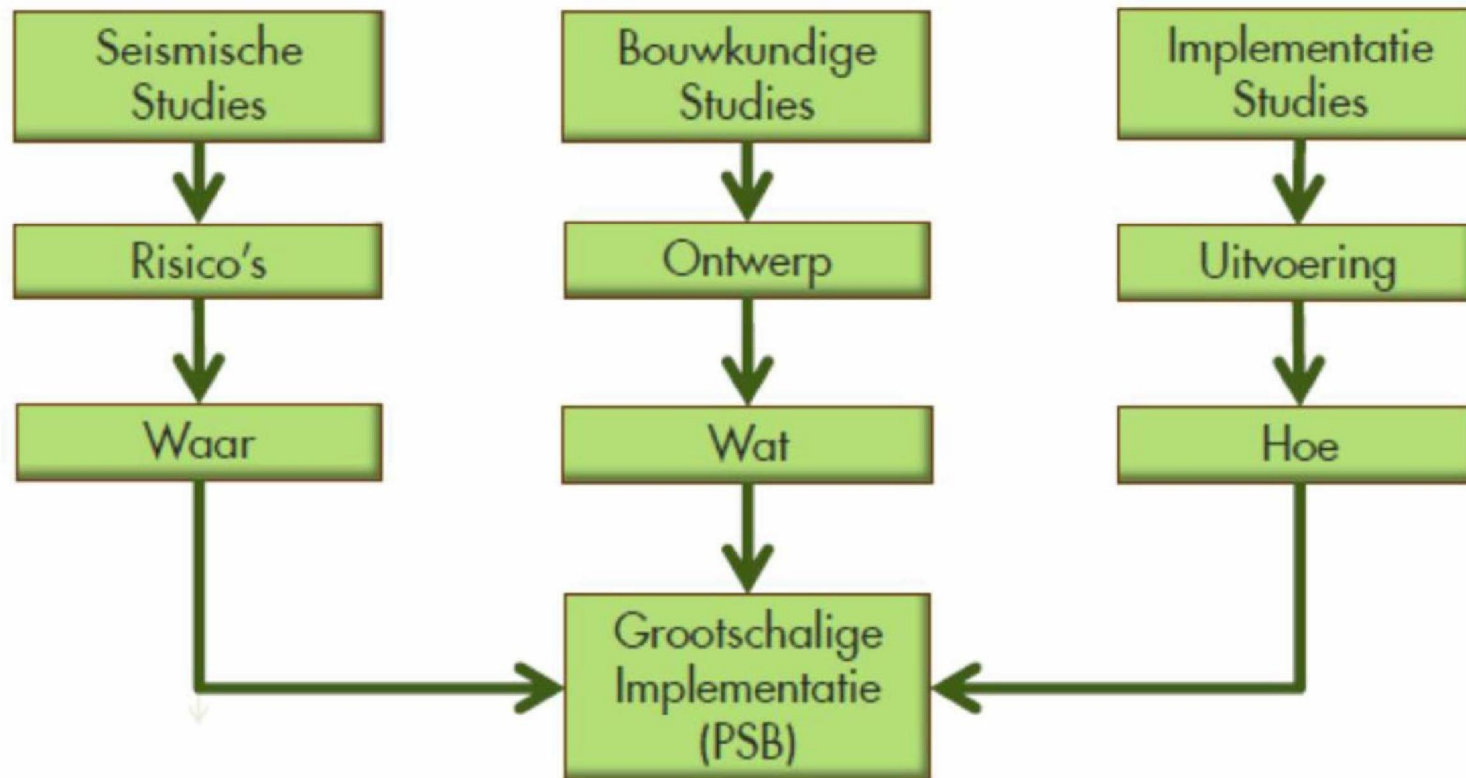
Overzicht Eurocodes

- EN 1990 Grondslag voor constructief ontwerp
- EN 1992 Betonconstructies
- EN 1993 Staalconstructies
- EN 1994 Composite staal-beton constructies
- EN 1995 Houtconstructies
- EN 1996 Metselwerkconstructies
- EN 1997 Geotechniek
- EN 1998 Aardbevingen 

Eurocode 8 voor aardbevingen

- EN 1998 gaat over het ontwerp en de uitvoering van gebouwen en civiele constructies in seismische gebieden.
- EN 1998-1 Gebouwen en civiele constructies 
- EN 1998-2 Bruggen
- EN 1998-3 Beoordeling en versterken van bestaande gebouwen 
- EN 1998-4 Silo's, tanks en pijpleidingen
- EN 1998-5 Funderingen, keermuren, geotechniek
- EN 1998-6 Torens, masten en schoorstenen

3 Aanpak Bouwkundig Versterken



Preventieve inspecties

- Typen Inspecties
 - RVS Inspecties (Rapid Visual Screening)
 - EVS Inspecties (Extended Visual Screening)

- Potentiele gevaren uit omgeving
 - Naastliggende hoogbouw, vallende objecten
 - Naastliggende sloten, hellingen
- Afwijkingen
 - Belasting afdracht
 - Geometrie
 - Onregelmatige bouw
 - Beschadigingen, onderhoud

Hoog risico elementen opsporen



Stapsgewijze maatregelen

































- | | | | |
|----------------|---|----|---|
| Acuut risico | { | 0. | Noodmaatregelen (b.v. stempels) |
| Direct risico | { | 1. | Mitigerende maatregelen (b.v. schoorstenen) |
| Samenhang | { | 2. | Versterken van wand – vloer verbindingen |
| | | 3. | Verstijven van slappe vlakken |
| Versterken | { | 4. | Versterken van bestaande muren |
| | | 5. | Vervangen of toevoegen van muren |
| | | 6. | Versterken van de fundering |
| Uiterste geval | { | 7. | Slopen en herbouw |

4 Noodzaak van een efficiënt ontwerp

- Wat is er nu zo specifiek aan een aardbeving dat het zoveel invloed heeft :
 - De wijze van ontwerpen
 - Het gedrag van gebouwen
 - De wijze van berekenen



Kenmerken van verschillende belastingsgevallen

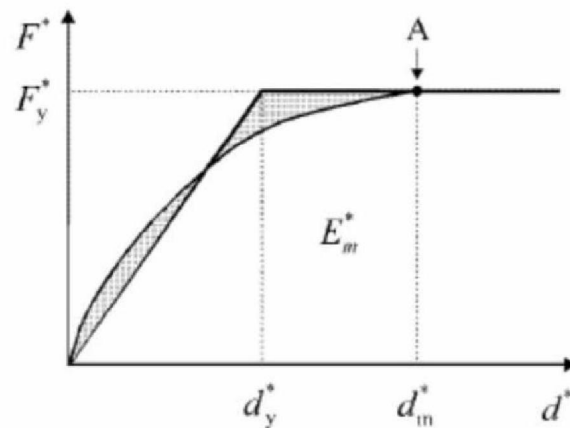
Belastinggeval	Permanent	Variabel	Statisch	Dynamisch	Belasting	Vervorming
Eigen gewicht						
Gronddruk						
Waterdruk						
Personen, goederen						
Sneeuw						
Wind						
Brand						
Explosie						
Temperatuur						
Aardbeving						

Aardbevingsbelasting ...

- *Specifieke* combinatie van kenmerken:
 - Het is een dynamische belasting
 - Het is een opgelegde vervorming
- Aanvullende complicerende factor:
 - Er mag schade ontstaan bij deze belasting
- Consequentie is ook dat er enige kennis van dynamica benodigd is (trillingstijd, resonantie, demping etc)

Het begrip Ductiliteit

- Belangrijke eigenschap voor aardbevingsbestendig bouwen is het begrip ductiliteit : "ductiliteit (of vervormbaarheid) is de mate waarin een materiaal kan vervormen zonder te breken waarbij de krachten nog steeds kunnen worden opgenomen"



Invloed van het ontwerp

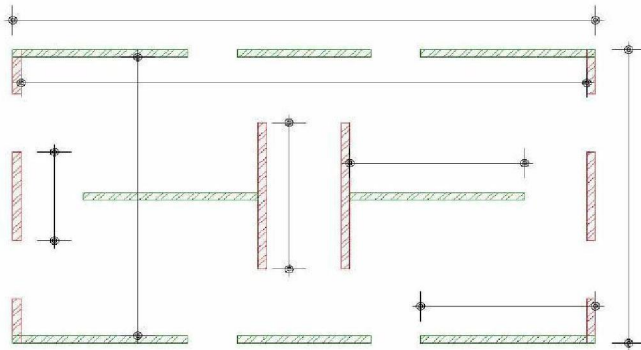
- Een goed conceptueel ontwerp van een gebouw is van groot belang bij aardbevingsbestendig ontwerpen, omdat het de grootte van de belasting zeer beïnvloedt
- Gebouwen met een goede samenhang en een heldere krachtsafdracht hebben aantoonbaar beter gedrag onder aardbevingen
- Aardbevings schade is 5-10 keer groter in gebouwen met een onregelmatige structuur. Voornaamste oorzaak is dat er spanningsconcentraties en lokaal bezwijken optreedt.

Relatie met berekeningsmethode

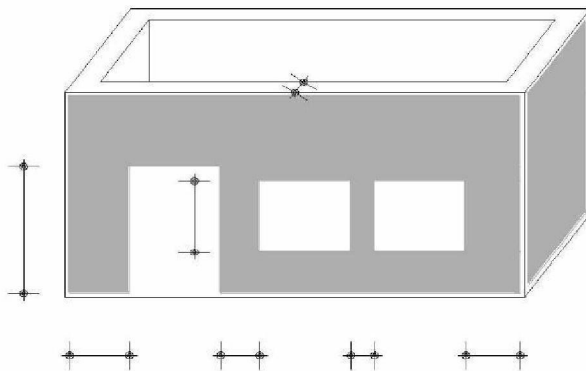
- Beschikbare berekeningsmethodes :
 - Simpele rekenregels / ontwerpregels
 - Lateral Force Method (lineair – statisch)
 - Push-over analysis (niet lineair – statisch)
 - Dynamische berekeningen

- Toegestane methode afhankelijk van :
 - Gebouwkarakteristieken (stijfheids- en massaverdeling)
 - Gebouwhoogte (fundamentele periode)
 - Grootte van de seismische belasting

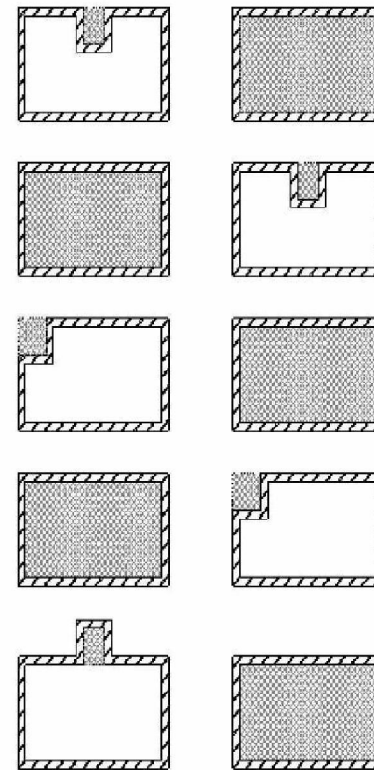
Principe voorbeelden



Lengte van wanden



Configuratie openingen



Plattegrond vorm

Tabel uit Eurocode

Regularity		Allowed Simplification		Behaviour factor
Plan	Elevation	Model	Lineair-elastic Analysis	(for LE)
Yes	Yes	Planar	Lateral Force	Reference value
Yes	No	Planar	Modal	Decreased value
No	Yes	Spatial	Lateral Force	Reference value
No	No	Spatial	Modal	Decreased value

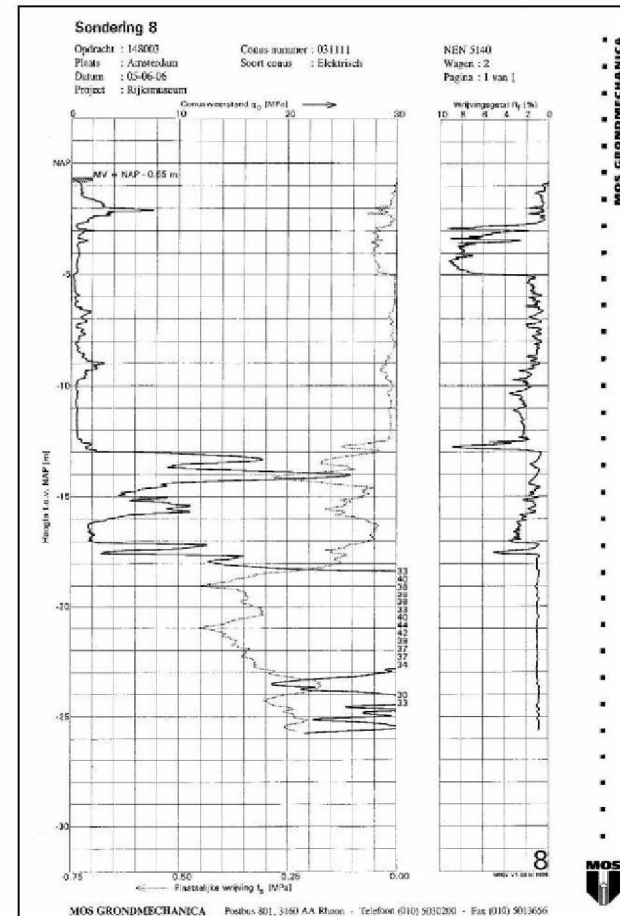
Relatie Ontwerp tot Berekeningsmethode

5 Belangrijke ontwerp aspecten

1. **Goede fundering**
2. Eenvoudig constructie-systeem
3. Symmetrie
4. Stijfheid en stijfheidsverdeling
5. Massa en massaverdeling
6. Torsie-stijfheid
7. **Samenhang** (schijfwerking en verbindingen)
8. Materiaalkeuze
9. Interactie constructieve met bouwkundige elementen
10. **Ductiel gedrag**

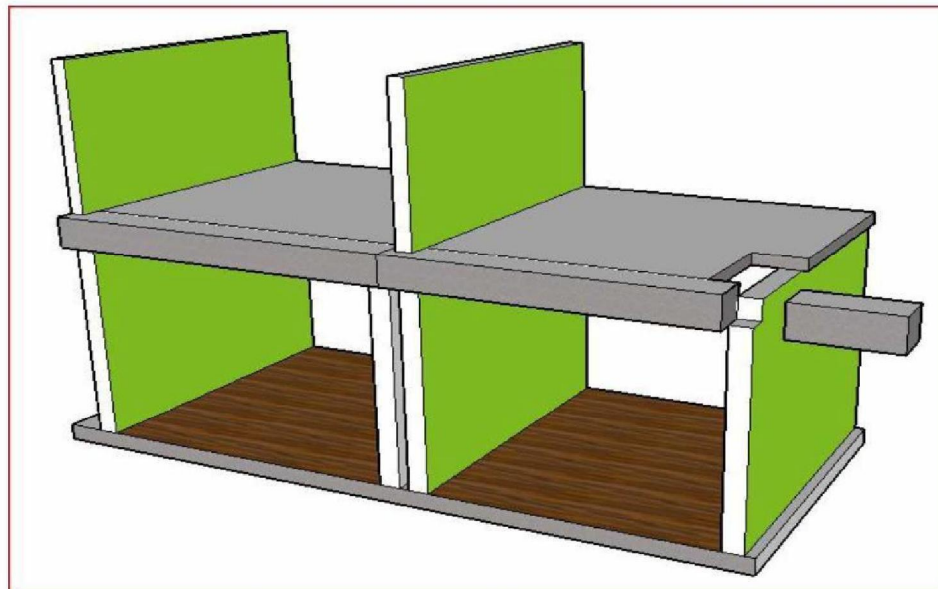
Aspect 1: Goede fundering

- Krachtsoverdracht tussen grond en gebouw vindt hier plaats
- Goede samenhang nodig tussen de funderingselementen.
 - Plaatfundering is gunstig
 - Aandacht voor koppelingen tussen balken.
- Op basis van grondonderzoek soil classificatie bepalen. Belangrijk voor seismische belasting (tot 80% verschil) en trillingstijd van gebouw.



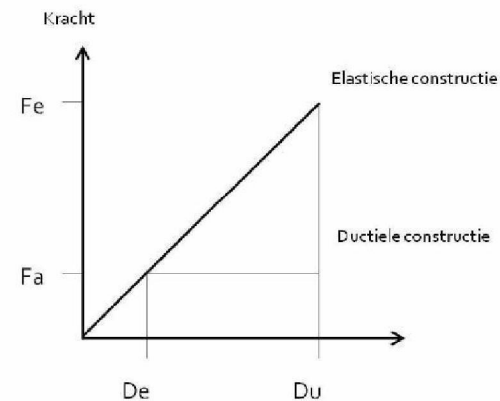
Aspect 7: Samenhang

- Gebouwoonderdelen moeten voldoende sterk aan elkaar verbonden zijn (Level 2 maatregel)
- Vloeren moeten in het vlak stijf zijn om krachten naar de wanden over te dragen (Level 3 maatregel)



Aspect 10 : Ductiel gedrag

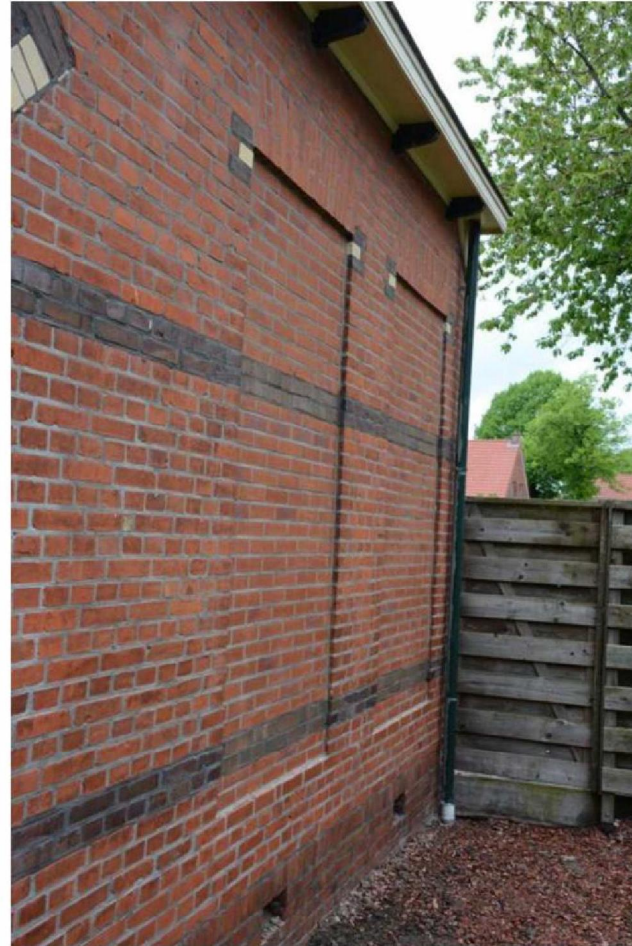
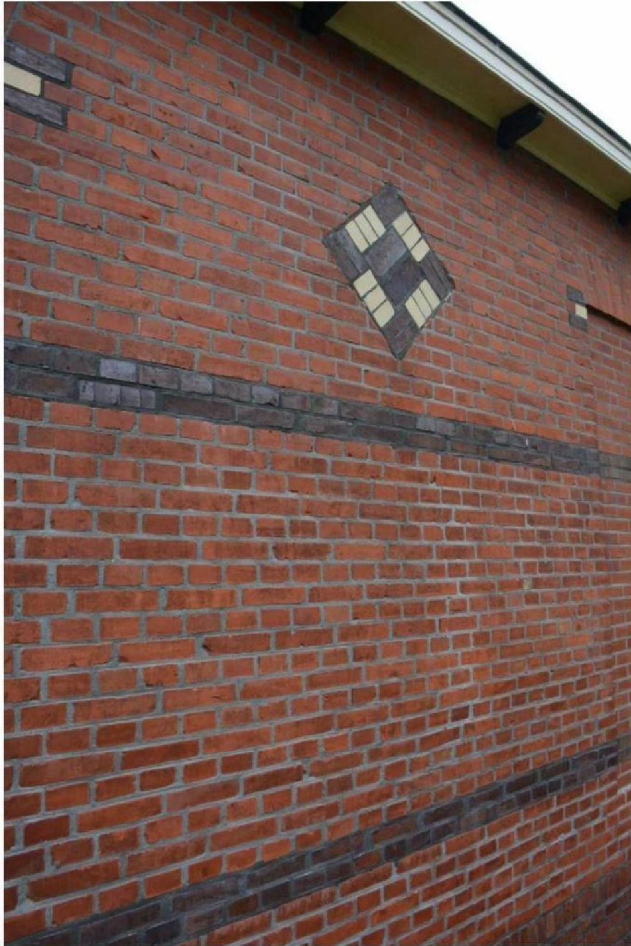
- Bij zware bevingen wordt toegestaan dat er constructieve schade optreedt, hiervoor is ductiel gedrag nodig
- Constructie weerstaat de beving niet alleen door zijn sterkte maar ook door vervormingen toe te staan
- Gezien de inherente onzekerheid over de grootte en kenmerken van de aardbevingsbelasting is het aanbrengen van ductiliteit in je constructie altijd een wijs besluit



6 Praktijk geval bestaande bouw



Zijgevel woning



Zijgevel schuur



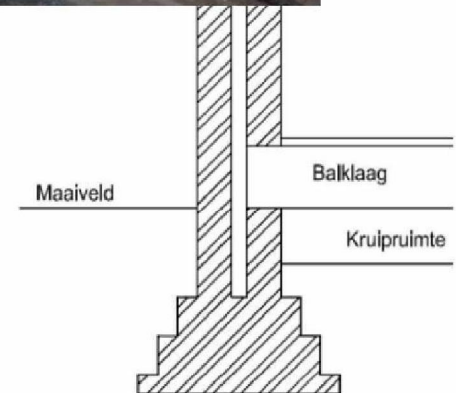
Metselwerk zijgevel binnenkant



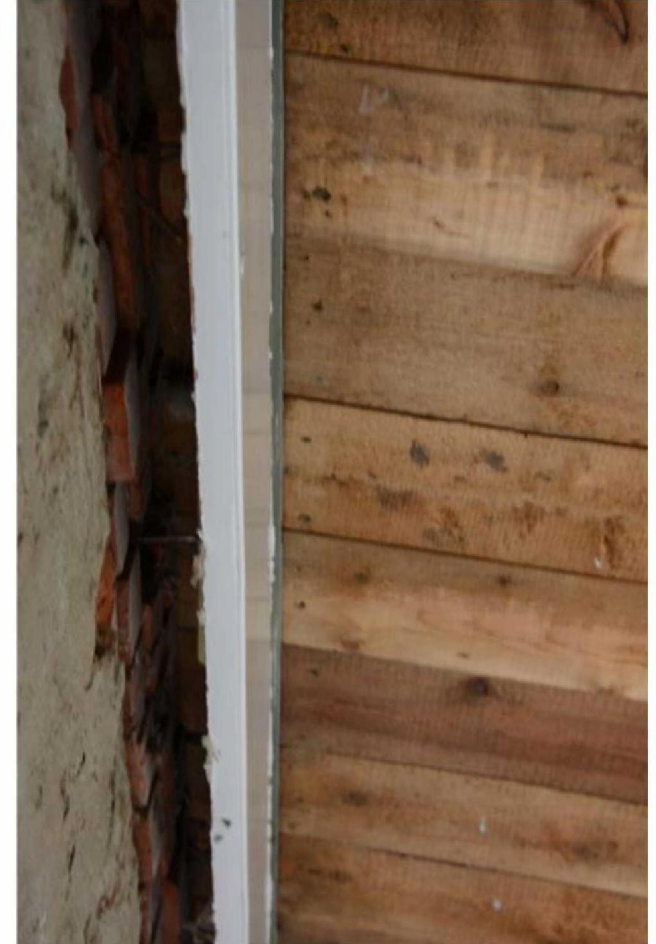
Metselverband



Fundering op staal



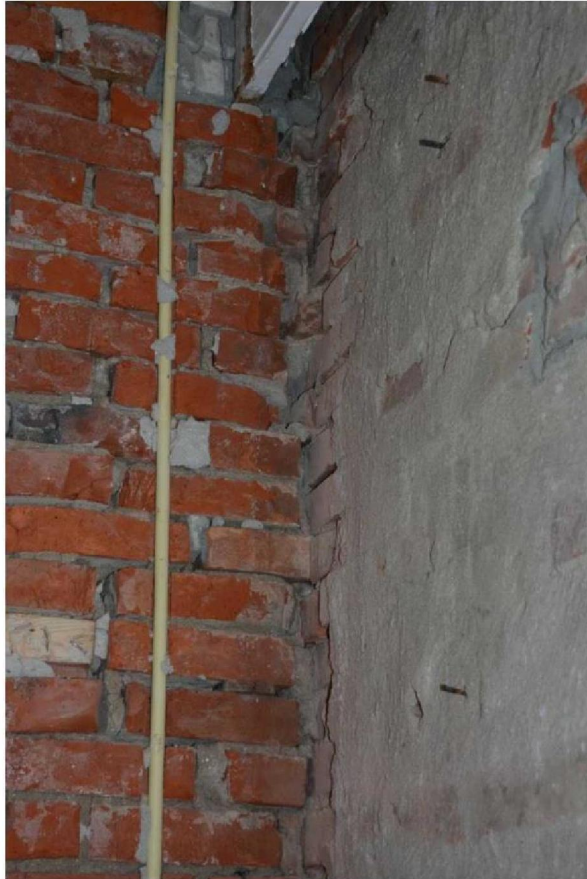
Koppelingen vloer-wand



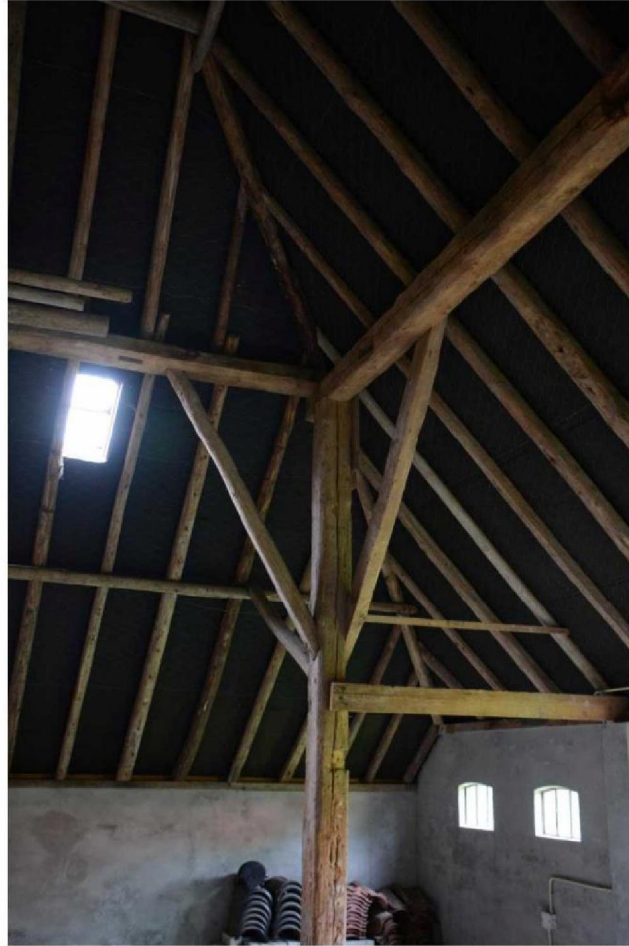
Metselwerk boven deur



Wand-wand aansluiting



Houten spanten schuur



Evaluatie

- Goede fundering matig/redelijk
 - Samenhang matig
 - Ductiliteit slecht
-
- Veel bestaande panden hebben een ontwerp dat in principe niet goed bestand is tegen aardbevingen

7 Analyse van bestaande panden

- Op basis van systematiek Eurocode :
 - Soil classificatie niet beschikbaar
 - Gebouw voldoet over het algemeen niet aan geometrie eisen voor metselwerk
 - Gebouw voldoet niet aan eisen voor samenhang en schijfwerking
 - Er moet dus heel geavanceerd berekend worden (3D dynamisch of pushover analysis)

Inventarisatie bestaand gebouw

- Constructieve aandachtspunten:
 - Op basis van seismische sonderingen grond classificatie bepalen
 - Bepalen van dynamische beddingsconstanten
 - Wat is de kwaliteit van het metselwerk / constructie
 - Wat is de ductiliteit van het metselwerk / constructie
 - Voldoet de bestaande constructie eigenlijk wel:
 - Funderingen
 - Stabiliteit onder windbelasting

Huidige werkwijze

- Onderzoek per pand:
 - Inmeten van de constructie noodzakelijk
 - Metselwerk kwaliteit onderzoeken
 - Gedetailleerde analyse voor metselwerk wanden
 - Grondonderzoek per pand (seismische sonderingen)
 - Balans zoeken tussen nauwkeurig rekenen en onzekerheid van beschikbare gegevens.



8 Conclusies

- Nog grote onzekerheid over:
 - Normtechnische aspecten
 - Constructieve aspecten
 - Analyse-technische aspecten
- Totale variatie is zo groot dat eenduidige analyses vooralsnog niet goed mogelijk zijn
- Balans zoeken tussen veiligheid, nauwkeurigheid en snelheid
- Moeilijk om eenduidige en makkelijk te implementeren maatregelen te ontwerpen die grootschalig kunnen worden toegepast.