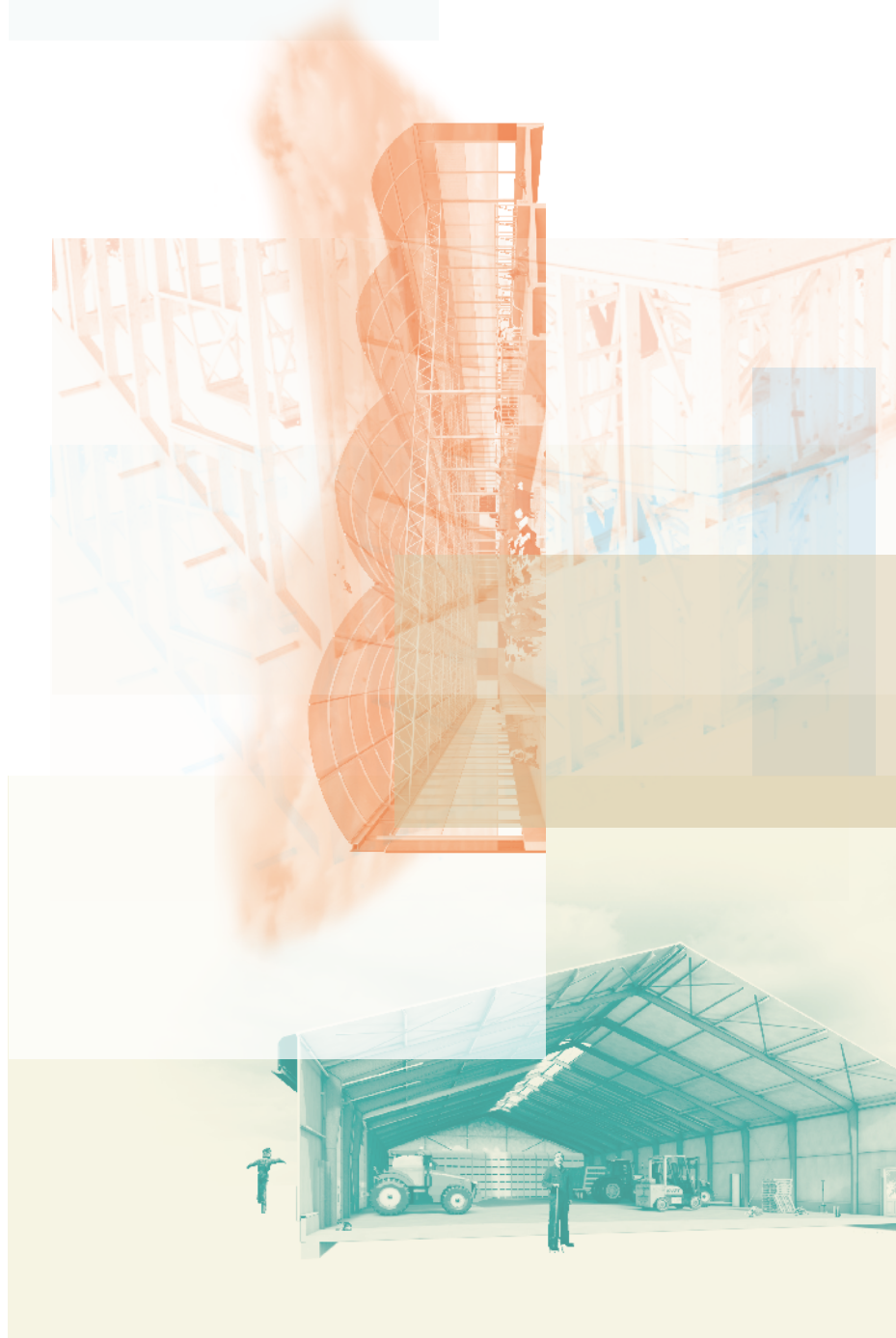


In deze uitgave worden de principes bij integraal aardbevingsbestendig ontwerpen toegelicht.

Oplossingen kunnen per project variëren. De initiatiefnemer en/of hoofdconstructeur van het project blijft te allen tijde verantwoordelijk voor het juist toepassen van de in deze uitgave benoemde adviezen.

NAM, LTO Noord en hun partners zijn op geen enkele wijze aansprakelijk voor de bouwwerken die met deze adviezen tot stand komen en/of de financiële gevolgen die uit het gebruik van dit document voortvloeien.

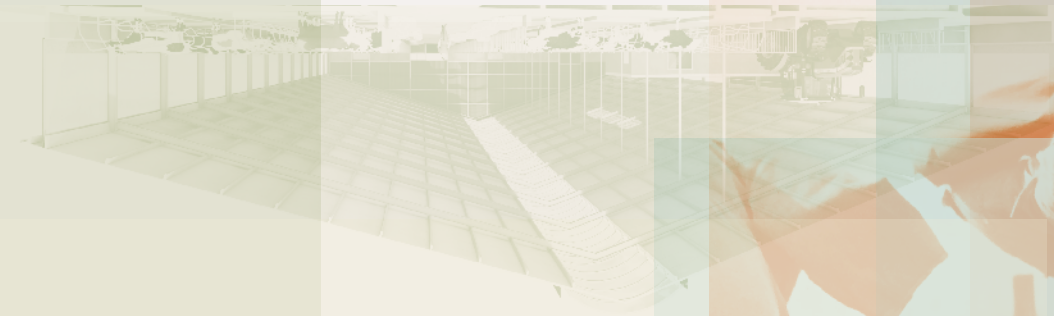
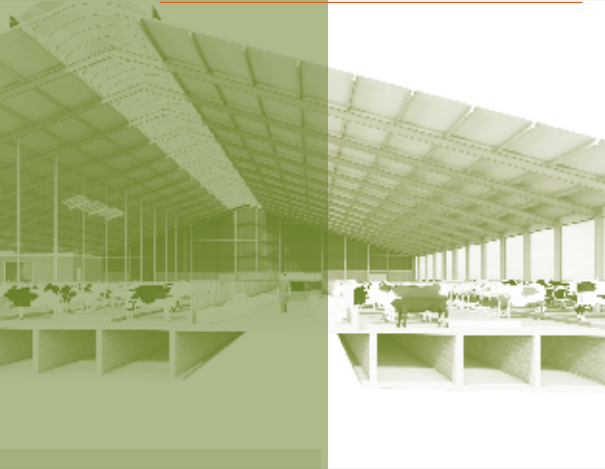


HET SLIMME BOUWEN

AARDBEVINGSBESTENDIGER
BOUWEN IN GRONINGEN



AARDBEVINGSBESTENDIGER BOUWEN IN GRONINGEN



INHOUD

VOORWOORD	6
AARDBEVINGSBESTENDIGER BOUWEN	7
Norm	
Ontwerpprincipes	
Rekenmethodes	
DE 6 ONTWERPPRINCIPES	9
1 Reduceer de massa	
2 Horizontale weerstand in twee richtingen	
3 Regelmatigheid in de plattegrond	
4 Regelmatigheid in de hoogte	
5 Robuust ontwerp	
6 Materialen en verbindingen met het vermogen om te vervormen	
BOUWSYSTEMEN	16
Bouwen in steen en beton	
Bouwen in staal	
Bouwen in hout	
Agrarische bouw met kelder	
De inrichting van agrarische bedrijfsgebouwen	
FUNDERINGSTECHNIEKEN	17
Funderen op staal	
Funderen op palen	
Invloed van de ondergrond	
VOORBEELDEN	19
Ligboxenstal	
Ligboxenstal 2	
Landbouwschuur	
Pluimveestal	
Pluimveestal 2	
Serrestal	
NIEUWBOUW-INNOVATIE	33
Cellutex	
Straw Blocks Systems	
COLOFON	36

VOORWOORD

In Noord-Nederland wordt meer en meer kennis over aardbevingsbestendig bouwen ontwikkeld. Vanwege de aardbevingen is anders bouwen in Groningen belangrijk. Om het langetermijnperspectief voor de regio goed te houden mag bouwen hier niet significant duurder zijn dan in de rest van Nederland. Door slimme andere manieren van bouwen toe te passen is dat doel te bereiken.

Deze uitgave van Het slimme bouwen richt zich op agrarische ondernemers (opdrachtgevers) en hun adviseurs die aardbevingsbestendige nieuwbouwprojecten willen ontwikkelen in Noordoost-Groningen. Door kennis te delen en innovatie te stimuleren willen we zorgen voor een hoogwaardig, duurzaam en toekomstbestendig aanbod van bedrijfsgebouwen in de agrarische sector.

Drie jaar na de start van de Nieuwbouwregeling zijn er al veel voorbeelden van opdrachtgevers, aannemers en constructeurs die pionieren op het gebied van aardbevingsbestendige (vervangende) nieuwbouw voor veeteelt en/of akkerbouw. Deze praktijkvoorbeelden worden hier als inspiratiebron opgevoerd. Zo ziet u wat werkt en wat mogelijk is.

Door voortschrijdend inzicht is de norm voor aardbevingsbestendig bouwen aan verandering onderhevig, maar de ontwerpprincipes uit dit boekje zijn universeel. Als u ze toepast is uw nieuwbouwproject sowieso beter bestand tegen bevingen.

Elk gebouw kan aardbevingsbestendig gemaakt worden. Het is aan u als opdrachtgever om de voors en tegens af te wegen en een keuze te maken die past bij uw wensen. Voor een optimale en kostenefficiënte oplossing is een integraal bevingsbestendig ontwerp nodig vanaf het allereerste ontwerp tot en met de uitvoering.

Deze uitgave is mede tot stand gekomen dankzij de medewerking van diverse opdrachtgevers, aanvragers en andere partijen die nauw betrokken zijn bij de Nieuwbouwregeling en de opgave om in Groningen aardbevingsbestendig te bouwen. We willen hen daarvoor hartelijk bedanken.

Julia Finkielsztajn, NAM
Alma den Hertog, LTO Noord

AARDBEVINGSBESTENDIGE NIEUWBOUW

De door aardgaswinning veroorzaakte bevingen in Noordoost-Groningen zullen de manier van bouwen nog geruime tijd beïnvloeden. Deze ‘geïnduceerde’ aardbevingen zijn anders van aard dan de tektonische aardbevingen die in de rest van de wereld voorkomen langs breuklijnen in de aardkorst.

Omdat Nederland van nature weinig aardbevingsactiviteit kent, werd daar in de bouwregelgeving geen rekening mee gehouden. De eerste aanzet daartoe werd gemaakt met de Nationale Praktijk Richtlijn (NPR9998). De meest recente NPR dateert van juni 2017. De norm focust op veiligheid; advies en keuze voor schadebeperkende maatregelen zijn vrijblijvend. Alleen maatregelen om aan de veiligheidseis van de NPR te voldoen voor nieuwbouwprojecten worden vanuit de Nieuwbouwregeling vergoed.

Op dit moment is het gebruik van de NPR nog niet verplicht: de berekeningen maken nog geen deel uit van de omgevingsvergunning, en er wordt nog niet op getoetst door gemeenten. Daarom beschouwen constructeurs de berekeningen op aardbevingsbestendigheid niet als een vanzelfsprekend onderdeel van de statische berekeningen; vaak moeten deze apart opgevraagd worden bij deelname aan de Nieuwbouwregeling.

NORM

NPR9998 geeft inzicht in de te nemen maatregelen, zowel voor nieuwbouw als voor bestaande bouw. Er is sprake van aardbevingsbestendige nieuwbouw indien het ontwerp en de uitvoering voldoen aan de eisen uit de NPR9998. Deze gaat uit van het door de overheid vastgestelde veiligheidsniveau. In de huidige NPR wordt ook de invloed van de Groningse ondergrond meegenomen. De norm refereert aan Eurocode 8, een Europese richtlijn voor bevingsbestendig bouwen.

Het ligt in de lijn der verwachting dat de norm de komende jaren verder geoptimaliseerd wordt. Dit omdat er steeds meer kennis opgedaan wordt over onder andere het gedrag van verschillende gebouwtypes op verschillende soorten ondergronden. Uiteindelijk zullen de eisen voor bevingsbestendig bouwen waarschijnlijk in het Bouwbesluit opgenomen worden.

De eisen voor een aardbevingsbestendig ontwerp zijn gekoppeld aan zogenaamde gevolgklassen waarin verschillende type gebouwen zijn onderverdeeld. Dat houdt in dat bijvoorbeeld ziekenhuizen en woningen sterker moeten zijn dan gebouwen waar niet permanent mensen aanwezig zijn zoals bedrijfsgebouwen en schuren.

ONTWERPPRINCIPES

Hoewel de norm voor aardbevingsbestendig bouwen nog in ontwikkeling is, zijn de ontwerpprincipes die op de volgende pagina’s besproken worden universeel. Daarom besteden we hier expliciet aandacht aan. U zult zien dat de huidige bouwsystemen voor agrarische bouw in veel gevallen in de basis al voldoen aan deze ontwerpprincipes.

REKENMETHODES

De NPR benoemt een aantal methodes om het effect van aardbevingsbelasting op constructies te berekenen:

Zijdelingse belastingsmethode

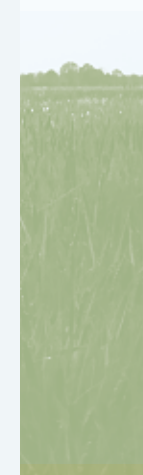
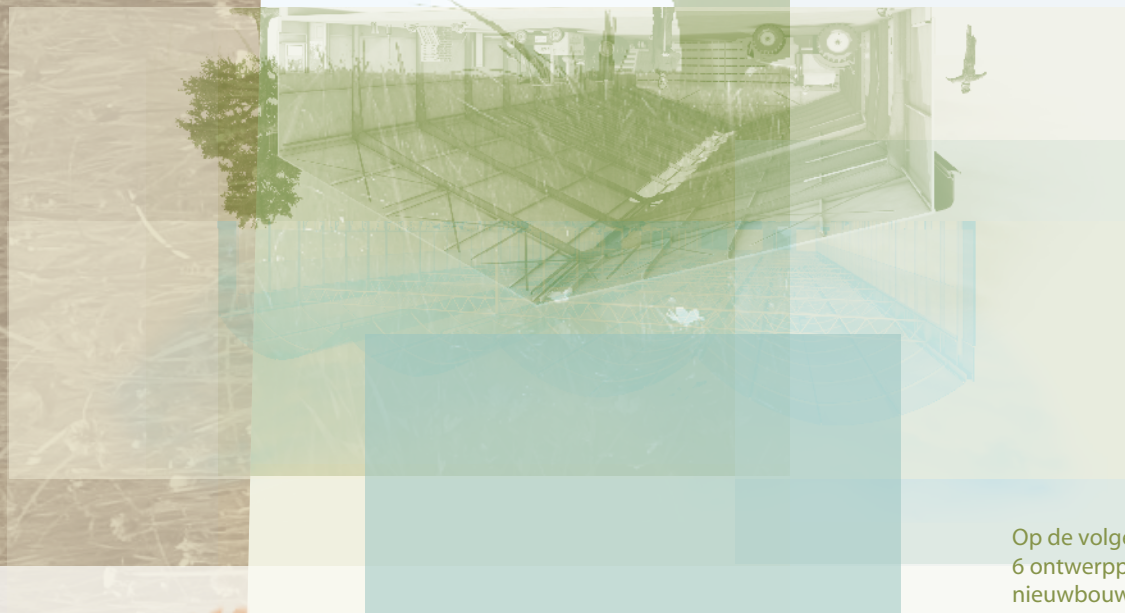
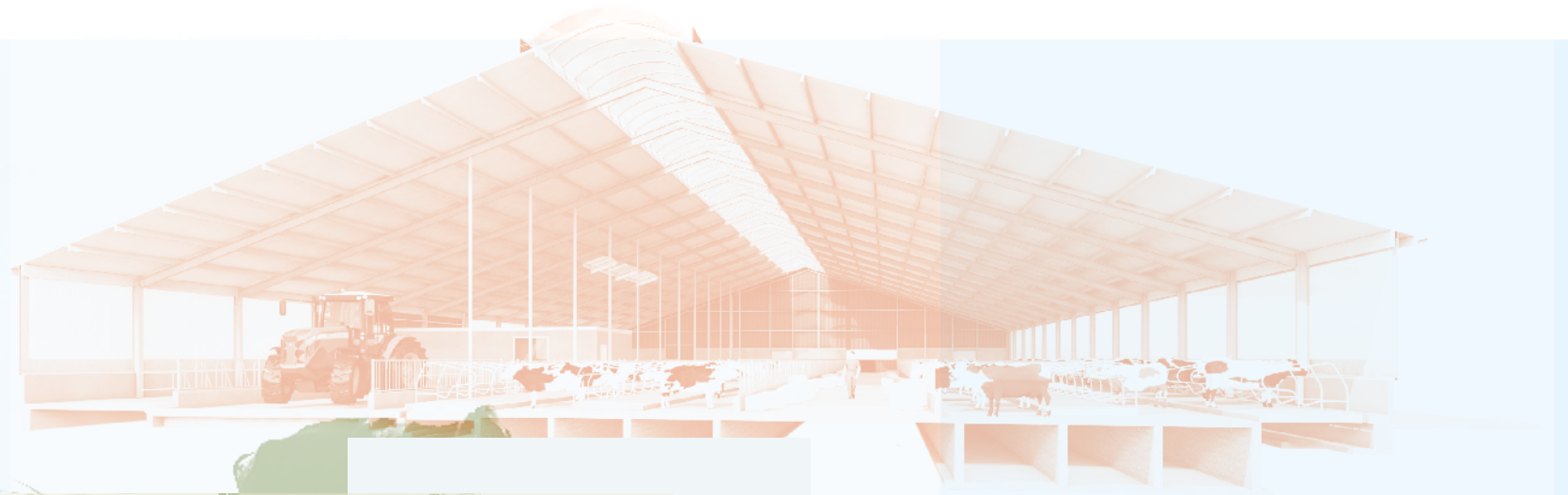
Dit is een snelle en eenvoudige rekenmethode. Nadeel is dat deze methode minder nauwkeurig is en leidt tot grovere maatregelen en in sommige gevallen tot overdimensionering. Deze methode is de door de NPR aanbevolen rekenmethode voor agrarische bedrijfsgebouwen zoals stallen en schuren.

Modale respons berekeningsmethode

Deze methode werkt nauwkeuriger en is geschikt voor iets complexere bouwwerken zoals scholen en grotere woongebouwen.

Niet-lineaire, statische of dynamische berekeningsmethodes

Deze zeer nauwkeurige en dure methoden bevatten zeer complexe rekenmodellen, die zaken zoals niet-lineair gedrag van bouwmaterialen en de dynamische belasting van een aardbeving op gebouwen beter kunnen analyseren.



Op de volgende pagina's lichten we 6 ontwerpprincipes toe voor aardbevingsbestendige nieuwbouw. De Nationale Praktijk Richtlijn (NPR9998) beschrijft nog 3 extra principes. Deze gelden echter voornamelijk voor het versterken van bestaande bouw.

In veel gevallen leidt het toepassen van 4 van de 6 hierna beschreven ontwerpprincipes er al toe dat nieuwbouwprojecten minder gevoelig zijn voor aardbevingsbelasting en daarmee voldoen aan NPR9998.

De ervaring leert dat agrarisch vastgoed vaak al een gunstig vertrekpunt heeft om aardbevingsbestendig te bouwen, omdat dit type gebouwen vaak al erg regelmatig en licht uitgevoerd worden.

DE 6 ONTWERPPRINCIPES

REDUCEER DE MASSA

1

10

 minder gunstig
 aanbevolen

Door de massa van een gebouw zo klein mogelijk te maken neemt de aardbevingsbelasting af.

HARM HOORN Zonneveld Ingenieurs

“Minder massa betekent een lagere horizontale kracht bij aardbevingen. Daarnaast zorgt het ervoor dat de hoofddraagconstructie minder krachten op hoeft te nemen.

Het voordeel hiervan is dat de draagconstructie bij een licht gebouw minder sterk hoeft te zijn om de aardbevingsbelasting te weerstaan dan bij een zwaar gebouw.”

”



Reduceer de massa van het gebouw.



Reduceer de massa hoog in het gebouw.

1. REDUCEER DE MASSA

Door de massa van een gebouw te reduceren neemt de aardbevingsbelasting af. De massa kan gereduceerd worden door lichte bouwmaterialen en/of lichte bouwsystemen te gebruiken. In de huidige agrarische bouw wordt dit principe al veel toegepast, bijvoorbeeld door een combinatie van staalconstructie met gevelbeplating.

De NPR adviseert om zo te ontwerpen dat de zwaarste gebouwdelen zich zo laag mogelijk in het gebouw bevinden. Daarom wordt geadviseerd om zware elementen zoals betonvloeren en gemetselde wanden tot maximaal het niveau van de eerste verdiepingsvloer toe te passen. Voor elementen hoger in het gebouw kunt u dan kiezen voor lichtere materialen. Denk bijvoorbeeld aan het toepassen van lichte sandwichpanelen in plaats van vezelcementplaten om gewicht te besparen.

Bij agrarische gebouwen wordt sowieso weinig gebouwd met verdiepingsvloeren. Vanaf de verdiepingshoogte wordt aangeraden om te ontwerpen met een licht bouwsysteem, zoals houtskeletbouw of staalframebouw. Dat kan gecombineerd worden met prefab betonpanelen met bijvoorbeeld metselwerkmotief en lichtgewicht panelen of dakpanplaten. Uw constructeur kan u hierover adviseren.

Bouwwerken worden steeds vaker uitgerust met zonnepanelen. Deze worden vaak aan één kant van een hellend dakvlak geplaatst. Het is belangrijk om te realiseren dat zonnepanelen extra gewicht toevoegen aan de constructie. Dit kan zorgen voor een ongelijkmatige krachtenverdeling. Het is belangrijk om daar rekening mee te houden.

DE 6 ONTWERPPRINCIPES

HORIZONTALE WEERSTAND IN TWEE RICHTINGEN

2

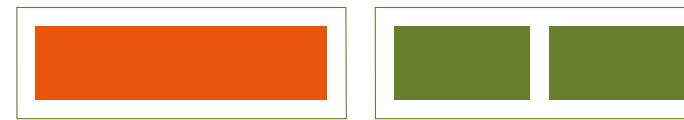
11



Voorkom torsie door het gebruik van dichte hoeken en verdeling van openingen.



Zorg voor voldoende stabiliteitsvoorzieningen.



Beperk de lengte / breedte verhouding tot maximaal 3:1.

Het is belangrijk om in beide richtingen voor stabiliteit te zorgen en zo torsie te voorkomen.

2. ZORG VOOR HORIZONTALE WEERSTAND IN TWEE RICHTINGEN

Omdat de krachten uit een beving in alle horizontale richtingen kunnen optreden en in alle richtingen even groot kunnen zijn moet het ontwerp daarop worden afgestemd. Normaliter levert dit voor agrarische bedrijfspanden geen problemen op.

Het gevolg van het onjuist toepassen van deze ontwerpregel is torsie (draaiing) van het gebouw. Dit levert bij een aardbeving vaak de grootste schade op. In de NPR is beschreven dat torsie voorkomen kan worden door het symmetrisch toepassen van stabiliteitsconstructies zoals windverbanden en momentvastе portalen.

Voor een gelijkmatige krachtenverdeling is het belangrijk om de stabiliteitsvoorzieningen zo symmetrisch mogelijk te plaatsen. Het heeft de voorkeur om stabiliteitconstucties per richting zoveel mogelijk met dezelfde lengte aan de gevels van het gebouw te plaatsen.

Het advies is de verhouding tussen lengte en breedte van het gebouw tot $L / B = 3$ te beperken. Bij langere gebouwen zijn dilataties en meer stabiliteitsvoorzieningen in de lengterichting nodig. Bij agrarische bouw wordt doorgaans gemakkelijk voldaan aan deze vuistregel.

De verticale seismische krachten zijn normaal gesproken minder groot dan de horizontale. Daarom hoeft minder rekening gehouden te worden met de verticale krachten, behalve wanneer vrije overspanningen groter dan 20 meter of uitkragingen groter dan 5 meter worden toegepast.

3

 minder gunstig
 aanbevolen



Zorg voor regelmatige vorm en waar nodig een dilatatie.



Zorg voor een regelmatige verdeling van ruimten.

Een symmetrische plattegrond zorgt voor een betere verdeling van de kracht en daarom minder kans op schade.

3. ZORG VOOR REGELMATIGHEID IN DE PLATTEGROND

Het ontwerp van de plattegrond dient zo symmetrisch mogelijk te zijn, en bij benadering rechthoekig. Als dat niet lukt dan kan de plattegrond verdeeld worden in rechthoekige delen door middel van dilataties. In agrarische bouw is bedrijfsvoering meestal leidend voor de plattegrond en komen er normaliter weinig onregelmatigheden en uitbouwen voor. Daarom wordt vaak in de basis al aan dit principe voldaan.

In de plattegrond is het verstandig de stabiliserende constructies (windverbanden en portalen) zo gelijkmatig en symmetrisch mogelijk te verdelen. Bij een ontwerp met een gelijkmatige verdeling van de draagconstructie is een gelijkmatiger krachtsafdracht mogelijk waarbij minder kans is op schade. Grote uitsparingen in vloeren, zoals de ruimte voor de roosters, dienen zo symmetrisch mogelijk gepositioneerd te worden.

THEO VAN WAGENINGEN
 Ingenieursbureau Dijkhuis

“Het ontwerpen van aardbevingsbestendige constructies kan soms leiden tot complexe en tijdrovende berekeningen. Het is daarom van groot belang om uit te gaan van een heldere constructieve opzet met een eenduidige krachtswerking.” ”

4



Zorg voor gelijkmatige verdeling van openingen.



Zorg ervoor dat eventuele onderkeldering niet boven het maaiveld uitkomt.

Het boven elkaar positioneren van wanden, kolommen en wandopeningen maakt een gebouw sterker.

4. ZORG VOOR REGELMATIGHEID IN HOOGTE

Bij het ontwerp van het gebouw is een heldere draagstructuur het uitgangspunt. Daarbij zijn de dragende elementen boven elkaar geplaatst en worden asymmetrische structuren vermeden. Verder is er sprake van regelmatige verdeling van gevelopeningen ten behoeve van zoveel mogelijk symmetrie in de hoogte en in de lengte. Hierdoor worden verschillen in verplaatsingen vermeden.

Agrarische gebouwen bestaan over het algemeen uit één verdieping. In enkele gevallen worden agrarische objecten gebouwd met een verdiepingvloer, zoals bijvoorbeeld een ligboxenstal met een ‘skybox’. De afwerking van de omliggende omgeving ten opzichte van de kelderwand is wel een aandachtspunt. Het wordt aanbevolen om te voorkomen dat begane grondvloeren boven het maaiveld uitsteken.



Zorg voor een sterke en stevige constructie bij het toepassen van een zwaar bouwsysteem.

5. ZORG VOOR EEN ROBUUST ONTWERP

Met robuust wordt hier een sterke en stevige constructie bedoeld. Dit principe is van toepassing als u kiest voor een steenachtige constructie zoals beton. Als u kiest voor een lichtgewicht en ductiel (zie ontwerpprincipe 6) bouwsysteem zoals houtskeletbouw of staalframebouw is ook meer vrijheid in ontwerp mogelijk.

Een robuust ontwerp betekent het volgende:

- continuïteit; de onderlinge verbindingen van de elementen zijn sterker dan de elementen zelf.
- wanden worden rondom optimaal gesteund, ook vierzijdig gekoppeld aan vloeren.
- langswanden optimaal gesteund, waar mogelijk met extra dwarswanden.
- wanden en vloeren verbinden (verticale koppeling in plaats van droge stapelbouw).

De robuustheid kan vergroot worden door de vloeroverspanning niet te maximaliseren. Daarnaast is in het algemeen aan te raden om geen hoge, lange en/of slanke gebouwen te ontwerpen.



Zorg voor een sterke en stevig gebouwde constructie.

HENK KERSSIES
Ingenieursbureau Goudstikker-de Vries

“In de ontwerpfase van een aardbevingsbestendiger gebouw kan de ontwerper kiezen tussen twee constructietypen:

1. Een robuuste constructie. Deze is stijver en heeft een hogere weerstand dan een ductiele constructie. Des te hoger die weerstand, des te groter is het krachtopnemende vermogen van de constructie.

2. Een ductiele constructie met het vermogen om te vervormen. Deze heeft de neiging om mee te bewegen met een opgelegde horizontale kracht en hoeft maar een deel van deze kracht zelf op te nemen.”

6. GEBRUIK MATERIALEN EN VERBINDINGEN MET HET VERMOGEN OM TE VERVORMEN

Ductiliteit is de mate waarin een materiaal vervorming toelaat onder wisselende belastingrichtingen zonder te bezwijken. Bij een bevingsbestendig ontwerp met ductiel materiaal kan (in tegenstelling tot bros materiaal) gecontroleerd vervorming ontstaan in de constructie zonder dat de veiligheid in het geding komt.

De plastische sterkte van de aansluiting dient hoger te zijn dan de sterkte van de aansluitende elementen; bij een plastisch scharnier in een element dient de sterkte van de verbindingen hoger te zijn. In beide gevallen zal wel een grote vervorming, maar geen breuk optreden. Bijkomend voordeel is dat de constructie krachten beter kan verdelen naar andere, sterkere elementen zonder te bezwijken.



Gebruik materialen en details met het vermogen om te vervormen.

Goed toepasbare ductiele materialen zijn o.a. staal en hout. Het is beter om brosse materialen zoals metselwerk en ongewapend beton te vermijden.

BOUWSYSTEMEN
Bij aardbevingsbestendig bouwen kiest u tijdens het ontwerpproces de juiste uitgangspunten. Naast het slim toepassen van de ontwerpprincipes is het belangrijk dat het bouwsysteem en de funderingstechniek aansluiten bij het ontwerp. Alle bouwsystemen zijn aardbevingsbestendig te maken.

Bouwen in steen en beton
In Nederland wordt traditioneel gezien vooral in steen en beton gebouwd. Bouwen in steen en beton is een relatief zware bouwwijze. In het algemeen geldt: des te groter de massa, des te hoger de aardbevingsbelasting. Dat betekent dat er meer maatregelen zijn om dit type gebouwen aardbevingsbestendig te maken. Ook Eurocode 8 speelt hier een rol: deze Europese richtlijn schrijft andere typen verbindingen en materiaaldiktes voor, die kunnen leiden tot hogere bouwkosten.

Een constructie van bak- of kalkzandsteen moet vaak met staal versterkt worden om voldoende schijfwerking te kunnen leveren. Gewapend beton levert wel de gewenste schijfwerking. Door verplichte detaillering bij bouwen in zware bouwsystemen blijft het koppelen van vloer, wand en fundering een aandachtspunt. Het toepassen van de norm zorgt ervoor dat wanden dikker uitgevoerd worden dan normaal het geval is.

Bouwen in staal
Veel agrarische nieuwbouw wordt opgebouwd in staal met dak- en gevelbeplating. Dat is een relatief lichtgewicht en ductiel bouw materiaal, wat gunstig is voor aardbevingsbestendigheid. Op dit moment zijn koudgevormde staalconstructies met windverbanden en portalen de meest courante bouwsystemen in staal voor agrarische bedrijfsgebouwen.

Bouwen in hout
Hout is evenals staal een licht en ductiel bouw materiaal. Hoewel (gelamineerd) hout niet vaak toegepast wordt in agrarische bedrijfspanden, zijn er wel degelijk voorbeelden van te vinden. In de afwerking kan dan, net als bij staalskeletbouw, gekozen worden voor steenstrips of gevelpanelen.

Agrarische bouw met kelder
Agrarische gebouwen waarin dieren worden gehouden die natte mest produceren zoals rundvee en varkens, worden vaak onderkelderd. Deze kelders zijn meestal uitgevoerd in meerdere compartimenten. Akkerbouwschuren met een beluchtingskanaal kunnen ook betiteld worden als agrarische bouw met kelder.

De roosters en voerpaden van deze gebouwen rusten op de bovenkant van de kelderwanden. Ter plaatse van de dragende constructie kan een verzwaring worden aanbracht om de krachten van de bovenbouw goed af te dragen naar de ondergrond. De horizontale krachten kunnen beperkter worden opgenomen, omdat in de vloer nauwelijks schijfwerking aanwezig is. Om de belasting evenredig te verspreiden, wordt aangeraden om de diverse compartimenten van de kelder met elkaar te verbinden

De inrichting van agrarische bedrijfsgebouwen
De inrichting van boerenbedrijfsgebouwen kan van invloed zijn op de bevingsbestendigheid. Daarom wordt aangeraden om het gewicht van de opslag evenredig te verdelen over de vloer. Ook is het verstandig om ervoor te zorgen dat de opslag niet tegen de constructieve elementen van het gebouw ‘drukt’.

MARTIJN SPOOLDER
Ingenieursbureau SWECO

“Hoewel de uitgangspunten voor het ontwerp van schuren en stallen grotendeels afhangen van de bedrijfsvoering, interne logistiek en dierwelzijn, sluit de bouwwijze vaak goed aan bij de ontwerpprincipes van het aardbevingsbestendig bouwen. De meeste nieuwe schuren bestaan uit stalen constructies met een flexibele schil en lichte materialen op de daken.”

FUNDERINGSTECHNIKEN
Funderen op staal
Bij voldoende draagkracht van de grond wordt er doorgaans gefundeerd op staal, door het toepassen van een plaatfundering, strokenfundering, of poeren. Hierbij rusten de muren of wanden via de fundering rechtstreeks op de draagkrachtige ondergrond. Bij deze manier van funderen zijn het koppelen van de constructie aan de fundering, de koppeling tussen de fundering en de begane grondvloer en de schijfwerking van de begane grondvloer aandachtspunten.

Funderen op palen
Wanneer de ondiepe ondergrond onvoldoende draagkracht heeft, wordt er gefundeerd op palen. Bij funderen op palen zijn er specifieke aandachtspunten: extra wapening in de paal, koppeling van de paal aan de in het werk gestorte begane grondvloer of keldervloer met extra stekeinden.

Invloed van de ondergrond
Er komt steeds meer inzicht over de invloed die de ondergrond heeft op de bebouwing. Bij nieuwbouw worden altijd sonderingen gemaakt om de lokale bodemopbouw in kaart te brengen.

De NPR van juni 2017 neemt ook de invloed van de ondergrond op aardbevingskrachten mee. Door de beschikbaarheid van deze gegevens is extra grondonderzoek nagenoeg overbodig geworden, tenzij verwacht wordt dat de lokale grondeigenschappen sterk afwijken.

Verweking
Aardbevingen kunnen ervoor zorgen dat de ondergrond gedurende korte tijd zijn draagkracht verliest. Dit wordt verweking genoemd.

In Noordoost-Groningen is de kans op verweking van de ondergrond voor klei- en veenlagen niet of nauwelijks aanwezig. Om grondverweking ook uit te sluiten voor zandlagen is aanvullend onderzoek nodig.

Bij een vermoeden van verweking kan in veel gevallen volstaan worden met een beoordeling of de nieuwbouw de te verwachten zetting veilig kan opvangen; in een enkel geval is een aangepaste fundering nodig. De kans op verweking is afhankelijk van de bouwlocatie en kan door een specialist worden vastgesteld.

VOORBEELDEN AARDBEVINGSBESTENDIGE AGROPROJECTEN 2017

THEO HOEK

Libau - adviesorganisatie
voor ruimtelijke kwaliteit en
cultureel erfgoed

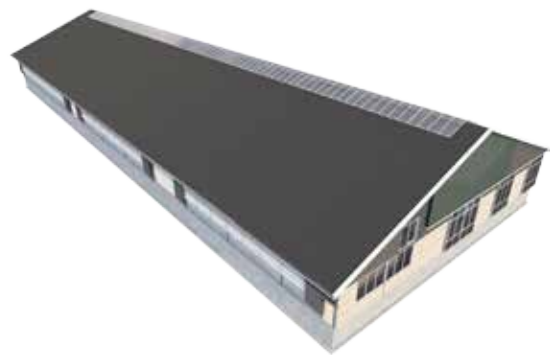
“Of we willen of niet, door de aardbevingen zal er in versnelde vaart een nieuwe eigentijdse Groninger bebouwingslaag ontstaan. De uitdaging is dat toekomstbestendig met eigentijdse en duurzame technieken en materialen te kunnen doen, maar ook met respect voor wat er in eeuwen is ontstaan.

Kunnen we de ontwerpprincipes die zijn toegepast in de voor Groningen kenmerkende boerderijtypes integreren in nieuwe ontwikkelingen?

Op het moment dat wij de opgave verbinden met de geschiedenis en de culturele context van de plek ontstaat werkelijke duurzaamheid. Waarbij ruimte is voor de innovatie en toepassing van nieuwe bouwmaterialen zonder schadelijke bijwerkingen voor de volgende generaties. Een nieuwe type boerderij, het erfgoed van de toekomst.”

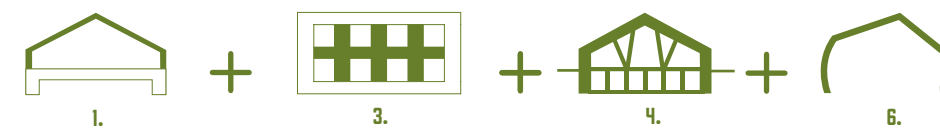
”





MESTKELDERS LIGBOXENSTAL

constructeur DLV Advies
aannemer Notebomers Bouwgroep
bouwsysteem Onderkelderd staalframe in combinatie met sandwichpanelen



20

Zoals veel ligboxenstallen is ook deze stal onderkelderd. De kelder fungeert tegelijkertijd ook als plaatfundering. Het niet-onderkelderde gedeelte van de stal is gefundeerd op staal in combinatie met grondverbetering.

De keldervloer is in het werk gestort. Om verzakking op te te kunnen vangen is deze ook robuuster uitgevoerd. Daarnaast zijn de kelderwanden aan twee zijden gewapend. Tenslotte zijn de tussenwanden van de kelder voorzien van zwaardere stekken.



De kelder van deze stal is extra robuust uitgevoerd door de wanden aan twee zijden te wapenen.

21

VEEHOUDER AAN HET WOORD

“Gezien de ervaringen van collega’s in de omgeving was het voor ons vanzelfsprekend om gebruik te maken van de Nieuwbouwregeling. We hebben fors geïnvesteerd in een stal waar we zo’n 40 jaar mee vooruit kunnen.

Bij de bouw zijn aanpassingen gedaan aan de kelderwand en de staalconstructie die na oplevering niet meer zichtbaar zijn. In eerste instantie was er wat onduidelijkheid over wat er vanuit de regeling vergoed werd en wat niet. Daardoor kwam bijvoorbeeld de zandlaag onder onze stalfundering voor onze rekening. De kosten voor de versteviging van de constructie zijn vanuit de Nieuwbouwregeling vergoed.

De uiteindelijke ervaring met de Nieuwbouwregeling is positief. Wij zijn blij met de nieuwe stal, hoewel een mestkelder naar ons idee altijd een risico blijft in het aardbevingsgebied.”

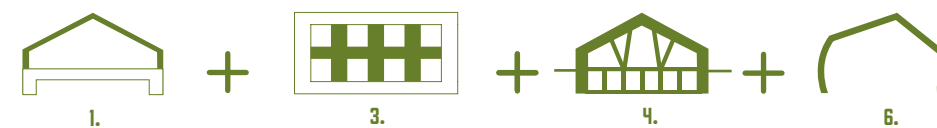
”



ZOLDERS EN VERDIEPINGEN

LIGBOXENSTAL

constructeur W2N Enineers
aannemer Hollema bouw
bouwsysteem Staalconstructie in combinatie met sandwichpanelen



22

Deze deels onderkelderde ligboxenstal is gefundeerd op staal. De lichtgewicht horizontale draagstructuur bestaat uit een zadeldak van sandwich elementen op houten gordingen en stalen spanten. De begane grond wordt gevormd door een betonvloer op zand. Stabiliteit wordt verzorgd door portaalwerking in dwarsrichting en stabiliteitsverbanden in de langsrichting.

Een zolder of verdieping in een schuur vraagt bijzondere aandacht indien deze constructie niet wordt losgehouden van de spanten. In deze situatie heeft de verdieping invloed op de zijwand van de schuur en moet een constructeur hiermee rekening houden in het seismisch ontwerp van die wand. Indien een verdieping de wand negatief beïnvloed dan kan deze beter vrijstaand worden geconstrueerd.



VEEHOUDER AAN HET WOORD

“In de aanloop naar en tijdens de voorbereidingen van de bouw kwam ook aardbevingsbestendige bouw aan de orde. Onze aannemer heeft dit opgepakt en ingepast in de tekeningen.

Uiterlijk heeft dit niet geleid tot zichtbare aanpassingen. De gedane aanpassingen zitten vooral in de fundering en een robuustere constructie van de bovenbouw.

Aangezien de contacten met NAM voornamelijk via de aannemer verliepen, voltrok het proces van de Nieuwbouwregeling zich buiten ons blikveld. Wij hebben er een goed gevoel aan overgehouden, omdat naar ons inzien een stal neergezet wordt waar we – ook in het aardbevingsgebied – weer jaren mee vooruit kunnen.”

”

In dit ontwerp moest rekening gehouden worden met de invloed van de melkruimte (oranje) op de constructie.

23



De landbouwschuur is gefundeerd op een in het werk gestorte betonvloer met vorstrand. De bovenbouw bestaat uit een geschoorde staalconstructie met stalen dak- en wandbeplating (sandwichpanelen).

Het ontwerp is nadrukkelijk symmetrisch in de plattegrond en in de hoogte, de windbelasting is maatgevend. De poten van de spanten zijn wat zwaarder uitgevoerd met het hoog op aardbevingsbestendigheid. Uit naberekening bleek dat de landbouwschuur ook zonder deze maatregel al aardbevingsbestendiger is.

LANDBOUWSCHUUR

constructeur Hardeman Veenendaal
aannemer Hardeman Veenendaal
bouwsysteem Staalconstructie

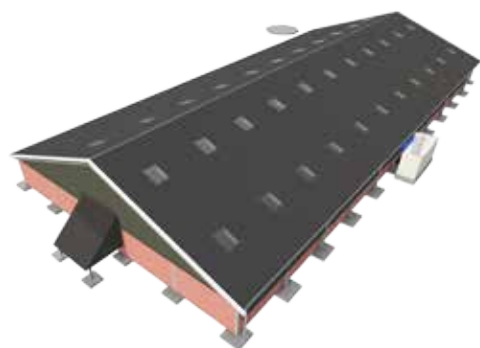
LANDBOUWER AAN HET WOORD

“Het feit dat de tekeningen door meerdere constructeurs bekeken worden heeft er mede voor gezorgd dat wij het proces rondom de nieuwbouwregeling erg positief hebben ervaren. Dit geeft veel rust over de kwaliteit, en zorgt voor een degelijk resultaat.

Qua aanpassingen zijn alleen de verticale delen van de spanten, de poten, wat zwaarder uitgevoerd. De schuur voldoet aan alle wensen om het een goede werkruimte te maken.”

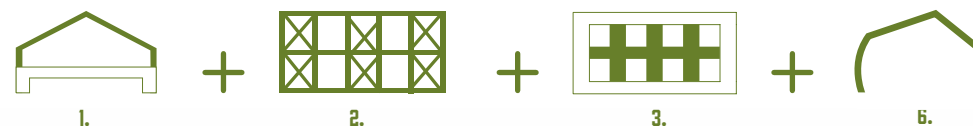


De symmetrische plattegrond van de landbouwschuur heeft een positief effect op de aardbevingsbestendigheid.



EXTRA WINDVERBANDEN PLUIMVEESCHUUR

constructeur FTV Adviesbureau
aannemer Van Pijkeren Systeembouw
bouwsysteem Staalframe in combinatie met prefab houten wanden en vezelcement golfplaten



Bij deze pluimveestal is gekozen voor een stroken-/platenfundering. De stal zelf is uitgevoerd in staalframe met houten wandelementen met een betonnen borstweringselement. De begane grondvloer is in het werk gestort. Op de houten gordingen liggen vezelcement golfplaten.

De spanten zorgen voor stabiliteit in de dwarsrichting. In de langsrichting is de bevestigingsbelasting maatgevend; daarom was versterking van de gevel noodzakelijk. Om aan de norm voor bevestigingsbestendigheid te voldoen zijn in plaats van 2 windverbanden 4 windverbanden toegepast. De windverbanden zijn ook zwaarder uitgevoerd.

DE PLUIMVEEHOUDEER AAN HET WOORD

“We hebben de samenwerking met het Nieuwbouwteam van de NAM als erg prettig ervaren. We werden goed op de hoogte gehouden wanneer we bepaalde documenten moesten aanleveren

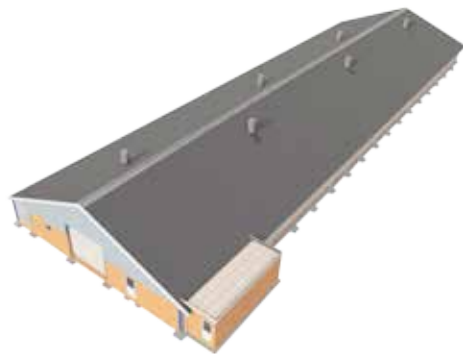
Wel waren er nog wat strubbelingen met de constructeur. Deze was nog niet volledig ingespeeld om aardbevingbestendiger te bouwen, waardoor soms wat irritaties onstonden.

Qua bouw hebben we geen concessies hoeven doen. Een aantal zaken moesten wel verzwakt, verstevigd of vergroot worden, maar dat zien wij alleen maar positief omdat dit uiteindelijk voor een aardbevingbestendige ruimte zorgt.

De nieuwe stal bevalt heel erg goed; het is een mooie en werkbare ruimte geworden waar we erg blij mee zijn.”



Voor de bevestigingsbestendigheid zijn hier extra windverbanden toegepast. Deze zijn links in de uitloopruimte zichtbaar.



DETAILLERING IN DE DRAAGCONSTRUCTIE

PLUIMVEESCHUUR

architect DBL Lunteren
constructeur IBT Veenendaal
aannemer HBE Bouw
bouwsysteem staalconstructie in combinatie met prefab beton en sandwichpanelen

Deze pluimveestal is gefundeerd op staal met een in het werk gestorte vloer. De verticale draagstructuur bestaat uit prefab betonwanden met stalen spanten. Omdat windbelasting hier maatgevend is, is alleen de detaillering aangepast om aan de ductiliteitseisen te voldoen. Dat heeft geresulteerd in extra aandacht voor de verbinding tussen spanten onderling en met de fundering.

Het dak is uitgevoerd met sandwichpanelen op houten gordingen. Stabiliteitsverbanden in de lengterichting en portaalwerking in de dwarsrichting zorgen voor de stabiliteit van deze lichte hoofddraagconstructie.



DE PLUIMVEEHOUDER AAN HET WOORD

“In 2016 vroeg een vertegenwoordiger van LTO ons of het biologisch fokken van kuikens niets voor ons was. Er was vraag naar en we zagen daar wel brood in. Om aan de eisen te voldoen moest dan wel een nieuwe schuur gebouwd worden.

Onze begeleider van AgriUniek wees ons toen op de mogelijkheid van de NAM Nieuwbouwregeling. Voor ons was het een logisch besluit om hier gebruik van te maken. Want als je toch gaat bouwen, dan ook maar direct goed.

Veel impact heeft de bevestigingsbestendige bouw niet gehad. Het fundament is wat zwaarder uitgevoerd, en er zijn wat meer spanten en windverbanden aangelegd. Het bouwsysteem, staal in combinatie met betonnen sandwichpanelen is niet anders dan we anders gebruikt zouden hebben.

Eigenlijk is het gewoon een normale stal, maar dan bevestigingsbestendig.”



In het ontwerp is extra aandacht geweest voor de verbindingen tussen de spanten; dit is te zien aan de ‘driehoekjes’ die aan de spanten zijn toegevoegd.



30

De serrestal is een relatief nieuwe manier van stallenbouw en kan voor diverse typen vee gebruikt worden. Het ligt in de lijn der verwachting dat een deel van de Groningse veehouders voor dit type stal kiest vanwege de lage bouwkosten.

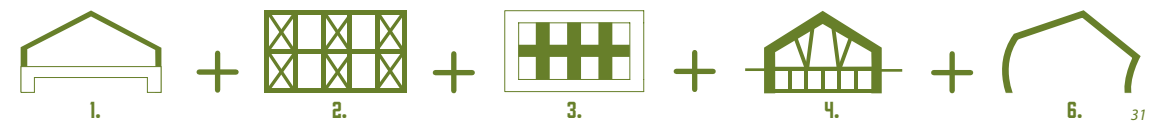
De serrestal wordt opgebouwd in een lichtgewicht staalconstructie in combinatie met zeil en doek. Voor de afwerking kan gekozen worden voor hout of panelen met steenstrips. Dit maakt het relatief eenvoudig om de serrestal aardbevingsbestendig uit te voeren.

Naast de lichte materialen is de stal ook nog eens heel regelmatig qua plattegrond en in de hoogte. Het is grotendeels een potstal, met een beperkt onderkelderd gedeelte.



INSPIRATIE

SERRESTAL VOOR MELKVEE



31

CONSTRUCTEUR AAN HET WOORD

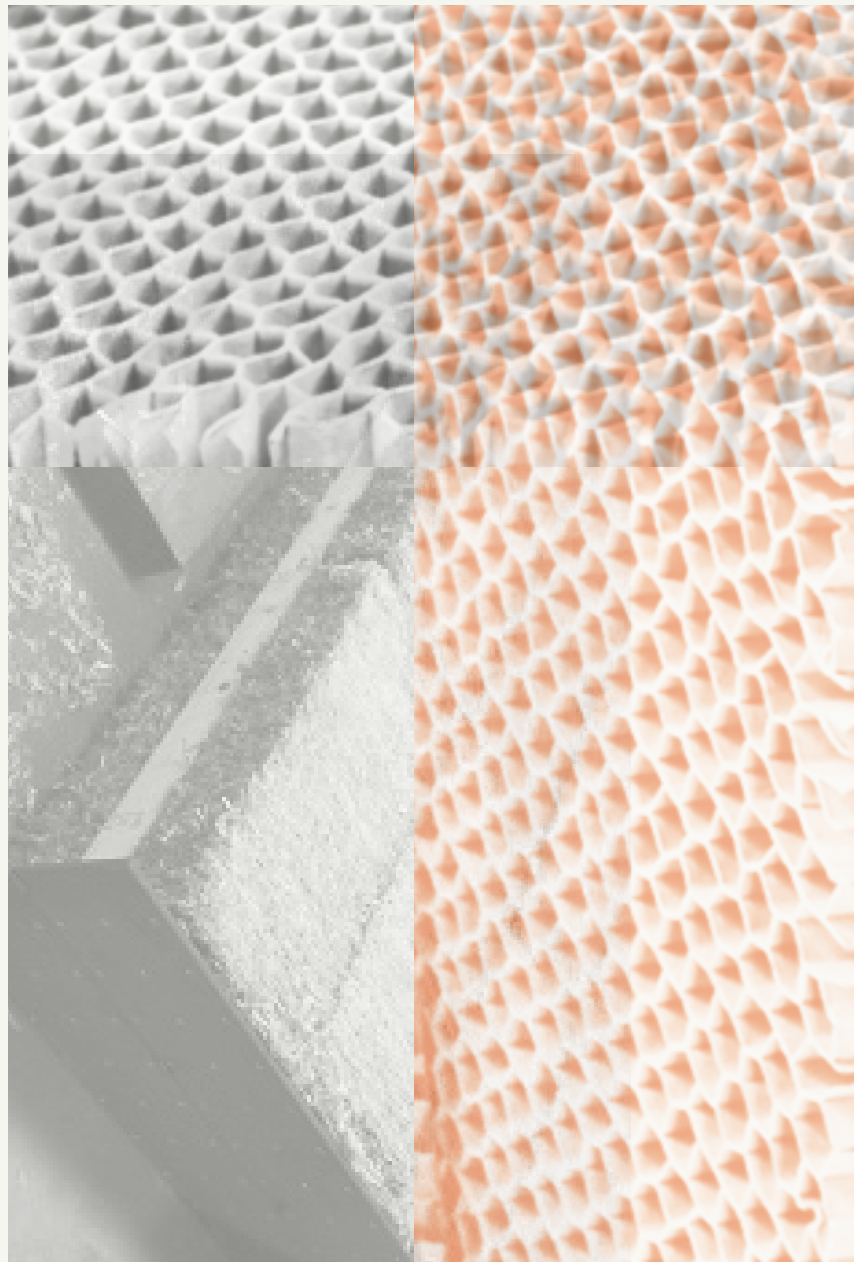
“Er is nog weinig ervaring opgedaan met het aardbevingsbestendig maken van dit type stal.

Uitgaande van de ontwerpprincipes ‘reduceer de massa’, ‘regelmatigheid in hoogte’ en ‘gebruik materialen en verbindingen met het vermogen om te vervormen’ lijkt de serrestal wel bij uitstek geschikt om bevestigingsbestendig te maken.

Door het gebruik van lichte en flexibele materialen als sandwichpanelen, doek, windbreekgaas en folie kan volstaan worden met een lichte, enigszins flexibele constructie.

”

De serrestal is een relatief nieuw type stal die door gebruik van lichte materialen ook mogelijkheden biedt om bevestigingsbestendig te bouwen.



De Nieuwbouw-innovatieregeling biedt ondersteuning bij het ontwikkelen van innovatieve ideeën voor bevingbestendigere nieuwbouw in het gebied boven het Groningen-gasveld. De regeling is een samenwerking tussen NAM, EPI-kenniscentrum, gemeente Loppersum en Economic Board Groningen en richt zich op ondernemers, ontwerpers en aandrager van innovatieve oplossingen. Het doel van de regeling is de ontwikkeling van duurzame, courante en aardbevingsbestendige nieuwbouw te versnellen.

Tot nu toe zijn er 3 studierondes geweest waarin 26 samenwerkingsverbanden hun innovatie verder hebben kunnen ontwikkelen en testen. Daarbij valt op dat er niet alleen compleet nieuwe ideeën getest worden, maar dat ook onderzoek gedaan wordt naar het aanpassen van bestaande producten voor de Groningse situatie. Op de volgende pagina's vindt u een tweetal succesvolle innovaties die gericht zijn op circulair bouwen.



CELLUPLEX: STERK ÉN FLEXIBEL

Sandwichpanelen met een honingraat van karton: sterk, licht en met het vermogen om trillingen op te nemen. Celluplex kan in het Groningse aardbevingsgebied een grote bijdrage leveren aan circulair, duurzaam, licht en veilig bouwen.

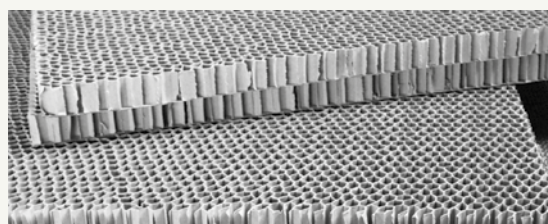
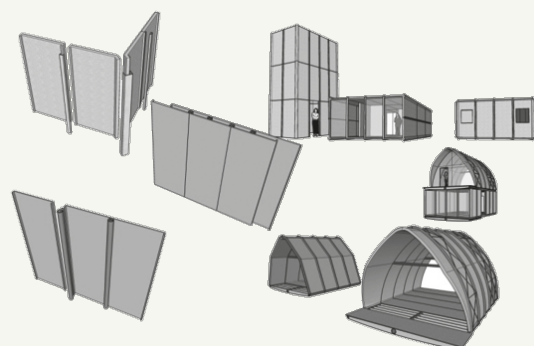
Celluplex oogt in eerste instantie als een dik karton. Niets is minder waar. Het draagt natuurlijk alle positieve eigenschappen van karton, maar wat Celluplex uniek maakt, is dat het brandwerend en waterbestendig is. Geheel ontwikkeld op natuurlijke basis, en zowel geschikt voor tijdelijke als permanente bouw.

UNIQUE SELLING POINTS

- Celluplex is zeer licht, en daarom zeer geschikt voor aardbevingsbestendige bouw. Immers, hoe lichter het materiaal, hoe minder kinetische energie de draagconstructie van het gebouw hoeft te weerstaan.
- Het materiaal is ook enigszins flexibel, waardoor het kan meebewegen met trillingen.
- Celluplex heeft een competitieve thermische en akoestische isolatiewaarde, en is 100% recyclebaar.

CONTACTGEGEVENS

Cellutex BV
www.cellutex.eu
info@cellutex.eu
085 - 744 16 16



BOUWEN MET LEGOBLOKKEN VAN STRO

Straw Blocks Systems ziet een nieuwe toekomst voor het bouwen met stro. Doordat dit bouwsysteem relatief licht en flexibel is, biedt het mogelijkheden voor aardbevingsbestendige nieuwbouw in Groningen.

De machine van Straw Blocks Systems vormt ruwe strobalen om tot lego-achtige bouwblokken waarmee een regionaal ecologisch restmateriaal ineens een hoogwaardig, lichtgewicht en bevingsbestendig bouw materiaal wordt.

UNIQUE SELLING POINTS

- De stro-elementen zijn bestand tegen een kracht tot 12,45 kN (kilonewton) en kunnen een verplaatsing van 50 mm opnemen.
- Bouwen met stro is goedkoop en goed voor het milieu. Stro is een restmateriaal waar voldoende van voorhanden is en heeft een hoge isolatiewaarde.
- Voor het bouwen met stro is relatief weinig energie nodig: de legoblokken van stro kunnen op locatie geproduceerd worden.

CONTACTGEGEVENS

Straw Blocks Systems
www.strawblockssystems.nl
info@strawblockssystems.nl
0545 - 481 579



HET SLIMME BOUWEN

Uitgave
Nederlandse Aardolie Maatschappij, Assen
Projectbegeleiding
Julia Finkielsztajn, Rik Baas en Erik Siemer
Tekst en eindredactie
Rik Baas
Art direction
Interne Zaken, Nicole Lagarde
Illustraties
Nicole Lagarde en Maaïke Disco
Grafisch ontwerp, dtp
DISCOO, Maaïke Disco
3D modelleren, rendering
Zofa architecten, Hans Overdiep
Oplage
500



Deze uitgave is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende partners en aanvragers van de Nieuwbouwregeling en de Nieuwbouw-innovatieregeling:
Agroteam Nationaal Coördinator Groningen, Cellutex BV, DBL Lunteren, DLV Advies, Economic Board Groningen, EPI-kenniscentrum, FTV Adviesbureau, Gemeente Loppersum, Hardeman Veenendaal, HBE Bouw, Hollema Bouw, IBT Veenendaal, Ingenieursadviesbureau Sweco, Ingenieursbureau Dijkhuis, Ingenieursbureau Goudstikker-de Vries, Libau, LTO Noord, Notebomers Bouwgroep, Rombou, Straw Blocks Systems, Van Pijkeren Systeembouw, W2N Engineers, Zonneveld Ingenieurs.

Eerste druk, © Assen 2017
Aan deze uitgave kunnen geen rechten ontleend worden.

